631.4
С74

НКЗ СССР
АКАДЕМИЯ С.-Х. НАУК им. В. И. ЛЕНИНА
ВСЕСОЮЗНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ГИДРОТЕХНИКИ И МЕЛИОРАЦИИ

СПРАВОЧНИК ПО МЕЛИОРАЦИИ И ГИДРОТЕХНИКЕ

ТОМ III

ОРОШЕНИЕ, ОСУШЕНИЕ И ОБВОДНЕНИЕ

ПОД РЕДАКЦИЕЙ
инж. А. М. ЦАРЕВСКОГО (отв. ред.), акад. А. Н. КОСТЯКОВА,
проф. А. Д. БРУДАСТОВА, проф. А. В. КАЛИННИКОВА,
проф. Ф. И. ПИКАЛОВА, Г. В. СЕЛИССКОГО (отв. секретарь)

10388
Иркутская
областная библиотека
ОГИЗ

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
«СЕЛЬХОЗГИЗ» — 1945 — МОСКВА

СОСТАВИТЕЛИ РАЗДЕЛОВ

Раздел I. Орошение

Глава I — доц. ЗУЗИК Д. Т.
Глава II — д-р наук, проф. ШАРОВ И. А.
Глава III — д-р наук, проф. РОЗОВ Л. П. и доц. АСТАПОВ С. В.
Глава IV — доц. КРЕМЕНЕЦКИЙ Н. Д.
Глава V — д-р наук, проф. СОКОЛОВ Д. Я.
Глава VI — доц. СТРУКОВ Н. И.
Глава VII — доц. КРЕМЕНЕЦКИЙ Н. Д.
Глава VIII — доц. КРЕМЕНЕЦКИЙ Н. Д.
Глава IX — доц. КРЕМЕНЕЦКИЙ Н. Д., канд. наук МИРКИН С. Л. инж. ОФФЕНГЕНДЕН С. Р.
Глава X — доц. КРЕМЕНЕЦКИЙ Н. Д. и инж. КАГАН Г. С.
Глава XI — канд. наук ПЕТРОВ Е. Г.
Глава XII — канд. наук СЕЛЬКИН А. М.
Глава XIII — инж. САМСОНОВА Н. П.
Глава XIV — канд. наук ЗАСОСОВ С. П. и проф. МАКРИДИН Н. В.
Глава XV — д-р наук МАКРИДИН Н. В.
Глава XVI — проф. д-р РОЗОВ Л. П. и доц. АСТАПОВ С. В.
Глава XVII — доц. СТРУКОВ Н. И.
Глава XVIII — инж. ДЕНИСОВ А. и доц. СТРУКОВ Н. И.
Глава XIX — доц. СТРУКОВ Н. И.
Глава XX — инж. ПАНАСЕНКО А. Д.

Раздел II. Осушение

Д-р наук, проф. БРУДАСТОВ А. Д., канд. наук АВЕРЬЯНОВ С. Ф. и канд. наук МАРКОВ Е.

Раздел III. Обводнение

Главы I — IX — проф. КАЛАБУГИН А. Я.
Глава X — канд. наук ОСИПОВ Н. И.
Глава XI — канд. наук ОСИПОВ Н. И.

ПРЕДИСЛОВИЕ

К составлению настоящего справочника Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ) приступил еще в 1931 г. Первые два тома вышли из печати до Великой отечественной войны. Данный том, посвященный орошению, осушению и обводнению, был закончен также до войны, но по техническим причинам выход его в свет задержался.

Издание справочника по мелиорации и гидротехнике в осуществленном масштабе не имеет прецедентов как в отечественной, так и в иностранной технической литературе. Подготовка его потребовала от составителей большой работы и продолжительного времени.

За годы советской власти мелиоративная наука и техника получили самое широкое развитие. На основе этих достижений и составлен данный том. Однако, в связи с задержкой выхода тома в свет, в справочнике не отражены достижения науки и техники за последние 3—4 года. Великая отечественная война поставила в области мелиорации и гидротехники ряд новых задач, внесла много нового в практику мелиорации и гидротехники. Все эти новые моменты нашли отражения в специально изданных работах института.

По этим соображениям ВНИИГиМ считает необходимым сделать несколько замечаний по существу освещаемых в данном томе вопросов.

В главе I «Орошение в СССР» часть материалов является устаревшей для данного и послевоенного периодов. Перспективы развития мелиораций, вытекающие из общего народнохозяйственного плана, изменились. Приводимое в справочнике деление СССР на зоны увлажнения имеет только технически вспомогательное значение, так как направление мелиораций и размещение объектов определяются и будут определяться задачами общего развития производительных сил страны.

В главе IV «Методика и примеры проектирования расчетных норм, сроков, числа поливов культур и графиков гидромодуля» даются указания, которые могут применяться только при составлении технических проектов орошения новых площадей. Гидромодуль надо рассматривать как техническое средство для определения пропускной способности оросительной сети, но не как критерий, определяющий режим орошения. Водопотребление культур зависит от законов роста и развития растений. «Растения для своей жизни требуют одновременного и совместного наличия или притока всех, без исключения, условий, или факторов своей жизни...» «Все факторы жизни растений, безусловно, равнозначимы» (В. Р. Вильямс). Практика социалистического хозяйства накопила большой опыт для организации планового водопользования на основе установления режимов орошения, отвечающих за-

конам роста и развития растений. Этот опыт и должен быть положен в основу проектирования режимов орошения и поливных режимов.

При составлении графиков гидромодуля, для определения расчетной пропускной способности каналов надо исходить, кроме других определяющих факторов, также и из трудовых ресурсов колхозов.

В данном томе не освещаются вопросы эксплоатации систем и освоения орошаемых земель. По принятому ранее плану этим вопросам предполагалось посвятить специальный том, который подготовляется к печати. Для восполнения этого пробела институт издал ряд практических руководств в виде отдельных брошюр.

За последние годы большое значение приобрели проблемы орошения овощных культур в районах крупных городов и промышленных центров. При непосредственной помощи ВНИИГиМ особое развитие при этом получило орошение овощных культур и картофеля сточными водами. Орошение овощных в названных зонах требует специальных приемов и особых нормативных данных. Эти приемы и нормативы, накопленные уже за годы войны, также освещены в отдельных изданиях института.

Дальнейшее развитие получили вопросы механизации мелиоративных работ, направленные по линии более рационального использования машин и орудий. В частности, более полное освещение получили в последних работах института вопросы планировки и выравнивания полей. Если планировка является составным элементом строительного проекта и должна проводиться по техническому проекту одновременно или вслед за устройством сети, то выравнивание является элементом основных сельскохозяйственных работ в орошаемом земледелии и должно проводиться ежегодно наряду с нарезкой поливной сети.

Учитывая трудности создания справочника по такой многогранной области, как мелиорация и гидротехника, институт обращается к читателям с просьбой сообщить ему свои критические замечания, которые следовало бы учесть в последующих его изданиях, а также в повседневной научно-исследовательской работе.

Всесоюзный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации

ОРОШЕНИЕ, ОСУШЕНИЕ И ОБВОДНЕНИЕ

ТОМ III

ОГЛАВЛЕНИЕ

РАЗДЕЛ I

ОРОШЕНИЕ

Предисловие III

Глава I. **Орошение в СССР, его значение и перспективы развития** 1

§ 1. Зоны увлажнения. 1
§ 2. Современное состояние орошения в СССР 4
§ 3. Значение и перспективы орошения 9
§ 4. Основные ирригационные районы СССР 12

Глава II. **Значение эксплоатации мелиоративных систем** 19

§ 5. Общие понятия об эксплоатации 19
I. Для оросительных систем 20
II. Для обводнительных систем 20
III. Для осушительных систем 20
§ 6. Оросительные системы и их состояние 21
§ 7. Осушительные системы и их состояние 24

Глава III. **Почвенные исследования, необходимые при разных стадиях проектирования орошения** 25

§ 8. Задачи почвенных исследований при мелиоративном проектировании. 25
§ 9. Материалы, необходимые для проектирования. . . 26
§ 10. Мероприятия по регулированию водно-воздушного режима почв 26
1. Определение размеров рациональной поливной нормы 26
2. Определение элементов рациональной техники поливов. 30
3. Определение рациональной величины межполивных периодов. 32
4. Установление роли грунтовых вод в водно-воздушном режиме почвы. . 33
§ 11. Мероприятия по регулированию солевого режима почв при мелиоративном проектировании 34
1. Установление общей схемы мелиораций 35
2. Установление размеров промывных норм 35
3. Установление условий для предупреждения реставрации засоления . . . 36
4. Оценка качества засоления с точки зрения возможности развития солонцового процесса и установление условий мелиорации солонцовых почв. 36
5. Установление условий отвода промывных вод . . 38
6. Установление почвенных показателей для расчета дренажных устройств. . . 39
7. Установление условий для предупреждения вторичного заболачивания и засоления 42
§ 12. Основания для рационального проектирования планировок полей 44
§ 13. Агротехнические показатели при мелиоративном проектировании 44
§ 14. Проверка расчетов на основе практики орошаемого земледелия 45
§ 15. Оформление проектных почвенных материалов . 45

Глава IV. **Методика и примеры проектирования расчетных норм, сроков, числа поливов культур и графиков гидромодуля** 47

§ 16. Наименование поливов и их обозначения 47
§ 17. Порядок проектирования расчетных графиков гидромодуля 49
§ 18. Материалы, необходимые для проектирования расчетных норм, числа и сроков полива 50

§ 19. Методика проектирования оросительных норм . . . 50
§ 20. Методика проектирования размеров поливных норм 54
§ 21. Число и размещение довегетационных и вегетационных поливов 55
§ 22. Примеры расчета сроков и норм полива различных культур 58
1. Расчет вегетационных норм и сроков полива яровой пшеницы для средне-сухого года (Заволжье) 58
2. Расчет вегетационных норм и сроков полива хлопчатника для условий средне-сухого года (Ферганы) 64
§ 23. Техника составления графиков гидромодуля. . . . 69

Глава V. Схемы водозабора (общие сведения) 78
§ 24. Водозабор в оросительной системе 78
§ 25. Схемы водозабора из естественных открытых водоемов 80
§ 26. Схемы водозабора подземных вод 89
§ 27. Схемы водозабора атмосферных вод 89

Глава VI. Холостая часть магистрального канала 89
§ 28. Назначение магистрального канала 89
§ 29. Основные схемы направления трасс магистрального канала. 90
§ 30. Проектирование холостой части магистрального канала 94
1. Нормы проектирования 94
2. Проектирование месторасположения водозаборных узлов 97
3. Последовательность расчетов при проектировании холостой части магистрального канала . . 98
4. Проложение трассы магистрального канала в холостой части 100
5. Головной участок холостой части магистрального канала 104
§ 31. Одежда холостой части магистрального канала . . . 105
§ 32. Расчетный режим канала 106
§ 33. Турбонасосные установки на холостой части магистрального канала 107
§ 34. Примеры расчета устойчивости откосов 107
1. Пример расчета устойчивости откоса по методу Филленіуса 107
2. Расчет по методу Терцаги — Крея 108

Глава VII. Техника полива . . 112
§ 35. Номенклатура способов поверхностного самотечного полива периодически поливаемых культур . . 112
§ 36. Основные условия, определяющие способы полива 112
1. Характеристики средних уклонов поверхности . . 113
2. Характеристики рельефа скатов 113
3. Характеристики микрорельефа орошаемого поля (поливной карты) . . . 113
4. Характеристики скорости впитывания воды в почву 114
5. Характеристики скорости промачивания почвы 115
6. Характеристики способов пахоты, посева, ухода и уборки культуры. . 115
7. Характеристики развития корневой системы и площади питания культуры 116
8. Характеристики размеров поливных норм и схемы полива культур . . . 116
§ 37. Полив напуском 116
1. Полив напуском по полосам 117
2. Пример подбора согласованных размеров длины полосы и струи 118
3. Применение полива напуском по полосам 120
§ 38. Полив по бороздам. 121
1. Расстояния между осями борозд 122
2. Уклоны борозд. 122
3. Расположение борозд. . . . 122
4. Удельные протяженности борозд на 1 га. 123
5. Длины поливных борозд и размеры струи в борозду 123
6. Применение бороздного полива 124
§ 39. Полив затоплением. 125
1. Применение способа полива затоплением 125
2. Системы разбивки чеков 125
3. Размеры чека 125
4. Размеры валиков 126
§ 40. Расположение и арматура временной внутрикартовой сети 126
Расходы внутрикартовой сети. 130

Глава VIII. Номенклатура, расположение, расчетные расходы и горизонты оросительных каналов 131
§ 41. Номенклатура оросительных каналов 131
Сокращенные наименования элементов оросительной сети в проектах 132
§ 42. Обозначения расчетных площадей в оросительных проектах 132

§ 43. Отчуждения под ирригационную и дорожную сеть для каналов в земляном русле 134
§ 44. Коэфициент использования земли для орошения 138
§ 45. Расположение проводящих оросительных каналов (распределителей) . . 139
1. Основные требования правильной организации территории орошаемых хозяйств 139
2. Основные требования рациональной эксплоатации проводящих оросительных каналов 140
§ 46. Размеры и расположение поливных карт и картовых оросителей. 147
1. Размеры и расположение поливных карт и картовых оросителей при поливе по бороздам 147
2. Размеры и расположение карт и картовых оросителей при поливе напуском по полосам . . . 149
3. Варианты проектирования крупных карт . . . 150
§ 47. Расчетные расходы оросительных каналов 151
§ 48. Расчетные расходы (брутто) оросительных каналов 155
§ 49. Определение потерь воды на фильтрацию и испарение из оросительных каналов 159
Формулы для более точного определения потерь воды на фильтрацию в каналах постоянного действия 170
§ 50. Потери воды в периодически действующей сети. 172
а) Расчетная длина каналов 172
б) Процент потерь на километр длины канала (δ) 174
в) Упрощенный метод подсчета потерь при разных формах водооборота . . . 177
§ 51. Расчетные командные горизонты воды в оросительных каналах 178

Глава IX. Гидравлический расчет и элементы поперечного профиля оросительного канала 180
§ 52. Основные расчетные формулы гидравлического расчета и значения коэфициента шероховатости в каналах и естественных руслах 180
§ 53. Незаиляющие скорости в оросительных каналах . 186
1. Формулы Кеннеди и Гриффитс-Ласея 186
2. Формула проф. А. А. Черкасова 187
3. Формула проф. В. Н. Гончарова 188
4. Допуски 189
§ 54. Неразмывающие скорости 189
§ 55. Условие максимальной пропускной способности каналов 195
§ 56. Условие минимальной фильтрации 196
§ 57. Отношение ширины оросительных каналов по дну к глубине наполнения их и нормальные размеры ширины оросительных каналов 196
§ 58. Внутренние и внешние откосы неукрепленных оросительных каналов. 197
§ 59. Размеры дамб 198
§ 60. Размеры берм в выемках. . 200
§ 61. Превышение гребня дамб и берм над горизонтом воды в канале 200
§ 62. Минимальный радиус закругления неукрепленных оросительных каналов . . 201

Глава X. Дорожная сеть 201
§ 63. Дорожная сеть 201

Глава XI. Дождевание 203
§ 64. Общие сведения 203
§ 65. Классификация дождевальных устройств и систем 204
1. Передвижные дождевальные установки (переносные и перевозные) 204
2. Стационарные и полустационарные дождевальные оросительные системы 205
3. Мостовые дождевальные агрегаты 205
4. Деление дождевальных систем по напору дальности полета струи воды. 205
§ 66. Главнейшие понятия и терминология, употребляемые в дождевании . . . 206
§ 67. Короткоструйная дождевальная установка КДУ 210
Список частей и оборудования КДУ 216
Короткоструйная дождевальная установка КДУ (модель 1940 г.) . 216
§ 68. Короткоструйная дождевальная установка МООС2 216
1. Основные показатели дождевальной установки МООС2 218
2. Список частей и оборудования МООС2 218
§ 69. Дальноструйная дождевальная установка системы ВНИИГиМ, модель 1939 г. 218
1. Показатели работы дождевального аппарата ВНИИГиМ 223
2. Спецификация дальноструйной дождевальной установки ВНИИГиМ, модель 1939 г. 224

3. Характеристика работы установки 224
§ 69а. Дальноструйная дождевальная установка системы ЮжНИИГиМНИМИ 224
Основные показатели аппарата системы ЮжНИИГиМНИМИ 225
§ 70. Коромысловый дальнеструйный дождевальный аппарат системы ЗакНИИВХ 225
Основные показатели коромыслового аппарата системы ЗакНИИВХ 226
§ 71. Капитальные и эксплоатационные затраты при применении дальноструйных дождевальных установок 226
§ 72. Консольный дождевальный агрегат 226
1. Основные показатели агрегата 232
2. Технические условия на проектирование сети для работы двухконсольного дождевального агрегата 232
§ 73. Стационарные и полустационарные дождевальные установки 232
1. Проектирование стационарной насосной станции 234
2. Проектирование стационарных напорных трубопроводов 234
§ 74. Эффективность дождевания 235
1. Влияние дождевания на структуру почвы 235
2. Изменения климата приземного слоя воздуха . 236
3. Внесение удобрений с водой при дождевании . 237

Глава XII. Оросительная сеть в условиях рисового хозяйства 238

§ 75. Водный режим культуры риса и его значение . . . 238
§ 76. Расчет оросительной нормы при режиме непрерывного затопления 241
А. Фильтрация 244
Б. Боковой отток 245
В. Потери на испарение и транспирацию 246
Г. Потери через периметрические валики 248
Д. Дополнительные подачи воды на поля D 248
§ 77. Расчет нормы при режиме прерывистого затопления 248
§ 78. Гидромодуль 249
§ 79. Расположение и конструкция сети в связи с механизацией 249
1. Карта 250
2. Чек 252
3. Валик 254
§ 80. Водооборот 255
§ 81. Сбросная сеть в условиях рисосовхоза 256
§ 82. Планировка полей в условиях рисового хозяйства . 256
Приложение 1 к главе XII 257
Приложение 2 к главе XII 258

Глава XIII. Планировка орошаемых площадей 259

§ 83. Общая часть 259
§ 84. Масштаб и техника съемки под планировочные работы 261
§ 85. Основные агротехнические условия планировки 262
§ 86. Планировка под полив затоплением 262
1. Подсчет кубатуры планировочных работ по горизонталям 263
2. Подсчет кубатуры планировочных работ по точкам 265
§ 87. Планировка под полив напуском по полосам и под полив по бороздам . 269
1. Технические условия и требования полива напуском по полосам . . . 269
2. Технические условия и требования полива по бороздам без сброса . . . 270
§ 88. Методика проектирования планировочных работ . . 271
§ 89. Проектирование планировки резервов 276
§ 90. Производство планировочных работ 277
§ 91. Вопросы эксплоатации спланированных площадей 283

Глава XIV. Борьба с потерями воды в ирригационной сети 284

§ 92. Система мероприятий по борьбе с потерями воды в ирригационной сети . . 284
§ 93. Сокращение потерь путем надлежащего проектирования и строительства ирригационной системы. . 284
§ 94. Эксплоатационные мероприятия по борьбе с потерями 285
§ 95. Антифильтрационные одежды 286
1. Типы антифильтрационных одежд 286
2. Выбор типа одежды . . . 287
3. Бетонные одежды 288
4. Производство работ по устройству бетонной одежды 294
5. Торкретные бетонные одежды 297
6. Эксплоатация и стоимость бетонных одежд 298
7. Асфальтовые одежды . . 300
8. Глиняные одежды 302
9. Одежды из грунто-бетонов, основанных на применении вяжущих материалов неорганического состава 305
10. Одежды из грунто-бетонов, основанных на применении вяжущих материалов органического состава 306
11. Химическая обработка грунта с целью искусственной его дисперсации . . . 307

Глава XV. Сбросная и водоотводная сеть на оросительных системах 310

§ 96. Назначения, основные типы и условия работы сбросной и водоотводной сети при орошении 310
§ 97. Сбросная сеть 312
§ 98. Водоотводящая сеть: горизонтальная и вертикальная 313
§ 99. Горизонтальная водоотводящая сеть 314
§ 100. Вертикальный дренаж посредством насосных колодцев 318
§ 101. Составление проекта вертикального дренажа . . 323

Глава XVI. Мелиорация засоленных и солонцовых почв 327

§ 102. Общие сведения 327
§ 103. Мелиорация засоленных почв 333
§ 104. Мелиорация солонцов . 341

Глава XVII. Орошение и обводнение из водохранилищ местного стока . . . 343

§ 105. Общие сведения 343
§ 106. Выбор места для устройства водохранилища . . 343
§ 107. Годовой сток и его изменчивость в многолетнем разрезе 344
§ 108. Сезонность стока. . . . 347
§ 109. Максимальный расход. . 349
§ 110. Влияние регулирующей емкости водохранилища на Q *макс* 353
§ 111. Потери воды из водохранилищ 353
§ 112. Общие соображения к определению мертвого объема водохранилища . 357
1. Условия заиления водохранилищ 357
2. Мертвый объем в связи с расположением отдельных частей водохранилища 359
§ 113. Водохозяйственные расчеты 360
А. Метод расчета 361
Б. Исходные данные 361
В. Порядок расчета 362
Г. Пример расчета водохранилища 371
§ 114. Схема орошения из водохранилищ 378
§ 115. Стоимость орошения на местном стоке и пути ее удешевления 378

Глава XVIII. Лиманное орошение 379

§ 116. Общие сведения 379
§ 117. Расчет лиманного орошения 383

Глава XIX. Зоны качания при машинном орошении . . . 388

§ 118. Установление числа зон качания 388

Глава XX. Механизация земляных работ при устройстве ирригационной сети 392

§ 119. Значение механизации земляных работ 392
А. Характеристика землекопных машин и их производительность 394
§ 120. Характеристика одноковшовых экскаваторов . . 394
§ 121. Производительность одноковшовых экскаваторов 405
§ 122. Многоковшовые экскаваторы-канавокопатели . 408
§ 123. Многоковшовые экскаваторы МЭДО для очистки каналов 409
§ 124. Скреперные установки 412
§ 125. Тракторные скреперы . 413
§ 126. Конные скреперы . . 420
§ 127. Грейдер-элеваторы . . . 421
§ 128. Грейдеры (прицепные) . 424
§ 129. Бульдозеры 425
§ 130. Плужные канавокопатели 427
§ 131. Канавокопатели - волокуши одностороннего отвала 431
§ 132. Валикоделатели 433
§ 133. Разрыхлители 435
§ 134. Тракторы, автомашины и саморазгружающиеся тракторные повозки . . 436
§ 135. Расход горючего и смазочных материалов . . 439
Б. Механизированное производство земляных работ при сооружении ирригационной сети 440
Виды работ 440
§ 136. Подготовительные работы 441
1. Разбивка земляных работ 441
2. Срезка и удаление растительного слоя 442
3. Разрыхление грунта под дамбами 443
4. Планировка трассы . . . 443
§ 137. Основные работы . . . 444
1. Образование дамб каналов из внешних резервов 444

2. Устройство каналов в полувыемке-полунасыпи 447
3. Разработка каналов в выемке с укладыванием грунта в кавальеры . . 449
§ 138. Сопутствующие и отделочные работы 450
В. Потребное количество машин на разработку 1000 м³ грунта при устройстве каналов. Годовая выработка машин и годовой режим работы машин 451
§ 139. Потребное количество машин на разработку 1 000 м³ грунта при устройстве каналов. 451
§ 140. Годовая выработка землеройных машин. 457
Приложение к главе XX. Единые нормы времени и расценки 1929 г. 458

РАЗДЕЛ II

ОСУШЕНИЕ

Глава I. Значение осушения для народного хозяйства 460
§ 1. Задачи осушения 460
§ 2. Применение осушения в разных отраслях народного хозяйства 460
3. Оптимальный водно-воздушный режим почв для лугов и пастбищ 461
§ 4. Влияние осушения на свойства почво-грунтов, на растительность и урожайность 462

Глава II. Естественно-исторические условия осушаемых земель 465
§ 5. Климат 465
§ 6. Рельеф местности 466
§ 7. Гидрогеологическое строение 466
§ 8. Причины образования болот и излишнего увлажнения минеральных земель . . . 466
1. Основные типы водного питания болот и минеральных земель 468
2. Причины заболачивания 469
§ 9. Болота и их строение . . . 469
§ 10. Переувлажненные минеральные грунты 471
§ 11. Характеристика водосборной площади 472

Глава III. Определение расчетных расходов 473
§ 12. Расчетные расходы 473
§ 13. Модуль поверхностного стока 474
§ 14. Определение величины поверхностного стока дождевых осадков с небольших водосборных площадей для района Москвы 474
§ 15. Определение максимального расхода талых вод. Формула проф. Д. Л. Соколовского 478
§ 16. Обычные эмпирические формулы для расчета стока в осушении 484
Интенсивность осадков . . 488
§ 17. Дренажный сток (внутренний) 489

Глава IV. Основные элементы осушительных систем и принципы их распределения 493
§ 18. Зависимость распределения осушительных систем от местных естественных условий 493
§ 19. Распределение элементов сети в зависимости от водного питания 493
§ 20. Основные приемы осушения 494
§ 21. Элементы осушительной сети 496
§ 22. Правила трассировки магистральных каналов на болотах и временно увлажненных почво-грунтах . . 498
§ 23. Нагорные каналы 498
§ 24. Ловчие каналы 499

Глава V. Систематический дренаж 500
§ 25. Задачи дренажа 500
Схемы расположения систематической дренажной сети в плане 500
§ 26. Определение расстояний между дренами 501
§ 27. Теоретические методы определения расстояния между дренами 501
1. Формулы для установившегося движения . . . 501
2. Формулы для неустановившегося движения . . . 502
§ 28. Методы эмпирические . . 504
§ 29. Глубина заделки дрен . . 506
§ 30. Длина коллекторов и дрен 506
§ 31. Конструкция дрен . . . 506
§ 32. Кротовый дренаж 509
§ 33. Гидравлический расчет дренажей 510
Расчет размеров дрен . . . 510
§ 34. Уклоны в дренаже . . . 514
§ 35. Сопряжения дренажных труб 516
§ 36. Сооружения на дренажной сети 516

Глава VI. Гидравлический расчет каналов 517
§ 37. Основные данные для расчетов каналов 517
§ 38. Формулы для поверочного расчета каналов 518
§ 39. Последовательность в гидравлическом расчете . . 521
§ 40. Сопряжения основных и боковых каналов 532

Глава VII. Осушительные системы в специализированных хозяйствах 533
§ 41. Осушение лугов 533
§ 42. Осушительные системы в хозяйствах для технических культур (льна, рами, конопли и т. п.) 534
§ 43. Осушительные системы в животноводческих хозяйствах, а также под овощные культуры и кормовые корнеплоды 536
Осушение под овощные культуры и кормовые корне-клубнеплоды . . . 536
§ 44. Конструкция сечений магистральных и других каналов 537

Глава VIII. Устойчивость русла каналов 537
§ 45. Зарастание русла 537
Меры борьбы с зарастанием каналов 538
§ 46. Оползни откосов и берм канала 538
§ 47. Размыв русла 539
Методы, предупреждающие размыв 539
§ 48. Наносы в русле 539
Методы, предупреждающие образование наносов . . . 539
Борьба с бузой в каналах 541
§ 49. Осадка торфов 541
§ 50. Форма и заложение откосов в однородном грунте . 544
§ 51. Основные условия статической устойчивости откосов в каналах 545
§ 52. Конструкция русла каналов с применением креплений 546
Основные уравнения для расчета крепления в каналах 548

Глава IX. Осушение для торфодобычи 549
§ 53. Предварительная осушка залежи 549
§ 54. Схема осушительной сети для торфодобычи 550
§ 55. Выбор водоприемника . . 550
§ 56. Сборные и валовые каналы 550
§ 57. Системы для осушки залежи 551
§ 58. Осушка полей разлива гидроторфа. 552
§ 59. Осушение для добычи торфа по фрезерному способу 552
§ 60. Расстояния между картовыми каналами при различных способах добычи . 553

Глава X. Осушение при путях сообщения и на аэродромах 554
§ 61. Осушка полосы под насыпь 554
§ 62. Осушение выемок 555
§ 63. Осушение насыпей. 555
А. Меры, предупреждающие застой воды в балластном слое 555
Б. Меры, предупреждающие сплыв и размыв откосов 556
§ 64. Конструкция глубоких дренажей 556
§ 65. Каптажные штольни. . . . 556
§ 66. Борьба с пучинами посредством осушения и нагорные канавы 557
§ 67. Осушение под автодорожное полотно 558
§ 68. Осушение аэродромов . . . 558

Глава XI. Урегулирование рекводоприемников 559
§ 69. Общие сведения 559
§ 70. Типы заболоченных рекводоприемников и пригодность их для включения в новую трассу 559
§ 71. Причины неудовлетворительного состояния водоприемников 560
§ 72. Увеличение уклона. . . . 561
§ 73. Уменьшение шероховатости 561
§ 74. Борьба с неравномерностью движения в заболоченных реках 561
§ 75. Сопряжение притоков с регулируемой рекой . . 564
§ 76. Данные, необходимые для проектирования выправительной трассы и осушки поймы 565
§ 77. Правила для проектирования выправительной трассы 566
§ 78. Формы и размеры сечений русла 567
§ 79. Продольный профиль по трассе 568
§ 80. Гидравлический расчет сечений 569
§ 81. Требования, которым должна удовлетворять сбросная часть регулируемого русла 570
§ 82. Обвалование 571

Глава XII. Выполнение осушительных каналов 573
§ 83. Разбивка каналов на местности (перенос проекта канала в натуру) 573
§ 84. Ручная прокопка новых каналов 574

§ 85. Углубление и уширение существующих русел (капитальный ремонт). . . . 575
§ 86. Кавальеры и воронки. . . 576
§ 87. Классификация машин для прокопки более крупных осушительных каналов. 576
§ 88. Выбор машин для каналов требуемого профиля 577
§ 89. Понтоны 578
§ 90. Главнейшие моменты в определении типа, размеров и числа снарядов, необходимых для исполнения заданной работы 578

Глава XIII. Осушение территорий промышленных предприятий и коммунальных хозяйств 589

§ 91. Требования промышленных и коммунальных предприятий к водно-физическому состоянию грунтов . 589
§ 92. Методы осушения территорий промышленных и коммунальных предприятий при разных естественно-исторических условиях. . . 590
§ 93. Типы заболачивания населенных мест и заводских территорий и схемы ликвидации заболачивания . . . 592
§ 94. Конструкция труб для глубоких дренажей 595

Глава XIV. Подтопление при гидростроительстве 598

§ 95. Основные понятия 598
§ 96. Прогноз подтопления . .598
А. Способы, в которых в основу прогноза положен стабильный горизонт грунтовых вод до подпора 600
Б. Способы расчета подпорных кривых, исходящие из расхода грунтового потока 602
Определение нижнего расчетного сечения 604
В. Учет колебания горизонтов грунтовых вод 608
Г. Время достижения подпорными кривыми предельных положений 608
§ 97. Борьба с последствиями подтопления 609
1. Выборочный (головной) канал или дренаж 609
2. Глубинный водоотлив. . . 611
3. Висячие шпунты, или замки 613
§ 98. Обвалование при подтоплении 613
1. Фильтрация из обвалованной реки на пойму . . 614
2. Расчет понижающего действия висячего канала на пойме при обваловании 617

Глава XV. Осушение в антималярийных целях 619

§ 99. Причины, вызывающие применение осушения при антималярийной борьбе . 619
§ 100. Типы мелководий как объекты гидротехнического воздействия 619
§ 101. Ликвидация мелководий в виде впадин 620
§ 102. Ликвидация мелких водоемов посредством поглощающих колодцев . . 621
§ 103. Ликвидация мелководий при пологих откосах водоемов или русел 621
§ 104. Увеличение бытовых скоростей в руслах 622
§ 105. Осушение площадей от грунтовых или поверхностных вод 623
§ 106. Ликвидация условий для развития анофелеса при намывном делювиальном водном питании 623
§ 107. Особенности устройства гидротехнических сооружений на сети в антималярийных целях 623

РАЗДЕЛ III

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ОБВОДНЕНИЕ, МЕЛИОРАТИВНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ И НАСОСЫ

Глава I. Нормы водопотребления

§ 1. Личные потребности человека 624
§ 2. Производственные потребности 625
§ 3. Расчетные нормы водопотребления. 627

Глава II. Нормы физико-химического и бактериологического состава питьевой воды 629

§ 4. Показатели качества питьевой воды 629
§ 5. Классификация воды 630
§ 6. Нормы качественного бактериологического состава воды (нормы Miquel'a) . .631
§ 7. Нормы, характеризующие воду по содержанию в ней кишечной палочки (нормы Whyppl'a) 631
§ 8. Нормы физико-химического и бактериологического состава воды, идущей на питьевые нужды животных . . . 631
§ 9. Нормы физико-химического и бактериологического состава воды для промышленных и хозяйственных надобностей 632

Глава III. Выбор источника водоснабжения 633

§ 10. Характеристика источников 633
§ 11. Условия для выбора источников 634

Глава IV. Проектирование каптажных сооружений . . . 635

§ 12. Шахтные колодцы 635
§ 13. Трубчатые колодцы . . . 645
§ 14. Вакуум-колодцы 650

Глава V. Колодезные водоподъемники и насосы 650

§ 15. Колодезные водоподъемники 650
§ 16. Насосы 652

Глава VI. Каптаж ключей . . 652

§ 17. Каптаж восходящих ключей 652
§ 18. Каптаж нисходящих ключей 659

Глава VII. Проектирование водохранилищ 666

§ 19. Выбор места для плотины и водохранилища 666
§ 20. Расчет объема водохранилища 666

Глава VIII. Проектирование сооружений для сбора атмосферных вод 668

§ 21. Проектирование цистерн для сбора атмосферных вод 668
§ 22. Проектирование снежников 669

Глава IX. Проектирование водопроводов 669

§ 23. Классификация и схемы водопроводов. 669
Схемы водопроводов . . . 670
§ 24. Водозаборные сооружения 674
1. Водозаборные сооружения на реках, озерах и т. п. 674
2. Сооружения для забора воды из ключей 676
3. Водозаборные сооружения в виде шахтных и трубчатых колодцев 678
§ 25. Водопроводная сеть . . . 681
1. Общие положения 681
2. Проектирование водопроводной сети 683
3. Порядок ведения проверочного гидравлического расчета водопроводной сети 684
§ 26. Очистные сооружения . . 685
§ 27. Насосные станции 689
§ 28. Водонапорные башни и резервуары 691
§ 29. Пневматическое водоснабжение 695
§ 30. Водопроводные трубы. . . . 696
§ 31. Арматура водопроводной сети 701
1. Домовая сеть 701
2. С.-х. водоразборные устройства 702
3. Полевые водоразборы из водохранилища 702
4. Водопойные устройства внутри помещения 703
Приложение I. О санитарной охране водопроводов и источников водоснабжения. 703
Приложение II. Нормы пожарного водоснабжения в сельских населенных пунктах (в колхозах) 706

Глава X. Мелиоративные насосные станции 708

§ 32. Типовые схемы водоподъемных сооружений . 708
§ 33. Отдельные элементы ирригационной схемы водоподъемных сооружений 710
1. Водозаборные сооружения 710
2. Водоподводящие сооружения 712
3. Отстойники 712
4. Насосная станция. 712
§ 34. Типы ирригационных насосных станций 714
§ 35. Выбор двигателей для насосных станций 715
1. Типы применяемых двигателей 715
2. Выбор типа двигателя для насосной станции (предварительные соображения) 718
§ 36. Передача энергии от двигателя к насосу 720
§ 37. Ременная передача 722
I. Виды ременной передачи 722
II. Приводные ремни 724
III. Типовой расчет передачи хлопчатобумажными тканными ремнями . . . 724
IV. Типовой расчет передачи хлопчатобумажными шитыми ремнями . 726
V. Типовой расчет передачи шерстяными тканными ремнями 727
6. Стандартные диаметры шкивов и нормальные числа оборотов 728
§ 38. Определение напора и мощности насосной установки 729
§ 39. Коэфициент полезного действия насосной установки 730
§ 40. Приемная камера и всасывающие трубы насосов 731
§ 41. Напорные трубопроводы и их арматура 734
§ 42. Определение экономического диаметра напорных водоводов 736

§ 43. Определение эксплоатационных показателей работы насосной станции . . 736
§ 44. Перекачивательные насосные станции 737
§ 45. Выбор типа насосной станции и насосов 738
§ 46. Примеры оросительных насосных станций . . . 739
§ 47. Осушительные насосные станции 747
1. Классификация 747
2. Сборные резервуары . . . 749
3. Примеры осушительных насосных станций 751
§ 48. Автоматизация насосных станций 752
1. Общие положения. . . . 752
2. Основные элементы автоматизации 754
3. Общие схемы работы автоматизированных насосных агрегатов 757
4. Выбор насосов и пример автоматической насосной станции 757
§ 49. Насосные станции для забора подземных вод. . 760
§ 50. Примеры насосных станций с подземными источниками водоснабжения. . 762
Схемы водозабора из скважин 764
§ 51. Краткая методика проектирования водопроводных насосных станций 774

Глава XI. Насосы 777

А. Центробежные насосы. 777

§ 52. Устройство и принцип действия центробежных насосов 777
§ 53. Коэфициент полезного действия (к. п. д.) центробежного насоса 780
§ 54. Высота напора центробежного насоса 781
§ 55. Основное уравнение работы центробежного насоса 783
§ 56. Рабочая характеристика центробежного насоса . . 785

А. Конструкции центробежных насосов. . . . 788

§ 57. Многоколесные центробежные насосы 788
§ 58. Корпус насоса 789
§ 59. Основные отличительные особенности новейших конструкций центробежных насосов США 790
§ 60. Быстроходность насосов 791
§ 61. Классификация вращательно-лопастных насосов 793
§ 62. Диагональные и пропеллерные насосы 794
§ 63. Приспособления для заливки центробежных насосов 794
§ 64. Вертикальные центробежные насосы для шахтных колодцев 795
§ 65. Вертикальные насосы для буровых скважин: центробежные (радиальные), диагональные и пропеллерные 796
§ 66. Высота всасывания центробежных насосов . . . 797
§ 67. Ориентировочное определение основных размеров рабочего колеса центробежного насоса 799
§ 68. Определение условий работы центробежных насосов 799
§ 69. Параллельная работа насосов 800
§ 70. Сведения для выбора центробежных и пропеллерных насосов 801
1. Центробежные насосы . . 801
2. Пропеллерные насосы . . 805
§ 71. Технические условия на поставку центробежных насосов 806

Б. Поршневые насосы. 807

§ 72. Классификация поршневых насосов 807
§ 73. Производительность поршневых насосов 807
§ 74. Высота всасывания и высота нагнетания поршневых насосов 808
§ 75. Воздушные колпаки в поршневых насосах 809
§ 76. Высота напора поршневого насоса 812
§ 77. Коэфициент полезного действия (к. п. д.) поршневого насоса 813
§ 78. Паровые насосы 814
§ 79. Приводные поршневые насосы 815
§ 80. Ручные поршневые насосы 815

В. Пневматические, капиллярные и гидравлические водоподъемники 818

§ 81. Эрлифты 818
§ 82. Сравнительная характеристика глубоководных насосов 822
1. Поршневые насосы. . . . 822
2. Вертикальные центробежные насосы 822
3. Эрлифты 823
§ 83. Капиллярные насосы . . 823
§ 84. Гидравлические тараны . 825
§ 85. Водоструйные насосы . . 827

РАЗДЕЛ I
ОРОШЕНИЕ

ГЛАВА 1
ОРОШЕНИЕ В СССР, ЕГО ЗНАЧЕНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

§ 1. Зоны увлажнения

Советский Союз располагает огромнейшими площадями земель, пригодных для с.-х. использования. Современная посевная площадь (около 137 млн. га в 1938 г.) в случае надобности могла бы быть не только удвоена, но даже утроена.

Весьма значительная часть земельного фонда при этом падает на южные районы СССР, хорошо обеспеченные теплом и являющиеся особенно ценными в с.-х. отношении. Здесь имеются большие возможности для возделывания многих ценных южных культур до египетского хлопчатника и цитрусовых растений включительно.

Однако использование этих благоприятных возможностей по мере продвижения на юг все больше и больше ограничивается недостатком влаги. Южная полоса Казахской ССР, низменности и долины Узбекской, Таджикской, Киргизской и Туркменской ССР, восточная часть Закавказья, некоторые районы Дагестанской АССР, а также юг Сталинградской области находятся уже в таких условиях естественного увлажнения, что успешное ведение земледелия оказывается возможным только при искусственном орошении.

Недостаток влаги для нормального развития с.-х. культур, хотя и менее выраженный, чем в перечисленных районах, наблюдается и в целом ряде других местностей (юг Украины, Крым, Северный Кавказ, Поволжье, северная и центральная полоса Казахстана, западная часть Алтайского края и пр.).

О характере естественного увлажнения отдельных частей Советского Союза дает представление карта зон увлажнения (рис. 1) и приводимая ниже характеристика этих зон.

1. **Зона достаточного и избыточного увлажнения.** Эта зона охватывает в основном северо-западную часть СССР, южную часть Дальнего Востока и некоторые другие районы, отличающиеся более или менее значительным количеством осадков и невысокой обеспеченностью теплом. Для этой зоны характерно большое распространение заболоченных и переувлажненных земель. В отдельные периоды, однако, и здесь испытывается недостаток влаги для овощных и некоторых технических культур.

2. **Зона неустойчивого увлажнения.** В эту зону входит полоса земель, идущая от западных границ СССР до Кузнецкого бассейна (при-

Иркутская областная библиотека
103 9080

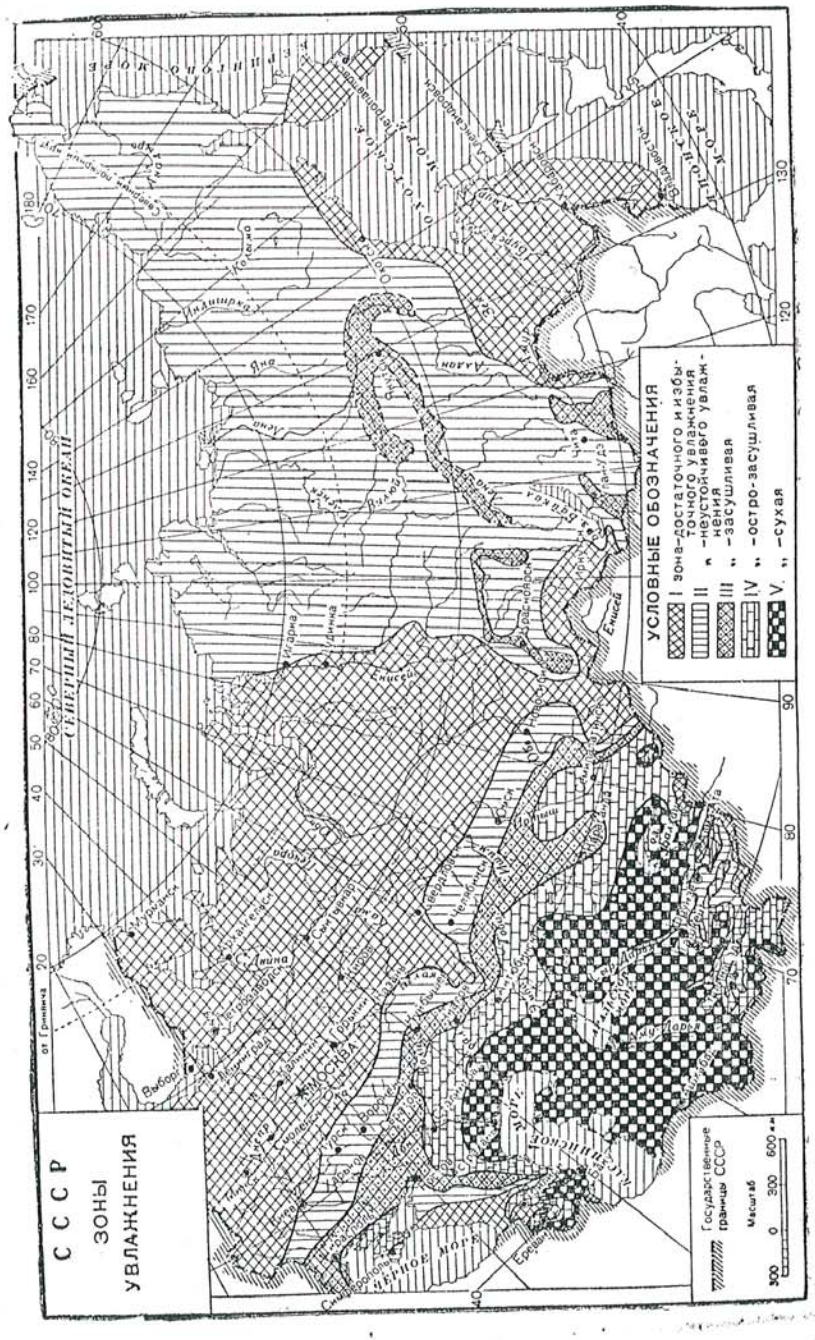


Рис. 1. Зоны увлажнения.

мерно по направлению Винница — Курск — Пенза — Челябинск — Омск — Сталинск), а также почти вся восточная Сибирь и Якутия.

Название неустойчивой эта зона получила в силу того, что в отдельные годы здесь имеет место то избыток, то недостаток влаги для основных с.-х. культур.

3. Зона засушливая. Эта зона имеет вид полосы, идущей от западной границы Союза до р. Оби на востоке, располагаясь южнее зоны неустойчивого увлажнения. Отдельные засушливые районы имеются в восточной Сибири и в Якутии. Засушливость этой зоны обусловливается не только недостатком выпадающих осадков, но и неблагоприятным распределением их во времени. Применение агротехнических методов сухого земледелия и увлажнительных работ (снегозадержание и пр.) дает в засушливой зоне очень большой эффект, обеспечивая широкие возможности для развития неорошаемого земледелия. Однако для целого ряда культур и получения устойчиво-высоких урожаев здесь нужно орошение. Поливные площади здесь имеют преимущественно страховое значение, обеспечивая получение устойчивого урожая даже в самые засушливые годы, когда продукция неорошаемых площадей резко снижается.

4. Зона остро-засушливая. В эту зону входят самые засушливые районы Украины и Крыма, часть Заволжья, Северного Кавказа, Казахстана, а также предгорные территории Средней Азии (районы богарных, т. е. неорошаемых, посевов) и восточного Закавказья. Неорошаемое земледелие в остро-засушливой зоне существует, но отличается крайней неустойчивостью и низким уровнем урожаев.

Основным мероприятием для борьбы с засухой в остро-засушливой зоне является орошение.

5. Зона сухая. Почти все площади сухой зоны расположены в Аралo-Каспийском бассейне и Балхашской котловине, охватывая все основные хлопковые районы. В мелиоративном отношении это — зона сплошного орошения, так как земледелие здесь возможно лишь при искусственном орошении.

С с.-х. точки зрения вообще и с ирригационной в частности, приведенное разделение СССР на зоны увлажнения имеет большое практическое значение.

Необходимо, однако, иметь в виду, что при делении на зоны увлажнения (как и при всяком другом делении на зоны) имеет место известная условность.

Осушение, являясь преобладающим мелиоративным мероприятием для зоны избыточного увлажнения, в отдельных, хотя и очень редких случаях может оказаться необходимым даже в сухой зоне (например, осушение Сары-Суйских болот в центре Ферганской долины). Дополнительный полив овощей дает большой эффект даже в зоне достаточного и избыточного увлажнения (например, в Ленинградской области).

С ирригационной точки зрения наибольший интерес, естественно, представляют территории, входящие в сухую, остро-засушливую и засушливую зоны.

Эти три зоны вместе занимают площадь около 580 млн. га.

В сельскохозяйственном производстве страны эта огромная территория играет исключительно важную роль. Здесь сосредоточены все посевы хлопка, свыше 50% площади пшеницы, наиболее ценные южные виды овощных и садовых культур, почти все площади виноградников, около 40% крупного рогатого скота и почти 50% мелкого (овцы и козы) и т. д.

Народнохозяйственное значение этой территории в очень большой степени усиливается еще и тем, что в пределах ее или в непосредственной

близости располагается целый ряд крупнейших городов, портов и важных промышленных узлов (Донбасс, Кривой Рог, Бакинский и Эмбинский нефтяные районы, Южный Урал, Караганда, рудный Алтай и т. д.), предъявляющих очень большие требования к сельскому хозяйству как в части продовольственного снабжения населения, так и в части производства сырья для промышленного потребления.

Все это указывает на исключительную важность всех мероприятий по развитию сельского хозяйства в недостаточно увлажняемых районах. В числе этих мероприятий особую роль играет ирригация как наиболее радикальное средство борьбы с недостатком влаги для сельскохозяйственных культур.

§ 2. Современное состояние орошения в СССР

Орошение на территории, входящей в состав СССР, возникло раньше всего в Средней Азии, на Кавказе и в Крыму. Здесь оно существует многие сотни, а в некоторых случаях даже тысячи лет (по Зеравшану, в низовьях Аму-Дарьи, по Мургабу и пр.). В остальных районах Союза орошение начало применяться десятки и очень редко сотни лет назад, причем в целом ряде районов поливное хозяйство появилось лишь в последние годы.

В настоящее время (по данным за 1938 г.) общая орошаемая площадь СССР достигла 6 млн. га, что составляет лишь немногим больше 1% от всей территории, входящей в засушливую, острозасушливую и сухую зоны.

По отношению же ко всей площади земель Союза, занятых с.-х. посевами и насаждениями (около 140 млн. га), поливная площадь составляет только 4,3% (на территории СССР в границах 1938 г.).

Народнохозяйственное значение орошения очень велико. Благодаря наличию орошаемых площадей СССР добился полной победы в борьбе за хлопковую независимость. Текстильная промышленность Советского Союза сейчас полностью снабжается волокном отечественного производства, причем свыше 90% хлопкового волокна получается на орошаемых землях.

В целом ряде районов снабжение городского и сельского населения овощами и фруктами, а также сырьевая база консервной промышленности почти целиком зависят от орошения. Все большее и большее значение приобретает ирригация в борьбе с засухой и в создании устойчивого сельского хозяйства в засушливых и острозасушливых районах. Орошение является также очень важным средством рационального размещения с.-х. производства и укрепления обороноспособности страны. Велика роль ирригации и в деле осуществления принципов советской национальной политики, в деле подтягивания ранее отсталых, главным образом восточных, районов до уровня передовых. Осуществление последней задачи приобретает особое значение в связи с тем, что подавляющее большинство орошаемых площадей (свыше 90%) сосредоточено в союзных республиках Средней Азии и Закавказья и других национальных районах СССР.

Из 6 млн. га орошаемых в настоящее время площадей около 85% падает на сухую зону, а на засушливую зону около 15%.

В отношении характера сельскохозяйственного использования орошаемых площадей отдельные районы Союза резко между собой различаются.

В Узбекистане, Таджикистане, Туркмении, Киргизии, Южном Казахстане и Азербайджане основной культурой орошаемого земледелия

Площади современного орошения в СССР (данные за 1938 г.)

Республики, края и области	Площадь орошения (в тысячах гектаров)	В процентах к итогу по СССР
Узбекская ССР	1 874	31,3
В том числе Кара-Калпакская АССР	136	2,3
Туркменская ССР	384	6,4
Таджикская ССР	282	4,7
Киргизская ССР	755	12,6
Казахская ССР	951	15,8
Азербайджанская ССР	675	11,2
Армянская ССР	166	2,8
Грузинская ССР	193	3,2
Украинская ССР	63	1,0
РСФСР	505	8,4
В том числе:		
Дагестанская АССР	124	2,1
Бурят-Монгольская АССР	96	1,6
Хакасская автономная область Красноярского края	28	0,5
Крымская АССР	35	0,6
Прочие республики, края и области РСФСР	222	3,7
Неучтенные паспортизацией площади	152	2,6
Всего по СССР	около 6 000	100,0

Примечание. Таблица составлена по материалам паспортизации ирригационных систем, проведенной в 1939 г. НКЗ СССР.

является хлопок при подчиненном значении зерновых хлебов, люцерны, риса, овоще-бахчевых и других культур. Для Армении, Грузии, Северного Кавказа (Дагестан, Северная Осетия и Орджоникидзевский край) характерно преобладание зерновых хлебов, при весьма значительном удельном весе кормовых, овощей, садов, виноградников, хлопка и других технических культур.

В Азово-Черноморье (Ростовская область и Краснодарский край) большая часть орошаемых площадей занята овощными культурами. В низовьях р. Кубани, кроме того, ведется рисовое хозяйство. Орошаемые площади Крымской АССР в большей своей части используются для садоводства с несколько меньшим удельным весом овощей и незначительными площадями прочих культур.

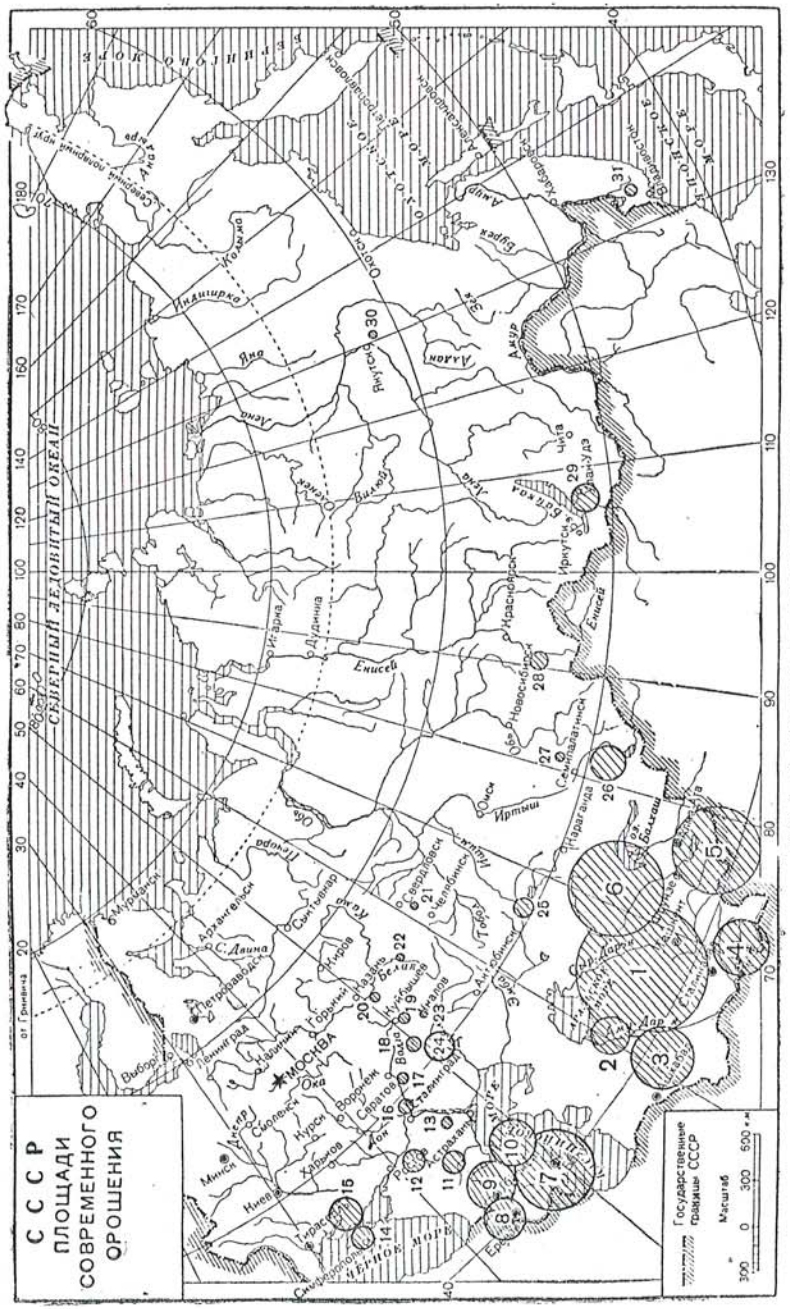


Рис. 2—3. Площади современного орошения.

Примечание к рис. 2—3. *«Площади современного орошения».* Площади кругов на карте пропорциональны размерам орошаемых площадей в соответствующих республиках, краях и областях.

№№ по карте	Название республик, краев и областей
1	Узбекская ССР.
2	Кара-Калпакская АССР.
3	Туркменская ССР.
4	Таджикская ССР.
5	Киргизская ССР.
6	Южная часть Казахской ССР (Южно-Казахстанская, Кзыл-Ординская, Джамбулская и Алма-Атинская области).
7	Азербайджанская ССР.
8	Армянская ССР.
9	Грузинская ССР.
10	Дагестанская ССР.
11	Северный Кавказ.
12	Азово-Черноморье (Ростовская область и Краснодарский край).
14	Крымская АССР.
15	Украинская ССР.
16	Сталинградская область.
17—18	Саратовская область.
19	Куйбышевская область.
20	Татарская АССР.
21	Свердловская область.
22	Башкирская АССР.
23	Чкаловская область.
24	Западная часть Казахской ССР (Западно-Казахстанская и Гурьевская области).
25	Северная и Центральная часть Казахстана (Актюбинская, Кустанайская, Северо-Казахстанская, Акмолинская и Карагандинская области).
26	Восточная часть Казахстана (Восточно-Казахстанская, Семипалатинская и Павлодарская области).
27	Алтайский край.
28	Красноярский край.
29	Бурят-Монгольская АССР.
30	Якутская АССР.
31	Дальний Восток (Приморский и Хабаровский края).

На Украине в настоящее время орошаются преимущественно овощи (при небольшой площади поливных садов и незначительном удельном весе прочих культур).

В Поволжье овощи также занимают большие площади, но здесь весьма значительную роль играют также посевы пшеницы, проса, сахарной свеклы.

Восточно-Казахстанская область является типичным примером зернового направления орошаемого земледелия, с небольшим удельным весом овощей, сахарной свеклы и прочих культур. Большой процент падает на зерновые посевы также в Хакассии и Бурят-Монголии. Кроме того, здесь (особенно в Бурят-Монголии) сильно возрастает значение поливных естественных сенокосов. Орошаемые площади Дальнего Востока используются для рисовых посевов.

Состав культур на орошаемых землях по Союзу в целом—в таблице «Площади посевов и насаждений по СССР в целом и отдельно на орошаемых землях».

Площади посевов и насаждений по СССР в целом и отдельно на орошаемых землях (данные за 1938 г.)

№ по порядку	Культуры	Площади посева (в миллионах гектаров)		Состав культур (в процентах)		Процент поливаемой площади от всей площади данной культуры
		на всей площади (орошаемые и неорошаемые)	только на орошаемых землях	на всей площади (орошаемые и неорошаемые)	только на орошаемых землях	
1	Хлопок	2,08	1,58	1,5	26,3	76,0
2	Прочие технические культуры (прядильные, сахарная свекла и пр.)	8,88	0,15	6,3	2,5	1,7
3	Зерновые культуры	102,41	1,83	73,2	30,2	1,8
4	Рис	0,16	0,16	0,1	2,7	100,0
5	Люцерна	2,17	0,60	1,6	10,0	27,6
6	Овощные и бахчевые культуры	2,02	0,35	1,4	5,8	17,3
7	Сады и виноградники	1,5	0,26	1,1	4,2	16,7
8	Прочие культуры	20,78	1,07	14,8	18,3	5,3
	Итого по СССР	140,00	6,00	100,0	100,0	4,3

Примечание. Данные о всех посевных площадях по СССР заимствованы из книги «Посевные площади СССР в 1938 г.», ЦУНХУ. По орошаемым площадям данные взяты из материалов паспортизации 1939 г.

Сравнение состава культур на орошаемых землях и на всей площади посевов и насаждений (орошаемой и неорошаемой вместе) показывает, что поливные земли используются преимущественно под наиболее ценные технические растения (главным образом хлопок), люцерну, овощи, сады и виноградники при относительно небольшом удельном весе зерновых культур. В неорошаемом же хозяйстве имеет место решительное преобладание зерновых, занимающих здесь почти три четверти всей посевной площади.

Значение поливных площадей в очень большой степени усиливается еще и тем, что урожайность при орошении в $1^1/_2$—2—4 раза выше, чем без орошения. В силу этого, а также в силу более ценного состава культур удельный вес орошаемой продукции в общем союзном балансе растениеводства следует считать во всяком случае близким к 15%, несмотря на то, что орошаемые посевы занимают лишь немного больше 4% от всей площади посевов и насаждений.

Удельный вес орошения сильно меняется по отдельным районам Союза.

В основных хлопководческих республиках Средней Азии и Закавказья (Узбекистан, Таджикистан, Туркмения, Киргизия, южная часть Казахстана и Азербайджан) орошаемые посевы по отношению ко всей посевной площади занимают чаще всего 50—70%, поднимаясь в Туркмении до 90% и снижаясь в Таджикистане до 35%.

Во всех этих республиках имеются отдельные административные районы и большие группы их, совершенно не имеющие неполивных посевов. Значение неполивного (богарного) земледелия в хлопковых районах резко снижается в силу крайне низких урожаев на богаре, а также тем, что

на богаре здесь могут возделываться в большинстве случаев лишь зерновые культуры. Поэтому даже при наличии относительно больших площадей богары (например, в Таджикистане) последняя в с.-х. производстве играет второстепенную роль.

К республикам с относительно большим удельным весом орошения относятся также Армения, Грузия и Дагестан.

Наряду с изменениями удельного веса орошения коренным образом меняется и характер распределения поливной площади по территории того или иного района.

В пределах сухой зоны, обладающей наибольшими площадями орошаемых земель, последние располагаются в виде крупных массивов в несколько десятков тысяч, а иногда и сотен тысяч гектаров (в долине Зеравшана — 400 тыс. га, Южный Хорезм — 220 тыс. га, Ферганская долина — 800 тыс. га и т. д.).

Орошаемые площади засушливой и острозасушливой зон представлены, как правило, мелкими участками в несколько гектаров или десятков и сотен гектаров, редко достигая нескольких тысяч гектаров.

В Украинской ССР, например, вся орошаемая площадь в 63 тыс. га (1938 г.) составляется из трех тысяч отдельных участков, разбросанных на территории свыше 15 млн. га, причем самый крупный орошаемый участок имеет поливную площадь всего в 3 тыс. га.

§ 3. Значение и перспективы орошения

Необходимость дальнейшего развития орошения диктуется прежде всего все возрастающими требованиями народного хозяйства страны на те виды с.-х. продукции, которые возделываются на орошаемых землях. В наибольшей мере это относится к хлопку, основная масса которого получается в настоящее время и будет бесспорно получаться и в будущем на поливных землях.

За годы Советской власти хлопководство достигло больших успехов, однако в отношении производства и потребления хлопчатобумажных тканей на душу населения СССР пока отстает от передовых капиталистических стран.

Чтобы догнать и перегнать передовые капиталистические страны в отношении производства хлопка, продукция последнего должна значительно возрасти. Это может быть достигнуто как за счет дальнейшего повышения урожайности, так и путем увеличения поливной площади хлопчатника.

В разрешении этих задач очень важную роль играют постановления СНК СССР и ЦК ВКП(б) «О мерах по дальнейшему подъему хлопководства в Узбекистане» от 22 декабря 1939 г., «О мерах по дальнейшему подъему сельского хозяйства и в особенности хлопка египетских сортов в Таджикской ССР» от 29 февраля 1940 г. и «О мерах по дальнейшему подъему сельского хозяйства и в особенности хлопка советских длинноволокнистых сортов в Туркменской ССР» от 21 апреля 1940 г., а также аналогичные постановления по Киргизии, Казахстану и Армении. В этих постановлениях в числе других мероприятий намечается широкая программа ирригационного строительства в хлопковых районах, чем обеспечивается не только улучшение работы действующих систем и вытекающее отсюда повышение урожайности хлопка, но и прирост новых площадей его.

Очень большой прирост орошения требуется для разрешения другой важной народнохозяйственной задачи, стоящей перед орошением — проблемы борьбы с засухой и создания устойчивого зернового и животноводческого хозяйства в засушливых и острозасушливых районах. Эта

задача должна разрешаться в Заволжье, на Северном Кавказе, на юге Украины, в Крыму и т. д., т. е. в районах, где в настоящее время имеются незначительные поливные площади, лишь в небольшой части используемые для зерновых и кормовых культур.

В одном Заволжье в течение ближайших пятилетий предстоит оросить около 1—2 млн. га, а в более отдаленном будущем довести поливную площадь в этом районе до 4—4,5 млн. га, т. е. до размеров, предусмотренных постановлением СНК СССР и ЦК ВКП(б) от 22 мая 1932 г. «О борьбе с засухой и орошении Заволжья».

Весьма значительный прирост орошения требуется также для развития рисосеяния, для обеспечения продвижения на восток сахарной свеклы, для размещения на поливных землях части посевов кенафа, южной конопли, арахиса и других технических культур.

Все большее и большее значение приобретает орошение овощных культур.

Развитие орошения для овощей особое значение имеет в деле реализации решений XVIII Съезда ВКП(б) о создании пригородного овощеводства. Поливы овощей и картофеля применяются и должны применяться не только в районах недостаточного увлажнения, но также в зоне неустойчивого и даже достаточного и избыточного увлажнения, где до последнего времени поливное земледелие почти не применялось.

В целях организации правильных травопольных севооборотов для хлопка и других поливных культур, а также в интересах укрепления кормовой базы для животноводства требуются новые поливные площади под травы (главным образом люцерну) и другие кормовые растения.

Использование обарыченных земель в СССР (данные за 1938 год по материалам паспортизации)

Республики, края и области	Площадь обарыченных земель			Процент поливающихся земель	Процент неполивающихся земель
	всего	в том числе: фактически поливается	в том числе: не поливается		
Узбекская ССР	2 672,1	1 874,0	798,1	70,1	29,9
В том числе Кара-Калпакская АССР	221,2	136,0	85,2	61,5	38,5
Туркменская ССР	886,1	384,3	501,8	43,4	56,6
Таджикская ССР	351,2	281,9	69,3	80,3	19,7
Киргизская ССР	1 038,2	754,8	283,4	72,7	27,3
Казахская ССР	2 286,8	950,7	1 336,1	41,6	58,4
Азербайджанская ССР	1 303,3	674,9	628,4	51,9	48,1
Армянская ССР	190,4	166,0	24,4	87,2	12,8
Грузинская ССР	240,5	192,9	47,6	80,2	19,8
Украинская ССР	85,0	62,9	22,1	74,0	26,0
РСФСР	*959,1*	*505,2*	*453,9*	*52,7*	*47,3*
в т. ч. Дагестанская АССР	*276,7*	*124,1*	*152,6*	*44,9*	*55,1*
Итого по СССР (без неучтенных площадей	10 012,7	5 847,6	4 165,1	58,4	41,6

Из приведенного перечня задач, стоящих перед ирригацией, ясно, что для их выполнения необходимо весьма значительное увеличение орошаемой площади, выражающееся несколькими миллионами гектаров. Такое увеличение орошаемой площади может быть осуществлено как за счет строительства новых ирригационных систем, так и за счет более полного использования внутренних возможностей существующих систем. Общая площадь обарыченных земель Союза, т. е. земель, имеющих в том или ином виде ирригационную сеть, превышает 10 млн. га, из которых фактически орошается только 6 млн. га (см. таблицу «Использование обарыченных земель СССР»).

Орошаемые районы СССР располагают, таким образом, около 4 млн. га неиспользуемых обарыченных земель. Сюда относятся площади, расположенные в пределах существующих систем, но не орошающиеся в силу различных причин (нехватка воды, недостаток трудовых ресурсов, засоление, заболоченность, прекращение поступления воды в систему и иных причин).

При проведении целого ряда строительных, ремонтных и почвенно-мелиоративных мероприятий весьма значительная часть неиспользуемых обарыченных площадей может быть снова занята поливными посевами. Эта задача сильно облегчается тем, что свыше 80% неиспользуемых обарыченных земель имеют исправную ирригационную сеть или требующую лишь более или менее сложного ремонта и восстановления. В пределах действующих ирригационных систем СССР имеется, кроме того, около 1,5 млн. га целинных земель, т. е. площадей, находящихся в зоне командования систем и пригодных для орошения, но не имеющих оросительной сети.

Внутренние ирригационные возможности на существующих системах, таким образом, оказываются очень большими, и использованию их должно уделяться не меньше внимания, чем строительству новых.

Полная реальность и большой эффект работ по использованию огромных внутренних возможностей ирригационных систем весьма убедительно подтверждаются замечательными результатами широкого народного движения, развернувшегося в 1939 г. и выразившегося в строительстве Большого Ферганского канала им. Сталина в Узбекистане, Самур-Дивичинского канала им. Сталина в Азербайджане, Сулу-Чубутлинского канала в Орджоникидзевском крае, Урало-Кушумского канала в Западном Казахстане и многих других строек, возникших по инициативе колхозников и выполненных в основном силами самих колхозов. Широкое участие колхозной массы в ирригационном строительстве обеспечивает не только быстрое выполнение работ, но и немедленное освоение включаемых в орошение площадей.

В результате осуществления скоростного строительства только за один 1940 г. коренным образом улучшено орошение многих сотен тысяч гектаров существующих поливных земель и, кроме того, обеспечен прирост новых орошаемых площадей на 250 тыс. га, тогда как до Великой Октябрьской социалистической революции прирост в размере 300 тыс. га был получен за 35 лет.

Скоростное строительство 1939 г. явилось лишь началом огромной работы по использованию больших внутренних возможностей ирригационных систем.

На основе опыта работ 1939 г. проектируется дальнейшее развитие орошения с применением скоростных методов. Указанными выше постановлениями СНК СССР и ЦК ВКП(б) по Узбекистану, Таджикистану и Туркменистану предусмотрено увеличение орошаемой площади к 1944—1945 гг. на несколько сотен тысяч гектаров, а если учесть и перспективы орошения по другим республикам, то общее увеличение поливной площади к 1944—1945 гг. будет еще более значительным, тем более что возможности для быстрого роста орошения в СССР очень велики.

Годовой сток всех рек, протекающих по засушливой, острозасушливой и сухой зонам СССР, составляет около 700 млрд. м³. При использовании всей этой воды для целей орошения ее могло бы хватить для площади около 100—120 млн. га. Однако необходимость учитывать интересы других отраслей водного хозяйства позволяет рассчитывать на использование лишь части водных ресурсов. Кроме того, далеко не все водные и земельные ресурсы находятся в благоприятном сочетании. Так, например, весьма обширная территория засушливых и острозасушливых степей Центрального Казахстана удалена на многие сотни километров от крупных источников орошения. В низовьях Волги земельный фонд, пригодный для орошения, оказывается в несколько раз меньше, чем водные запасы. Наконец, на степень возможного ирригационного использования того или иного водотока существенно влияет и режим источников орошения, который часто не соответствует требованиям ирригации. Наряду с реками, имеющими в общем благоприятный режим для орошения (Аму-Дарья, Терек и др.), имеется много крупных рек, отличающихся весьма неравномерным стоком с максимумом в ранневесенний период при небольших расходах поздней весной и летом (Волга, Днепр, Дон, Кура и др.).

Минимумы расходов здесь падают как раз на периоды наибольшей потребности растений в воде. В этих случаях при орошении больших площадей возникает необходимость в регулировании стока, что сопряжено обычно с большими трудностями технического порядка и далеко не всегда целесообразно экономически. Все перечисленные выше моменты, ограничивающие ирригационное использование водных ресурсов, нашли свое отражение в имеющихся (почти по всем крупным бассейнам Союза) ирригационных проектировках. Сводка этих проектировок по всему Союзу дает площадь реально возможного орошения, близкую к 40 млн. га. Если же учесть предстоящее техническое улучшение ирригационных систем, а также развитие дождевания и других методов полива, экономящих воду, то при использовании тех же водных ресурсов площадь возможного орошения определится в 50—60 млн. га, т. е. величиной, в 7—10 раз большей площади современного орошения.

Большие запасы земель перспективного орошения, а также довольно равномерное распределение их по территории (см. карту, рис. 4) позволяют не только разрешить все задачи, возлагаемые на орошение в ближайший период, но и сделать в каждом ирригационном районе отбор наиболее эффективных объектов.

Это положение подтверждается данными по отдельным ирригационным районам.

§ 4. Основные ирригационные районы СССР

В ирригационном отношении весь Союз делится на следующие семь районов (см. карту, рис. 4):

1) Средняя Азия с Южным Казахстаном,
2) Закавказье,
3) Предкавказье,
4) Украинско-Крымский район,
5) Волго-Уральский район,
6) Обь-Иртышский район,
7) Восточные районы (Хакассия, Бурят-Монголия, Якутия и Дальний Восток).

Средняя Азия и Закавказье. Первые два района — Средняя Азия и Закавказье, объединяемые обычно в группу так называемых хлопковых районов, как в отношении современного орошения, так и в отношении

задач и перспектив орошения, коренным образом отличаются от остальных ирригационных районов. Ведущей культурой здесь является поливной хлопок. Очень важное значение имеет также люцерна как основной компонент хлопка в хлопково-люцерновых травопольных севооборотах. Все другие культуры возделываются, как правило, или в севообороте с хлопком, или же занимают площади, непригодные для него.

Другой характерной особенностью хлопковых районов является то, что орошаемое земледелие в них решительно преобладает над неорошаемым, тогда как в большинстве прочих районов оно играет подсобную роль. Как Средняя Азия, так и Закавказье являются старыми районами орошения. Основная масса поливных площадей здесь обслуживается старыми системами неинженерного типа, существующими многие десятки и сотни лет. Эти системы устроены весьма примитивно и в большинстве случаев неудовлетворительно выполняют свою роль.

Поэтому одним из важнейших мероприятий в области ирригации по этим районам является техническая реконструкция действующих систем. Необходимо устройство улучшенных водозаборных сооружений, уничтожение многоголовья и параллелизма магистральных каналов, снабжение ирригационных систем регулирующими и иными сооружениями на сети, а также устройство сооружений и сети, обеспечивающих отвод избыточных вод. Очень большим недостатком старых систем является то, что обслуживаемая ими площадь разбита на мелкие и мельчайшие поливные карты, размеры которых исчисляются в некоторых случаях долями гектара. Интересы механизированного хозяйства требуют укрупнения этих карт, а следовательно, переустройства также мелкой ирригационной сети. Повышение технического уровня ирригационных систем не только резко улучшит снабжение водой существующих орошаемых посевных площадей, но даст, кроме того, возможность получить значительный прирост поливных посевных площадей за счет более интенсивного использования имеющихся здесь обарыченных земель.

Помимо больших резервов для увеличения орошаемой площади в пределах действующих систем, Средняя Азия и Закавказье обладают также большими возможностями для развития орошения путем строительства новых систем.

Общая площадь возможного орошения в Средней Азии (с Южным Казахстаном) исчисляется в количестве до 12 —14 млн. га. Здесь имеется, следовательно, возможность увеличить современную орошаемую площадь в три раза.

Примерно такое же положение имеет место и в Закавказье. При полном использовании водных и земельных ресурсов в Закавказье можно оросить около 2,5 млн. га против современных 1,1 млн. га. Эти цифры указывают на то, что основные хлопковые районы располагают очень большими возможностями орошения, вполне обеспечивающими необходимое развитие хлопководства не только в ближайшие пятилетия, но и в весьма отдаленной перспективе.

Основные ирригационые задачи при этом могут быть здесь разрешены путем переустройства действующих систем и строительства новых систем в районах, уже имеющих орошаемые площади и в той или иной мере освоенных.

В Средней Азии в таком крупнейшем орошаемом оазисе, как Ферганская долина, при полном использовании водных и земельных ресурсов можно получить прирост орошаемой площади в размере около 400 тыс. га. Сотнями тысяч гектаров выражаются также площади возможного прироста в бассейне Зеравшана, в низовьях Аму-Дарьи, бассейне Чирчика и Голодной Степи, Мургабский и Теджекский оазисы в Туркмении;

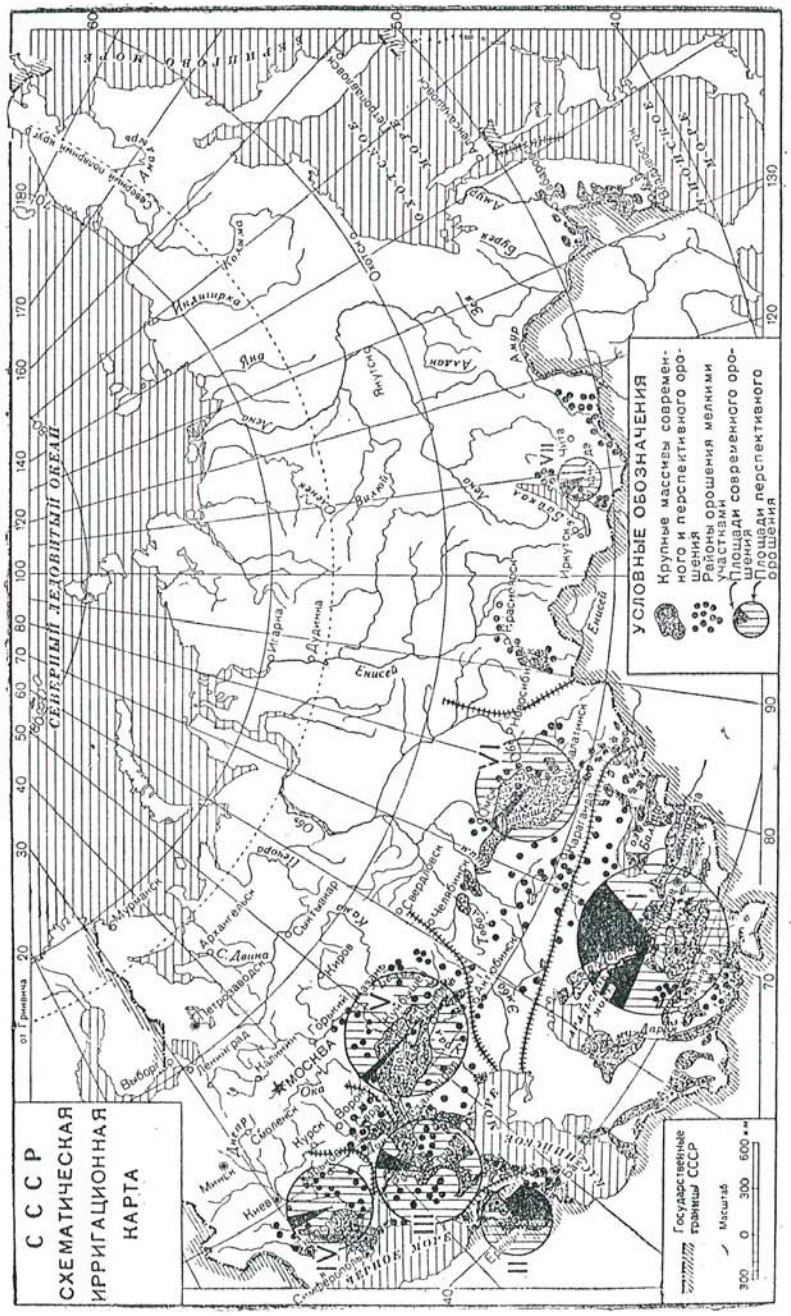


Рис. 4. Схематическая ирригационная карта СССР.

Примечание к рис. 4. *Схематическая ирригационная карта СССР.*

Ирригационные районы:

I. Средняя Азия и Южный Казахстан.
II. Закавказье.
III. Предкавказье.
IV. Украинско-Крымский район.
V. Волго-Уральский район.
VI. Обь-Иртышский район.
VII. Восточные районы.

Вахшская долина и Ходжа-Бакирганский массив в Таджикистане, Кашка-Дарьинский оазис Узбекистана, Чуйская долина в Киргизии и Казахстане и ряд других орошаемых районов Средней Азии также обладают большими возможностями для увеличения орошаемых площадей.

По многим из перечисленных районов за время существования Советской власти выполнено много работ по реконструкции старых систем и строительству новых, а многие из них являются объектами работ третьей пятилетки.

В Ферганской долине в 1940 г. в основном закончено строительство самого крупного в СССР Большого Ферганского канала им. Сталина (350 км), а также Северного и Южного Ферганских каналов. Все эти каналы построены скоростными методами по инициативе колхозников и силами колхозников Ферганской долины в исключительно короткие сроки.

На р. Кара-Дарье в 1937 г. начато строительство Кампыр-Раватской плотины, которая должна резко улучшить водообеспеченность районов южной части Ферганской долины.

В бассейне Зеравшана работает Первомайская плотина, являющаяся одним из крупнейших ирригационных сооружений в Средней Азии.

В 1940 г. начата постройка наибольшего в СССР (из ирригационных) Катта-Курганского водохранилища, коренным образом улучшающего водообеспеченность нижнего течения Зеравшана.

В 1939 г. закончены все основные работы по первой очереди орошения в Вахшской долине Таджикистана. На реке Мургаб в Туркмении в 1939 г. закончено сооружение Таш-Кепринского водохранилища и начато строительство водохранилища на р. Теджен.

В Киргизии на р. Чу построены большая Чумышская плотина и целый ряд других сооружений.

В Закавказье наибольшие площади поливных земель могут быть получены в результате реконструкции современного орошения и строительства новых систем в Кура-Араксинской низменности (Азербайджан) и в Араратской долине (Армения). В одной Кура-Араксинской низменности орошаемая площадь может быть увеличена почти на 1 млн. га, однако лишь при условии регулирования стока р. Куры. В плане третьей пятилетки предусмотрено развертывание работ по строительству Мингечаурской плотины, которая наряду с большим гидроэнергетическим значением ее обеспечит также орошение хлопковых земель Сальянской, Муганской, Мильской, Карабахской и Ширванской степей Азербайджана. Эти степи вместе с самыми южными районами Узбекистана, Таджикистана и Туркмении в хлопководстве Союза играют исключительно важную роль, так как обладают благоприятными условиями для культуры самых ценных египетских сортов хлопка. Иначе говоря, Средняя Азия и Закавказье, располагая большими возможностями для количественного увеличения хлопковой продукции, играют вместе с тем решающую роль в деле качественного улучшения сырья для хлопчатобумажной промышленности. Кроме хлопковой продукции, эти районы дают также большие количества овощей, фруктов, винограда, риса, люцерны, пшеницы и других с.-х. продуктов.

Остальные ирригационные районы Союза. Предкавказье, Украинско-Крымский, Волго-Уральский, Обь-Иртышский и восточные районы — в большей своей части относятся к засушливой и острозасушливой зонам. В настоящее время по всем этим районам орошается 0,9 млн. га, т. е. в пять с лишним раз меньше, чем по двум хлопковым. Поливные площади при этом рассеяны в виде небольших, мелких и мельчайших участков на огромной территории, представляя собой как бы оазисы орошаемого земледелия среди неорошаемых пашен, сенокосов и пастбищ.

Такое размещение орошаемых земель в засушливых районах вытекает из того положения, что задачей орошения здесь является не замена неорошаемого земледелия орошаемым, а придание неполивному хозяйству устойчивости и повышение общей продуктивности земледелия.

Рассредоточению орошаемых площадей в засушливых и острозасушливых районах благоприятствует почти повсеместное наличие здесь крупных и малых рек. В этом отношении особо важную роль играют мелкие реки, позволяющие осуществлять орошение небольших участков при помощи несложных гидротехнических сооружений. Такого рода орошение на местном стоке широко применяется колхозами в настоящее время и должно получить еще большее распространение в будущем по мере хозяйственного укрепления колхозов. За счет вод местного стока в острозасушливых *и засушливых районах может быть орошена весьма значительная площадь, выражающаяся величиной порядка 2—3 млн. га. Еще больше возможности* орошения из крупных рек (Днестр, Днепр, Дон, Кубань, Терек, Волга, Урал, Иртыш, Обь и др.). Площади возможного орошения здесь превышают 20 млн. га. То обстоятельство, что в бассейнах этих рек сосредоточены огромные площади земель, пригодных для орошения, дает возможность и орошению из крупных рек придать оазисный характер, располагая сравнительно небольшие участки поливных земель среди территории неполивного хозяйства.

При таком рассредоточении орошаемых площадей ирригационные системы играют очень важную роль и в деле обводнения и водоснабжения.

Наибольшего размаха строительство обводнительно-оросительных систем достигло в Предкавказье.

Предкавказье. Одной из наиболее характерных особенностей этого района является большое развитие обводнительных мероприятий.

В 1939 г. в основном закончено строительство Терской обводнительно-оросительной системы, обеспечивающей обводнение около 1 млн. га и орошение около 25 тыс. га земель, распределенных мелкими участками в пределах обводняемой территории.

Такого же рода системой является находящаяся в постройке и частично эксплоатируемая Алхан-Чуртская, а также строящаяся Ставропольская. При полном осуществлении проблемы Ставрополья здесь будет обводнена территория в 6,5 млн. га и будет орошено около 88 тыс. га. С 1936 г. в Ставрополье ведется строительство Невинномысского канала, который должен обеспечить подачу кубанской воды в р. Егорлык для обводнения и орошения прилегающих к ней земель. Это — самый крупный объект водохозяйственного строительства третьей пятилетки по Предкавказью. К числу других крупных работ в этом районе относится также строительство рисовых систем в низовьях Кубани (Ивановская система) и реконструкция орошения в нижнем течении Терека.

В 1938 г. в низовьях Терека закончено строительство Каргалинского узла, улучшившего питание водой земель Кизлярского района, а в 1939 г. скоростными методами сооружен Сулу-Чубутлинский канал на левом берегу Терека.

Низовья Терека являются наиболее крупным в Предкавказье районом современного орошения. Значительные орошаемые площади находятся также в Дагестане, Чечено-Ингушетии, Кабардино-Балкарии и других юго-восточных районах Предкавказья. Из 270 тыс. га (кругло), орошающихся в Предкавказье, на юго-восточную часть его приходится больше трех четвертей.

Основными культурами здесь являются зерновые при большом удельном весе садов, овощных, кормовых и технических культур (хлопок, кенаф и др.).

В остальной (северо-западной) части Предкавказья орошение представлено в основном мелкими и мельчайшими участками, используемыми преимущественно для овощных посевов. Исключение представляют рисовые системы в низовьях Кубани.

Ирригационные возможности Предкавказья очень велики.

Возможные к орошению земли сосредоточены в бассейнах Терека, Кубани, Дона и в расположенной между ними огромной Манычской котловине. Эти площади могут быть использованы для культуры пшеницы, риса, для технических культур (хлопок, кенаф и др.), овощей, садов, виноградников, люцерны и других кормовых растений. Наиболее благоприятными условиями для развития на орошаемых землях технических культур, садов и виноградников обладают юго-восточные районы Предкавказья.

Украинско-Крымский район. В отношении с.-х. использования орошаемых земель Украинско-Крымский ирригационный район близок к Предкавказью. В настоящее время (данные за 1938 г.) здесь орошается около 98 тыс. га, в том числе 63 тыс. га на Украине и 35 тыс. га в Крыму. На поливных землях размещаются в основном овощи (на Украине они составляют свыше 80%) и сады (в Крыму — около 50%). Технические культуры (хлопок, кенаф, табаки и пр.), зерновые и кормовые растения занимают незначительные площади. Вся орошаемая площадь Украины и Крыма, как уже указывалось выше, представлена мелкими участками, разбросанными по всей территории Южной Украины и Крыма и орошающимися в подавляющем большинстве случаев из мелких рек и из колодцев. При полном использовании вод местного стока поливная площадь Украинско-Крымского района может быть увеличена до 0,5 млн. га, а если учесть и водные ресурсы крупных рек, т. е. Днепра, Южного Буга и Днестра, то ирригационные возможности здесь достигнут 4—4,5 млн. га. В ближайшее время орошение будет, несомненно, развиваться в основном за счет строительства мелких колхозных систем на местном стоке с использованием их преимущественно для плодоовощного хозяйства. По мере увеличения поливных площадей будет возрастать удельный вес технических растений (хлопок, кенаф, клещевина, арахис и др.), люцерны и других кормовых растений, а также пшеницы.

В системе мероприятий по борьбе с засухой в Украинско-Крымском районе большое значение в будущем сыграет орошение нескольких сотен тысяч гектаров на Нижнем Днепре (левобережье) и в Северном Крыму. По степени засушливости этот массив приближается к Заволжью, но размер территории, охватываемой засухами меньше по площади.

Волго-Уральский ирригационный район. Этот район в настоящее время имеет сравнительно небольшую орошаемую площадь — около 75 тыс. га (в 1938 г.), ирригационные же возможности его превышают 8 млн. га. Современные поливные площади используются для зерновых, кормовых и овощных культур, причем во многих районах последние являются преобладающими. По мере увеличения орошаемой площади и удовлет-

вования местных потребностей в овощах, роль зерновых и других культур усиливается. Перспективное же орошаемое хозяйство здесь мыслится как зерново-животноводческое с ведущей ролью пшеницы при большом удельном весе люцерны в травопольном севообороте. Имеют крупное значение сахарная свекла и овощи. Основным источником для широкой ирригации Заволжья является р. Волга и отчасти р. Урал, но большую роль играет также местный сток, водами которого можно оросить свыше 1 млн. га, т. е. в несколько раз больше, чем орошается в настоящее время. Развитие орошения на местном стоке в Волго-Уральском районе предшествует широкой ирригации, являясь серьезной подготовкой к ней. Наряду со строительством мелких систем колхозного типа здесь в настоящее время ведутся работы по нескольким более крупным массивам с орошаемой площадью в несколько тысяч гектаров каждая.

К этого рода системам относятся: Кутулукская в Куйбышевской области, Пугачовская в Саратовской области.

Идут подготовительные работы по орошению около 1 млн. га заволжских земель с тем, чтобы в дальнейшем довести орошаемую площадь Заволжья до установленных правительством размеров.

Обь-Иртышский район. Имеющиеся в Обь-Иртышском районе 170 тыс. га поливных земель используются в основной своей массе для зерновых посевов с более или менее значительным удельным весом овощей, кормовых растений и сахарной свеклы. Около 75% орошаемой площади сосредоточено в бассейне Верхнего Иртыша, т. е. в самом юго-восточном углу этого огромного бассейна, а 25% разбросаны в виде небольших участков по всей остальной территории района, главным образом по мелким рекам.

Что касается крупных рек района — Оби, Иртыша, Тобола и Ишима, то они в современном орошении играют ничтожную роль, обладая вместе с тем большими ирригационными возможностями.

Основная масса площадей возможного орошения при этом располагается по правому и левому берегам реки Иртыша, южнее и севернее г. Семипалатинска (Кулундинская степь, Ишимская степь и др.). Крайне малая освоенность Обь-Иртышского района не позволяет ставить вопрос об орошении здесь в ближайший период крупных площадей. Главное внимание должно быть сосредоточено на развитии орошения на местном стоке с целью создания местной продовольственной и отчасти кормовой базы для промышленных центров (Караганда, Джезказган, Алтай и др.) и животноводческих хозяйств центрального Казахстана.

Большое значение имеет также дальнейшее развитие в этом районе орошаемого свеклосеяния, которому положено начало Алейской оросительной системой (11 тыс. га) в Алтайском крае.

Обь-Иртышский район занимает самую восточную часть основного массива земель, испытывающих недостаток увлажнения. Дальше на восток засушливые районы располагаются лишь небольшими пятнами в пределах зон неустойчивого, а также достаточного и избыточного увлажнения.

Восточные районы. В верхнем течении р. Енисей, главным образом, в Хакассии, имеется район, сильно страдающий от засух, с издавна применяющимся орошением. В настоящее время (данные 1938 г.) здесь орошается около 30 тыс. га. Эта площадь может быть значительно расширена как за счет нового строительства, так и путем переустройства старых систем.

Основными культурами на орошаемых землях здесь являются зерновые и кормовые.

В Бурят-Монголии орошается 96 тыс. га, из которых больше половины приходится на поливные естественные сенокосы. Остальная площадь занята зерновыми культурами и отчасти овощами.

Бурят-Монгольская республика располагает довольно значительными возможностями для дальнейшего увеличения поливной площади.

Особое положение занимают орошаемые районы Дальнего Востока. В пределах Еврейской автономной области, в бассейне р. Уссури и около оз. Ханка в последние годы орошалось около 10—15 тыс. га при наличии возможностей увеличить орошаемую площадь в несколько раз. Главной поливной культурой на Дальнем Востоке является рис.

Наконец, в пределах засушливых районов Якутской АССР также имеется около 2—3 тыс. га поливных площадей, занятых овощами, зерновыми и кормовыми культурами.

Из приведенной выше краткой характеристики отдельных ирригационных районов Союза с полной очевидностью выясняется, что вся территория СССР, выходящая в засушливую, острозасушливую и сухую зоны, располагает очень большими возможностями для разрешения всех народнохозяйственных задач, возлагаемых на ирригацию.

ГЛАВА II

ЗНАЧЕНИЕ ЭКСПЛОАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ

§ 5. Общие понятия об эксплоатации

Орошаемые и осушаемые площади Союза обслуживаются целой серией оросительных и осушительных систем, в той или иной степени оснащенных сооружениями и оборудованием.

По данным паспортизации 1938 г., по Союзу насчитывается 3 917 оросительных систем, 477 осушительных систем и 13 систем обвалования. Эти системы обслуживают 36 879 колхозов, 801 совхоз и 13 544 городов и селений.

В орошаемых районах ирригационные системы являются мощным регулятором производственного процесса, обеспечивающего высокую продуктивность земель и организацию на них с.-х. производства.

Мелиоративные устройства на территории нашего Союза создавались на протяжении многих лет и потребовали огромной массы труда, материалов и времени.

Народнохозяйственная ценность всех мелиоративных систем Советского Союза в настоящее время оценивается величиной порядка 11 — 13,5 млрд. рублей.

Эта огромная народнохозяйственная ценность, созданная руками человека в течение длительного времени, требует к себе постоянного внимания, бережного отношения и четко установленных правил оперативного использования как всего мелиоративного хозяйства Союза в целом, так и отдельных мелиоративных систем.

Все мелиоративные системы Союза ССР являются социалистической собственностью государства и находятся в ведении Народного комиссариата земледелия Союза ССР и народных комиссариатов водного хозяйства союзных республик.

Основными задачами этих систем являются:

I. Для оросительных систем:

а) забор оросительной воды из источников орошения в необходимых нормированных количествах;

б) плановая подача и распределение оросительной воды между водопользователями (колхозы, совхозы, промышленные предприятия и т. д.);

в) подача воды на поля и хозяйства в соответствии с требованиями с.-х. культур и почвенно-мелиоративными условиями.

II. Для обводнительных систем:

а) забор обводнительных вод из источника обводнения или каптаж подземных вод в целях обводнения;

б) своевременная и бесперебойная подача воды в населенные с.-х. пункты и предприятия и распределение ее по территории населенных пунктов и территории предприятий в соответствии с водохозяйственной потребностью этих хозяйств и предприятий;

в) обезвреживание обводнительных устройств и сбросных и отработанных вод, поступающих в отводные каналы.

III. Для осушительных систем:

а) предохранение осушаемых земельных участков от поступления излишних вод;

б) своевременный отвод излишних вод с осушаемых участков;

в) поддержание на полевых и луговых угодьях водного режима в соответствии с требованиями с.-х. культур.

Чтобы выполнить эти основные функции, мелиоративные системы должны быть исправны и правильно действовать.

Длительное повседневное пользование системами с целью выполнения ими поставленных перед мелиоративными устройствами хозяйственных задач является предметом технической эксплоатации мелиоративных систем.

Под технической эксплоатацией мелиоративных систем следует понимать повседневное управление работой системы в целом и ее частями, составляющими систему, на основе организации планового водопользования и заданий по регулированию водопитательного режима почв в соответствии с требованиями культур.

Функции эксплоатации таковы: пропуск воды по каналам, маневрирование водными потоками по отдельным частям системы, наблюдение за правильной работой составных ее частей (каналов, гидротехнических сооружений и оборудования и т. д.), поддержание этих частей в порядке (текущий и капитальный ремонт), управление работой отдельных сооружений и улучшение как отдельных элементов, так и частей системы с целью дальнейшего, наиболее полного использования всей системы. Чем лучше управляется, обслуживается и эксплоатируется система, тем лучше и с большей пользой для социалистического общества используются ее мелиоративные (оросительные, обводнительные или осушительные) способности.

Эксплоатация мелиоративных систем требует от ее работников технических знаний, знания своих прав и обязанностей и правил технической эксплоатации систем.

Производительность хозяйств на мелиорированных землях зависит в огромной степени от правильной эксплоатации систем, четкой постановки работы на них, от своевременного выполнения намеченных планом операций и т. д.

Чтобы хорошо эксплоатировать систему, необходимо:

1) хорошо знать систему и ее целевое назначение;

2) уметь наладить работу на основе плановой организации водопользования и заданий по регулированию водно-питательного режима почв;

3) правильно использовать воду и непрерывно улучшать качество орошаемых и осушаемых земель;

4) вести постоянный учет работы как отдельных частей системы, так и системы в целом, своевременно устранять технические неполадки;

5) иметь достаточные запасы нужных материалов и оборудования;

6) иметь хорошо обученный, сплоченный, дисциплинированный штат сотрудников.

§ 6. Оросительные системы и их состояние

Оросительные системы Союза по характеру их устройства, состояния сети и оснащенности сооружениями делятся на следующие три вида (класса):

1) старые неинженерные системы;

2) полуинженерные системы;

3) инженерные системы.

Неинженерными оросительными системами обслуживается до 50% всех орошаемых площадей Союза; основная их масса сосредоточена в районах Средней Азии и Закавказья. Большинство этих систем существует сотни лет. Они создавались самим народом путем длительной борьбы населения с засухой и отражают в себе этапы борьбы населения за воду, экономические и социальные условия его существования.

Наиболее древними системами являются родовые каналы (ябы), которые устраивались отдельными группами населения, объединенными по родовому признаку.

По мере роста населения и площадей поливного земледелия эти родовые каналы расширялись, их число увеличивалось; в случаях надобности каналы объединялись в головной части в один или несколько коротких магистральных отводов, облегчающих работу по забору воды из реки, по обслуживанию головного участка. Затем начинают появляться крупные магистрали, орошающие целые районы (Хорезм); головные участки там, где это оказывается по силам, оборудуются подпорными сооружениями (Мургаб, Теджен), захватными шпорами и т. д. (Сыр-Дарья, Фергана, Бухара).

Характерными особенностями старых (неинженерных) систем является: веерообразное расположение каналов, параллелизм каналов в холостой части, извилистость и бессистемность расположения, отсутствие инженерных регулирующих сооружений, несоответствие пропускной способности с площадями командования и т. д. Вследствие всего этого неинженерные системы очень часто теряют много воды на своем пути,

воду между каналами распределяют неполно и неточно и потому имеют низкие показатели работы. Коэфициент полезного действия таких систем нередко падает до 0,3, т. е. более двух третей воды (в отдельных случаях даже четыре пятых), забранной в голове, теряется или сбрасывается непроизводительно, и только одна треть поступает непосредственно на орошаемые поля.

Средний современный коэфициент полезного действия неинженерных систем — около 0,35 — 0,40.

Площади орошения, обслуживаемые неинженерными системами, колеблются от нескольких гектаров, как, например, на кяризах и каптированных мелких ключах, с каналами величиной в мелкий оросительель на 10—15 л в секунду, до десятков тысяч гектаров, орошаемых крупными каналами, шириной в 20, 30, 50 и более метров поверху и с паводковыми расходами до 250 м³ в секунду. Подача воды на поля по неинженерным системам в силу неправильности водозабора и недостаточности горизонтов не всегда осуществляется самотеком. На очень многих таких системах можно наблюдать целую серию дополнительных приспособлений по подъему воды из каналов на поля в виде чигирей, «нова» и других простейших водоподъемников. Например, на системах Средней Азии, преимущественно в районах б. Бухарского и Хивинского ханств, до Великой Октябрьской революции ежегодно на орошении работало свыше 70 000 таких простейших водоподъемных устройств.

Еще недавно (в 1935 г.) в районах Ю. Хорезма насчитывалось 27 000 действующих чигирей и «нова», а всего по Союзу, по данным паспортизации 1938 г., насчитывается тяговых чигирей 40 396, орошающих около 60 тыс. га.

Полуинженерная система есть улучшенная старая система, снабженная регулирующей арматурой в основных узлах водораспределения и имеющая постоянную, продуманную систему управления водой, согласованную с оросительными возможностями и потребностями площадей командования.

На территории Союза в дореволюционное время полуинженерных систем было крайне ограниченное количество (единицы). За годы существования Советской власти во всех районах старого орошения была проделана большая реконструктивная работа, позволившая перевести в разряд полуинженерных систем огромные площади старого орошения. По данным 1935 г., только по Средней Азии значилось таких реконструированных систем 21, при площади орошения в 1 369 тыс. га. За последние годы эти работы непрерывно продолжаются, и, надо полагать, в ближайшие годы в Союзе уже не будет неинженерных систем.

Полуинженерные системы имеют более высокий коэфициент полезного действия (к. п. д.). В среднем он равняется 0,45 и колеблется от 0,40 до 0,60.

Примерами хороших полуинженерных систем могут быть Иолотанская и Мервская системы в Туркмении, Нарпай и Шахруд в Узбекистане и ряд других.

Отдельные системы этого типа обслуживают значительные площади орошения (от 10 тыс. до 70 тыс. га).

Инженерная система строится по заранее составленному проекту, с учетом природных и социально-экономических факторов. Все каналы этих систем оборудованы регулирующими и иными сооружениями, и управление водой осуществляется по заранее установленному плану. К. п. д. инженерных систем колеблется от 0,45 до 0,70 и выше. Средний к. п. д. инженерных систем —0,55.

В дореволюционное время инженерных оросительных систем насчитывались только единицы (Байрам-Алийская, Голодностепская, Караязская).

За 20 лет со времени Великой Октябрьской революции число их значительно возросло (несколько десятков); старые инженерные системы были также улучшены и расширены.

Из вновь построенных систем заслуживают внимания по технической оснащенности: Дальверзинская система в Узбекистане, Алхан-Чуртская и Мало-Кабардинская на Северном Кавказе и ряд систем самотечного и машинного орошения на Дальнем Востоке, на Украине, в РСФСР и в Закавказье.

Общий процент площадей орошения, охваченный инженерными системами, равен в настоящее время 10 (и даже несколько больше).

По данным паспортизации учтено 16 800 магистральных каналов, из коих оборудовано головными сооружениями около 16%. Общая протяженность оросительной сети исчисляется свыше 700 тыс. км. Общее число сооружений на сети 61 828 и головных — 2 841, всего — 64 669; на каждую тысячу гектаров орошения в среднем по Союзу приходится около 11 сооружений.

Кроме деления оросительных систем по оборудованности и строительным признакам, следует по условиям головного питания отличать два типа систем:

а) работающих на горизонтах источника орошения,

б) работающих на расходах источника орошения.

Системы, работающие на горизонтах реки, являются системами бесплотинного водозабора и по характеру оборудования их головными сооружениями резко отличаются от второго типа. Эти системы своими захватными сооружениями почти не нарушают режима источника орошения, так как не имеют перегораживающих сооружений на этом источнике (реке); количество воды, которое они в состоянии забрать в магистральный канал, всегда значительно ниже меженнего расхода реки (не более $^1/_3$).

К этому типу систем относится подавляющая часть неинженерных и полуинженерных систем и значительная доля инженерных — Голодностепская на р. Сыр-Дарье, Бассага-Керкинская — на Аму-Дарье и т. д.

Надо считать, что 80—85% площади орошения обслуживаются системами, работающими на горизонтах.

Системы, работающие на расходах, имеют всегда на головном участке или перегораживающее сооружение, благодаря которому горизонт воды в реке поддерживается почти один и тот же, или машинный водоподъем.

При эксплоатации этих систем центр тяжести надзора сводится к наблюдениям за расходами в источнике орошения и главным образом за их максимумом, т. е. за образованием и нарастанием паводка и причин, его вызывающих.

В отличие от систем первой категории здесь особенно большое внимание следует уделять прохождению максимумов через перегораживающие сооружения.

С эксплоатационной точки зрения система, работающая на расходах, лучше обеспечена водой; зато эксплоатация такой системы стоит дороже и требует более квалифицированных работников в деле гидротехники, ибо неумелое маневрирование водовыпусками и шлюзами может быстро нарушить правильную работу и перегораживающего сооружения и головного регулятора.

К числу систем, работающих на расходах, надо отнести системы, питающиеся из источников (рек), сток которых полностью или частично зарегулирован. Наличие водохранилищ на системах ставит перед эксплоатационными работниками ряд дополнительных задач, заключающихся в необходимости своевременно наполнить их водой, тщательно следить за сбросом воды во время прохождения паводков и составить четкий график опоражнивания водохранилища и пропусков воды из них.

К типу систем, работающих на расходах, следует также отнести мелкие системы орошения с ключевым и кяризным питанием. Работа этого рода систем зависит от режима грунтовых вод района (дебит источника или кяриза), и поэтому при обслуживании такого рода систем нужно знание гидрогеологических особенностей района.

В Союзе системы, работающие на расходах, обслуживают около 20% площадей орошения. Сюда относятся все земли машинного орошения, кяризные системы, значительная часть инженерных систем (Байрам-Алийская, Караспанская, Мало-Кабардинская и др.), а также часть полуинженерных систем (Нижне-Мервская, Нижне-Теджебская и др.).

По размерам обслуживаемых площадей орошения оросительные системы делятся на следующие пять разрядов:

первый разряд — системы с общей площадью орошения свыше 100 тыс. га;

второй разряд — системы с общей площадью орошения от 50 тыс. до 100 тыс. га;

третий разряд — системы с общей площадью орошения от 20 тыс. до 50 тыс. га;

четвертый разряд — системы с общей площадью орошения от 10 до 20 тыс. га;

пятый разряд — системы с общей площадью орошения ниже 10 тыс. га.

Дополнительно системы могут быть подразделены по виду хозяйств, которые они обслуживают. Так, можно выделить системы, обслуживающие рисовые хозяйства, системы, обслуживающие хлопковые хозяйства, системы, обслуживающие зерновые хозяйства, системы, обслуживающие плодоовощные хозяйства, с соответствующими севооборотами каждая, и т. д. Ввиду специфических особенностей каждого из этих хозяйств и их требований на воду эти системы заметно отличаются друг от друга как по характеру расположения каналов и сооружений, так и по пропускной способности каналов.

§ 7. Осушительные системы и их состояние

Осушительные системы, имеющиеся главным образом в заболоченных, избыточно увлажненных районах СССР, по характеру их устройства и состояния также следует разделить на три категории:

а) бытовые осушительные каналы и системы;

б) системы и каналы полуинженерного профиля;

в) инженерные системы.

К первой категории (бытовые каналы) следует отнести отдельные осушительные каналы и группы каналов, проведенных населением в целях отвода излишних вод с сельскохозяйственных угодий без какой-либо помощи со стороны мелиоративных организаций.

В большинстве случаев — это отдельные каналы или группы каналов, проведенных по естественным понижениям. Они обычно обслуживают небольшие площади с.-х. угодий и оканчиваются в ближайших понижениях за пределами осушенных угодий.

К типу таких бытовых осушительных каналов следует отнести заурную сеть в районах орошения. Таких бытовых осушительных каналов на с.-х. угодиях очень много, и они в сумме обслуживают огромные площади Союза и играют существенную роль в с.-х. производстве страны.

Ко второй категории (полуинженерные системы) следует отнести всю сеть осушительных каналов, выполненных гидротехническими организациями в порядке расчистки естественных русел и водотоков с целью улучшения стока и общего мелиоративного состояния с.-х. угодий в поймах рек. К этой же категории относятся и выправительные сооружения в руслах рек (спрямление русел).

Основная масса осушительных систем Союза, обслуживающая пойменные угодия, луга, пастбища, а также лесные массивы, относится к этому виду систем. В своей основной массе это—крупные системы, состоящие из сети улучшенных естественных водотоков и отдельных частей искусственно созданных каналов и регулирующих сооружений, но без мелкой регулирующей (рабочей) сети осушительных каналов. Этого рода системы обслуживают обычно группы хозяйств, а иногда и целые районы.

К категории инженерных осушительных систем следует отнести осушительные устройства, выполненные по инженерным проектам и имеющие налицо все три части системы, а именно: собственно осушительную рабочую сеть каналов (дрены), вбирающую в себя излишние воды из почвы, собирательную и отводящую сеть коллекторов и нагорных каналов и отрегулированный водоприемник.

Таких осушительных систем в Союзе немного, и они по преимуществу по размерам имеют пока мелкие и средние площади осушения в пределах одного или нескольких хозяйств (колхозов, совхозов) и редко выходят из пределов одного района. Из крупных систем такого типа следует указать на строящуюся осушительную систему Колхиды (Грузинская ССР), которая будет одной из крупных систем Союза, наиболее полно оснащенной, обладающей высокой регулирующей способностью и обслуживающей целый район.

Данные паспортизации осушительных систем Союза показывают, что более $^3/_4$ осушительных площадей представляют собой участки с площадью менее 100 га. Крупных систем имеется 12 с общей площадью осушения в 105 тыс. га. Общая длина отрегулированных водоприемников — около 2 100 км. На каждые 1 000 га осушенной площади приходится отрегулированных водоприемников 760 пог. м и собственно осушительной сети — около 40 км. На сети имеется 14 600 сооружений, или на каждые 1 000 га — 6,4 сооружения.

ГЛАВА III

ПОЧВЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ПРИ РАЗНЫХ СТАДИЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОРОШЕНИЯ

§ 8. Задачи почвенных исследований при мелиоративном проектировании

Почвенная часть мелиоративного проекта имеет своей целью:

1) дать оценку земельного фонда и на этой основе выбрать для мелиорирования лучшую территорию, удовлетворяющую данным народнохозяйственным и с.-х. требованиям;

2) почвенная часть проекта должна дать для выбранной территории основы для построения схемы и расчета отдельных элементов мелиоративного проекта, зависящих от свойств почвы;

3) почвенные данные должны служить основанием для организации правильной эксплоатации системы и наиболее эффектного с.-х. использования мелиорированной территории.

Этим целям и должно полностью отвечать содержание почвенной части проекта.

§ 9. Материалы, необходимые для проектирования

1. Почвенной основой каждой стадии проектирования является карта генетических типов и разностей почв, составленная на основании полевых и лабораторных исследований и камеральной обработки этих материалов.

2. Масштабы карт для разных стадий проектирования принимаются не ниже следующих:

1) схема (плановое задание) — 1 : 1 000 000 — 1 : 500 000;
2) проектное задание — 1 : 200 000 — 1 : 100 000;
3) технический проект — 1 : 50 000 —1 : 10 000.

Примечание. В случае резко выраженной солонцовой и солончаковой комплексности почвенного покрова, не укладывающейся в принятый масштаб карты, она должна быть документирована в стадии технического проекта и проектного задания специальными «ключами», в стадии же схемы может быть охарактеризована лишь качественно по аналогии с другими, более известными районами.

3. Для каждого выделенного на карте почвенного типа или разности должны быть количественно определены характеристики, служащие для проектирования отдельных приемов (мелиоративных и агротехнических) регулирования водно-воздушного (и соответственно биологического) режима почв.

Для почв засоленных и солонцовых или угрожаемых по засолению и солонцеватости должны быть, кроме того, получены количественные характеристики, служащие для проектирования приемов (мелиоративных и агротехнических) регулирования солончаковых и солонцовых процессов.

§ 10. Мероприятия по регулированию водно-воздушного режима почв

В состав мероприятий по регулированию водно-воздушного режима почв входит решение следующих задач:

1) определение размеров рациональной поливной нормы;
2) определение элементов рациональной техники поливов;
3) определение рациональных величин межполивных периодов;
4) установление роли грунтовых вод в водно-воздушном режиме почвы;
5) установление наличия угрозы заболачивания.

1. Определение размеров рациональной поливной нормы

Размер рациональной поливной нормы определяется следующими показателями:

Наименование проектной задачи	Почвенный показатель для решения проектной задачи
Определение рациональной поливной нормы и ее оценка: а) по соотношению с аэрацией, б) по величине потерь на испарение, в) по величине запаса полезной воды.	1) Величина и характер предельной влагоемкости для проектного слоя увлажнения, для разных поливов и культур. 2) Величины порозности, коэфициента увядания K_y, или максимальной гигроскопичности, или максимальной молекулярной влагоемкости.

При схематическом проектировании можно пользоваться следующими средними величинами предельной влагоемкости:

Средние величины предельной влагоемкости

Наименование почво-грунтов	Предельная влагоемкость в процентах от скважности для слоя в 0,50 м	
	Солонцеватые	Несолонцеватые
Глины	85—90	70—75
Тяжелые суглинки	75—85	60—70
Средние суглинки	65—75	55—60
Легкие суглинки	55—65	50—55
Супесчаные грунты	45—55	40—50
Глинистые пески	35—45	35—40
Пески	25—35	25—35

Примечание. При отсутствии подпора грунтовых вод (глубина больше 3 м) при увеличении слоя смачивания от 60 до 100 см на каждые 10 см слоя сбрасывается от 1 до 2%.

Предельная влагоемкость. Предельной влагоемкостью почво-грунта для каждого его слоя мы называем такую максимальную степень влажности, которая удерживается почво-грунтом без стекания воды вниз.

В случае поступления в почву воды в количестве, превышающем предельную ее влагоемкость, этот излишек воды будет стекать вниз и в природных условиях подымать уровень грунтовых вод или же на водонепроницаемых горизонтах образовывать верховодку.

Определение величины предельной влагоемкости проводится в полевых условиях (метод делянок) или в лаборатории (метод монолитов).

Для иллюстрации приведем результаты определений величины предельной влагоемкости в полевых условиях. (см. верхнюю таблицу на стр. 28.)

Скважность. Скважность или порозность представляет суммарный объем промежутков между частицами почвы и выражается в процентах к общему объему почвы. Величина скважности зависит от механического состава и структуры почво-грунта. В пахотном горизонте скважность колеблется от 50—60% и выше в зависимости от агрокультурного состояния пахотного слоя; ниже скважность суглинистых горизонтов варьирует от 45 до 50%, опускаясь иногда, в иллювиальных горизонтах, до 30%;

Результаты определения величины предельной влагоемкости некоторых почв Заволжья

Тяжело суглинистая темнокаштановая почва (Заволжье)		Супесчаная каштановая почва (Заволжье)		Легко суглинистая каштановая почва (Заволжье)		Чернозем южный (Безенчук, Заволжье)	
Глубина (в сантиметрах)	Процент влажности к абсолютно-сухой почве	Глубина (в сантиметрах)	Процент влажности к абсолютно-сухой почве	Глубина (в сантиметрах)	Процент влажности к абсолютно-сухой почве	Глубина (в сантиметрах)	Процент влажности к абсолютно-сухой почве
0—10	30—35	0—17	15,5	0—15	20,0	0—5	32,3
10—20	28—31	17—26	14,4	15—25	18,4	5—10	27,4
20—30	25—30	26—36	14,1	25—35	18,6	10—20	27,9
30—37	24—27	36—46	14,2	35—45	18,2	20—30	27,8
37—50	22—25	46—57	17,6	45—55	20,0	30—40	27,8
50—64	21—22	57—67	15,5	55—65	20,9	40—50	27,6
64—74	20—21	67—75	11,4	65—75	20,4	50—60	26,7
74—84	18—18	75—83	9,1	75—85	19,5	60—70	26,7
84—94	18—18	83—95	6,3	85—95	18,0	70—80	26,1
94—104	18—18	95—110	5,3	95—100	16,8	80—90	26,1
						90—100	25,0

Характеристика почво-грунтов по общей скважности может быть дана в виде следующих усредненных показателей.

Средние величины общей скважности

Наименование почво-грунтов	Общая скважность в процентах от объема почвы	Наименование почво-грунтов	Общая скважность в процентах от объема почвы
Глины	50—60	Супесчаные грунты . . .	40—45
Тяжелые суглинки . . .	45—50	Глинистые пески	35—40
Средние суглинки	45—50	Пески	30—35
Легкие суглинки	40—45		

Истинные удельные веса почво-грунтов колеблются от 2,5 до 2,7; объемные веса колеблются от 1,0 до 1,85.

Примеры почвенных профилей по объемному весу, удельному весу и скважности приводятся в томе II справочника на стр. 495.

Максимальная молекулярная влагоемкость. Максимальной молекулярной влагоемкостью называют такое количество воды, которое при смачивании почвы водой удерживается почвенными частицами на их поверхности молекулярными силами притяжения в виде пленки.

Максимальная молекулярная влагоемкость может быть принята как показатель влажности почвы, соответствующий коэфициенту увядания растений (K_y).

В качестве ориентировочного материала в таблице приводятся данные, характеризующие максимальную молекулярную влагоемкость различных почв в весовых процентах.

Средние величины максимальной молекулярной влагоемкости

Почвы	Максимальная молекулярная влагоемкость в весовых процентах	Почвы	Максимальная молекулярная влагоемкость в весовых процентах
Глинистые	21—26	Суглинки легкие . . .	7—14
Суглинки тяжелые . . .	18—21	Супеси	3—7
Суглинки средние	14—18	Пески	2—3

Максимальная гигроскопичность. Максимальной гигроскопичностью называют такое количество воды, которое адсорбируется поверхностью почвенных частиц из атмосферы, насыщенной на 98—99% парами воды. Это количество воды характеризует «мертвый» запас воды в почве, не усваиваемый растением.

В таблице приводятся ориентировочные данные, характеризующие величины максимальной гигроскопичности почв в весовых процентах.

Средние величины максимальной гигроскопичности почв

Почвы	Максимальная гигроскопичность в весовых процентах	Почвы	Максимальная гигроскопичность в весовых процентах
Глины	12—18	Легкие суглинки	3—5
Глина пылеватая	8—12	Супеси	1,5—3
Тяжелые суглинки . . .	6—8	Пески	0,1—1,5
Средние суглинки	5—6		

Примечание. Данные приведены для незасоленных почв. В случае наличия легкорастворимых солей свыше 0,5%, максимальная гигроскопичность соответственно увеличивается в два, три и более раз выше приведенных цифр.

Для практических расчетов в качестве «мертвого» запаса принимается обычно полуторная или двойная максимальная гигроскопичность.

Классификация почв по механическому составу. Классификация почв по механическому составу в цифровых показателях имеет три варианта в зависимости от состава почво-грунта, а именно:

а) для почво-грунтов бескарбонатных (преимущественно европейской части Союза и Сибири);

б) для почво-грунтов карбонатных (преимущественно для сероземов Средней Азии и Закавказья);

в) для почво-грунтов, сильно засоленных воднорастворимыми солями (более 3% солей).

Так как засоление почв представляет (в мелиорации) явление временное и должно быть устраняемо промывками и вообще комплексом мероприятий, то третьим вариантом (как постоянным) пользоваться не следует, он приводится лишь для иллюстрации (см. на стр. 30 таблицу цифровых показателей механического состава различных почв).

Для этой номенклатуры механический анализ проводится по методу Сабанина.

Приведенная номенклатура пригодна лишь для предварительной качественной характеристики почво-грунтов и не может быть употреблена для количественных расчетов физических свойств. Для этой последней

Цифровые показатели механического состава различных почв

Наименование почво-грунтов	Процент частиц тоньше 0,01 мм		Карбонатные сильно засоленные (по Тюремнову)
	Почвы бескарбонатные (по Сибирцеву)	Карбонатные (по Димо)	
Глинистые	50	66	80
Тяжелые суглинки	50—25	66—40	80—66
Средние суглинки	25—20	40—25	66—50
Легкие суглинки	20—14	25—20	50—40
Супесчаные	14—9	20—14	40—33
Глинистые пески	9	14—9	33—25
Пески	3	9	25

цели (для количественных расчетов) нужно провести систему механических анализов каждой почвы, а именно: элементарный механический анализ, микроагрегатный и макроагрегатный (структурный) анализы, и определить их динамику.

В стадии проектного задания применяются те же укрупненные показатели с добавлением экспериментальных определений для главнейших почвенных массивов.

В техническом проекте необходимы экспериментальные определения в поле и лаборатории на монолитах.

2. Определение элементов рациональной техники поливов

Для расчета техники полива необходимы следующие почвенные показатели:

Проектные задачи по расчету техники полива и показатели для решения этих задач

Наименование проектной задачи	Почвенный показатель	Типовая качественная оценка
Элементы техники полива (размер поливной струи, длина поливной борозды или площадки).	Кривые коэфициента впитывания для разных поливов (1-й, 2-й и т. д.) и для разных способов полива.	По величине коэфициента впитывания и его динамике: хорошая — между 3—10 см в час, плохая < 3 или > 10 см в час для каждого почвенного контура или их объединений.

Коэфициент впитывания (K_t). Коэфициент впитывания характеризует скорость поступления воды в почво-грунт в единицу времени на единицу площади при том условии, что поры почвы еще не все заполнены водой. Коэфициент впитывания служит для расчета скоростей впитывания данной поливной нормы, величины поливной струи и пр. Он зависит от типа почв, мероприятий агротехнического порядка, от степени влажности почвы, от подстилающих горизонтов.

При схематическом проектировании можно пользоваться следующими ориентировочными величинами коэфициента впитывания:

Глинистые почвы	от	1	до	5	см/час
Суглинистые почвы	»	5	»	10	»
Супесчаные »	»	10	»	25	»
Песчаные »	свыше			25	»

Связь между величиной коэфициента впитывания (K_t) и величиной коэфициента фильтрации (K_D) по Дарси устанавливается по формуле А. Н. Костякова в виде:

$$K_t = K_D \left(\frac{T}{t}\right)^{\alpha}.$$

Показатель степени α для ряда почв определен в пределах 0,3—0,9.

Определение показателя степени α и начальной скорости впитывания V_0 в формуле акад. А. Н. Костякова

$$V_{cp} = \frac{V_0}{t^{\alpha}} \qquad (I)$$

можно вести методом В. А. Кутергина по средним скоростям впитывания.

Для этого необходимо иметь интегральную кривую впитывания воды в почву, полученную из опытов на элементарных площадках. По ее данным находятся средние скорости впитывания (V_{cp}) к данному моменту времени (t):

$$V_{cp} = \frac{W_t}{t},$$

где W_t — объем воды, впитавшейся в почву на единицу площади к моменту времени (t).

Определять значение α и V_0 можно аналитическим путем и графически.

Аналитическое определение α производится по формуле

$$\alpha = \frac{\lg \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{m}}}{\lg \frac{t_m}{t_n}};$$

где $\sqrt{n}$ и $\sqrt{m}$ — средние скорости просачивания предыдущего и последующего наблюдений,

t_n и t_m — время от начала полива, соответствующее этим наблюдениям.

Рекомендуется промежуток времени между t_n и t_m брать не менее 10—15 минут. Всего находят не менее 5—7 значений α. Затем определяют среднюю величину α и его постоянство; для этого находят квадратичные отклонения α и коэфициент вариаций. После определения α находят ряд значений V_0 по формуле (I) и высчитывают среднее их значение.

Графическое определение α и V_0 производится в логарифмической сетке, где по оси абсцисс откладываются значения $\lg t$, а по оси ординат — $\lg V_{cp}$. Пользуясь методом наименьших квадратов, по наложенным точкам проводят прямую. Место пересечения прямой с осью ординат дает значение V_0, а тангенс угла наклона дает значение α.

Коэфициент впитывания изменяется во времени; при проектировании необходимо определить коэфициент впитывания в его динамике. Для иллюстрации приводятся нижеследующие кривые впитывания (рис. 5 и 6 на стр. 32).

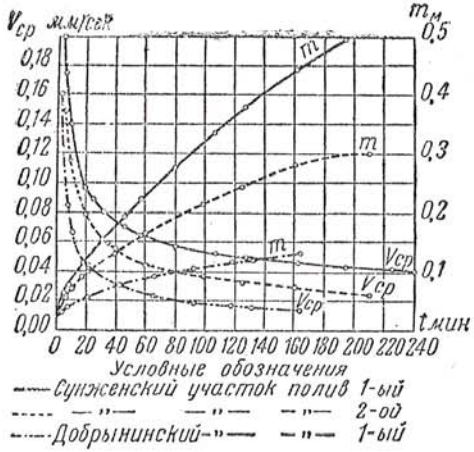


Рис. 5. Интегральные кривые впитывания.

Для проектного задания применяются те же показатели и дополнительно желательны прямые данные для главнейших почвенных массивов.

Для технического проекта необходимы: а) прямые опытные данные на орошаемом поле, б) опытные данные на монолитах и малых делянках, в) расчет по формуле (из коэфициента фильтрации).

3. Определение рациональной величины межполивных периодов

Для установления межполивных периодов необходимы следующие почвенные показатели:

Проектные задачи по установлению межполивных периодов и показатели для решения этих задач

Проектная задача	Показатели
Дать конкретные величины расходов воды в единицу времени для каждого почвенного контура или их объединения.	1. Кривые потерь на испарение через почву за период от состояния предельной влагоемкости (П) до критического запаса ($К_у$) при разных состояниях поля и культуры. 2. Суммарные расходы воды на водопотребление (испарение + транспирация) для тех же условий по отдельным горизонтам почв. 3. Концентрации воднорастворимых солей при разных влажностях почвы.

Примечание. Кривые потерь на испарение и кривые водопотребления даются не только суммарно для всей смоченной толщи почвы, но и по горизонтам, что дает основу для расчета частоты и норм «распределенных поливов».

Для технического проекта данные по величинам расходования воды необходимо получать экспериментально в поле и на монолитах.

Имея для каждого почвенного контура (с проектной культурой) величину запаса воды непосредственно после полива (величину предельной влагоемкости) и кривую расходования воды во времени, легко определить наступление момента времени, когда в

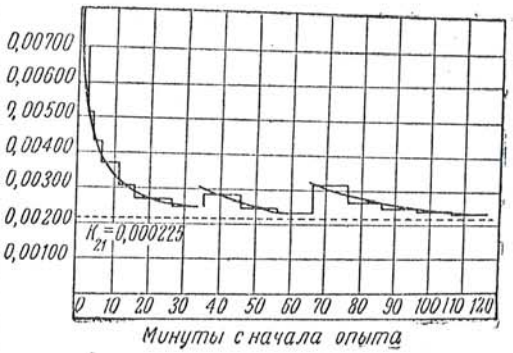


Рис. 6. Коэфициент впитывания темнокаштановых почв.

почве останется запас воды, равный коэфициенту увядания ($К_у$); это и будет сроком следующего полива.

Расчет по $К_у$ справедлив, однако, только для почв, не содержащих вредных воднорастворимых солей. На почвах засоленных по мере усыхания почвы повышается концентрация солей в почвенном растворе и она может достигнуть (особенно в отношении хлора) вредной степени и при большей влажности, чем величина $К_у$. В этих случаях момент наступления очередного полива определяется не величиной $К_у$, а моментом наступления вредной концентрации почвенного раствора.

Эти вредные концентрации и должны быть определены при техническом проектировании для разных почвенных контуров и проектных культур.

В качестве примера, характеризующего размеры вредных концентраций, можно привести следующие данные, полученные ВНИИГиМ на Мургабе (колхоз «Искра», Марыйского района) для хлопчатника:

Максимальные величины засоления для слоя 0—80 см в сентябре

Состояние хлопчатника	Процент солей к весу почвы		Концентрация в граммах на литр	
	Плотный остаток	Хлор	Плотный остаток	Хлор
Нормальный	0,203	0,019	18,1	1,7
Угнетенный	0,568	0,058	70,5	7,2
Очень сильно угнетенный	1,375	0,242	221,5	39,0

4. Установление роли грунтовых вод в водно-воздушном режиме почвы

Для выяснения роли грунтовых вод в водопотреблении растений служат следующие показатели:

Показатели, служащие для выяснения роли грунтовых вод в водопотреблении

Выяснение роли грунтовых вод в водно-воздушном режиме почвы в целях учета этой роли при проектировании норм и сроков полива, а также установления необходимости понижения уровня грунтовых вод.	1) Высота капиллярной зоны почвы и степень заполнения пор водой на разных глубинах корнеобитаемой зоны. 2) Скорости капиллярной подачи к каждому горизонту почвы корнеобитаемой зоны.	1) Аэрация почвы не должна падать ниже 20%. 2) Полезная капиллярная скорость — не менее 0,06 г воды через площадь в 1 см² в 1 час.

При схематическом проектировании можно пользоваться следующими показателями высоты капиллярного поднятия для почв разного механического состава:

Средняя высота капиллярного поднятия у разных почв

Почвы	Высота капиллярного поднятия (в метрах)	Почвы	Высота капиллярного поднятия (в метрах)
Глины	4—5	Легкие суглинки	1,5—2,0
Тяжелые суглинки	3—4	Супеси	1,0—1,5
Средние суглинки	2—3	Пески	0,5—1,0

Для иллюстрации фактических высот капиллярного поднятия от уровня грунтовых вод приводятся данные в следующей таблице.

Глубина залегания грунтовых вод и фактическая высота капиллярного поднятия у разных почв

Название грунта и место наблюдений	Глубина залегания грунтовых вод в метрах	Высота капиллярного поднятия в метрах
Пески (Николаевская область)	2,0	0,6
Аллювиальный грунт Мугани	3,5	1,5—1,7
Серозем, Голодная степь	5,0	3,0
То же	10,5	3,8—4,0
Южно-русский лёсс (Черниговская область)	15,0	4,8

Усредненные показатели распределения капиллярной воды в однородном почво-грунте представлены в следующей таблице.

Усредненные показатели распределения капиллярной воды в различных почво-грунтах

Почвы	Весовой процент влажности на глубине от уровня грунтовых вод в сантиметрах												
	0—10	10—20	20—40	40—60	60—80	80—100	100—120	120—140	140—160	160—180	180—200	200—240	240—280
Глина	40,5	40,0	37,5	35,2	32,5	30,6	30,6	29,5	28,4	27,0	26,0	25,4	23,2
Тяжелый суглинок	33,4	32,2	30,4	28,5	26,6	25,4	25,0	24,5	24,0	23,5	22,0	21,0	20
Средний суглинок	26,4	25,7	23,2	20,4	18,5	16,9	14,2	10,3	8,5	—	—	—	—
Супесь	23,5	22,0	18,4	14,3	10,4	8,6	5,3	—	—	—	—	—	—
Песок	21,9	18,0	11,7	6,3	2,5	1,2	—	—	—	—	—	—	—

Для иллюстрации распределения капиллярной воды от уровня грунтовых вод в естественных условиях приводится таблица на стр. 35.

При проектном задании, кроме укрупненных показателей, необходимо знание уровней грунтовых вод и кривых капиллярного заполнения для главнейших почвенных массивов. Кривые получаются, в поле или на монолитах, методом послойного определения влажности и порозности.

При техническом проектировании необходимы экспериментальные определения, в поле и лаборатории, как зоны капиллярного поднятия так и скоростей движения на каждой высоте ее.

§ 11. Мероприятия по регулированию солевого режима почв при мелиоративном проектировании

Основным мероприятием по регулированию водно-солевого режима почв является введение травопольной системы земледелия по акад. Вильямсу и правильная эксплоатация системы. В тех случаях (наличие безотточных грунтовых вод, сильно засоленные почво-грунты), когда эти мероприятия не дают нужного эффекта, приходится прибегать к специальным добавочным мероприятиям.

В состав мероприятий по регулированию солевого режима почв входит решение следующих задач:

1) установление общей схемы мелиораций;
2) установление размеров промывных норм;

3) установление условий для предупреждения реставрации засоления;
4) оценка качества засоления с точки зрения возможности развития солонцового процесса и установление условий мелиорации солонцовых почв;
5) установление условий отвода промывных вод;
6) установление показателей для расчета дренажных устройств, если таковые требуются;
7) установление условий предупреждения вторичного заболачивания и засоления.

1. Установление общей схемы мелиораций

Установление общей схемы системы мероприятий по регулированию солевого режима почвы производится на основе знания происхождения (генезиса) засоления. Основные типы генезиса приводятся в верхней таблице на стр. 36.

Методология. Для каждой стадии проектирования общее почвенно-гидрогеологическое исследование в масштабе, указанном в § 9, п. 2.

2. Установление размеров промывных норм

Для установления расчетной промывной нормы служат следующие почвенные показатели (см. среднюю таблицу на стр. 36).

Показатели распределения капиллярной влаги в естественных условиях в зависимости от уровня грунтовых вод

Почвы	Весовой процент влажности на глубине от уровня грунтовых вод в сантиметрах												
	0—10	10—20	20—30	30—40	40—60	60—80	80—100	100—120	120—140	140—160	160—180	180—200	200—220	220—250
Лёсс (Голодная степь)	25,0	24,0	22,5	24,1	24,5	24,6	21,0	19,5	16,5	17,8	15,1	13,2	11,3	8,5
Аллювиальный тяжелый суглинок, относительно однородный (Мургаб)	29,0	26,8	24,6	26,1	25,1	24,4	24,1	23,6	24,9	23,3	20,9	21,0	17,5	15,5
Аллювиальный слоистый суглинок (Мургаб)	25,1	23,8	24,1	24,6	26,2	27,5	23,7	20,8	11,5	14,8	14,7	19,7	22,4	21,9
Лёссовидный суглинок (Полтавская область)	22,0	21,6	20,6	20,8	20,4	20,7	20,6	16,8	16,70	15,4	15,8	16,1	16,8	17,0
Песок (Алешки, Николаевской области)	18,2	17,2	14,3	13,4	6,9	4,8	—	—	—	—	—	—	—	—

Основные типы генезиса засоления

Источник (происхождение) засоления	Типовые приемы регулирования
1. Капиллярный ток грунтовых вод, напорных или безнапорных.	1. Уменьшение энергии капиллярных токов без снижения уровня грунтовых вод (агрокомплекс). 2. Понижение уровня грунтовых вод ниже критической глубины. 3. Промывка имеющихся солей.
2. Пленочно-диффузный солевой ток.	1. Агрокомплекс. 2. Промывки имеющихся солевых запасов минимальной нормой.
3. Делювиальное засоление.	1. Прекращение доступа делювиальных вод. 2. Промывка. 3. Агрокомплекс.
4. Аэральное засоление.	1. Промывка. 2. Агрокомплекс.
5. Коренное засоление соленосной коры выветривания.	1. Промывка. 2. Агрокомплекс.
6. Вторичное засоление.	1. Регулирование эксплоатации. 2. Агрокомплекс. 3. Промывка.

Почвенные показатели для установления расчетной промывной нормы

Установление расчетной промывной нормы на основе количества солей в почве.	Норма воды, необходимая для промывки почвы до 0,1% солей или любой местной доказанной нормы.	Устанавливается конкретная величина коэфициента n в формуле $M = П - m + nП$* с подразделением почв на группы, для которых n меньше 1, равен 1, равен 2 и т. д.

Методология. 1) Для схемы и проектного задания ориентировочные величины коэфициента n, в зависимости от степени засоления, могут быть приняты следующие: для почв слабо засоленных — от 0,75 до 1,5; для сильно засоленных (солончаков) — от 1,5 до 6,0.

2) Для технического проекта величина n определяется по данным экспериментов в поле и лаборатории (монолиты).

3. Установление условий для предупреждения реставрации засоления

Для характеристики условий реставрации засоления служат следующие показатели (см. табл. на стр. 37).

Так называемый «критический» уровень грунтовых вод, т. е. такой уровень, при котором осуществляется засоление корнеобитаемой зоны почвы, определяется прежде всего высотой зоны капиллярного поднятия; он зависит от механического и агрегатного состава почвы, но вместе с тем

* M — промывная норма, $П$ — предельная влагоемкость расчетного слоя почвы, m — запас воды в расчетном слое почвы перед промывкой.

Почвенные показатели, характеризующие условия реставрации засоления

Характеристика условий реставрации засоления после промывки.	Кривые подъема солей от уровня их залегания после промывки: 1) без подпора грунтовой воды; 2) от зеркала грунтовой воды.	Подразделение контуров засоления по глубине критического уровня залегания солей или грунтовых вод при разных состояниях поля.

для каждой данной почвы он является величиной в высокой степени переменной, динамической. В основном эта динамика определяется следующими факторами: 1) характером микроклимата над поверхностью поля, создаваемым агротехникой; 2) динамикой капиллярных свойств почвы и особенно ее структурностью; поэтому поддержание комковатой структуры почвы, достигаемое травопольными севооборотами, является основным средством; 3) степенью минерализации грунтовых вод.

Общая характеристика капиллярных свойств почв дана выше. Здесь приводятся некоторые данные по минерализации грунтовых вод в орошаемых районах.

Минерализация грунтовых вод в орошаемых районах

Почвенные зоны	Содержание солей в граммах на литр
Пролювиально-лёссовые области (Чирчик-Ангрен, Самарканд, Карабахская степь и др.) . .	менее 1
Области аллювиальные	
Мугано-Сальянская степь	от 10 г и более 100 г
Приараксинская полоса Армении	преобладает 1—2 г
Низменная Фергана	от 4 до 100 г
Голодная степь	преобладает 2—10 г
Бухара	преобладает 10—20 г
Чарджоуский оазис—освоенные площади	менее 5 г
» » —перелоги	20—40 г
Куня-Дарья	10—15 г
Хорезм—Ташауз—освоенные площади	2—4 г
» » —перелоги	до 50 г
Чимбайский район	до 4—6 г
Мургаб	10—20 г и выше.

Методология. 1) Для планового задания в качестве критического уровня залегания солей можно принять: для почв глинистых и суглинистых — 1,5—2,0 м от поверхности и для почв супесчаных и песчаных — 1,5—1,0 м. В качестве критической глубины залегания уровня грунтовых вод можно принять: для глинистых и суглинистых почв — 5—3 м от поверхности почвы и для почв супесчаных и песчаных — 3,0—2,0 м. При правильном травопольном севообороте эти величины могут быть уменьшены на 0,5—1,0 м.

2) Для проектного задания, кроме укрупненных показателей, дополнительно должны быть даны экспериментальные данные по высоте и скорости капиллярного поднятия солевых растворов для главнейших контуров засоления.

3) Для технического проекта в основном необходимы экспериментальные данные полевых и лабораторных исследований.

4. Оценка качества засоления с точки зрения возможности развития солонцового процесса и установление условий мелиорации солонцовых почв

Для оценки качества засоления служат следующие показатели:

Показатели для оценки качества засоления

Оценка качества засоления с точки зрения развития солонцеватости и увеличения потребных промывных норм.	1. Процент поглощенного натрия после выщелачивания воднорастворимых солей. 2. Соотношение катионов натрия и кальция в почвенном растворе при промывке.	1. Почвы не угрожаемые по солонцеватости. 2. Слабосолонцеватые (менее 10% поглощенного натрия от емкости поглощения). 3. Солонцеватые (10 — 30% натрия). 4. Солонцы (больше 30% натрия). Для химизируемых солонцов вычисляются нормы химизации и нормы дополнительных промывок (коэфициент n в формуле промывки)

Примечание. Названные нормы солонцеватости могут быть изменены на основе местных документальных данных.

Методология. При схематическом проектировании ориентировочное подразделение засоленных почв на угрожаемые и не угрожаемые в отношении солонцеватости может быть произведено на основе соотношения катионов натрия и кальция в водной вытяжке по следующим показателям:

1) не угрожаемые по солонцеватости содержат: а) иона кальция больше, чем иона натрия, или б) иона кальция меньше, чем иона натрия, но в почве имеется запас гипса больший, чем запас натриевых солей;

2) угрожаемые по солонцеватости всегда содержат иона натрия больше, чем иона кальция (включая гипс), причем степень угрожаемости возрастает с увеличением отношения Na : Ca и с увеличением общей концентрации солей. Приближенно можно считать, что при отношении Na : Ca = от 1 до 4 солонцеватость будет слабая, а при Na : Ca > 4 солонцеватость сильная.

Для проектного задания, кроме этих данных, дополнительно необходим (для важнейших контуров почвенной карты) анализ почвенного раствора и лабораторные опытные промывки с анализом поглощенного натрия.

При техническом проектировании необходимы анализы почвенного раствора и экспериментальные промывки в поле и лаборатории.

5. Установление условий отвода промывных вод

Для выяснения условий удаления промывных вод необходимы следующие показатели (см. стр. 39).

Методология. При схематическом проектировании подразделение территорий на допускающие и не допускающие промывки без дренажа производится: 1) на основе принятых (по вышеуказанному) величин промывной нормы, 2) на основе принятого критического уровня грунтовых вод, средней свободной порозности почвы и 3) ориентировочно принятой, на основе общей геоморфологии и геологии района, величины оттока грунтового потока.

Показатели для выяснения условий удаления промывных вод

Анализ условий удаления промывных вод при требовании недопущения поднятия уровня грунтовых вод до критического горизонта.	Проектный водный баланс промываемой территории, определяемый в основном: 1) по проектному объему промывных вод; 2) по проектным размерам потерь воды на фильтрацию в сети; 3) по величине запаса свободной порозности почвы от бытового уровня грунтовой воды до проектного критического.	1. Территории, допускающие промывки без дренажа, т. е. такие, на которых после промывок уровень грунтовых вод останется ниже критического. 2. То же, но при ограниченном коэфициенте земельного использования (расчет размера допустимой загрузки). 3. Промывка с искусственным водоотводом. Потребная интенсивность водоотвода.

При проектном задании необходимы, кроме того, хотя бы схематические, но непосредственно полученные данные о приходо-расходе грунтового потока.

В техпроекте для каждого выделенного на карте промываемого контура расчет водного баланса ведется по проектным промывным нормам, проектным потерям на фильтрацию и конкретно определенным запасам порозности и приходо-расходу грунтового потока.

6. Установление почвенных показателей для расчета дренажных устройств

Дренажные устройства могут потребоваться в тех случаях, когда грунтовые воды засолены, не имеют достаточного естественного оттока и не могут быть понижены путем эксплоатационных и агротехнических мероприятий.

Показатели для расчета дренажных устройств

Анализ условий работы горизонтального дренажа в исходном состоянии почв и после промывки.	Послойная характеристика коэфициента фильтрации почвы и ее динамика при выщелачивании солей.	Районирование промываемых территорий: 1) по наиболее рациональной глубине заложения дренажа (по коэфициенту фильтрации); 2) по направлению динамики изменения коэфициента фильтрации.

Примечание. Расчет расстояний между дренами производится проектировщиком таким образом, чтобы рассчитанные по предыдущему объемы промывных вод были отведены в заданное время. Коэфициент фильтрации есть скорость фильтрации при градиенте, равном единице. Коэфициент фильтрации есть величина динамическая. Он изменяется в зависимости от изменений дисперсного состояния почв под влиянием разных количеств профильтровавшейся воды и изменения физических, химических и биологических свойств почво-грунтов.

Методология. 1) При схематическом проектировании можно пользоваться следующими ориентировочными величинами коэфициента фильтрации (см. табл. на стр. 41).

Характеристика динамики коэфициента фильтрации должна быть дана в отношении вероятности развития солонцового процесса (см. п. 4, § 11) или применительно к прилагаемым типовым кривым коэфициента фильтрации (рис. 7, 8, 9, 10).

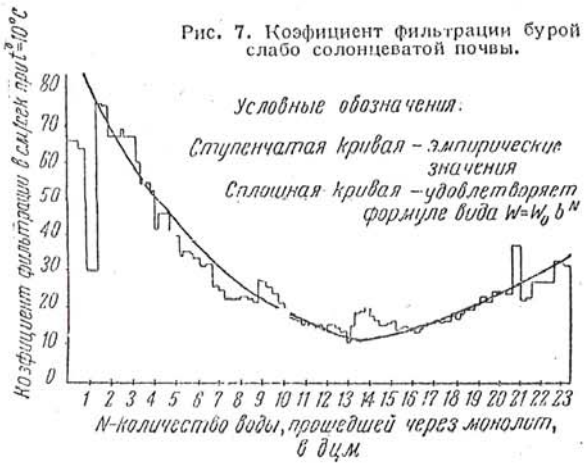


Рис. 7. Коэфициент фильтрации бурой слабо солонцеватой почвы.

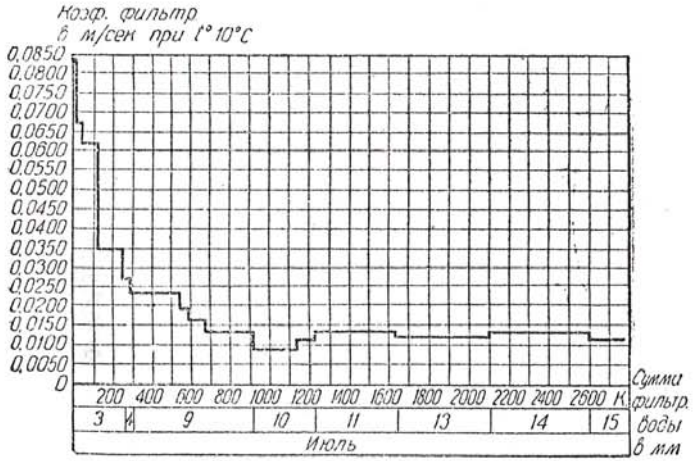


Рис. 8. Коэфициент фильтрации песка.



Рис. 9. Коэфициент фильтрации темнокаштановой почвы.

Ориентировочные величины коэфициента фильтрации

Наименование грунтов	Коэфициент фильтрации в сантиметрах в секунду
Пески (частиц тоньше 0,01 мм от 0,85% до 2,19%)	от 0,0013 до 0,009
Чистый отсортированный песок (частицы от 0,25 до 0,12 мм)	от 0,019 до 0,020
То же от 1,0 до 0,5 мм	0,20
То же 1 мм	0,49
Супеси	0,0003—0,0008
Легкие и средние суглинки карбонатные	0,0002—0,0005
Легкие и средние суглинки бескарбонатные	0,00005—0,00009
Тяжелые суглинки (карбонатные)	0,0001—0,00006
Глинистые солонцеватые почвы	0,00008795—0,0000020
Тяжелые суглинки (бескарбонатные)	0,00001—0,00005
Солонцеватые почвы среднесуглинистые	0,00001—0,00005
Солонцеватые глинистые почвы	0,000001—0,0000003
Глубокие столбчатые солонцы	0,000001—0,0000003
Солончаки	0,0002—0,0009
Лёссы (карбонатные)	0,0002—0,0003

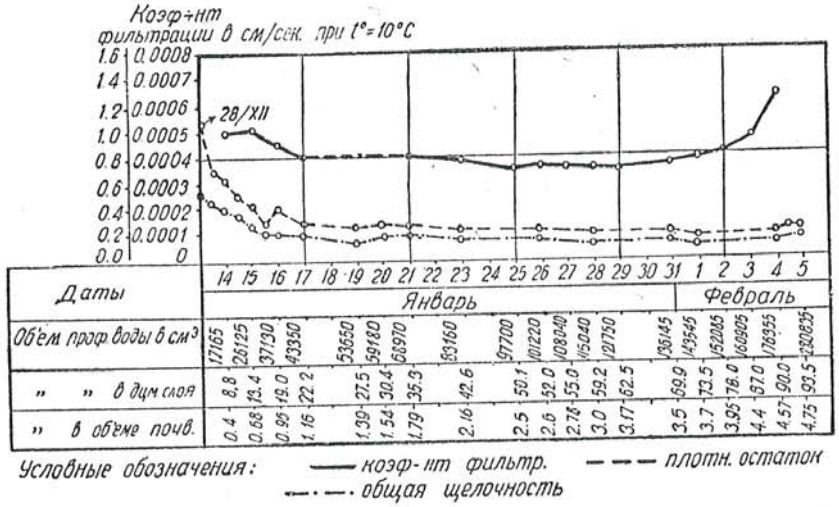


Рис. 10. Коэфициент фильтрации почво-грунтов бассейна р. Чу.

Для проектного задания, кроме укрупненных показателей, дополнительно нужно дать для главнейших территорий расчет на основе системы механических анализов, эксперимента на монолитах и пробных откачек. Система механических анализов, как минимум, должна слагаться для каждого горизонта почвы из: а) элементарного механического анализа; б) агрегатного анализа естественной почвы и в) агрегатного анализа после отмывки водорастворимых солей.

Самый расчет коэфициента фильтрации из этих аналитических данных производится по формуле Крюгера — Цункера или по Козени.

В техпроекте расчеты и эксперименты по-предыдущему даются для каждого промываемого контура и, кроме того, для важнейших территорий из тех, для которых требуются дренажные устройства (наличие безотточных грунтовых вод, сильное засоление почво-грунта), желателен опытный дренаж в поле. Последний, ввиду желательности длительного опыта, целесообразнее закладывать еще в стадии проектного задания.

7. Установление условий для предупреждения вторичного заболачивания и засоления

Основные меры предупреждения вторичного заболачивания и засоления почв при орошении — это плановая организация водопользования, надлежащая агротехника и эксплоатация. Чтобы правильно применять эти меры, надо знать природные условия, в которых может происходить это явление.

Вторичное засоление (и заболачивание) может происходить в следующих формах: I) без подъема грунтовых вод, II) при подъеме грунтовых вод, III) при образовании верховодки, IV) при пользовании соленой водой.

Для установления возможности развития каждой из этих форм засоления (и заболачивания) необходимы показатели, которые приводятся в четырех следующих таблицах.

I. Показатели для установления угрозы засоления (и заболачивания) без подъема грунтовых вод

Установление угрозы засоления без подъема грунтовых вод	Энергия передвижения солей вверх из солевого горизонта при его смачивании поливной водой, при разных нормах полива, режиме орошения и разном состоянии поверхности поля	Выделение площадей, угрожаемых по засолению, и соответственно этому, проектирование соответственного поливного режима и агротехники

Методология. 1) Для схемы — укрупненные показатели критического уровня засоления (см. выше, п. 3).

2) Проектное задание — то же и дополнительные типовые экспериментальные наблюдения в поле и лаборатории за передвижением солей при разных нормах полива.

3) Техпроект — экспериментальное исследование в поле и лаборатории всех существенных контуров почвенной карты.

II. Показатели для установления угрозы засоления (и заболачивания) при подъеме грунтовых вод

Установление угрозы засоления при подъеме грунтовых вод	1. Проектный водный баланс орошаемой территории и ее отдельных частей	1. Почвы не угрожаемые, для которых подъем грунтовых вод выше критического уровня по проектному водному балансу не предусматривается
	2. Критический уровень грунтовых вод в зависимости от концентрации грунтовой воды и состояния поля	2. Почвы, угрожаемые по засолению, с подразделением по вероятной длительности периода времени подъема грунтовых вод до критического горизонта

Методология. 1) Для схемы — укрупненный показатель критической глубины уровня грунтовых вод берется по п. 3.

2) Проектное задание — схематический расчет водного баланса территории и экспериментальное получение типовых кривых капиллярного поднятия солевых растворов для установления критического горизонта грунтовых вод.

3) Техпроект — уточненный расчет водного баланса для отдельных частей проектной территории и экспериментальные величины критического горизонта грунтовых вод, полученные в поле и лаборатории.

III. Показатели для установления угрозы засоления (и заболачивания) при образовании верховодки

Угроза засоления от верховодки.	1. Величина коэфициента фильтрации отдельных горизонтов почвы. 2. Засоленность этих горизонтов. 3. Критический горизонт грунтовых вод.	1. Почвы не угрожаемые. 2. Почвы угрожаемые, с подразделением на вероятные степени угрожаемости.

Методология. 1) Для схемы укрупненными показателями угрозы засоления служит морфологическое строение разреза, механический состав и степень засоления по горизонтам и коэфициент фильтрации по таблице «Ориентировочные величины коэфициента фильтрации» (см. стр. 41).

2) Проектное задание — то же и типовое экспериментальное определение коэфициента фильтрации и критического уровня грунтовых вод.

3) Технический проект — те же данные для всех угрожаемых контуров почвенной карты.

IV. Показатели для установления угрозы засоления (и заболачивания) при пользовании соленой водой

Угроза засоления и солонцеватости при пользовании соленой водой.	1. Динамика солености оросительной воды за год. 2. Соотношение в воде катионов натрия и кальция. 3. Возможность применения увеличенных поливных норм. 4. Возможность развития солонцового процесса.	1. Почвы без опасения могут орошаться данной водой. 2. Почвы, угрожаемые по засолению вообще или при определенных условиях или в некоторые сезоны. 3. Почвы, угрожаемые по солонцеватости. 4. Почвы, не допускающие применения данной воды.

Методология. 1) При схематическом проектировании доброкачественной водой может считаться вода, содержащая в себе не более 1 г обычной смеси нейтральных солей на литр. При больших степенях засоления вопрос о ее пригодности подлежит специальному исследованию.

Возможность развития солонцового процесса определяется соотношением катионов кальция и натрия как в воде, так и в водной вытяжке из почвы. Доброкачественным показателем является преобладание ионов кальция над ионами натрия. При всех других соотношениях вопрос подлежит специальному исследованию.

2) Проектное задание — соленость и состав воды за год, схематический водный баланс при увеличенных поливных нормах. Типовые экспериментальные лабораторные данные о солонцовом процессе при орошении данной водой.

3) То же для каждого проектного контура почв.

§ 12. Основания для рационального проектирования планировок полей

Проект должен содержать основания для рационального проектирования планировок полей. Задачи и почвенные показатели этого раздела представлены в следующей таблице.

Показатели для рационального проектирования планировки полей

Наименование проектной задачи	Почвенные показатели	Подразделения
Выяснение отношения каждого почвенного контура к планировке с точки зрения влияния: а) на солевой режим, б) на водные свойства и солонцеватость.	Глубины залегания солевых и солонцовых горизонтов.	Разбивка территории по признаку наиболее желательных глубин и форм планировки.

Методология. 1) Для схемы — укрупненный показатель по генетическому типу почвы и морфологическому строению разреза.

2) Для проектного задания — то же с добавлением типовых определений глубин солевых горизонтов и степени солонцеватости.

3) То же для всех площадей, подлежащих планировке.

Желательны данные полевых опытов планировки.

§ 13. Агротехнические показатели при мелиоративном проектировании

Проект должен содержать основные почвенные показатели необходимых агротехнических мероприятий. Перечень отдельных задач и почвенных показателей приводится в следующей таблице.

Агротехнические показатели, необходимые при мелиоративном проектировании

Наименование проектной задачи	Почвенные показатели	Подразделения
1. Потребности в химизации почв. 2. Потребности в изменении физических свойств (механического состава, структуры). 3. Изменение всех этих свойств под влиянием ирригационных наносов.	1. Физико-химические и биологические свойства почв в их динамике при орошении. 2. Физико-химические свойства наносов, в частности, соотношение действующих диаметров почвы и наносов.	Выделение районов почв по потребности различных комплексов агротехнических мероприятий.

Методология. 1) Для схемы — укрупненные показатели на основе генетического типа почвы и механического состава.

2) Для проектного задания — то же.

3) Для технического проекта — прямые аналитические и опытные данные.

§ 14. Проверка расчетов на основе практики орошаемого земледелия

Во всех случаях, когда в контур проекта входят уже орошенные земли, все выше перечислявшиеся задачи, решаемые на основе показателей почвенных исследований, должны быть проверены и подтверждены анализом существующей практики орошаемого земледелия и особенно опытом стахановцев сельского хозяйства.

Анализу должны быть подвергнуты в основном:

1) существующий режим орошения и создаваемая им мощность корнеобитаемой зоны (глубина распространения корней культурной растительности как показатель проектной глубины активного слоя);

2) существующие приемы мелиорации засоленных почв; значение севооборотов в этом деле;

3) существующие комплексы приемов, создающие урожаи разного уровня.

Подробный анализ этих вопросов должен быть дан в техническом проекте, на основе специального агромелиоративного обследования, в первых же стадиях проектирования достаточно схематических характеристик, получаемых при рекогносцировочных обследованиях.

§ 15. Оформление проектных почвенных материалов

Текст почвенно-мелиоративной части проекта должен содержать подробное описание материалов, на основе которых решаются перечисленные выше почвенно-мелиоративные задачи, и непременно с описанием методов, с помощью которых эти материалы были получены.

Графические документы. Графическими документами почвенной части проекта являются для каждой стадии:

а) почвенная карта, выраженная в генетических типах и разностях;

б) карта почвообразующих пород на разных глубинах;

в) карта глубин залегания грунтовой воды;

г) карта солености грунтовых вод;

д) карты гидроизогипс высшего и низшего стояния уровней в течение года;

е) карты районов положительного и отрицательного проектного водного баланса с подразделением на количественные градации;

ж) почвенно-гидрогеологические профили, ориентированные по геоморфологическим элементам, и картограммы отдельных, наиболее существенных мелиоративных признаков почв (засоленность, механический состав, фильтрационные свойства, величины предельной влагоемкости, поливная норма, величина промывок и др.);

з) картограммы почвенно-агрономических районов, составляемые по вышеуказанным агротехническим показателям (потребность в удобрении, структура, отношение к обработкам, потребность планировок и т. д.);

и) карта почвенно-мелиоративных районов. Эта карта составляется по следующей схеме:

I. Почвы незасоленные, несолонцеватые и не угрожаемые по засолению и солонцеватости. Подразделяются по показателям регулирования водно-воздушного режима — нормам полива, технике полива и пр. (см. выше раздел «Регулирование водно-воздушного режима»).

II. Почвы незасоленные, но угрожаемые по засолению или солонцеватости. Подразделяются на группы:

1) угрожаемые по засолению без подъема грунтовых вод;

2) угрожаемые в силу возможного подъема грунтовых вод и др.

В каждом из этих подразделений желательно выделить отдельные территории, отличающиеся количественными показателями, например, для первой группы — по допустимой глубине промачивания (глубина залегания солевого горизонта), для второй группы — по числу лет, через которые возможен подъем грунтовых вод до критического засоляющего уровня, а также необходимому водному (поливному) режиму и т. д.

III. Почвы засоленные и солонцовые подразделяются на группы:

1) слабо засоленные, допускающие земледелие при подборе соответствующего режима орошения и состава культур. Процент засоления 0,1—0,5% воднорастворимых солей или местный, если таковой установлен;

2) сильно засоленные (солончаки), не допускающие культуры без предварительной промывки. Процент засоления больше 0,5% или установленный местный.

Каждая из этих групп в свою очередь подразделяется по следующим показателям:

А) По степени солонцеватости:

а) почвы при промывке не требуют химизации (меньше 10% емкости насыщено Na);

б) почвы при промывке требуют химизации в процессе эксплоатации (10—30% Na);

в) почвы требуют химизации до приступа к эксплоатации (более 30% Na).

Б) По величине потребной промывной нормы.

В) По методу отвода промывных вод:

а) в грунтовые воды (без дренажа);

б) в дренаж (разной интенсивности) при безотточных грунтовых водах.

Г) По необходимому водному (поливному) режиму.

Для оценки потребной химизации и промывок принимаются следующие нормы солонцеватости почв:

1) слабо солонцеватые почвы с количеством поглощенного Na не более 10% от емкости. Допускают культуру без химизации; при химизации промывки не обязательны;

2) сильно солонцеватые почвы с количеством поглощенного Na от 10 до 30% от емкости. Допускают с.-х. использование, но одновременно требуют химизации с обязательной промывкой продуктов обмена;

3) солонцы с количеством поглощенного Na более 30% от емкости. Требуют химизации и промывок до приступа к сельскохозяйственному освоению.

Примечание. Цифровые показатели процента солонцеватости могут быть изменены на основе местных исследований.

ГЛАВА IV

МЕТОДИКА И ПРИМЕРЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАСЧЕТНЫХ НОРМ, СРОКОВ, ЧИСЛА ПОЛИВОВ КУЛЬТУР И ГРАФИКОВ ГИДРОМОДУЛЯ

§ 16. Наименование поливов и их обозначения

Наименования поливов определяются следующими основными признаками:

1) назначением полива;

2) временем года, когда производится полив;

3) фазой и периодом развития культуры, в течение которых полив производится;

4) порядковым номером полива;

5) видом с.-х. работы, непосредственно перед которой или после которой полив производится.

1. По назначению поливы делятся на:

а) увлажнительные поливы, целью которых является дополнительное увлажнение почвы;

б) промывные поливы, целью которых является промывка почвы от вредных солей.

2. По времени года поливы делятся на:

а) осенние поливы (ранние осенние и поздние осенние),

б) зимние поливы,

в) весенние поливы (ранние весенние и поздние весенние),

г) летние поливы.

3. По периодам развития растений поливы можно разделить на две большие группы:

а) довегетационные поливы, т.е. поливы, производимые до посева и до посадки культур или до начала вегетации многолетних культур;

б) вегетационные поливы, производимые во время роста и вегетации культур и именуемые по соответствующей фазе развития растения, например, полив в кущение, полив в колошение (зерновых), полив в цветение (хлопчатника) и т. д.

4. По очередности различают первый, второй и т. д. вегетационный полив, первый, второй и т. д. промывной полив, первый, второй и т. д. довегетационный полив.

5. По виду с.-х. работ, непосредственно перед которыми или после которых даются поливы, различают предпахотные и предпосевные поливы и т. д.

6. Ввиду того что в практике орошаемого хозяйства встречаются так называемые вторые культуры, или пожнивные культуры, различают еще поливы первых культур и поливы вторых культур.

В соответствии с приведенными указаниями получается следующая схема наименований поливов:

I. Поливы довегетационные:

осенние предпосевные поливы,

весенние предпосевные поливы,

осенне-зимние запасные поливы,

ранне-весенние запасные поливы.

Примечание. Термином «запасный» обозначается, в отличие от предпосевного, полив, даваемый задолго до посева культуры и создающий запас воды в глубоких горизонтах.

II. Поливы вегетационные:

первый полив (по всходам),
второй полив (в кущение),
третий полив (в колошение)

и т. д., в зависимости от очередности и наименования фаз развития культуры.

III. Поливы вторых культур.

Наименование поливов вторых культур такое же, как и для основных культур, т. е. довегетационные (предпосевные) и вегетационные.

IV. Поливы промывные:

осенние и зимние промывные поливы: первый, второй;
весенние промывные поливы: первый, второй.

V. Поливы специального назначения:

удобрительные,
освежительные,
для борьбы с вредителями.

Схемою поливов называется условное обозначение числа и размещения поливов. Обычно схема поливов строится по срокам и фазам развития культур. Например, для хлопчатника схема полива 1—2—4—0 обозначает, что хлопчатнику дается один полив до посева, два — от посева до цветения, четыре — во время цветения и 0 — в период созревания. Для люцерны схема полива строится по укосам, т. е. схема 2—1—2—1 обозначает, что до первого укоса дается два полива, между первым и вторым укосом — один полив, между вторым и третьим укосом — два полива и между третьим и четвертым — один полив.

Поливным периодом называется время, в течение которого продолжается данный полив культуры на всей оросительной системе или на определенной ее части. Например, в совхозе в первом отделении второй полив яровой пшеницы начали с 20 июня и окончили 30 июня, а во втором отделении совхоза начали второй полив яровой пшеницы 15 июня и окончили 25 июня. В этом случае поливной период пшеницы для всего совхоза равен 16 суткам: для первого отделения равен 11 суткам и для второго отделения равен 11 суткам. Поливной период обозначается буквою t в сутках.

Межполивной период — это промежуток между средними днями двух смежных поливов данной культуры; обозначается буквою τ в сутках.

Под числом поливов понимается количество поливов, даваемое культуре за оросительный период, причем учет числа поливов ведется в зависимости от назначения поливов, т. е. различается число довегетационных поливов, число вегетационных поливов и особо число промывных поливов.

Сроки поливов различают следующие: день начала данного поливного периода, день конца этого периода, средний день поливного периода.

Оросительной нормой культуры называется количество воды, подаваемое оросительной системой, на один гектар-нетто данной культуры за вегетационный или за весь оросительный период. Различают оросительную норму-нетто и оросительную норму-брутто; под первой понимается количество воды, используемое культурой и почвой на транспирацию и испарение. Оросительная норма-брутто равна оросительной норме-нетто плюс затраты воды на фильтрацию и испарение воды из каналов, на утечки через сооружения и т. п.

Обозначается оросительная норма буквою M в кубических метрах на гектар.

Отношение $M_{нетто}$ к $M_{брутто}$ называется коэфициентом полезного действия ирригационной системы. *Необходимо всемерно стремиться к повышению этого коэфициента.*

Поливной нормой культуры называется количество воды, даваемое на 1 га-нетто данной культуры за один полив. Различают поливные нормы нетто и брутто. Поливной нормой-нетто называется количество воды, подаваемое системой на 1 га-нетто данной культуры за один полив для покрытия расходов воды на транспирацию растения и на испарение почвы. Под поливной нормой-брутто понимается поливная норма-нетто плюс потери воды на орошаемом поле, т. е. потери из временных поливных канав, потери на фильтрацию воды в глубокие горизонты почвы, на сброс с поля (если таковой имеется). Обозначается поливная норма буквою m и выражается в кубических метрах на гектар (нетто). Отношение $m_{нетто}$ к $m_{брутто}$ называют коэфициентом полезного действия техники распределения воды на орошаемом поле. *Необходимо всемерно стремиться к повышению этого коэфициента.*

§ 17. Порядок проектирования расчетных графиков гидромодуля

Режим орошения ирригационной системы и расчетный график гидромодуля ее получается в результате суммирования режимов орошения (и графиков гидромодуля) отдельных составляющих систему хозяйственных единиц.

Проектирование режима орошения и графика гидромодуля производится на основе схемы агро-мелиоративных и технико-экономических мероприятий. В этой схеме, исходя из народнохозяйственных плановых заданий, поставленных проекту, путем анализа природных и хозяйственных условий расчетами устанавливается система мелиоративных, агротехнических и организационно-хозяйственных мероприятий, необходимых для выполнения поставленных перед проектом задач, устанавливаются расчетные севообороты, составы культур, расчетные урожаи культур и рост их во времени. Анализируются данные опыта и практика опытных учреждений и передовиков сельского хозяйства.

На основании произведенного анализа определяется нужный режим орошения каждой культуры для каждого колхоза и совхоза в районе данного проекта. Прежде всего устанавливается необходимость и размеры довегетационных запасных, предпосевных и промывных поливов.

Далее устанавливаются расчетные оросительные нормы и возможная динамика их размеров для вегетационного периода каждого из расчетных лет и расчетных условий. Устанавливаются расчетные поливные нормы и динамика их размеров для вегетационных поливов. Устанавливаются сроки и число вегетационных поливов, размеры поливных и межполивных периодов, с учетом довегетационных и промывных поливов. Такой расчет производится для каждого из расчетных лет.

Полученные расчетные схемы поливов сравниваются с данными опытных станций, стахановцев и передовиков колхозов и совхозов. После внесения необходимых изменений и уточнений принимаются окончательные расчетные схемы.

Далее для каждой схемы, каждого расчетного состава культур и для каждого расчетного года строятся неукомплектованные графики гидромодуля, затем производится их укомплектование, после чего получаются окончательные расчетные графики гидромодуля.

На основе полученных расчетных графиков нужно установить расчет-

ные ординаты графиков гидромодуля и их динамику в зависимости от изменения тех или других условий, их определяющих.

Совершенно очевидно, что указанный порядок проектирования элементов расчетного графика гидромодуля является только известной схемой очередности технического решения задачи. Все расчетные величины, т. е. нормы, сроки и число поливов, связаны между собою и в то же время находятся в зависимости от проектируемой урожайности, агротехники, организации труда, механизации работ, техники орошения и всех элементов природного комплекса, изменение которых в нужном направлении является основной задачей проектируемого режима орошения.

§ 18. Материалы, необходимые для проектирования расчетных норм, числа и сроков полива

1. Материалы опытных станций, стахановцев и передовых колхозов и совхозов района, в котором проектируется орошение (основные материалы).

2. Материалы опытных станций, стахановцев и передовых колхозов и совхозов других районов, аналогичных (в известной степени) по своим природным и хозяйственным условиям с районом, где проектируется орошение.

3. Прочие расчетные данные и материалы, основанные на экспериментальных полевых и лабораторных исследованиях в других районах.

Наиболее ценными данными для установления расчетных норм являются материалы местных опытно-оросительных станций и материалы, полученные стахановцами и передовиками орошаемого земледелия в районе, где проектируется орошение.

Использование в проектах опытных и практических данных по нормам, числу и срокам полива должно производиться только после подробной оценки тех условий, в которых получены эти данные, и установления аналогии этих условий с условиями проектируемого орошения.

§ 19. Методика проектирования оросительных норм

Оросительную норму-нетто можно представить как разность между потребным расходом воды на транспирацию растений плюс испарение почвы и количеством воды в виде атмосферных осадков и водных запасов почвы, которые могут быть использованы на транспирацию и испарение. При таком подходе к определению оросительной нормы величина ее определяется из уравнений:

$$M^{вегет}_{нетто} = (K_1 + K_2)\,A - 10\alpha_1 P_1 - 10\alpha_2 P_2 - W'_0 + W_2 \qquad (1)$$

или

$$M^{вегет}_{нетто} = (K_1 + K_2)\,A - 10\alpha_2 P_2 - W_0 + W_2. \qquad (2)$$

Входящие в эти уравнения величины имеют следующие значения:

$M^{вегет}_{нетто}$ — вегетационная оросительная норма-нетто в кубических метрах на гектар (без предпосевных, запасных и промывных поливов);

K_1 — количество кубических метров воды, расходуемое на 1 га проектируемой культуры на транспирацию, в расчете на 1 т сухой продукции растения (зерна, сырца хлопка и пр.);

K_2 — количество кубических метров воды, расходуемое на испарение с 1 га почвы, занятой растением, в расчете на 1 т сухой продукции растения (зерна, сырца хлопка и пр.);

A — количество тонн проектного урожая сухой продукции культурного растения (зерна, сырца хлопка и пр.);

$10\alpha_1 P_1$ — задержанные почвою осадки за период от уборки предшествующей культуры до посева расчетной культуры в кубических метрах на гектар;

P_1 — осадки за указанный период в миллиметрах;

α_1 — коэфициент полезного использования осадков, выпавших от уборки предшествующей культуры до посева расчетной;

$10\alpha_2 P_2$ — полезно используемые осадки вегетационного периода культуры в кубических метрах на гектар;

P_2 — осадки за вегетационный период в миллиметрах;

α_2 — коэфициент полезного использования осадков в период вегетации, т. е. от посева культуры до уборки;

W_0 — запас воды в расчетном слое почвы перед посевом культуры в кубических метрах на гектар-нетто;

W_2 — запас воды в расчетном слое почвы перед уборкою культуры в кубических метрах на гектар (или в расчетный определенный день);

W'_0 — запас воды в почве при уборке предшествующей культуры.

На расчетные размеры оросительной нормы существенное влияние могут оказать грунтовые воды, если они частично используются растением. В этом случае в формулы должна быть введена величина, характеризующая это влияние:

$$M^{вегет}_{нетто} = (K_1 + K_2)\,A - 10\alpha_1 P_1 - 10\alpha_2 P_2 - W'_0 + W_2 - M_{гр} \qquad (1a)$$

или

$$M^{вегет}_{нетто} = (K_1 + K_2)\,A - 10\alpha_2 P_2 - W_0 + W_2 - M_{гр}. \qquad (2a)$$

Здесь $M_{гр}$ означает количество кубических метров воды, использованной 1 га культуры из запасов грунтовой воды.

В схематических уравнениях оросительной нормы влияние конденсации паров воды из атмосферы и парообразное передвижение воды в почве не учтено ввиду трудности получения необходимых расчетных данных. Если такие данные имеются, то в формулу оросительной нормы их ввести нужно.

Если до посева культуры даются предпосевные или запасные и промывные поливы, то эти поливы учитываются в исходном запасе W_0 и в величину оросительной нормы вегетационного периода не включаются.

При расчете оросительной нормы по первой формуле довегетационные поливы учитываются в самой формуле, и она в этом случае получает следующий вид:

$$M^{вегет}_{нетто} = (K_1 + K_2)\,A - 10\alpha_1 P_1 - 10\alpha_2 P_2 - W'_0 + W_2 - \beta M^{довегет}_{нетто}.$$

Здесь коэфициент β учитывает полезное использование воды довегетационных поливов. При расчете по второй формуле довегетационные поливы учитываются в запасе воды перед посевом.

В приведенных схемах расчета размеров оросительной нормы важнейшими являются величины K — коэфициента водопотребления и A — расчетного урожая. Величина расчетного урожая культуры и ее динамика устанавливаются экономическими расчетами на основе имеющихся опытных данных и данных, полученных стахановцами и передовиками орошаемого земледелия.

При расчете урожая необходимо дать урожай основной продукции (зерно, волокно и т. д.), а также и урожай всей сухой надземной массы растения.

Значение K определяется двумя слагаемыми: 1) количеством воды, потребляемой культурным растением на транспирацию в расчете на единицу сухой продукции, 2) количеством воды, расходуемой почвою на испарение, тоже в расчете на единицу сухой продукции растения. Величину K называют расчетным коэффициентом водопотребления.

$K = K_1 + K_2$ кубометров воды на тонну сухой продукции растения.

Определение расчетного коэфициента водопотребления может быть произведено на основании следующих данных:

1. Путем непосредственного подсчета расходов воды на единицу урожая, полученного на опытных станциях и у стахановцев и передовиков колхозов и совхозов в районе проектируемого орошения в условиях, аналогичных проектируемым.

При использовании опытных данных, полученных в полевых условиях, необходимо установить: а) каким методом получены и учтены эти полевые данные, на какой площади, в каком севообороте и при какой урожайности; б) учитывалось ли потребление воды только на транспирацию растения и испарение с поверхности почвы или же учитывалось суммарное расходование воды, включая и непроизводительные потери воды с поля; в) как учитывались атмосферные осадки при подсчете потребления воды культурой; г) какая была агротехника и удобрения; д) характеристику года и почвы.

Для получения расчетных значений коэфициента водопотребления необходимо считать только расход воды на транспирацию культурных растений и на испарение почвы. В подсчет коэфициента водопотребления потери воды на орошаемом поле не должны включаться.

2. По величине оросительных норм, полученных путем опытов или наблюденных в хозяйственных условиях. Использование этих материалов (оросительных норм) может быть сделано так: в значения полученных оросительных норм вводится поправка за счет потерь воды в поле (на неравномерность увлажнения, потери в поливных канавах, сброс), затем прибавляются полезно используемые осадки, и сумма делится на урожай сухой продукции, при котором получена данная норма; в результате получаются величины коэфициента водопотребления (конечно, совершенно ориентировочные):

$$K = \frac{\beta \cdot M_{нетто} + \alpha \cdot P \cdot 10}{A}.$$

Если нет точных данных, то приближенные значения β, α, P таковы:

$\beta = 0{,}8 - 0{,}95$ (в зависимости от способа полива);

$\alpha = 1{,}0$, если осадки только вегетационные;

$\alpha = 0{,}4 - 0{,}5$, если осадки годовые;

P — расчетные осадки в миллиметрах;

A — урожай, полученный в опыте (в тоннах).

3. По величине так называемых транспирационных коэфициентов, полученных путем опытов в поле или в вегетационных сосудах. Используя значения транспирационного коэфициента, необходимо помнить, что здесь учтен расход только на транспирацию растений, а не суммарный расход и на транспирацию растений и на испарение почвы. В особенности же важно учитывать, при каких размерах урожая, почвенной влажности и в каких условиях питательного режима получены опытные данные. Если размеры урожая, почвенной влажности и питательный режим почвы при опытах существенно отличались от тех, которые проектируются, то такими значениями транспирационных коэфициентов пользоваться нельзя. Совершенно ясно,

что климатические условия, в которых получены опытные данные, должны быть близки к проектным.

Значения транспирационного коэфициента можно установить по литературным материалам и отчетным данным опытных станций.

На величину транспирационного коэфициента в значительной степени влияет питательный режим почвы (удобрение). Благодаря удобрениям повышается урожай, и это повышение урожая, вызывая повышение количества потребленной воды, в то же время снижает удельное потребление воды, т. е. снижает величину транспирационного коэфициента.

Акад. В. Р. Вильямс приводит следующие цифры влияния удобрений на значения коэфициента транспирации: неудобренная пшеница — 800; удобренная азотом и фосфором — 545; удобренная азотом, фосфором и калием — 480. Эти цифры говорят за то, что к выбору значений транспирационного коэфициента необходимо подходить особенно осторожно, строго анализируя все те условия, в которых получены цифры, и устанавливая их аналогию с проектными условиями.

При расчете коэфициента водопотребления по величине коэфициента транспирации коэфициент испарения почвою, т. е. величина K_2, устанавливается ориентировочно, как известный процент от расхода воды на транспирацию. При отсутствии данных ориентировочно можно принять, что $K_2 = \gamma K_1$, причем $\gamma =$ от 0,20 до 0,40 в зависимости от урожая и агротехники. Чем выше урожай и чем лучше мероприятия по борьбе с непроизводительным испарением воды почвою, тем меньше значение величины γ.

Подсчет полезно используемого количества естественных осадков довегетационного и вегетационного периодов, т. е. P_1 и P_2, производится по данным метеорологических станций.

При отсутствии опытных данных коэфициент α_2 можно принимать равным 1,0. Величина α_1 — коэфициента полезного использования почвою осадков довегетационного периода — характеризует только ту часть осадков, которая сохранилась в почве к моменту посева культуры. Эта величина зависит от целого ряда условий: от размеров испарения почвы, величины осеннего, зимнего и весеннего стока, фильтрации в глубокие горизонты, наличия или отсутствия предпосевных и запасных поливов. Каких-либо устойчивых средних размеров этого коэфициента указать нельзя — его необходимо определять, исходя из комплекса конкретных условий.

Примерная методика установления α_1 — коэфициента полезного использования почвою осадков довегетационного периода — вытекает из анализа баланса этих осадков.

При отсутствии данных о коэфициенте полезного использования осадков довегетационного периода (а это обычно) необходимо пользоваться второй формулой расчета оросительной нормы. В этом случае значение запаса почвенной влажности в предпосевной период, т. е. W_2, необходимо установить или по данным опытных станций, или путем постановки исследований. Второй формулой необходимо пользоваться при наличии предпосевных или запасных поливов, влияние которых здесь будет учтено размерами запаса почвенной влажности перед посевом.

В районах, имеющих неустойчивые климатические показатели, оросительные нормы определяются для средне-сухого и средне-влажного расчетных годов с оценкой возможной динамики их для исключительно сухих и исключительно влажных лет. В проектах регулирования стока подсчеты оросительных норм для четырех основных расчетных лет (средне-сухого, средне-влажного, исключительно сухого и исключительно влажного) обычно делаются для небольших проектов.

Для крупных проектов анализ динамики оросительных норм делается по отдельным годам за ряд лет (20—40).

§ 20. Методика проектирования размеров поливных норм

Величину поливной нормы проф. А. Н. Костяков определяет по таким формулам:

$$m_{нетто} = H \cdot A\,(\beta_{макс} - \beta_{нал}),$$

$$\beta_{нал} = (1-\sigma)\beta_{опт},$$

где коэфициент σ — допускаемое при поливе отклонение почвенной влажности от оптимальной;

A — полная скважность расчетного слоя почвы в процентах;

H — расчетный слой почвы в метрах;

$\left.\begin{matrix}\beta_{макс}\\ \beta_{нал}\\ \beta_{опт}\end{matrix}\right\}$ максимальная, наличная и оптимальная влажности расчетного слоя почвы.

Величина отклонений от оптимальной влажности σ принимается, в зависимости от тщательности регулирования водного режима в расчетном слое почвы, от 0,1 до 0,2. При малых значениях σ поливные нормы получаются меньше, но зато число их соответственно должно быть увеличено.

Максимальная влажность почвы $\beta_{макс}$ близка к предельной влагоемкости.

Оптимальная влажность почвы $\beta_{оптим}$ равна от 80 до 60% от скважности, в зависимости от культуры, фазы развития ее и дозировки удобрений. Наличная, перед поливом, влажность почвы определяется на основании опыта.

Глубина активного (расчетного) слоя почвы H (выражается в метрах) зависит от глубины действующей корневой системы культуры, от глубины залегания растворимых солей в почве, от способа внесения удобрений и от мощности почвенного слоя. Поэтому величина H переменная. Величина H постепенно увеличивается в связи с углублением корневой системы.

Для овощных культур максимальная величина H может быть принята равной 0,50—0.80 м, для полевых культур — 0,80—0,90 м и для трав — 0,80—1,00 м. При высоком залегании солевого горизонта необходимо принимать H с расчетом, чтобы глубина промачивания не доходила до горизонта скопления солей. На почвах, имеющих неглубокий культурный слой, величина H, а следовательно, и поливные нормы, берется меньше, нежели на глубоких, мощных почвах.

В качестве примера приводятся следующие значения поливных норм-нетто при $\sigma = 0{,}15$ и $\beta_{оптим} = 60$. Для $\beta_{макс} = 75$.

Примеры значений поливных норм-нетто (в кубических метрах)

Наименование культур	$A = 40$		$A = 50$		$A = 40$		$A = 50$	
	при H, равном	m-нетто	при H, равном	m-нетто	при H, равном	m-нетто	при H, равном	m-нетто
Овощные культуры	0,6	576	0,6	720	0,5	480	0,5	600
Полевые »	0,7	672	0,7	840	0,8	768	0,8	960
Травы	0,9	864	0,9	1080	1,0	960	1,0	1200

Проектные размеры поливных норм должны быть обязательно проверены по следующему условию: если обозначить запас воды перед поливом в расчетном слое почвы через W м³ на гектар, предельную влагоемкость этого же слоя через $W_{пр}$ м³ на гектар, то $m + W \leqslant W_{пр}$.

Для промывных поливных норм: $m + W = n \cdot W_{пр}$, где n больше единицы.

Значения предельной влагоемкости почвы — см. главу III, стр. 27.

Кроме указанных соображений, при проектировании размеров поливных норм нобходимо учесть способ полива, требования которого могут заставить несколько изменить поливную норму по сравнению с размером, полученным расчетом. Например, при способе полива напуском поливные нормы-брутто менее 500 м³ на 1 га возможны только при тщательной планировке площади. Однако нельзя делать и значительных изменений расчетных поливных норм из-за требований техники полива. В этом случае надо ставить вопрос об изменении техники полива. Во всяком случае нужный поливной режим определяет и технику полива.

§ 21. Число и размещение довегетационных и вегетационных поливов

Приступая к распределению поливов во времени, необходимо в первую очередь решить вопрос о довегетационных поливах, т. е. о предпосевных поливах и поливах, даваемых для создания запаса воды в корнеобитаемом слое, а также о промывных поливах, так как только при правильном сочетании довегетационного и вегетационного режима орошения можно построить правильную схему поливов.

Вопрос о предпосевных и запасных поливах должен решаться следующим образом:

1) предпосевные поливы должны обеспечить необходимый запас воды в почве для всходов и последующих периодов развития растения, если естественные осадки и надлежащая агротехника не обеспечивают этого;

2) запасные поливы создают нужное увлажнение глубоких горизонтов; запасные поливы в сочетании с вегетационными поливами обеспечивают наиболее целесообразное увлажнение почвы и использование источника орошения;

3) запасным поливам может быть поставлена задача обеспечить опреснение верхних горизонтов почвы.

Когда естественных осадков недостаточно для того, чтобы обеспечить оптимальные условия для всходов и первых периодов развития культур, то полив довегетационный необходим. На почвах легких, водопроницаемых и обеспеченных на небольшой глубине хорошим естественным дренажем, запасные поливы (осенние, зимние, ранние весенние) не решают задачи; в этих условиях довегетационный полив должен быть дан незадолго до посева, т. е. как предпосевной полив. При почвах средних и тяжелых с глубоким залеганием грунтовых вод предпосевной полив можно заменить осенне-зимним или ранне-весенним запасным поливом, однако при непременном условии поддержания почвы после полива в рыхлом состоянии.

Если количество осенне-зимних и весенних осадков достаточно для обеспечения всходов и первых периодов развития культур, то предпосевные поливы обычно исключают, ограничиваясь агротехническими мероприятиями по накоплению и сохранению естественных осадков, а главное, правильно и своевременно организуя посев культур. При источнике орошения, имеющем максимальный расход, не совпадающий по времени с

периодом максимального потребления воды, целесообразно проектировать запасные поливы в целях лучшего использования источника. Если осенне-зимние и весенние осадки не обеспечивают глубокого промачивания почвы, тогда обязательно следует проектировать запасные поливы. Поливные нормы запасных поливов берутся больше норм вегетационных поливов с целью создания запаса воды в почве. Предпосевные поливы даются небольшими нормами для увлажнения верхних горизонтов почвы.

Вопрос о промывных поливах, их числе и времени промывки решается в схеме необходимых мелиоративных мероприятий. Там устанавливается необходимость промывки, намечается способ отвода промывных вод и указывается наилучшее время для промывки сообразно глубине стояния грунтовых вод.

Обычно промывные поливы производятся в то время, когда грунтовые воды опускаются. Промывные поливные нормы назначаются от 1 500 до 2 500 м³ на гектар.

Число и нормы промывных поливов определяются соответствующим расчетом (см. ниже специальный раздел).

Размеры промывных норм определяются глубиною слоя, в котором необходимо произвести вымывание солей, наличной (перед промывкой) влажностью и величиною предельной влагоемкости почвы.

Если расчетный слой почвы — H м, средняя объемная влажность к моменту полива — r процентов, предельная влагоемкость слоя H равна R объемных процентов, то промывная норма $m_{пр}$ будет равна:

$$m_{пр} = [H \cdot (R - r) \cdot 100] \cdot n \text{ м}^3 \text{ на гектар.}$$

Только при этом условии создается отток воды в глубокие горизонты или в дрены, а вместе с водою и удаление из почвы солей. Величина n больше единицы.

Размещение вегетационных поливов во времени, т. е. определение расчетных сроков поливов, является наиболее трудной задачей.

Опыт и практика показывают, что в каждом периоде своего развития растение предъявляет определенные требования к теплу, свету, запасу почвенной влажности и питательных веществ; при этом как размеры, так и нужная глубина увлажнения почвенного слоя являются величинами переменными, зависящими от культуры, почвенных и климатических условий, агротехники и удобрений, определяющих урожай. Поэтому только на основе достаточно устойчивых опытных данных и практики могут быть установлены оптимальные схемы поливов, отвечающие проектируемой устойчивой урожайности и предусматривающие рост ее.

При отсутствии устойчивых опытных данных и данных практики можно говорить только об ориентировочном установлении расчетных схем полива.

Метод графо-аналитического расчета числа и сроков полива культур разработан проф. А. Н. Костяковым.

Пусть глубины (в метрах) расчетного слоя почвы, в котором необходимо произвести нужное изменение почвенной влажности, равны H_1, H_2, H_3 — соответственно порядковому номеру полива. Средние проценты скважности расчетных слоев почвы равны A_1, A_2, A_3. Средняя влажность почвы (в весовых процентах) в расчетном слое H_1 перед первым поливом равна r_1; средний объемный удельный вес расчетных слоев почвы a_1, a_2, a_3. Предельная влагоемкость расчетных слоев почвы: $W'_{пр}$ $W''_{пр}$, $W'''_{пр}$ м³ на гектар. Запас почвенной влажности в расчетном

слое перед посевом W_0 м³ на гектар. Запасы воды в слоях почвы H_1, H_2, H_3 перед первым поливом: $W'_{исх}$, $W''_{исх}$, $W'''_{исх}$ м³ на гектар. Расчетный запас воды в расчетном слое почвы H_1, H_2, H_3 перед первым, вторым, третьим поливом обозначим через W', W'', W'''.

Размеры поливных норм нетто — m_1, m_2, m_3.

Средний суточный расход воды на транспирацию растения и испарение почвы — E_1, E_2, E_3 м³ на гектар. Длина межполивного периода — τ_1, τ_2, τ_3 суток. Количество полезно используемых осадков за время межполивного периода $10P_1$, $10P_2$, $10P_3$ м³ на гектар. Оптимальное содержание почвенной влажности в расчетный период развития культуры — $W'_{опт}$, $W''_{опт}$, $W'''_{опт}$.

Указанные элементы находятся в следующей связи:

Для первого полива

1) $W' = H_1 r_1 a_1 \cdot 100$ м³/га;

2) $W' + m_1 \cong W'_{пр}$ (при расчетах $W' + m_1$ может немного отличаться от $W'_{пр}$);

3) $E_1\tau_1 = m_1 + W' - W'' + 10P_1 + W''_{исх} - W'_{исх}$;

4) $W'_{пр} \geqslant W'_{опт}$; $W' \leqslant W_{опт}$.

Для второго полива:

1) $W'' = H_2 r_2 a_2 \cdot 100$ м³/га;

2) $W'' + m_2 \cong W''_{пр}$ (при расчетах сумма $W'' + m_2$ может немного отличаться от $W''_{пр}$);

3) $E_2\tau_2 = m_2 + W'' - W''' + 10P_2 + W'''_{исх} - W''_{исх}$;

4) $W''_{пр} \geqslant W''_{опт}$; $W'' \leqslant W''_{опт}$.

и т. д.

Решение приведенных соотношений может итти в таком порядке: в первую очередь нужно установить глубины H_1, H_2, H_3 и т. д., затем установить запас почвенной влажности перед посевом и перед первым поливом как во всем расчетном слое, так и в слоях H_1, H_2, H_3 и т. д.

Данные о почвенной влажности перед посевом необходимо получить путем соответствующих исследований и материалов опытных учреждений или же примерным расчетом по балансу осадков и довегетационных поливов. При наличии предпосевных и запасных поливов величины запасов воды перед посевом можно принимать близкими к значению предельной влагоемкости почвы.

Величина H_1, H_2 и т. д. должны увеличиваться согласно углублению корневой системы. Опытные данные и данные, полученные стахановцами, говорят за то, что величины H, а следовательно, и величины поливных норм должны постепенно возрастать и только в самом конце оросительного периода поливные нормы могут вновь уменьшаться.

Таким образом, выбор расчетных значений H и m делается совместно, исходя из оценки всех условий, определяющих поливную норму и глубину нужного промачивания почвы.

Запасы воды перед поливами определяются размером возможного снижения почвенной влажности и повышения концентрации почвенного раствора без снижения расчетного урожая.

Надо помнить, что эти запасы воды зависят от удобрений и подкормок культуры. Поэтому при установлении остаточных запасов воды перед поливами должны быть учтены запасы не только воды, но и питательных веществ в почве, причем концентрация почвенного раствора должна быть

как перед поливом, так и между поливами близкой к оптимальной, установленной опытом и практикой.

Отклонения значений запасов воды в почве перед поливом и после полива от оптимальных не должны превышать 20%.

Величины предельной влагоемкости определяются при почвенных исследованиях.

Наиболее трудно определяемыми элементами расчета являются среднесуточные расходы воды растением и почвою, т. е. величины E_1, E_2, E_3 и т. д. Надлежаще обоснованного и проверенного теоретического расчета этих величин нет. Поэтому в настоящее время единственно надежными данными могут быть только данные полевого опыта, проведенного с тщательным учетом всех элементов водного баланса поливной площадки, и построенные на основании опыта кривые водопотребления.

Этими данными и необходимо пользоваться при проектировании расчетного режима орошения культур.

Ниже в качестве примера приводятся схемы расчета норм и сроков полива хлопчатника и яровой пшеницы.

§ 22. Примеры расчета сроков и норм полива различных культур

1. Расчет вегетационных норм и сроков полива яровой пшеницы для средне-сухого года (Заволжье)

Почва: обыкновенный чернозем средней мощности, средне суглинистый.

1. Расчетный урожай зерна для условий средне-сухого года $A = 3{,}5$ т на гектар.

Агротехника и удобрения — соответствующие расчетному урожаю.

2. Расчетный коэфициент водопотребления:

$$K_1 + K_2 = K = 1\,150 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ т зерна.}$$

Определяется на основе опытных данных и практики.

3. Расчетное суммарное потребление воды (транспирация + испарение):

$K \cdot A = 1\,150 \cdot 3{,}5 = 4\,025$ м³ на 1 га, округленно 4 000 м³ на 1 га.

4. Расчетные осадки вегетационного периода для условий средне-сухого года в кубометрах на гектар:

Расчетная таблица осадков вегетационного периода (при $\alpha_2 = 1$)

Расчетный год	Апрель			Май			Июнь			Июль			Всего
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	
1908	—	—	30	80	140	100	40	160	40	100	80	—	770

Примечание. В качестве расчетного средне-сухого года принят 1908 г. как наиболее близкий к фиктивному средне-сухому году за период вегетации яровой пшеницы.

5. Расчетный средний день посева — 16 апреля.

Продолжительность расчетного периода потребления воды $T = 105$ суток (от 16 апреля до 29 июля).

6. Расчетные глубины слоя почвы H в метрах:

Апрель			Май			Июнь			Июль		
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
—	0,25	0,25	—	—	0,35	0,50	0,60	0,70	0,80	0,80	0,80

7. Скважность расчетных слоев почвы в процентах от объема расчетного слоя и в кубометрах на гектар:

Таблица расчетных величин скважности почвы

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)						
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Скважность в процентах	56,3	56,38	56,47	56,71	56,95	56,70	56,40
Скважность в кубометрах на гектар	1 126	1 691	2 159	2 838	3 417	3 969	4 230

8. Двойная максимальная гигроскопичность в процентах от объема расчетного слоя почвы и в кубических метрах на гектар:

Таблица расчетных величин двойной максимальной гигроскопичности почвы

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)						
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Двойная максимальная гигроскопичность в процентах	15,18	15,30	15,42	15,62	14,82	15,05	15,28
Двойная максимальная гигроскопичность в кубометрах на гектар	304	459	617	781	889	1 054	1 146

9. Максимальные расчетные запасы воды в расчетном слое почвы, близкие к предельной влагоемкости в кубометрах на гектар:

Таблица расчетных максимальных запасов воды в почве

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)							Примечание
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	
Максимальные запасы воды	760	1 115	1 460	1 785	2 105	2 450	2 625	В пределах 100% предельной влагоемкости

10. Минимальные запасы воды в расчетном слое почвы, принимаемые равными 40% от общей скважности, в кубометрах на гектар.

Таблица расчетных минимальных запасов воды в почве

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)						
	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Минимальные запасы воды	450	675	865	1135	1365	1590	1690

11. Предельные размеры поливных норм, определенные из формулы $m_{пр} = W_{макс} - W_{мин}$.

$m_{пр}$ = от 550 до 900 м³/га, а с учетом потерь воды внутри поливной карты — от 600 до 950 м³/га.

12. Запасы воды в расчетном слое от $H = 0{,}25$ м до $H = 0{,}80$ м перед посевом принимаются в размере 90% от предельной влагоемкости. Эти запасы должны быть созданы снего- и водозадержательными работами или соответствующими запасными поливами.

$$W'_{исх} = 840 \text{ м}^3/\text{га при } H = 0{,}25 \text{ м};$$
$$W_0 = 2360 \text{ м}^3/\text{га при } H = 0{,}80 \text{ м}.$$

13. Расчетная кривая ежесуточного суммарного потребления воды (транспирация + испарение) устанавливается на основании опытных данных для условий средне-сухого года и урожая, примерно равного расчетному (кривая показана графически на рис. 11).

14. Методика расчетов показана в таблицах и графике (см. рис. 12 и таблицы балансовых подсчетов норм и сроков полива яровой пшеницы — стр. 62 и 63).

Расчет производился одновременно в таблице и на графике.

Нормы и сроки полива яровой пшеницы

№ вариантов	№ поливов	Средний день полива	Межполивной период (дней)	Поливная норма-нетто (в кубометрах на 1 га)	Поливная норма-брутто (в кубометрах на 1 га)	Вегетационная оросительная норма (в кубометрах на 1 га)	Фазы, в которые даются поливы
I вариант (трехполивной)	1	18/V—21/V	24	700	750		Кущение
	2	11/VI	20	850	900		Перед колошением
	3	2/VII		900	950	2450	Налив
II вариант (четырехполивной)	1	15/V	21	500	600		Начало кущения
	2	5/VI	16	650	700		Трубкование
	3	21/VI—23/VI	11	650	700		Колошение
	4	2/VII—4/VII		650	700	2450	Налив

15. Произведенные балансовые подсчеты дают следующие нормы и сроки поливов яровой пшеницы для условий средне-сухого года.

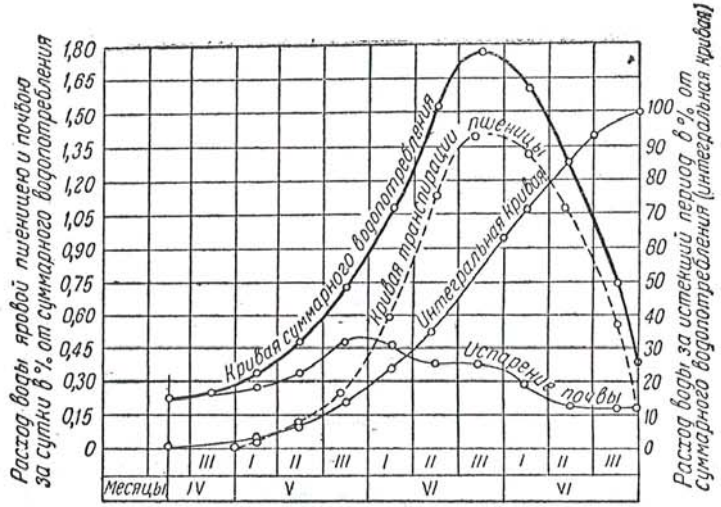


Рис. 11. Расчетная кривая водопотребления яровой пшеницы.

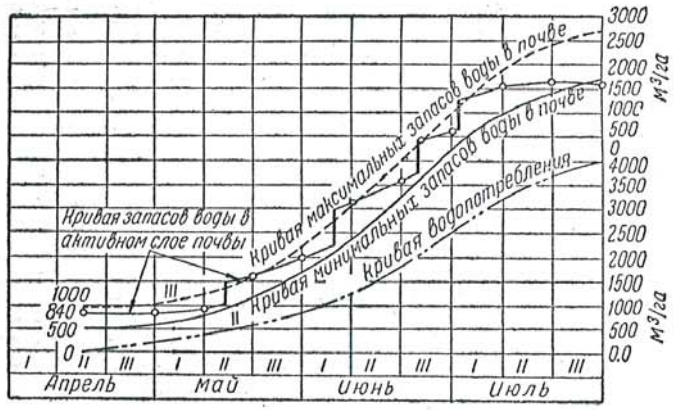


Рис. 12. График изменения запасов воды в расчетном слое при поливе яровой пшеницы.

16. Балансовый расчет обязательно должен быть проверен данными опытных станций, стахановцев и передовиков орошаемого земледелия колхозов и совхозов.

Для проверки и сравнения нужно брать только те данные, при которых получены урожаи, соответствующие расчетному.

Таблица балансовых подсчетов норм и сроков полива яровой пшеницы для условий среднесухого года (вариант трехполивной)

Расчетный период (календарь)	Расчетный слой почвы (H м)	Запасы воды перед посевом ($W_{нетто}$ м³/га)	Предельные запасы воды в расчетном слое почвы: $W_{макс.}$ м³/га	$W_{мин.}$ м³/га	Запас воды в расчетном слое почвы в начале периода (W м³/га)	Расход воды в кубических метрах на гектар: транспирация и испарение	Поступило воды в кубических метрах на гектар: осадки $10P_2$	из запасов в связи с увеличением расчетного слоя	поливы $m_{нетто}$	всего	Запас воды в расчетном слое почвы в конце периода	Поливы: Норма без учета потерь $m_{нетто}$	Норма с учетом потерь $m_{брутто}$	Средний день полива
16/IV—30/IV	0,25	840	935	560	840	145	30	—	—	30	725	—	—	—
1/V—10/V	0,25	840	935	560	725	139	80	—	—	80	666	—	—	—
11/V—15/V	0,25	840	935	560	666	84	70	—	—	70	652	—	—	—
16/V—20/V	0,25	840	935	560	652	84	70	—	—	70	638	—	—	—
21/V—25/V	0,30	1 000	1 110	675	638	165	—	160	700	860	1 333	700	750	18/V—21/V
26/V—31/V	0,35	1 155	1 285	770	1 333	170	100	155	—	255	1 418	—	—	—
1/VI—5/VI	0,45	1 460	1 620	1 000	1 418	210	—	305	—	305	1 513	—	—	—
6/VI—10/VI	0,50	1 605	1 785	1 135	1 513	210	40	145	—	185	1 488	—	—	—
11/VI—15/VI	0,55	1 750	1 940	1 250	1 488	305	80	145	850	1 075	2 258	850	900	11/VI
16/VI—20/VI	0,60	1 895	2 105	1 365	2 258	305	80	145	—	225	2 178	—	—	—
21/VI—25/VI	0,65	2 050	2 275	1 480	2 178	355	—	155	—	155	1 978	—	—	—
26/VI—30/VI	0,70	2 205	2 450	1 590	1 978	355	40	155	—	195	1 818	—	—	—
1/VII—5/VII	0,70	2 205	2 450	1 590	1 818	325	—	—	900	900	2 393	900	950	2/VII
6/VII—10/VII	0,80	2 360	2 625	1 690	2 393	320	100	155	—	255	2 328	—	—	—
11/VII—20/VII	0,80	2 360	2 625	1 690	2 328	505	80	—	—	80	1 903	—	—	—
21/VII—30/VII	0,80	2 360	2 625	1 690	1 903	323	—	—	—	—	1 580	—	—	—
		$W_0 = 2\,360$	—	—	—	4 000	770	1 520	2 450	—	1 580	2 450	2 600	—

Баланс: $K \cdot A = M^{вег}_{нетто} + 10\alpha_2 P_2 + W_0 - W_2 = 2450 + 770 + 2360 - 1580 = 4\,000$ м³/га.

Исходный запас воды в слое 0,80 м: $W_0 - W_2 = 780$—использованные довегетационные осадки;

$W_0 = 2360$ м³/га $= 1520 + 840$; $10\alpha_2 P_2 = 770$—вегетационные осадки;

$W_2 = 1580$—остающаяся влажность; $M^{вег}_{нетто} = 2450$—оросительная норма.

Используемые осадки: $770 + 780 = 1550$ м³/га.

Таблица балансовых подсчетов норм и сроков полива яровой пшеницы для условий среднесухого года (вариант четырехполивной)

Расчетный период (календарь)	Расчетный слой почвы (H м)	Запасы воды перед посевом ($W_{нетто}$ м³/га)	Предельные запасы воды в расчетном слое почвы: $W_{макс}$ м³/га	$W_{мин}$ м³/га	Запас воды в расчетном слое почвы в начале периода (W м³/га)	Расход воды за период на гектар (транспирация и испарение) в кубических метрах на гектар	Поступило воды за период (в кубических метрах на гектар): осадки $10P_2$	из запасов в связи с увеличением расчетного слоя	поливы $m_{нетто}$	всего	Запас воды в расчетном слое почвы в конце периода	Поливы: Норма без учета потерь $m_{нетто}$	Норма с учетом потерь $m_{брутто}$	Средний день полива
16/IV—30/IV	0,25	840	935	560	840	145	30	—	—	30	725	—	—	—
1/V—10/V	0,25	840	935	560	725	139	80	—	—	80	666	—	—	—
11/V—15/V	0,25	840	935	560	666	84	70	—	—	70	652	—	—	—
16/V—20/V	0,25	840	935	560	652	84	70	—	500	570	1 138	500	600	15/V
21/V—25/V	0,30	1 000	1 100	675	1 138	165	—	160	—	160	1 133	—	—	—
26/V—31/V	0,35	1 155	1 285	770	1 133	170	100	155	—	255	1 218	—	—	—
1/VI—5/VI	0,45	1 460	1 620	1 000	1 218	210	—	305	—	305	1 313	—	—	—
6/VI—10/VI	0,50	1 605	1 785	1 135	1 313	210	40	145	650	835	1 938	650	700	5/VI
11/VI—15/VI	0,55	1 750	1 940	1 250	1 938	305	80	145	—	225	1 858	—	—	—
16/VI—20/VI	0,60	1 895	2 105	1 365	1 858	305	80	145	—	225	1 778	—	—	—
21/VI—25/VI	0,65	2 050	2 275	1 480	1 778	355	—	155	650	805	2 228	650	700	21/VI—23/VI
26/VI—30/VI	0,70	2 205	2 450	1 590	2 228	355	40	155	—	195	2 068	—	—	—
1/VII—5/VII	0,70	2 205	2 450	1 590	2 068	325	—	—	650	650	2 393	650	700	2—4/VII
6/VII—10/VII	0,80	2 360	2 625	1 690	2 393	320	100	155	—	255	2 328	—	—	—
11/VII—20/VII	0,80	2 360	2 625	1 690	2 328	505	80	—	—	80	1 903	—	—	—
21/VII—30/VII	0,80	2 360	2 625	1 690	1 903	323	—	—	—	—	1 580	—	—	—
						4 000	770	1 520	2 450	—	1 580	2 450	2 700	—

Баланс: $K \cdot A = M_{нетто} + 10\alpha_2 P_2 + W_0 - W_2 = 2450 + 770 + 2360 - 1580 = 4\,000$ м³/га.

Исходный запас воды в слое 0,80 м: $W_0 - W_2 = 780$ м³/га—использованные довегетационные осадки;

$W_0 = 2\,360$ м³/га $= 1520 + 840$; $10P_2 = 770$ м³/га—использованные вегетационные осадки;

$W_2 = 1\,580$ м³/га—остающаяся влажность; $M_{нетто} = 2\,450$ м³/га—(оросительная норма).

Используемые осадки: $780 + 770 = 1\,550$ м³/га.

2. Расчет вегетационных норм и сроков полива хлопчатника для условий средне-сухого года (Фергана)

1. Расчетный урожай сырца для условий средне-сухого года — 4,5 т. $A = 4{,}5$ т.

Агротехника и удобрения — соответствующие проектируемому размеру урожая. Почвы маломощные, легкие и средние суглинки.

2. Расчетный коэфициент водопотребления для расчетного средне-сухого года:

$$K = (K_1 + K_2) = 1\,700 \text{ м}^3 \text{ на тонну продукции.}$$

Коэфициент водопотребления определяется на основе данных опыта и практики.

3. Расчетные осадки вегетационного периода ($10\alpha_2 P_2$) по десятидневкам, при $\alpha_2 = 1$:

Расчетная таблица осадков вегетационного периода
(осадки в кубометрах на гектар)

Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
—	—	100	—	—	150	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	150	—

4. Расчетное суммарное потребление воды: $(K_1 + K_2)\,A = 1\,700 \cdot 4{,}5 = 7\,650$ м³ на 1 га $\cong 7\,600$ м³ на 1 га.

5. Средний день посева — 15 апреля.

Продолжительность расчетного периода, т. е. время от среднего дня посева до расчетного последнего дня потребления воды $T = 165$ суток (от 15 апреля до 30 сентября).

6. Расчетный слой почвы H (в метрах):

Таблица расчетных глубин почвы (в метрах)

Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь
0,30	0,30—0,40	0,40—0,60	0,60—0,80	0,80	0,80

Расчетный слой почвы H изменяется от 0,30 до 0,80 м, постепенно увеличиваясь от посева до созревания.

7. Скважность расчетных слоев почвы в процентах:

Таблица расчетных величин скважности почвы

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Скважность расчетных слоев почвы в процентах	52	50	50	48	46	46

8. Максимальные расчетные запасы воды в почве, близкие к величине предельной влагоемкости расчетного слоя почвы, в кубических метрах на гектар:

Таблица расчетных максимальных запасов воды в почве

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$W_{макс}$ (в кубометрах на гектар)	1 050	1 350	1 650	1 950	2 250	2 550

Подсчитываются по кривой предельной влагоемкости расчетного слоя $H = 0{,}80$ м.

9. Оптимальные запасы воды в расчетном слое почвы, выраженные в кубических метрах на гектар. Оптимальные запасы приняты в размере 60—65% от скважности.

Таблица расчетных оптимальных запасов воды в почве

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$W_{опт}$ (в кубометрах)	от 900 до 1 000	от 1 200 до 1 300	от 1 450 до 1 600	от 1 700 до 1 800	от 1 900 до 2 100	от 2 100 до 2 400

10. Минимальные запасы воды, в кубических метрах на гектар в расчетном слое почвы. Минимальные запасы близки к максимальной молекулярной влагоемкости или около 40% от объема скважности почвы.

Таблица расчетных минимальных запасов воды в почве

Показатели	При толщине расчетного слоя H (в метрах)					
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$W_{мин}$ (в кубометрах на гектар)	700	900	1 150	1 250	1 350	1 500

11. Предельные размеры поливных норм, определенные по формуле:

$$m \cong W_{макс} - W_{мин},$$

в зависимости от глубины расчетного слоя H, принимаются равными:

$m_{нетто}$ = от 600 до 900 м³ на 1 га,

$m_{брутто}$ = от 650 до 950 м³ на 1 га.

12. Запас воды в почве в слое $H = 0{,}8$ перед посевом, т. е. W_0, принимаем близким к предельной влагоемкости:

$$W_0 = 2\,550 \text{ м}^3 \text{ на 1 га.}$$

Запас воды в почве в расчетном слое $H_1 = 0{,}30$ м перед посевом принимаем близким к предельной влагоемкости этого слоя:

$$W_1 = 1\,050 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га}.$$

Эти запасы воды должны быть созданы путем накопления естественных осадков и запасных зимних или ранних весенних поливов. Если понадобится по условиям весны, то должен быть дан небольшой предпосевной полив.

13. Кривая ежесуточного потребления воды (транспирация + испарение) устанавливается на основании опытных данных (см. рис. 13).

14. Установление расчетных норм и сроков полива хлопчатника производится методом балансовых подсчетов запасов воды в расчетных слоях почвы.

Подсчеты запасов воды в почве ведутся одновременно в таблице и на графике.

Пример расчета сроков и норм полива хлопчатника показан в таблице на стр. 68 и графике (см. рис. 14).

15. Произведенные балансовые подсчеты дают следующие нормы и сроки вегетационных поливов хлопчатника:

Нормы и сроки вегетационных поливов хлопчатника

№ полива	Средний день полива	Продолжительность межполивного периода (в днях)	Поливная норма (в кубометрах на 1 га)		Схема поливов
			нетто	брутто	
1	20/V	21	600	650	Созревание—1. Цветение—5. До цветения—2.
2	10/VI	15	600	650	
3	25/VI	13	700	750	2—5—1.
4	8/VII	12	800	850	
5	20/VII	12	800	800	
6	1/VIII	15	800	800	
7	16/VIII	20	900	900	
8	5/IX		800	800	
			6 000	6 200	

$$M^{вегет}_{нетто} = 6{,}000 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га}.$$

Балансовые расчеты норм, сроков и числа поливов необходимо проверить сравнением полученных данных с данными опытных станций и данными, полученными стахановцами и передовиками колхозов и совхозов, работающими в районе проектируемого орошения или в аналогичных районах.

Для сравнения брать только те опытные данные, при которых урожай был близок к расчетному.

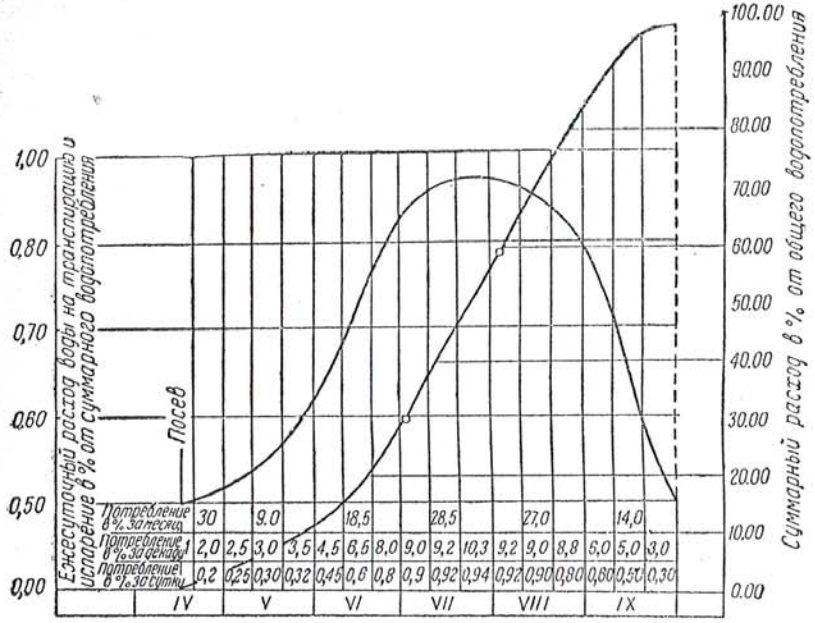


Рис. 13. Расчетная кривая потребления воды (транспирация + испарение почвы) 1 га хлопчатника.

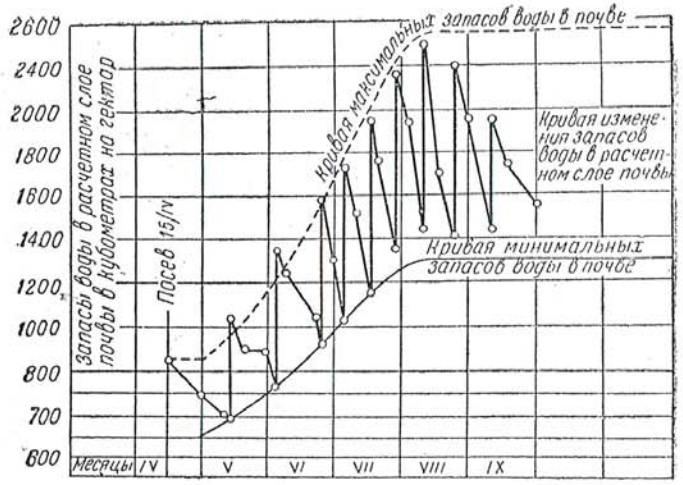


Рис. 14. График изменения запасов воды в расчетном слое почвы при поливе хлопчатника.

Таблица балансового расчета сроков и норм полива хлопчатника

Расчетные периоды (календарь)	Запасы воды перед поливом (в кубометрах на 1 га)	Расчетный слой H (в метрах) в конце расчетного периода	Предельные запасы воды в расчетном слое (в кубометрах на 1 га): максимальный	Предельные запасы воды в расчетном слое (в кубометрах на 1 га): минимальный	Запас воды в слое в начале периода (в кубометрах на 1 га)	Расход воды из расчетного слоя (в кубометрах на 1 га) Транспирация и испарение	Поступление воды в кубометрах на 1 га в расчетный слой H: осадки $10P_2$	Поступление воды в кубометрах на 1 га в расчетный слой H: поливная норма $m_{нетто}$	Поступление воды в кубометрах на 1 га в расчетный слой H: за счет увеличения расчетного слоя	Поступление воды в кубометрах на 1 га в расчетный слой H: всего	Остаток к концу расчетного периода (в кубометрах на 1 га)	Поливы: Поливные нормы m: нетто	Поливы: Поливные нормы m: брутто	Средние дни поливов	Межполивные периоды
16/IV—30/IV	1 050	0,30	1 050	700	1 050	250	100	—	—	100	900	—	—	—	
1/V—10/V	—	0,30	1 050	700	900	200	100	—	—	100	800	—	—	20/V	
11/V—20/V	1 200	0,35	1 200	800	800	250	—	600	150	750	1 300	600	650	—	21
21/V—31/V	1 350	0,40	1 350	900	1 300	300	150	—	150	300	1 650	600	650	10/VI	
1/VI—10/VI	1 500	0,45	1 500	1 000	1 650	400	—	600	150	750	1 450	—	—	—	15
11/VI—20/VI	1 800	0,55	1 800	1 150	1 450	500	—	—	300	300	1 700	700	750	25/VI	13
21/VI—30/VI	1 950	0,60	1 950	1 250	1 700	600	—	700	150	850	1 975	800	850	8/VII	12
1/VII—10/VII	2 100	0,65	2 100	1 300	1 975	675	—	800	150	950	2 250	800	800	20/VII	12
11/VII—20/VII	2 250	0,70	2 250	1 350	2 250	675	—	800	150	950	2 500	800	800	1/VIII	15
21/VII—31/VII	2 400	0,75	2 400	1 400	2 500	700	—	800	150	950	1 950	—	—	—	
1/VIII—10/VIII	2 550	0,80	2 550	1 500	1 950	650	—	900	150	1 050	2 200	900	900	16/VIII	20
11/VIII—20/VIII	—	0,80	2 550	1 500	2 200	550	—	—	—	900	1 650	—	—	—	
21/VIII—31/VIII	—	0,80	2 550	1 500	1 650	500	—	800	—	800	1 950	800	800	5/IX	Созревание—1
1/IX—10/IX	—	0,80	2 550	1 500	1 950	400	—	—	—	—	1 550	—	—	—	
11/IX—20/IX	—	0,80	2 550	1 500	1 550	250	150	—	—	150	1 450	—	—	—	
21/IX—30/IX					7 600	500	6000	1500	—	—	—	6 000	6 200		

Схема поливов:
2—5—1.

$K = 1\,700$ м³ на 1 т продукции.
$A = 4.5$ т.
$K \cdot A \leqq 7\,600$ м³ на 1 га.

$W_0 = 1\,050 + 1\,500 = 2\,550$ м³ на 1 га.
$W_2 = 1\,450$ м³ на 1 га.
$10P_2 = 500$ м³ на 1 га.

Баланс: $K \cdot A = M^{вегет}_{нетто} + 10P_2 + W_0 - W_2 = 7\,600 = 6\,000 + 500 + 2\,550 - 1\,450$.

После подробного анализа и сравнения расчетных данных с опытом и практикой необходимо внести соответствующие поправки в расчетные нормы и сроки поливов.

Отмечая ориентировочный характер приведенных расчетов, следует указать, что для получения более точных данных необходима постановка исследований как в опытных, так и в хозяйственных условиях.

§ 23. Техника составления графиков гидромодуля

При проектировании для определения расчетных расходов и размеров оросительных каналов служат расчетные графики гидромодуля.

Для построения расчетного графика гидромодуля (нетто) необходимо иметь:

1) процентный состав культур на той площади, для которой составляется график гидромодуля (например, колхоза или отдельного севооборота);

2) поливные и оросительные нормы культур (расчетные);

3) сроки поливов и поливные периоды культур (расчетные).

График гидромодуля (нетто) составляется из расчета потребления воды одним средним гектаром действительно орошаемой площади (нетто).

При таком условии ординаты графика гидромодуля (нетто) будут давать характеристику удельного потребления воды одним гектаром поля без учета потерь воды в оросительной системе.

Для получения расхода непрерывно действующего канала необходимо ординату графика умножить на площадь, орошающуюся данным каналом, т. е. $Q_{нетто} = q \cdot \omega$ л/сек. на гектар, если q выражено в литрах в 1 секунду, а ω — в гектарах.

Размеры гидромодуля вычисляются по формуле

$$q = \frac{\alpha \cdot m}{8\,640 \cdot t},$$

Здесь: q — периодический гидромодуль в литрах в секунду;
m — поливная норма-брутто в кубометрах на гектар;
α — процент площади, занимаемой культурой (по отношению ко всей площади севооборота);
t — поливной период в сутках.

Проектные поливные периоды культур зависят, главным образом, от пределов возможного удлинения периода одного и того же полива в колхозе и на системе (без понижения урожая культуры) и от трудовых ресурсов колхоза. Значительное удлинение поливных периодов может создать пестрое увлажнение почвы и этим самым неравномерный и пестрый рост и созревание культур; большое же укорочение поливных периодов повышает размеры пропускной способности каналов и может создавать сильное напряжение рабочей силы в колхозе.

В каждом конкретном случае необходимо определять рациональные поливные периоды, считаясь с требованиями посева, роста и уборки культуры.

Поливные периоды определяются на основе следующих условий. Предпосевной полив должен быть строго согласован с расчетным плановым периодом посева культуры. Первые 1—2 полива должны иметь продолжительность, близкую к продолжительности посевного периода. Удлинение последующих поливных периодов возможно лишь такое, при котором в крайние сроки каждого поливного периода почвенная влажность не достигает недопустимых минимальных запасов. Продолжительность вегетационных поливных периодов ориентировочно принимается: хлопчатник — 8 — 15 суток, зерновые — 6 — 8 суток для первых поливов и 10—14 суток для последних, для овощных куль-

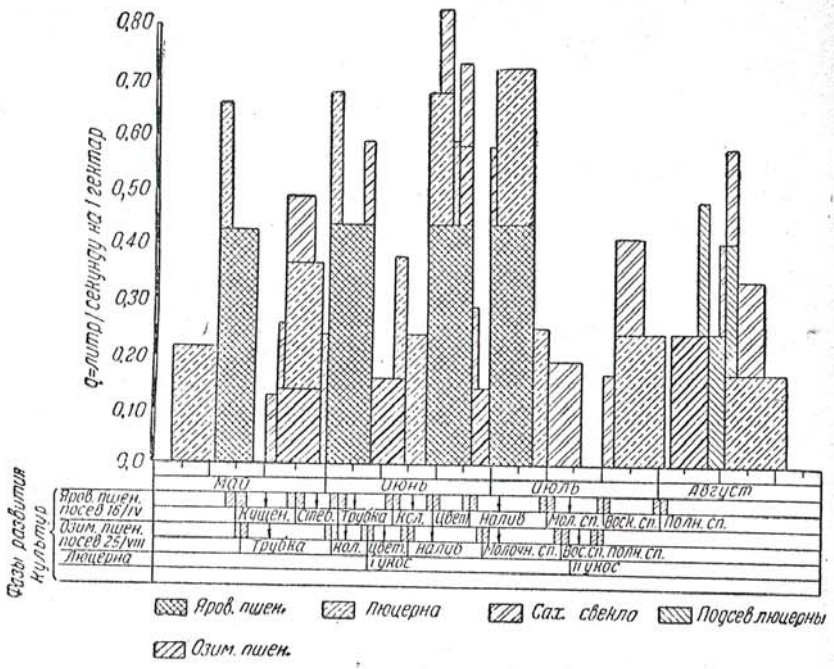


Рис. 15. Неукомплектованный график гидромодуля пшенично-люцернового севооборота.

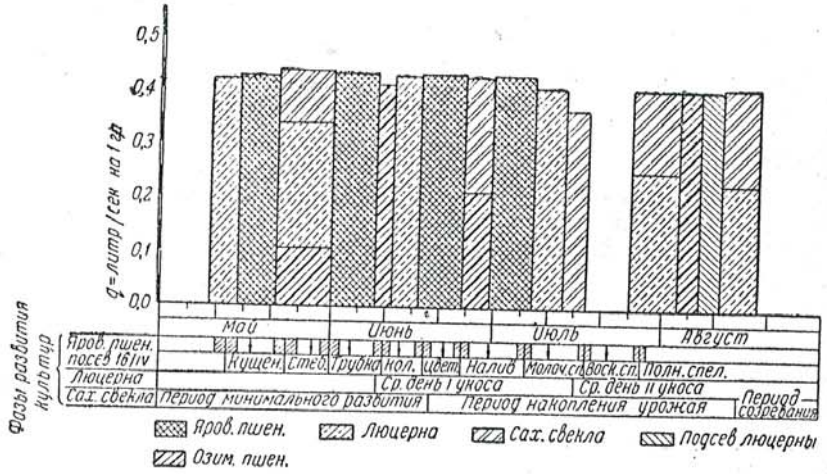


Рис. 16. Укомплектованный график гидромодуля пшенично-люцернового севооборота.

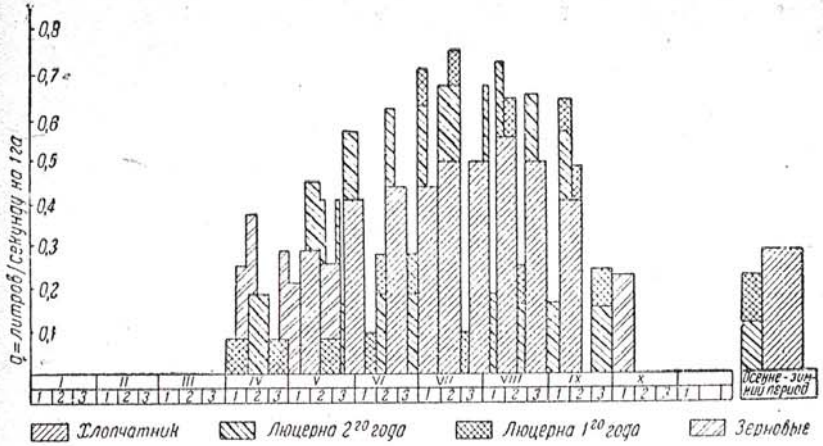


Рис. 17. Неукомплектованный график гидромодуля хлопково-люцернового севооборота.

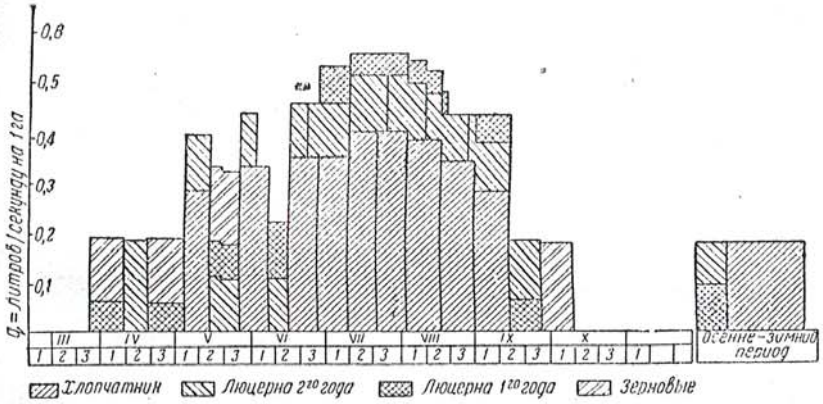


Рис. 18. Укомплектованный график гидромодуля хлопково-люцернового севооборота.

тур — 7—10 суток, для трав — 10—15 суток. Продолжительность запасных и промывных поливов устанавливается, исходя из условий работы системы и плана с.-х. работ.

Межполивные периоды определяются сроками поливов.

Графики гидромодуля (нетто) составляются для каждого хозяйства и для каждого расчетного состава культур и севооборота и для основных расчетных лет. График системы является интегральным, суммирующим графиком отдельных хозяйств.

Графики гидромодуля составляются двух видов: сначала составляются неукомплектованные графики гидромодуля (рисунки 15 и 17), а затем укомплектованные графики гидромодуля (рис. 16 и 18).

При укомплектовании графиков гидромодуля преследуются задачи возможного выравнивания ординат графика гидромодуля и увязки его с требованиями режима источника орошения, с требованиями кривой

Таблица к неукомплектованному графику гидромодуля зернового севооборота

Наименование культур	Процент площади, занятой культурой α	№ полива	Поливные нормы (m м³ на 1 га)	Оросительная норма (в кубометрах на гектар)	Сроки поливов от	Сроки поливов до	Средний день полива	Поливной период (t суток)	Межполивной период (τ суток)	Ординаты гидромодуля $q=\frac{\alpha \cdot m}{8640t}$ л/сек.
1. Яровая пшеница	42,8	1	600	2 700	12/V	18/V	15/V	7		0,426
		2	700		1/VI	8/VI	5/VI	8	21	0,434
		3	700		19/VI	26/VI	23/VI	8	18	0,434
		4	700		30/VI	7/VII	3/VII	8	10	0,434
2. Озимая пшеница	14,3	1	650	3 050	23/V	30/V	26/V	8		0,134
		2	750		7/VI	14/VI	10/VI	8	15	0,155
		3	650		24/VI	1/VII	27/VI	8	17	0,134
		01	1 000		3/VIII	9/VIII	5/VIII	7		0,237
3. Люцерна	28,6	1	650	4 050	4/V	13/V	8/V	10		0,216
		2	700		24/V	2/VI	28/V	10	20	0,232
		3	750		13/VI	22/VI	17/VI	10	20	0,232
		4	750		1/VII	10/VII	5/VII	10	17	0,248
		5	700		23/VII	1/VIII	27/VII	10	23	0,232
		6	500		13/VIII	22/VIII	17/VIII	10	21	0,166
4. Сахарная свекла	14,3	1	600	3 800	20/V	27/V	24/V	8		0,124
		2	650		20/VI	27/VI	24/VI	8	31	0,134
		3	900		10/VII	17/VII	13/VII	8	20	0,186
		4	850		20/VII	27/VII	24/VII	8	10	0,176
		5	800		12/VIII	19/VIII	16/VIII	8	23	0,165
5. Подсев люцерны	14,3	1	1 000	1 000	8/VIII	14/VIII	10/VIII	7		0,237

Таблица к укомплектованному графику гидромодуля зернового севооборота

Наименование культур	Процент площади, занятой культурой α	№ полива	Поливные нормы (m м³ на 1 га)	Оросительная норма (в кубометрах на 1 га)	Сроки поливов от	Сроки поливов до	Средний день полива	Поливной период (t суток)	Межполивной период (τ суток)	Ординаты гидромодуля $q=\frac{\alpha \cdot m}{8640 \cdot t}$ л/сек.
1. Яровая пшеница	42,8	1	600	2 700	15/V	31/V	18/V	7		0,426
		2	700		1/VI	8/VI	5/VI	8	18	0,434
		3	700		17/VI	24/VI	20/VI	8	15	0,434
		4	700		30/VI	7/VII	4/VII	8	14	0,434
2. Озимая пшеница	14,3	1	650	2 050	22/V	31/V	26/V	10		0,108
		2	750	+	9/VI	11/VI	10/VI	3	15	0,414
		3	650	1 000	25/VI	29/VI	27/VI	5	17	0,216
		01	1 000		4/VIII	7/VIII	5/VIII	4	39	0,414
3. Люцерна	28,6	1	650	4 050	10/V	14/V	12/V	5		0,430
		2	700		22/V	31/V	26/V	10	14	0,232
		3	650		12/VI	16/VI	14/VI	5	19	0,430
		4	750		8/VII	13/VII	10/VII	6	26	0,413
		5	700		26/VII	3/VIII	30/VII	9	21	0,257
		6	600		12/VIII	19/VIII	15/VIII	8	15	0,248
4. Сахарная свекла	14,3	1	600	3 800	22/V	31/V	26/V	10		0,090
		2	650		25/VI	29/VI	27/VI	5	32	0,215
		3	900		14/VII	17/VII	15/VII	4	18	0,372
		4	850		25/VII	2/VIII	29/VII	9	16	0,156
		5	800		12/VIII	18/VIII	15/VIII	7	15	0,189
5. Подсев люцерны	14,3	1	1 000	1000	8/VIII	11/VIII	9/VIII	4		0,414

Средняя оросительная норма $M_{ср}=\frac{\alpha_1 M_1+\alpha_2 M_2+\alpha_3 M_3+\alpha_4 M_4+\alpha_5 M_5}{\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3+\alpha_4}=$

$$\frac{42{,}8 \cdot 2\,700+14{,}3 \cdot 3\,050+28{,}6 \cdot 4\,050+14{,}3 \cdot 3\,800+14{,}3 \cdot 1\,000}{42{,}8+14{,}3+28{,}6+14{,}3}=\frac{343\,640}{100}=3\,436{,}4 \text{ м}^3 \text{ на 1 га.}$$

Максимальная расчетная ордината графика гидромодуля $q_{макс}=0{,}434$ л/сек. на 1 га.

Приложение. При укомплектовании графика гидромодуля соблюдалось условие: средние дни поливов яровой и озимой пшеницы сдвигались не больше как на 3 суток, а средние дни поливов люцерны и сахарной свеклы — не больше как на 5 суток.

Таблица к неукомплектованному графику гидромодуля хлопково-люцернового севооборота

Наименование культур	Процент площади, занятой культурой α	№ полива	Поливная норма (m м³ на 1 га)	Оросительная норма (M м³ на 1 га)	Средний день полива	Поливной период от	Поливной период до	Длина поливного периода (t суток)	Длина межполивного периода (τ суток)	Ордината гидромодуля $q = \frac{\alpha \cdot m}{8640 \cdot t}$ л/сек.	Примечания
Хлопчатник	50	01	1 000	6 900+1 000	Осенне-зимний период			20		0,290	
	50	1	500		10/V	6/V	15/V	10	22	0,290	
	50	2	700		1/VI	27/V	5/VI	10	19	0,405	
	50	3	750		20/VI	16/VI	25/VI	10	15	0,434	
	50	4	750		5/VII	1/VII	10/VII	10	11	0,434	
	50	5	850		16/VII	11/VII	20/VII	10	14	0,492	
	50	6	850		30/VII	25/VII	3/VIII	10	11	0,492	
	50	7	950		10/VIII	6/VIII	15/VIII	10	15	0,550	
	50	8	850		25/VIII	21/VIII	30/VIII	10	17	0,492	
	50	9	700		10/IX	6/IX	15/IX	10		0,405	
Люцерна второго и третьего года	20	1	800	7 400+1 000	15/IV	11/IV	20/IV	10		0,186	Сроки укосов люцерны 2-го и 3-го года: I—5/V; II—10/VI; III—12/VII; IV—15/VIII; V—20/IX
	20	2	700		13/V	9/V	18/V	10	28	0,162	
	20	3	700		28/V	25/V	3/VI	10	15	0,162	
	20	4	700		15/VI	11/VI	20/VI	10	18	0,163	
	20	5	800		30/VI	26/VI	5/VII	10	15	0,186	
	20	6	800		17/VII	11/VII	20/VII	10	17	0,186	
	20	7	800		5/VIII	1/VIII	10/VIII	10	19	0,186	
	20	8	700		20/VIII	17/VIII	26/VIII	10	15	0,162	
	20	9	700		5/IX	1/IX	10/IX	10	16	0,162	
	20	10	700		25/IX	21/IX	30/IX	10	20	0,162	
	20	001	1 000		5/XII	1/XII	10/XII	10		0,111	Полив одного поля.

Продолжение

Наименование культур	Процент площади, занятой культурой α	№ полива	Поливная норма (m м³ на 1 га)	Оросительная норма (M м³ на 1 га)	Средний день полива	Поливной период от	Поливной период до	Длина поливного периода (t суток)	Длина межполивного периода (τ суток)	Ордината гидромодуля $q = \frac{\alpha \cdot m}{8640 \cdot t}$ л/сек.	Примечания
Люцерна первого года	10	01	700	6 700+1 000	5/IV	1/IV	10/IV	10		0,081	Сроки укосов люцерны 1-го года при посеве беспокровного растения: I—5/VI; II—15/VII; III—1/IX.
	10	1	700		25/IV	21/IV	30/IV	10	20	0,081	
	10	2	700		20/V	16/V	25/V	10	25	0,081	
	10	3	800		10/VI	6/VI	15/VI	10	21	0,093	
	10	4	800		1/VII	26/VI	5/VII	10	21	0,093	
	10	5	800		20/VII	16/VII	25/VII	10	19	1,093	
	10	6	800		15/VIII	11/VIII	20/VIII	10	26	0,093	
	10	7	700		10/IX	6/IX	15/IX	10	26	0,081	
	10	8	700		25/IX	21/IX	30/IX	10	15	0,081	
	10	001	1 000		5/VII	1/XII	10/XII	10		0,116	
Зерновые	20	01	1 000	2 500+1 000	5/X	1/X	10/X	10		0,232	
	20	1	800		10/IV	6/IV	15/IV	10	20	0,186	
	20	2	900		30/IV	26/IV	5/V	10	20	0,209	
	20	3	800		20/V	16/V	25/V	10		0,186	

Таблица к укомплектованному графику гидромодуля хлопково-люцернового севооборота

Наименование культур	Процент площади, занятой культурой α	№ полива	Поливная норма (m м³ на 1 га)	Оросительная норма (M м³ на 1 га)	Средний день полива	Поливной период: от	Поливной период: до	Длина поливного периода (t суток)	Длина межполивного периода (τ суток)	Ордината гидромодуля $q = \frac{\alpha \cdot m}{8640 \cdot t}$	Примечания
					Осенне-зимний период						
Хлопчатник	50	01	1 000	—	10/V	6/V	15/V	30		0,193	
	50	1	500	6 900+1 000 (запасный)	2/VI	28/V	8/VI	10	23	0,290	
	50	2	700		22/VI	17/VI	28/VI	12	20	0,338	
	50	3	750		4/VII	29/VI	10/VII	12	12	0,361	
	50	4	750		16/VII	11/VII	22/VII	12	12	0,361	
	50	5	850		28/VII	23/VII	3/VIII	12	12	0,410	
	50	6	850		10/VIII	4/VIII	17/VII	12	13	0,410	
	50	7	950		24/VIII	18/VIII	31/VIII	14	14	0,393	
	50	8	850		7/IX	1/IX	14/IX	14		0,351	
	50	9	700							0,290	
Люцерна 2-го и 3-го года	20	1	800	1 400+1 000	15/IV	11/IV	20/IV	10		0,186	Сроки укосов люцерны 2-го и 3-го года: I—5/V; II—10/VI; III—12/VII; iV—15/VIII; V—20/IX.
		2	700		12/V	6/V	19/V	14	27	0,116	
		3	700		27/V	20/V	3/VI	15	15	0,108	
		4	700		16/VI	9/VI	23/VI	15	20	0,108	
		5	800		2/VII	24/VI	10/VII	17	15	0,109	
		6	800		17/VII	11/VII	25/VII	15	16	0,116	
		7	800		2/VIII	27/VII	11/VIII	16	16	0,116	
		8	700		20/VIII	12/VIII	28/VIII	17	18	0,095	
		9	700		5/IX	29/VIII	14/IX	17	16	0,095	
		10	700		19/IX	15/IX	27/IX	13	14	0,124	
	10	001	1 000		6/XII	1/XII	13/XII	13		0,090	

Продолжение

Наименование культур	Процент площади, занятой культурой α	№ полива	Поливная норма (m м³ на 1 га)	Оросительная норма (M м³ на 1 га)]	Средний день полива	Поливной период: от	Поливной период: до	Длина поливного периода (t суток)	Длина межполивного периода (τ суток)	Ордината гидромодуля $q = \frac{\alpha \cdot m}{8640 \cdot t}$	Примечания
Люцерна 1-го года	10	01	700	6 700+1 000	5/IV	28/III	10/IV	14		0,053	Сроки укосов люцерны 1-го года: I—5/VI; II — 15/VII; III —1/IX.
		1	700		27/IV	21/IV	5/V	15	22	0,054	
		2	700		22/V	16/V	27/V	12	25	0,068	
		3	800		12/VI	9/VI	16/VI	8	21	0,116	
		4	800		5/VII	29/VI	10/VII	12	23	0,077	
		5	800		20/VII	11/VII	30/VII	20	15	0,046	
		6	800		10/VIII	31/VII	19/VIII	20	21	0,046	
		7	700		7/IX	1/IX	14/IX	14	28	0,058	
		8	700		19/IX	15/IX	27/IX	13	13	0,062	
		001	1 000		6/XII	1/XII	13/XII	13		0,090	
Зерновые	20	01	1 000	2 500+1 000	4/X	28/IX	10/X	13		0,180	
		1	800		5/IV	28/III	10/IV	14	22	0,132	
		2	900		27/IV	21/IV	5/V	15	25	0,139	
		3	800		22/V	16/V	27/V	12		0,154	

затрат энергии (в механическом орошении), с планами с.-х. работ в колхозах и совхозах.

В каждом отдельном случае укомплектование графиков гидромодуля производится в соответствии с агроэкономическими расчетами. Всякие отклонения при укомплектовании как в нормах, так в особенности в сроках полива должны быть обоснованы соответствующими опытными данными и расчетами. Отклонение расчетных средних дней поливов для основных культур нежелательно допускать более 2—3 дней. Выше приводятся формы неукомплектованного и укомплектованного графиков гидромодуля для зернового семипольного севооборота при следующем составе культур: пшеница яровая 42,8%, пшеница озимая — 14,3%, люцерна — 28,6%; сахарная свекла — 14,3% и для хлопково-люцернового севооборота: хлопчатник — 50%, люцерна — 30%, зерновые — 20% (рис. 15, 16, 17, 18).

Соответствующие таблицы к графикам приведены на стр. 72—77.

ГЛАВА V

СХЕМЫ ВОДОЗАБОРА

(ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ)

§ 24. Водозабор в оросительной системе

В ирригации схема питания магистральных каналов зависит в значительной степени от источников питания.

Этими последними могут являться:

I. Естественные открытые водоемы:
   1) реки — равнинные и горные,
   2) озера.

II. Подземные воды:
   1) родниковые воды,
   2) грунтовые воды.

III. Атмосферные воды:
   1) талые снеговые воды,
   2) ливневые воды.

В зависимости от естественно-бытовых условий самого источника, топографии местности, условий трассирования магистрального канала, расположения и характера орошаемых площадей и пр. способы подачи воды в магистральные каналы могут быть различны. В основном они по указанным источникам питания сводятся к следующим:

I. Использование естественных открытых водоемов:
   1) самотечный (бесплотинный) способ водозабора (рис. 19),
   2) шпорный (с захватной дамбой) (рис. 20),
   3) плотинный (рис. 21),
   4) механический (рис. 22).

II. Использование подземных вод:
   1) самотечный способ с применением собирательных траншей (кяризы в Туркмении) и каптажей (рис. 23, 24),
   2) механический (рис. 25).

III. Использование атмосферных вод:
   1) механический способ.

Системы водозаборных узлов (головных устройств) каналов чрезвычайно разнообразны в практике ирригации, обводнения и водоснабжения и с развитием гидротехники все время пополняются новыми конструкциями. В настоящее время системы водозабора могут быть сведены к следующим основным схемам по отдельным источникам питания.

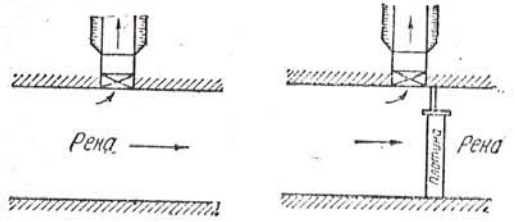


Рис. 19.

Рис. 21.



Рис. 22.

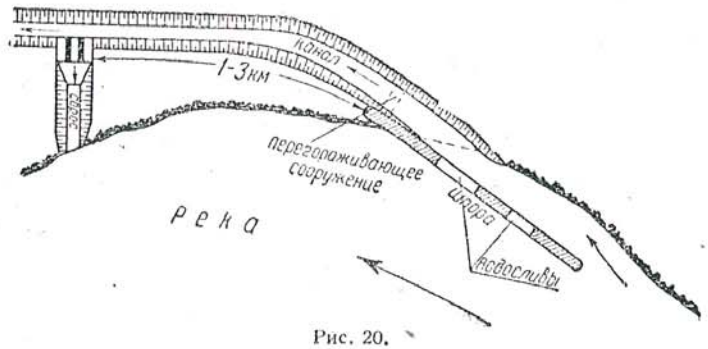


Рис. 20.

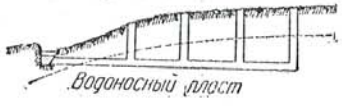


Рис. 23.

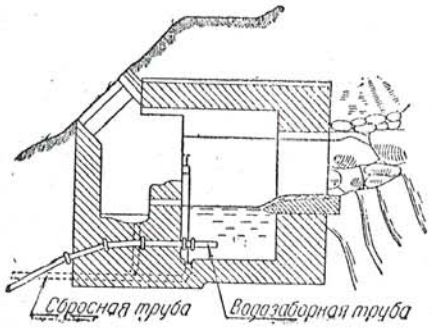


Рис. 24.

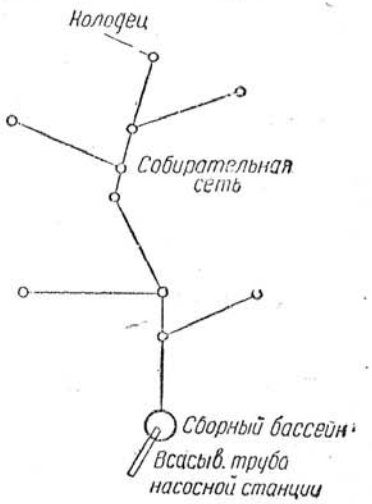


Рис. 25.

§ 25. Схемы водозабора из естественных открытых водоемов

А. Самотечный способ подачи воды (бесплотинный)

1) Открытый канал без сооружений в голове. Примерами подобных отводов воды может служить отвод из нижней Аму-Дарьи в канал Пахта-Арна.

2) Несколько голов канала без сооружений на них на случай заноса наносами (рис. 26). К таковым относится голова канала Палван, берущего воду для Хорезмского оазиса.

3) В голове канала — сооружение открытого типа (регулятор), когда необходимо достаточно точное регулирование расхода воды в канале (рис. 27). Примерами могут служить некоторые водозаборы из р. Сыр-Дарьи.

4) Перед сооружением — вспомогательная дамба для создания поперечной циркуляции перед входом в канал в целях борьбы с донными наносами (рис. 28).

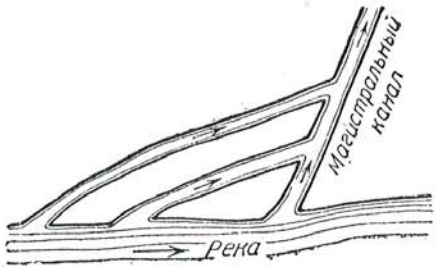


Рис. 26.

Примером применения подобной схемы является водозабор в один из магистральных каналов Ферганы.

5) Перед входом в канал — направляющие системы проф. Потапова в целях борьбы с донными наносами (рис. 29).

6) Спиралевидная камера перед входом в канал для частичного осаждения взвешенных наносов и привлечения (путем поперечной циркуляции) донных наносов к центру, где располагается донное промывное отверстие (рис. 30). Подобная схема была испытана на моделях и в производстве еще не применялась.

Б. Шпорный способ водозабора

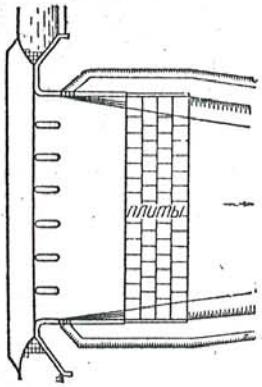
1) С продольной захватной дамбой вдоль берега, применяемой при необеспеченности горизонта воды в месте отвода канала (см. рис. 20). Подобный водозабор широко распространен как местный способ отвода воды в Средней Азии и в Закавказье.

2) С захватной дамбой, перегораживающей русло вкось (частично или полностью), применяемой при необеспеченности забора необходимого расхода воды. Примером является один из водозаборов на р. Чирчик в канал Боз-Су.

В. Плотинный способ водозабора

$В_1$. Водозабор из горных рек. 1) Тирольский тип (рис. 31). Подобный тип применен у нас на Кавказе с некоторыми конструктивными изменениями и в ряде случаев при мелком гидросиловом строительстве.

2) Открытый регулятор с промывным шлюзом в плотине без раздельной стенки (см. рис. 21) применяется при малых размерах забираемого расхода и нешироких регуляторах и при небольшом количестве наносов в потоке, особенно донных.



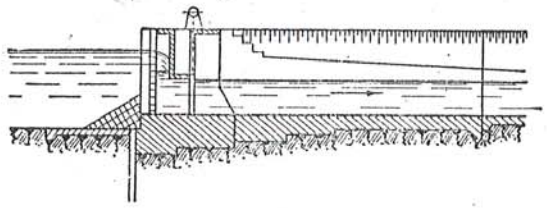


Рис. 27.

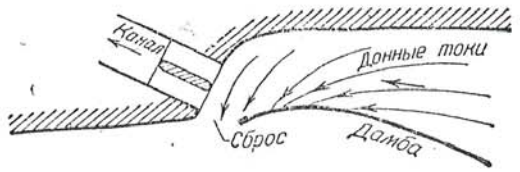


Рис. 28.

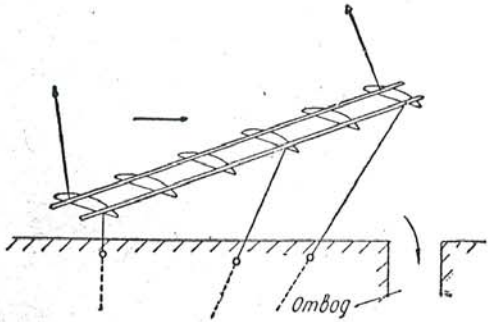


Рис. 29.

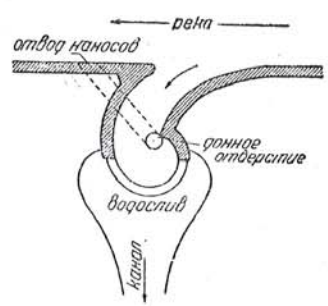


Рис. 30.

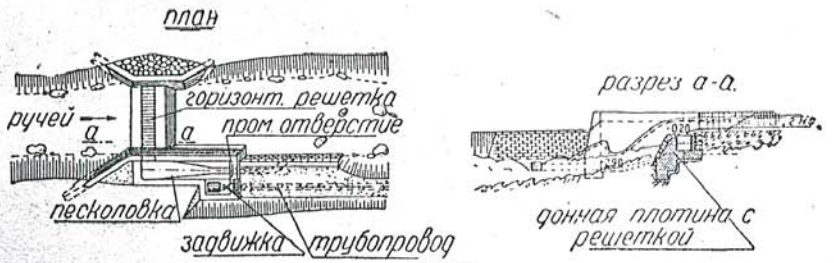


Рис. 31.

3) То же с раздельной стенкой (карманом) — индийский тип (рис. 32), применяемый при широких регуляторах, значительном влечении донных наносов и значительном содержании крупных взвешенных наносов (песка).

4) Водосливной тип, применяемый при значительном подпоре на плотине, когда требуется большая высота порога из-за наносов. Колебания

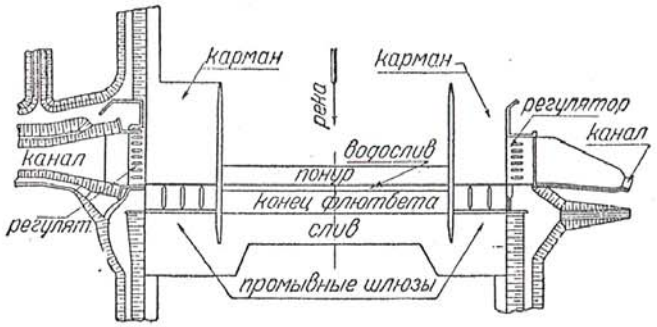


Рис. 32.

уровня в верхнем бьефе должны быть незначительными (до 1,0—2,0 м). Водозабор с очень высоким порогом в виде водослива осуществлен на Земоавчальской гидростанции.

5) С донными промывными каналами в пороге регулятора, со щитами в них или без щитов. Галлереи без щитов применяются редко, так как требуют наличия постоянного значительного излишка расхода воды.

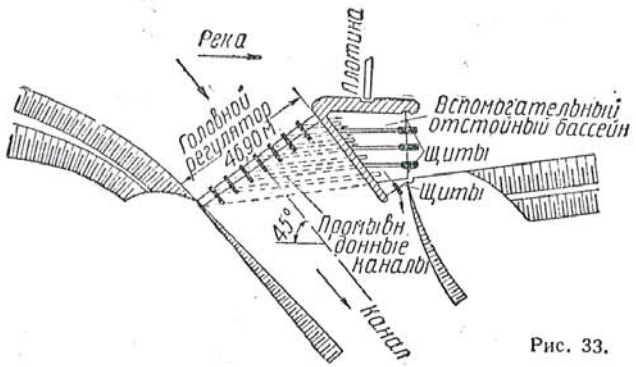


Рис. 33.

а) Тип средне-азиатский при расположении водоприемника в береге реки (рис. 33). Такой водоприемник имеет один из каналов на Северном Кавказе.

б) Тип Эльсденовский (рис. 34) при расположении водоприемника в русле вдоль плотины. Аналогичный водоприемник осуществлен в Киргизской ССР. При этом карман впереди водозаборного сооружения разделен на секции соответственно числу пролетов регулятора.

в) С гравиеловкой перед регулятором (рис. 35). Применяется при значительном количестве крупных наносов в потоке (гравий, галька) и при

наличии во время хода этих наносов дополнительного расхода воды на промывку их. Такой водозабор имеется в голове одного из каналов на Кавказе при водозаборе для гидростанции, но форма гравиеловок в плане в этих сооружениях не соответствует условиям отвода воды, а потому указанные головные устройства здесь не оправдывают своего назначения.

7) Водозабор непосредственно в отстойник, совмещенный с регулятором.

а) Водоприемник на берегу (рис. 36). Применяется, когда плотина обеспечивает смыв отложившихся перед широким входом наносов или при устройстве одновременно во входном пороге донных промывных каналов, как это имеет место в водозаборе некоторых гидростанций.

б) Водоприемник в теле плотины (в реке) (см. рис. 37). Применим при достаточно большом напоре на плотине, обеспечивающем промывку отдельных камер отстойника. Подобное этому расположение осуществлено в голове одного канала на Кавказе.

В случаях 2, 3, 4, 5 и 6 при водозаборе из горных рек возможно применение еще направляющих проф. Потапова в целях борьбы с донными наносами.

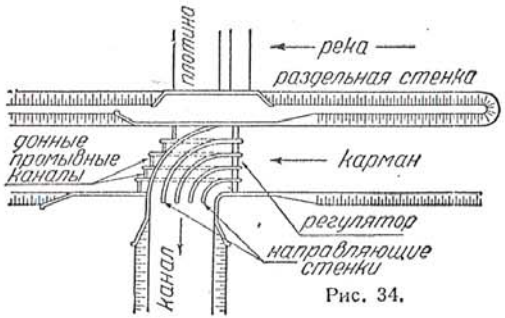


Рис. 34.

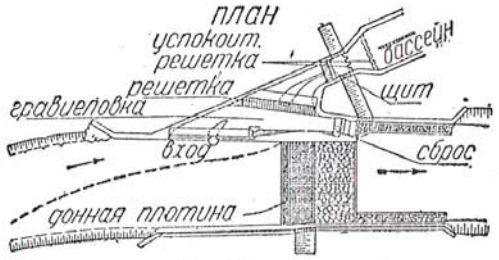


Рис. 35.

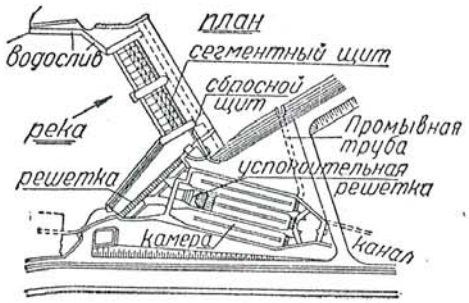


Рис. 36.

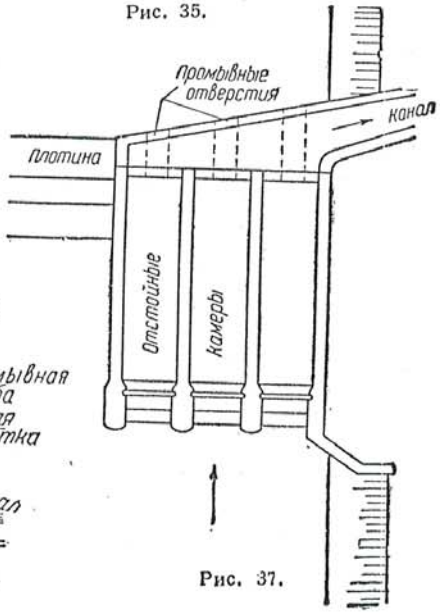


Рис. 37.

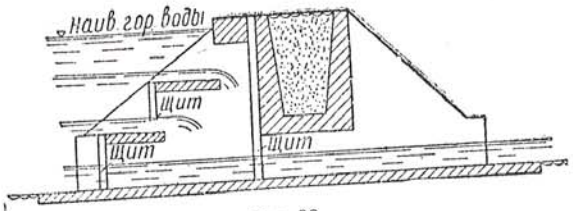


Рис. 38.

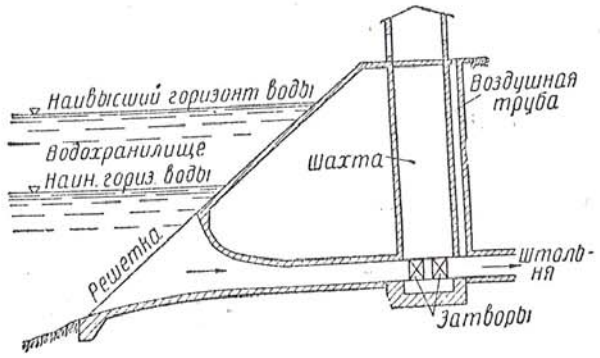


Рис. 39.

B_2. *Водозабор из равнинных рек.* 1) Открытый тип регулятора.

а) Обычный регулятор с порогом, применяемый при небольшом колебании уровня в верхнем бьефе и незначительном количестве наносов (см. рис. 27).

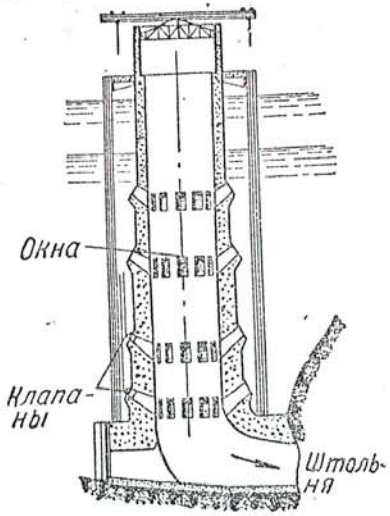


Рис. 40.

б) Многоступенчатый регулятор (рис. 38), применяется при значительных колебаниях уровня в верхнем бьефе и при значительном количестве донных и взвешенных наносов в паводок.

2) Водосливной тип.

3) С донными промывными каналами в пороге регулятора.

4) Водозабор непосредственно в отстойник, совмещенный с регулятором.

B_3. *Водозабор из водохранилищ и озер.* При небольшом колебании уровня воды (3—5 м) возможно применение 1-го, 2-го и 4-го типов систем водозабора из равнинных рек.

При значительных колебаниях уровня в источнике питания применяются системы с подачей воды в напорную штольню или трубопровод.

1. Шахтная система водоприемника, в которой все управление затворами, а иногда и решетками, сосредоточено в специальной шахте, устраиваемой на берегу реки (рис. 39). При большой высоте берега над уровнем воды шахта делается наклонной и служит только для сообщения с подземной камерой управления.

2. Башенная система, требующая прочного основания и применяемая особенно удачно при значительном заглублении штольни по отношению

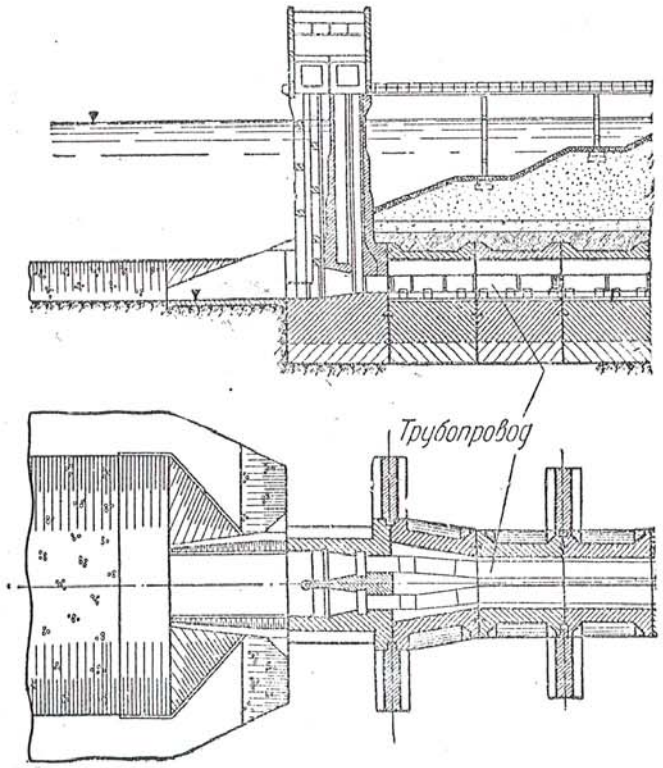


Рис. 41.

к водоприемным отверстиям, а также при значительной засоренности источника питания наносами и мусором.

а) Многоярусная башня (рис. 40).

б) Одноярусная башня (рис. 41).

в) Водоприемная башня, совмещающая в себе водоспуск, а также иногда и сброс (рис. 42). Примером подобного водозабора является водоприемник одной из наших гидростанций.

Детально по вышеуказанным водозаборным устройствам на естественных открытых водоемах — см. специальную главу «Водозаборные устройства» в т. IV.

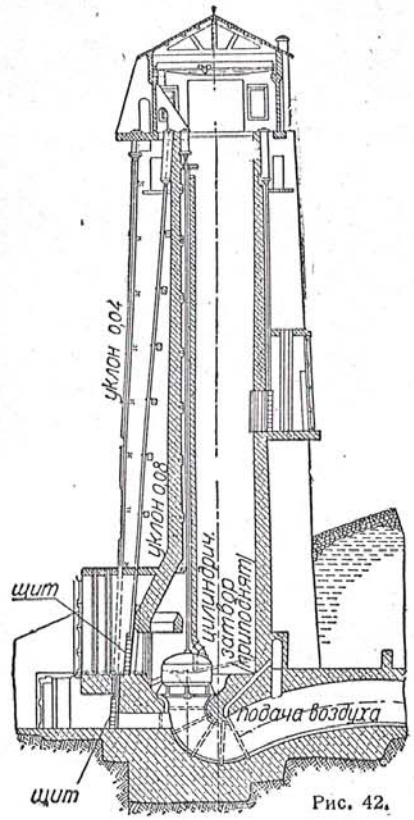


Рис. 42.

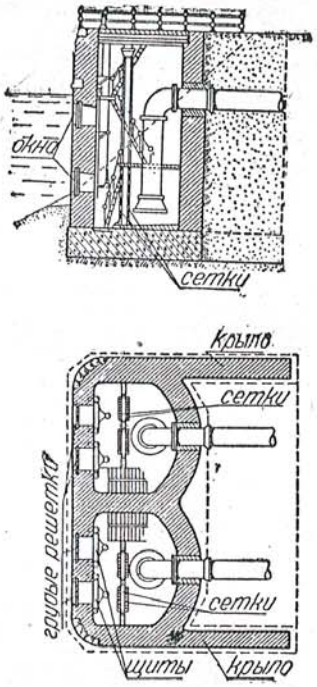


Рис. 44.

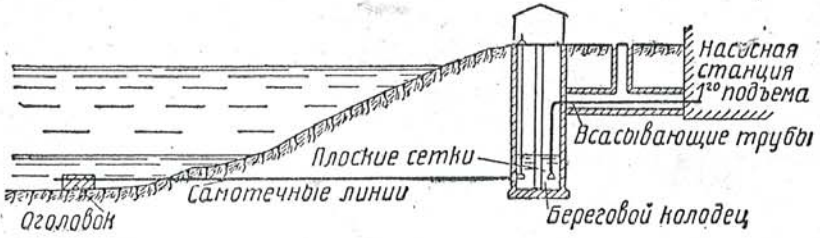


Рис. 43.

Г. Механический способ подачи воды

1. Водоподъемники насосных станций.

а) С самотечным водозабором и береговым колодцем (рис. 43), применяемые при малой глубине у берега.

б) Колодцы, забирающие воду непосредственно из реки через окна (рис. 44), применяемые при достаточной глубине воды у берега,

в) Станция расположена непосредственно на берегу источника питания или в самом источнике (рис. 45).

Такая схема получила за последнее время большое распространение.

г) Пловучая станция (рис. 46), применяемая при значительных колебаниях уровня в источнике питания.

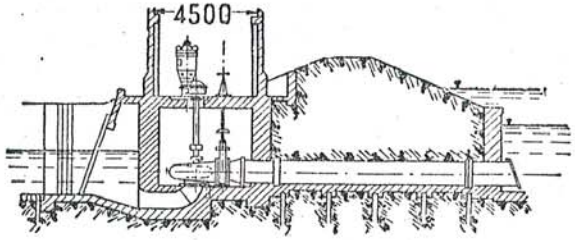


Рис. 45.

Рис. 46.

д) Водозабор насосной станцией из ковша-отстойника (рис. 47), целесообразно применяемый в целях борьбы с наносами и шугой. (Детально по водоприемникам насосных станций — см. раздел Водоснабжение).

2. Мелкие, примитивные, подъемные механизмы с водозабором непосредственно из источника питания.

а) Нории (рис. 48).

б) Гидравлические тараны (рис. 49).

в) Гидропульсоры (рис. 50).

г) Водоподъемные колеса (рис. 51).

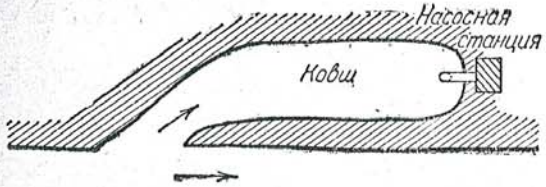


Рис. 47.

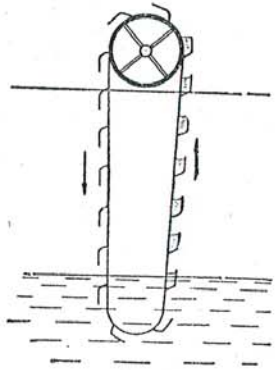


Рис. 48.

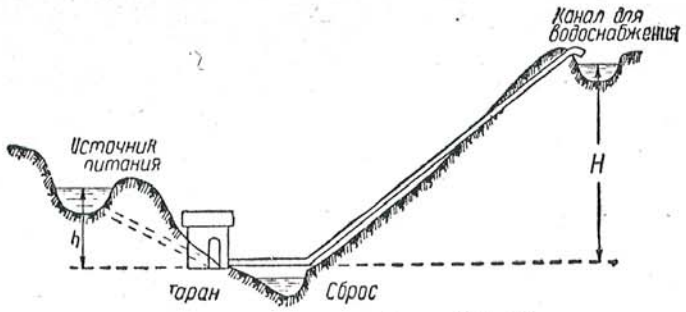


Рис. 49.

h-рабочий напор
H-высота подачи

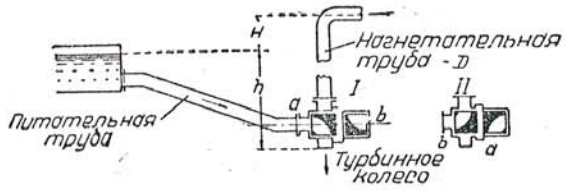


Рис. 50.

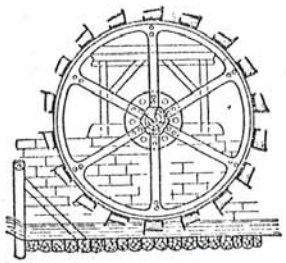


Рис. 51.

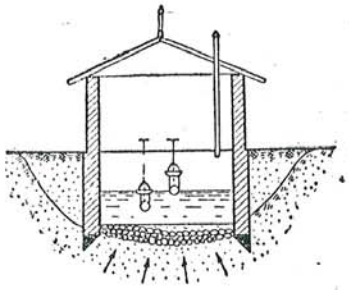


Рис. 52.

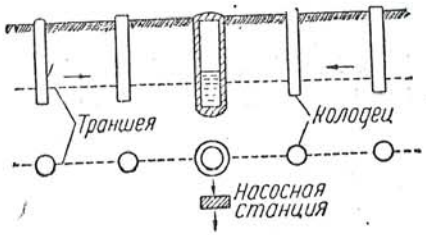


Рис. 53.

§ 26. Схемы водозабора подземных вод

А. Родниковые воды

1. Каптаж ключей.

а) Равнинные каптажи (рис. 52).

б) Склонные каптажи (рис. 24).

Б. Грунтовые воды

Способы подачи воды: самотечный и механический.

Способы сбора воды: горизонтальный водосбор — траншеи (рис. 53) и вертикальный водосбор — колодцы (рис. 54).

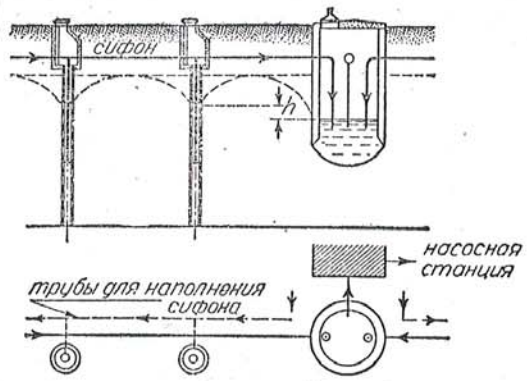


Рис. 54.

§ 27. Схемы водозабора атмосферных вод

Атмосферные воды для ирригации собираются в водоемах, создаваемых в оврагах и логах посредством небольших земляных плотин. Поэтому водоприемники ирригационных магистральных каналов в данном случае чаще имеют вид водовыпуска через тело земляной плотины. При этом водовыпуски могут быть шахтного (см. рис. 39) и башенного (рис. 41) типов. Водовыпуски в данном случае должны иметь приспособления для достаточно точного регулирования расхода воды при большой относительно разности уровней в водохранилище и в магистральном канале.

ГЛАВА VI

ХОЛОСТАЯ ЧАСТЬ МАГИСТРАЛЬНОГО КАНАЛА

§ 28. Назначение магистрального канала

Магистральный канал транспортирует воду из источника орошения до орошаемых земель.

Одновременно с этим магистральный канал используется и для других водохозяйственных целей: водоснабжение, получение гидроэнергии.

Магистральный канал разделяется на две части: 1) холостую и 2) рабочую.

1. Холостая часть имеет чисто-транзитное назначение, следовательно, она только транспортирует воду, но не распределяет ее. Поэтому концом холостой части канала следует считать место первого вывода, вне зависимости от того, будет ли вывод самотечным или при помощи механического водоподъема. На холостом участке выделяется головной участок, где осуществляются мероприятия по борьбе с наносами.

2. На рабочем участке магистрального канала производится водоотдача и водораспределение.

§ 29. Основные схемы направления трасс магистрального канала

По характеру рельефа все орошаемые массивы могут быть разделены на следующие типы:

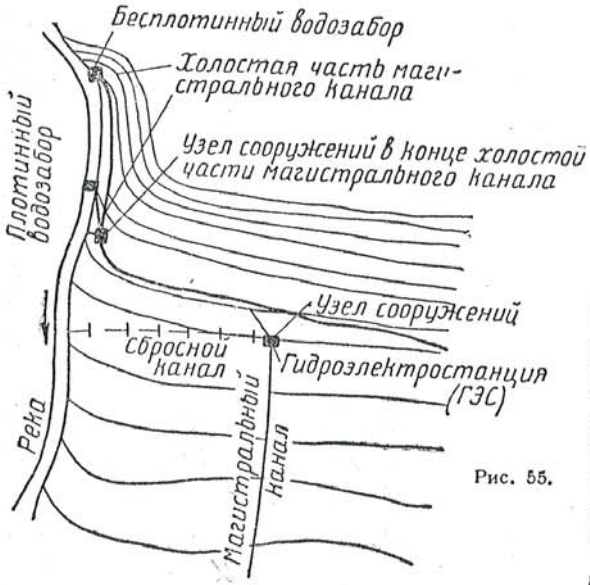


Рис. 55.

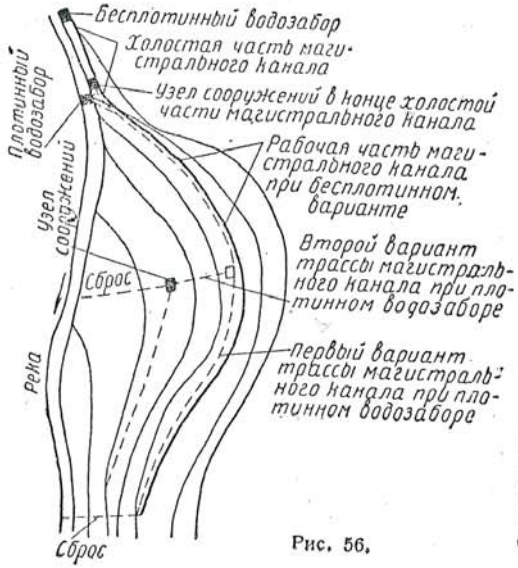


Рис. 56.

1) предгорный,
2) долинный,
3) дельтовый,
4) водораздельный.

1. Предгорный тип рельефа встречается в верховьях рек. Горизонтали местности идут в направлении, перпендикулярном (или близком к перпендикулярному) к течению реки. Этому типу рельефа свойственно глубокое залегание грунтовых вод, наличие галечников и крупнозернистых песчанистых отложений.

Холостая часть магистрального канала трассируется в направлении горизонталей, рабочая часть — по середине массива нормально горизонталям (рис. 55).

Крутое падение местности, подлежащей орошению, создает благоприятные условия для утилизации гидроэнергии, как на магистральном канале, так и на сбросах из магистрального канала в пределах холостой его части.

Следует отметить, что река в верховьях несет значительное количество наносов, поэтому для борьбы с ними необходимо предусмотреть специальные конструкции головных сооружений и отстойники на канале.

2. Долинный тип рельефа характерен

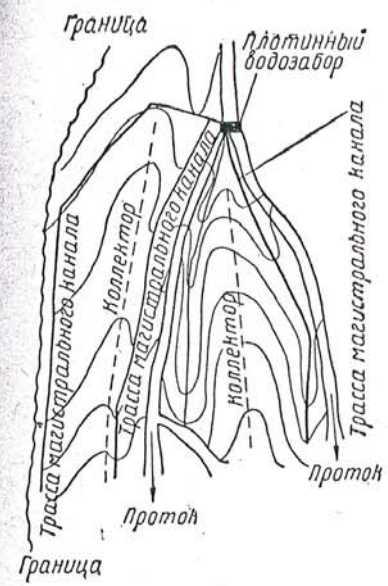


Рис. 57.

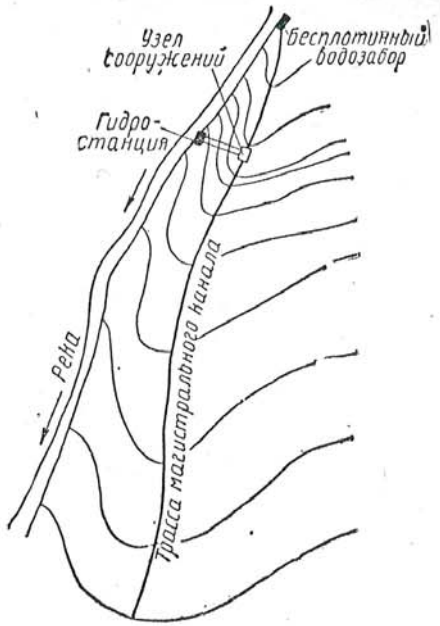


Рис. 58.

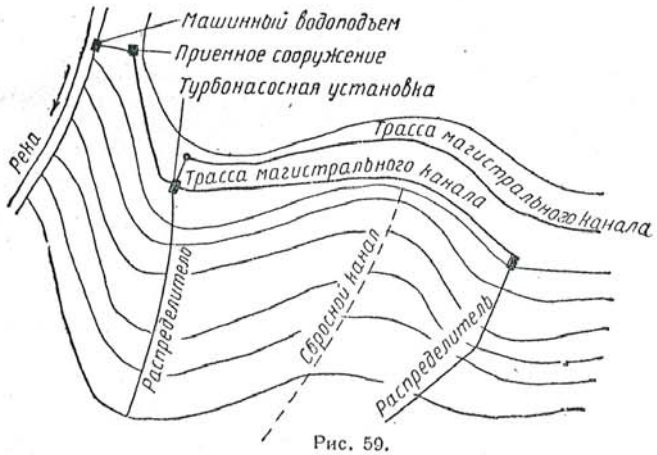


Рис. 59.

для районов, лежащих вдоль среднего течения реки. Горизонтали местности в основном идут почти параллельно реке. Падение местности различное — оно больше у окаймляющих массив высот и уменьшается по направлению к реке. Грунтовые воды расположены на различной глубине.

Магистральный канал, благодаря малому уклону реки, имеет холостую часть и трассируется с возможно малыми уклонами по верхней границе орошаемого массива в направлении горизонталей местности (рис. 56).

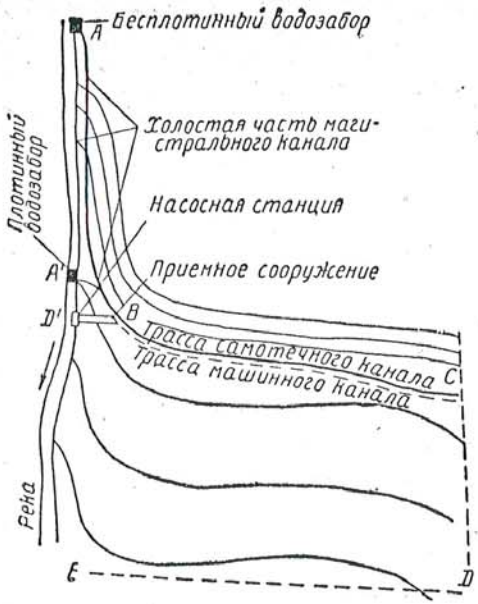


Рис. 60.

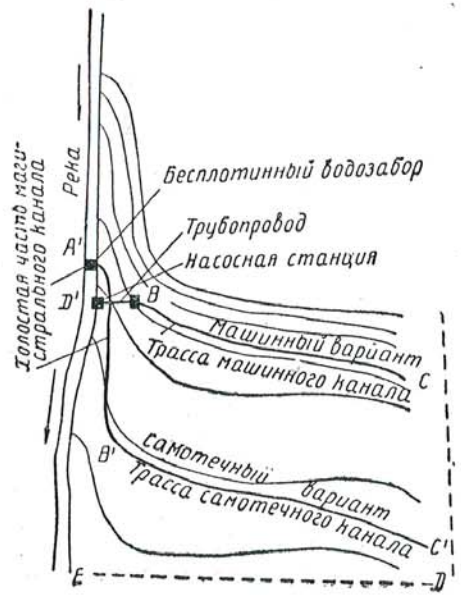


Рис. 61.

В целях получения гидроэнергии на магистральном канале разбивка сети может быть принята иной: магистральный канал, дойдя примерно до середины массива, трассируется нормально горизонталям. Кроме того, гидроэнергия может быть получена и на сбросе из холостой части магистрального канала при пересечении последним естественного оврага или бокового русла. Вода в реке на этом участке содержит значительное количество взвешенных и донных наносов, но меньшей крупности, чем в верховьях.

3. Дельтовый тип рельефа характерен для нижнего течения реки. Горизонтали местности имеют направление, параллельное течению реки, но местность падает не к реке, а от реки. Микрорельеф характеризуется наличием незначительных западин и возвышений. Магистральный канал трассируется по повышенной части поймы, идущей вдоль реки или вдоль коренного берега, в направлении горизонталей. Длина холостой части незначительная. Условия для утилизации водной энергии неблагоприятны (рис. 57).

4. При рельефе с явно выраженными водоразделами магистральный канал трассируется по главному водоразделу. Холостая часть магистрального канала почти отсутствует (рис. 58).

Если орошаемый массив характеризуется чередованием логов и мелких водоразделов, магистральный канал трассируется почти параллельно горизонталям, по склонам водоразделов (рис. 59). Магистральный канал в гидроэнергетическом отношении, ввиду малых уклонов, использован быть не может. Использование гидроэнергии возможно в местах сопряжения распределителей с магистральным каналом, где целесообразно предусмотреть турбонасосные установки для орошения земель вне зоны командования магистрального канала.

Ниже в качестве примера приводятся возможные варианты подачи воды для орошений территории *BCDE* в предположении предгорного типа рельефа (рис. 60).

1. Вся площадь *BCDE* орошается самотеком из магистрального канала *A'BC* с головным регулятором в точке *A'* при плотинном водозаборе, и в точке *A* — при бесплотинном водозаборе (рис. 60). Магистральный канал при бесплотинном водозаборе имеет длинную холостую часть, тогда как при плотинном водозаборе холостая часть почти отсутствует.

2. Вся площадь *BCDE* орошается помощью насосной станции, расположенной на реке в точке *D'*, подающей воду по трубопроводу

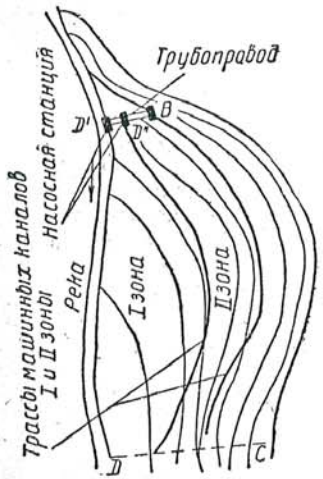


Рис. 63.

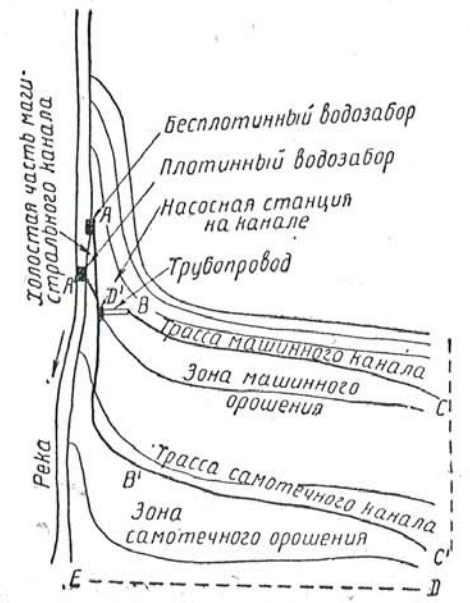


Рис. 62.



Рис. 63а.

$D'B$ в приемное сооружение магистрального канала, расположенное в точке B. Вода при этом подается непосредственно в рабочую часть магистрального канала (рис. 60).

3. Нижняя площадь $B'C'DE$ (рис. 61) орошается самотеком из магистрального канала $A'B'C'$, с головным регулятором в точке A'. Магистральный канал имеет холостую часть. Для орошения верхней площади $BCC'B'$ вода подается с помощью насосной станции в приемное сооружение рабочей части магистрального канала BC.

Насосная станция и трубопровод рассчитываются на расход, необходимый для орошения площади $BCC'B'$.

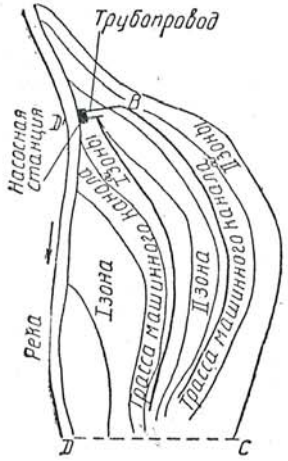


Рис. 64.

4. Нижняя площадь (рис. 62) $B'C'DE$ при бесплотинном водозаборе орошается самотеком из магистрального канала $AB'C'$; при этом магистральный канал имеет холостую часть; для орошения верхней площади $BCB'C'$ вода подается помощью насосной станции D'', расположенной на магистральном канале $AB'C'$. В этом случае часть магистрального канала AD' и головной регулятор рассчитываются на расход, необходимый для орошения площади $BCDE$.

5. Вся площадь (рис. 63 и 63а) орошается механическим способом, но подача всей воды производится в рабочую часть магистральных каналов, разделяющих площадь по высоте на зоны (вариант для предгорного и долинного типов рельефа).

6. Вся площадь (рис. 64) орошается механическим подъемом, но подача воды производится в рабочую часть магистрального канала помощью одной насосной станции, расположенной в точке D'.

§ 30. Проектирование холостой части магистрального канала

1. Нормы проектирования

Прежде чем приступить к проектированию холостой части магистрального канала, необходимо установить наивыгоднейший уклон и скорость течения воды. В обычных земляных грунтах холостая часть магистрального канала трассируется в зависимости от расходов с уклоном от 0,0001 до 0,0005. Однако с уменьшением уклона уменьшается h, но увеличивается поперечное сечение канала. Увеличение же h, а следовательно уменьшение поперечного сечения, возможно до величины, определяемой условием Кеннеди:

$$v_к = \alpha h^{0,64}$$

или Грифитс-Ласея;

$$v_к = \alpha' R^{0,5},$$

где α и α', — коэфициенты, значения которых приводятся в нижеследующей таблице.

Таблица значений коэфициентов α и α'

Характеристика грунтов	α	α'
Крупные песчано-илистые наносы	0,60—0,71	0,65—0,77
Средние песчано-илистые наносы	0,54—0,57	0,58—0,64
Мелкие наносы	0,39—0,41	0,41—0,45
Очень мелкие наносы	0,34—0,37	0,37—0,41

Значение ширины канала по дну к глубине наполнения $a = \frac{b}{h}$ не нормируется. Величина a устанавливается в каждом отдельном случае в зависимости от удельного веса основных влияющих факторов, к каковым относятся: расход канала (с увеличением расхода значение a увеличивается), незаиление и неразмывание (предельные скорости на размыв и заиление определяют глубину воды), уклон дна (с уменьшением a при данном расходе уклон уменьшается), возможность экономического применения механизмов для производства работ, зимнего режима канала. Величина a не должна быть больше 10—12.

Допускаемые скорости в канале, в зависимости от гидравлического радиуса и характера грунтов, приводятся в главе IX.

Величина значений коэфициентов внутреннего откоса (сухого), для каналов в глубокой выемке приводится в следующей таблице.

Таблица значений коэфициента внутреннего откоса (сухого) для каналов в глубокой выемке

Наименование грунта	Коэфициент внутреннего откоса
Сухие выемки в глинистых, суглинистых, супесчаных и сцементированных грунтах при глубине не свыше 8 м	1:1,25
То же при глубине выемки свыше 8 м	1:1,5
Выемки в песчаных грунтах	1:1,5
Выемки в жирных глинах	1:1,5
Для грунтов переходных от землистых к скальным (щебенистые, мергель, мел) в зависимости от грунта и глубины выемки	от 1:1 до 1:0,5
Для выветривающихся скальных грунтов в зависимости от грунта и глубины выемки	от 1:1 до 1:0,2
Для выветривающихся скальных грунтов	1:0,1

Примечание. Если в откосах выемки образуется поток грунтовых вод, направленный в сторону выемки, то данные, указанные в таблице, неприменимы. В этом случае необходимо либо уменьшить крутизну откоса, либо принять специальные меры для перехвата грунтового потока посредством устройства дренажа.

Величина значений коэфициента мокрого откоса устанавливается на основании специального изучения в лабораторной обстановке. При отсутствии опытных данных для предварительных расчетов допускается пользоваться наименьшей величиной откоса выемки при глубине h в канале от 1 до 2,5 м и от 2,5 до 5 м [(см. таблицу коэфициентов внутреннего откоса (мокрого)].

Таблица значений коэфициентов внутреннего откоса (мокрого) для каналов в глубокой выемке

Название грунтов	Глубина воды в метрах	
	1—2,5	2,5—5
Глина песчаная	1:1,5	1:1,75
Суглинки тяжелые	1:1,25	1:1,5
Суглинки легкие	1:1,50	1:1,75
Супеси мелкозернистые	1:1,75	1:2,0
Пески мелкозернистые глинистые	1:1,75	1:2,0
Галечниковые грунты	1:1,0	1:1,0
Мягкие скальные грунты	1:0,25	1:0,25
Гравелистые грунты	1:1,5	1:1,5

При глубоких выемках (более 10 м), при разнородных грунтах, образующих откосы, или при более слабом грунте основания и присутствии внешней нагрузки устойчивость откоса должна проверяться по способу Терцаги—Крея; при однородных грунтах, отсутствии внешней нагрузки устойчивость рассчитывается по графикам Филлениуса, дополненным и исправленным Институтом ВОДГЕО.

Значения угла внутреннего трения, коэфициента трения $tg\varphi$, сцепления (в килограммах на 1 см²) приводятся в следующей таблице.

Таблица значений коэфициента трения, величины сцепления грунта и угла внутреннего трения

Наименование грунта	Коэфициент трения $tg\varphi$	Сцепление (в килограммах на 1 см²)	Угол внутреннего трения φ
Песок средний и крупный	0,50—0,58	0	30
Супеси средней влажности	0,40—0,47	0	25
Суглинки средней влажности	0,35—0,37	0,2—0,5	20
Глина сухая (весовая влажность 15%)	0,30—0,32	0,5—1,0	18
Глина в пластичном состоянии	0,20—0,25	0	14

Объемный вес 1 м³ грунта выше горизонта воды принимается в пределах от 1 до 2 *т* в зависимости от минералогического состава, влажности и плотности.

Объемный вес грунта, насыщенного водой, принимается равным

$$\gamma_n = \gamma_c - (1 - 0{,}01n)\gamma,$$

где γ_c — объемный вес сухого грунта;
γ — объемный вес воды;
n — естественная пористость, равная

$$n = 100\left(1 - \frac{\gamma_w}{\delta(1 + 0{,}01)w}\right),$$

где w — природная весовая влажность в процентах от веса абсолютно-сухой почвы;
δ — удельный вес материала грунта,

γ_w — объемный вес образца ненарушенной структуры при природной влажности.

При обычных значениях γ_c, n величина γ_n получается равной 0,9—1,1 т/м³.

2. Проектирование месторасположения водозаборных узлов

Холостая часть магистрального канала трассируется от заданной командной отметки.

Уровень воды в магистральном канале в конце холостой его части при максимальном расходе должен быть на 0,40—0,50 м выше подлежащей орошению территории.

Обозначим командную отметку горизонта воды при минимальном горизонте через H. Отметку горизонта воды в реке, соответствующую командной отметке, обозначим через H'. От заданной отметки H до отметки H' на реке будет иметь место падение горизонта воды в канале; это падение (ΔH) равно:

$$\Delta H = Li,$$

где L — длина канала в метрах,
i — уклон канала.

Отметка горизонта воды в канале, исправленная на уклон, будет равна $\Delta H + H$, что не соответствует принятой отметке на реке H'. Таким образом, канал необходимо протянуть выше по реке на длину ΔL_A до точки A' где отметка горизонта воды будет:

$$H + \Delta H + \Delta L_A i = H''. \qquad (1)$$

Отметка горизонта воды в реке в точке A' равна:

$$H'' = \Delta L_A i_1 + H', \qquad (2)$$

где i_1 — уклон реки.

Из выражения (1) и (2) нетрудно определить значение ΔL_A:

$$\Delta L_A = \frac{(H + \Delta H) - H'}{i_1 - i} + z, \qquad (3)$$

где z — потери на местные сопротивления в головном регуляторе (потери на вход, при выходе, на переходных участках).

Зная, таким образом, значение ΔL_A и отложив по пикетажу, найдем предполагаемое место водозабора из реки при бесплотинном варианте.

При плотинном водозаборе отметка горизонта воды в реке перед головным регулятором при минимальном расходе равна

$$H_1 + z = H_{II};$$

высота плотины определяется из выражения:

$$H_{II} - H_{III} = H_{IV},$$

где H_{III} — отметка дна,
H_{II} — напор перед головным регулятором,
z — потери на местные сопротивления (все величины в метрах).

По варианту плотинного водозабора сокращается и длина холостой части магистрального канала на величину:

$$l''' = l - l'',$$

где l — длина холостой части при бесплотинном варианте,
l'' — при плотинном варианте.

В целях борьбы с поступлением донных наносов в канал водозаборное сооружение следует располагать на вогнутом берегу криволинейного участка реки; на прямых участках реки канал должен отходить под острым углом.

При входе в водоприемник необходимо предусмотреть порог.

3. Последовательность расчетов при проектировании холостой части магистрального канала

Все расчеты для выбора экономически наивыгоднейшего уклона холостой части магистрального канала проводятся в следующей последовательности:

а) по материалам геологических, гидрогеологических исследований устанавливают нормы и технические условия проектирования для гидравлического расчета каналов;

б) задаваясь значениями $h = 1{,}0;\ 1{,}25;\ 1{,}50;\ 1{,}75;\ 2{,}0;\ 2{,}25$, определяют по формуле Кеннеди, с поправкой на характер наносов (из условий заиления), значение минимальных скоростей;

в) для предварительных гидравлических расчетов $v_{рас}$ принимают на 15—20% выше заиляющих скоростей, но не выше скоростей, указанных в главе IX для данной категории грунтов;

г) зная максимальный расчетный расход Q и v, определяют $\omega = \frac{Q}{v}$. По коэфициенту мокрого откоса, устанавливаемого по таблицам на стр. 96, и глубине наполнения определяют b из выражения $\omega = h(b + mh)$, смоченный периметр $\lambda = b + mh\sqrt{1+m^2}$ и гидравлический радиус $R = \frac{\omega}{\lambda}$. Принимая коэфициент шероховатости для принятого состояния русла канала по формуле Гангилье — Куттера, определяют коэфициент Шези c, а затем по формуле $i = \frac{v^2}{c^2 R}$ определяют уклон.

Все указанные подсчеты сводятся в таблицу.

Таблица для гидравлического расчета холостой части магистрального канала

h	ω	b	n	λ	c	v	i

Полученные в результате расчетов поперечные профили должны быть увязаны с профилями каналов, которые дают различные машины.

Имея h (наполнение), значение i (уклона), намечают варианты трасс, пользуясь методикой, изложенной выше;

д) в соответствии с геологическими условиями устанавливают величину сухого откоса, проверяют устойчивость его по методам Филлениуса или Терцаги — Крея;

е) по каждой намеченной трассе производят подсчет количества земляных работ и определяют ежегодные затраты (расходы по ремонту и амортизации) и стоимости.

Единичные стоимости устанавливаются по расценкам в соответствии с принятой схемой производства работ;

ж) окончательный выбор наивыгоднейшего уклона устанавливают в результате анализа следующих расчетных элементов: поперечного профиля канала и возможности механизированного способа его производства,

длины холостой части, возможности получения гидроэнергии на холостом участке магистрального канала, месторасположения и конструкции водозаборного узла, удовлетворяющих условиям наиболее эффективной борьбы с наносами;

з) после окончательного выбора месторасположения водозаборного узла при бесплотинном варианте проводят разработку варианта, предусматривающего уменьшение длины холостой части за счет повышения горизонта воды при помощи плотины;

и) в дальнейшем, после окончательного выбора варианта питания, приступают к более подробному проектированию трассы канала на отдельных участках, уточняя поперечное сечение каналов (ледовой режим, месторасположение отдельных гидротехнических узлов);

к) в районах с устойчивой зимой для быстрого образования ровного ледяного покрова, без образования зажоров и заторов, скорость воды во время ледостава должна быть не больше 0,4 м в секунду. Эта скорость поддерживается впредь до образования ледяного покрова толщиною 10—15 см, после чего скорость может быть увеличена до принятой расчетной. При проектировании канала необходимо обеспечить условия для работы канала при равномерном режиме и при работе на подпоре. Для сохранения поверхности охлаждения допускается принимать меньшие значения для отношения $a = \frac{b}{h}$ путем увеличения глубины;

л) при гидравлическом расчете каналов, с учетом ледяного покрова, коэфициент Шези вычисляют по формуле Гангилье—Куттера, коэфициент шероховатости n — по приведенной формуле:

$$n = \frac{P_1 n_1}{P_1} + \frac{P_2 n_2}{P_2},$$

где P_1 — смоченный периметр дна и стенок канала;
P_2 — смоченный периметр нижней поверхности льда;
n_1 — коэфициент шероховатости дна и стенок канала по Гангилье — Куттеру;
n_2 — коэфициент шероховатости нижней поверхности льда по Гангилье—Куттеру; коэфициент шероховатости льда в первом приближении может быть принят в размере от 0,012 до 0,015.

Толщина льда определяется по формуле Быдина при наличии снега:

$$\delta_л = 2\sqrt{\Sigma t}\ см,$$

где Σt — сумма среднесуточных температур воздуха (по термометру Цельсия) за время образования льда;

м) для обеспечения свободного пропуска льда и шуги по каналу (без образования ледяного покрова, заторов и зажоров) необходимо среднюю скорость принимать в размере 1,0—1,5 м в секунду. Канал должен иметь однообразные уклоны, ширину русла и не должен иметь закруглений с радиусом менее десятикратной ширины его по дну при углах поворота менее 45°, и менее двадцатикратной ширины по дну при углах поворота более 45°;

н) при наложении принятой трассы канала на план величину минимального радиуса закругления (в метрах) определяют по формуле Дэвиса:

$$R = 11v^2\sqrt{W} + 12,$$

где v — средняя скорость в метрах,
W — площадь живого сечения в квадратных метрах.

Полученное в формуле значение R не может быть меньше $5B$, где B — ширина канала по урезу.

о) Дополнительно разрабатывают вариант механического орошения земельного массива и устанавливают ежегодные затраты по станциям. В проекте механического орошения необходимо рассмотреть вопрос о числе зон качания. В результате сравнения вариантов механического и самотечного орошения представляется возможным экономически оценить каждый из рассмотренных вариантов;

4. Проложение трассы магистрального канала в холостой части

Трассируя холостую часть канала и подбирая поперечные сечения и уклоны на различных его участках, надо стремиться к созданию условий:

1) обеспечивающих канал от отложения песчаных наносов;

2) обеспечивающих минимум потерь воды, при протекании ее по холостой части;

3) обеспечивающих канал от подмыва со стороны реки или со стороны другого канала;

4) не допускающих оползания откосов в глубокой выемке.

В зависимости от характера местности трасса магистрального канала в холостой части может проходить:

а) в пойме реки,

б) в крутом и высоком берегу поймы.

а) Трасса канала в пойме реки. При проектировании трассы канала в пойме реки необходимо стремиться отойти с трассой от реки в глубь поймы во избежание подмыва канала рекой. При наличии такой опасности должны быть предусмотрены выправительные и струенаправляющие сооружения для защиты канала.

Трассировать канал по пойме следует в выемке для уменьшения влияния канала на заболачивание окружающей местности.

б) Трасса канала в крутом берегу. При проектировании трассы по косогору высокого берега поймы обращают внимание на достаточную удаленность русла канала от реки во избежание сильной фильтрации воды, вымывания грунта и последующего оползания земляных масс со стороны реки; следует также обратить внимание на укрепление берега от подмыва на этом участке.

Необходимо установить один из наиболее экономических вариантов перехода каналом оврагов, прорезающих косогорный участок (канал в насыпи, акведук, дюкер или напорный трубопровод).

Для ограждения канала от действия ливневых вод должны быть запроектированы нагорные канавы с нагорной стороны. Между нагорной канавой и каналом следует предусмотреть полосу отчуждения под дамбы, резервы, дорогу.

Вынутая земля из нагорной канавы откладывается в дамбы со стороны ограждаемого канала.

Сброс воды из нагорных канав осуществляется с помощью акведука — лотка через магистральный канал.

При проектировании канала в глубокой выемке необходимо устройство берм примерно через 5 м (по высоте). Первая берма устраивается на глубине $h + \Delta h$, где h глубина в канале, Δh — превышение бровки бермы над максимальным горизонтом, принимаемое в размере 0,75—1 м. Ширина одной из берм должна быть увязана с условиями механизированного способа производства работ по очистке каналов; эта берма используется в качестве дорожного полотна. Минимальная ширина этой бермы должна быть не меньше 4 м. Вторая берма имеет назначение защищать

откос от подмыва. Ширина второй бермы может быть принята в размерах 0,5—1 м. Поверхность бермы проектируется с поперечным уклоном в направлении откоса выемки, на границе с которой устраивается кювет для отвода воды в канал.

Избыток земли укладывается в кавальеры, которые образуют как бы широкие дамбы, ограждающие канал от попадания в него поверхностных вод. Подошва кавальера располагается за пределами опасной поверхности скольжения откоса выемки, полученной из расчета на устойчивость.

В первом приближении это расстояние может быть определено по формуле:

$$l = \frac{b}{2} + m_0 H,$$

где b — ширина канала по дну в метрах,

H — глубина выемки в метрах,

m_0 — коэфициент сухого откоса.

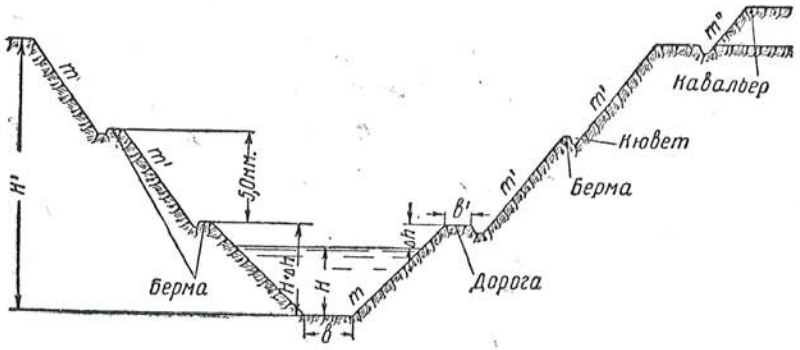


Рис. 65.

Высота кавальеров принимается 1,5—2 м, откосы 1 : 1,5.

Поперечное сечение канала в выемке показано на рис. 65.

Рассмотрим сечения канала при проложении трассы по косогору крутого берега. Здесь могут быть следующие типы каналов:

а) сечение в естественном грунте в двух вариантах:

вариант a_1: смоченный периметр находится целиком в выемке;

вариант a_2: часть смоченного периметра приходится на выемку, часть на насыпь;

б) сечение канала в подпорных стенках — упорных призмах.

При проектировании канала в выемке на косогоре, сечение рекомендуется делать несимметричным, придавая откосу, обращенному к нагорной стороне, большую пологость. Бермы с нагорной стороны делаются через 5 м. Одна из берм, со стороны выемки, делается шириною 4—5 м и используется для дороги.

Сечение канала по варианту a_1 представлено на рис. 66.

При варианте a_2 (канал расположен частично в выемке, частично — в насыпи) величина коэфициента наружного откоса дамб, высотой до 3 м, принимается равной 2. При высоте более 3 м коэфициент откоса определяется из расчета на устойчивость. Дамбы канала, при высоте более 3 м, рассчитываются по нормам для земляных плотин; при высоте менее 3 м размеры дамб могут быть проверены по формуле: $L = cH$,

где L — длина по основанию дамбы, считая от перпендикуляра, опущенного на подошву дамбы из точки пересечения горизонта воды с внутренним откосом до пересечения наружного откоса с поверхностью земли;

c — коэфициент, характеризующий величину заложения. Значения c могут быть приняты в следующих размерах: песок $\backsim$ 5,5, супеси $\backsim$ 5, суглинок $\backsim$ 4,5, глина $\backsim$ 4;

H — глубина воды в канале от горизонта максимального расхода до основания дамбы.

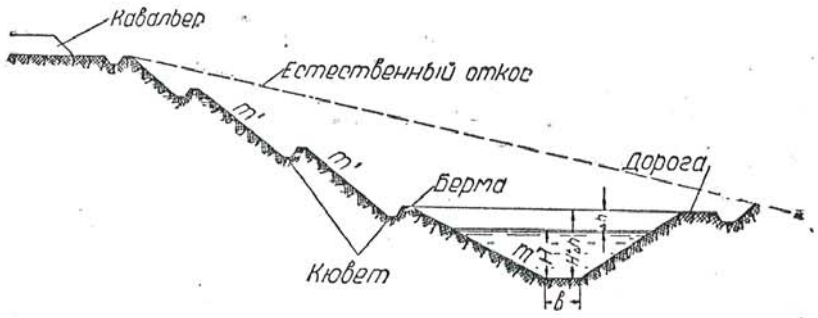


Рис. 66.

Со стороны сухого откоса рекомендуется заложить дренаж с обратным фильтром.

Если откос в пределах косогора меньше откоса насыпи, то для сопряжения дамбы с естественным откосом необходимо предусмотреть устрой-

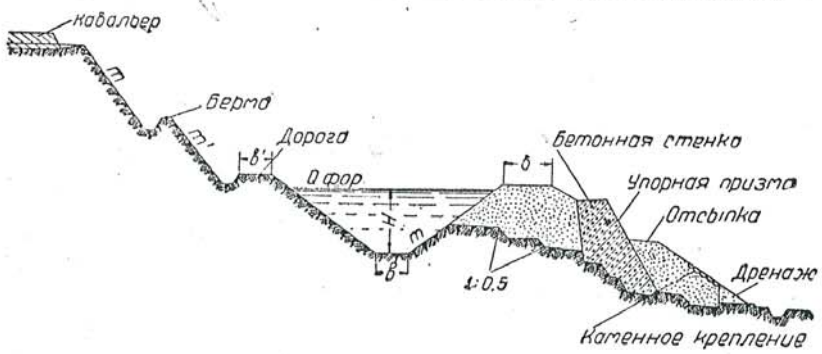


Рис. 67.

ство упорных призм в виде подпорных стенок (рис. 67). Для предупреждения сползания дамбы, расположенной на естественном откосе, подошва откоса врезается в грунт в виде штраба с высотой ступени от 0,3 до 1 м (см. рис. 68). Превышение гребня дамбы над горизонтом воды в канале должно быть не меньше 1 м. Если по верху дамбы дорога не проектируется, то ширина гребня дамбы принимается от 2,5 до 4 м в зависимости от расхода (Q).

На рис. 68 представлены поперечные сечения канала в косогоре по варианту a_{2s}.

Устройство канала в подпорных стенках — упорных призмах — осуществляется в тех случаях, когда грунт косогора (или склона) непригоден для устройства дамб.

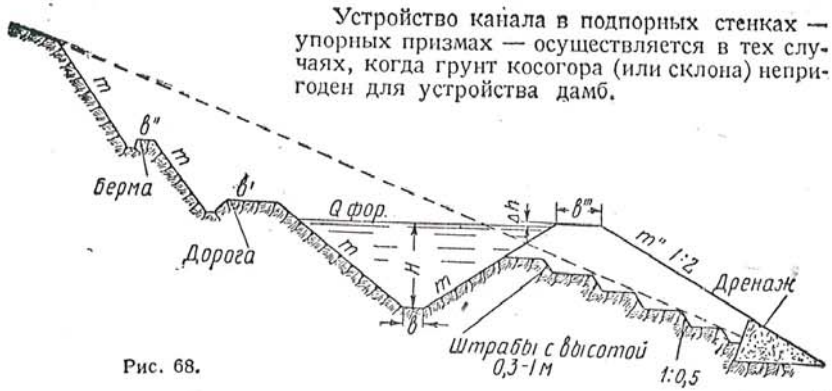


Рис. 68.

Подпорная стенка устраивается с одной стороны канала и выполняется из бетона, бутовой кладки или железобетона. Внутренняя сторона и дно канала облицовываются кирпичом, бетоном или покрываются цементной штукатуркой. С внешней стороны к подпорной стенке иногда подсыпается земля. На рис. 69 представлены различные поперечные сечения (*а*, *б*, *в*) каналов в подпорных стенках (канал Фунгахера, канал Турлок, канал Морберно и др.).

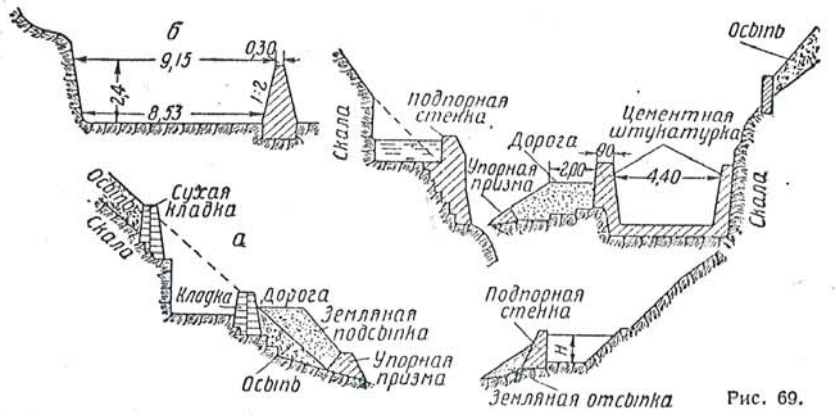


Рис. 69.

Подпорные стенки проектируются и в тех случаях, когда холостая часть магистрального канала по выходе из головного регулятора проходит по узкой полосе между рекой и крутым берегом и когда по экономическим соображениям нецелесообразно сооружать туннель или лоток. Подпорная стенка отделяет канал от русла реки, при этом трасса канала в головной части проходит по руслу реки (рис. 70).

При скоростном строительстве, осуществляемом большим количеством работников, к поперечному профилю магистрального канала предъявляются следующие требования:

1. Необходимо избегать проектирования сложного поперечного профиля.

2. При сосредоточенном фронте строительства по сооружению канала желательно проектировать неглубокие каналы, не нарушая при

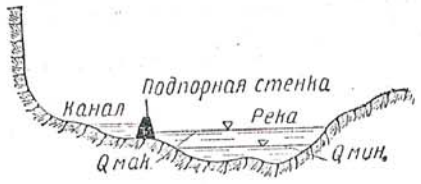


Рис. 70.

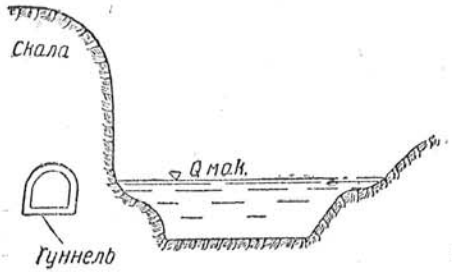


Рис. 71.

этом гидравлических требований (допускаемая скорость на размыв, заиление, отношение $\frac{b}{h}$).

3. При проектировании поперечного профиля канала надо иметь в виду возможность разработки внутренних резервов по каналу. Последние (резервы) в процессе эксплоатации магистрального канала заиляются.

Иногда для пропуска воды в холостой части магистрального канала применяются специальные конструкции сооружений: туннели, лотки (рис. 71, 72).

Если берег круто возвышается над горизонтом воды в реке и является отвесным, пойма сужена или, наоборот, берега характеризуются оползневыми явлениями, наиболее целесообразным является проектирование холостой части канала в виде туннеля.

Открытые лотки применяются в тех случаях, когда: 1) холостая часть магистрального канала трассируется в трудно разрабатываемых грунтах, 2) грунт склона по фильтрационным свойствам непригоден для сооружения канала.

Лотки могут быть: деревянные прямоугольные, деревянные полукруглые, бетонные или железобетонные.

Лотки укладываются на берме, помещаясь на подкладках, седлообразных опорах или на специально устроенных столбах. Опоры могут быть деревянными, бутовыми, бетонными, железобетонными. Опоры рассчитываются на сумму всех основных сил (собственный вес трубы и заполняющей воды, все опоры, активное давление грунта на опору при расположении ее на нескальных грунтах) и катастрофических (инерционная сейсмическая сила, увеличение активного давления земли при землетрясении). Расстояние между опорами принимается от 1,5 до 4,5 м. Высота опор от низа земли для удобства наблюдений и ремонта принимается не менее 200—300 мм.



Рис. 72.

5. Головной участок холостой части магистрального канала

Схема расположений сооружений в пределах головного участка представлена на рис. 73.

а) На головном участке холостой части магистрального канала предусматриваются специальные мероприятия по борьбе с наносами. В пределах головного участка проектируется отстойник. Проектирование отстойника следует производить при условии обеспеченности осаждения 75—80% от общего количества вредных фракций наносов. При определении размеров отстойника при водоприемнике за расчетную глубину рекомендуется принимать полную глубину потока в отстойнике, учитывая при этом постоянный остаток наносов после промывки (в размере 20—25%).

Величину средней скорости течения рекомендуется принимать равной 0,25—0,35 м в секунду.



Рис. 73.

б) В точке Д устраивается узел сооружений: шлюз-регулятор для пропуска воды в холостую часть магистрального канала и сбросной промывной шлюз для пропуска через него расходов, обеспечивающих смыв отложившихся наносов. При наличии значительной разницы между уровнями воды в реке и канале следует предусматривать устройство ГЭС, при этом мощность ГЭС определяется специальными экономическими расчетами.

Узел сооружений Д должен располагаться там, где длина сбросного канала до реки будет минимальной. С другой стороны, необходимо иметь в виду, чтобы подпор со стороны реки не оказывал влияния на прохождение сбросных расходов из магистрального канала.

в) Облицовка канала в пределах головного участка устанавливается в соответствии с экономическими расчетами и в зависимости от геологических условий по трассе.

§ 31. Одежда холостой части магистрального канала

Магистральный канал в холостой части проектируется не только в земляном русле, но иногда покрывается облицовкой.

Применяются следующие типы одежд для облицовки в зависимости от выполняемой ими (одеждами) функции:

1) укрепление откосов для создания устойчивости русла, однако без уменьшения фильтрационных потерь: каменная наброска толщиною 0,30—0,60 м;

2) уплотнение, направленное преимущественно на уменьшение потерь, но не обеспечивающее устойчивости русла: а) уплотнение глиной (толщиной 0,3—1 м), прикрываемое защитным слоем из песка и гравия (толщиною 0,15 до 1 м в зависимости от глубины промерзания), б) цементная штукатурка и др.;

3) облицовка, обеспечивающая необходимую устойчивость и вместе с тем уменьшающая шероховатость и фильтрационные потери: а) бетонная облицовка, б) мостовые на растворе, покрываемые водонепроницаемым слоем цементной штукатурки и слоем торкрета, и др.

§ 32. Расчетный режим канала

а) Расчетный расход магистрального канала и холостой его части определяется по формуле:

$$Q = \frac{q\omega}{\eta \cdot 1000} + \frac{\sigma Q l}{100},$$

где q — гидромодуль на 1 га в литрах в секунду;
ω — орошаемая площадь-нетто в гектарах,
σ — потери (в кубометрах в секунду) на длине холостой части магистрального канала, определяемые по формулам акад. А. Н. Костякова в зависимости от характера грунтов на трассе холостой части;
l — длина холостой части в километрах;
η — коэфициент полезного действия системы в пределах рабочей части.

б) Холостой участок магистрального канала является наиболее удобным для сооружения гидростанции; при этом гидроэнергия может быть получена или на самом канале или на сбросе. В зависимости от того,

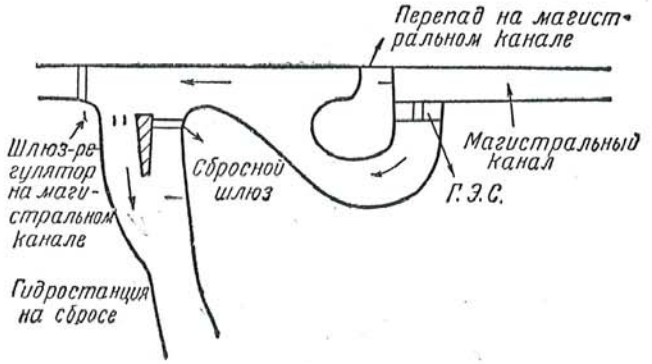


Рис. 74.

где предполагается получить гидроэнергию, изменяется и расчетный режим холостого участка магистрального канала.

Если станция сооружается на сбросе, то при наличии избытка воды в источнике орошения в период максимального потребления воды на орошение:

$$Q_{эн} = Q'_{кан} - Q^{потребление}_{макс}$$

и в период минимального потребления:

$$Q_{эн} = Q'_{кан} - Q^{потребление.}_{мин}$$

При ограниченном количестве воды в источнике гидростанция будет иметь сезонный характер и в период максимальной потребности в воде на орошение в сброс вода вовсе не поступает.

в) При сооружении гидростанции на рабочем участке магистрального канала через турбины гидростанции пропускается расход, потребный на орошение. Для сброса воды в источник орошения при работе гидростанции в зимний период следует предусмотреть сброс ниже гидростанции.

На последнем также может быть устроена гидростанция, работающая в невегетационный период (см. рис. 74).

При избытке воды в реке расчетный расход гидростанции на сбросе и на канале может быть принят $Q_{эн} = Q'_{кан}$.

§ 33. Турбонасосные установки на холостой части магистрального канала

Турбонасосная установка проектируется на магистральном канале. Она служит для получения энергии с последующим использованием этой энергии на подъем воды для орошения земель, лежащих вне зоны влияния самотечного канала.

Из приемного сооружения вода трубопроводом подается к гидротурбине. Расход на орошение подается трубопроводом к насосу, находящемуся на одной оси с турбиной.

Мощность турбины определяется из выражения:

$$Q_{тур} = \frac{Q_н H_н \eta_н \eta_п}{H_{тур}\eta_{тур}},$$

где: $\eta_{тур}$ — коэфициент полезного действия турбины;
$\eta_н$ — коэфициент полезного действия насоса;
$\eta_п$ — коэфициент полезного действия передачи;
$H_{тур}$ — напор турбины с учетом потерь;
$H_н$ — напор, который дает насос;
$Q_{тур}$ — расход, пропускаемый через турбины;
$Q_н$ — расход, потребный на орошение.

§ 34. Примеры расчета устойчивости откосов

1. Пример расчета устойчивости откоса по методу Филлениуса*

Дано:

высота откоса $h = 10$ м, угол откоса с горизонтом $\Theta = 18°26'$ (1:3); вес кубической единицы грунта (объемный вес) $\gamma = 1{,}8$ т/м³, угол внутреннего трения $\varphi = 10°$.

Требуется найти минимальный коэфициент сцепления, необходимый для устойчивости откосов.

На рис. 75 для $\Theta = 18°26'$ имеем $\Phi(\alpha, \omega, \Theta) = 0{,}585$.

По формуле

$$c_0 = \frac{\gamma h}{4}\Phi(\alpha, \omega, \Theta) = \frac{1}{4} \cdot$$

$$\cdot 1{,}8 \cdot 10 \cdot 0{,}585 = 2{,}63 \text{ т/м}^2.$$

На рис. 76 при $\varphi = 10°$ и $\Theta = 18°26'$ находим $\frac{c}{c_0} = 0{,}310$.

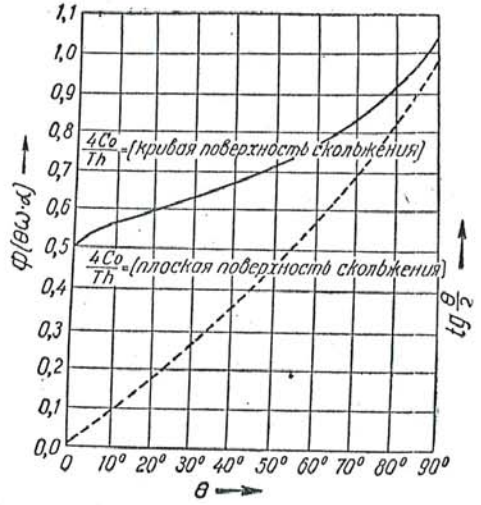


Рис. 75. График значений $\Phi(\Theta, \omega, \alpha)$ от угла Θ.

* Проект технических условий и норм проектирования, возведения и эксплоатации насыпных земляных плотин. Госстройиздат, 1938 г.

Следовательно, искомый коэфициент сцепления

$$c = \frac{c}{c_0} \cdot c_0 = 0{,}310 \cdot 2{,}63 = 0{,}81 \text{ т/м}^2.$$

Пользуясь графиками (рис. 75, 76, 77), можно: а) найти угол трения φ, необходимый для равновесия откосов, б) определить наибольшую высоту h, при которой откос еще будет устойчив.

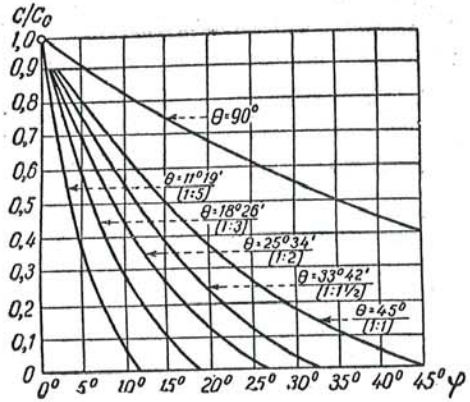


Рис. 76. График зависимости $\frac{c}{c_0}$ от угла трения φ.

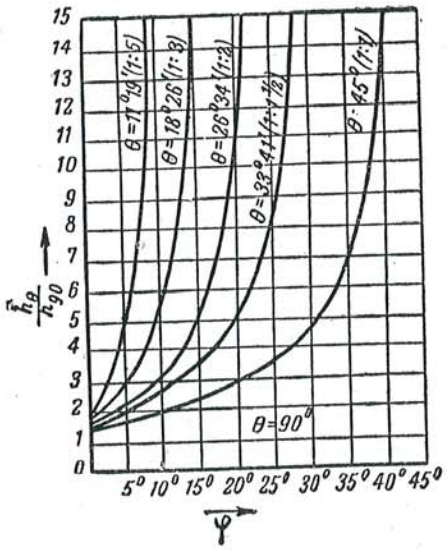


Рис. 77. График значения $\frac{h_\theta}{h_{90^\circ}}$ от угла φ.

При определении наибольшей высоты h пользуются формулой:

$$h_{90^\circ} = 0{,}958 \frac{4c_0}{\gamma};$$

Значение c_0 определяем из отношения $\frac{c}{c_0}$ при заданном c (рис. 76) и далее по рис. 77 находим $\frac{h_\theta}{h_{90^\circ}}$;

Следовательно, максимальная возможная высота откоса

$$h = \frac{h_\theta}{h_{90^\circ}} \cdot h_{90^\circ}.$$

2. Расчет по методу Терцаги — Крея

Основные положения этого метода заключаются в следующем. Поверхности обрушения считаются круглыми цилиндрическими поверхностями. На поверхности скольжения действуют силы трения, пропорциональные нормальному давлению на поверхность, и силы сцепления, пропорциональные величине этой поверхности. Для расчета устойчивости Терцаги выделяет некоторую часть круговой поверхности и выделенную часть разбивает вертикальными плоскостями на элементы. Далее рассматривается каждый элемент в отдельности. Вес элемента раскладывается на направление касательной и нормали к элементу поверхности скольжения. Реакция поверхности скольжения составляется из нормальной силы и силы трения, вызванной действием нормальной силы. Для нахождения опасной поверхности скольжения Терцаги предлагает воспользоваться тем обстоятельством, что центры опасных кривых лежат на очень пологих кривых, которые без заметной ошибки могут быть приняты за прямые. Эти прямые для всех откосов пересекаются в одной точке, лежащей на глубине h под поверхностью грунта основания откоса и на расстоянии 4,5 h от подошвы откоса, где h высота откоса. Другой точкой, определяющей положение искомой прямой, является центр наиболее опасного круга при отсутствии трения в грунте откоса. Положение этого центра o находится по таблице 1 (см. стр. 110).

Коэфициент устойчивости откоса определяется по формуле:

$$\eta = \frac{\sum h \cos\alpha \operatorname{tg}\varphi + \frac{\sum cl}{\gamma b}}{\sum h \sin\alpha + \frac{\sum pd}{R}},$$

где числитель — сумма моментов удерживающих сил, а знаменатель — сумма моментов сцепляющих сил.

В этой формуле:

h — высота откоса, устойчивость которого должна быть проверена;
α — угол, составляемый касательной и горизонтом;
φ — угол трения;
p — сосредоточенная сила, действующая на бровку откоса;
d — плечо этой силы;
l — длина дуги скольжения, по которой действует сила сцепления;
R — радиус поверхности скольжения;
γ — объемный вес 1 м³ грунта в тоннах;
c — коэфициент сцепления в тоннах на 1 м², определяемый на основе полевых или лабораторных исследований.

В тех случаях, когда вес грунта в различных слоях различен, необходимо увеличить высоту более тяжелого грунта пропорционально отношению его объемного веса к объемному весу остального грунта и отложить эти увеличенные высоты на чертеже, ведя расчет, как для однородного грунта. Проверка устойчивости откоса по методу Терцаги — Крея проводится в такой последовательности:

1) проводится произвольная окружность скольжения;
2) определенная часть откоса разделяется на отдельные элементы вертикальными линиями;
3) находятся веса этих элементов;
4) графически находятся составляющие силы веса, нормальная и касательная к элементу поверхности скольжения;
5) по чертежу находится длина l;
6) по формуле находится величина искомого коэфициента устойчивости для принятой поверхности скольжения.

Пример. Пусть требуется проверить устойчивость откоса высотою $h = 20$ м, при тройном заложении (1:3), построенного из глинистого грунта на глинистом основании.

Грунт откоса характеризуется следующими величинами: угол внутреннего трения $\varphi_1 = 16^\circ$; $\operatorname{tg}\varphi_1 = 0{,}283$; коэфициент сцепления $c_1 = 1{,}5$ т/м²; объемный вес $\gamma_1 = 1{,}7$ т/м³.

Грунт основания имеет угол внутреннего трения $\varphi_2 = 12^\circ$; $\operatorname{tg}\varphi_2 = 0{,}213$; коэфициент сцепления $c_2 = 2{,}0$ т/м²; объемный вес $\gamma_2 = 1{,}9$ т/м³.

Для ориентировки, при выборе центра поверхности скольжения, находим точку A, откладывая углы β и δ, взятые из таблицы 1.

Таблица 1

tg φ	1,73:1	1:1	1:1,5	1:2	1:3	1:5
θ	60°	45°	33°41′	26°34′	18°25′	11°19′
β	29°	28°	26°	25°	25°	25°
δ	40°	37°	35°	35°	35°	37°
2α	70°	90°	103°	110°	118°	124°

Находим далее точку B, откладывая от подошвы откоса $4{,}5\,h = 90$ м и от поверхности основания $h = 20$ м. Через точки A и B проводим линию центров опасных кривых (рис. 78).

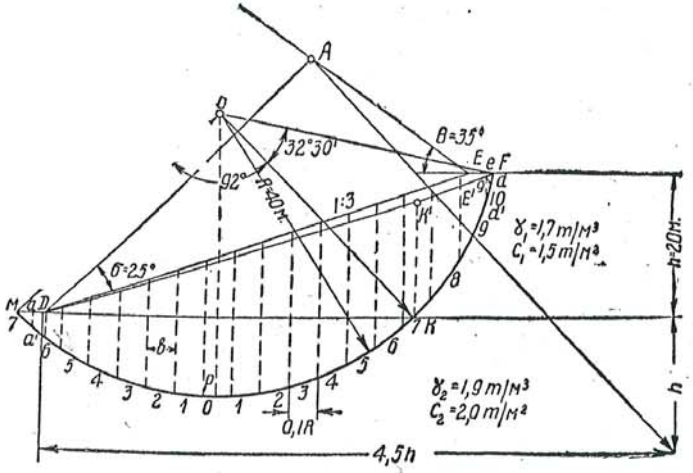


Рис. 78. Пример расчета устойчивости откоса.

Подберем радиус так, чтобы кривая проходила несколько ниже точки D, т. е. подошвы откоса, и отсекала часть гребня, проходя правее бровки откоса E.

Разбиваем выделенную часть откоса $MDEFKP$ на ряд вертикальных элементов шириною $b = 0{,}1R$ так, чтобы середина нулевой полоски совпадала с вертикальной линией, проходящей через центр круга O. Это делается для того, чтобы синус и косинус углов наклона касательной к кругу в точках *1*, *2* и *3* выражались следующими величинами: 0,1, 0,2, 0,3 и $0{,}9R$.

Затем приводим грунт откоса к грунту основания, уменьшая отрезки высот элементов, лежащие выше линии MKF, пропорционально $\frac{\gamma_1}{\gamma_2}$. Получаем ломаную линию $DK'E'F$, которую и принимаем за очертание приведенного откоса.

Вес каждого элемента $\varphi_n = \gamma_2 b h_n$, где h_n — высота каждого элемента, измеряемая непосредственно по чертежу от дуги MKF до ломаной $MDK'E'F$. Полученная величина вставляется в графу 4 таблицы 2, служащей для нахождения $\sum h \sin\alpha$ и $\sum h \cos\alpha \operatorname{tg}\varphi$.

Таблица 2

№ призм	sinα	cosα	Высота призмы h (в метрах)	$h \sin\alpha$	tg φ	$h \cos\alpha \operatorname{tg}\varphi$
1	2	3	4	5	6	7
Справа						
10	+0,949	+0,314	0,51	+0,484	0,287	0,046
9	+0,9	+0,436	8,00	+7,20	0,287	1,001
8	+0,8	+0,600	12,80	+10,24	0,287	2,204
7	+0,7	+0,714	15,80	+11,06	$\frac{0{,}287+0{,}213}{2}$	2,820
6	+0,6	+0,800	18,00	+10,80	0,213	3,067
5	+0,5	+0,866	19,40	+9,70	0,213	3,578
4	+0,4	+0,916	20,00	+8,00	0,213	3,902
3	+0,3	+0,954	20,60	+6,18	0,213	4,176
2	+0,2	+0,980	20,40	+4,08	0,213	4,258
1	+0,1	+0,995	19,60	+1,96	0,213	4,154
0	+0	1,0	18,80	0	0,213	4,004
Слева						
1	−0,1	+0,995	17,40	−1,74	0,213	3,688
2	−0,2	+0,980	15,60	−3,12	0,213	3,256
3	−0,3	+0,954	13,00	−3,90	0,213	2,642
4	−0,4	+0,916	10,80	−4,32	0,213	2,107
5	−0,5	+0,866	7,60	−3,80	0,213	1,402
6	−0,6	+0,800	3,60	−2,16	0,213	0,613
7	−0,7	+0,682	0,60	−0,48	0,213	0,096
			$\sum h \sin\alpha = 48{,}184$;			$\sum h \cos\alpha \operatorname{tg}\varphi = 47{,}0$

Для крайних элементов седьмого слева и десятого справа углы касательных определяются по чертежу. Значения h_7 и h_{10} находятся из равенства

$$h_7 = \frac{M_a a a'}{2b} \quad \text{и} \quad h_{10} = \frac{d d' e F}{2b};$$

В соответствии с разными значениями угла трения в таблице 2 для элементов 10—8 взято $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}287$; для элементов 6—7 $\operatorname{tg}\varphi = 0{,}213$.

Подставляя в формулу значения $\sum h \sin\alpha$ и $\sum h \cos\alpha \operatorname{tg}\varphi$, получим коэфициент устойчивости отсеченной части откоса

$$\eta = \frac{47{,}014 + \frac{\sum (c_1 b_1 + c_2 b_2)}{\gamma_2}}{48{,}184} = 1{,}42.$$

Здесь второй член числителя представляет собой сумму сил сцепления по дуге MK и по дуге KF.

Длина дуги определяется на рис. 78. Найденная величина коэфициента устойчивости относится только к избранной кривой MKF. Для того чтобы определить устойчивость откоса, необходимо взять еще несколько кривых и для каждой из них найти коэфициент устойчивости. Наименьшая из полученных таким образом величин определяет устойчивость откоса.

ГЛАВА VII

ТЕХНИКА ПОЛИВА

§ 35. Номенклатура способов поверхностного самотечного полива периодически поливаемых культур

Наименование способов полива	Характер распределения воды на поверхности почвы	Направление впитывания воды в почву	В каком состоянии впитывается основное количество воды в почву
1) Полив по бороздам	Вода распределяется сосредоточенной струей по канавкам-бороздам	Вода впитывается в почву сверху вниз и сбоку в дно и стенки борозд	а) Для длинных борозд основное количество воды впитывается при движении ее по бороздам б) Для коротких борозд с малым уклоном основное количество воды впитывается в состоянии покоя
2) Полив напуском	Вода покрывает поверхность почвы сплошным слоем	Вода впитывается в почву сверху вниз	Основное количество воды впитывается в почву в состоянии движения
3) Полив затоплением	Вода покрывает поверхности почвы сплошным слоем	Вода впитывается в почву сверху вниз	Преобладающее количество поливной нормы впитывается в состоянии покоя
4) Полив по джоякам	Вода распределяется сосредоточенной струей по джоякам	Вода впитывается в почву сбоку и сверху вниз в стенки и дно джояка.	Основное количество воды впитывается в состоянии покоя

§ 36. Основные условия, определяющие способы полива

Техника подготовки поля к поливу и способы распределения воды по поверхности поля зависят от целого ряда условий, из которых основными являются:

а) площадь питания и расположение стеблей и корней культуры;
б) способы и орудия пахоты, посева, ухода и уборки культуры;
в) размеры поливных норм и схема поливов культуры;
г) скорости впитывания воды и скорости промачивания почвы при сплошном слое воды на поверхности почвы и при подаче воды по бороздам;
д) степень засоленности почвы;
е) рельеф и уклоны поверхности орошаемого поля;
ж) микрорельеф поверхности поля.

Для правильного выбора способа полива необходимо установить характеристики каждого из основных условий.

При составлении характеристик уклонов, рельефа и микрорельефа необходимо различать: 1) характеристики уклонов и рельефа скатов, образующихся после разбивки на плане проводящей сети, и 2) характеристики уклонов и микрорельефа орошаемого поля.

Характеристики рельефа и уклонов скатов устанавливаются после схематического нанесения проводящих каналов (магистраль, распределители, коллекторы). Эти характеристики устанавливаются на планах с горизонталями не реже как через 0,5 м в масштабе 1 : 5 000, 1 : 10 000. Характеристики рельефа и уклонов скатов служат для ориентировочного выбора способа полива и для выбора необходимого количества и расположения типовых участков проектирования мелкой и мельчайшей сети, а также для отбора площадей, подлежащих строительной планировке.

Характеристика уклонов и микрорельефа орошаемого поля устанавливается по планшетам типовых участков, выбранных для типового проектирования мельчайшей оросительной сети и для проектов планировки.

Масштабы планов для оценки микрорельефа орошаемого поля, в зависимости от пестроты микрорельефа и его выраженности, необходимы следующие:

горизонтальный — от 1 : 2 000 до 1 : 1 000;
горизонтали — через 0,2—0,1 м.

1. Характеристики средних уклонов поверхности

а) Малые уклоны: уклоны 0,002 и меньше.
б) Средние уклоны: уклоны от 0,002 до 0,005.
в) Большие уклоны: уклоны от 0,005 до 0,015.
г) Очень большие уклоны: уклоны от 0,015 до 0,030.
д) Уклоны, при которых орошение обычными способами поверхностного самотечного полива крайне затруднено: уклоны больше 0,03.

2. Характеристики рельефа скатов

а) Спокойный, нерасчлененный рельеф. Рельеф, характеризуемый примерно параллельными горизонталями и редко расставленными ($>$ 2 км) слабо выраженными водоразделами и тальвегами.
б) Слабо расчлененный рельеф. Горизонтали хотя и не параллельны, но сохраняют общее однообразное направление. Водоразделы выражены, но не глубокие.
в) Пересеченный рельеф (сильно расчлененный). Горизонтали имеют извилистое направление; различные расстояния между горизонталями; водоразделы и тальвеги резко выражены, глубокие и имеют пестрое расположение относительно общего ската.

Расстояние между водоразделами самое разнообразное, но преобладают небольшие расстояния $<$ 2 км.

г) Холмистый рельеф, или западинный рельеф. Характерным признаком этого типа рельефа является наличие замыкающихся или близких к этому горизонталей.

3. Характеристики микрорельефа орошаемого поля (поливной карты)

а) Хороший микрорельеф. Параллельные горизонтали, однообразные уклоны, отсутствие отрицательных уклонов, микровозвышения и микрозападины не больше 0,05 м.

Требуется, как правило, только поверхностное выглаживание утюгами и волокушами.

б) Удовлетворительный микрорельеф. Горизонтали слегка извилисты. Уклоны переменные, но отрицательные (обратные) уклоны отсутствуют; микровозвышения и микрозападины не больше 0,20 м. Имеются только отдельные бугорки и западины, превышающие 0,20 м.

в) Плохой микрорельеф. Горизонтали значительной извилистости. Уклоны по направлению полива переменные, с наличием отрицательных и нулевых. Микровозвышения и микровпадины имеют высоту или глубину больше 0,20 м.

г) Очень плохой микрорельеф. Горизонтали сильно извилисты и замыкаются. Уклоны по направлению полива переменные, с наличием отрицательных и нулевых.

4. Характеристики скорости впитывания воды в почву

Почвы по скорости впитывания можно разбить на три большие группы:

1) почвы, имеющие скорость впитывания больше 0,15 м за первый час впитывания (почвы значительной водопроницаемости);

2) почвы, имеющие среднюю скорость впитывания меньше 0,15 м и больше 0,05 м за первый час впитывания (почвы средней водопроницаемости);

3) почвы, имеющие среднюю скорость впитывания меньше 0,05 м за первый час впитывания (почвы слабой водопроницаемости).

Под средней скоростью впитывания за первый час для полива напуском понимается средняя скорость впитывания воды при толщине слоя 0,05 м, за первый час впитывания.

Под средней скоростью впитывания за первый час для полива по бороздам понимается средняя скорость впитывания воды, налитой в борозду слоем 0,05—0,10 м, за первый час. Борозда аналогична проектной.

Скорость впитывания воды в почву изменяется в зависимости от обработки и орошения: для целины больше, чем для староорошаемых почв, для глубоко вспаханных почв больше, чем для мелко вспаханной почвы, и после поливов меньше, чем до поливов. Под расчетной средней скоростью впитывания необходимо считать скорость впитывания воды данной почвой в условиях, аналогичных проектируемым.

Для вновь орошаемых районов скорость впитывания определяется в полевых условиях и в монолитах при расположении воды аналогично проектируемому и при почвенной влажности, соответствующей тем значениям ее, которые будут перед поливами в условиях орошения. Создание в почве условий, близких к условиям орошаемых площадей, необходимо достигать путем предварительных поливов опытных делянок и монолитов.

Необходимо иметь в результате опытов:

1) интегральную кривую слоя впитавшейся воды примерно за двое суток и

2) уравнение скорости впитывания, данное проф. А. Н. Костяковым:

$$H_{(t)} = k_{cp\,(t)} \cdot t = \frac{k_1}{(1-\alpha)\,t^{\alpha}} \cdot t;$$

$$k_{(t)} = \frac{k_1}{t^{\alpha}}; \quad k_0 = \frac{k_1}{1-\alpha};$$

здесь: $H_{(t)}$ — слой воды в метрах, впитавшейся за t часов;

$k_{cp\,(t)}$ — средняя скорость впитывания воды за время t часов;

t — время впитывания воды в часах;

k_0 — средняя скорость впитывания воды за первый час;

$\alpha = 0{,}3 - 0{,}7$.

5. Характеристики скорости промачивания почвы

Под скоростью промачивания почвы понимается глубина проникновения воды в почву при поливах за единицу времени. Скорость промачивания почвы изучается одновременно со скоростью впитывания воды в почву.

Скорость промачивания почвы, как и скорость впитывания воды в почву, должна изучаться при двух способах подачи воды:

1) затоплением сплошным слоем и

2) по бороздам.

При подаче воды сплошным слоем устанавливается скорость только вертикального промачивания, а при подаче воды по бороздам обязательно фиксируется весь контур увлажнения и вычисляются скорости промачивания горизонтального, вертикального и под углами в 45°.

Борозда должна быть аналогична проектной.

Скорости промачивания особенно необходимы для установления целесообразной глубины борозд и расстояний между ними.

Условия, в которых будут изучаться скорости промачивания почв, должны быть по возможности аналогичны производственным условиям орошения.

Характеристики засоленности и солонцеватости почв см. стр. 37—38.

6. Характеристики способов пахоты, посева, ухода и уборки культуры

1. Глубины и формы пахоты. Направления пахоты. Орудия и машины пахоты, их требования, габариты и производительность.

2. Характеристики узкорядного посева. Сюда относятся главным образом зерновые культуры и травы при узкорядном посеве их.

а) Расстояния между рядками. Возможность широкорядных и ленточных посевов и их характеристики.

б) Расположение рядов посева.

в) Необходимость перекрестных посевов.

г) Сеялки, их требования, габариты, производительность.

3. Характеристики широкорядного посева. Главным образом сюда относятся пропашные и овощные культуры.

а) Расстояния между рядами и гнездами. Расположение рядов.

б) Необходимость перекрестных или шахматных посевов.

в) Сеялки, их требования, габариты и производительность посевных агрегатов.

4. Характеристика механизированной междурядной обработки. Способы и машины междурядной обработки, их требования и габариты. Производительность машин. Повторность обработок.

Требование механизированной перекрестной междурядной обработки.

5. Способы и машины для уборки культур, их требования, характеристики, производительность.

7. Характеристики развития корневой системы и площади питания культуры

Динамика развития и распространения корневой системы в вертикальном и горизонтальном направлении. Площади питания культуры, расстояния между растениями и между рядами растений.

8. Характеристики размеров поливных норм и схемы полива культур

1) Большие поливные нормы: $m \geqslant 1\,000$ м³ на 1 га.
2) Средние поливные нормы: $m =$ от 600 до 900 м³ на 1 га.
3) Малые поливные нормы: $m =$ от 400 до 600 м³ на 1 га.

Схема полива характеризуется формулой, показывающей распределение поливов применительно к фазам культуры, например, для хлопчатника 2—4—1— два полива до цветения, 4 — в цветение и 1 — в созревание (см. главу о поливных и оросительных нормах).

Только после того, как получены основные характеристики условий, определяющих способ полива, можно приступать к выбору способа полива.

§ 37. Полив напуском

При поливе напуском вода распределяется по поверхности почвы сплошным тонким слоем и впитывается главным образом при движении. Существуют следующие разновидности полива напуском:

1) напуск из поливных канав, расположенных примерно по горизонталям местности (с минимальным уклоном). В этом типе напуска вода выпускается из поливной канавы вниз по уклону отдельными струями или сплошным слоем, переливающимся через валики канавы;

2) боковой напуск по полосам из поливных канав, проходящих вдоль полос, расположенных нормально к горизонталям;

3) напуск по полосам с выпуском воды в голове полосы. При этом типе напуска поле разбивается валиками на полосы, расположенные нормально к горизонталям; подача воды в полосы производится в голове полос из поливных канав, идущих с малым уклоном, примерно по горизонталям местности;

4) комбинированный напуск, представляющий комбинацию третьего и второго. Здесь выпуск воды на поле производится как из верхних, так и из боковых канав;

5) напуск по искусственным скатам. Этот вид напуска отличается главным образом тем, что для полива устраиваются искусственные двусторонние скаты, по гребням которых располагаются поливные канавы, подающие воду.

Первый вид напуска применять нецелесообразно, так как крупными недостатками первого вида напуска являются размыв почвы, трудность равномерного увлажнения почвы, непроизводительная затрата воды. Пятый вид напуска тоже нецелесообразен, так как является весьма дорогим способом. При условии правильного расположения и выравнивании поверхности полос наилучшим видом напуска будет напуск по полосам с головным пуском воды.

Как исключение, применяется напуск комбинированный, т. е. с верхним и боковым пуском воды. Этот тип напуска может применяться только как переходный этап к поливу напуском по полосам с головным пуском воды.

1. Полив напуском по полосам

Полосы делаются узкими и длинными и располагаются своей длинной стороной нормально к горизонталям. Длинные стороны полос делаются параллельными. Необходимым требованием при поливе напуском по полосам является отсутствие поперечных уклонов полос, что достигается планировкой и выравниванием полосы. Допускаемая разность отметок подошв двух валиков в поперечном направлении полос должна быть не более половины толщины слоя воды на полосе. Ширина полосы измеряется между осями продольных валиков. Ширина полосы определяется в зависимости от уклона, струи, планированности поверхности поля, размываемости почвы и ширины захвата с.-х. машин. Для легко размываемых почв, для больших уклонов, для малых струй, при плохом рельефе и микрорельефе ширина полосы уменьшается. Наоборот, для планированного поля, для устойчивых против размыва почв, при малых и средних уклонах и при больших струях ширина полосы увеличивается. Ширина полосы должна быть кратна захвату с.-х. машин, прежде всего ширине захвата сеялки, т. е. $b = n \cdot b_0$, где b — ширина полосы, а b_0 — ширина захвата сеялки.

Длина полосы определяется размером поливной нормы, скоростью впитывания воды в почву, размером струи, продольным уклоном и микрорельефом.

Нормальные размеры длины полос — от 100 до 300 м. Нормальные размеры ширины полос — 7,3—8,4 м, т. е. два захвата тракторной сеялки. На неспланированных землях ширину полосы следует назначать равной одному захвату тракторной сеялки. Нормальные размеры струй на 1 пог. м ширины полосы — 3—6 л/сек., отклонения — до 2 и до 10 л/сек.

Наилучшие уклоны для полива напуском по полосам — средние: 0,002—0,005.

Предельные уклоны не установлены, они различны для разных условий, однако можно считать, что минимальный уклон вдоль полос примерно равен 0,001; в конце и начале полос можно допускать безуклонные участки.

При уклонах больше 0,015 полив напуском по полосам будет вызывать большую эрозию.

Для хорошего полива напуском по полосам необходимо планировкой и выравниванием добиться допустимых поперечных и отсутствия отрицательных продольных уклонов полосы.

Выравнивание полос необходимо производить одновременно с устройством валиков; еще лучше, если одновременно производятся работы по выравниванию полосы, устройству валиков и посеву. Для выравнивания полос и устройства валиков применяются утюги и волокуши. Волокуши выравнивают полосы, одновременно с этим делаются валики. Если позволяют тяговые усилия, то за волокушей прицепляются сеялки, которые тут же засевают и полосу и валики. Для засева полос и валиков применяются тракторные сеялки. Валики необходимо делать такими, чтобы высота их после осадки была равна 15—20 см. Откосы валиков — примерно 1 : 1,5 и 1 : 2. Полив напуском по полосам, как правило, нужно производить без сброса, рассчитывая правильное соотношение между длиной полосы, уклоном и струей. Подача воды должна прекращаться в то время, когда вода еще не достигла конца полосы. Момент прекращения подачи воды в полосу можно определить расчетом, опытом и навыком.

Если полив производится со сбросом, то сбрасываемая вода должна использоваться для полива нижележащих полос.

Нужное соотношение между длиной полосы, размером струи, уклоном полосы, водопроницаемостью почвы и размером поливной нормы может быть установлено на основании опытных данных и по методу А. Н. Костякова.

Для первой ориентировки в этом вопросе, задавшись струей, можно подобрать для данных условий соответствующую ей длину полосы. Для продольных уклонов полос более 0,002 для полива без сброса согласованные размеры струи и длины полосы находятся по следующим соотношениям:

$$1)\ 0{,}0001m = H;\quad 2)\ H = k_{cp}(t)\cdot t = \frac{k_1}{1-\alpha}\cdot t^{1-\alpha} = k_0 t^{1-\alpha};$$

$$3)\ t = \sqrt[1-\alpha]{\frac{H}{k_0}};\quad 4)\ t = \frac{q\cdot t}{H};\quad 5)\ h = \sqrt{\frac{q}{c}};\quad 6)\ v = c\cdot h;$$

$$7)\ c = \text{от } 20\sqrt{J} \text{ до } 40\sqrt{J}$$

m — заданная поливная норма в кубических метрах на 1 га;
q — струя (в кубических метрах в секунду) на 1 пог. м ширины полосы;
H — слой воды в метрах, соответствующий размеру поливной нормы. Этот слой должен быть равен слою воды, впитавшемуся в почву за время t секунд, считая от начала полива;
t — время полива полосы в секундах;
h — слой воды (в метрах) в голове полосы;
J — уклон полосы, предполагаемый однообразным на всей длине полосы;
l — длина полосы в метрах;
$k_{cp(t)}$ — средняя скорость впитывания воды в почву за время t секунд (в метрах в секунду);
k_1 — скорость впитывания в конце первой единицы времени; определяется при сплошном слое воды на поверхности почвы;
v — скорость движения воды (в метрах в секунду) в голове полосы; допустима в пределах до 0,15 м/сек.;
c — коэфициент, равный от $20\sqrt{J}$ до $40\sqrt{J}$;
α — показатель степени в зависимости $k_t = \frac{k_1}{t^\alpha}$;
α=0,3—0,7.

2. Пример подбора согласованных размеров длины полосы и струи

Дано:

поливная норма m=800 м³; 0,0001 m=H м=0,8 м.

Почва средней водопроницаемости. Слой воды $H_{(t)}$, впитывающейся в почву за определенное время, выражен в виде интегральной кривой, на которой по оси абсцисс отложено время в секундах, а по оси ординат — соответствующий слой впитавшейся воды. Скорость впитывания выражена кривой (чертеж 79):

$$k_{(t)} = \frac{k_1}{t^\alpha}.$$

k_1=0,0008 м/сек.; α=0,5 (кривая впитывания); уклон полосы J=0,0049.

Принимаем удельную струю (на единицу ширины полосы) q = =0,004 м³/сек. По кривой впитывания определяем, сколько времени нужно подавать воду в полосу, чтобы в голове полосы впитался слой

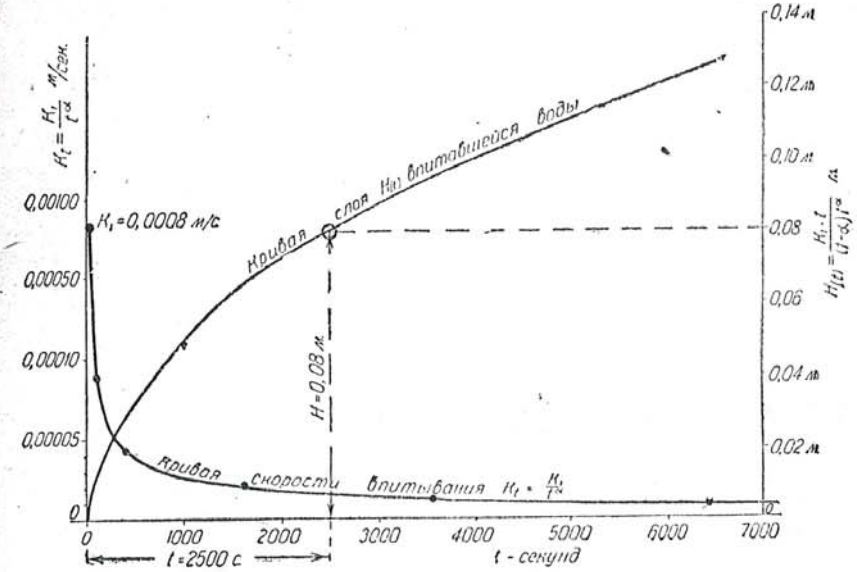


Рис. 79.

воды, равный H м, т. е. слой, отвечающий размеру поливной нормы. По кривой впитывания t=2 500 сек. и по формуле скорости впитывания

$$t = \sqrt[1-\alpha]{\frac{H(1-\alpha)}{k_1}} = \sqrt[1-\alpha]{\frac{0{,}08\cdot 0{,}5}{0{,}0008}} = 2500 \text{ сек.}$$

Тогда

$$l = \frac{q\cdot t}{H} = \frac{0{,}004\cdot 2500}{0{,}08} = 125 \text{ м.}$$

Далее определяем h и v по формулам:

$$h = \sqrt{\frac{q}{c}} = \sqrt{\frac{0{,}004}{30\cdot\sqrt{0{,}0049}}} = 0{,}045 \text{ м} = 4{,}5 \text{ см.}$$

$$v = 30\sqrt{J}\cdot h = 30\cdot 0{,}07\cdot 0{,}045 = 0{,}095 \text{ м/сек.} = 9{,}5 \text{ см/сек.}$$

Допустимая скорость $v_{пр}$ = 0,15 м/сек.

Приведенный примерный расчет позволяет сделать только первый подбор двух величин q и l, т. е. найти по одной заданной величине другую согласованную, но полного расчета движения воды и увлажнения по всей длине полосы приведенные расчеты не дают. Практически, имея довольно ограниченный диапазон поливных струй и еще более сужая его путем применения крупных струй только на малых и

средних уклонах, подбор длин и струй в первом приближении можно сделать довольно хорошо.

Более детальный способ расчета струи и длины полосы приведен в книге «Основы мелиорации» А. Н. Костякова. Размеры длин полос и отвечающие им струи для некоторых случаев приведены, как пример, в нижеследующей таблице.

Таблица размеров длины полосы и удельной струи (на 1 м ширины полосы) для различных почв и уклонов и полива без сброса, определенных по приведенным выше соотношениям

Характер почвы и слой впитывания за первый час полива	Уклоны полосы	$m = 600$ м³ на 1 га		$m = 800$ м³ на 1 га	
		Величина удельной струи в литрах в секунду (q)	Длина полосы в метрах (l)	Величина удельной струи в литрах в секунду (q)	Длина полосы в метрах (l)
Почвы, имеющие большую скорость впитывания За первый час полива $H_1 > 0,15$ м/час Например, $H_1 = 0,18$ м/час $= k_0$	Малые и средние	5—6	40	6	53
	Большие	3	20	3	27
Почвы, имеющие среднюю скорость впитывания. За первый час полива $H_1 < 0,15$, но $> 0,05$ м/час. Например, $H_1 = 0,072$ м/час $= k_0$	Малые и средние	5	210	5	276
	Большие	4	170	4	222
Почвы, имеющие малую скорость впитывания. За первый час полива $H_1 < 0,05$ м/час. Например, $H_1 = 0,036$ м/час $= k_0$	Малые и средние	2	330	1,5	330
	Большие	2	330	1,5	330

Примечание. Для всех почв условно принято $\alpha = 0,5$; расчеты произведены при указанных значениях k_0 или H_1.

3. Применение полива напуском по полосам

Полив напуском по полосам применяется для культур узкорядного посева.

Недостатком полива напуском по полосам является разрушение структуры почвы особенно при больших удельных струях (q), образование корки на поверхности орошаемого поля, а также смыв и перенос мелких частиц почвы струей воды.

При поливе напуском необходимо равномерное движение воды по всей ширине полосы. Поэтому особенное внимание должно быть обращено на планировку и выравнивание полос. При недостаточном выравнивании полос применяется узкая полоса.

§ 38. Полив по бороздам

Сущность полива по бороздам заключается в следующем. На орошаемом поле параллельно друг другу нарезаются окучником или специальными бороздоделателями борозды глубиной от 12 до 25 см. Для подачи воды в борозды устраиваются временные поливные канавы, которые примыкают к постоянным картовым оросителям. Вода из постоянных картовых оросителей через временные поливные канавы мелкими струями через трубочки распределяется поливальщиками в борозды и, протекая по ним, впитывается в дно и стенки борозд, увлажняя почву.

Этот способ полива соответствует главным образом широкорядным и ленточным посевам культур, в междурядиях которых можно без потери площади нарезать борозды, однако полив по засеваемым бороздам и мелким узким бороздам позволяет расширить применение их и для культур узкорядного посева.

По размерам глубины и ширины различаются борозды:

а) Мелкие узкие борозды, глубиной 12—15 см, шириной поверху 30—35 см. Эти борозды нарезаются культиватором или окучником.

б) Мелкие широкие борозды, глубиной 12—15 см, шириной 40—45 см. Нарезаются окучником, с широко расставленными крыльями.

в) Глубокие узкие борозды, глубиной 18—20 см, шириной поверху 35—40 см; нарезаются окучниками.

г) Глубокие широкие борозды, глубиной в среднем 20 см (18—25 см), шириной поверху 45—50 см; нарезаются окучниками с крыльями в два прохода и листерами.

По способу распределения воды различаются борозды:

а) Сквозные или открытые борозды, в которых вода впитывается в дно и стенки борозд при движении воды по борозде. Для равномерности распределения воды при сквозных бороздах нужна малая струя; полив обычно производится со сбросом (примерно 10—30% от поданной нормы), причем этот сброс нужно использовать в нижеследующих бороздах (или оросителях). Струя к концу полива уменьшается для уменьшения сброса. Борозды располагаются нормально к горизонталям местности.

б) Тупые борозды (без сброса). Тупые борозды делаются с уклоном от 0,001 до 0,005. Струи в эти борозды даются более крупные, чем в борозды сквозные. Увлажнение почв в этих бороздах происходит сначала при движении воды, а затем в состоянии покоя.

Полив по сквозным бороздам производится следующим образом. Из поливной канавы, обязательно через отверстие щитка или через трубочку, в борозду подается струя воды размером от 0,1 до 0,3—0,5 л/сек. Струя продвигается по уклону до конца борозды, полив в это время не останавливается, а продолжается и часть подаваемой воды идет в нижележащую поливную канаву или в нижележащий ороситель.

Полив по тупым бороздам производится без сброса, причем здесь возможны два способа распределения воды. Если тупые глубокие борозды имеют малый уклон, порядка 0,0005—0,002, и имеют длину 20—100 м, то полив их производится через отверстия щитков, через трубку или прорез дамбочки поливной канавы крупной струей, порядка 1—2 л/сек. Задача полива заключается в быстром заполнении всей борозды водою. Полив прекращается, как только борозда будет заполнена. Главная масса воды в такой борозде впитывается в почву после окончания подачи воды, т. е. в состоянии покоя.

Если тупые глубокие борозды имеют средний уклон, от 0,001 до 0,005, и длину порядка 100—250 м, то полив их производится через отверстия щитков или через трубочки струей порядка 0,3—1 л/сек. Когда вода в борозде продвинется примерно на $^2/_3$—$^3/_4$ длины борозды (по расчету и опыту), струя в борозду уменьшается в 2—3 раза или подача воды вовсе прекращается, а увлажнение нижней части борозды происходит за счет воды, оставшейся в борозде. Полив и здесь производится без сброса. Однако, в отличие от коротких малоуклонных борозд, основное количество воды в этих бороздах впитывается в состоянии движения.

Таким образом, тупые глубокие борозды имеют две разновидности:

1) тупые глубокие малоуклонные короткие борозды, иногда называемые затопляемыми бороздами;

2) тупые глубокие длинные борозды.

В дальнейшем первые называются тупые глубокие короткие борозды, а вторые — тупые глубокие длинные борозды.

1. Расстояния между осями борозд

Расстояние между бороздами определяется площадью питания, водопроницаемостью почвы и шириной междурядий растений. На почвах значительной водопроницаемости контур промачивания под бороздкою получается вытянутым книзу, а на средних и тяжелых почвах пути горизонтального и вертикального продвижения воды примерно одинаковы. Поэтому нормальные расстояния между бороздами по условиям промачивания определяются такими средними цифрами: для значительно водопроницаемых почв можно дать расстояние между бороздами 0,5—0,6 м, для глинистых —0,9—0,8 м, средних суглинистых — 0,8—0,7 м. Эти расстояния в свою очередь должны быть определены площадями питания и междурядиями культуры. При тупых глубоких бороздах расстояние между бороздами можно увеличить примерно на 10 см.

2. Уклоны борозд

1) Борозды сквозные со сбросом — располагаются нормально к горизонталям. Пределы колебаний уклона их — 0,003—0,02.

2) Борозды длинные тупые имеют средние уклоны — 0,002—0,004, пределы колебаний — 0,001—0,006.

3) Борозды короткие тупые — средний уклон 0,001; пределы колебаний — 0,0005—0,002.

3. Расположение борозд

Существует три основных способа расположения борозд:

а) борозды нарезаются нормально к горизонталям, т. е. располагаются по направлению наибольшего ската поверхности;

б) борозды нарезаются поперек ската, примерно по горизонталям, с очень малым уклоном;

в) борозды нарезаются под острым углом к направлению горизонталей ската (косые борозды).

Произвольный выбор направления борозд недопустим. Направление борозд и их уклон определяют направление постоянных картовых оросительных каналов, параллельно которым производится работа машин и орудий. Направление и уклон борозд определяют размеры планировки, оказывают влияние на затраты труда и производительность его.

В условиях механизированного хозяйства колхозов и совхозов для повышения производительности машин и орудий необходимы длинные

гоны, порядка 500—1 000 м, в соответствии с чем и устраиваются картовые оросители. Отсюда вытекает основное требование к расположению поливных борозд — они должны быть параллельны длинной стороне поливной карты, которая в свою очередь должна быть расположена согласно требованиям выбранного бороздного способа полива.

При средних уклонах местности $\leqslant 0{,}002$ возможно различное расположение борозд; направление борозд здесь назначается, исходя из расположения оросительной сети, направления с.-х. работ и микрорельефа поля; в этом случае борозды целесообразно применять тупые глубокие и полив вести без сброса.

При уклонах местности в пределах от 0,002 до 0,005, при спокойном рельефе и микрорельефе, расположение борозд может быть нормальным к горизонталям или под углом к горизонталям с малым уклоном; в этих случаях тоже применяются тупые глубокие борозды и полив ведется без сброса. При этих же уклонах, но плохом рельефе и микрорельефе, возможно применение сквозных борозд, если планировкой нельзя добиться улучшения рельефа и микрорельефа. При уклонах $> 0{,}005$ полив без сброса по бороздам, расположенным нормально к горизонталям, затруднен. В этих случаях, при хорошем рельефе и микрорельефе, нужно проектировать борозды поперек ската, косые тупые, а при плохом рельефе и микрорельефе — сквозные.

На сильно водопроницаемых почвах, где особенно затруднен полив мелкими струями, необходимо проектировать тупые борозды поперек ската с тем, чтобы можно было в борозды давать более крупные струи, не опасаясь неравномерности увлажнения борозд.

В условиях очень плохих рельефов и микрорельефов, с частыми изменениями повышений и понижений возможно применение различных борозд, так как единую схему борозд здесь выдержать трудно.

На уклонах $>0{,}02$ полив по бороздам сильно затрудняется вследствие размыва борозд и значительного сброса воды из них.

При узких междурядиях культур (0,5 м), нарезка глубоких борозд затруднена; в этих случаях, если нельзя двустрочным посевом увеличить междурядие, применяются узкие борозды средней глубины.

4. Удельные протяженности борозд на 1 га

Расстояние между осями борозд 0,60 м . .	16 700 м
» » » » 0,70 » .	14 300 »
» » » » 0,80 » . . .	12 500 »

5. Длины поливных борозд и размеры струи в борозду

Вопрос о правильном сочетании уклона, длины борозды и размера струи наиболее сложен, так как длина борозды находится в связи и с размером струи, и с водопроницаемостью почвы, и с уклоном борозды, и со способом распределения воды в бороздах, и с нормою полива. Комбинируя длину борозды, уклон ее и размер поливной струи, всегда возможно достигнуть и заданного размера поливной нормы и достаточной равномерности увлажнения.

В условиях эксплоатации соотношения между отдельными элементами техники полива по бороздам должны быть установлены, исходя из детального учета всех факторов, определяющих полив, и хозяйственного опыта.

Примерный расчет согласованной длины борозды и размера поливной струи для полива по бороздам без сброса может быть сделан следующим образом:

Пример расчета

Поливная норма — $m = 800$ м³/га. Расстояние между осями борозд a=0,7 м. Уклон борозд J=0,0025. Ширина борозды по дну b=0,05 м. Коэфициент откоса борозды φ=1,0. Коэфициент шероховатости борозды γ=3,0. Скорость впитывания воды в борозду, измеренная в бороздах, аналогичных проектируемым и при аналогичных условиях, отнесенная к смоченному периметру борозды, определяется как:

$$k_{(t)} = \frac{k_1}{t^{\alpha}} = \frac{0{,}04}{t^{0{,}5}} \text{ м/час.}$$

Борозды глубокие узкие поливаются без сброса. Задаемся глубиною воды в борозде; она не должна превышать половины глубины борозды. Пусть h=0,08 м. Тогда:

p — смоченный периметр $= b + 2h\sqrt{1+\varphi^2} = 0{,}28$ м;
ω — живое сечение борозды $= (b + \varphi h)\cdot h = 0{,}01$ м²;
R — гидравлический радиус $= \frac{\omega}{p} = 0{,}036$ м;
v — скорость воды в голове борозды $= c\sqrt{RJ} = 0{,}05$ м/сек.;
v — должно быть меньше 0,10 м/сек.;
q — расход воды в борозду $= \omega \cdot v = 0{,}0005$ м³/сек.;

$$t \text{ — время полива в часах} = \left[\frac{0{,}0001 \cdot m \cdot a \cdot (1-\alpha)}{k_1 p}\right]^{\frac{1}{1-\alpha}} = 6{,}25 \text{ час.;}$$

$$l = \frac{q \cdot 3600 \cdot t}{0{,}0001 \cdot m \cdot a} = 201 \text{ м} \approx 200 \text{ м.}$$

Расчет коротких глубоких малоуклонных борозд (затопляемых) значительно проще. Необходимо, чтобы превышение начала борозды над концом ее ($\Delta \cdot h$) было не более половины общей глубины борозды и уклон вдоль борозды был однообразным и не превышал 0,002. Тогда задача полива при таких бороздах будет состоять в том, чтобы как можно скорее наполнить борозду без размыва ее и перелива воды через гребни борозд.

6. Применение бороздного полива

Полив по бороздам применяется для всех широкорядных культур (технические, овощные культуры, сады, виноградники). Полив по бороздам применим при самых разнообразных условиях рельефа и уклонов, при условии планировки поля.

Полив по бороздам применяется для незасоленных и слабо засоленных почв.

Для почв средней засоленности применение полива по бороздам также целесообразно ввиду возможности получать при бороздных поливах малые поливные нормы и этим активно бороться с потерями воды. При бороздном поливе на средне засоленных почвах необходимо применять осенне-зимние промывные поливы, а также комбинированные поливы, т. е. поливать по бороздам, а для опреснения давать полив затоплением. Для сильно засоленных почв необходима предварительная промывка почв.

Работы ВНИИГиМ и других опытно-мелиоративных институтов и станций показали возможность поливать по бороздам и узкорядные культуры, в частности, пшеницу. В этом случае борозды должны быть широкие, малой и средней глубины и засеваемые. При ленточных посевах узкорядных культур возможно применение обычных борозд.

Полив по засеваемым бороздам производится так. На подготовленной к посеву площади нарезаются борозды и одновременно производится обычный посев пшеницы. Посев пшеницы производится как между бороздами, так и в бороздах. Для получения однообразной глубины заделки семян сошники сеялки устанавливаются соответствующим образом и во время посева регулируются. * Глубина засеваемых борозд делается примерно 10—16 см, причем борозды должны быть шириной примерно 35—40 см поверху.

§ 39. Полив затоплением

1. Применение способа полива затоплением

Полив затоплением применяется только при поливе риса и при промывке засоленных почв.

На незасоленных, слабо и средне засоленных почвах полив затоплением недопустим, как повышающий затраты воды и дающий сплошную корку, особенно на тяжелых почвах.

Крупным недостатком полива затоплением является разрушение структуры почвы. Полив затоплением для промывки на сильно засоленных почвах может быть применен в комбинации с поливом по бороздам.

Полив затоплением заключается в том, что на орошаемом поле нарезается сеть продольных и поперечных валиков, образующих клетки — чеки, эти чеки заполняются водою из временных поливных канав через специальные водовыпуски или путем простого прореза валиков.

Для равномерного и быстрого затопления чеков внутри их иногда делаются борозды.

2. Системы разбивки чеков

Основных систем три. В первой системе продольные валики нарезают, следуя за горизонталями местности, а поперечные — нормально к горизонталям, в силу чего чеки получаются неправильной формы и различных размеров. Во второй системе как продольные, так и поперечные валики нарезают параллельно друг к другу на одинаковых расстояниях независимо от рельефа. Чеки получаются геометрически правильной формы и одинаковых размеров. В третьей системе продольные валики располагаются параллельно друг другу, образуя в карте продольные полосы.

Расстояния между продольными валиками делаются неодинаковыми в зависимости от поперечного уклона. Расположение валиков (продольных) — примерно по горизонталям местности. Чеки делаются различных размеров длины и ширины.

3. Размеры чека

Для полива затоплением нужен спокойный рельеф и однообразные малые уклоны, примерно от 0,001 до 0,002. Предельный уклон — 0,004.

Разность отметок верхней и нижней границ чека по уклону не должна превышать 0,05 м.

---

* Подробные указания о посеве по засеваемым бороздам можно найти в «Трудах Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации», а также в брошюре П. Д. Худякова и П. И. Сбитнева «Как организовать и провести полив», Саратов, 1940 г., Облгиз.

Таблица предельных длин чека (размер чека по уклону местности, т. е. нормально к горизонталям)

Уклон	Длина чека в метрах	Примечание
0,0005	40—50	Размеры длины чека, указанные в таблице, близки для почв средней и слабой водопроницаемости. Для почв значительной водопроницаемости предельная длина чека уменьшается.
0,001	50	
0,002	25—20	
0,003	20—15	
0,004	20—10	

Ширину чека, исходя из удобства полива и уменьшения планировочных работ, делают больше длины, так что наилучшим по форме будет прямоугольный чек, вытянутый вдоль горизонталей.

На размеры длины и ширины чеков оказывают влияние почва, размер поливной струи, микрорельеф. Нормальными размерами чеков для почв средних по водопроницаемости можно считать 0,1 га, для водопроницаемых почв площадь чека уменьшается до 0,05 га. На размеры чека оказывают влияние и размеры поливной нормы. При нормах порядка 600—800 м³ на гектар размеры чека необходимо уменьшать против указанных ввиду трудности равномерного распределения таких небольших норм.

При поливе затоплением для равномерности увлажнения чека требуется большая струя, порядка 40—80 л/сек. Однако такие струи допустимы только в том случае, когда временные поливные канавы не лежат на пути движения машин и орудий при промежуточных работах и уборке, в противном случае размеры поливной струи не превышают 30—40 л/сек. При проектировании чека необходимо согласовать его размеры с размерами поливных струй.

4. Размеры валиков

Продольные валики должны быть прочными и не размываться водой. Высота продольных валиков делается такой, чтобы она после уплотнения была равна ∽ 20 см. Поперечные валики делаются 15—20 см высоты. Валики, не лежащие на пути движения машины, делаются узкими, с откосами 1 : 2. Валики, через которые будут переходить машины, делаются пологими, широкими, с откосами 1 : 3. Указанные размеры валиков предусматривают средние поливные нормы, планированные чеки. При недостаточно планированных чеках, а также при промывках и при больших нормах размеры валиков устанавливают, исходя из условий микрорельефа, размера чека и размера нормы. Валики обязательно засеваются.

§ 40. Расположение и арматура временной внутрикартовой сети

Схемы расположения поливных канав и борозд при различных типах бороздных поливов показаны на чертежах 80, 81, 82, 83. Схемы расположения поливных канав и полос при поливе напуском по полосам показаны на чертежах 84, 85. Схемы расположения поливных канав и чеков при поливе затоплением показаны на чертежах 86, 87.

а) Сеть поливных канав и арматура на них служат для проведения поливов внутри карты, поэтому конструкция и арматура поливных канав

должны соответствовать задаче правильной организации полива на карте; они не должны создавать препятствий для с.-х. машин и орудий, не должны снижать их производительности и должны всемерно способствовать повышению производительности труда при поливах.

б) Поливная канава должна располагаться по возможности нормально к направлению поливных борозд и полос, нарезанных параллельно длинной стороне поливной карты, и иметь необходимый уклон.

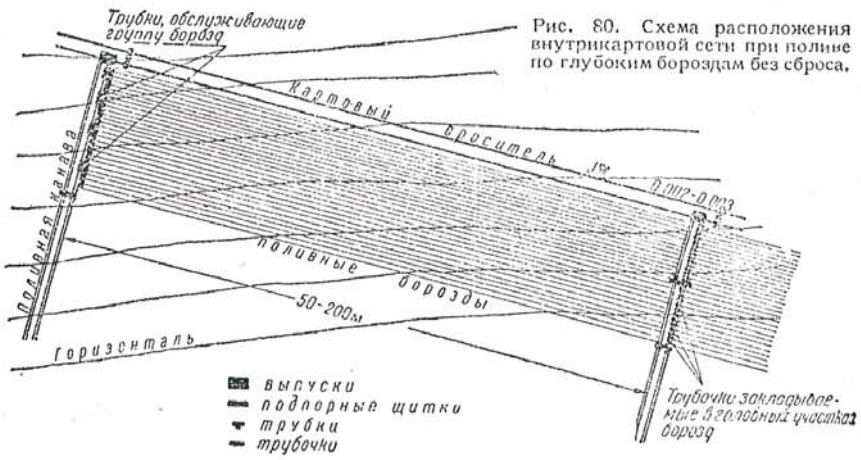


Рис. 80. Схема расположения внутрикартовой сети при поливе по глубоким бороздам без сброса.

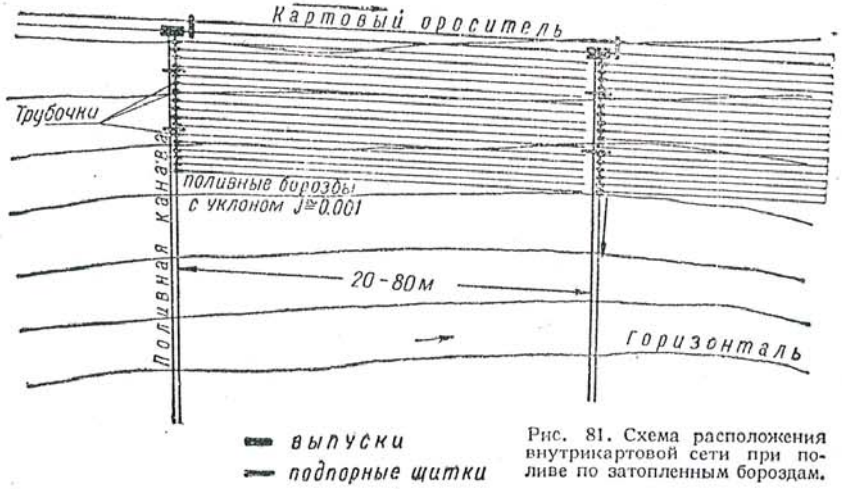


Рис. 81. Схема расположения внутрикартовой сети при поливе по затопленным бороздам.

в) Длина поливной канавы определяется шириной поливной карты. Обычные длины — 100—200 м.

г) Вопрос быстрого и равномерного распределения воды по бороздам и полосам является основным вопросом проектирования внутрикартовой сети. Для равномерного распределения воды между поливными бороздами применяются переносные трубочки или щитки с отверстиями,

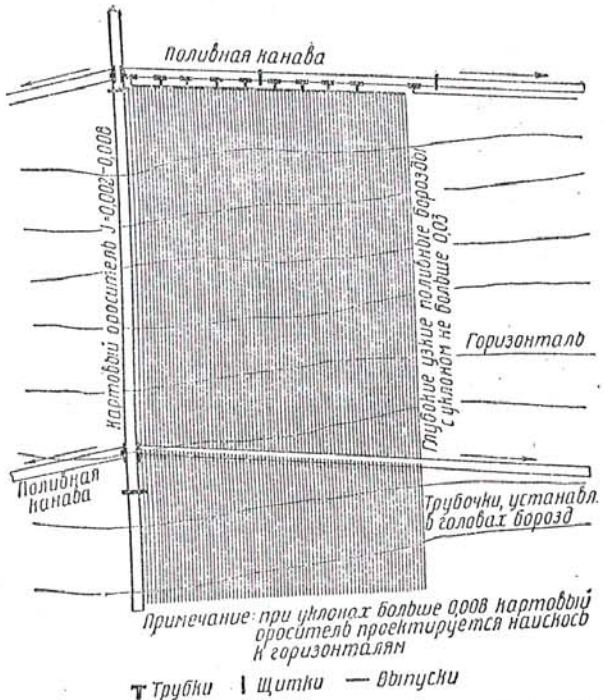


Рис. 82. Схема внутрикартовой сети при поливе по бороздам со сбросом.



Рис. 83. Выпуск воды в борозду через трубочку.

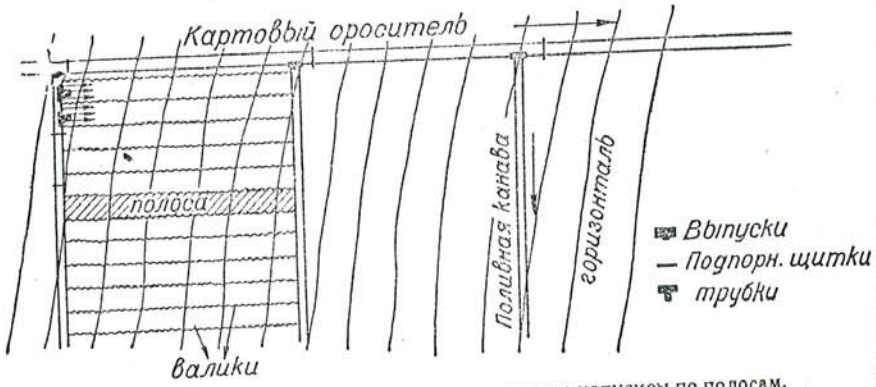


Рис. 84. Схема внутрикартовой сети при поливе напуском по полосам.

закладываемые в голове каждой борозды. Если трубочек по каким-либо причинам нет, то распределение воды по бороздам производится из вспомогательных борозд, параллельных поливной канаве; каждая вспомогательная борозда обслуживает 5 поливных борозд.

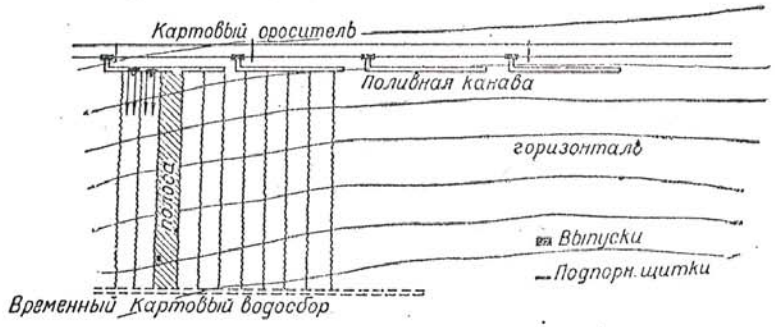


Рис. 85. Схема внутрикартовой сети при поливе напуском по полосам.

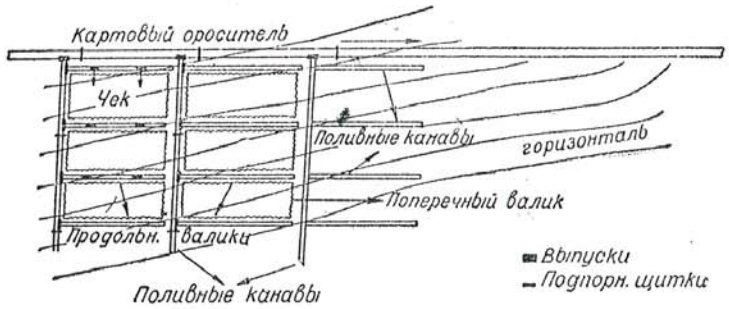


Рис. 86. Схема внутрикартовой сети при поливе затоплением.

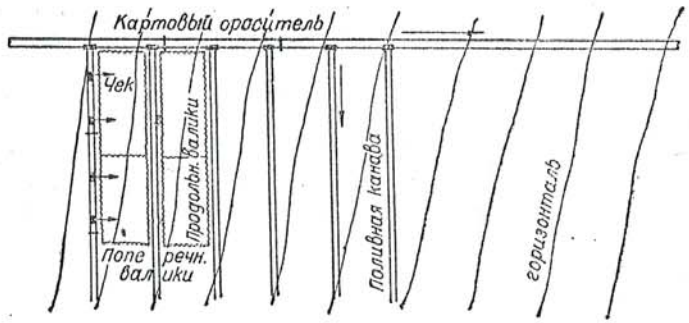


Рис. 87. Схема внутрикартовой сети при поливе затоплением.

В эти вспомогательные борозды вода из поливных канав подается через выпуски-трубки; один выпуск-трубка обслуживает 5 борозд. В полосы вода выпускается через переносные трубки.

В поливных канавах вблизи выпусков обязательно применение подпорных щитков или перемычек.

Выпуски и щитки делаются переносными из имеющихся местных материалов. Конструкцию выпусков и подпорных щитков разрабатывают, исходя из конкретных условий.

Из картовых оросителей в поливные канавы вода подается через выпуски.

Обязательными требованиями, предъявляемыми к каждому техническому проекту, должны быть: 1) проект типовой мелкой арматуры на картовой и внутрикартовой оросительной сети, т. е. постоянных и переносных щитков, постоянных и переносных выпусков и трубочек, водомеров и всех приспособлений для облегчения и улучшения полива, 2) проект строительных планировочных работ.

Расходы внутрикартовой сети

Поливные канавы проектируются на расход, равный одной поливной струе p л/сек. Размер поливной струи определяется способом полива, почвами, уклоном, рельефом и организацией работы поливальщиков.

Для бороздного полива поливная струя колеблется от 10 до 30 л/сек.; в зависимости от типа борозд, уклона, поливной нормы и состояния поливной канавы. Для полива напуском по полосам размеры поливной струи берутся крупнее — от 20 до 40 л/сек., в зависимости от уклона поливных канав, ширины полосы, удельной струи на 1 м ширины. Поливные струи >40 л/сек. могут быть приняты только при поливных канавах, параллельных картовому оросителю и не лежащих на пути машин.

Поливные канавы рассчитываются на полив в несколько тактов, причем число тактов (n) на поливной канаве определяется из следующей формулы:

$$n = \frac{B \cdot q}{b \cdot p};$$

Здесь: B — ширина карты в метрах;
b — расстояние между осями борозд или расстояние между осями полос при напуске в метрах;
q — струя в одну борозду или одну полосу в секундолитрах;
p — струя, даваемая в поливную канаву (поливной модуль) в секундолитрах.

Картовые оросители рассчитываются на однотактную или на многотактную работу, в зависимости от расхода картовых оросителей, от длины борозд и полос и расхода поливных канав. При поливе по длинным бороздам целесообразно применять однотактный полив. При поливе короткими бороздами неизбежен многотактный полив. Число тактов на картовом оросителе (n') определяется из следующей формулы:

$$n' = \frac{L \cdot p}{l \cdot Q_k};$$

где n' — целое число;
L — полная длина поливной карты в метрах;
l — средняя расчетная длина борозды или полосы в метрах;
Q_k — расход-нетто картового оросителя в секундолитрах;
p — расход поливной канавы в секундолитрах.

Для увязки принятых размеров ширины карты, поливной струи, времени полива карты и длины поливных полос и поливных борозд рекомендуется проверить расчетные величины по формуле:

$$m \cdot l \cdot B = 864\,000 \frac{p \cdot t}{n'}$$

Здесь: B — ширина карты при одностороннем командовании картового оросителя и половина ширины карты при двустороннем;
p — поливная струя в секундолитрах;
t — время полива карты в сутках;
m — расчетная поливная норма в кубометрах на гектар;
l — расчетная средняя длина поливных борозд или полос в метрах;
n' — число тактов на картовом оросителе.

При разработке проекта постоянной и временной оросительной сети обязательно должны быть запроектированы типовые постоянные и временные мелкие сооружения, водовыпуски из картовых оросителей, водовыпуски из поливных канав, перегораживающие сооружения на картовых оросителях и поливных канавах, служащие для правильного распределения воды на поливных картах.

ГЛАВА VIII

НОМЕНКЛАТУРА, РАСПОЛОЖЕНИЕ, РАСЧЕТНЫЕ РАСХОДЫ И ГОРИЗОНТЫ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

§ 41. Номенклатура оросительных каналов

Магистральным называется канал, принимающий воду из источника орошения и передающий ее в ветви и распределители.

Примечание. В отдельных случаях, на мелких системах, магистральный канал может передавать воду и непосредственно в оросители.

Ветвью магистрального канала называется канал, получающий воду из магистрали, обслуживающий отдельный крупный обособленный по характеру рельефа район оросительной системы и передающий воду в распределители.

Распределителем называется канал, получающий воду из магистрали или ее ветви и передающий воду в распределители низшего порядка или в оросители.

Колхозным распределителем называется канал, обслуживающий данный колхоз и передающий воду в групповые внутриколхозные распределители или в картовые оросители.

Групповым или внутриколхозным распределителем называется канал, обслуживающий часть колхоза (группу карт) и устраиваемый там, где подача воды в картовый ороситель из колхозного распределителя нецелесообразна по условиям рельефа или организационно-хозяйственным.

Картовым оросителем называется канал, подающий воду в поливные канавы (внутрикартовую сеть).

При временном картовом оросителе вода из него может подаваться непосредственно (через трубки) в полосы или борозды.

Холостой частью канала называется участок канала, на котором нет выпусков и который в силу этого предназначен только для транзита воды.

В холостой части магистрального канала особо выделяется головной участок его, служащий для задержания наносов, промывки или для подачи воды на гидроэлектрическую станцию и т. п.

Рабочей частью канала называется участок канала, где производятся выделы воды для орошения.

Сокращенные наименования элементов оросительной сети в проектах

Магистральный канал получает то или другое собственное наименование: например, Голодно-степский, Азизбековский и т. п.

При сокращенном обозначении магистрального канала ему присваивается заглавная буква его наименования с буквой *М*—например,«Г. М.»

Ветви магистрального канала называются присвоенным им наименованием, например «Южная ветвь», «Правая ветвь», «Левая ветвь».

Сокращенные обозначения ветвей будут соответственно: «Ю. в.», «П. в.», «Л. в.».

Распределители первого порядка называются присвоенным им собственным наименованием, например, «Центральный распределитель»; при сокращенном обозначении в этом случае ему присваивается буква его наименования с буквою «Р», например, «ЦР»; при отсутствии названия распределители первого порядка обозначаются порядковой нумерацией, присоединенной к сокращенному наименованию распределителя, например, Р—1, Р—3, а распределители второго порядка Р—1—2, Р—3—5.

Колхозный распределитель называется по названию обслуживаемого им колхоза, например, распределитель колхоза «Красноармейский». Если название хозяйства еще неизвестно, то распределитель получает сокращенное обозначение: Р—1—2.

Групповые или внутриколхозные распределители называются порядковыми номерами с присоединением сокращенного наименования их распределителя, например, Р—1—3—2, Р—1—2—5.

Картовые оросители обозначаются порядковыми номерами в пределах каждого группового или внутриколхозного распределителя, например, Р—1—3—2—5. Временная внутрикартовая сеть никаких условных обозначений не имеет.

Если в данной системе имеются только четыре звена, т. е. магистраль, колхозные распределители, внутриколхозные распределители и картовые оросители, то сокращенные наименования каналов будут такие:

Магистральный канал — Г. М.
Колхозный распределитель — К. Р. или Р—1, Р—3.
Внутриколхозный распределитель: Р—1—2, Р—2—4.
Картовый ороситель: Р—1—2—4, Р—2—4—5.

Если система состоит из 3 звеньев, то наименования каналов будут:

Магистральный канал — Г. М.
Колхозный распределитель — К. Р. или Р—1, Р—3.
Картовый ороситель — Р—1—1, Р—3—5.

§ 42. Обозначения расчетных площадей в оросительных проектах

Общая (валовая) площадь проекта орошения $\omega_{общ.\ вал.}$ Размеры общей валовой площади проекта орошения намечаются границами проекта; эти границы определяются пределами командования магистралей, естественными границами, административными и хозяйственными границами и, наконец, условными границами проекта.

Внешние резервы проекта орошения $\omega_{внеш.\ рез.}$ Под внешними резервами понимаются пограничные с проектом площади, которые могут быть в дальнейшем использованы для развития проекта. Размеры этих внешних резервов устанавливаются ориентировочно и распределяются на две категории: а) внешние резервы, пригодные для развития самотечного орошения; б) внешние резервы проекта, пригодные для развития механического орошения.

Внешние резервы не включаются в общую валовую площадь проекта и исчисляются отдельно.

Орошаемая площадь брутто $\omega_{ор.}^{брутто}$ *и неорошаемая площадь* $\omega_{неор}$.

Орошаемая площадь-брутто при наличии (в границах проекта) существующего орошения, не требующего коренного переустройства и не связанного с проектной площадью общим питанием, расчленяется на: а) проектную (расчетную) орошаемую площадь-брутто и б) существующую (фактическую) орошаемую площадь-брутто.

Неорошаемая площадь-брутто в границах проекта расчленяется на: а) внутренние резервы, к которым относятся площади неорошаемые, но требующие орошения и пригодные для орошения, б) площади, не требующие по природным и другим условиям орошения и в) неудобные для с.-х. использования земли.

Соотношение между площадями, указанными выше, следующее:

$$\omega_{об.\ вал} = \omega_{ор}^{брутто} + \omega_{неор}^{брутто}$$

$$\omega_{ор}^{брутто} = \omega_{пр.\ ор}^{брутто} + \omega_{сущ.\ ор}^{брутто}$$

$$\omega_{неор}^{брутто} = \omega_{неуд}^{брутто} + \omega_{не\ треб.\ ор}^{брутто} + \omega_{внутр.\ рез}^{брутто}$$

Каждая из трех групп орошаемых площадей, т. е. проектная площадь орошения, существующая площадь орошения и внутренние резервы орошения, должна быть расчленена на категории по способам орошения, т. е. на площади самотечного поверхностного орошения и площади механического орошения (и площади других видов орошения, если таковые будут представлены в проекте). Мелкие неорошаемые площади, разбросанные внутри орошаемых площадей, засчитываются в орошаемые площади-брутто и исключаются из расчета потребления воды при определении орошаемых площадей-нетто как выключки.

Орошаемая площадь-брутто слагается из проектной орошаемой площади-нетто плюс отчуждения и выключки, не входящие в расчет потребления воды. Под отчуждениями понимаются отчуждения под каналы и сооружения крупной, мелкой и мельчайшей сети, под дороги, специальные постройки и т. п. Под выключками понимаются мелкие площади, исключаемые из орошения по условиям рельефа или другим. Усадебные места и приусадебные земли не исключаются.

В состав проектной орошаемой площади-нетто входят площади всех культур, включенных в принятые проектом севообороты, а также все внесевооборотные постоянно или периодически орошаемые площади, как-то: поливные лесонасаждения, сады, виноградники, приусадебные огороды и внесевооборотные орошаемые культуры.

Таким образом проектные орошаемые площади брутто и нетто расчленяются на следующие составные части:

$$\omega_{пр.\ ор}^{брутто} = \omega_{пр.\ ор}^{нетто} + \omega_{отч} + \omega_{выкл}$$

$$\omega_{пр.\ ор}^{нетто} = \omega_{д.\ пол}^{нетто} + \omega_{непол}^{нетто}$$

Проектная орошаемая площадь-нетто, так же как и площадь-брутто, расчленяется по способам орошения на площади самотечного и механического орошения. Аналогично с проектной орошаемой площадью расчленяется и существующая орошаемая площадь.

Примерная форма таблицы подсчета площадей проекта орошения дана ниже (см. примерную таблицу подсчета площадей проекта орошения).

Примерная таблица подсчета площадей проекта орошения

(все площади в гектарах)

Проектная площадь нового орошения									Существующая оро				Удобн. неор. пл.						
Самотечное орошение				Механическое орошение				Итого проектная площадь нового орошения брутто / нетто	Самотечное орошение				Внутренние резервы			Неудобные земли	Неорошаемые земли	Общая валовая площадь проекта	Внешние резервы проекта
проектная площадь (нетто)	отчуждения	выключки	самотечное орошение (брутто)	площадь нетто	отчуждения	выключки	механическое орошение(брутто)		площадь нетто	отчуждения	выключки	итого самотечное орошение (брутто)	самотечное орошение (брутто)	механическое орошение (брутто)	не требующие орошения площади				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
									а) Требующая коренного, по проектом общим питанием щадь)															
									1 700	400	100	2 200												
									б) Не требующая коренного ная с проектом общим пи															
8 300	1 100	200	9 600	925	130	25	1 080	10 680 / 9 225	5 000	750	150	5 900												

Коэфициент использования земли для орошения:

$$K_1 = \frac{\omega_{\substack{нетто \\ пр.\ ор.}} + \omega_{\substack{нетто \\ сущ.\ ор.}}}{\omega_{об.\ вал.}} = \frac{16\,100}{22\,990} = 0{,}7$$

§ 43. Отчуждения под ирригационную и дорожную сеть для каналов в земляном русле

1. Приводимые ниже размеры отчуждения под ирригационную и дорожную сеть предназначены только для предварительных исчислений площади-нетто при составлении проектов орошения. При наличии составленного проекта полосы отчуждений исчисляются по проекту.

2. Составляющими полос отчуждения являются: каналы, кавальеры, бермы между краями кавальеров и бровкой канала, бермы между бровками каналов и бровками резервов, резервы, водосборы, кюветы, дороги, предохранительные валики, площади, выделяемые для каких-либо хозяйственных надобностей (рис. 88).

3. Глубина резерва вдоль магистральной и распределительной сети для предварительных расчетов принимается в 0,75—1,00 м, вдоль групповых распределителей — 0,50 м, вдоль картовых оросителей резервы не учитываются, так как они должны быть распаханы. Откосы резервов принимаются для предварительных расчетов одиночными. Кавальеры принимаются трапецоидального и треугольного сечения.

Коэфициент полезного использования орошаемых земель:

$$K_2 = \frac{\omega_{\substack{нетто \\ пр.\ ор.}}}{\omega_{\substack{брутто \\ пр.\ ор.}}} = \frac{11\,000}{12\,980} = 0{,}848.$$

Высота кавальеров трапецоидального сечения для расчетов принимается в 1,50 м. Высота кавальеров треугольного сечения зависит от условий производства работы экскаваторами. Откосы кавальеров трапецоидального сечения принимаются для расчетов равными 1 : 1.

Деревья и кустарники вдоль ирригационной и дорожной сети не требуют специального отчуждения, если располагаются по краю откосов дамб и кавальеров и по резервам, которые не могут быть спланированы. Специальные лесозащитные полосы исчисляются по соответствующим нормам их отчуждений.

4. Полоса отчуждений под картовый ороситель состоит из отвода под самый канал (между краями внешних откосов) и предохранительных площадок.

Ширина полосы отчуждения под картовые оросители в полувыемке-полунасыпи исчисляется в зависимости от расхода канала:

$Q < 0{,}10$ м³/сек.; $b^0 = 4$ м;

$Q = 0{,}10$ до $0{,}15$ м³/сек.; $b^0 = 4{,}5$ м.

5. Полоса отчуждения под колхозный, внутриколхозный (групповой) распределитель в полувыемке-полунасыпи состоит из отвода под самый канал (между краями внешних откосов) и предохранительных площадок.

Ширина полосы отчуждения исчисляется (при расходе, обозначенном буквой Q):

Q = до 0,20 м³/сек.; $b^0 = 5{,}0$ м;
$Q = 0{,}20 - 0{,}30$ м³/сек.; $b^0 = 5{,}50$ м;
$Q = 0{,}30 - 0{,}50$ м³/сек.; $b^0 = 6{,}00$ м.

6. Колхозные, групповые и внутриколхозные распределители в дамбах, объем которых превышает объем выемки, требуют закладки резервов. Полоса отчуждения состоит из отвода под самый канал между краями

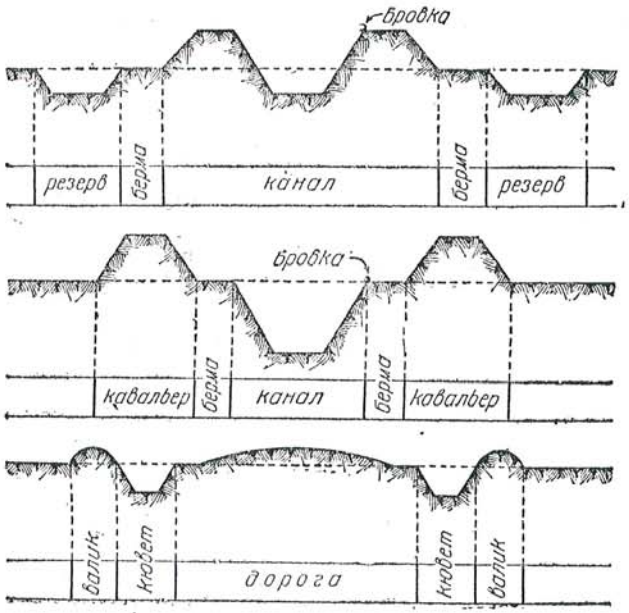


Рис. 88. Полосы отчуждений.

внешних откосов дамб, берм между краями откосов дамб и бровками резервов, резервов и предохранительных площадок.

Ширина полосы отчуждения исчисляется при:

Q = до 0,20 м³/сек.; $b^0 = 10$ м;
$Q = 0{,}20 - 0{,}30$ м³/сек.; $b^0 = 10{,}0 - 13{,}0$ м;
$Q = 0{,}30 - 0{,}50$ м³/сек.; $b^0 = 11{,}0 - 14{,}0$ м.

7. Полоса отчуждения для крупной сети, проходящей в выемке, состоит из отвода под самый канал, берм между бровками канала и краями внутренних откосов кавальеров, кавальеров и предохранительных площадок.

Полоса отчуждения для крупной сети, проходящей в полувыемке и полунасыпи и дамбах, состоит из самого канала, дамб, берм между краями

и внешними откосами дамб и бровками резервов, резервов и предохранительных площадок.

Ширина полосы отчуждения под крупную ирригационную сеть (расход до 30 м³/сек.) в грунтах, допускающих скорость до 1 м/сек., при предварительных подсчетах исчисляется в зависимости от ширины канала по дну (b) и глубины наполнения канала (h) по таблице:

Ширина полосы отчуждения (в метрах) *под крупную ирригационную сеть*

Характер профиля \ Расход в кубометрах в секунду	$\frac{b}{h}=2$				$\frac{b}{h}=5$				$\frac{b}{h}=8$			
	1—5	5—10	10—20	20—30	1—5	5—10	10—20	20—30	1—5	5—10	10—20	20—30
Выемка	17	23	30	39	17	24	35	49	17	28	40	55
Полувыемка	10	16	21	27	11	17	23	29	12	18	25	32
Заглубление 60%	15	22	28	36	15	20	26	32	—	—	—	—
» 40%	17	28	38	53	16	24	32	43	10	15	20	27
» 20%	21	35	52	75	17	30	44	50	17	26	40	57
Дамбы	26	48	77	106	24	36	53	75	24	36	53	70

8. Полоса отчуждения для водосборной сети, проходящей в выемке, состоит из отвода под самый водосбор, берм между бровками канала и краями внутренних откосов кавальеров, кавальеров и предохранительных площадок.

Ширина полосы отчуждения под водосборную сеть в грунтах, допускающих скорость до 1 м/сек., исчисляется по таблице:

Ширина полосы отчуждения (в метрах) *под водосборную сеть*

Расходы Q м³/сек.	Одиночные откосы		Полуторные откосы	
	Кавальеры треугольного сечения	Кавальеры трапецоидального сечения	Кавальеры треугольного сечения	Кавальеры трапецоидального сечения
	в метрах			
Групповой водосбор	2—3	2—3	3—4	3—4
0,10—0,50	6,0	11,0	7,0	9,0
0,50—1,00	7,0	11,5	8,0	10,0
1,00—2,00	9,0	12,5	10,0	11,5
2,00—4,00	11,5	14,5	12,0	14,0
4,00—7,00	14,5	18,0	16,0	19,0
7,00—10,00	18,0	21,5	19,5	24,0

9. Полоса отчуждения для грузовой дорожной сети состоит из земляного полотна дороги (до внутренних бровок кюветов), кюветов по обеим сторонам дороги и предохранительных площадок.

Ширина полосы отчуждения для полевых дорог при площади обслуживания менее 500 га может быть принята в 10 м.

Ширина полосы отчуждения для внутрихозяйственных дорог принимается в 16,5 м.

Ширина полосы отчуждений для эксплоатационных дорог принимается в 3,5 м.

10. Площадь отчуждений под дорожную сеть следует исчислять для предварительных подсчетов от всей площади обслуживания:

для внутрихозяйственных дорог	≤ 0,70%
» полевых »	≤ 0,98%
» эксплоатационных »	≤ 0,32%
Всего	≤ 2,00%

11. При определении ширины полосы отчуждения, состоящей из двух или нескольких элементов отчуждения, надлежит учитывать совмещения, как, например, кюветов с водосборами и т. п.

§ 44. Коэфициент использования земли для орошения

Отношение орошаемой площади-нетто к орошаемой площади-брутто сокращенно называется коэфициентом земельного использования.

Площадь орошения-брутто равна площади орошения-нетто плюс площадь отчуждения, как-то: ирригационная и дорожная сеть, резервы и кюветы, мелкие выключения площадей около магистралей и распределителей, коллекторов и крупных дорог, выключения под узловые сооружения на сети и т. п.

Величина коэфициента земельного использования зависит от размера площади системы и от рельефа местности. Чем больше площадь системы, тем меньше коэфициент земельного использования. При рельефе местности, благоприятствующем проведению ирригационной сети в полувыемке-полунасыпи, коэфициент земельного использования наибольший; при рельефе местности, вынуждающем проводить ирригационную сеть в дамбах, подсыпном дне и т. п., коэфициент земельного использования наименьший.

Для предварительных подсчетов принимают для системы с площадью командования до 30 000 га отчуждения под ирригационную дорожную сеть, под древесные насаждения и мелкие выключки в следующих размерах:

Площадь отчуждения для предварительных подсчетов

Площадь командования системы (в гектарах)	Процент неорошаемой площади	Коэфициент земельного использования
30 000 — 20 000	15	0,85
20 000 — 10 000	13	0,87
10 000 — 1 000	12	0,88
Меньше 1 000	10	0,90

Площадь под усадьбы и приусадебные земли отводится согласно Сталинскому уставу с.-х. артели и соответствующим указаниям Наркомзема и Наркомсовхозов. В указанные выше отчуждения усадьбы и приусадебные земли не входят.

Специальные отчуждения и крупные выключки, показываемые на плане, учитываются каждое отдельно и точно по плану, и при наличии их коэфициент земельного использования уменьшается.

§ 45. Расположение проводящих оросительных каналов (распределителей)

Под проводящими оросительными каналами здесь понимаются все распределители.

Плановое расположение проводящей оросительной сети должно обеспечить возможность правильного конструирования и нормальную эксплоатацию каналов, обеспечить рациональную организацию территории каждого орошаемого колхоза и совхоза, создать условия для правильного использования средств производства социалистического орошаемого хозяйства.

Проект расположения проводящей оросительной сети зависит и определяется целым рядом требований и условий, которым он должен удовлетворять и которые он должен учитывать.

Основными из этих требований и условий являются:

а) рельеф, уклоны, размеры и конфигурация орошаемой площади;

б) трасса магистрального канала;

в) принятая техника полива и, следовательно, принятое расположение картовых оросителей;

г) технические условия проектирования сети: командование, устойчивость каналов, минимальные потери воды, минимум стоимости и пр.;

д) границы хозяйств, проектируемые (и существующие) поля севооборота, усадьбы, бригадные и звеньевые участки, лесозащитные полосы, дороги и пр.;

е) условия правильного использования внутрисистемной гидроэнергии;

ж) требования рациональной эксплоатации оросительной сети и сооружений.

Ввиду этого проект расположения проводящей сети должен быть частью единого комплексного проекта правильного землеустройства орошаемого массива и советских хозяйств, находящихся на нем.

Рассмотрим в качестве примера несколько схем расположения каналов и основные требования и условия проектирования этих каналов.

Основные варианты расположения магистральных каналов:

1) вдоль горизонталей с малым уклоном;

2) нормально к горизонталям, по скату местности или по водоразделу.

Основные варианты расположения картовых оросителей:

1) вдоль горизонталей, с малым продольным уклоном;

2) нормально к горизонталям.

Основные варианты рельефа и конфигурации орошаемой площади.

1) рельеф спокойный, уклоны однообразные; орошаемый участок представляет узкую полосу, вытянутую вдоль магистрали;

2) рельеф спокойный; уклоны разнообразные, участок широкий, ширина участка различная и превышает 4 км;

3) то же, но рельеф сильно пересеченный с резко выраженными водоразделами и тальвегами или холмистый; расстояния между водоразделами и направление их самые разнообразные, ширина участка разнообразная.

1. Основные требования правильной организации территории орошаемых хозяйств

1) Конфигурация орошаемых площадей колхозов должна обеспечивать условия правильной организации территории. Не допускается большая вытянутость орошаемой площади и чересполосица.

2) Усадьбы и приусадебные земли каждого колхоза и хозяйственных единиц совхозов располагаются, как правило, в одном массиве.

3) Усадьбы и приусадебные земли должны быть обеспечены водой для хозяйственных нужд и для орошения приусадебных земель по возможности через особый усадебный распределитель. Вода для питья берется, как правило, из колодцев.

4) Каждое поле севооборота располагается в одном массиве, имеющем однородную почвенно-мелиоративную характеристику.

5) Поле севооборота состоит из одной или нескольких целых поливных карт.

6) Закрепление за бригадами полей севооборота производится как целыми полями, так и частями их. Обеспечивается равномерность нагрузки бригад.

7) Площади, закрепленные за бригадами, должны обеспечить возможность правильной расстановки звеньев.

8) Усадьбы и орошаемые поля должны быть связаны между собою и с транзитными дорогами хорошей дорожной сетью.

2. Основные требования рациональной эксплоатации проводящих оросительных каналов

1. Каждому колхозу, совхозу или отделениям совхоза обеспечивается выдел воды в одной-двух точках, оборудованных водомерами.

2. Выделы воды (хозяйствам) на системе должны быть объединены в минимальное количество распределительных узлов.

3. Все картовые оросители, обслуживающие одно поле севооборота, получают воду из одного колхозного или внутриколхозного распределителя.

4. Распределение воды между внутрихозяйственными единицами (производственный участок, производственная бригада) должно быть наиболее простым и по возможности независимым от соседних внутрихозяйственных единиц.

5. Ко всем сооружениям и каналам проводящей оросительной сети должен быть обеспечен подъезд для осмотра и ремонта их по грузовым или по эксплоатационным дорогам.

Ниже в качестве примера рассматриваются некоторые основные схемы расположения распределителей и дается оценка различных вариантов решения этой задачи.

Схема 1. Трасса магистрального канала располагается вдоль горизонталей с малым продольным уклоном. Орошаемый участок представляет узкую однообразной ширины полосу земли (от 1 до 4 км), вытянутую вдоль магистрального канала. Рельеф участка спокойный. Уклоны однообразные.

В этих условиях возможны следующие основные варианты расположения проводящей сети.

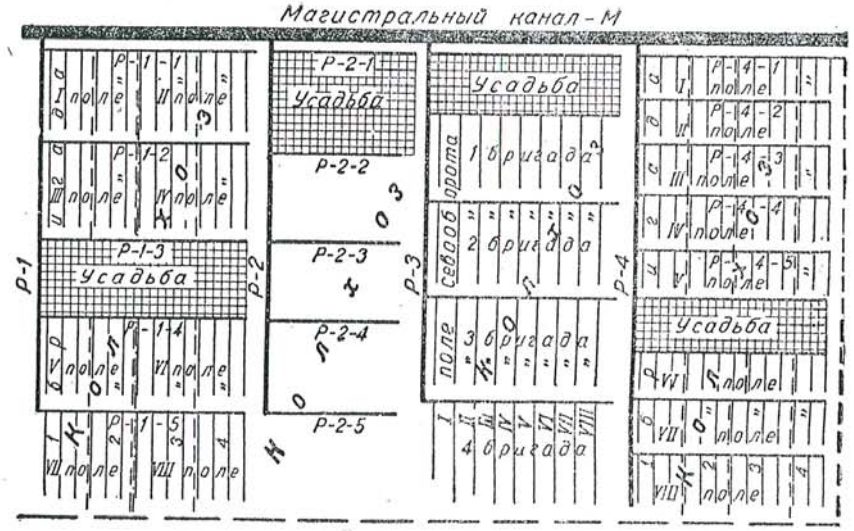
Если картовые оросители нужно трассировать нормально к горизонталям, то получаются схемы *Iа*, *Iб* и *Iв*.

При картовых оросителях, расположенных вдоль горизонталей, — схема *Iг* и схема *Iд* (в елку).

Все эти схемы показаны на чертежах 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95 (см. стр. 141—144).

По удельной протяженности проводящей сети и потерям воды на фильтрацию худшей схемой является схема *Iа*, лучшей схемой — *Iг*. Остальные схемы занимают промежуточное положение.

Независимый выдел воды каждому хозяйству можно сделать в каждой схеме. При больших площадях хозяйств, может получиться несколько


Магистральный канал - М
Усадьба
Усадьба
Усадьба

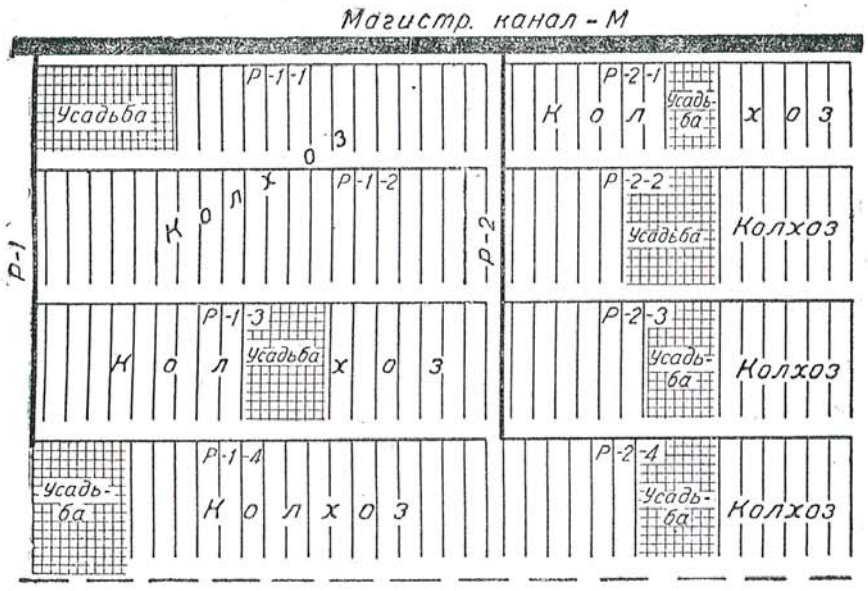


Рис. 91. Схема Iб.

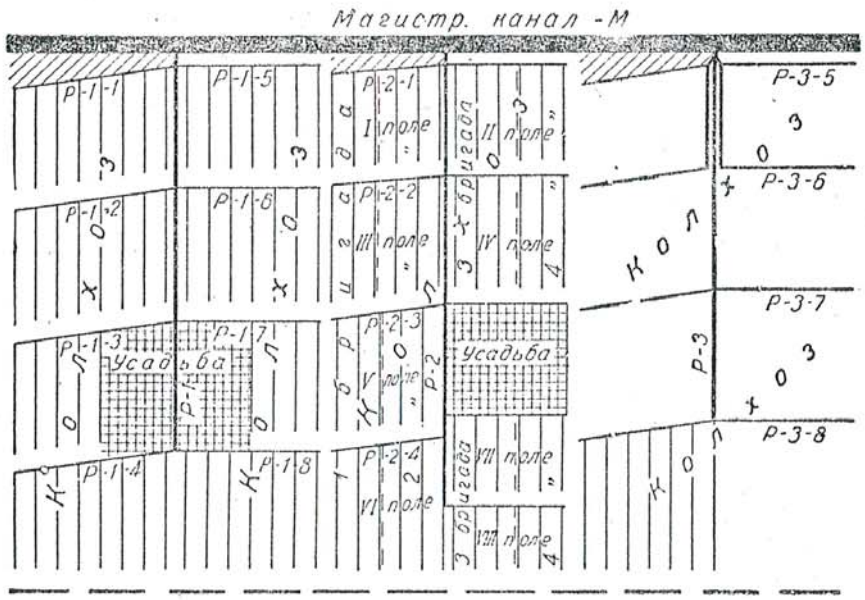


Рис. 92. Схема Iв.

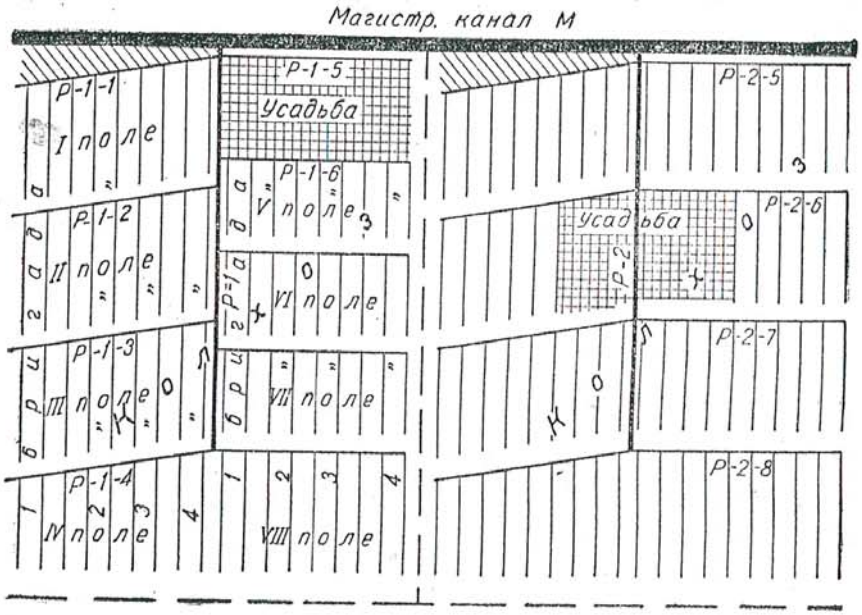


Рис. 93. Схема Iв.

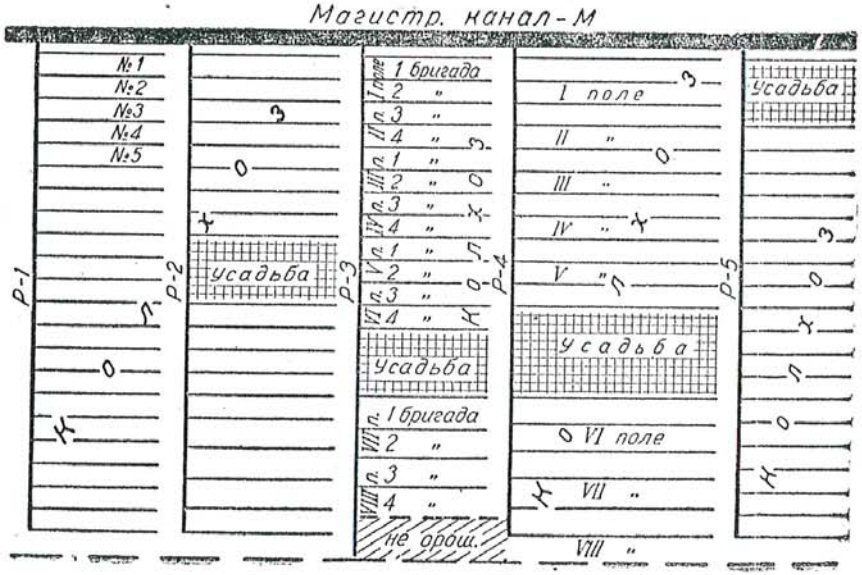


Рис. 94. Схема Iг.

Схемы *Iа* и *Iв* позволяют дать больше хороших вариантов по организации территорий орошаемых хозяйств, лучше разместить поля севооборота, более равномерно распределить их между производственными бригадами. Схемы *Iг* и *Iд* в этом отношении хуже. Более подробный и полный анализ каждой из схем и окончательный выбор можно сделать только при конкретном проектировании.

Возможные варианты размещения полей севооборота, бригадных участков и усадеб хлопковых колхозов при различных схемах расположения проводящей сети показаны на чертежах 90—95.

В примерах принималось 8 полей севооборота. Усадьбы расположены в одном месте, причем место под усадьбу выбиралось, исходя в каждом конкретном случае из общих условий организации хозяйства и землеустройства. Число производственных бригад — 4. За каждой бригадой

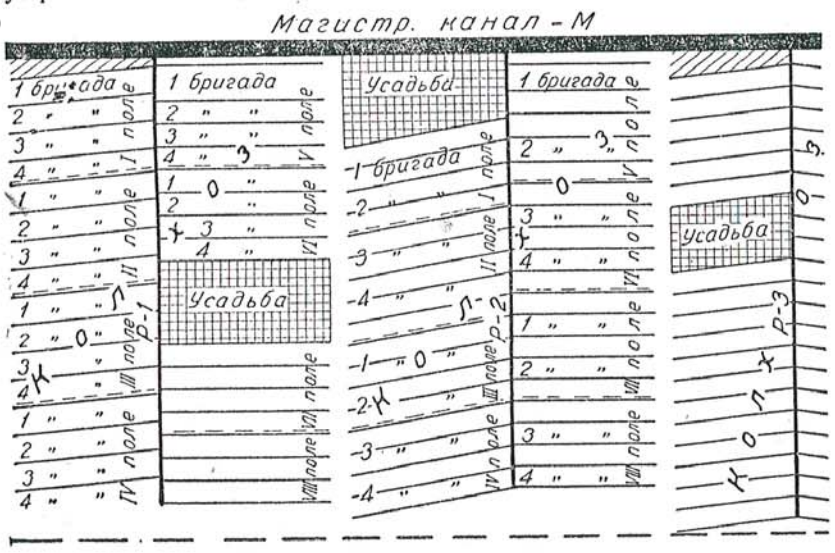


Рис. 95. Схема Iд.

закрепляются по четыре половины поля севооборота (в четырех полях) или по четверти во всех полях севооборота.

Показанные схемы разбивки полей севооборота, усадеб и производственных бригад в хлопковых колхозах позволяют отметить, что схемы *Iа* и *Iв* более гибки в смысле рационального расположения полей, усадеб, бригад. Они позволяют дать компактные бригадные участки в одном массиве при одновременном закреплении земель за бригадами в нескольких или во всех полях севооборота.

В схемах *Iб*, *Iг* и *Iд* бригадные участки обычно разбросаны по территории колхоза. Деление воды между бригадами и полями в схемах *Iа* и *Iб* может быть лучше организовано, чем в схемах *Iг* и *Iд*.

В случае, когда за каждой бригадой необходимо закрепить участки во всех полях севооборота и не ставится условие дать каждой бригаде один массив, задача упрощается, так как различное расположение сети оказывает в этом случае меньшее влияние на размещение бригадных участков. Однако и здесь схемы *Iа* и *Iв* могут дать лучший результат и создать

компактные бригадные участки при закреплении за каждой бригадой участков во всех полях севооборота. В условиях хлопковых совхозов, где поля севооборота большие и за бригадами возможно закрепление целых полей, задача размещения равновеликих полей и закрепления их за бригадами решается легко.

Для орошаемых колхозов зерновой специализации тоже сравнительно легко найти хороший вариант, так как за бригадами закрепляются большие площади, порядка 200—400 га, число бригад небольшое и за каждой бригадой участки закрепляются во всех полях севооборота.

Схема II. Рельеф участка сильно изрезан; ширина участка небольшая; конфигурация орошаемой площади неправильная.

Здесь, как и в схеме *I* возможны все пять вариантов сети, только в значительно усложненном виде. Здесь будут иметь место главным образом комбинированные варианты расположения распределителей. В некоторых случаях придется даже отступать от заданного расположения картовых оросителей, особенно если трасса их задана по направлению горизонталей, так как это расположение картовых оросителей здесь будет связано с неправильной конфигурацией карт и различной величиной их площади. Кроме того, и полив по бороздам с малым уклоном, расположенным вдоль горизонталей, здесь будет затруднен плохим микрорельефом.

В этих условиях значительно труднее найти хороший вариант размещения полей, бригад и усадеб. Резко выраженный рельеф, изрезанность его тальвегами и водоразделами в значительной мере предопределяет трассу оросительных каналов.

Схема III. Трасса магистрального канала располагается вдоль горизонталей. Участок представляет широкую, более 4 км, полосу правильной конфигурации, вытянутую вдоль магистрального канала. Рельеф спокойный, уклоны однообразные.

В этих условиях возможны две основные схемы, т. е. схема *IIIа* и схема *IIIб* (рис. 96 и 97).

При небольших площадях хозяйств, меньше 400 га, хорошие варианты решения дает схема *IIIб*, при которой крупные распределители расположены в несколько ярусов. При схеме *IIIа* могут получаться чрезмерно вытянутые площади колхозов или колхозы будут иметь много точек выдела воды; при этом выделы будут располагаться не на магистрали, а на межколхозных распределителях, идущих нормально к горизонталям.

При схеме *IIIб* площадям колхозов можно придать любую конфигурацию и принять любую нужную схему для внутриколхозной сети, т. е. схемы *Iа*, *Iв*, *Iг*, *Iд*. Хорошее решение задачи в схеме *IIIа* можно получить при расположении колхозной сети по схеме *Iа* и *Iв*. Схемы *Iг* и *Iд* здесь будут давать неудовлетворительное решение задачи в смысле эксплоатации оросительных каналов.

При больших площадях колхозов, при орошении совхозов, при картовых оросителях, трассированных нормально к горизонталям, хорошее расположение сети можно получить по схеме *IIIа*, варианты *Iа* и *Iв*.

Если в этих условиях картовые оросители необходимо располагать по горизонтали, тогда лучше применить схему *IIIб*, т. е. разбить орошаемую площадь на 2—3 яруса для уменьшения длины групповых распределителей. Особенно это необходимо, если уклон местности будет более 0,003 и на больших групповых распределителях потребуется много перепадов.

Схема *IIIа* при расположении внутриколхозной сети по схемам *Iг* и *Iд* дает минимальные потери воды в колхозных и групповых распределителях, а также дает минимальную удельную протяженность распределителей,

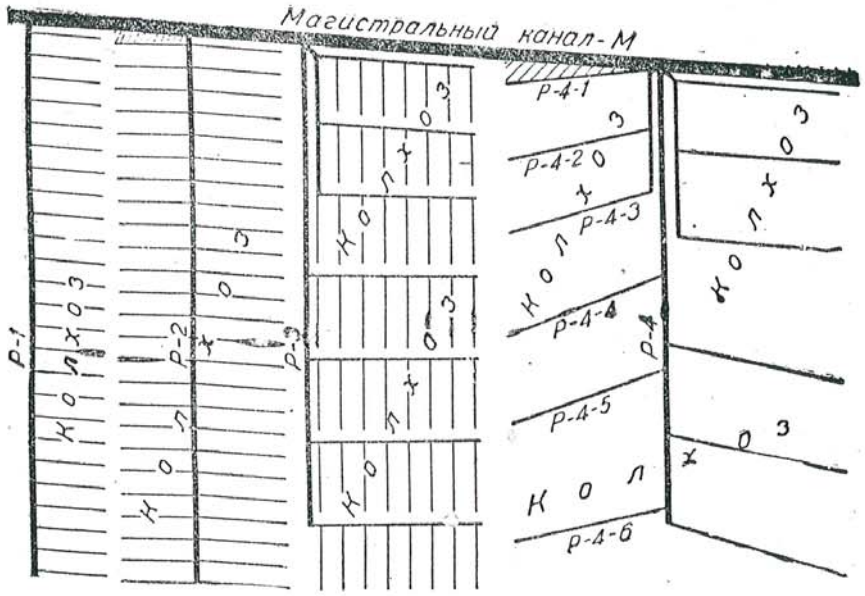


Рис. 96. Схема IIIа.

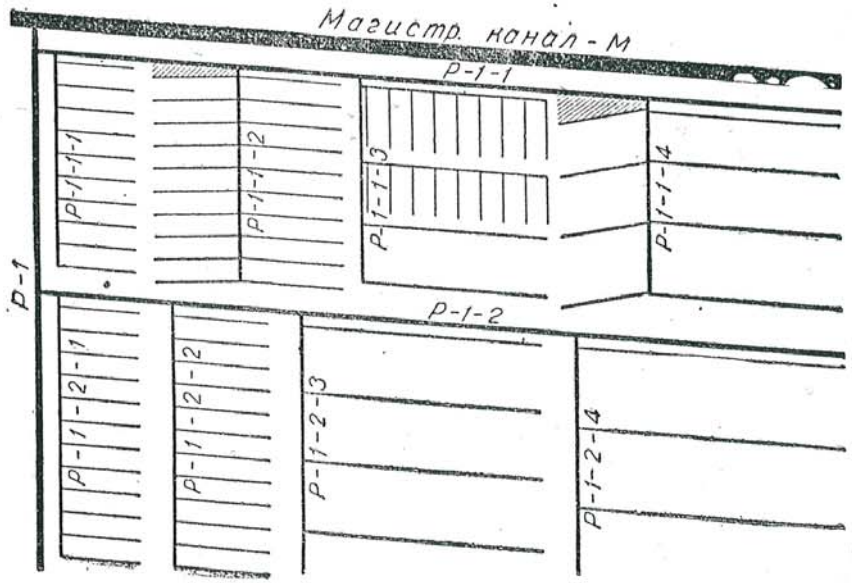


Рис. 97. Схема IIIб.

Схема IV. Трасса магистрального канала расположена вдоль горизонталей. Участок большой ширины — больше 4 км. Рельеф сильно пересеченный с большими уклонами или холмистый с малым уклоном.

В этих случаях, как и в схеме *II*, неизбежны комбинированные схемы расположения проводящей сети. Для нахождения вполне удовлетворительного решения задачи здесь особенно важно проектирование нескольких вариантов сети и детальное сравнение их по всем показателям, а не только по капитальным затратам, как это зачастую встречается в проектах. Наиболее сложно в этих условиях проектирование равновеликих полей, правильных карт и картовых оросителей, особенно если оросители должны быть расположены вдоль горизонталей.

Если трасса магистрального канала располагается нормально к горизонталям или по водоразделу, то расположение колхозных и совхозных распределителей производится по одной из уже рассмотренных выше схем.

При составлении проекта расположения проводящей сети особое внимание должно быть уделено использованию гидроэнергии на каналах проводящей сети. Это возможно или в местах больших сосредоточенных естественных падений местности (перепады на каналах, сбросы в тальвеги и пр.), или в холостых частях распределителей.

Наиболее простой получается схема расположения ГЭС, когда вблизи крупного распределителя, получающего воду из магистрали, проходит естественный тальвег, в который можно сбросить воду из распределителя и этим обеспечить постоянство расходов распределителя.

В каждом проекте проводящей оросительной сети обязательно должны быть проработаны возможные варианты расположения внутрисистемных ГЭС.

§ 46. Размеры и расположение поливных карт и картовых оросителей

Поливной картой называется площадь, ограниченная двумя смежными картовыми оросителями, колхозным или групповым распределителем и дорогою или групповым водосбором.

Поливные карты, получающие воду из одного колхозного или группового распределителя, составляют группу поливных карт.

Группы поливных карт входят в состав организационно-хозяйственных единиц орошаемого хозяйства: полей севооборота и бригадных участков.

При проектировании мелкой сети необходимо учитывать как ирригационные требования, так и требования механизированного полеводства и правильной организации труда в хозяйстве и находить согласованное решение, ставя основную задачу — добиться устойчивого высокого урожая культур и повышения плодородия орошаемых земель.

1. Размеры и расположение поливных карт и картовых оросителей при поливе по бороздам

1. Площади поливных карт в пределах одной группы должны быть по возможности однообразными. При невозможности сохранить однообразие площадей поливных карт необходимо стремиться к тому, чтобы площади карт находились в простых кратных отношениях. Рекомендуется, например, принимать площади карт в 5 га, 10 га, 20 га.

Площади поливных карт должны быть строго согласованы с проектируемыми размерами полей севооборота так, чтобы каждое поле севооборота состояло из нескольких целых поливных карт.

2. Длина поливной карты принимается в пределах от 0,5 до 1,5 км. При выборе нормальной длины поливной карты можно придерживаться следующих размеров, в зависимости от условий рельефа и уклона.

Длина поливной карты (в метрах) *в зависимости от условий рельефа*

Рельеф орошаемых площадей \ Уклоны орошаемых площадей	Малые—до 0,002	Средние— 0,002—0,005	Большие— 0,005—0,015	Очень большие > 0,015
Спокойный нерасчлененный	800—1 000	800—1 500	700—1 500	700—1 000
Слабо расчлененный	700—1 000	700—1 500	600—1 500	500—1 000
Сильно расчлененный	600—1 000	500—1 500	В зависимости от условий	
Холмистый	500— 800	В зависимости от условий		

Примечание. Для проницаемых грунтов верхний предел длин для всех категорий снижается до 1 000.

3. Длинные стороны поливных карт должны быть параллельными и прямолинейными. Расстояния между параллельными сторонами карт должны быть одинаковыми по всей длине карты.

4. Угол поворота менее 120° и угол примыкания картовых оросителей меньше 60° не рекомендуются.

5. Ширина поливных карт определяется условиями рельефа, почв, размерами и расположением временной внутрикартовой оросительной сети. При одностороннем командовании картовых оросителей ширина поливной карты принимается от 100 до 200 м.

При определении нормальной ширины поливной карты можно придерживаться следующих размеров для карт одностороннего командования.

Ширина поливной карты (в метрах) *в зависимости от условий рельефа*

Рельеф орошаемых площадей \ Уклоны орошаемых площадей	Малые—до 0,002	Средние— 0,002—0,005	Большие— 0,005—0,015	Очень большие— 0,015—0,030
Спокойный и слабо-расчлененный	100—200	150—200	150—200	100—200
Пересеченный и холмистый	100—150	100—150	—	—

Примечание 1. При одинаковой возможности выбора в пределах данного диапазона надлежит придерживаться верхних пределов ширины карты при хороших микрорельефах и нижних пределов—при плохих.

Примечание 2. Для карты двустороннего командования ширина удваивается, если двустороннее командование возможно не менее как на 90% длины карты

Ширина карт устанавливается с учетом необходимых планировочных работ.

6. Суммарная площадь нормальных карт, т. е. карт, имеющих длину, ширину и конфигурацию, указанные в пунктах 2, 3, 4 и 5, должна быть не менее 90% площади проекта.

7. Картовые оросители оканчиваются у последней поливной канавы. Для опорожнения картовых оросителей, если в этом встретится необходимость, при эксплоатации могут устраиваться временные концевые картовые сбросные канавы. Постоянные картовые концевые сбросы не делаются.

8. Основными требованиями, предъявляемыми к расположению картового оросителя, являются: а) командование горизонтов воды в нем над площадью поливной карты, б) соответствие картового оросителя уклону проектируемых борозд и их направлению.

При уклонах местности, не превышающих 0,002, при которых нормальным будет полив глубокими тупыми бороздами, возможно различное расположение картовых оросителей по отношению к горизонталям местности; некоторое преимущество дает в этом случае проектирование картовых оросителей нормально к горизонталям, как позволяющее дать им лучшее командование.

При уклонах местности от 0,002 до 0,005 картовые оросители располагаются нормально к горизонталям или под острым углом к ним. При поливе по глубоким тупым длинным бороздам картовые оросители располагаются с уклоном 0,002—0,003 или нормально к горизонталям. При поливе по коротким глубоким тупым бороздам картовые оросители располагаются с уклоном 0,0005—0,001.

При больших уклонах местности, в пределах 0,005—0,015, и хорошем рельефе и микрорельефе картовые оросители располагаются преимущественно под острым углом к горизонталям с таким расчетом, чтобы уклон картовых оросителей был не больше 0,003—0,005.

При больших уклонах и при плохих рельефах дать какую-либо типовую схему разбивки сети картовых оросителей невозможно. Здесь могут быть разные по расположению и по размеру карты, а следовательно, и различные виды бороздного полива, если планировкой нельзя обеспечить хороший полив по глубоким бороздам без сброса.

2. Размеры и расположение карт и картовых оросителей при поливе напуском по полосам

1. При поливе напуском по полосам площади поливных карт, длина и конфигурация их определяются в основном теми же соображениями, которые применяются для расположения карт при поливе по бороздам.

2. Схема расположения картовых оросителей при поливе напуском по полосам строится на основе таких правил:

а) полосы располагаются нормально к горизонталям местности;

б) по форме нормальная полоса представляет длинный, узкий четырехугольник с параллельными длинными сторонами;

в) при поливе напуском по полосам подача воды в полосы производится или из поливных канав, идущих параллельно коротким сторонам полос, или непосредственно из картового оросителя.

3. В соответствии с требованием расположения полосы нормально к горизонталям возможны следующие две основные схемы расположения картового оросителя и поливных карт при поливе напуском по полосам.

Схема I. Картовый ороситель располагается нормально к горизонталям; полосы располагаются параллельно длинной стороне карты,

поливные канавы проводятся с небольшим уклоном параллельно коротким сторонам полос. Преимущество указанной схемы заключается в том, что вода, сбрасываемая в концах полос, может перехватываться нижними поливными канавами и использоваться на нижележащих полосах; при различных уклонах и почвах внутри карты длины полос могут быть различными; посев и уборка производятся вдоль длинных сторон карт и совпадают с направлением полос.

Схема II. Картовый ороситель располагается по направлению горизонталей с необходимым небольшим уклоном, поливные канавы проводятся параллельно картовому оросителю или не делаются вовсе; полосы нарезаются нормально к горизонталям поперек всей карты.

Преимущество второй схемы заключается в том, что поливные канавы не мешают работе с.-х. машин и орудий, а могут и совершенно отсутствовать. Преимуществом карт второй схемы является возможность значительного увеличения ширины карты, которая в этой схеме равна длине полосы.

Основными недостатками второй схемы являются: невозможность использовать сбросные воды внутри карты, необходимость при уборке пересекать валики, что при расстояниях между валиками в 4—8 м будет отражаться на движении машин, и сложность полива при пестром рельефе. Вторая схема на пересеченных скатах затруднительна.

4. Ширина карт при второй схеме определяется расчетною длиною полосы, а при первой схеме принимается примерно таких же размеров, как и при поливе по бороздам (см. о размерах карт при поливе по бороздам).

5. При длинных $\geqslant$ 300 м полосах необходимо на конкретных типовых участках запроектировать и проанализировать обе схемы, учитывая: а) влияние той или другой схемы на пахоту, посев и уборку, б) влияние расположения сети на равномерность увлажнения почвы, на потери воды, на размеры поливных норм, в) влияние на затраты труда при поливе, г) влияние на размер планировочных работ и стоимость устройства мелкой сети и арматуры.

3. Варианты проектирования крупных карт

Механизация с.-х. работ и требования агротехники поставили перед ирригационным проектированием целый ряд вопросов, которые не вполне разрешаются изложенными выше условиями проектирования мелкой сети. Например, необходимость переменять направление пахоты ставит задачу создания более широких карт. То же требование вытекает из перекрестной механизированной междурядной обработки широкорядных культур, из условий повышения производительности труда при поливах напуском. Вполне проверенного опытом и практикой решения поставленных задач, при условии самотечного поверхностного орошения, пока еще нет.

Однако возможные в отдельных конкретных условиях варианты такого проектирования уже наметились.

Опытами изучения техники полива напуском по полосам установлено, что при хорошем рельефе, при средних уклонах, при хорошо спланированных полосах, при устойчивых от размыва почвах, применяя достаточно крупную струю, можно увеличить длину полос до 400—500 м. При таком условии можно получить большие карты, порядка 40—50 га.

Схема расположения и размеры такой карты следующие.

Картовый ороситель располагается под малым острым углом к горизонталям; длина картового оросителя проектируется около 1 км (можно и больше). Длины полос, располагаемых нормально к горизонталям,

принимаются около 400—500 м, т. е. ширина карты в этом случае получается также около 400—500 м.

Выпуск воды из картового оросителя в полосы производится непосредственно в полосы при помощи переносного сифона или через постоянные выпуски сначала в поливные канавы, а из них уже в полосы. При этом поливные канавы располагаются вдоль картового оросителя и не мешают работе машин и орудий.

При поливе широкорядных культур по бороздам увеличение карты возможно путем значительного удлинения поливных канав при более тщательном устройстве их или путем устройства временных картовых оросителей, или путем удлинения борозды. Схема такой карты получается, например, следующей.

Постоянный ороситель располагается под малым острым углом к горизонталям с уклоном порядка 0,001—0,003. Длина этого оросителя принимается в зависимости от рельефа. Нормально к оросителю проводятся поливные канавы или временные картовые оросители длиною, определяемой рельефом и планировкой. Расстояния между поливными канавами равны длинам проектируемых борозд, располагаемых параллельно постоянному оросителю. Поливные канавы ежегодно распахиваются и вновь восстанавливаются после посева. Профиль (поперечный) поливных канав делается с пологими откосами.

При возможности устройства длинных борозд получается следующая схема сети: из постоянного оросителя вода подается в поливные канавы, расположенные параллельно ему, а из них в длинные борозды.

§ 47. Расчетные расходы оросительных каналов

В проектах устанавливаются следующие расчетные расходы оросительных каналов:

1) Нормальный расчетный расход (нетто) . . . . . $Q^{нетто}_{норм}$

2) Нормальный расчетный расход (брутто) . . . . . $Q^{брутто}_{норм}$

3) Максимальный или форсированный расчетный расход (брутто) . . . . . $Q^{брутто}_{макс}$

4) Минимальный расчетный расход (нетто) . . . . . $Q^{нетто}_{мин}$

5) Минимальный расчетный расход (брутто) . . . . . $Q^{брутто}_{мин}$

При установлении расчетных расходов каждого оросительного канала необходимо прежде всего учесть, непрерывно или с перерывами он работает. Если канал работает непрерывно, то его расчетный расход равен произведению орошаемой им площади ($\omega_{нетто}$) и расчетной ординаты графика гидромодуля.

Если канал работает периодически (по водообороту), то его расчетный расход равен произведению орошаемой площади $\omega_{нетто}$, ординаты графика гидромодуля и коэфициента водооборота.

Под нормальным расчетным расходом $Q_{нетто}$ оросительного канала понимается расчетный расход канала, близкий к максимальному, которым он работает продолжительное время. В соответствии с этим нормальные расчетные расходы оросительного канала, работающего непрерывно, определяются по следующей формуле:

$$Q^{нетто}_{норм} = q^{норм}_{расч} \cdot \omega^{нетто}_{расч},$$

где $\omega^{нетто}_{расч}$ — расчетная площадь (нетто), орошаемая данным каналом;

$q^{норм}_{расч}$ — расчетная ордината расчетного графика гидромодуля, построенного для расчетных севооборота и состава культур и расчетной их урожайности. Эта ордината равна или близка к $q_{макс}$.

Нормальные расчетные расходы оросительных каналов, работающих в расчетный период прерывисто, по водообороту, устанавливаются из следующей формулы:

$$Q^{нетто}_{расч} = q^{норм}_{расч} \cdot \omega^{нетто}_{расч} \cdot \beta;$$

где β — коэфициент водооборота, равный отношению $\frac{t_0}{t}$, где t_0 расчетный поливной период, t — сокращенное время работы данного канала в соответствии с проектируемым водооборотом.

Остальные обозначения, как и в предыдущей формуле. Максимальный расчетный расход характеризует предельный возможный расход оросительного канала.

Максимальный расчетный расход определяется следующим образом:

$$Q^{брутто}_{макс} = Q^{брутто}_{норм} \cdot K;\ K \geqslant 1.$$

Размер превышения максимального расхода канала против нормального определяется для каждого канала с учетом динамики всех условий, от которых зависит расход канала.

Размер превышения максимального расхода над нормальным, или коэфициент форсировки K, не должен быть больше следующих величин:

а) картовые оросители . . . . . $K = 1$
б) распределители . . . . . $K = 1{,}0—1{,}30$
в) магистрали и ветви их . . . . . $K = 1{,}0—1{,}20$

Превышения против нормальных расчетных расходов определяются в результате анализа возможного изменения гидромодуля (q), площади (ω), коэфициента водооборота и всех тех причин, которые могут вызвать увеличение расчетного расхода канала, как-то: режим источника, засушливость года, возможность аварий, увязка расходов каналов и пр. В технических проектах размеры коэфициентов K обязательно устанавливаются расчетом в каждом конкретном случае.

Под минимальным расчетным расходом-нетто понимается наименьший расчетный расход канала, определяемый согласно расчетному графику гидромодуля и расчетному плану водопользования и водооборота:

$$Q^{нетто}_{мин} = q^{мин}_{расч} \cdot \omega^{нетто}_{расч};$$
$$Q^{нетто}_{мин} = q^{мин}_{расч} \cdot \omega^{нетто}_{расч} \cdot \beta'.$$

Порядок и техника проектирования расчетных расходов (нетто) для оросительных каналов таковы.

а. Разрабатывается проект расположения оросительной, водосборной и дорожной сети, в полном соответствии с проектом рациональной организации территории орошаемых колхозов и совхозов (усадьбы, севообороты, поля севооборотов, бригадные участки, участки звеньев, лесозащитные полосы, древесные посадки и пр.). На основе мелиоративной схемы составляются расчетные графики гидромодуля. Графики гидромодуля составляются для каждого колхоза и совхоза, имеющих свои отличные от других хозяйств севообороты и составы культур или отличные расчетные нормы и сроки полива культур, и для всей системы в целом, как сумма отдельных частных графиков.

б. Затем подсчитываются проектные орошаемые площади-брутто и нетто для всей системы, для каждого хозяйства, каждого севооборота, каждой усадьбы, каждой водопользовательной единицы и оросительного канала (подсчет отчуждений производится по укрупненным измерителям).

в. Наконец, разрабатывается расчетный план и порядок работы каналов, или расчетный план водораспределения.

г. На основе всех этих данных подсчитываются сначала расчетные расходы-нетто, а затем расходы-брутто.

В основу составления расчетного плана водораспределения, а следовательно, и расходов каналов кладутся следующие положения.

1. Каждый колхоз (и каждый совхоз) представляет собою самостоятельного потребителя воды и получает воду согласно своей расчетной орошаемой площади и своему расчетному плану водопользования и расчетному графику гидромодуля. Кроме того, каждое хозяйство получает воду на усадьбы и приусадебные земли (если они не учтены в графике гидромодуля).

В силу этого, если данный колхоз (или совхоз) обслуживается одним распределителем или имеет один распределительный узел, то расчетные расходы Q $_{нетто}$ этого распределителя или узла определяются по формулам:

$$Q^{нетто}_{норм} = q^{норм}_{расч} \cdot \omega^{нетто}_{расч};$$
$$Q^{нетто}_{мин} = q^{мин}_{расч} \cdot \omega^{нетто}_{расч};$$

Если же данное хозяйство имеет несколько распределителей и несколько выделов воды, то расчетные расходы этих распределителей будут зависеть от порядка их работы.

Они могут работать по очереди, и тогда их расход будет равен расходу, поступающему в хозяйство, или они будут работать все непрерывно, и тогда их расходы будут пропорциональны площади каждого, в сумме составляя расход, подаваемый всему хозяйству.

2. Расчетные расходы $Q_{нетто}$ для магистрального канала или крупного межколхозного распределителя, обслуживающего несколько хозяйств, рассчитываются по участкам канала от узла к узлу по формулам:

$$Q^{нетто}_{норм} = q^{норм}_{расч} \cdot \omega^{нетто}_{расч};$$
$$Q^{нетто}_{мин} = q^{мин}_{расч} \cdot \omega^{нетто}_{расч}.$$

В отдельных случаях при определении $Q^{мин}_{нетто}$ можно допускать очередность получения воды хозяйствами и минимальный расход определять по формуле:

$$Q^{нетто}_{мин} = q^{мин}_{расч} \cdot \omega^{нетто}_{расч} \cdot \beta.$$

3. Внутри колхозов и совхозов планом водораспределения устанавливаются водопользовательные единицы. Каждая водопользовательная единица обнимает собою площадь каждого целого севооборота данного хозяйства. Особую водопользовательную единицу представляют поселок и приусадебные земли при нем, если они имеют свой усадебный распределитель. В колхозах, имеющих только один полевой севооборот, разбитый на всей полевой площади колхоза, могут быть две водопользовательные единицы: полевая и усадебная, или одна водопользовательная единица.

Выдел воды в водопользовательную единицу, как правило, должен быть осуществлен независимо от других водопользовательных единиц.

Размеры водопользовательных единиц, как и связанные с ними размеры суточной площади полива в них, определяют в каждом конкретном случае, исходя из условий проектной организации территории и полей севооборота хозяйства, организации производственных бригад и из технико-экономической целесообразности устройства и работы оросительных каналов.

4. Расчетные расходы колхозных распределителей, обслуживающих целые водопользовательные единицы, определяются как расчетные расходы распределителей, обслуживающих целые хозяйства, т. е. по формуле:

$$Q_{нетто} = q \cdot \omega_{нетто}.$$

5. Расчетный нормальный расход каждого группового (внутриколхозного) распределителя определяется планом водораспределения, который принят для данной водопользовательной единицы, и той организацией полива и обработки, которые приняты в бригадах и в звеньях. Этот план должен быть построен с таким расчетом, чтобы на групповом (внутриколхозном) распределителе можно было полить за сутки такую проектную площадь в одном месте, которая соответствует производительности согласованной работы тракторной и производственной бригад, т. е.:

$$Q^{нетто}_{гр.\ распр} = \frac{m \cdot F}{86400}\ м^3/сек.;$$

где m — максимальная поливная норма основной культуры севооборота (при выборе m необходимо принимать во внимание прежде всего те поливы, которые связаны с обработкой почвы непосредственно до или после полива);

F — площадь суточного полива в одном месте; величина F определяется из условий согласованной работы тракторов, полевых бригад и их звеньев.

6. Расчетный план водораспределения должен быть построен так, чтобы потери воды в каналах при поливах были минимальными. Это положение должно быть доказано соответствующим расчетом.

7. Расчетный расход группового (внутриколхозного) распределителя должен быть равен суммарному расходу картовых оросителей, поочередно (по одному или группами) получающих из него воду, а суммарный расход единовременно работающих групповых распределителей должен быть равен расчетному расходу распределителя, обслуживающего данную водопользовательную единицу. Все это ставит необходимость согласования расходов картовых оросителей, внутриколхозных и колхозных распределителей.

Установление и согласование расчетных расходов распределителей и картовых оросителей производится таким порядком.

а) По площади водопользовательной единицы и расчетным ординатам графика гидромодуля устанавливаются расчетные расходы-нетто распределителя, обслуживающего водопользовательную единицу.

$$Q^{нетто}_{норм} = q^{норм}_{расч} \cdot \omega^{нетто}_{расч};$$

$$Q^{нетто}_{мин} = q^{мин}_{расч} \cdot \omega^{нетто}_{расч};$$

б) На основании расчетного плана водораспределения внутри водопользовательной единицы устанавливаются очередность работы и расчетные расходы-нетто внутриколхозных распределителей, обслуживающих данную водопользовательную единицу.

в) Определяется проектная площадь суточного полива в одном месте и потребные для этого расходы по формуле:

$$Q_{нетто} = \frac{mF}{86400};$$

г) Определяются расходы типовых картовых оросителей по формуле:

$$Q^{нетто}_{к.\ ор} = \frac{m \cdot \omega_{нетто}}{t \cdot 86{,}4};$$

д) После того, как будут получены все указанные в пунктах *а*, *б*, *в*, *г* расходы, приступают к согласованию их, сохраняя неизменным расход распределителя, обслуживающего водопользовательную единицу.

Расчетные расходы-нетто картовых оросителей, как указано, устанавливаются по следующей формуле:

$$Q^{нетто}_{к.\ ор} = \frac{m \cdot \omega_{нетто}}{t \cdot 86{,}4}\ л/сек.]$$

Здесь: m — расчетная поливная норма в кубических метрах на 1 га. За расчетную поливную норму принимается максимальная норма основной культуры для полива, связанного со следующей за ним или непосредственно предшествующей ему обработкой карты;

$\omega_{нетто}$ — площадь поливной карты (нетто) в гектарах;

t — расчетная продолжительность полива карты в сутках.

Величина t обычно принимается около 1—2 для карт величиною 5—10 га и около 2 — для карт до 20 га. Удлинение полива карты на период более 2 суток должно быть в проекте особо мотивировано.

В размер поливной нормы m включаются потери во временной внутрикартовой сети.

Расходы картовых оросителей рекомендуется стандартизировать. В качестве стандартных расходов рекомендуются расходы: 60, 80, 100, 120 л/сек. Минимальные расходы (60 и 80 л/сек.) применяются при малых поливных нормах, при мелких картах, при неблагоприятных условиях рельефа и почв.

В каждой группе поливных карт следует принимать один или два стандартных расхода картовых оросителей.

§ 48. Расчетные расходы (брутто) оросительных каналов

Нормальный расчетный расход-брутто для оросительных каналов, работающих в данный расчетный период непрерывно, устанавливается следующим образом:

$$Q^{брутто}_{норм} = Q^{нетто}_{норм} + Q_{потери};$$

$$Q^{брутто}_{норм} = \frac{Q^{нетто}_{норм}}{\eta_1};\qquad \eta_1 = \frac{Q^{нетто}_{норм}}{Q^{нетто}_{норм} + Q_{потери}};$$

где $Q_{потери}$ — потери воды в расчетном оросительном канале плюс потери во всех каналах, получающих воду в данный расчетный момент времени из расчетного канала;

η_1 — коэфициент полезного действия системы расчетного канала.

Нормальный расчетный расход-брутто для оросительных каналов, работающих в данный расчетный период с перерывами, по очереди устанавливается так:

$$Q_{норм}^{брутто} = Q_{норм}^{нетто} \cdot \beta + Q_{потери};$$

$$Q_{норм}^{брутто} = \frac{Q_{норм}^{нетто} \cdot \beta}{\eta_1}; \qquad \eta_1 = \frac{Q_{норм}^{нетто}}{Q_{норм}^{нетто} \cdot \beta + Q_{потери}};$$

$Q_{потери}$ — потери воды в расчетном оросительном канале плюс потери воды во всех каналах, получающих воду из расчетного канала в данный момент времени;

η_1 — коэфициент полезного действия системы расчетного канала при нормальном расходе его.

Максимальный расчетный расход-брутто равен

$$Q_{макс}^{брутто} = Q_{норм}^{брутто}$$

где K — коэфициент превышения расчетного максимального расхода над нормальным расходом, или коэфициент форсировки канала. Определение K указано выше при рассмотрении расчетных расходов-нетто (см. стр. 152).

Минимальный расчетный расход-брутто устанавливается так же, как и нормальный расчетный расход, т. е.:

$$Q_{мин}^{брутто} = Q_{мин}^{нетто} + Q_{потери} = \frac{Q_{мин}^{нетто}}{\eta_2};$$

$$Q_{мин}^{брутто} = Q_{мин}^{нетто} \cdot \beta + Q_{потери} = \frac{Q_{мин}^{нетто} \cdot \beta}{\eta_2};$$

η_2 — коэфициент полезного действия системы расчетного канала при минимальном расчетном расходе его.

Таким образом, подсчет расходов-брутто по расходам-нетто можно проводить двумя способами:

1. Для предварительных, ориентировочных подсчетов можно пользоваться формулой:

$$Q_{брутто} = \frac{Q_{нетто}}{\eta};$$

В этом случае значения коэфициента полезного действия ирригационных систем или систем отдельных оросительных каналов берутся на основании аналогичных проектов или норм проектирования.

2. Для более точных подсчетов расходов-брутто нужно пользоваться формулой:

$$Q_{брутто} = Q_{нетто} + Q_{потери}.$$

Потери воды в оросительных каналах складываются: из потерь на фильтрацию, потерь при эксплоатации каналов и сооружений (т.е. потерь на случайные утечки, потерь на опоражнивание каналов и др.) и потерь на испарение воды с поверхности водного зеркала.

Потери эксплоатационные и на испарение в проектах учитываются совместно и выражаются определенным процентом от расхода (нетто) рассматриваемого оросительного канала. Этот процент устанавливается на основе практики; он должен быть минимальным.

Потери на фильтрацию в технических проектах подсчитываются для каждого канала ирригационной системы отдельно, исходя из протяженности, характера работы, свойств почвогрунтов и гидравлических элементов каналов, по формулам, указанным ниже в разделе «Формулы для подсчета потерь воды в оросительных каналах» (см. стр. 159).

Подсчет расходов-брутто ведется по формуле:

$$Q_{ст.\ кан}^{брутто} = \Sigma Q_{мл.\ кан.}^{брутто} + Q_{потери}^{ст.\ кан.};$$

Здесь $\Sigma Q_{мл.кан.}^{брутто}$ — сумма головных расходов-брутто единовременно работающих младших каналов, питающихся из рассматриваемого старшего канала;

$Q_{потери}^{ст.\ кан}$ — потери в старшем канале.

Подсчет коэфициентов полезного действия системы отдельных каналов и всей ирригационной системы в целом ведется по формуле:

$$\eta = \frac{Q_{нетто}}{Q_{брутто}};$$

где $Q_{нетто}$ — расход-нетто данного канала;

$Q_{брутто}$ — головной расчетный расход (брутто) данного канала, с учетом всех потерь на канале и на всей системе канала.

Если в системах отдельных каналов или во всей системе в целом намечается повторное использование поверхностных сбросных вод или использование возвратных вод, то при подсчете коэфициента полезного действия систем отдельных каналов и всей системы в целом эта вода должна быть учтена, и подсчеты должны быть проведены по следующим формулам:

$$\eta = \frac{Q_{нетто}}{Q_{брутто}}; \qquad Q_{брутто} = Q_{нетто} + Q_{потери} - Q_{возвр};$$

$Q_{брутто}$ — расчетный головной расход канала;

$Q_{возвр}$ — расчетные возвратные воды или расчетные поверхностные сбросные воды повторного использования в системе данного канала.

Подсчет потерь в оросительных каналах и установление расходов-брутто и коэфициента полезного действия ведется последовательно от младших мелких каналов — оросителей, к старшим каналам — распределителям и магистрали.

При подсчете потерь на фильтрацию в картовых оросителях и групповых распределителях, обычно работающих периодически и неполной своей длиной, принимается средне взвешенная, действительно действующая длина канала, а при подсчете процента потерь принимается во внимание периодичность работы каналов.

Подсчет потерь на фильтрацию в распределителях и магистральных каналах, работающих непрерывно, ведется по узлам, начиная с нижних узлов. При подсчете потерь принимается вся длина работающего канала от узла до узла.

Для крупных каналов с длиною между узлами, превышающей 5 км, или при значительно отличающихся грунтах и профилях каналов необходимо для подсчета потерь разбивать расчетный участок на отдельные звенья, однообразные по условиям, а по длине — на участки не больше 5 км.

На основе изложенных выше условий получается следующая схема определения потерь воды, расходов-брутто, коэфициента полезного действия отдельных каналов и всей системы при подсчете от младших каналов к старшим:

Картовый ороситель

$$Q^{брутто}_{кар.\ ор.} = Q^{нетто}_{кар.\ ор.} + Q^{потери}_{кар.\ ор.};$$

$$\eta_{кар.\ ор.} = \frac{Q^{нетто}_{кар.\ ор.}}{Q^{брутто}_{кар.\ ор.}}.$$

Групповой распределитель

$$Q^{брутто}_{гр.\ р.} = \Sigma Q^{брутто}_{кар.\ ор.} + Q^{потери}_{гр.\ р.};$$

$$\eta_{гр.\ р.} = \frac{\Sigma\, Q^{нетто}_{кар.\ ор.}}{Q^{брутто}_{гр.\ р.}}.$$

Главный распределитель (по участкам)

$$Q^{брутто}_{распр.\ I\ уч.} = Q^{брутто}_{гр.\ р.\ №\ 1} + Q^{потери}_{I\ уч. распр.};$$

$$Q^{брутто}_{распр.\ II\ уч.} = Q^{брутто}_{распр.\ I\ уч.} + Q^{брутто}_{гр.\ р.\ №\ 2} + Q^{потери}_{II\ уч.\ распр.};$$

$$Q^{брутто}_{распр.\ III\ уч.} = Q^{брутто}_{распр.\ II\ уч.} + Q^{брутто}_{гр.\ р.\ №\ 3} + Q^{потери}_{III\ уч.\ распр.}$$

и т. д. В $Q_{потери}$ входят все потери воды в каналах; при наличии возвратных вод последние вычитаются из потерь.

При необходимости получения в схематических проектах приближенных головных расходов крупных каналов по формуле:

$$Q_{брутто} = \frac{Q_{нетто}}{\eta} = \frac{q \cdot \omega_{нетто}}{\eta},$$

т. е. при обратном порядке расчета, начиная от магистрального канала, определение η (коэфициента полезного действия всей системы или отдельных звеньев ее) ведется или путем примерных подсчетов или на основании имеющегося подсчета в аналогичных проектах.

Коэфициент полезного действия системы не является величиной постоянной. С улучшением эксплоатации коэфициент полезного действия повышается, что подтверждается имеющимися материалами по эксплоатации ирригационных систем.

Во избежание излишнего увеличения пропускной способности каналов в проекте необходимо учесть изменения коэфициента полезного действия во времени, т. е. установить динамику его в зависимости от естественной кольматации и одежд каналов. Для очень длинных каналов необходимо учитывать влияние возвратных вод, поступающих в канал по его длине и уменьшающих величину потерь. Так же необходимо учесть динамику максимальной ординаты графика гидромодуля, динамику роста орошаемых площадей при освоении системы за счет внутренних и внешних резервов и динамику повышения коэфициента земельного использования системы. Поэтому для правильного установления расчетного расхода крупных оросительных каналов необходимо проанализировать четыре кривые:

1) кривую освоения и прироста орошаемых земель в зоне командования;

2) кривую изменения расчетных ординат расчетного графика гидромодуля;

3) кривую изменения коэфициента полезного действия всей ирригационной системы и отдельных крупных частей ее;

4) кривую изменения нормального расхода-брутто.

Только при этом условии можно правильно выбрать расчетный расход канала, величину коэфициента форсировки и величину максимального расчетного расхода-брутто.

Ориентировочные значения коэфициентов полезного действия ирригационных систем (для предварительных ориентировочных соображений при проектировке)

Характеристика оросительных каналов ирригационной системы	Значения коэфициентов полезного действия ирригационных систем		
	Площадь системы (нетто) от 50 000 до 25 000 га	Площадь системы (нетто) от 25 000 до 10 000 га	Площадь системы (нетто) от 10 000 до 1 000 га
Обычные земляные каналы в нормальном состоянии	0,55—0,60	0,60—0,65	0,65—0,70
Земляные каналы в нормальном состоянии с применением простейших мероприятий по уменьшению фильтрации на всей или большей части системы	0,60—0,65	0,65—0,75	0,70—0,75
Бетонировка магистрального канала и крупных распределителей и простейшие мероприятия по уменьшению фильтрации на остальных каналах системы	0,70—0,80	0,75—0,85	0,80—0,90

Примечание. Значения коэфициентов полезного действия принимаются с учетом водопроницаемости грунтов, площади системы и удельной длины оросительных каналов.

Надо помнить, что с повышением качества строительства каналов и улучшением постановки дела эксплоатации системы значение коэфициента полезного действия существенно повышается.

§ 49. Определение потерь воды на фильтрацию и испарение из оросительных каналов

1. При определении потерь воды на фильтрацию необходимо прежде установить:

а) характер работы оросительного канала, т. е. определить, какого действия рассматриваемый оросительный канал: постоянного (продолжительного) или прерывистого (кратковременного);

б) на какой глубине залегают грунтовые воды в расчетный период работы канала;

в) какие мероприятия, уменьшающие фильтрацию воды, предусмотрены проектом;

г) кривую средних скоростей впитывания воды и коэфициент фильтрации почвы для тех конкретных условий, в которых будет работать расчетный канал.

На основе всего этого выбираются расчетные формулы потерь воды из канала. Состояние орошаемого канала в смысле формы поперечного профиля, зарастания и прочих условий принимается нормальным.

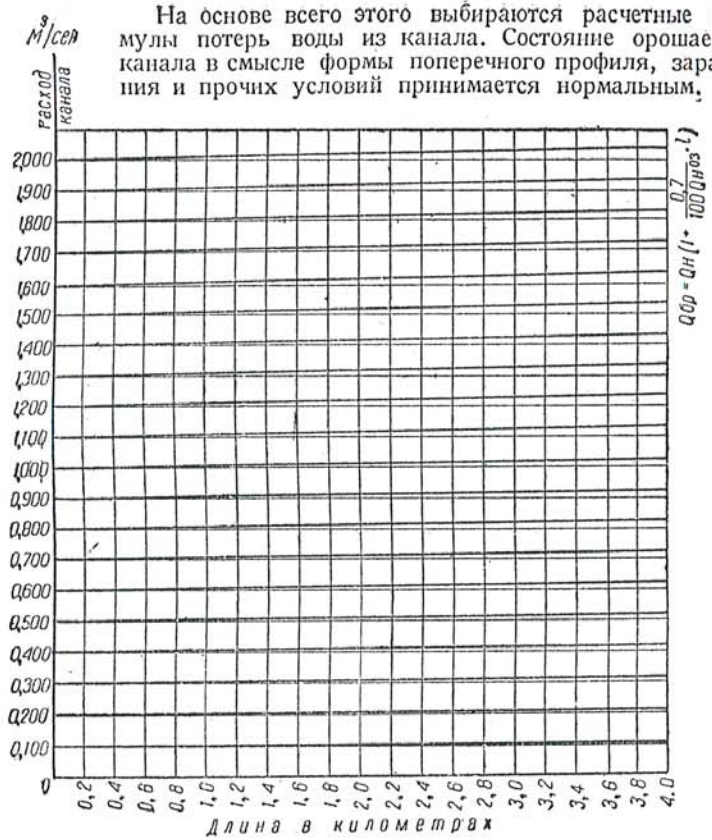


Рис. 98. График для расчета потерь (слабоводопроницаемые грунты).

2. Для предварительного, совершенно ориентировочного определения потерь воды на фильтрацию и испарение можно пользоваться следующей таблицей:

Ориентировочные значения потерь воды на фильтрацию и испарение
(для предварительных, ориентировочных соображений при проектировке)

Расход канала в кубических метрах в секунду	Потери в процентах расхода на 1 км	Расход канала в кубических метрах в секунду	Потери в процентах расхода на 1 км
0,03	16	1,00—1,50	4—3
0,03—0,10	16—12	1,50—2,00	3—2,5
0,10—0,15	12—11	2,0—3,0	2,5—1,8
0,15—0,20	11—9	3,0—5,0	1,8—1,1
0,20—0,30	9—7,5	5,0—10,0	1,1—0,6
0,30—0,50	7,5—6	10,0—20,0	0,6—0,5
0,50—1,00	6—4	20,0—30,0	0,5—0,32

3. Для ориентировочного подсчета потерь воды на фильтрацию и испарение в оросительных каналах постоянного действия при отсутствии данных о коэфициенте фильтрации и глубине залегания грунтовых вод

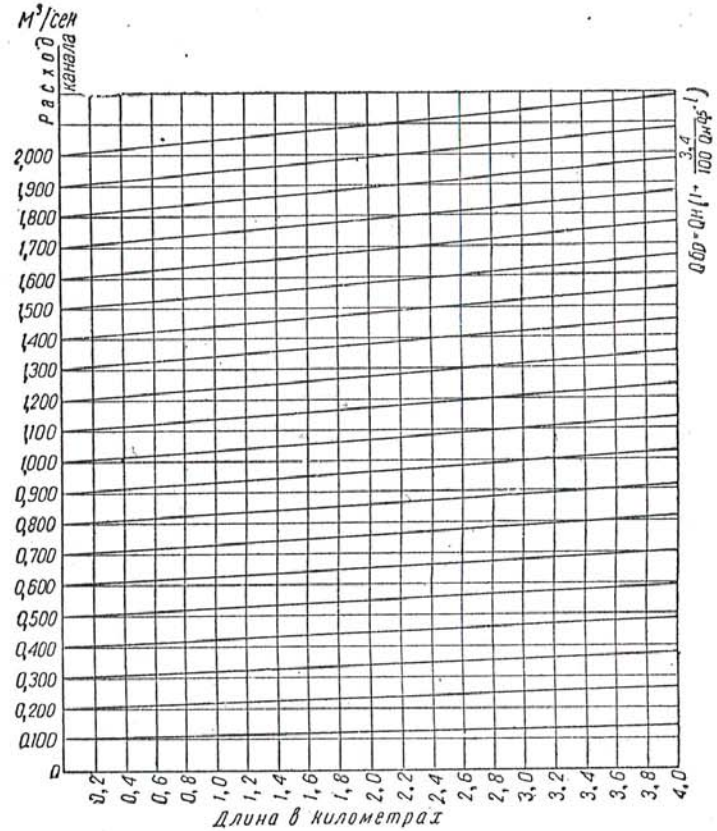


Рис. 99. График для расчета потерь (водопроницаемые грунты).

можно пользоваться формулами А. Н. Костякова и составленными для этих формул таблицами и графиками (рис. 98, 99, 100)

$$\sigma_1 = \frac{3{,}4}{Q_{брутто}^{0{,}5}}; \quad \sigma_2 = \frac{1{,}9}{Q_{брутто}^{0{,}4}}; \quad \sigma_3 = \frac{0{,}7}{Q_{брутто}^{0{,}3}};$$

где σ_1 — процент потерь от расхода $Q_{брутто}$ на 1 км длины канала, проходящего в водопроницаемых грунтах;

σ_2 — процент потерь на 1 км длины канала в средне водопроницаемых грунтах;

σ_3 — процент потерь на 1 км длины канала в слабо водопроницаемых грунтах;

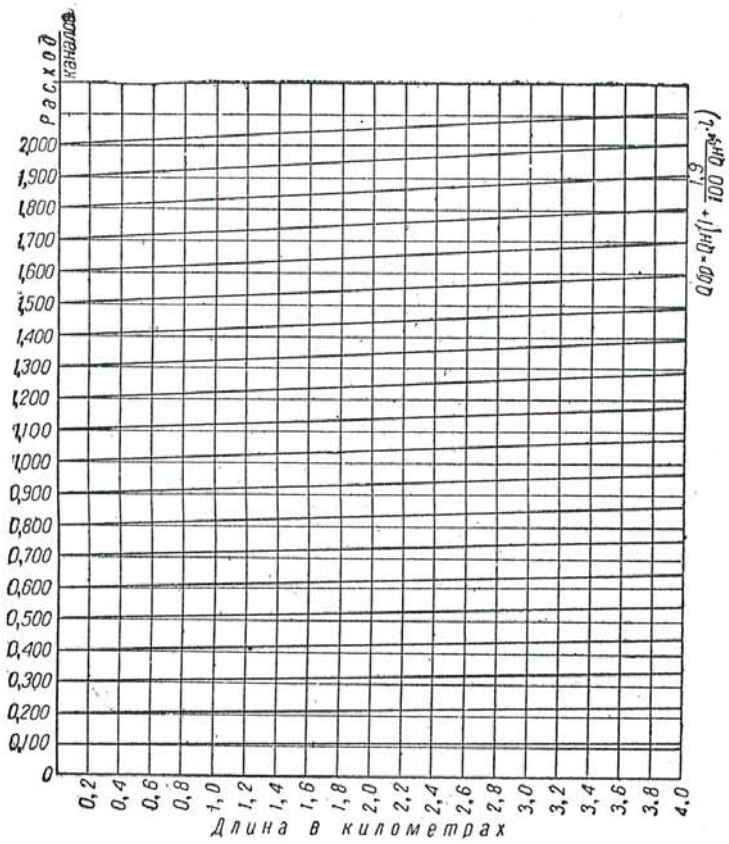


Рис. 100. График для расчета потерь (средние грунты).

$Q_{брутто}$ — расход в кубических метрах в секунду в голове канала.

Между значениями потерь по трем этим формулам могут браться промежуточные значеня для промежуточных условий.

Процент потерь σ и расход $Q_{брутто}$ определяются в два приема: сначала σ_1 вычисляется по $Q_{нетто}$:

$$\sigma_1 = \frac{A}{Q^x_{нетто}},$$

а затем в формулу $\sigma = \frac{A}{Q^x_{брутто}}$ подставляется первое приближение

$$Q'_{брутто} = Q_{нетто} + \frac{\sigma_1 Q_{нетто}}{100} l.$$

4. Для ориентировочного подсчета потерь воды на фильтрацию и испарение в каналах постоянного действия пользуются формулами американского инж. Морица.

Формулы инж. Морица. Инж. Мориц для определения потерь воды в каналах дал формулу, основанную на том, что потери воды на 1 км канала прямо пропорциональны смоченному периметру p и коэфициенту k_0 и равны

$$Q_{потери} = \frac{1\,000}{86\,400} \cdot p \cdot k_0 = 0{,}011574 p k_0 \text{ м}^3/\text{сек на 1 км},$$

что в процентах от расхода составит:

$$\sigma = \frac{1{,}157 k_0 p}{Q} \%_0 \text{ на 1 км},$$

где $Q_{потери}$ — потери воды на 1 км в кубических метрах в секунду;
p — смоченный периметр канала в метрах;
k_0 — слой воды в метрах, просачивающийся в сутки в грунт по всему смоченному периметру канала;
σ — потери в процентах расхода на 1 км;
Q — расход в кубических метрах в секунду.

Приближенная формула Морица имеет следующий вид:

$$Q_{потери} = 0{,}0375 k_0 \sqrt{\frac{Q}{v_{ср}}} \text{ м}^3/\text{сек на 1 км},$$

$$\sigma = \frac{3{,}75 \cdot k_0}{\sqrt{Q \cdot v_{ср}}} \%_0,$$

где σ — потери в процентах от расхода на 1 км длины канала;
Q — расход канала в кубических метрах в секунду;
$v_{ср}$ — средняя скорость воды в канале в кубических метрах в секунду;
$Q_{потери}$ — потери на 1 км длины в кубических метрах в секунду;
k_0 — коэфициент, характеризующий фильтрационные свойства грунта; значения k_0 приведены в таблице:

Таблица значения коэфициента k_0 в формулах Морица

Название грунта канала	k_0 в метрах в сутки
Очень плотная глина	0,09
Глина	0,09—0,12
Суглинок	0,12—0,18
Обыкновенные почвы	0,18—0,27
Супесок	0,27—0,45
Песчаная почва	0,45—0,55
Гравий	0,60—0,90

5. При наличии данных о скоростях фильтрации и глубине залегания грунтовых вод более точное определение потерь воды в каналах постоянного действия можно сделать при помощи следующих формул (стр. 170).

Таблица значений $Q'_{брутто}$ в зависимости от $Q_{нетто}$ и длины канала l по формуле проф. Костякова

I. Водопроницаемые грунты:

$$Q'_{брутто} = \frac{3{,}4\ Q_{нетто}}{100 \cdot Q_{нетто}^{0{,}5}} \cdot l + Q_{нетто}$$

l км	Значения $Q_{нетто}$ в кубометрах в секунду									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	Значения $Q'_{брутто}$ в кубометрах в секунду									
0,1	0,101	0,202	0,302	0,402	0,502	0,603	0,703	0,803	0,903	1,003
2	102	203	304	404	505	605	706	806	906	007
3	103	205	306	406	507	608	709	809	910	010
4	104	206	307	409	510	611	711	812	913	014
0,5	105	208	309	411	512	613	714	815	916	017
6	106	209	311	413	514	616	717	818	919	020
7	108	211	313	415	517	618	720	821	923	024
8	109	212	315	417	519	621	723	824	926	027
9	110	214	317	419	522	624	726	827	929	031
1,0	111	215	319	422	524	626	728	830	932	034
1	112	217	320	424	526	629	731	833	935	037
2	113	218	322	426	529	632	734	836	939	041
3	114	220	324	428	531	634	737	840	942	044
4	115	221	326	430	534	637	740	843	945	048
1,5	116	223	328	432	536	640	743	846	948	051
6	117	224	330	434	538	642	746	849	952	054
7	118	226	332	437	541	645	748	852	955	058
8	119	227	334	439	543	647	751	855	958	061
9	120	229	335	441	546	650	754	858	961	065
2,0	122	230	337	443	548	653	757	861	965	068
1	123	232	339	445	550	655	760	864	968	071
2	124	233	341	447	553	658	763	867	971	075
3	125	235	343	449	555	661	765	870	974	078
4	126	237	345	452	558	663	768	873	977	082
2,5	127	238	347	454	560	666	771	876	981	085
6	128	240	348	456	563	668	774	879	984	088
7	129	241	350	458	565	671	777	882	987	092
8	130	243	352	460	567	674	780	885	990	095
9	131	244	354	462	570	676	782	888	994	099
3,0	132	246	356	464	572	679	785	891	997	102
1	133	247	358	467	575	682	788	894	1,000	105
2	134	249	360	469	577	684	791	897	003	109
3	135	250	361	471	579	687	794	900	006	112
4	137	252	363	473	582	690	797	903	010	116
3,5	138	253	365	475	584	692	800	906	013	119
6	139	255	367	477	587	695	802	909	016	122
7	140	256	369	480	589	697	805	913	019	126
8	141	258	371	482	591	700	808	916	023	129
9	142	259	373	484	594	703	811	919	026	133
4,0	143	261	374	486	596	706	814	922	029	136
1	144	262	376	488	599	708	817	925	032	139
2	145	264	378	490	601	711	819	928	035	143
3	146	265	380	492	603	713	822	931	039	146
4	147	267	382	495	606	716	825	934	042	150
4,5	148	268	384	497	608	719	828	937	045	153
6	149	270	386	499	611	721	831	940	048	156
7	151	271	388	501	613	724	834	943	052	160
8	152	273	389	503	615	726	837	946	055	163
9	153	274	391	505	618	729	839	949	059	167
5,0	0,154	0,276	0,393	0,507	0,620	0,731	0,842	0,952	1,062	1,170

Продолжение

l км	Значения $Q_{нетто}$ в кубометрах в секунду									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
	Значения $Q'_{брутто}$ в кубометрах в секунду									
0,1	1,104	1,204	1,304	1,404	1,504	1,604	1,704	1,805	1,905	2,005
2	107	207	308	408	508	609	709	809	909	010
3	111	211	312	412	512	613	713	814	914	014
4	114	215	316	416	517	617	718	818	919	019
0,5	118	219	319	420	521	622	722	823	923	024
6	121	222	323	424	525	626	727	827	928	029
7	125	226	327	428	529	630	731	832	933	034
8	129	230	331	432	533	634	735	836	937	038
9	132	234	335	436	537	639	740	841	942	043
1,0	136	237	339	440	542	643	744	846	947	048
1	139	241	343	444	546	647	749	850	952	053
2	143	245	347	448	550	652	753	855	956	058
3	146	248	350	452	554	656	758	859	961	063
4	150	252	354	456	558	660	762	864	965	067
1,5	153	256	358	460	562	665	766	868	970	072
6	157	260	362	464	567	669	771	873	975	077
7	161	263	366	468	571	673	775	878	980	082
8	164	267	370	472	575	677	780	882	984	087
9	168	271	374	476	579	682	784	887	989	091
2,0	171	274	378	480	583	686	789	891	994	096
1	175	278	381	484	587	690	793	896	998	101
2	178	282	385	489	592	695	798	900	2,003	106
3	182	286	389	493	596	699	802	905	008	111
4	186	289	393	497	600	703	806	909	012	115
2,5	189	293	397	501	604	708	811	914	017	120
6	193	297	401	505	608	712	815	919	022	125
7	196	301	405	509	612	716	820	923	027	130
8	200	304	409	513	617	720	824	928	031	135
9	203	308	412	517	621	725	829	932	036	139
3,0	207	312	416	521	625	729	833	937	041	144
1	211	315	420	525	629	733	837	941	045	149
2	214	319	424	529	633	738	842	946	050	154
3	218	323	428	533	637	742	846	951	055	159
4	221	327	432	537	642	746	851	955	059	163
3,5	225	330	436	541	646	751	855	960	064	168
6	228	334	440	545	650	755	860	964	069	173
7	232	338	443	549	654	759	864	969	073	178
8	236	342	447	553	658	763	868	973	078	183
9	239	345	451	557	662	768	873	978	083	188
4,0	243	349	455	561	667	772	877	982	087	192
1	246	353	459	565	671	776	882	987	092	197
2	250	356	463	569	675	781	886	992	097	202
3	253	360	467	573	679	785	891	996	102	207
4	257	364	471	577	683	789	895	2,001	106	212
4,5	260	368	474	581	687	794	899	005	111	216
6	264	371	478	585	692	798	904	010	116	221
7	268	375	482	589	696	802	908	014	120	226
8	271	379	486	593	700	806	913	019	125	231
9	275	383	490	597	704	811	917	023	129	235
5,0	1,279	1,387	1,494	1,603	1,708	1,815	1,992	2,028	2,134	2,240

Таблица значений $Q'_{брутто}$ в зависимости от $Q_{нетто}$ и длины канала l по формуле проф. Костякова

II. Средне водопроницаемые грунты:

$$Q'_{брутто} = \frac{1{,}9\ Q_{нетто}}{100 \cdot Q_{нетто}^{0{,}4}} \cdot l + Q_{нетто}$$

l км	Значения $Q_{нетто}$ в кубических метрах в секунду									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	Значения $Q'_{брутто}$ в кубических метрах в секунду									
0,1	0,100	0,201	0,301	0,401	0,501	0,601	0,702	0,802	0,902	1,002
2	101	201	302	402	503	603	703	803	904	004
3	101	202	303	403	504	604	705	805	905	006
4	102	203	304	404	505	606	706	807	907	008
0,5	102	204	305	405	506	607	708	808	909	010
6	103	204	306	407	508	608	709	810	911	011
7	103	205	307	408	509	610	711	812	912	013
8	104	206	308	409	510	611	712	813	914	015
9	104	207	309	410	511	613	714	815	916	017
1,0	105	208	310	411	513	614	715	817	918	019
1	105	208	311	412	514	615	717	818	920	021
2	106	209	312	413	515	617	718	820	921	023
3	106	209	313	414	516	618	720	822	923	025
4	107	210	314	415	518	620	721	823	925	027
1,5	107	211	315	416	519	621	723	825	927	028
6	108	212	316	418	520	622	725	827	929	030
7	108	212	317	419	521	624	726	828	930	032
8	109	213	318	420	523	625	728	830	932	034
9	109	214	319	421	524	627	729	832	934	036
2,0	110	214	320	422	525	628	731	833	936	038
1	110	215	321	423	526	629	732	835	937	040
2	111	216	322	424	528	631	734	837	939	042
3	111	217	323	425	529	632	735	838	941	044
4	111	217	324	426	530	634	737	840	943	046
2,5	112	218	325	427	531	635	738	842	945	048
6	112	219	326	429	533	636	740	843	946	049
7	113	220	327	430	534	638	741	845	948	051
8	113	220	328	431	535	639	743	847	950	053
9	114	221	329	432	536	641	744	848	952	055
3,0	114	222	329	433	538	642	746	850	954	057
1	115	222	330	434	539	643	748	852	955	059
2	115	223	331	435	540	645	749	853	957	061
3	116	224	332	436	541	646	751	855	959	063
4	116	225	333	437	543	648	752	857	961	065
3,5	117	225	334	438	544	649	754	858	962	066
6	117	226	335	439	545	650	755	860	964	068
7	118	227	336	441	546	652	757	861	966	070
8	118	227	337	442	548	653	758	863	968	072
9	119	228	338	443	549	655	760	865	970	074
4,0	119	229	339	444	550	656	761	866	971	076
1	120	230	340	445	551	657	763	868	973	078
2	120	230	341	446	553	659	764	870	975	080
3	121	231	342	447	554	660	766	871	977	082
4	121	232	343	448	555	662	767	873	978	084
4,5	121	233	344	449	556	663	769	875	980	086
6	122	233	345	450	558	664	771	876	982	087
7	122	234	346	452	559	666	772	878	984	089
8	123	235	347	453	560	667	774	880	986	091
9	123	235	348	454	561	669	775	881	987	093
5,0	0,124	0,236	0,349	0,455	0,563	0,670	0,777	0,883	0,989	1,099

Продолжение

l км	Значение $Q_{нетто}$ в кубических метрах в секунду									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
	Значения $Q'_{брутто}$ в кубических метрах в секунду									
0,1	1,102	1,202	1,302	1,402	1,502	1,603	1,703	1,803	1,903	2,003
2	104	204	304	405	505	605	705	805	906	006
3	106	206	307	407	507	608	708	808	908	009
4	108	208	309	409	510	610	710	811	911	012
0,5	110	210	311	412	512	613	713	814	914	014
6	112	213	313	414	515	615	716	816	917	017
7	114	215	316	416	517	618	718	819	920	020
8	116	217	318	419	519	620	721	822	922	023
9	118	219	320	421	522	623	724	824	925	026
1,0	120	221	322	423	524	625	726	827	928	029
1	122	223	324	426	527	628	729	830	931	032
2	124	225	327	428	529	630	731	832	934	035
3	126	228	329	430	532	633	734	835	936	037
4	128	230	331	433	534	635	737	838	939	040
1,5	130	232	333	435	536	638	739	841	942	043
6	132	234	336	437	539	640	742	843	945	046
7	134	236	338	440	541	643	744	846	947	049
8	136	238	340	442	544	645	747	849	950	052
9	138	240	342	444	546	648	750	851	953	055
2,0	140	242	344	446	548	650	752	854	956	058
1	142	245	347	449	551	653	755	857	959	060
2	144	247	349	451	553	655	757	859	961	063
3	146	249	351	453	556	658	760	862	964	066
4	148	251	353	456	558	660	763	865	967	069
2,5	150	253	356	458	561	663	765	868	970	072
6	152	255	358	460	563	665	768	870	973	075
7	154	257	360	463	565	668	771	873	975	078
8	156	259	362	465	568	671	773	876	978	081
9	158	261	364	467	570	673	776	878	981	084
3,0	160	264	367	470	572	676	778	881	984	086
1	162	266	369	472	575	678	781	884	987	089
2	164	268	371	474	578	681	784	887	989	092
3	166	270	373	477	580	683	786	889	992	095
4	168	272	376	479	582	686	789	892	995	098
3,5	170	274	378	481	585	688	791	895	998	101
6	172	276	380	484	587	691	794	997	2,001	104
7	174	278	382	486	590	693	797	900	003	107
8	176	281	383	488	592	696	799	903	006	109
9	178	283	387	491	595	698	802	905	009	112
4,0	180	285	389	493	597	701	804	908	012	115
1	182	287	391	495	599	703	807	911	015	118
2	185	289	393	498	601	706	810	914	017	121
3	187	291	396	500	603	708	812	916	020	124
4	189	293	398	502	607	711	815	919	023	127
4,5	191	295	400	505	609	713	818	922	026	130
6	193	298	402	507	612	716	820	924	028	132
7	195	300	405	509	614	718	823	927	031	135
8	197	302	407	512	616	721	825	930	034	138
9	199	304	409	514	619	723	828	932	037	141
5,0	1,201	1,306	1,411	1,516	1,621	1,726	1,831	1,935	2,040	2,144

Таблица значений $Q'_{брутто}$ в зависимости от $Q_{нетто}$ и длины канала l по формуле проф. Костякова

III. Слабо водопроницаемые грунты:

$$Q'_{брутто} = \frac{0{,}7 \cdot Q_{нетто}}{100 \cdot Q_{нетто}^{0{,}3}} \cdot l + Q_{нетто}$$

l км	Значения $Q_{нетто}$ в кубических метрах в секунду									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
	Значения $Q'_{брутто}$ в кубических метрах в секунду									
0,1	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,701	0,801	0,901	1,001
2	100	200	301	401	501	601	701	801	901	001
3	100	201	301	401	501	601	702	802	902	002
4	101	201	301	401	502	602	702	802	903	003
0,5	101	201	302	402	502	602	703	803	903	004
6	101	201	302	402	503	603	703	804	904	004
7	101	202	302	403	503	603	704	804	905	005
8	101	202	302	403	503	604	704	805	905	006
9	101	202	303	403	504	604	705	805	906	006
1,0	101	202	303	404	504	605	705	806	907	007
1	102	202	303	404	505	605	706	807	907	008
2	102	203	304	404	505	606	707	807	908	008
3	102	203	304	405	506	606	707	808	908	009
4	102	203	304	405	506	607	708	808	909	010
1,5	102	203	305	406	506	607	708	809	910	010
6	102	204	305	406	507	608	709	810	910	011
7	102	204	305	406	507	608	709	810	911	012
8	103	204	305	407	508	609	710	811	912	013
9	103	204	306	407	508	609	710	811	912	013
2,0	103	205	306	407	509	610	711	812	913	014
1	103	205	306	407	509	610	711	813	914	015
2	103	205	306	408	509	611	712	813	914	015
3	103	205	307	408	510	611	713	814	915	016
4	103	205	307	409	510	612	713	814	916	017
2,5	103	206	308	409	511	612	714	815	916	018
6	104	206	308	410	511	613	714	816	917	018
7	104	206	308	410	512	613	715	816	918	019
8	104	206	308	410	512	614	715	817	918	020
9	104	207	309	411	512	614	716	817	919	020
3,0	104	207	309	411	513	615	716	818	920	021
1	104	207	309	411	513	615	717	819	920	022
2	104	207	310	412	514	616	717	819	921	022
3	105	207	310	412	514	616	718	820	921	023
4	105	208	310	413	515	617	719	820	922	024
3,5	105	208	311	413	515	617	719	821	923	024
6	105	208	311	413	516	618	720	822	923	025
7	105	208	311	414	516	618	720	822	924	026
8	105	209	311	414	516	619	721	823	925	027
9	105	209	312	414	517	619	721	823	925	027
4,0	106	209	312	415	517	620	722	824	926	028
1	106	209	312	415	518	620	722	825	926	029
2	106	210	313	415	518	621	723	825	927	029
3	106	210	313	416	519	621	723	826	928	030
4	106	210	313	416	519	622	724	826	929	031
4,5	106	210	314	417	519	622	725	827	929	032
6	106	210	314	417	520	623	725	828	930	032
7	107	211	314	417	520	623	726	828	931	033
8	107	211	314	418	521	624	726	829	931	034
9	107	211	315	418	521	624	727	829	932	034
5,0	0,107	0,211	0,315	0,418	0,522	0,624	0,727	0,830	0,933	1,035

l км	Значения $Q_{нетто}$ в кубических метрах в секунду									
	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
	Значения $Q'_{брутто}$ в кубических метрах в секунду									
0,1	1,101	1,201	1,301	1,401	1,501	1,601	1,701	1,801	1,901	2,001
2	101	202	302	402	502	602	702	802	902	002
3	102	202	303	403	503	603	703	803	903	003
4	103	203	303	404	504	604	704	804	904	005
0,5	104	204	304	404	505	605	705	805	905	006
6	104	205	305	405	505	606	706	806	907	007
7	105	206	306	406	507	607	707	807	908	008
8	106	206	307	407	507	608	708	808	909	009
9	107	207	308	408	508	609	709	810	910	010
1,0	107	208	308	409	509	610	710	811	911	011
1	108	209	309	410	510	611	711	812	912	013
2	109	210	310	411	511	612	712	813	913	014
3	110	210	311	412	512	613	713	814	914	015
4	110	211	312	412	513	614	714	815	915	016
1,5	111	212	313	413	514	615	715	816	916	017
6	112	213	313	414	515	616	716	817	918	018
7	113	214	314	415	516	617	717	818	919	019
8	113	214	315	416	517	618	718	819	920	020
9	114	215	316	417	518	618	719	820	921	022
2,0	115	216	317	418	519	619	720	821	922	023
1	116	217	318	419	520	620	721	822	923	024
2	116	217	319	419	520	621	722	823	924	025
3	117	218	319	420	521	622	723	824	925	026
4	118	219	320	421	522	623	724	825	926	027
2,5	119	220	321	422	523	624	725	826	927	028
6	119	221	322	423	524	625	726	827	929	030
7	120	221	323	424	525	626	727	829	930	031
8	121	222	324	425	526	627	728	830	931	032
9	122	223	324	426	527	628	729	831	932	033
3,0	122	224	325	427	528	629	730	832	933	034
1	123	225	326	427	529	630	731	833	934	035
2	124	225	327	428	530	631	732	834	935	036
3	125	226	328	429	531	632	733	835	936	038
4	125	227	329	430	532	633	735	836	937	039
3,5	126	228	329	431	533	634	736	837	938	040
6	127	229	330	432	533	635	737	838	939	041
7	128	229	331	433	534	636	738	839	941	042
8	128	230	332	434	535	637	739	840	942	043
9	129	231	333	435	536	638	740	841	943	044
4,0	130	232	334	435	537	639	741	842	944	045
1	131	233	334	436	538	640	742	843	945	047
2	131	233	335	437	539	641	743	844	946	048
3	132	234	336	438	540	642	744	845	947	049
4	133	236	337	439	542	643	745	846	948	050
4,5	134	236	338	440	542	644	746	848	949	051
6	134	237	339	441	543	645	747	849	950	052
7	135	237	340	442	544	646	748	850	952	053
8	136	238	340	443	545	647	749	851	953	055
9	137	239	341	443	546	648	750	852	954	056
9	1,137	1,240	1,342	1,444	1,546	1,649	1,751	1,853	1,955	2,057

Формулы для более точного определения потерь воды на фильтрацию в каналах постоянного действия

а) Формула А. Н. Костякова для канала постоянного действия при глубоком залегании грунтовых вод:

$$Q_{потери} = 1000 \cdot k \cdot (b + 2h\gamma\sqrt{1+\varphi^2})\ м^3/сек;$$

$$\sigma = \frac{Q_{потери} \cdot 100}{Q}\ \% \text{ на 1 км длины канала.}$$

Здесь: $Q_{потери}$ — потери воды из канала на 1 км длины в кубических метрах в секунду;
k — коэфициент фильтрации в метрах в секунду (величины и способы измерения — во II томе справочника, стр. 448—464);
h — глубина воды в канале в метрах;
b — ширина канала по дну в метрах;
γ — поправочный коэфициент за счет капиллярного поглощения воды в откосы канала (величину γ А. Н. Костяков определяет от 1,1 до 1,4);
φ — коэфициент откоса канала;
σ — процент потерь на 1 км;
Q — расчетный расход воды в канале в кубических метрах в секунду. Необходимо принимать $Q_{брутто}$ в голове канала, т. е. решать задачу о потерях воды последовательным приближением, задаваясь сначала расходом $Q_{нетто}$.

в) Формула А. Н. Костякова для каналов постоянного действия при неглубоком залегании грунтовых вод:

$$\sigma = 1{,}15\,\frac{k \cdot (h+a)^2}{(R - 0{,}5B)\,Q}.$$

Здесь: k — коэфициент фильтрации в метрах в сутки;
h — глубина воды в канале в метрах;
a — расстояние от дна канала до расчетного зеркала грунтовых вод в метрах;
B — ширина зеркала воды в канале в метрах;
Q — расход канала в кубических метрах в секунду;
R — расстояние, на которое распространится фильтрационный поток за время t, в метрах.

Величина R при заданном времени t может быть определена из следующей формулы:

$$t_{(R)} = \frac{\beta \cdot (R - 0{,}5B)^2}{k \cdot (h+a) \cdot 1g_{(n)}\,(R - 0{,}5B)}.$$

Здесь β — разность между полной влагоемкостью и наличной влажностью грунта под каналом на глубину a в объемных процентах.

г) Формула проф. Козени для каналов постоянного действия корытообразного поперечного сечения, при глубоком залегании грунтовых вод:

$$Q_{потери} = 1\,000 \cdot k \cdot (B + 2h)\ м^3/сек.$$

Здесь: $Q_{потери}$ — потери воды на 1 км длины канала в кубических метрах в секунду;
k — коэфициент фильтрации в метрах в секунду;
B — зеркало воды в канале в метрах;
h — глубина воды в канале в метрах.

д) Формула Козени для каналов косинусоидального профиля, близкого к трапецоидальному в случае смыкания фильтрационного потока с грунтовыми водами:

$$Q_{потери} = 1\,000 \cdot kB\ м^3/сек \text{ на 1 км,}$$

а для профиля чашеобразного параболической формы:

$$Q_{потери} = 1\,000k \cdot (B - 2h)\ м^3/сек \text{ на 1 км.}$$

е) Формула проф. В. В. Ведерникова для каналов постоянного действия, при глубоком залегании грунтовых вод и фильтрации без подпора;

$$Q_{потери} = 1\,000k \cdot (B + 2H \cdot P)\ м^3/сек \text{ на 1 км}$$

или

$$Q_{потери} = 1\,000k \cdot (B + AH)\ м^3/сек \text{ на 1 км.}$$

Здесь: k — коэфициент фильтрации в кубических метрах в секунду;
B — ширина зеркала воды в канале в метрах;
H — глубина воды в канале; для мелких и средних каналов нужно вводить поправку за счет капиллярного подъема воды;

$$P = \frac{l}{l_1};$$

где l и l_1 — полные эллиптические интегралы I рода *.

ж) Потери на испарение с водной поверхности каналов обычно отдельно не учитываются. На 1 км длины канала потери на испарение равны:

$$Q_{исп.} = 1\,000 \cdot eB\ м^3/сек.,$$

где e — слой испарения в метрах в секунду;
B — ширина зеркала воды в метрах.

Сравнительная таблица рассчитанных различными способами процентов потерь воды на фильтрацию в оросительных каналах постоянного действия при глубоком залегании грунтовых вод, на 1 км длины канала

Расчетные данные: Расход канала в кубических метрах в секунду Q	Ширина канала по дну в метрах $в$	Глубина воды в метрах h	Площадь живого сечения в квадратных метрах ω	Смоченный периметр в метрах p	Скорость в метрах в секунду $V_{ср}$	Откосы 1:1	Процент потерь, подсчитанный по таблице σ	Процент потерь по формуле А. Н. Костякова $\sigma = \frac{1{,}9}{Q^{0{,}4}}$	Процент потерь по формуле Морица $\sigma = \frac{1{,}157\,p \cdot k_0}{Q}$ при $k_0 = 0{,}27$ м в сутки	Процент потерь по формуле А. Н. Костякова	Процент потерь по формуле проф. В. В. Ведерникова (без поправки на капиллярный подъем воды).
0,2	0,5	0,36	0,307	0,52	0,65	1,22	9	3,62	2,37	2,65	3,31
0,5	0,75	0,52	0,666	2,22	0,75	1,79	6	2,51	1,38	1,55	1,94
1,0	1,50	0,62	1,33	3,25	0,75	2,74	4	1,90	1,02	1,11	1,41
3,0	2,00	1,18	3,75	5,34	0,80	4,36	1,80	1,23	0,56	0,62	0,78
5,0	2,00	1,68	6,25	6,67	0,80	5,36	1,10	1,00	0,42	0,47	0,59
10,0	4,00	2,07	12,5	9,86	0,80	8,14	0,60	0,76	0,31	0,34	0,43
20,0	8,00	2,40	25,0	14,8	0,80	12,80	0,50	0,57	0,23	0,25	0,32

* Для определения их проф. В. В. Ведерниковым дается таблица в его работе «Фильтрация из каналов» (Москва, Госстройиздат, 1934 г.) и в книге «Теория фильтрации» (Госстройиздат, 1939 г.).

§ 50. Потери воды в периодически действующей сети

Подсчет потерь в периодически действующей сети каналов — картовых оросителях, групповых и полевых распределителях — производится в проектировочной практике по общепринятой формуле:

$$S = \frac{\sigma \cdot l \cdot Q}{100},$$

где S — потери в кубических метрах в секунду;
σ — процент потерь на километр длины канала;
l — длина канала в километрах;
Q — расход канала в кубических метрах в секунду.

Для правильного подсчета следует величину l принимать в соответствии с формой водооборота по каналу, а σ — с поправкой на динамичность потерь во времени.

а) Расчетная длина каналов

Расчетную длину $l_{расч.}$ периодически действующей сети (полевых каналов и картовых оросителей) следует исчислять, исходя из средневзвешенной протяженности работающей части канала за время водооборота по данному каналу в соответствии с формой водооборота.

Для картовых оросителей результаты анализа этих величин, в зависимости от числа ок-арыков на картовом оросителе, числа одновременно действующих ок-арыков и порядка включения их в работу, сведены в таблицу, в которой величиной a обозначены средние расстояния между ок-арыками.

Примечание. Длина карт одностороннего и двустороннего командования принята одинаковой; при двустороннем командовании ок-арыки предполагаются расположенными попарно по обе стороны картового оросителя.

Средне-взвешенная протяженность работающей части картового оросителя в зависимости от формы водооборота

Число ок-арыков на карте n		Число одновременно действующих ок-арыков на карте n'	Число тактов водооборота на карте		Средняя за период длина работающей части картового оросителя		α — отношение работающей части картового оросителя (среднее за период) к общей длине его	
Командование			Командование					
одностороннее	двустороннее		одностороннее	двустороннее	одностороннее	двустороннее	одностороннее	двустороннее
6	12	2	3	6	$3a$	$2{,}5a$	0,60	0,50
6	12	3	2	4	$3{,}5a$	$3a$	0,70	0,60
8	16	2	4	8	$4a$	$3{,}5a$	0,57	0,50
8	16	4	2	4	$5a$	$4a$	0,71	0,57
9	18	3	3	6	$5a$	$4{,}5a$	0,63	0,56
12	24	2	6	12	$6a$	$5{,}5a$	0,55	0,50
12	24	3	4	8	$6{,}5a$	$6a$	0,59	0,55
12	24	4	3	6	$7a$	$6a$	0,64	0,55
15	30	3	5	10	$8a$	$7{,}5a$	0,57	0,54
16	32	2	8	16	$8a$	$7{,}5a$	0,53	0,50
16	32	4	4	8	$9a$	$8a$	0,60	0,53

Длина картового оросителя принята не до конца карты, а до последнего ок-арыка. Порядок включения ок-арыков принят последовательным по длине картового оросителя, с одновременным включением рядом расположенных ок-арыков.

Общее выражение длины работающей, в среднем за период водооборота на карте, части картового оросителя может быть представлено в виде:

$$l_{расч.} = \alpha\, l_{к.\,ор.}. \qquad (1)$$

Значения α, в зависимости от числа ок-арыков на карте и водооборота на ней, приведены в таблице «Средне-взвешенная протяженность работающей части картового оросителя» (см. стр. 172) и колеблются в пределах от 0,50 до 0,71.

Рассмотренные нами случаи могут быть сведены к немногим группам в зависимости от длины карты и от числа одновременно работающих ок-арыков.

Средне-взвешенная протяженность работающей части картового оросителя в зависимости от длины карты и от числа одновременно работающих ок-арыков

Число действующих ок-арыков n'	Значения коэфициента α			
	Длинные карты		Короткие карты	
	Командование			
	одностороннее $n > 10$	двустороннее $n > 20$	одностороннее $n < 10$	двустороннее $n < 20$
2	0,54	0,50	0,58	0,50
3	0,58	0,54	0,66	0,58
4	0,62	0,54	0,71	0,57

Для полевых каналов расчетные длины рабочей их части зависят:
а) от числа одновременно работающих картовых оросителей, питающихся из данного канала;
б) от их взаимного расположения;
в) от командования картового оросителя (одностороннего и двустороннего).

Первые два условия определяются числом бригад, за которыми закреплено поле севооборота, поскольку в каждой бригаде может работать при поливе хлопчатника одновременно только один картовый ороситель.

При этом обычно исключается возможность одновременной работы рядом расположенных оросителей.

Коэфициенты α для этого звена колхозной оросительной сети приведены в таблице (см. стр. 174), в которой величиной $в$ обозначена ширина поливных карт.

Длина полевых каналов принимается до головы последнего картового оросителя.

Общее выражение для определения расчетной длины полевого канала в среднем за период водооборота:

$$l_{расч.} = l_{хол.} + \alpha \cdot l_{пол.\,кан}, \qquad (2)$$

где $l_{хол.}$ и $l_{пол.\,кан.}$ соответственно длина холостой и рабочей части полевого канала.

Как видно из приведенной ниже таблицы, значения α для полевых каналов колеблются в пределах от 0,50 до 1,00.

Значение коэфициента α для полевого канала при размещении различного числа колхозных бригад в каждом поле севооборота

Число бригад в поле $N_{бр}$	Число карт в поле n	Число одновременно работающих картовых оросителей на полевом канале n'	Число тактов водооборота	Средняя длина работающей части полевого канала	Коэфициент α	Число бригад в поле $N_{бр}$	Число карт в поле n	Число одновременно работающих картовых оросителей на полевом канале n'	Число тактов водооборота	Средняя длина работающей части полевого канала	Коэфициент α
Одностороннее командование картовых оросителей.						Двустороннее командование картовых оросителей					
1	6	1	6	2,5 в	0,50	1	6	1	6	3 в	0,60
1	8	1	8	3,5 в	0,50	1	8	1	8	4 в	0,57
2	6	2	3	4 в	0,80	2	6	2	3	4,3 в	0,87
2	8	2	4	5,5 в	0,79	2	8	2	4	6 в	0,86
3	6	3	2	4,5 в	0,90	3	6	3	2	5 в	1,0
3	9	3	3	7 в	0,88	4	8	2	4	5 в	0,71
4	8	2	4	4,5 в	0,64	4	8	4	2	7 в	1,0
4	8	4	2	6,5 в	0,93	6	6	2	3	5,7 в	0,81
6	6	2	3	3 в	0,60	6	6	3	2	4 в	0,80
6	6	3	2	3,5 в	0,70	8	8	2	4	5 в	0,71
8	8	2	4	4 в	0,57	8	8	4	2	7 в	1,0
8	8	4	2	5 в	0,71						

б) Процент потерь на километр длины канала (σ)

При расчете потерь в периодически действующей сети должна учитываться динамичность потерь во времени.

Для подсчета потерь воды в каналах периодического действия можно применять формулу А. Н. Костякова для каналов периодического действия.

Формула А. Н. Костякова для определения потерь воды на фильтрацию в каналах периодического действия:

$$S_{потери} = \frac{1\,000 \cdot K t^{1-\alpha}}{3\,600^{\alpha}} \cdot (b + 2h\gamma\sqrt{1+\varphi^2}) \text{ м}^3/\text{сек. на 1 км длины канала;}$$

$$\varphi = \frac{S_{потери}}{Q \cdot t} \cdot 100 \text{ процентов на 1 км длины канала.}$$

Здесь: K — средняя скорость впитывания воды за первый час;
t — время действия канала от начала пуска воды до прекращения работы его (в секундах);
α — показатель степени в формуле скорости впитывания:

$$K_t = \frac{K_1}{t^{\alpha}}; \quad K_{ср} = \frac{K_0}{t^{\alpha}}.$$

$S_{потери}$ — потери воды на фильтрацию в канале на 1 км длины за одну секунду в кубических метрах;
Q — расход воды в канале в кубических метрах в секунду;
σ — процент потерь воды на 1 км длины канала.

Полевые наблюдения (ВНИИГиМ, 1935—1936 гг. в бассейне р. Мургаб, Туркменской ССР) показывают (см. черт. 101), что, в зависимости от продолжительности действия каналов, в условиях грунтов средней и выше средней проницаемости и близкого стояния грунтовых вод (около 2 м), величина σ изменяется по гиперболической кривой, достигая установившихся размеров $\sigma_{уст}$ лишь через 50—60 часов после пуска воды.

При расчетах удобнее пользоваться кривой средних (за период t действия канала) величин $\sigma_{ср} = \frac{\sum_0^t \sigma \Delta t}{t}$ % на километр; отношение $\beta = \frac{\sigma_{ср}}{\sigma_{уст}}$ является поправочным коэфициентом к формулам потерь в постоянно действующих каналах.

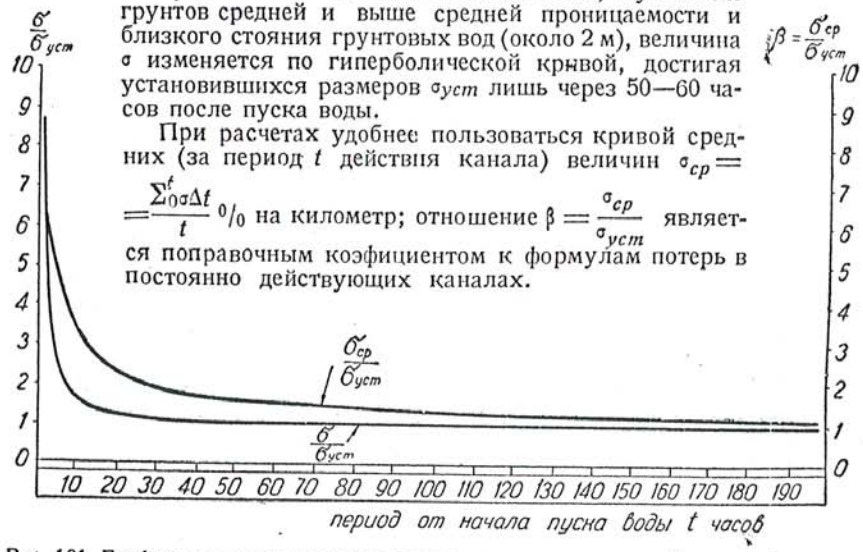


Рис. 101. График изменения потерь во времени в периодически действующей ирригационной сети.

С введением поправок на динамичность потерь отпадают основания для введения в расчет еще так называемых эксплоатационных потерь.

Поправочные коэфициенты β для каналов, с расходами до 0,25 м³/сек., проходящих в грунтах средней и выше средней водопроницаемости при близких грунтовых водах, приведены в таблице значений коэфициента β.

Таблица значений коэфициента β

Период работы канала t часов	1	5	10	15	20	30	40	60	80	100	150	200	300	500
Поправочный коэфициент $\beta = \frac{\sigma_{ср}}{\sigma_{уст}}$	6,74	4,68	3,24	2,62	2,28	1,90	1,70	1,47	1,36	1,28	1,19	1,14	1,09	1,05

При учете процента потерь в картовых и полевых каналах необходимо принимать во внимание ранее указанные коэфициенты α и β, ведя расчет потерь по формулам:

$$\sigma = \alpha \cdot \beta \cdot \sigma_{уст.} \quad (3)$$

$$S = \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \sigma_{уст.} \cdot Q \cdot l}{100}; \qquad (4)$$

где значения β принимаются для периода t, равного всей продолжительности такта работы канала, а l — полная длина канала.

Расчет потерь в периодически действующих групповых каналах ведется для первых 24 часов их работы по формуле $\sigma = \beta \cdot \sigma_{уст}$, а для последующих суток непрерывной работы — по формуле $\sigma = \sigma_{уст}$.

При исчислении потерь учитывается изменение процента потерь σ в связи с уменьшением расхода по длине групповых и полевых каналов по мере вывода воды в полевые или картовые оросители, что несколько влияет на величину потерь по отдельным участкам группового или полевого канала.

Для картовых оросителей изменение расхода по их длине может не приниматься во внимание, поскольку они работают при постоянных подпорах воды.

Более точный подсчет потерь, с учетом, помимо динамичности l и σ, также и влияния изменения расходов по длине полевых каналов, сложен, поскольку необходимо определять значения σ для каждого участка канала между картовыми оросителями и находить средне-взвешенное значение σ для канала в целом.

Формулы для точного подсчета таковы:

$$\sigma = \frac{\sum t' \cdot \beta \cdot \sigma_{уст} \cdot Q'_n \cdot в}{t\,(n-1) \cdot в \cdot Q} = \frac{\sum t' \cdot \beta \cdot \sigma_{уст} \cdot Q'_n}{t\,(n-1)\,Q} \qquad (5)$$

и

$$S = \frac{\sigma \cdot Q \cdot l}{100} = \frac{\sum t' \cdot \beta \cdot \sigma_{уст.} \cdot Q'_n \cdot в}{t\,(n-1) \cdot 100}, \qquad (4')$$

где t — продолжительность работы полевого канала;

t' — продолжительность работы участка полевого канала;

Q'_n — средний расход нетто на участке канала;

Q — расход нетто канала.

Значения β и $\sigma_{уст.}$ принимаются для каждого участка в соответствии с его расходом Q'_n и продолжительностью его работы.

Однако расхождение между величинами потерь (S), определенными по указанным точным формулам и по формуле (4), не превышает обычно 5—6%.

Поэтому применение уравнений (3) и (4) является вполне допустимым в практике расчетов.

Примеры подсчета потерь

Полевой канал обслуживает 6 карт, закрепленных за 6 полевыми бригадами.

Одновременно работают $n'=3$ картовых оросителя из $n=6$. Расход картового оросителя — 80 л/сек.-нетто.

Продолжительность двухтактного полива поля — 30 часов.

В 1-й такт работают картовые оросители № 1, 2, 3, во 2-й такт — № 4, 5, 6.

а) Исчисление величин потерь по уравнению (5) сведено в нижеследующую таблицу:

Таблица точного расчета величин σ и S

	Участок полевого канала между картовыми оросителями №					
	1—2	2—3	3—4	4—5	5—6	Всего
Расход воды на участке Q'_n						
1-й такт	160	80	—	—	—	
2-й такт	240	240	240	160	80	
средний	200	160	240	160	80	
$\sigma_{уст}$ по средней кривой А. Н. Костякова	3,6	4,0	3,3	4,0	5,0	
Продолжительность работы участка t' часов	30	30	15	15	15	
β	1,90	1,90	2,62	2,62	2,62	
$t' \cdot \beta \cdot \sigma_{уст} \cdot Q'_n$	41 040	36 480	31 126	25 152	15 720	149 518

Согласно (5):

$$\sigma = \frac{149\,518}{30 \cdot (6-1) \cdot 240} = 4{,}15\%.$$

По формуле (4'):

$$S = \frac{149\,518}{30 \cdot (6-1) \cdot 100} (6-1) \cdot в = 49{,}8\,в$$

при $в = 0{,}1$ км

$$S = 4{,}98 \text{ л/сек.}$$

а') При подсчете потерь по упрощенным формулам (3) и (4):

$$\sigma = \alpha \cdot \beta \cdot \sigma_{уст.} = 0{,}70 \cdot 1{,}90 \cdot 3{,}3 = 4{,}38\%.$$

$$S = \frac{\alpha \cdot \beta \cdot \sigma_{уст} \cdot Q \cdot l}{100} = \frac{0{,}70 \cdot 1{,}90 \cdot 3{,}3 \cdot 240 \cdot 5 \cdot 0{,}1}{100} = 5{,}27 \text{ л/сек.}$$

Значения α и β взяты из таблиц «Значения коэфициента α для полевого канала при размещении различного числа колхозных бригад в каждом поле севооборота» (стр. 174) и «Таблицы значений коэфициентов β» (стр. 175).

Расхождение — около 5,6% от величины потерь.

в) Соответственно для картовых оросителей, работающих в данном примере по $\frac{30}{2} = 15$ часов, при $\alpha = 0{,}70$ и $l = 0{,}6$ км

$$\sigma = \alpha \cdot \beta \cdot \sigma_{уст.} = 0{,}70 \cdot 2{,}62 \cdot 5 = 9{,}16\%$$

и

$$S = \frac{0{,}70 \cdot 2{,}62 \cdot 5 \cdot 80 \cdot 0{,}6}{100} = 4{,}4 \text{ л/сек.}$$

в) Упрощенный метод подсчета потерь при разных формах водооборота

При составлении схематических проектов или при эксплоатационных расчетах, относящихся к планированию водопользования в колхозах, возможно прибегать к упрощенному методу исчисления потерь.

Потери в периодически действующей сети в этом случае могут быть определены по формулам:

$$\sigma = \delta \cdot \sigma_{уст} \qquad (6)$$

и

$$S = \frac{\delta \cdot \sigma_{уст} \cdot Q \cdot l}{100}; \qquad (7)$$

где $\sigma_{уст}$ — процент потерь, определенный по эмпирическим формулам А. Н. Костякова;
l — полная длина каналов;
Q — общий расход канала.

Величины коэфициента δ, определенные на основании рассмотрения связи произведений величин α и β с продолжительностью t непрерывной работы (в часах) полевого или картового канала, при различных формах водооборота, характеризуются кривой (см. рис. 102) с уравнением *:

для $t < 10$ $\quad \delta = 4{,}50 - 0{,}18t$;

для $t > 10$ $\quad \delta = 0{,}54 + \frac{21{,}55}{t}$.



Рис. 102. Зависимость поправочных коэфициентов δ от продолжительности работы канала t.

Кривая применима в условиях грунтов средней и выше средней водопроницаемости и близких грунтовых вод. Значения δ, согласно кривой, даны в таблице.

Таблица значений δ

Продолжительность непрерывной работы канала t часов . . .	5	10	15	20	30	40	60	80	100	120
Величина δ . . .	3,50	2,70	1,98	1,62	1,26	1,08	0,90	0,81	0,76	0,72

Результаты применения упрощенной формулы (6) покажем для условий примера, приведенного выше.

Для полевого канала имеем:

$t = 30$ часов; $\quad Q = 240$ л/сек.; $\quad \sigma_{уст.} = 3{,}3\%$ на 1 км.

Коэфициент δ по «Таблице значений δ» равен 1,26.

$\sigma = \delta \cdot \sigma_{уст} = 1{,}26 \cdot 3{,}3 = 4{,}16\%$, по сравнению с полученным по формуле (5) $\sigma = 4{,}15\%$.

Для картового оросителя: $t = 15$ часов; $Q = 80$ л/сек., $\sigma_{уст} = 5\%$ на 1 км.

Из «Таблицы значений δ» $\delta = 1{,}98$; $\sigma = 1{,}98 \cdot 5 = 9{,}9\%$, вместо $9{,}2\%$ по формуле (3).

§ 51. Расчетные командные горизонты воды в оросительных каналах

Расчетные горизонты воды в проектируемых оросительных каналах, для принятых расчетных значений элементов поперечного и продольного профиля, зависят от:

* Формулы для δ выведены М. И. Вилькомиром.

1) расчетных расходов канала;
2) расчетных коэфициентов шероховатости канала;
3) проектируемых подпорных сооружений,
4) влияний закруглений, ветра и случайных причин, изменяющих скорости и т. п.

В проектах рекомендуется устанавливать следующие расчетные командные горизонты каналов:

1) Нормальный командный расчетный горизонт ($H_{норм}$). Этот расчетный горизонт соответствует нормальному расчетному расходу в отсутствии подпора воды в канале.

2) Минимальный расчетный горизонт ($H_{мин}$).

3) Максимальный командный расчетный горизонт ($H_{макс}$). Горизонт может быть свободным или подпертым, в соответствии с чем в проектах должно быть сделано указание; например, максимальный расчетный горизонт должен быть обозначен или как $H_{макс}^{бесподп}$, или как $H_{макс}^{подп}$.

Максимальный расчетный подпорный (или бесподпорный) горизонт воды в канале определяется как предельный, выше которого вода в канале не должна подниматься; поэтому при установлении его учитываются наихудшие условия работы канала, т. е. максимальный расход и максимальный расчетный коэфициент шероховатости. Для ответственных крупных каналов должно быть еще, сверх этих условий, учтено влияние радиуса закругления канала, ветра и уменьшения живого сечения от случайных причин.

Нормальный командный расчетный горизонт воды устанавливается при нормальном расчетном расходе и нормальном коэфициенте шероховатости. Этот горизонт, как правило, должен быть командующим без подпора воды в канале.

Минимальный расчетный горизонт воды в канале будет соответствовать горизонту при минимальном расходе канала и нормальном коэфициенте шероховатости; он может быть как бесподпорным, так и подпорным.

Минимальный бесподпорный горизонт воды в месте выпуска на расчетном канале определяет, нужно ли устраивать подпорное сооружение. Если при минимальном расчетном расходе канала горизонт его получается меньше минимального командного горизонта, то необходимо ставить подпорное сооружение или повышать дно канала.

Превышение горизонта воды в картовых оросителях над поливной площадью. При поливе по бороздам горизонт воды в картовом оросителе, при нормальном расчетном расходе его и нормальном расчетном коэфициенте шероховатости, должен быть выше отметки земли по трассе канала на 0,10—0,15 м.

Указанные нормальные запасы командования горизонтов воды картовых оросителей допустимы при правильной проектировке трассы картовых оросителей, т. е. при условии командования трассы над поливной площадью.

Некомандные мелкие бугры должны быть включены в планировку. Более крупные некомандные площади, если планировка их в проекте не предусмотрена, в площадь командования картового оросителя не включаются.

Превышение горизонта воды в групповых распределителях над горизонтом воды в картовых оросителях. Горизонт воды в групповом распределителе при нормальном расчетном расходе его и нормальном расчетном коэфициенте шероховатости должен превышать горизонт воды в картовом оросителе при нормальном расчетном расходе и максимальном

расчетном коэфициенте шероховатости не меньше как на 0,05 м и 0,10 м.

Это превышение горизонта может быть осуществлено за счет глубины наполнения группового распределителя как в свободном, так и в подпертом состоянии. В последнем случае в проекте должно быть предусмотрено надлежащее количество подпорных сооружений на групповом распределителе. Так как групповые распределители подают воду только в часть картовых оросителей, на них неизбежны перегораживающие и подпорные сооружения.

Минимальное количество постоянных подпорных сооружений на групповом (внутриколхозном) распределителе рассчитывается, исходя из условий одновременной подачи воды в группу единовременно работающих картовых оросителей, расположенных рядом.

Однако в проекте необходимо обеспечить возможность иного полива карт по групповому (внутриколхозному) распределителю, для чего должны быть предусмотрены дополнительные постоянные подпорные сооружения или запроектированы временные переносные подпорные сооружения.

Превышение горизонта воды в старших распределителях над горизонтами воды в младших распределителях и в магистралях над распределителями. Необходимо, чтобы горизонт воды в старшем канале (распределитель или магистраль), соответствующий его нормальному расходу, был без подпора выше горизонта младшего распределителя, при максимальном расходе последнего, на величину, не меньше потери напора при проходе воды через головной регулятор (но не меньше 0,10—0,05 м).

При расчете горизонтов воды в старшем и в младшем каналах принимается нормальный расчетный коэфициент шероховатости.

При минимальном горизонте допускается командование при помощи подпорных горизонтов.

ГЛАВА IX

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ И ЭЛЕМЕНТЫ ПОПЕРЕЧНОГО ПРОФИЛЯ ОРОСИТЕЛЬНОГО КАНАЛА

§ 52. Основные расчетные формулы гидравлического расчета и значения коэфициента шероховатости в каналах и естественных руслах

1. Основными формулами для гидравлического расчета ирригационных каналов при равномерном движении воды в них является формула средней скорости Шези:

$$v_{cp} = c\sqrt{RJ},$$

и формула расхода

$$Q = v_{cp}F,$$

где v_{cp} — средняя скорость потока в метрах в секунду;
R — гидравлический радиус живого сечения в метрах;
c — скоростной коэфициент Шези в метрах в секунду;
J — продольный уклон поверхности воды, а при равномерном движении воды в призматическом русле — параллельный ему продольный уклон дна;
Q — расчетный расход канала в кубических метрах в секунду;
F — площадь живого сечения канала в квадратных метрах.

2. Для определения значения скоростного коэфициента c в настоящее время обычно пользуются формулами:

а) Гангилье — Куттера:

$$c = \frac{23 + \frac{1}{n} + \frac{0{,}00155}{J}}{1 + \left(23 + \frac{0{,}00155}{J}\right)\frac{n}{\sqrt{R}}}$$

при $J \leqslant 0{,}0005$;

$$c = \frac{2 + \frac{1}{n}}{1 + \frac{23 \cdot n}{\sqrt{R}}}$$

при $J > 0{,}0005$.

б) Базена:

$$c = \frac{87}{1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}};$$

в) Маннинга:

$$c = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}};$$

г) Форхгеймера:

$$c = \frac{1}{n} R^{0{,}2};$$

д) Акад. Н. Н. Павловского:

$$c = \frac{1}{n} R^{y};$$

$$y = 2{,}5\sqrt{n} - 0{,}13 - 0{,}75\sqrt{R}\,(\sqrt{n} - 0{,}10)$$

или приближенно

$y = 1{,}5\sqrt{n}$ при $0{,}1 \leqslant R \leqslant 1{,}0$ м; $y = 1{,}3\sqrt{n}$ при $1{,}0 \leqslant R \leqslant 3{,}0$ м.

В приведенных формулах n есть коэфициент шероховатости русла по шкале Гангилье — Куттера, а γ — коэфициент шероховатости русла по шкале Базена.

Для гидравлического расчета оросительных каналов рекомендуется пользоваться преимущественно формулой Гангилье — Куттера.

3. Значение коэфициента шероховатости сильно отражается на размерах канала. Вместе с тем коэфициент шероховатости зависит не только от крупности выступов поверхности русла внутри потока, что обусловливает относительную гладкость или шероховатость поверхности русла, но и от общего характера русла (извилистость в плане, отклонение от призматичности) и от режима течения. Поэтому выбор значения коэфициента шероховатости надо делать особо тщательно. При проектировании больших каналов необходимо определять значения коэфициента шероховатости специальными исследованиями.

4. Для основной ориентировки можно пользоваться следующей таблицей общих значений коэфициента шероховатости по шкале Гангилье — Куттера.

Таблица общих значений коэфициента шероховатости n по шкале Гангилье — Куттера

№ по порядку	Характеристика русла	Значения	
		n	$1/n$
1	Исключительно гладкие поверхности: стеклянные, шлифованные металлические; поверхности, покрытые эмалью или глазурью	0,0009	111,1
2	Весьма тщательно остроганные, плотно пригнанные доски, лучшая штукатурка с ожелезнением из чистого цемента	0,010	100,0
3	Лучшая штукатурка цементом с прибавкой $^1/_3$ песка, хорошо остроганные доски, чистые (новые) железные, чугунные, гончарные трубы, хорошо уложенные и плотно соединенные	0,011	90,9
4	Нестроганые хорошо пригнанные доски; очень хорошая бетонировка; водопроводные трубы в нормальном состоянии без заметных наростов; очень чистые водосточные трубы	0,012	83,3
5	Лучшая тесовая кладка; хорошая кирпичная кладка; мало загрязненные водопроводные трубы; водосточные трубы в нормальном состоянии . .	0,013	76,9
6	Загрязненные водопроводные и водосточные трубы; средняя бетонировка каналов	0,014	71,4
7	Средняя кирпичная кладка; облицовка из тесаного камня в средних условиях; сильно загрязненные водосточные трубы; брезент по деревянным рейкам	0,015	66,7
8	Хорошая бутовая кладка; старая расстроенная кирпичная кладка; сравнительно грубая бетонировка; очень гладкая, хорошо разработанная скала	0,017	58,8
9	Каналы, выстланные толстым устойчивым слоем ила; каналы в плотном лёссе и плотном мелком гравии, выстланные сплошной пленкой ила и находящиеся в безукоризненном состоянии . . .	0,018	55,6
10	Средняя бутовая кладка; булыжная мостовая; каналы, чисто вырубленные в скале; каналы в лёссе, плотном гравии, плотной земле, выстланные сплошной пленкой ила и находящиеся в нормальном состоянии	0,020	50,0
11	Каналы в плотной глине; каналы в лёссе, в гравии, в земле, выстланные не сплошной пленкой ила, большие земляные каналы в условиях хорошего содержания и ремонта	0,0225	44,4
12	Хорошая сухая кладка; крупные земляные каналы в средних условиях ремонта и ухода и малые каналы в хороших условиях ремонта и ухода; реки в очень хороших условиях (чистое, прямое ложе без обвалов и промоин, свободное течение)	0,025	40,0

Продолжение

№ п/п.	Характеристика русла	Значения	
		n	$1/n$
13	Земляные каналы мелкие в средних условиях ремонта и ухода, крупные в условиях ниже среднего	0,0275	36,4
14	Земляные каналы в плохих условиях (местами с водорослями, булыжниками или гравием на дне, заметно заросшие травой, с местными обвалами берегов); реки в благоприятных условиях . . .	0,030	33,3
15	Земляные каналы в весьма плохих условиях (с неправильным профилем, заметно засоренные водорослями и камнями); реки в удовлетворительных условиях с некоторым количеством камней и водорослей	0,035	28,6
16	Земляные каналы в исключительно плохих условиях (значительные обвалы и промоины, заросли камыша, густые корни, крупные камни по руслу и пр.); реки при ухудшении условий по сравнению с предыдущими пунктами (увеличение количества камней и водорослей, извилистое ложе с небольшим количеством промоин и отмелей и пр.)	0,040	25,0

Для более детальной ориентировки может служить нижеследующая таблица, где значения коэфициента шероховатости n по шкале Гангилье — Куттера диференцированы в соответствии с условиями постройки, ремонта, ухода и содержания канала или реки.

Таблица значений коэфициента шероховатости n (по шкале Гангилье — Куттера), диференцированных в соответствии с условиями постройки и содержания канала (или реки)

№ по порядку	Характеристика русла	Значение n в условиях			
		очень хороших	хороших	средних	плохих
	Цементные поверхности				
1	Поверхности из чистого цемента	0,010	0,011	0,012	0,013
2	Поверхности, оштукатуренные цементным раствором	0,011	0,012	0,013	0,015
	Бетонированные каналы				
3	Наиболее гладкие в практике поверхности с весьма тщательной отделкой откосов и дна с хорошо устроенными швами облицовок, без песка и гравия на дне, с небольшим количеством закруглений на трассе, имеющих большой радиус . . .	—	0,011	0,012	0,013
4	Без тщательной сплошной штукатурки или при не вполне ровно затертой поверхности, с удовлетворительно устроенными швами, без песка и гравия на дне, с закруглениями в плане, имеющими радиус средней величины	—	0,013	0,014	0,015

Продолжение

№ по порядку	Характеристика русла	Значение n в условиях			
		очень хороших	хороших	средних	плохих
5	То же что в пп. 3 и 4, но при наличии песка и гравия на дне. Шероховатые бетонные поверхности, худшие швы, крутые закругления	—	0,015	0,016	0,018
6	Бетонировка, выполненная цемент-пушкой:				
	а) со сглаживанием поверхности проволочными щетками	—	0,016		
	б) без сглаживания поверхности щетками в средних условиях производства	—	—	0,019	
	Металлические желоба				
7	Гладкие неокрашенные металлические желоба	—	0,011	0,012	0,014
8	Гладкие окрашенные металлические желоба		0,012	0,013	0,017
9	Ржавые металлические желоба	—	Коэф. увеличиваются примерно в два раза.		
	Деревянные лотки и желоба				
10	Лотки из продольно расположенных строганых досок или брусьев	—	0,011	0,014	0,018
11	Лотки из продольно расположенных нестроганых досок или брусьев	—	0,012	0,015	0,018
12	Деревянные клепочные желоба	—	0,011	0,012	0,014
13	Лотки из поперечно расположенных строганых досок или брусьев	— —	0,012 0,013	0,015 0,016	0,019 0,020
14	Лотки из поперечно расположенных нестроганых досок или брусьев	— —	0,013 0,014	0,016 0,017	0,019 0,020
15	Деревянные лотки с наколоченными планками	0,012	0,015	0,016	—
	Каналы с кирпичной и каменной облицовкой				
16	Кладка из кирпича, покрытого глазурью	—	0,012	0,013	0,015
17	Кирпичная кладка на цементном растворе	—	0,012	0,015	0,017
18	Облицовка из тесаного камня	—	0,013	0,015	0,017
19	Бутовая кладка на цементном растворе	—	0,017	0,020 0,025	0,030
20	Сухая кладка	—	0,025	0,030	0,035
21	Булыжная мостовая	—	—	0,020 0,0225	—
	Каналы в скальной выемке				
22	Каналы, чисто высеченные в скале	—	—	0,020 0,025	—
23	Каналы в средних условиях производства скальных работ без сплошного и тщательного сглаживания поверхности, но со срубанием более заметных выступов	—	—	0,030 0,035	—

Продолжение

№ по порядку	Характеристика русла	Значение n в условиях			
		очень хороших	хороших	средних	плохих
24	Каналы, грубо высеченные в скале	—	—	0,040 0,045	—
	Земляные каналы				
25	Земляные каналы с призматическим руслом в плотном грунте (лёсс, глина, мелкий гравий) чистые	0,017	0,020	0,0225	0,025
26	Земляные каналы извилистые в плане с правильным руслом в плотном грунте	0,0225	0,025	0,0275	0,030
27	Каналы в гравии и песке, правильной формы, чистые	0,020	0,025	0,027	0,030
28	Каналы в лёссе или глине, засоренные и заросшие	—	0,027	0,030	0,035
29	Каналы в галечнике	0,025	0,027	0,030	0,033
30	Габионная кладка		0,025		
31	Каналы с заиленным дном и откосами из каменной кладки	0,025	0,030	0,033	0,035
32	Грубое каменистое дно с заросшими земляными откосами	0,025	0,030	0,035	0,040
33	Заиленные каналы, вырытые землечерпалкой	0,025	0,0275	0,030	0,033
	Естественные водотоки				
34	Чистое прямое русло без глубоких промоин, без отмелей при большой глубине	0,025	0,0275	0,030	0,033
35	То же с небольшим количеством водорослей и камней	0,030	0,033	0,035	0,040
36	Чистое извилистое русло с небольшим количеством промоин и отмелей	0,033	0,035	0,040	0,045
37	То же с небольшим количеством водорослей и камней	0,035	0,040	0,045	0,050
38	То же, что в п. 36, но при меньших глубинах с меньшими уклонами, с менее эффективно работающим сечением	0,040	0,045	0,050	0,055
39	То же, что в п. 38, на более каменистых участках	0,045	0,050	0,055	0,060
40	Участки рек с замедленным течением, значительно заросшие или с очень глубокими промоинами	0,050	0,060	0,070	0,080
41	Весьма сильно заросшие участки рек	0,075	0,110	0,125	0,150

5. Размеры канала (пропускная способность, запасы в дамбах) рассчитываются по значению коэфициента шероховатости n, соответствующему средним и хорошим условиям.

Вышеприведенные правила применимы в том случае, когда вся смоченная поверхность русла (и откосы) обладает одинаковой шероховатостью.

6. Значения коэфициента шероховатости по формуле Базена, а также таблицы и графики значений c по различным формулам приведены в I томе «Справочника по гидротехнике и мелиорации» на стр. 313.

§ 53. Незаиляющие скорости в оросительных каналах*

1. Проект норм для расчета допускаемых незаиляющих скоростей дан Гидроэнергопроектом. Согласно этому проекту, расчет незаиляющих скоростей в открытых оросительных каналах может производиться следующими способами.

Первый способ: на основании специальных исследований, организуемых при проектировании данного канала.

Второй способ: на основании использования материалов исследований, относящихся к каналам, находящимся в условиях, аналогичных тем, в которых находится проектируемый канал.

Третий способ: на основании эмпирических и теоретических формул.

2. Расчет каналов по первому способу (с производством специальных исследований) производится при составлении технических проектов каналов I и II классов.

Способы второй и третий применяются в остальных случаях в зависимости от наличия материалов.

3. При применении второго способа (п. 1) расчеты ведут следующим образом: сравнивая результаты непосредственных наблюдений с результатами, получаемыми при применении одной из формул, приводимых ниже (см. ниже формулы Кеннеди, Гриффитс-Ласея, А.А. Черкасова, В. Н. Гончарова), выбирают в основу дальнейших расчетов ту, которая дает наилучшие результаты.

4. При применении третьего способа пользуются формулами.

1. Формулы Кеннеди и Гриффитс-Ласея

Для расчетов каналов на заиление в случаях, указанных в п. 4, применяются следующие формулы Кеннеди (1) и Гриффитс-Ласея (2):

$$1)\quad v_{кр} = \alpha \cdot h^{0,64}; \qquad (1)$$

$$2)\quad v_{кр} = \alpha_1 \cdot R^{0,5}, \qquad (2)$$

где $v_{кр}$ — критическая средняя скорость течения в метрах в секунду;
h — средняя глубина канала в метрах;
R — гидравлический радиус в метрах;
и α, α_1 — коэфициенты, значения которых указаны в таблице.

Таблица значений коэфициентов α и α_1 в формулах Кеннеди и Гриффитс-Ласея

Характеристика грунта	α	α_1
Крупные песчано-илистые наносы	0,60—0,71	0,65—0,77
Средние песчано-илистые наносы	0,54—0,57	0,58—0,64
Мелкие наносы	0,39—0,41	0,41—0,45
Очень мелкие наносы	0,34—0,37	0,37—0,41

* Подробная литературная сводка имеющихся материалов по изучению незаиляющих скоростей сделана проф. А. А. Черкасовым и напечатана в «Материалах для проектирования ирригационных каналов», Гидропроиз, 1936 г.

2. Формула проф. А. А. Черкасова

Для проверочных расчетов допускается применение следующей формулы, предложенной проф. А. А. Черкасовым:

$$v_{кр} = 0,646\alpha \cdot \beta \cdot R^{0,5},$$

где $v_{кр}$ — критическая скорость в метрах в секунду;
R — гидравлический радиус в метрах;
α и β — коэфициенты, значения которых указаны в таблицах.

Таблица значений коэфициента α в формуле А. А. Черкасова

$R \cdot J \cdot 10^6$	α	$R \cdot J \cdot 10^6$	α	$R \cdot J \cdot 10^6$	α
50	0,970	200	0,995	400	1,020
75	0,975	225	1,000	450	1,025
100	0,980	275	1,005	500	1,030
125	0,985	300	1,010		
150	0,990	350	1,015		

Примечание к таблице значений коэфициента α:
R — гидравлический радиус в метрах;
J — продольный уклон потока.

Таблица значений коэфициента β в формуле А. А. Черкасова

η грамм-сантиметр / литр-секунда	β	η грамм-сантиметр / литр-секунда	β	η грамм-сантиметр / литр-секунда	β
		0,15	0,935		
0,001	0,735	0,20	0,950	1,5	1,075
0,010	0,815	0,30	0,975	2,0	1,090
0,020	0,840	0,40	0,990	3,0	1,120
0,030	0,860	0,50	1,005	4,0	1,140
0,040	0,870	0,60	1,015	5,0	1,160
0,050	0,880	0,70	1,025	7,0	1,180
0,060	0,890	0,80	1,030	10,0	1,215
0,080	0,900	0,90	1,040	15,0	1,250
0,100	0,915	1,00	1,045	20,0	1,270

Примечание к таблице значений коэфициента β:
В формуле А. А. Черкасова буквой η обозначен гидромеханический эквивалент наносов, равный:

$$\eta = \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma} \cdot \xi \frac{\sum_1^n (W_1 p_1)}{\sum_1^n p_1} \quad \frac{\text{г-см}}{\text{л-сек.}},$$

где γ_1 — удельный вес материала наносов;
γ — удельный вес воды;
ξ — мутность потока, т. е. количество граммов наносов в 1 л расхода потока;
W_1 — осредненная гидравлическая крупность частиц фракции порядка i см/сек.;
p_1 — содержание этой фракции во всем составе в процентах;
n — число фракций при гранулометрическом анализе.
Если $\gamma_1 = 2,66$ и $\gamma = 1,0$,
То:

$$\eta = 0,624 \cdot \xi \frac{\sum_1^n (W_1 p_1)}{\sum_1^n p_1} \quad \frac{\text{г-см}}{\text{л-сек.}}$$

Значения W_1 по Хазену — Черкасову следующие:

Диаметр фракции (в миллиметрах)	Величина W_1	Диаметр фракции (в миллиметрах)	Величина W_1
< 0,001	0,00005	0,05 —0,25	1,272
0,001—0,005	0,00158	0,25 —0,50	3,899
0,005—0,010	0,01635	0,50 —1,00	7,527
0,01 —0,05	0,124		

Если критическая скорость, вычисленная по формулам, получается меньше 0,27 м/сек., принимается $v_{кр}$=0,27 м/сек.

3. Формула проф. Е. Н. Гончарова

Допускается также пользование для поверочных расчетов таблицей, предложенной проф. В. Н. Гончаровым.

Таблица проф. В. Н. Гончарова для поверочных расчетов критической скорости

Состав взвешенных наносов	Средняя глубина h м	При весовом содержании фракции наносов крупнее 0,005 мм в промиллях						
		0,1	0,5	1,0	2,5	5,0	7,5	10
		Значения $v_{кр}$ в метрах в секунду						
75% частиц диаметром от 1,0 до 0,25 мм и 25% частиц диаметром от 0,25 до 0,05 мм	0,30	0,22	0,30	0,34	0,41	0,48	0,51	0,53
	0,60	0,28	0,36	0,42	0,51	0,60	0,66	0,69
	1,00	0,35	0,45	0,52	0,64	0,75	0,81	0,86
	1,50	0,40	0,53	0,63	0,75	0,89	0,97	1,02
	2,00	0,45	0,59	0,70	0,85	1,00	1,09	1,15
	2,50	0,48	0,65	0,77	0,92	1,11	1,22	1,28
	3,00	0,53	0,72	0,83	1,02	1,21	1,33	1,38
25% частиц диаметром от 1,0 до 0,25 мм и 75% частиц диаметром от 0,25 до 0,05 мм	0,30	0,28	0,38	0,44	0,53	0,62	0,66	0,69
	0,60	0,36	0,47	0,54	0,66	0,78	0,86	0,90
	1,00	0,45	0,58	0,67	0,83	0,97	1,06	1,12
	1,50	0,52	0,69	0,82	0,98	1,16	1,26	1,32
	2,00	0,59	0,77	0,90	1,10	1,30	1,42	1,49
	2,50	0,63	0,84	1,00	1,20	1,43	1,58	1,66
	3,00	0,69	0,93	1,08	1,33	1,56	1,72	1,80
75% частиц диаметром от 0,25 до 0,05 мм и 25% частиц диаметром от 0,05 до 0,005 мм	0,30	0,39	0,53	0,61	0,73	0,86	0,92	0,96
	0,60	0,50	0,65	0,75	0,92	1,08	1,19	1,24
	1,00	0,62	0,81	0,93	1,14	1,34	1,46	1,35
	1,50	0,72	0,96	1,13	1,36	1,60	1,72	1,83
	2,00	0,79	1,07	1,25	1,53	1,80	1,96	2,06
	2,50	0,99	1,17	1,38	1,66	1,99	2,20	2,30
	3,00	1,18	1,29	1,49	1,84	2,16	2,38	2,49
25% частиц диаметром от 0,25 до 0,05 мм и 75% частиц диаметром от 0,05 до 0,005 мм	0,30	0,57	0,77	0,88	1,05	1,24	1,33	1,38
	0,60	0,72	0,94	1,09	1,33	1,56	1,72	1,80
	1,00	0,90	1,17	1,34	1,65	1,94	2,11	2,24
	1,50	1,04	1,38	1,64	1,96	2,31	2,51	2,64
	2,00	1,18	1,54	1,81	2,20	2,60	2,83	2,97
	2,50	1,25	1,69	2,00	2,39	2,87	3,17	3,31
	3,00	1,38	1,87	2,16	2,65	3,12	3,44	3,60

Примечание к таблице проф. Гончарова. Значения $v_{кр}$ вычислены по формуле:

$$p = \frac{0,535}{h}\left(\frac{v_{кр}}{v_0 h^{0,2}}\right)^4 \cdot \left(1 - \frac{v_0 h^{0,2}}{v_{кр}}\right),$$

где p — весовое содержание фракции наносов крупнее 0,005 мм в процентах;
v_0 — скорость (в метрах в секунду), при которой происходит осаждение наносов данной крупности при глубине потока 1 м;
$v_{кр}$ — критическая скорость (в метрах в секунду);
h — глубина потока (в метрах).

Условия заиления каналов могут быть определены **по формуле инж. Хорста:**

$$\rho W_1 \frac{\gamma_1 - \gamma}{\gamma_1} = 2\,500\ vRi,$$

здесь; γ_1 — удельный вес наносов источника орошения;
γ — удельный вес воды источника орошения;
ρ — допустимая относительная мутность воды в канале в кг/м³, при принятых размерах его,
W_1 — осредненная гидравлическая крупность наносов, поступающих в канал (в сантиметрах в секунду);
v — средняя скорость воды в канале (в метрах в секунду);
R — гидравлический радиус в метрах;
i — уклон канала.

4. Допуски

При проектировании оросительных каналов рекомендуется средние скорости не допускать ниже 0,30 м/сек. в мелких каналах с расходом до 0,5 м³/сек. и 0,5 м/сек. в крупных каналах с расходом более 2,0 м³/сек.

Расчетные средние скорости при нормальных расходах и нормальных коэфициентах шероховатости должны быть больше критических незаиляющих скоростей при этих же условиях не менее как на 5—10%, т. е.:

$$v_{ср} \geqslant (1,05 - 1,10)\, v_{кр}.$$

Проектирование незаиляющих скоростей не полностью обеспечивает каналы от заиления, ввиду того что на системе неизбежны подпорные сооружения, пониженные расходы воды и пр. Поэтому на крупных распределителях целесообразно устройство отстойников — уширенных участков каналов в местах, где можно обеспечить удаление осевших наносов.

§ 54. Неразмывающие скорости

1. Ввиду малой изученности явления размыва дать расчетную формулу размывающей скорости ($v_{разм}$) пока нельзя.

2. При проектировании значения размывающей скорости следует устанавливать специальными исследованиями в конкретных условиях проектируемого канала с учетом всех фактов, влияющих на $v_{разм}$: характера руслового грунта, размеров поперечного сечения канала, его уклона, коэфициента шероховатости русла, распределения скоростей, степени турбулентности, характера наносов, влекомых потоком в суспензии и по дну.

3. Для ориентировочного определения средней скорости, при которой начинается размыв русла, можно пользоваться таблицей критических по размыву средних скоростей, составленной проф. А. А. Черкасовым (см. табл. на стр. 190—194).

Таблица критических (по размыву) средних скоростей для потоков с гидравлическим радиусом R от 0,2 до 2,0 м

№ по порядку	Номенклатура грунта русла канала	Гранулометрическая характеристика	Объемный вес в г/см³	Размывающая скорость v_1 при $R=1$ м	Показатель степени m	Влияние коллоидальных наносов на v_1	Влияние наносов песчаных на v_1	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Тонкий коллоидальный ил	Фракция $d < 0{,}0025$ мм составляет больше 50% веса пробы наносов; $d_{max} = 0{,}1$ мм. Много органической примеси	—	0,20—0,25	0,5	—	—	Нижний предел v_1 относится к рыхлому залеганию грунта, верхний—к плотному
2	Тяжелый ил	Фракция $d < 0{,}0025$ мм составляет меньше 50% веса пробы; $d_{max} = 0{,}25$ мм.	—	0,25—0,45	0,5	Повышает v_1 на 10—15%	Понижает v_1 на 10—15%	То же
3	Мелкий чистый песок	Фракция $0{,}05 < d < 0{,}25$ мм составляет около 80% веса пробы; $d_{max} = 0{,}25$ мм, $d_{min} = 0{,}025$ мм	—	0,35—0,55	0,5	Повышает v_1 на 15—20%	—	То же
4	Средний чистый песок	Фракция $0{,}25 < d < 1{,}0$ мм составляет около 80% веса пробы; $d_{max} = 1{,}0$, $d_{min} = 0{,}05$ мм	—	0,45—0,65	1/3	Повышает v_1 на 20—25%	Мелкопесчаные наносы повышают v_1 на 5—10%	То же
5	Крупный чистый песок	Фракция $1{,}0 < d < 2{,}5$ мм составляет около 90% веса пробы; $d_{max} = 2{,}5$ мм, $d_{min} = 0{,}1$ мм	—	0,60—0,75	1/3	Повышает на 25—30%	Повышает на 25—30%	То же

Продолжение

№ по порядку	Номенклатура грунта русла канала	Гранулометрическая характеристика	Объемный вес в г/см³	Размывающая скорость v_1 при $R=1$ м	Показатель степени m	Влияние коллоидальных наносов на v_1	Влияние наносов песчаных на v_1	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	Мелкий песок с примесью глины или ила	Состав песчаного скелета аналогичен составу мелкого чистого песка; примеси не больше 10%	—	0,40—0,60	0,5	Повышает v_1 на 15—20%	—	Значение v_1 меняется в зависимости от количества примеси и от плотности сложения
7	Средний песок с примесью глины, ила или мелкого песка	Состав песчаного скелета аналогичен составу среднего чистого песка; примеси не больше 10%	—	0,50—0,70	1/3	Повышает на 10—20%	—	То же
8	Крупный песок с примесью глины, ила или мелкого песка	Состав песчаного скелета аналогичен составу крупного чистого песка. Примеси не больше 15%	—	0,65—0,8	1/3	То же	—	То же
9	Мелкий гравий чистый	$2{,}5 < d < 7{,}5$ мм	—	0,75—1,0	1/3	Повышает на 25—40%	Повышает на 10—15%	Угловатость частиц и плотность их сложения повышает v_1
10	Крупный гравий чистый	$7{,}5 < d < 15$ мм	—	1,0—1,2	1/4	Повышает на 10—20%	Повышает на 10—20%	То же
11	Мелкая галька чистая	$1{,}5 < d < 3{,}75$ см	—	1,2—1,6	1/4	Повышает на 5—15%	То же	То же
12	Крупная галька чистая	$3{,}75 < d < 7{,}5$ см	—	1,6—2,2	1/4	То же	То же	То же
13	Мелкий булыжник	$7{,}5 < d < 12{,}5$ см	—	2,2—2,8	1/5	Повышает на 5—10%	То же	То же
14	Крупный булыжник	$12{,}5 < d < 25$ см	—	2,8—3,4	1/5	—	То же	То же

Продолжение

№ по порядку	Номенклатура грунта русла канала	Гранулометрическая характеристика	Объемный вес в г/см³	Размывающая скорость v_1 при $R=1$ м	Показатель степени m	Влияние коллоидальных наносов на v_1	Влияние наносов песчаных на v_1	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	Гравий с песком	Гравийный скелет $2,5 < d < 15$ мм; примесь песка 10—30%	—	0,90—1,5	1/3	Повышает на 5—10%	Повышает на 10—20%	Значение v_1 повышается вместе с количеством примеси и с плотностью
16	Галька с песком	Галечный скелет $1,5 < d < 7,5$ см; примесь песка 10—30%	—	1,3—2,3	1/3	То же	Повышает на 0—5%	То же
17	Крупные камни	$25 < d < 40$ см	—	3—5	1/5	—	—	Значение v_1 растет вместе с крупностью камней и плотностью их сложения.
18	Мягкие осадочные горные породы	Мергель, сланец, сланцевая глина, мягкий конгломерат.	—	2,5—3,5	1/6	—	Повышает на 10—15%	Значение v_1 тем выше, чем больше временное сопротивление породы на раздробление и чем глаже поверхность русла
19	Средние осадочные горные породы	Плотный конгломерат, слоистый известняк, доломитовый известняк, известковый песчаник	—	3,5—5,0	1/6	—	—	Понижает на 5—10%
20	Твердые горные породы	Осадочные—доломитовый песчаник, плотный известняк, кремнистый известняк и кристаллические породы	—	5—10 и выше	1/8	—	—	При растрескивании породы v_1 определяется как для камней соответствующего размера

Продолжение

№ по порядку	Номенклатура грунта русла канала	Гранулометрическая характеристика	Объемный вес в г/см³	Размывающая скорость v_1 при $R=1$ м	Показатель степени m	Влияние коллоидальных наносов на v_1	Влияние наносов песчаных на v_1	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9
21	Легкий суглинок	Фракция глины $d < 0,005$ мм составляет 12—18% веса пробы	1,1—1,3 1,3—1,7 1,7—2,0	0,4—0,6 0,6—0,8 0,8—0,9	1/3	Повышает на 10—15%	—	
22	Средний суглинок	Фракция глины составляет 18—25%	1,1—1,3 1,3—1,7 1,7—2,0	0,45—0,65 0,65—0,85 0,85—1,0	1/3	Повышает на 15—20%	—	
23	Тяжелый суглинок	Фракция глины составляет 25—33%	1,1—1,3 1,3—1,7 1,7—2,0	0,5—0,7 0,7—1,0 1,0—1,2	1/4	То же	—	
24	Песчанистая глина	Фракция глины составляет больше 33%, фракция песка — до 50%, фракция пыли—остальные проценты	1,1—1,3 1,3—1,7 1,7—2,0	0,55—0,75 0,75—1,05 1,05—1,2	1/4	Повышает на 20—25%	—	
25	Обыкновенная глина	Фракция глины составляет 33—50%, пыли—меньше, чем глины	1,1—1,3 1,3—1,7 1,7—2,0	0,45—0,65 0,65—0,95 0,95—1,1	1/4	То же	—	
26	Жирная глина	Фракция глины составляет больше 50% веса пробы	1,1—1,3 1,3—1,7 1,7—2,0	0,2—0,4 0,4—0,6 0,60—0,90	1/3	Повышает на 15—20%	—	
27	Лёсс	—	1,1—1,3 1,3—1,7 1,7—2,0	0,45—0,65 0,65—0,90 0,90—1,00	1/3	Повышает на 20—25%	—	
28	Одиночная мостовая	$15 < d < 25$ см	—	2,0—3,0	1/5	Повышает на 5—10%	Повышает на 0,5%	Значение v_1 как для естественных камней того же размера

Продолжение

№ по порядку	Номенклатура грунта русла канала	Гранулометрическая характеристика	Объемный вес в г/см³	Размывающая скорость v_1 при $R=1$ м	Показатель степени m	Влияние коллоидальных наносов на v_1	Влияние наносов песчаных на v_1	Примечания
1	2	3	4	5	6	7	8	9
29	Двойная мостовая	$d < 25$ см $d > 25$ см	— —	2,5—3,0 3,0—4,5	1/5	Повышает на 5—10%	Повышает на 0,5%	
30	Бетонная одежда каналов	При временном сопротивлении на раздробление 90 кг/см² 110 кг/см² 130 » 170 » 210 »	— — — — —	4,0—6,0 5,0—7,0 6,0—8,0 7,0—9,0 8,0—10,0	1/6	—	Понижает на 10—25%	Значения даны для толщины одежды 10 см. При меньшей толщине v_1 уменьшается на 10—50%. Для растрескавшейся одежды v_1 определяется как для камней соответствующего размера
31	Одерновка плашмя » в стенку	— —	0,7—0,9 1,5—1,6	— —	1/3 1/4	Повышает на 5—10%	— —	Предполагается прочный дерн и тщательная укладка
32	Хворостяное и плетневое покрытия.	—	1,5—2,0	—	1/6	То же	—	
33	Облицовка бутовая	—	—	3,0—4,0	1/6	—	Понижает на 10—25%	Значение v_1 зависит от прочности бута и качества работы
34	Облицовка кирпичная	Из пористого кирпича Из плотного кирпича Из клинкера	2,5—3,0 3,0—5,0 5,0—7,0	— — —	1/6	—	То же	Значение v_1 растет с временным сопротивлением кирпича на раздробление и толщиною облицовки
35	Досчатая одежда при движении воды вдоль волокон	—	7—15	—	1/6	—	Понижает на 15—30%	В зависимости от старости одежды и породы дерева

Примечание. Гравий, галька и камни в одетых каналах не допускаются.

Примечание 1. В таблице указаны значения средней скорости $v_{разм}$ для потока с гидравлическим радиусом $R=1$.

Примечание 2. Таблица применима к прямолинейным в плане и призматическим в поперечном сечении руслам.

Примечание 3. При определении $v_{разм}$ нужно обязательно вводить поправку за счет качества наносов.

4. Прежде чем пользоваться таблицей расчетных неразмывающих скоростей, необходимо установить механический состав и плотность грунта, слагающего канал, характер взвешенных наносов в канале, размер расчетного гидравлического радиуса R.

После этого критическую размывающую скорость $v_{разм}$ можно установить из формулы:

$$v_{разм} = \alpha\, v_1 R^m,$$

где $v_{разм}$ — критическая размывающая искомая скорость;
v_1 — критическая размывающая скорость, отвечающая $R=1$;
m — показатель степени, устанавливаемый из таблицы;
α — коэфициент, вводимый за счет качества наносов, берется по таблице (стр. 190—194) из граф № 7 и 8.

5. Расчетная средняя скорость при нормальном расчетном расходе и нормальном расчетном коэфициенте шероховатости должна быть меньше $v_{разм}$ не менее как на 5%, т. е.

$$v_{ср} \leqslant 0{,}95 v_{разм}.$$

Пример определения критической размывающей скорости по таблице А. А. Черкасова

Дано: грунт, слагающий русло расчетного канала, — средний суглинок;

расчетный гидравлический радиус канала $R=0{,}73$ м; объемный вес грунта — 1,3.

Определение $v_{разм}$

По пункту 22 таблицы находим, что $v_1=0{,}65$ м/сек.;

$$m=\frac{1}{3};\quad \alpha=1{,}20 \text{ (графа 7)}.$$

$$v_{разм}=1{,}20\cdot 0{,}65\cdot 0{,}73^{\frac{1}{3}}=0{,}70 \text{ м/сек}.$$

§ 55. Условие максимальной пропускной способности каналов

Поперечное сечение канала, удовлетворяющее условию максимальной пропускной способности, определяется по формуле:

$$\frac{b}{h}=\alpha=2\left(\sqrt{1+\varphi^2}-\varphi\right),$$

где b — ширина канала по дну в метрах;
h — глубина воды в канале в метрах;
φ — коэфициент откоса канала.

φ	α	b	h
0	2,00	2,00	1
0,5	1,37	1,37	1
1	0,84	0,84	1
1,5	0,60	0,60	1
2	0,46	0,46	1

§ 56. Условие минимальной фильтрации

А. Н. Костяков дает следующую формулу для отношения $\frac{b}{h}$, при котором получается минимальная фильтрация воды из каналов:

$$\frac{b}{h} = \alpha = 2\,\frac{(\gamma(\sqrt{1+\varphi^2}-\varphi)}{1-m},$$

где b — ширина канала по дну в метрах;
h — глубина воды в канале в метрах;
γ — поправочный коэфициент на капиллярное передвижение воды при фильтрации; γ =от 1,1 до 1,4;
φ — коэфициент откоса канала;
m — по А. Н. Костякову равен от 0 до 0,3.

Таблица значений $\alpha = \frac{b}{h}$ при различных условиях

Заложение откоса	$m = 0$		$m = 0,2$		$m = 0,3$	
	$\gamma = 1,0$	$\gamma = 1,2$	$\gamma = 1,0$	$\gamma = 1,2$	$\gamma = 1,0$	$\gamma = 1,2$
1 : 1	0,84	1,40	1,05	1,75	1,26	2,0
1 : 1,5	0,60	1,32	0,75	1,65	0,90	1,9
1 : 2	0,46	1,34	0,58	1,67	0,70	1,9

§ 57. Отношение ширины оросительных каналов по дну к глубине наполнения их и нормальные размеры ширины оросительных каналов

Для экономически целесообразного и технически правильного проектирования оросительных каналов рациональное соотношение $\frac{b}{h}$ необходимо определять в каждом конкретном случае, с учетом всех факторов и условий, влияющих на это соотношение.

Ширину по дну для картовых оросителей рекомендуеся принимать 0,30, 0,40, 0,50, 0,60, м.

Ширину по дну колхозных, внутриколхозных и групповых распределителей с расходом от 0,2 до 1,0 м³/сек. рекомендуется принимать 0,50, 0,70, 0,90, 1,00, 1,30, 1,50 м.

Ширину каналов с расходом $> 1,0$ м³/сек. рекомендуется принимать следующих нормальных размеров: 1,0, 1,20, 1,50, 1,80, 2,0, 2,20, 2,50, 2,80, 3,0, далее через 1 м.

Отношение $\frac{b}{h}$ для приближенных расчетов можно принимать в следующих размерах:

Каналы с расходом от 5 до 3 м³/сек . . . . . $\frac{b}{h}$ от 6 до 2

» » » » 3 » 1 » . . . . . $\frac{b}{h}$ » 3 » 1

» » » меньше 1 » . . . . . $\frac{b}{h}$ » 2 » 1

При выборе размеров ширины оросительных каналов по дну и отношения ширины к глубине обязательно должны быть учтены машины, которыми будут строиться каналы, и габариты их работы.

Глубины каналов определяются гидравлическим расчетом, техническими условиями и нормами проектирования.

Для каналов с расходом не более 10 м³/сек. глубина воды обычно не превышает 3 м.

§ 58. Внутренние и внешние откосы неукрепленных оросительных каналов

При выборе и назначении откосов новых оросительных каналов в проектах должны быть учтены следующие условия: угол естественного откоса грунта; механический и химический состав, плотность, связность и структура грунта; степень насыщенности грунта водою; размеры и способ устройства каналов и степень уплотнения грунта; предохранительные мероприятия против деформаций откосов от внешних причин; состояние и форма откосов существующих каналов, работающих в аналогичных с проектируемыми условиях; условия работы каналов (периодичность или стабильность расходов и горизонтов, сезонность и пр.).

Углы внутренних и внешних откосов каналов должны проектироваться несколько положе углов естественных откосов тех грунтов, из которых или в которых устраивается канал.

При проектировании новых, а также при ремонте и очистке существующих оросительных каналов следует придерживаться крутизны откосов, установившихся на лучших участках каналов, работающих в однородных условиях грунта и эксплоатации.

При ориентировочном проектировании оросительных каналов с глубиною воды < 2 м, при отсутствии опытных данных, могут быть приняты приведенные в таблице величины внутренних откосов (см. таблицу на стр. 198).

Для больших каналов с расходом более 5 м³/сек. правильность выбранных откосов должна быть обязательно подтверждена опытной проверкой (лабораторные и полевые исследования).

Наружные откосы в дамбах определяются в результате расчета и проверки дамб на устойчивость и фильтрацию.

Наружные откосы дамб должны быть положе естественных откосов соответствующих насыпных грунтов.

Откосы мелких каналов с расходом менее 0,5 м³/сек., т. е. картовых оросителей, групповых и внутриколхозных распределителей, определяются в зависимости от грунта, а также способов и механизмов, проектируемых для устройства этих каналов.

Таблица величин внутренних откосов каналов

Наименование грунтов	Заложение откосов для каналов с расходом в кубических метрах в секунду			
	5,0—3,0	3,0—1,0	1,0—0,5	< 0,5
Плотные супесчаные и легкие суглинки	2 / 1,50	1,75 / 1,5	1,5 / 1,25	1,5 / 1,25
Средние суглинки и средние лёссы	1,5 / 1,25	1,5 / 1,25	1,5 / 1,0	1,0—1,5 / 1,0
Тяжелые суглинки и плотные лёссы	1,5 / 1,0	1,50 / 1,0	1,0 / 1,0	1,0 / 1,0
Глинистые грунты	1,5 / 1,0	1,5 / 1,0	1,0 / 1,0	1,0 / 1,0
Мягкие скальные грунты	0,25 / верт.	0,25 / верт.	0,25 / верт.	0,25 / верт.

Примечание 1. В числителе указаны заложения внутренних откосов дамб; те же значения принимаются и для выемки в мокрой ее части. В знаменателе указаны заложения для выемки в сухой ее части.

Примечание 2. Для засоленных грунтов заложение откосов увеличивается на 0,25.

Примечание 3. При выклинивании на откосах выемок грунтовых вод величина заложения откосов должна быть увеличена.

Примечание 4. Заложение откосов в глубокой выемке, выше бермы в лёссовых грунтах, при отсутствии грунтовых вод, может быть принято меньшим, если имеются подтверждающие это данные (наблюдения за существующими каналами или данные опытов). Заложение откосов в капиллярной зоне (на 0,2—0,5 м в зависимости от капиллярных свойств грунта) считать как под водой.

Если нет каких-либо особых соображений, для картовых оросителей обычно рекомендуется принимать: для связных плотных грунтов — одиночные, для рыхлых грунтов полуторные внутренние откосы.

Наружные откосы оросителей обычно рекомендуется принимать одиночные и полуторные.

Для внутриколхозных распределителей внутренние и наружные откосы обычно принимают одиночные и полуторные, в зависимости от грунта и от принятых для работ машин.

§ 59. Размеры дамб

В целях предохранения дамбы от разрушения необходимо выполнение следующих условий:

а) дамба должна быть выполнена из хороших материалов и согласно техническим условиям (удаление растительного слоя, рыхление основания, послойное уплотнение и т. п.);

б) размеры дамбы должны обеспечить полное отсутствие фильтрации в наружный откос дамбы.

Для оросительных каналов размеры дамб определяются размерами ширины дамб поверху и наружными откосами, которые устанавливаются в зависимости от грунта.

Размеры дамбы должны быть не меньше величины определенной по формуле:

$$L = C \cdot H \text{ м},$$

где L — длина по основанию дамбы из точки пересечения горизонта воды с внутренним откосом до пересечения наружного откоса дамбы с поверхностью земли;

H — глубина воды в канале от горизонта максимального расхода до основания дамбы;

C — коэфициент.

Значения коэфициента C принимаются не ниже указанных в следующей таблице:

Таблица значений коэфициента C в формуле, определяющей размеры дамбы

Грунты	Расходы воды в кубических метрах в секунду		
	от 5 до 2	от 2 до 0,5	< 0,5
Супесчаные	6,0—5,0	5,0—4,0	4,0—3,0
Суглинки средние	5,0—4,0	4,0—3,5	3,5—3,0
Лёсс средний			
Суглинки тяжелые	5,0—4,0	4,0—3,0	3,0—2,5
Лёсс плотный			
Глинистые			

Для больших каналов наружный и внутренний откосы дамб могут проектироваться ломаными.

Указанные в таблице значения коэфициента C не относятся к дамбам на косогорных участках при поперечных уклонах $>0,1$, где проектирование устойчивых дамб зависит от ряда местных условий и способа укрепления канала.

Если верх дамбы используется в качестве полевой или эксплоатационной дороги или для передвижения механизмов по очистке каналов, то ширина этой дамбы (обычно одной дамбы) определяется из условий проектирования дороги и габаритов очистных механизмов. В случае наличия бермы движение механизмов производится по берме.

Если по верху дамбы дорога не проектируется, а намечается только передвижение эксплоатационного персонала, то ширина дамбы поверху обычно не проектируется меньше размеров, указанных в следующей таблице:

Наименьшая ширина дамб при проектировании

Расход канала в кубических метрах в секунду	Ширина дамбы по верху в метрах	Ширина дамбы при условии прохождения механизмов для очистки каналов (в метрах)
10—5	2,00—1,50	4
5—1	1,50—1,20	3
1—0,5	1,20—0,80	2,5
Распределители групповые и внутриколхозные	1,00—0,50	—
Картовые оросители	0,40—0,30	—

Вышеуказанные размеры дамб считаются после осадки. Для грунтов, значительно оседающих при замачивании, процент осадки должен быть установлен на основании материалов специальных исследований.

§ 60. Размеры берм в выемках

При глубоких выемках (более 5 м) в целях улучшения эксплоатации каналов устраиваются бермы выше максимального горизонта воды в канале.

Минимальная ширина берм в случае, если бермы не предназначены под дороги, или размеры их не определяются особыми условиями работы (передвижение механизмов для очистки), принимается следующая:

Минимальная ширина берм

Тип каналов	Ширина берм в метрах
Каналы и коллекторы с расходом 3—5 м³/сек.	1,50—2
Каналы и коллекторы с расходом 1—3 м³/сек.	1,00—1,25
Каналы и коллекторы с расходом 0,5—1 м³/сек.	0,75—1,00

В случае использования берм для передвижения механизмов по очистке каналов ширина бермы с одной стороны канала делается как указано ранее для дамб.

При условии устройства на берме эксплоатационной или грузовой дороги ширина бермы принимается по нормам для устройства соответствующих дорог.

Для каналов с расходом <1 м³/сек. берма делается только с одной стороны.

В выемках глубже 5 м через каждые 5 м по вертикали устраиваются бермы. Размеры берм принимаются согласно таблице выше.

Указанные выше ширины берм даны с учетом запуска на нее крепления.

Поверхность берм должна иметь поперечный уклон; на границе с откосом делается кювет для отвода поступающей на берму воды через специальные лотки.

§ 61. Превышение гребня дамб и берм над горизонтом воды в канале

Превышение гребня дамбы и бермы над горизонтом воды в канале предусматривается на случай повышения коэфициента шероховатости против принятого расчетного, на случай волны, образуемой ветром, повышения горизонта воды на закруглениях, на неравномерность осадки дамб и на неравномерность оформления строительного профиля канала.

Для косогорных участков запас в высоте подгорной дамбы и бермы увеличивается на 20%.

На закруглениях каналов запас в высоте внешней дамбы и берм над максимальным горизонтом должен быть увеличен по расчету.

Запас в высоте дамб над максимальным горизонтом воды (в метрах)

Расход каналов и коллекторов в кубических метрах в секунду	Способ крепления откосов		
	Неукрепленные откосы	Крепление мостовой в плетнях, фашинами и пр.	Крепление бетонной одежды или кладкой на растворе
5—3	0,40	0,35	0,30
3—1	0,40—0,3	0,30	0,25
Внутриколхозные и групповые распределители	0,20—25 в зависимости от расхода	0,20	0,20
Картовые оросители	0,15—0,10 в зависимости от грунта и способа устройства	0,10	0,10

В районе действия подпоров высота дамб и берм увеличивается против указанного выше запаса на величину подпора с уменьшением этого запаса в соответствии с изменением кривой подпора.

§ 62. Минимальный радиус закругления неукрепленных оросительных каналов

Наименьший радиус закругления ирригационных каналов определяется по формуле:

$$R = 11 \cdot v^2 \sqrt{F} + 12 \text{ м},$$

где v — средняя по сечению канала скорость течения в метрах в секунду;

F — площадь живого сечения.

Радиус закруглений не должен быть менее $5B$, где B — ширина зеркала.

ГЛАВА X

ДОРОЖНАЯ СЕТЬ

§ 63. Дорожная сеть

1. Для обеспечения наиболее благоприятного сочетания в расположении ирригационной и дорожной сети следует проект расположения дорог производить одновременно с разбивкой проводящей ирригационной сети, проектом расположения усадебных земель, границ хозяйств и прочих элементов организации территории.

2. Дороги вдоль групповых и внутриколхозных распределителей или водосборов именуются полевыми дорогами.

Дороги, расположенные в хозяйстве вдоль крупной распределительной или водосборной сети и соединяющие усадьбу с полевыми дорогами, именуются внутрихозяйственными дорогами.

Дороги, соединяющие поселки колхозов, главную усадьбу совхоза и отдельные усадебные пункты совхоза с погрузочными пунктами — ж.-д. станциями и пристанями, именуются или подъездными путями, или межхозяйственными дорогами.

Дороги, проходящие внутри поливных карт, называются внутрикартовыми полевыми дорогами; они большею частью бывают временного характера.

Дороги, служащие для осмотра и ремонта ирригационной сети и сооружений, именуются эксплоатационными дорогами.

Дороги межрайонного, республиканского или другого специального назначения, пересекающие орошаемую территорию, именуются транзитными или другими присвоенными им наименованиями.

3. Полевые дороги при одностороннем командовании внутриколхозных или групповых распределителей следует располагать между распределителем и групповым водосбором, который в этом случае является кюветом дороги. В тех случаях, когда водосбор используется как резерв для дамб распределителя, дорога располагается между концами картовых оросителей и групповым или внутриколхозным водосбором.

Полевые дороги при двустороннем командовании внутриколхозных и групповых распределителей следует располагать вдоль группового водосбора по одной его стороне с соответствующими переездами через групповой водосбор.

Внутрихозяйственная дорога в этом случае располагается между концами внутриколхозных и групповых распределителей и водосбором, в случае же использования под внутрихозяйственную дорогу дамб распределителя последняя располагается между распределителем и водосбором.

Групповые водосборы следует совмещать с кюветами полевых дорог.

4. Эксплоатационные дороги при одностороннем командовании распределителей обычно не требуются, так как доступ к сооружениям и каналам можно обеспечить с полевых дорог.

Эксплоатационные дороги требуются при двустороннем командовании распределителей.

5. Основным критерием для установления технического типа дороги является величина ее грузонапряженности.

При исчислении величины грузонапряженности полевых дорог следует исходить из размеров урожая, количества рейсов тракторов и автомобилей по данным проектов освоения орошаемой территории.

Для грубо ориентировочных подсчетов грузонапряженности полевой дороги в хлопковых хозяйствах на 1 га можно принимать нагрузку:

45 брутто-тонн в год при урожае хлопка до 30 ц на 1 га
50 » » » » » » » » 40 » » 1 »
60 » » » » » » » » 50 » » 1 »

При исчислении грузонапряженности внутрихозяйственных и подъездных дорог следует, помимо перевозок, приведенных выше, учесть перевозку (в размере 1 т на гектар) продовольствия, фуража, зерна, топлива, промтоваров и т. п.

Исчисление грузонапряженности внутрихозяйственных дорог производится по отдельным участкам в соответствии с размерами грузопотока, поступающего с полевых дорог.

6. Ширина земляного полотна полевой дороги принимается, из расчета двухпутного встречного движения, в 7,5 м.

При обслуживании полевой дорогой небольшой площади (до 100 га) ширина земляного полотна дороги может быть уменьшена.

Полевые дороги представляют собой грунтовую профилированную без добавок дорогу.

7. Ширина земляного полотна внутрихозяйственной дороги принимается в 10,5 м при ширине проезжей части в 5,5м.

8. Кюветы устраиваются трапецоидального или треугольного профиля.

От наружной бровки кюветов до валиков или края карты оставляются площадки шириной в 0,50 м.

9. Эксплоатационные дороги устраиваются шириной в 3,5 м без кюветов.

Для эксплоатационных дорог вдоль крупной распределительной и магистральной ирригационной сети возможно использование дамбы (по верху).

Таблица ориентировочной протяженности дорог на 100 га площади

Наименование дороги	Обслуживание	
	Одностороннее	Двустороннее
Полевая	0,1	0,5
Внутрихозяйственная	0,2—1,00	0,1—0,5

10. Строительство дорожной сети должно производиться одновременно с ирригационной сетью.

Дороги, обслуживающие строительство ирригационной сети и освоение орошаемой территории, должны совпадать с постоянными дорогами хозяйственного назначения (полевыми, внутрихозяйственными и т. п.).

Подробные указания о расположении, габаритах и конструкции дорог необходимо брать в соответствующих постановлениях и инструкциях по проектированию и эксплоатации дорог.

ГЛАВА XI

ДОЖДЕВАНИЕ

§ 64. Общие сведения

Дождевание — новый метод орошения с.-х. культур, получивший за последнее время значительное развитие в ряде стран.

При дождевании вода под давлением подается в трубопровод и с помощью специальных устройств разбрызгивается, падая на растения и почву каплями.

В СССР дождевание получает широкое применение при орошении овощных и технических культур. Большое применение дождевание найдет в ирригации Заволжья.

Дождевание существенно отличается от обычных способов полива своим воздействием на почву, растения и климат приземного слоя воздуха: а) при достаточно мелких каплях обеспечивается промачивание почвы без существенных разрушений почвенной структуры; б) с совершенствованием техники дождевания повышается равномерность распределения дождя; таким образом, и в этой части дождевание приобретает преимущества перед обычными способами полива; в) дождевание в значительной мере механизирует процессы полива; г) в самое последнее время советская техника дождевания продвинулась настолько, что позволяет, применяя мостовые способы дождевания, совершенно избавиться от ручной переноски труб и аппаратуры.

Основными преимуществами дождевания перед обычными способами орошения являются следующие.

1. Мельчайшая (внутрикартовая) оросительная сеть при дождевании делается ненужной, причем картовые оросители освобождаются от обязательного при самотечных поливах командования. Все это ведет также к значительному сокращению потерь оросительной воды на фильтрацию. При стационарных и полустационарных системах дождевания вся обычная сеть каналов заменяется системой трубопроводов.

2. Планировка микрорельефа, обязательная для надлежащего осуществления поверхностных поливов, при дождевании делается ненужной.

3. Благодаря возможности поливов малыми поливными нормами при дождевании достигается более совершенный поливной режим культур. Подкормки растений при дождевании возможно осуществлять, внося минеральные удобрения с водой, что повышает степень использования этих удобрений и механизирует их внесение.

4. Освежительные поливы дождеванием, применяемые в жаркую часть дня, создают повышение влажности воздуха и понижение его температуры.

Температура листьев при освежительных поливах снижается в середине дня на несколько градусов. Это положительно влияет на физиологические процессы растений и может быть использовано как совершенно новый прием для повышения урожайности.

Необходимо отметить следующие отрицательные стороны дождевания, устранить которые еще не удается.

1. Неблагоприятное влияние ветра на распределение дождя. Это замечание в особенности относится к дальноструйным системам дождевания.

2. Значительные затраты труда на переноску труб у переносных систем.

3. Значительные затраты механической энергии, а также значительные затраты металла.

§ 65. Классификация дождевальных устройств и систем

Классификацию дождевальных систем принято основывать или на способах перемещения и расположения дождевальных устройств по орошаемой территории, или по высоте применяемого гидравлического напора и дальности полета водяной струи и капель.

Основываясь на первом признаке, принято существующие дождевальные устройства разделять на следующие группы:

1) передвижные (переносные и перевозные); 2) стационарные и полустационарные; 3) мостовые.

1. Передвижные дождевальные установки (переносные и перевозные)

Эти установки имеют передвижными как насосную станцию с двигателем, так и трубопровод с аппаратурой, разбрызгивающей воду. Для работы такая дождевальная установка монтируется на поливаемой части орошаемого поля и по мере производства полива передвигается на новую позицию, забирая воду с помощью насоса из открытой оросительной сети или водоемов. Перевозка насосной станции выполняется обычно с помощью трактора, на котором монтируется насосная станция, а если двигатель насосной станции не самоходный, например, электромотор, то с помощью лошадей. Перемещение трубопровода и аппаратов выполняется или путем последовательной ручной переноски отдельных труб, или посредством перекатывания секций трубопровода, смонтированных на специальных тележках в виде легких ферм той или иной длины. В целях облегчения перемещения все основное оборудование устраивается возможно легким и быстро соединяемым и разъединяемым.

Недостатком передвижных систем является необходимость значительных затрат труда и времени на их перемещение, а также затаптывание растений и почвы при движении по полю, а преимуществом — меньшее количество потребных капитальных затрат оборудования и материалов на единицу площади по сравнению со стационарными системами.

2. Стационарные и полустационарные дождевальные оросительные системы

У стационарных дождевальных оросительных систем насосная станция с двигателем, трубопровод с арматурой и разбрызгивающая аппаратура устанавливаются стационарно. Трубопроводы укладываются под землей или на ее поверхности. Иногда практикуется укладка труб над землей на подставках. Стационарное устройство дождевальных систем требует значительных капитальных затрат, превосходящих в несколько раз затраты на передвижные системы, но в эксплоатации первые более выгодны благодаря постоянной готовности к действию и малым затратам труда. Сроки амортизации стационарных систем гораздо продолжительнее, чем передвижных.

Полустационарные дождевальные системы занимают промежуточное положение между передвижными и стационарными. У систем этого типа насосная станция и основные магистрали трубопровода устраиваются стационарными, а мелкие ответвления трубопровода и разбрызгивающая аппаратура — переносными, что значительно сокращает общую протяженность потребных трубопроводов и аппаратуры, но не освобождает от работы по перемещению аппаратуры. В этом отношении полустационарные установки близки к передвижным. Капитальные затраты при устройстве полустационарных систем значительно ниже, чем при стационарных. Полустационарные дождевальные системы могут быть как дальноструйными, так и короткоструйными.

3. Мостовые дождевальные агрегаты

Мостовые агрегаты в своем составе имеют насосную станцию, трубопроводы и разбрызгивающую аппаратуру, но все эти элементы агрегата монтируются на мощном тракторе или специальных тележках так, чтобы весь агрегат вместе с трубами и разбрызгивающей аппаратурой мог передвигаться вдоль картового оросителя. Мостовые агрегаты работают или позиционно, или в движении.

4. Деление дождевальных систем по напору и дальности полета струи воды

Основываясь на втором принципе классификации, по признаку дальности полета струи и величины применяемого гидравлического напора, дождевальные системы принято делить на:

1) дальноструйные или высоконапорные, работающие при гидравлическом напоре от 2,5 до 10—12 атм. и выше;

2) короткоструйные или низконапорные, работающие при напоре от 1 до 2,5 атм.

3) Мостовые агрегаты действуют как на принципе дальноструйном (мостовой позиционный агрегат Юж. НИИГиМ), так и на принципе короткоструйном (двухконсольный агрегат ВНИИГиМ системы инж. М. С. Яншина). Этот агрегат осуществляет полив в движении вдоль поливной карты.

§ 66. Главнейшие понятия и терминология, употребляемые в дождевании

Дождевальная установка. Это название закрепилось за переносными дождевальными устройствами, состоящими из двигателя с насосом, трубопровода и разбрызгивающего аппарата.

Стационарные и полустационарные дождевальные установки правильнее называть дождевальными оросительными системами.

Дождевальный агрегат — сложная дождевальная машина, состоящая из трактора с насосной станцией, фермы, поддерживающей трубопровод, и арматуры, разбрызгивающей воду. Все эти элементы сопряжены в одну общую систему — агрегат.

Дождевальный аппарат — часть дальноструйной дождевальной установки. Дождевальный аппарат служит для разбрызгивания воды и имеет механизм для автоматического вращения. По принципу устройства механизма вращения, дождевальные аппараты делятся на турбинные, реактивные, коромысловые и т. д.

Дождевальная насадка — приспособление для выбрасывания и разбрызгивания воды у короткоструйных низконапорных систем. По своей конструкции насадки обычно проще дождевальных аппаратов. Разбрызгивание струи осуществляется с помощью дефлекторов различных устройств или за счет центробежной силы, возникающей при кручении струи. Простейший способ разбрызгивания — использование удара струи о воздух при вылете струи из насадки. Имеется значительное количество различных систем насадок. Принципы их устройства имеют много общего с устройством форсунок.

Напор гидравлический — давление воды, создаваемое в дождевальной установке с помощью водяного насоса. Различают напор у насоса, напор в той или иной точке трубопровода, напор у аппарата и т. д. Принято называть напор у насоса общим, у дождевального аппарата или дождевальной насадки — рабочим напором. Величину напора выражают в атмосферах или метрах водяного столба и практически определяют с помощью манометра. При определении работы насоса необходимо, помимо общего манометрического напора, учитывать также высоту всасывания; последняя определяется с помощью вакуумметра.

Потери напора — наблюдаются во всех частях установки или агрегата от насоса до выхода воды из аппарата или насадки. Потери напора рассчитываются по общепринятым формулам Дарси, Маннинга и др.

Формула для расчета потерь напора *(h)* в трубопроводах:

$$h = \lambda \cdot \frac{v^2}{2g} \cdot \frac{l}{d},$$

где v — скорость движения воды в трубе в метрах в секунду;
d — диаметр трубы;
l — длина трубопровода;
λ — коэфициент потерь.

По Дарси $\lambda = \frac{1}{50}\left(1 + \frac{1}{40d}\right)$;

Формула Маннинга:

$$h = \frac{6{,}49 l Q^2 n^2}{d^5 \sqrt[3]{R}};$$

Здесь: n — коэфициент шероховатости, равный для металлических труб в среднем 0,012;
l — длина трубопровода в метрах;
Q — расход в кубических метрах в секунду;
R — гидравлический радиус, $R = \frac{d}{4}$;
d — внутренний диаметр трубы в метрах.

Для асбоцементных труб расчеты потерь напора следует вести по формуле Шимеми:

$$v = 57{,}7 d^{0{,}68} J^{0{,}56},$$

где d — внутренний диаметр трубы в метрах;
v — скорость в метрах в секунду;
J — гидравлический уклон, равный $\frac{h}{l}$.

Определив скорость для взятого диаметра, логарифмированием находим гидравлический уклон, а тем самым определяем потери.

Расчет сети асбоцементного трубопровода можно вести также по формуле Базена:

$$J = 1{,}621\left(\frac{0{,}64 + 2\sqrt{d}}{87\sqrt{d}}\right)^2 \cdot \frac{Q^2}{d^5}.$$

Расход воды. Учитывается: а) общий расход установки или агрегата, отвечающий в большинстве случаев производительности насоса, и б) расход отдельных аппаратов или насадок. Расход выражают в литрах в секунду. Производительность насоса установки, агрегата выражают в кубических метрах в час. Расход воды определяется с помощью водомера.

Радиус захвата. Вода, выбрасываемая из аппарата или насадки, распределяется по всему кругу одновременно или по сектору круга при постоянном перемещении этого сектора по кругу. Радиус смоченного круга и будет являться величиной, характеризующей полную дальность полета струи. Отличают максимальный радиус захвата — брутто и рабочий радиус — нетто, последний меньше первого вследствие необходимости взаимного перекрытия соседних кругов. Дальность полета струи и отдельных капель зависит от величины напора, при котором работает аппарат или насадка, и диаметра выходного отверстия. Отношение дальности полета к рабочему напору $\frac{R}{H}$ (выраженным в метрах) называют коэфициентом дальности полета струи. Для дальноструйных аппаратов величина отношения $\frac{R}{H}$ колеблется около единицы. Коэфициент дальности уменьшается по мере возрастания напора. Для вычисления R дальноструйных аппаратов, в зависимости от напора и диаметра насадки, предложены эмпирические формулы:

Формула Цункера:

$$R = 1{,}55\ H\left(1 - \frac{0{,}95 H}{4{,}9 + H}\right) \cdot \sqrt{1\,000\, d}.$$

Формула Пикалова:

$$R = 0{,}42 H + 1\,000\, d.$$

В обоих случаях d — диаметр выходного отверстия насадки.

Площадь захвата. У аппарата или насадки площадь захвата-брутто равна площади смоченного круга, площадь захвата-нетто меньше этой величины на половину площади взаимного перекрытия с соседними кругами.

Дождевальные аппараты или насадки могут быть расположены: 1) по прямоугольнику, 2) по треугольнику (см. рис. 103). Расположение по прямоугольнику характеризует схему с размещением аппаратов или насадки по углам прямоугольника. Частным случаем расположения по прямоугольнику является расположение по квадрату. Расположение по треугольнику характеризует схему с шахматным размещением насадок или аппаратов. Частным случаем размещения по треугольнику является

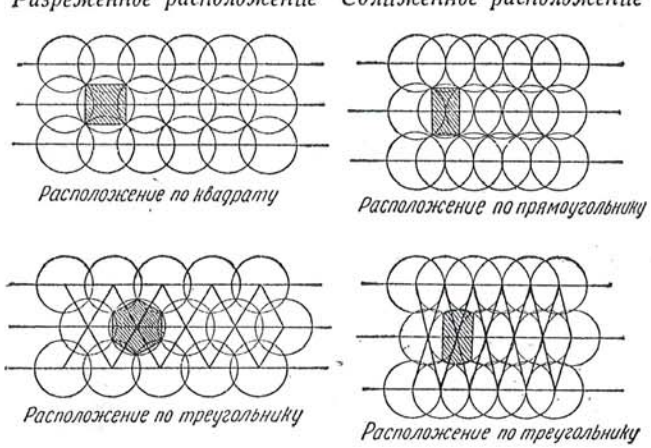


Рис. 103. Различные типы расположения насадок и аппаратов.

размещение по равностороннему треугольнику. Размещение по треугольнику имеет ряд преимуществ, так как повышает площадь захвата-нетто насадки или аппарата и увеличивает равномерность распределения дождя. Площадь захвата-нетто будет равна:

а) при расположении по прямоугольнику — $2R^2$ и меньше, т. е. равна площади вписанного в круг квадрата или другого прямоугольника;

б) при расположении по треугольнику — $2{,}6\,R^2$ и меньше, т. е. равна площади вписанного в круг правильного или симметричного шестиугольника.

Площадь захвата установки или агрегата равна сумме площадей-нетто всех одновременно действующих аппаратов или насадок.

Интенсивность или плотность дождя. Интенсивностью или плотностью дождя называется количество воды, вылитой при дождевании в единицу времени. Интенсивность дождя принято выражать толщиной слоя воды в миллиметрах, выпавшего в 1 минуту. Различают действительную и среднюю интенсивность дождя.

Действительной интенсивностью дождя называют интенсивность в данной точке в момент непосредственного выпадения дождя.

Средней интенсивностью дождя называют интенсивность за весь период полива для данной точки или для всей площади орошаемой аппаратом, насадкой, всей установкой или всем агрегатом.

Средняя интенсивность для данной площади определяется путем деления поливной нормы, выраженной толщиной слоя дождя в миллиметрах, на продолжительность дождевания на данной площади в минутах.

Действительная интенсивность определяется путем деления количества выпавшего в данной точке дождя, выраженного толщиной слоя в миллиметрах, на время фактической продолжительности дождевания над данной точкой.

Действительная и средняя интенсивность дождя для каждой данной точки равны в том случае, если дождь дается непрерывно, как, например, при дождевании из короткоструйных насадок. Дальноструйные аппараты и движущиеся мостовые агрегаты орошают в каждый отдельный момент только незначительную часть площади захвата; поэтому действительная интенсивность у конструкций этого типа значительно выше, чем у короткоструйных установок позиционного типа.

Дальноструйные аппараты имеют среднюю интенсивность обычно около 0,20 мм в минуту, а действительная интенсивность в некоторых частях радиуса достигает 10—12 мм в минуту.

Излишне высокая действительная интенсивность дождя может вызывать разрушение почвенных агрегатов, что влечет за собою уменьшение водопроницаемости почвы, образование поверхностного стока и последующее образование корки.

Средняя интенсивность дождя должна соответствовать водопроницаемости данной почвы. В противном случае при дождевании будут образовываться лужи и начнется поверхностный сток воды. Практически для легких почв средняя интенсивность не должна быть выше 1 мм в минуту, а для тяжелых почв — не более 0,15—0,20 мм в минуту.

Равномерность распределения дождя. Различные дождевальные устройства обеспечивают весьма различную степень равномерности распределения дождя. Степень равномерности распределения дождя является показателем качества полива. Одним из простейших способов характеристики неравномерности распределения дождя при дождевании является отыскание отношения площадей с различным количеством осадков к всей площади захвата. Однако оценка степени равномерности описанным выше способом страдает малой точностью.

В целях обеспечения большей точности и объективности показателя, характеризующего равномерность дождевания, целесообразно использовать методы математической статистики, давая оценку равномерности по коэфициенту вариации.

Показатели замеров слоя дождя в различных точках данной площади дают статистический ряд, степень рассеивания которого характеризуется коэфициентом вариации. Чем ближе к нулю коэфициент вариации, тем равномернее распределение дождя. Коэфициент вариации

$$C_v = \frac{\sigma h}{h},$$

где h — среднее арифметическое ряда (среднее арифметическое из показаний дождемеров);

σh — среднее квадратичное ряда или штандарт ряда;

$$\sigma h = \sqrt{\frac{\Sigma \Delta h^2}{n}},$$

n — количество точек ряда;

Δh — отклонение от среднего арифметического.

Качество дождя характеризуется величиной капель дождя.

Понятие это еще не получило своего конкретного выражения в отношении каждой конструкции благодаря трудности методики измерения величины капель. Капли воды при дождевании получаются самых разнообразных величин — от водяной пыли до предельно больших капель диаметром в 5—7 мм. Крупные капли дождя действуют разрушающе на почвенную структуру, уплотняя почву, что приводит к снижению водопроницаемости почвы в процессе полива и последующему образованию корки. Это явление имеет место в особенности при работе дальноструйных аппаратов. Наблюдениями установлено, что оптимальными при дождевании являются капли с диаметром около 1—2 мм. При короткоструйном принципе дождевания достигнуть оптимального размера капель легче, чем при дальноструйном. Качество дождя характеризуется, наряду с величиной капель, также его действительной и средней интенсивностью. Интенсивность дождя всегда должна быть увязана с водопроницаемостью почвы; если интенсивность дождя больше интенсивности впитывания воды почвой, то при дождевании будут образовываться лужи и появится поверхностный сток воды. В оценке дождевального аппарата или насадки характеристика качества дождя играет решающее значение.

Коэфициент использования времени. Как правило, дождевальные установки и агрегаты не работают непрерывно на протяжении суток. Часть времени затрачивается на передвижение, маневрирование, перестановку аппаратов, осмотр и профилактику двигателя и т. д. У наиболее распространенных установок коэфициент использования времени суток выражается величиной около 0,75 и выше.

Коэфициент использования площади. Коэфициент использования площади при дождевании вычисляется с учетом *площади, оставшейся без культуры и затрачиваемой на дороги, дорожки* и полосы, по которым передвигается агрегат или переносят трубы и аппараты.

Производительность установки или агрегата. Различают часовую, суточную и сезонную производительность. Производительность выражают в гектарах. Часовая производительность получается путем деления фактической часовой производительности насоса (в кубических метрах), обслуживающего установку или агрегат, на поливную норму. Суточная производительность есть производное часовой производительности на число часов в сутках и на коэфициент использования времени, принятый для данной установки или агрегата. Сезонная производительность рассчитывается по среднему поливному периоду, принятому для данной культуры или севооборота. При введении освежительных поливов необходимо в определении сезонной производительности учесть время, затрачиваемое на их выполнение.

Энергия, затрачиваемая при дождевании на подачу воды и создание рабочего напора, выражается в HP часах или киловаттчасах. Различают затраты энергии на 1 м³ воды, на 1 полив 1 га и на орошение 1 га за сезон.

§ 67. Короткоструйная дождевальная установка КДУ

[Модель 1938 г. системы Всесоюзного научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации (ВНИИГиМ)]

Установка КДУ предназначается для орошения овощных культур, картофеля и технических культур, а также питомников и ягодников.

Эта установка нашла широкое применение, начиная с 1939 г. В овощных хозяйствах Московской области в 1939 г. работало около 300 установок этой системы.

Дождевальная установка КДУ является короткоструйной или низконапорной дождевальной установкой переносного типа.

По сравнению с дальноструйными установками у КДУ затраты механической энергии в 2—3 раза ниже.

Установка КДУ может быть использована как для работы от передвижной насосной станции, так и от стационарной станции при стационарном напорном трубопроводе. В первом случае установка КДУ состоит из следующих главнейших частей (рис. 105):

а) перевозной насосно-силовой станции (насосно-силового агрегата);

б) переносного легкого трубопровода общей длиной 239 м, состоящего из холостой части и двух дождевальных крыльев;

в) 34 дождевальных насадок дефлекторного типа.

Во втором случае (при полустационарной системе) вместо передвижной устраивается стационарная насосная станция и по орошаемой территории укладывается стационарный напорный трубопровод с гидрантами, к которым присоединяется переносный трубопровод КДУ (рис. 104).

Насосно-силовая станция КДУ. В качестве передвижной насосно-силовой станции для установки КДУ можно применять широко известный в орошаемых районах насосно-силовой агрегат НН15, выпускаемый заводом «Коммунист»

Имеющийся в агрегате насос обеспечивает напор до 20 м при расходе до 18 л в секунду.

Нефтедвигатель и центробежный насос агрегата смонтированы на тележке. Вес агрегата — 1 200 кг.

Насос — одноколесный, напорный штуцер имеет диаметр 125 мм.

Нефтедвигатель — вертикальный одноцилиндровый, мощность 15 HP. *Вал двигателя делает 650 оборотов в минуту. Вал двигателя и вал насоса* соединены через редуктор, имеющий одну пару шестерен.

Насос снабжен всасывающим спиральным шлангом, длиною 4—5 м, при диаметре 150 мм, с клапаном на конце приема. К нагнетательному патрубку насоса через фланцевое соединение крепятся задвижка «Лудло» и изогнутая труба, позволяющая присоединять к ней переносный трубопровод.

Нефтедвигатель работает на мазуте или моторной нефти, расходуя на каждую лошадиную силу около 250 г в 1 час.

Агрегат снабжен коротким дышлом и перевозится парой лошадей или трактором.

При работе КДУ от стационарного водоподводящего трубопровода напор насоса должен быть рассчитан на преодоление геометрической высоты и потерь в трубопроводе. В соответствии с насосом подбирается и двигатель.

Целесообразно вместо нефтедвигателя, где это возможно, применять электромотор соответствующей мощности. Там, где по схеме работы насосная станция должна быть перевозной, электромотор и насос необходимо смонтировать на тележке, а линию электропроводов провести вдоль источника орошения или каналов так, чтобы она проходила у каждой стоянки насосной станции.

Необходимо также предусмотреть удобства присоединения насосной станции к электросети на каждой стоянке.

Стационарная насосная станция монтируется в целях удешевления строительства в легком летнем помещении.

Переносный трубопровод. Переносный трубопровод состоит из двух дождевальных крыльев длиною по 97 м каждое и холостой части трубопровода длиной 45 м.

Переносный трубопровод монтируется из специально изготовляемых стальных сварных легких труб, имеющих внутренний диаметр 88 мм.

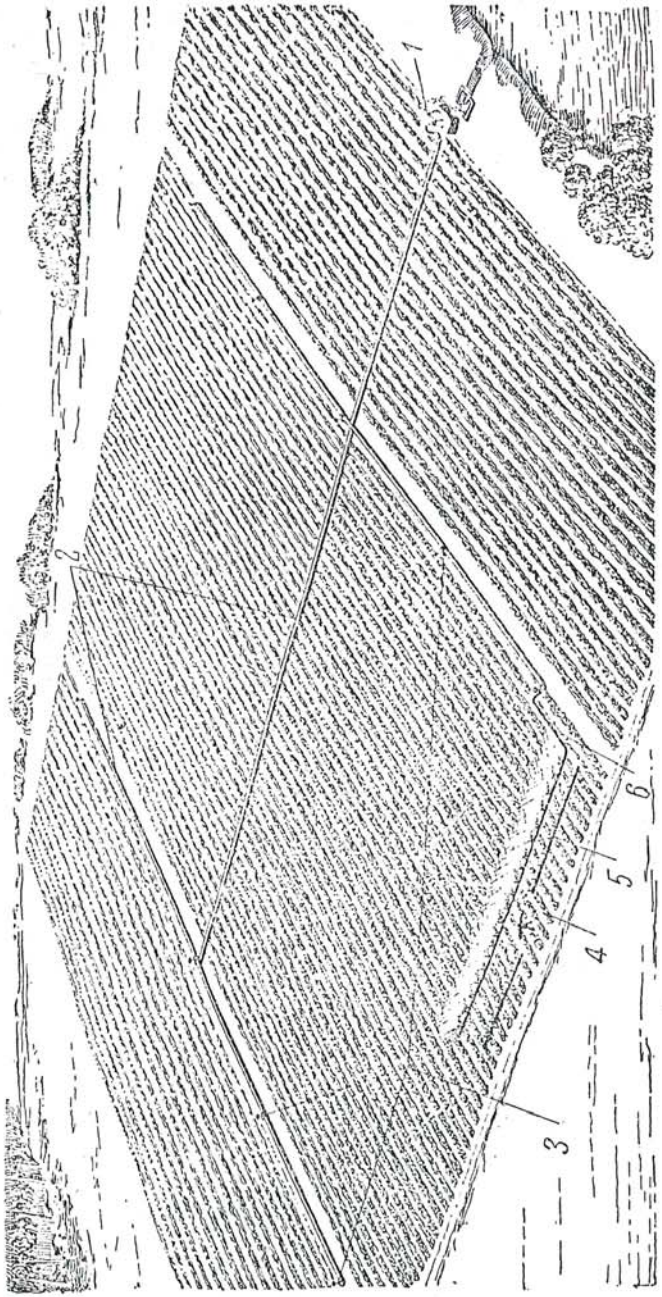


Рис. 104. Схема расположения дождевальных устройств на овощном участке (*1* — насосно-силовая станция; *2* — асбоцементный трубопровод; *3* — гидранты; *4* — действующее крыло; *5* — подготовленное крыло; *6* — подводящий трубопровод)

Толщина стенки трубы равна 1 мм, так что собранная труба, длиною 6 м, с ножкой и насадкой весит всего лишь 18 кг.

Трубы переносного трубопровода соединяются с помощью специального быстродействующего соединения РК (раструб — кольцо), обеспе-

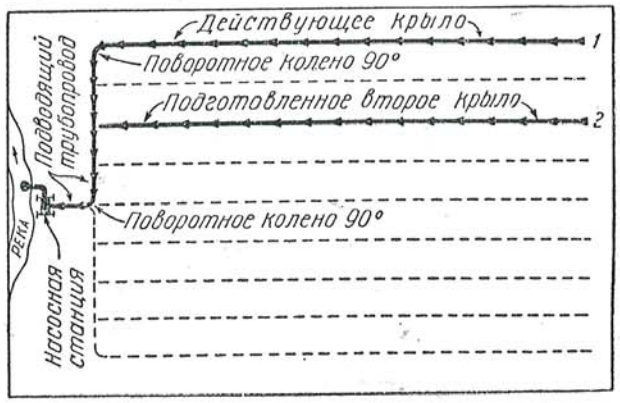


Рис. 105. Схема дождевальной установки с передвижной насосной станцией (пунктиром показаны места расстановки крыльев).

чивающего достаточную плотность соединения и гибкость трубопровода (рис. 106). Операция соединения и разъединения занимает несколько секунд и производится одним человеком.

Соединение РК работает при напоре 18 м, но свободно выдерживает напор в 50 м и более.

Каждая труба снабжена металлической ножкой высотой 50 см, крепящейся к трубе с помощью разъемного хомута (см. рис. 107).

Подводящий трубопровод состоит из 9 труб длиною по 5 м и двух колен с углом 90°.

Дождевальные крылья. Два дождевальных крыла, одинакового устройства, состоят каждое из 16 труб длиной по 6 м и отрезка длиной 1 м с заглушенным концом. Общая длина дождевального крыла — 97 м.

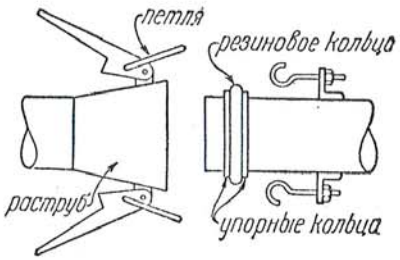


Рис. 106. Гибкое соединение РК (раструб — кольцо).

Дождевальные насадки. Дождевальная насадка установки КДУ действует на принципе дефлекторного разбрызгивания воды (рис. 108). Струя воды выходит через конусное отверстие насадки и разбрызгивается о конусный дефлектор, укрепленный над отверстием насадки на трех ножках. Полный радиус захвата насадки — около 6 м при рабочем напоре, равном 10 м. Отверстия всех насадок одинаковы, их диаметр равен 10 мм. Напор, необходимый для нормальной работы всего крыла в целом, учитывая потери напора в крыле, должен быть в начале переносного трубопровода не менее 17 м. Площадь захвата каждой насадки: брутто — около 113 м² и нетто — около 60 м².

Каждая труба дождевального крыла снабжена насадкой, укрепленной на трубчатой стойке. Взаимное действие насадок на крыле показано на схеме (см. рис. 109). Средняя интенсивность дождя — около 0,9 мм в минуту.

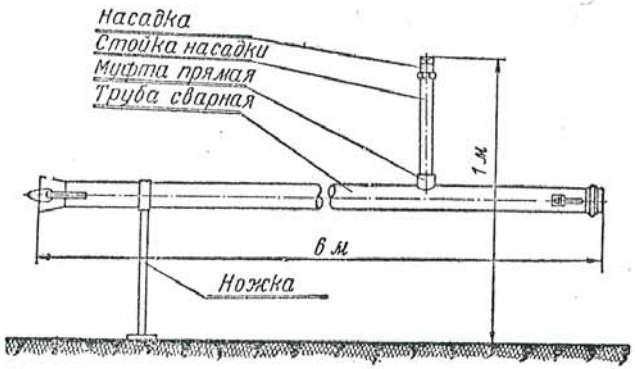


Рис. 107. Труба (звено) переносного дождевального крыла с ножкой и насадкой.

Схема работы КДУ. Дождевальная установка КДУ может работать по двум схемам.

По первой схеме КДУ используется полностью как передвижная установка. Такое использование КДУ возможно при наличии на орошаемой территории сети оросительных каналов или открытого водоема — реки, пруда и т. д. Дождевальные крылья перемещаются поочередно и занимают последовательно девять позиций; таким образом, с одной стоянки насосно-силового агрегата орошается площадь около 1 га (см. рис. 110). Возможно орошение площади по обе стороны канала или реки.

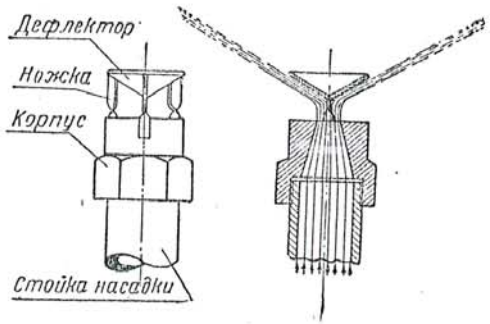


Рис. 108. Дефлекторная насадка КДУ. Слева — общий вид; справа — разрез и схема разбрызгивания воды дефлектором.

По второй схеме работы КДУ насосная станция устанавливается стационарно и от нее по орошаемому участку располагается стационарный асбоцементный трубопровод с гидрантами, подводящий воду от насоса к дождевальным крыльям; дождевальные же крылья, как и в первой схеме, являются переносными. Расстояние между гидрантами —100 м.

Для обслуживания КДУ требуется в смену 3 человека, из них один обслуживает насосно-силовую станцию и двое переносят дождевальные крылья и переключают (прикрывают и открывают) воду.

Основные показатели КДУ. 1. Расход воды: 16 л/сек., рабочий напор — 10 м, напор в начале переносного трубопровода — 17 м, интенсивность дождя — 0,9 мм в минуту.

2. Коэфициент использования времени суток при работе в три смены — от 0,75 до 0,80.

3. Суточная производительность = 16·3 600·24·0,75 = 1036,8 м³. При поливной норме 300 м³ на 1 га, это обеспечит полив около 3,4 га в сутки.

4 Обслуживается в смену мотористом и двумя рабочими поливальщиками.

5. Установка при орошении овощных культур обслуживает за сезон от 20 до 30 га.

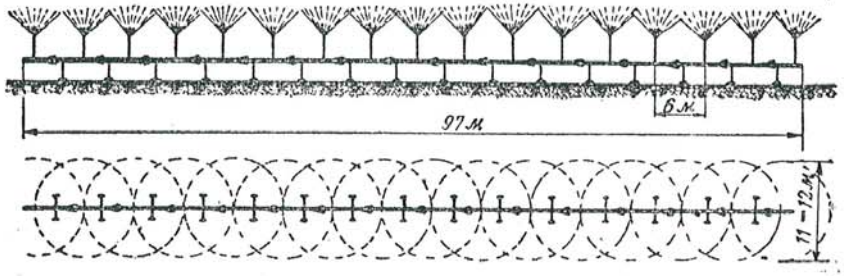


Рис. 109. Схема действующего дождевого крыла (вид сбоку и в плане).

Капитальные и эксплоатационные затраты, связанные с применением КДУ. В случаях, когда КДУ применяется как полностью передвижная насосная установка, капитальные затраты складываются из стоимости насосно-силового агрегата (около 4 000 рублей) и дождевальной установки. Стоимость последней при немассовом полукустарном изготовлении, как показала практика 1939 г., выражается суммой 6 000 рублей*. В массовом изготовлении такая установка будет стоить 2 000—3 000 рублей. Следовательно, при сезонной производительности в 20—25 га затраты выразятся в сумме от 220 до 500 рублей на 1 га.

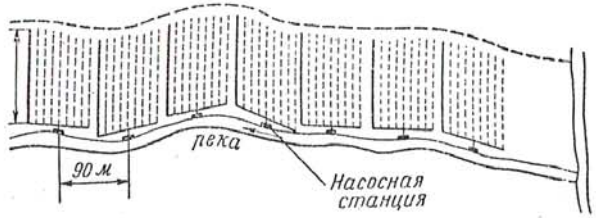


Рис. 110. Схема работы дождевальной установки КДУ при орошении прибрежного участка с помощью перевозной насосной станции.

В случаях применения КДУ со стационарной станцией и стационарным трубопроводом стоимость эта возрастает в 3—4 раза.

Так, по данным колхозов и совхозов Московской области, строивших такие системы в 1939 г., стоимость всех затрат колебалась от 1 300 до 1 900 рублей на 1 га.

* Все приведенные цифры стоимости являются ориентировочными; стоимость при проектировании должна определяться на основании существующих расценок.

Эксплоатационные затраты при работе КДУ складываются из стоимости работы двигателя, оплаты рабочей силы и амортизации. В зависимости от вида двигателя стоимость одного часа работы установки колеблется от 4 до 15 рублей. В случае, когда двигателем является трактор, стоимость эксплоатации особенно высока: стоимость полива 1 га при поливной норме 300 м³ обходится от 60 до 85 рублей, а орошение одного гектара овощных культур при 5 поливах за сезон обходится от 300 до 425 рублей.

Сроки амортизации для трубопровода условно приняты в 20 лет, для двигателя и насоса — 10 лет, для самой дождевальной установки — 5 лет.

Список частей и оборудования КДУ

I. Подводящий переносный трубопровод

1. Сварные легкие трубы с внутренним диаметром 88 мм длиной по 5 м (9 шт.) . . . . . 45 м
2. Ножки к трубам (на одной из труб должно быть 2 ножки) . . . . . 10 шт.
3. Колено 90° . . . . . 2 »

II. Дождевальные крылья (2 комплекта)

Одно дождевальное крыло состоит из следующих деталей:

1. Сварные легкие трубы с наружным диаметром 90 мм длиной по 6 м (16 шт.) 96 м
2. Концевая короткая труба с заглушенным концом длиной 1 м . . . . 1 шт.
3. Стойки насадок (отрезки газовой трубы диаметром 25 мм с резьбой на концах) . . . . . 17 »
4. Ножек (на первой трубе должно быть две ножки) . . . . . 18 »
5. Насадки дефлекторного типа . . . . . 17 »

Короткоструйная дождевальная установка КДУ (модель 1940 г.). Модель 1940 г имеет следующие отличия от модели 1938 г.

Диаметр трубопровода внутренний — 100 мм, при толщине стенок трубы 1,5 мм. Длина звена — 5 м, вес звена (в сборке) — около 24 кг. Длина захвата дождевого крыла — 120 м. Количество насадок — 12 шт., расстояние между насадками — 10 м, диаметр отверстия насадки — 14 мм. Насадки расположены через трубу.

Длина холостой части трубопровода — 55 м. Расстояние между гидрантами на стационарном трубопроводе должно быть равно 120 м.

Секундный расход установки — 18 л, необходимый рабочий напор в начале трубопровода — 20 м.

§ 68. Короткоструйная дождевальная установка МООС2

Дождевальная установка МООС2 сконструирована, изготовлена и испытана на Молдавской овощной оросительной станции и предназначается главным образом для орошения овощных культур. Она является переносной дождевальной установкой и состоит из:

а) насосно-силового агрегата,

б) магистрального трубопровода с насадками на нем,

в) открылков с насадками.

а) Насосно-силовой агрегат смонтирован на колесном тракторе СТЗ-ХТЗ. Насос крепится сзади трактора на консольной площадке и работает от вала силоотъема через гибкую муфту, редуктор и вторую гибкую муфту. Редуктор, имеющий одну пару шестерен, установлен на той же площадке, что и насос.

Диаметр напорного штуцера насоса — 200 мм, всасывающего — 225 мм. Насос обеспечивает расход 70 л/сек. при напоре 17 м. Приемная линия насоса смонтирована из спирального шланга длиной 4—5 м и имеет

на конце приемный клапан с сеткой. Для механизации подъема и спуска всасывающей линии имеется стрела с блоком и лебедка с тросом, установленные на тракторе.

б) Магистральный трубопровод выполнен из тонкостенных сварных труб. Общая длина магистрального трубопровода — 112,5 м. Он состоит из 15 отдельных труб, длиной по 7,5 м. Первые 8 труб имеют внутренний диаметр 175 мм и остальные 7 труб — 150 мм. Назначение магистрального трубопровода — подводить воду к открылкам и насадкам, присоединенным к нему.

Магистральный трубопровод имеет 15 пар открылков, отходящих в обе стороны от него в местах соединения труб. Соединение труб магистрали осуществляется с помощью специальных гибких самоуплотняющихся муфт.

Муфта снабжена ножкой.

Открылки выполнены из тонкостенных стандартных сварных труб с внутренним диаметром 50 мм. Общая длина открылка — 15 м, каждый открылок состоит из двух труб по 7,5 м. Трубы открылков между собою,

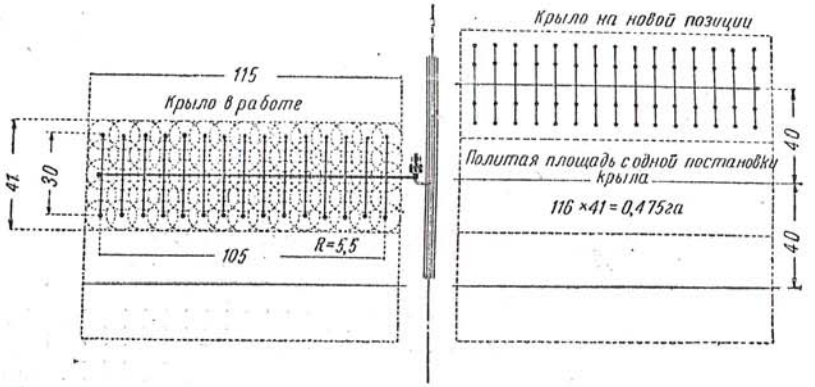


Рис. 111. Схема работы дождевальной установки МООС-2.

а также с магистралью соединены с помощью гибких самоуплотняющихся муфт с ножками.

в) Насадки действуют на принципе использования центробежной силы. Для создания центробежных сил, вода в корпусе насадки проходит по винтовой поверхности, вследствие чего струя получает вращательное движение. Насадки расположены пятью продольными рядами. Центральный ряд насадок расположен по магистрали, а остальные четыре ряда — по два слева и справа от магистрали на открылках (см. рис. 111). В каждом ряду имеется по 15 насадок, а всего их — 75. Расход одной насадки — около 1 л. с. Насадки размещены по квадрату через 7,5 м и действуют при рабочем напоре равном 5—7 м.

Площадь захвата всеми 75 насадками составляет около 4 200 м². Если магистраль с открылками считать за дождевое крыло, то МООС2 имеет два таких крыла, работающих поочередно.

Установка работает от сети открытых оросительных каналов и поливает полосу шириною 115+115=230 м, расположенную по обе стороны от оросителей. Расстояние между оросителями также должно быть равно 230 м.

Возможно использование МООС2 для работы на полустационарной

системе, т. е. от напорного трубопровода с присоединением через гидранты.

Расстояние между параллельными линиями стационарного трубопровода сохраняется то же, что и между оросителями, т. е. 230 м. Расстояние между гидрантами на стационарном трубопроводе должно быть равно 112,5 м.

Переноска магистрали и открылков осуществляется по звеньям, т. е. переносится звено магистрали и два открылка вместе, в неразъединенном виде. Для переноски необходимо 4 человека.

Установка МООС2 при мощности двигателя 30 HP имеет расход 70 л, что свидетельствует о высоком коэфициенте полезного действия этой установки.

Положительной стороной МООС2 является также и то, что дождевое крыло захватывает сразу широкую полосу, равную 37,5 м; это значительно сглаживает отрицательное действие ветра на равномерность распределения воды.

1. Основные показатели дождевальной установки МООС2

1. Расход воды — 70 л/сек., или 252 м³ в 1 час, общий напор — 17 м, рабочий напор — 5—7 м. Интенсивность дождя — около 1 мм/мин.
2. Коэфициент использования времени —0,70—0,75.
3. Суточная производительность = 252·24·0,70=4 233 м³, что при поливной норме 300 м³ дает возможность полить около 14 га.
4. Установка МООС2 обслуживается в смену 6 рабочими, из них переносчиков — 4, моторист — 1 и поливальщик — 1.
5. За сезон установка обслуживает около 100 га.

2. Список частей и оборудования МООС2

I. Насосно-силовой агрегат

1.	Трактор колесный СТЗ-ХТЗ	1 шт.
2.	Насос 1-ступенчатый 200/225 мм	1 »
3.	Редуктор	1 »
4.	Консольная площадка	1 »
5.	Всасывающий шланг (250 мм) длиной 5 м с клапаном	1 комплект
6.	Стрела, лебедка и трос	1 »

II. Дождевое крыло (2 комплекта)

Каждый комплект имеет:

7.	Трубы магистрального трубопровода диаметром 175 мм, длиной 7,5 м	8 шт.
8.	То же, диаметром 150 мм с муфтами	7 »
9.	Трубы открылков диаметр 50 мм, длиной 7,5 м с муфтами	60 »
10.	Насадки центробежные	75 »

§ 69. Дальноструйная дождевальная установка системы ВНИИГиМ, модель 1939 г.

Установка имеет два варианта — первый вариант с насосной группой на тракторе СТЗ-ХТЗ 30 HP и второй на дизельном тракторе ЧТЗ С-65.

Второй вариант в отличие от первого имеет двойной комплект трубопровода и аппаратов и вдвое производительней первого, так как двигатель в этом варианте мощнее и насос производительней. Кроме того, у второго варианта имеются те преимущества, что трактор работает на дизельном топливе, тогда как в первом — на керосине. Подробное описание дается только для первого варианта.

а) Насосная станция и двигатель. Установка рассчитана на работу от колесного трактора СТЗ-ХТЗ мощностью 30 HP. Насосная группа крепится на консольной раме сзади трактора (см. рис. 112).

Консольная рама сварная монтируется из двух продольных кусков швеллерной стали и крепится за болты заднего моста трактора. На площадке установлен насос и редуктор. Привод от трактора к насосу осуществляется через вал силоотъема и карданную муфту. Число оборотов насоса — около 3 000. Для получения указанного числа оборотов установлен редуктор, имеющий одну пару шестерен с косым зубом. Передаточное число редуктора — 5,6. Вал редуктора с валом насоса соединены эластичной муфтой

б) Насос. Центробежный насос установки ВНИИГиМ — одноколесный, американского типа, всасывающий штуцер с d=100 мм и один напорный штуцер d=75 мм. Марка насоса ЗНК, завод им. Калинина

Вес насоса — 120 кг.

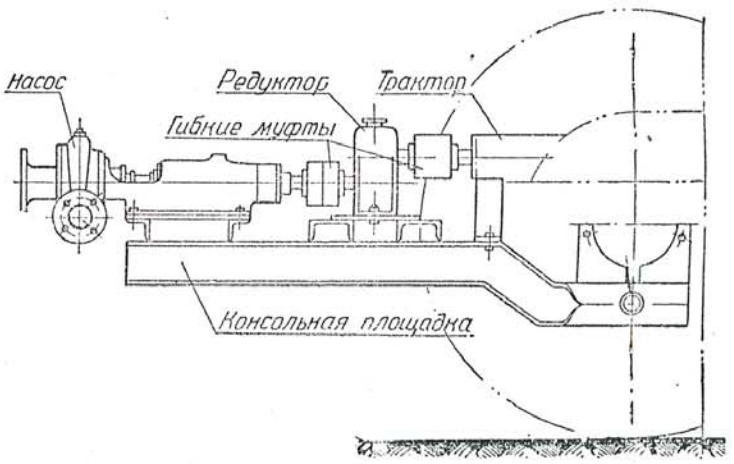


Рис. 112. Насосно-силовая установка на тракторе СТЗ-ХТЗ.

При 3 000 оборотов в минуту насос обеспечивает напор 55 м и расход 22 л/сек., что отвечает расходу 2 дождевальных аппаратов.

в) Трубопровод. Переносный трубопровод дальноструйной дождевальной установки ВНИИГиМ предназначен для транспортирования воды от насоса к месту полива. В месте полива на трубопроводе последовательно устанавливаются два дождевальных дальноструйных аппарата. Вода поступает из насоса в трубопровод под давлением в 55 м. У аппарата, в самой удаленной точке трубопровода, обеспечивается рабочий напор 40 м. Трубопровод изготовлен из сварных тонкостенных стальных труб. Толщина стенок труб — 1,5 мм, внутренний диаметр — 125 мм. Трубопровод состоит из отдельных труб длиной по 5 м, которые соединяются между собой посредством специального соединительного устройства РК (раструб — кольцо), показанного на рис. 106.

В местах соединения трубопровод может изгибаться в вертикальной плоскости и следовать за рельефом поля.

Общая протяженность трубопровода — 365 м, из коих 290 м монтируются в одну общую линию, а остальные 75 м являются запасной частью, необходимой для бесперебойной работы всей установки (рис. 113 и 114).

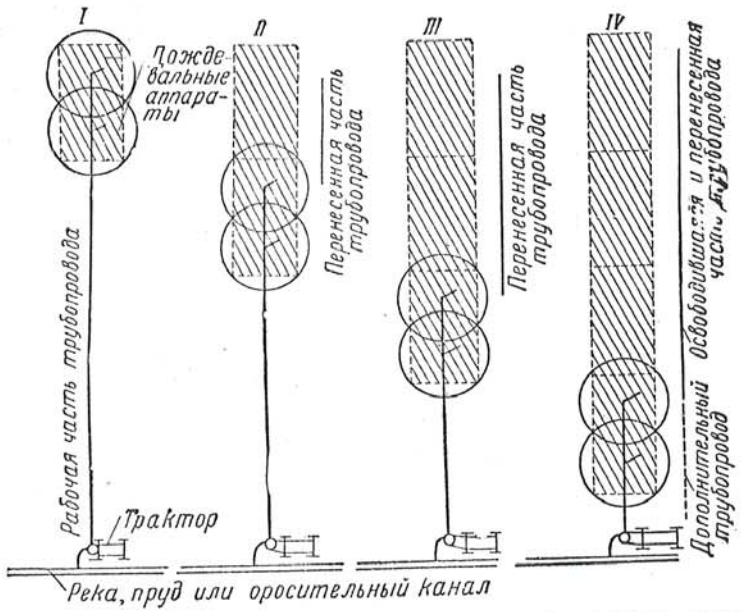


Рис. 113. Схема работы дальноструйной дождевальной установки, работающей от трактора СТЗ-ХТЗ.

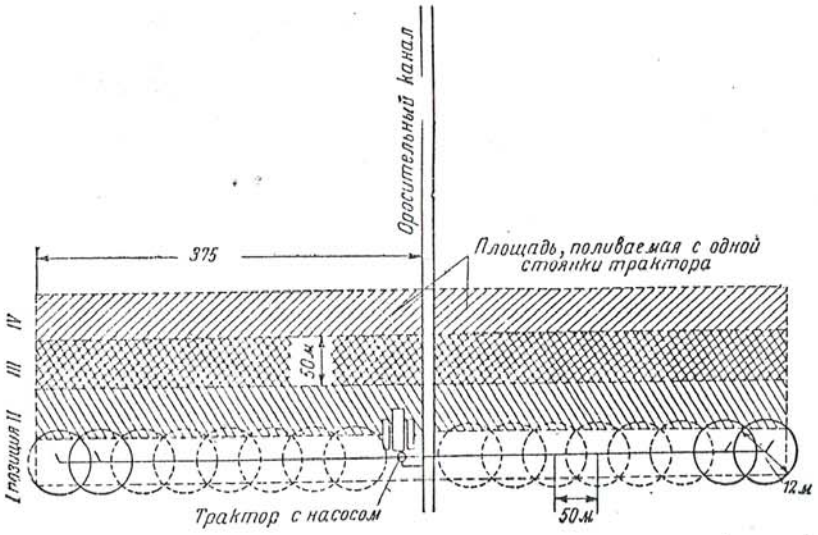


Рис. 114. Схема работы дальноструйной дождевальной установки, работающей от трактора ЧТЗ С-65.

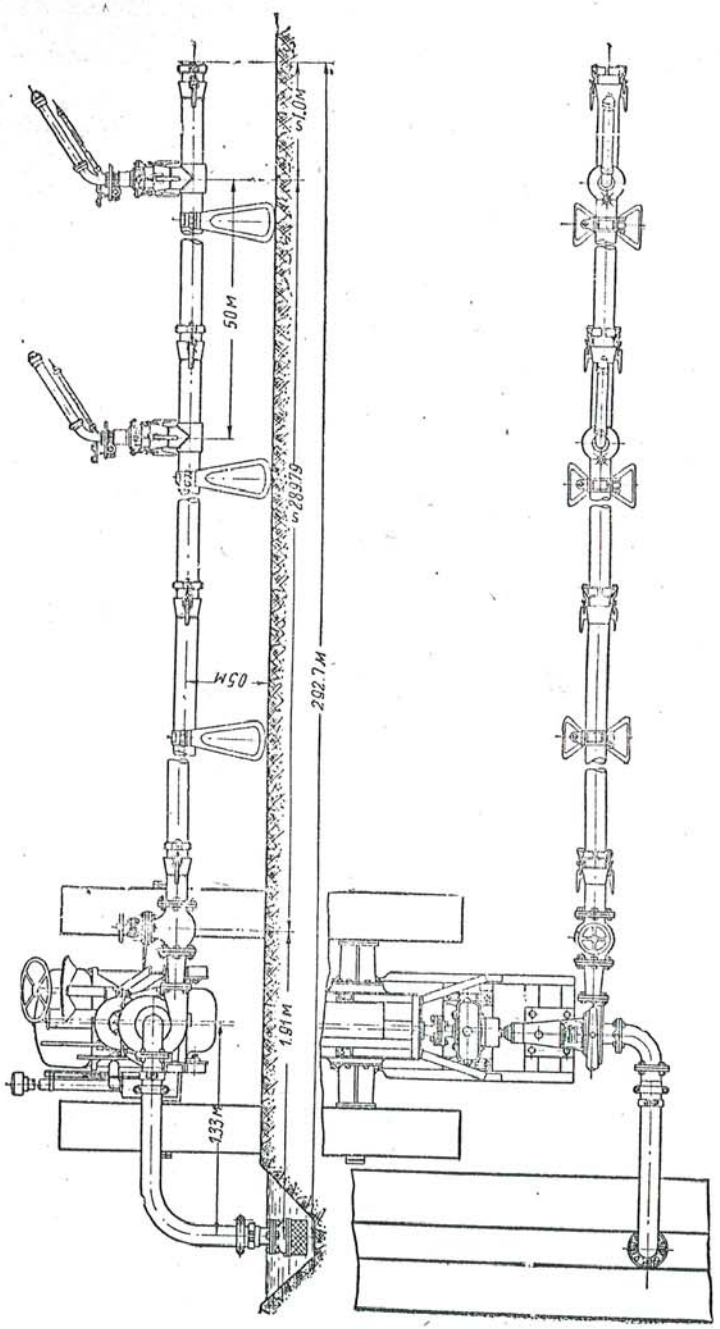


Рис. 115. Насосная станция, трубопровод и дождевальные аппараты (вид сбоку и в плане).

Для присоединения аппарата к трубам на части трубопровода имеется специальное устройство — гидрант.

Общее число труб — 73, из них с гидрантами — 16. Вес трубы (в сборке) — около 26 кг, что позволяет выполнять переноску одному человеку (общий вид установки изображен на рис. 115).

г) Дождевальный аппарат. Дальноструйная дождевальная установка ВНИИГиМ снабжена дальноструйными дождевальными аппаратами турбинного типа (см. рис. 116). Аппарат состоит из нижней неподвижной части — корпуса аппарата и верхней вращающейся части с турбинным механизмом. Корпус аппарата имеет вертикальную трубу, на нижний конец которой навинчен стакан с четырьмя крючками для присоединения к гидранту трубопровода. В верхней части корпус аппарата снабжен зубчатой шестерней, соединенной с корпусом неподвижно. Внутри вертикальной трубы корпуса помещается вертикальная труба вращающейся части аппарата.

На вертикальную вращающуюся трубу навинчена изогнутая труба, несущая на себе: а) диск с турбинным механизмом и б) два сопла с насадками; внутри ствола главного сопла имеются струенаправляющие пластинки. На схеме показаны

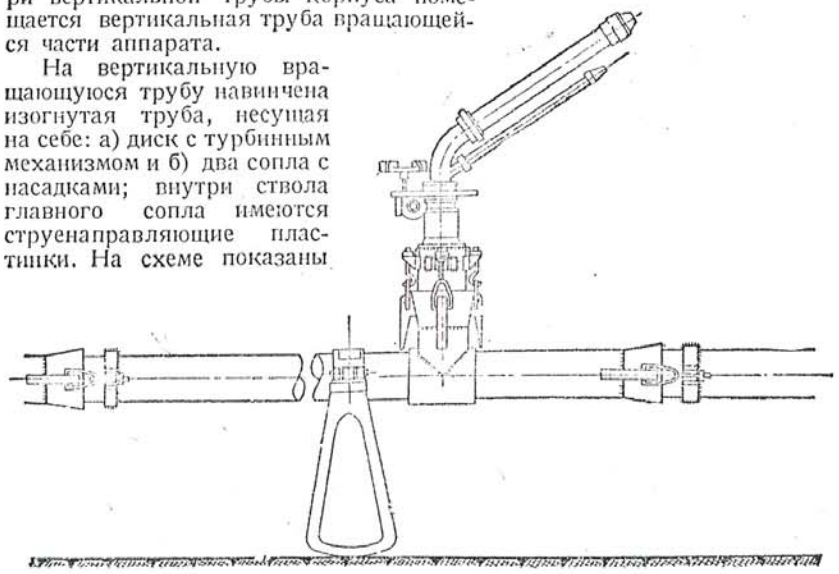


Рис. 116. Дождевальный аппарат дальноструйной дождевальной установки «ВНИИГиМ».

основные части аппарата. Вращение аппарата осуществляется с помощью специального механизма. Вращающий механизм приводится в движение от струи воды, выходящей через специальное отверстие.

Работа аппарата. Аппарат рассчитан на работу при напоре около 40 м. Вода выбрасывается из аппарата через три насадки, т. е. тремя струями.

Главная насадка на главном сопле имеет максимальный диаметр — 21 мм; средняя насадка — на втором изогнутом сопле — диаметр 7,5 мм; третья насадка диаметром 3,5 мм дает воду на лопасти турбины — специального колеса, вращающего механизм.

Дальность полета струи главной насадки — 35—40 м. Через эту насадку проходит около 89% всего количества воды, расходуемого аппаратом. Скорость движения воды в главной трубе аппарата — около 4 м/сек. Скорость в главной насадке аппарата при диаметре 21 мм — около 27 м/сек. Дальность полета струи второй насадки — 15—18 м; через эту насадку аппарат выбрасывает около 9% всего количества воды, расходуемой аппаратом. Струя третьего отверстия, вращая колесо, разбивается на мелкие капли о его лопасти; дальность захвата этой насадки ограничивается 5—6 м; расход этой насадки составляет около 2% всего расхода аппарата (см. рис. 117).

Наибольшую высоту полета имеет главная струя; высшая точка траектории достигает высоты около 10 м при угле наклона сопла к горизонту 32°.

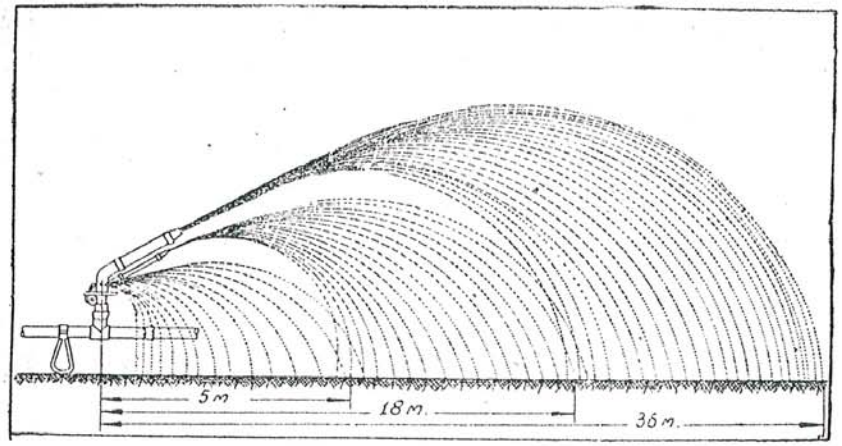


Рис. 117. Схема работы насадок аппарата.

Наибольшее распространение описанная дальноструйная установка может получить в плодоводстве, а также в овощеводстве и на пропашных культурах.

На непропашных культурах ее применение связано с потаптыванием некоторого количества посевов при переносках трубопровода и аппаратов.

Площадь потаптывания составляет около 4% от общей площади карты.

Необходимость ручной переноски трубопровода обусловливает состав смены не менее 3 человек, из коих: трактористов — 1, рабочих поливальщиков — 2.

Принцип дальноструйного дождевания, применяемый в этой установке, влечет за собою значительные затраты энергии — до 3,0—3,5 квт/час на каждый миллиметр дождя на 1 га.

1. Показатели работы дождевального аппарата ВНИИГиМ*

1. Расход воды	около 11 л/сек.
2. Радиус захвата-брутто	36,8 м
3. Площадь захвата-брутто	до 4000 м²
» » нетто	около 2500 м²
4. Средняя интенсивность дождя	0,16—0,20 мм

* Показатели работы даются при давлении H=40 м. Динамика этих величин дана в работах А. М. Поспелова и Ф. И. Пикалова «Дождевание», т. II, 1936 г., Сельхозгиз.

2. Спецификация дальноструйной дождевальной установки ВНИИГиМ, модель 1939 г.

1. Трактор СТЗ или ХТЗ (колесный)	1 шт.
2. Насос ЗНК завода им. Калинина	1 »
3. Трубы с гидрантами сварные (в сборе)	16 »
4. Трубы без гидрантов сварные (в сборе)	57 »
5. Всасывающий спиральный шланг с клапаном (*d* = 100 мм)	3 м
6. Задвижка «Лудло» 75 мм	1 шт.
7. Резиновые кольца от муфт Симплекс (100 мм)	76 »
8. Манометр	1 »
9. Вакуумметр	1 »
10. Дождевальные аппараты	4 »
11. Редуктор	1 »
12. Консольная рама (сварная)	1 »
13. Гибкая муфта (для соединения вала насоса и вала редуктора)	1 »
14. Шарнир Гука для соединения вала трактора и вала редуктора	1 »
15. Заглушки концевые и к гидрантам	18 »
16. Масленка	1 »
17. Колено чугунное 75 мм	1 »
18. Патрубок фланцевый	1 »

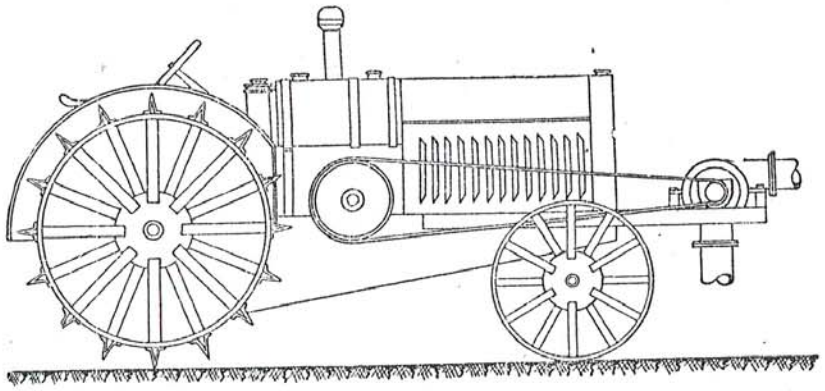


Рис. 118. Насосно-силовая станция дальноструйной дождевальной установки «НИМИ-Юж. НИИГиМ» на тракторе СТЗ-ХТЗ.

3. Характеристика работы установки

1. Напор у выхода из насоса	5—6 атм.
2. Радиус захвата аппарата-нетто	25 м
3. Расход воды обоими аппаратами	20—22 л/сек.
4. Потребная мощность двигателя	25 HP
5. Производительность за сезон	30—40 га
6. Площадь захвата-нетто одним аппаратом	около 2 500 м²
7. Наибольшая высота всасывания насосом	до 4 м
8. Габариты насосной станции:	
а) длина с трактором	5 000 мм
б) высота по радиатору трактора	1 770 »
в) ширина по трактору	1 685 »
9. Низшая точка насоса	470 »
10. Высота расположения трубопровода над землей (ось трубопровода)	500 »

§ 69а. Дальноструйная дождевальная установка системы ЮжНИИГиМ-НИМИ

Эта дождевальная установка аналогична по своему устройству вышеописанной дальноструйной дождевальной установке ВНИИГиМ. Особенности ее устройства следующие.

а) Насосная станция и двигатель. Установка рассчитана на работу от колесного трактора СТЗ-ХТЗ мощностью 30 HP. Насос крепится на консольной раме впереди трактора (рис. 118). Крепление рамы осуществляется 4 болтами к лотку трактора, для чего в последнем сверлятся дыры. Привод от трактора к насосу ременный. Центры шкива трактора и шкива насоса отстоят на расстоянии около 130 см, диаметр шкива насоса — 11 см; для получения нужного числа оборотов насоса (около 2 000) шкив трактора должен иметь диаметр 53 см.

Насос — пожарного типа марки ЗИС. Один из двух напорных штуцеров заглушен, второй снабжен запорным краном. Пользование одним штуцером, имеющим 50 мм в диаметре, вызывает излишние потери напора, а наличие крана, открываемого поворотом его на 90°, может вызвать значительный гидравлический удар в напорном трубопроводе, если кран будет открыт сразу.

Недостатком насосно-силового агрегата является ременная передача при сближенном расстоянии между шкивами и при значительной разнице диаметров шкивов. Эти два обстоятельства должны обусловить потери мощности за счет скольжения ремня и быстрый износ ремня.

При вытягивании ремня возникает необходимость периодически увеличивать расстояние между шкивами, для чего насос может быть передвинут по раме.

б) Напорный трубопровод такой же, как у системы ВНИИГиМ, с небольшими отличиями в устройстве сцепления труб. Длина трубопровода обусловливается схемой его расположения.

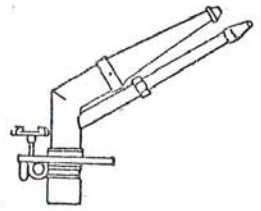


Рис. 119. Дальноструйный дождевальный аппарат «ЮжНИИГиМ-НИМИ».

в) Дождевальные аппараты. Дождевальный аппарат установки ЮжНИИГиМ легче дождевального аппарата ВНИИГиМ (вес — 7,70 кг), что достигается главным образом за счет укорочения главного сопла аппарата, которое, как это видно из рис. 119, имеет коническую форму.

Устройство турбинного механизма аналогично системе ВНИИГиМ, но несколько проще и прочнее. Все общие замечания, сделанные в отношении установки системы ВНИИГиМ, относятся и к данной установке.

Основные показатели аппарата системы ЮжНИИГиМ-НИМИ

1. Расходы воды при напоре 40 м	10,50 л/сек.
2. Радиус захвата-нетто при напоре 40 м	25 м
3. Площадь захвата-нетто	около 2 500 м²
4. Средняя интенсивность дождя	0,20 мм в минуту

§ 70. Коромысловый дальноструйный дождевальный аппарат системы ЗакНИИВХ

Коромысловый дождевальный аппарат отличается простотой своей конструкции. Вместо довольно сложного турбинного устройства для вращения аппарата у ранее описанных систем здесь применен принцип реактивной силы, возникающей при ударе струи о подвижную лопатку — коромысло. Коромысло в середине закреплено подвижно на горизонтальной оси (рис. 120). При ударе струи о лопатку верхний конец коромысла отталкивается вместе с соплом аппарата, к которому оно прикреплено, на некоторый угол вправо и одновременно действием той же струи отталкивается вниз, вследствие чего лопатка выходит из струи и вращение

прекращается. Противовес снова заставляет лопатку стать в прежнее положение, и струя снова ударяет в лопатку. Таким образом, коромысло действует автоматически, заставляя аппарат вращаться толчками. Аппарат имеет только одно сопло.

Простота устройства вращения является существенным преимуществом этого аппарата. Однако действие коромысла не обеспечивает равномерности распределения дождя и снижает дальность полета струи. По характеру и условиям работы относится к дальноструйным.

Основные показатели коромыслового аппарата системы ЗакНИИВХ

1. Расход при напоре 40 м	7,10 л/сек.
2. Радиус захвата-брутто при напоре 40 м	29,4 м
3 Площадь захвата-брутто	2 715 м²
4. Средняя интенсивность дождя	0,18 мм/мин.

§ 71. Капитальные и эксплоатационные затраты при применении дальноструйных дождевальных установок

Применение дальноструйных дождевальных установок осуществляется при открытой сети оросителей или на полустационарных дождевальных оросительных системах. Возможно также применение этих установок для орошения площадей, прилегающих к прудам и рекам.

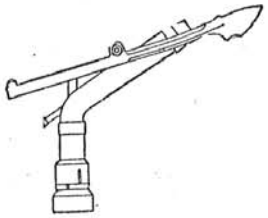


Рис. 120. Коромысловый дождевальный аппарат системы ЗакНИИВХ.

При работе дальноструйной дождевальной установки на естественных водоемах капитальные затраты определяются стоимостью дождевальной установки. Ориентировочно стоимость установки без трактора определяется при малосерийном производстве в 12 000 рублей, а при массовом — 5 000—6 000 рублей. Стоимость капиталовложений на 1 га соответственно выразится суммой от 150 до 400 рублей. В случае применения открытой сети к этой сумме необходимо прибавить еще затраты на открытую сеть, насосную станцию или головное сооружение. Применение дальноструйных установок на полустационарных системах требует прокладки трубопроводов и устройства стационарной насосной станции. Можно полагать, что капиталовложения при полустационарном варианте не будут выше капиталовложений при работе КДУ при таком же варианте (см. выше). Эксплоатационные затраты при работе дальноструйных установок на 1 га за сезон обходятся от 350 до 500 рублей (все цены ориентировочные).

§ 72. Консольный дождевальный агрегат

Консольный агрегат, сконструированный и испытанный во ВНИИГиМ инженером М. С. Яншиным, — новая советская высокопроизводительная дождевальная машина, механизирующая полностью поливной процесс. Этот агрегат применим в крупном механизированном орошаемом хозяйстве. Агрегат устроен на тракторе (дизельном) ЧТЗ С-65. На тракторе монтируется легкая ферма и насос, который с помощью специально устроенной всасывающей линии забирает воду из картового оросителя, в то время как агрегат на тракторе движется рядом с оросителем (рис. 121).

Ферма средней частью опирается на трактор, а двумя своими крыльями-консолями отходит в обе стороны от трактора перпендикулярно к его продольной оси. Вся длина фермы—111 м, каждое крыло составляет половину этой длины, т. е. 55,5 м. Ферма имеет треугольное сечение с двумя нижними поясами из труб и одним верхним из круглой стали. Все конструктивные элементы консолей к концам уменьшаются в целях облегчения нагрузок. По трубам подается вода, которая с помощью насадок, размещенных на трубах, разбрызгивается и дождем падает на землю. Общая ширина поливаемой полосы (ширина захвата) — 120 м. Вес фермы без воды равен 2 750 кг, а с водой — около 4 000 кг. Для подачи воды в трубы фермы, сзади трактора, на его тяговой площадке, укреплен насос, работающий от верхнего вала трактора через редуктор. Забор воды насосом производится из канала всасывающей линией, отходящей по правую сторону от трактора. Расход насоса равен 100 л/сек., или 360 м³ в час.

Насос, всасывающая линия и крепление фермы на тракторе вместе с водой весят около 1 т. Вся надстройка агрегата на тракторе вместе с водой весит около 5 т, а весь агрегат вместе с трактором и водой весит около 16 т.

а) Трактор. Для агрегата взят трактор ЧТЗ как база, достаточно прочная и располагающая нужной мощностью мотора. Трактор ЧТЗ-65 имеет большую ширину хода (1 825 мм между осями гусениц и

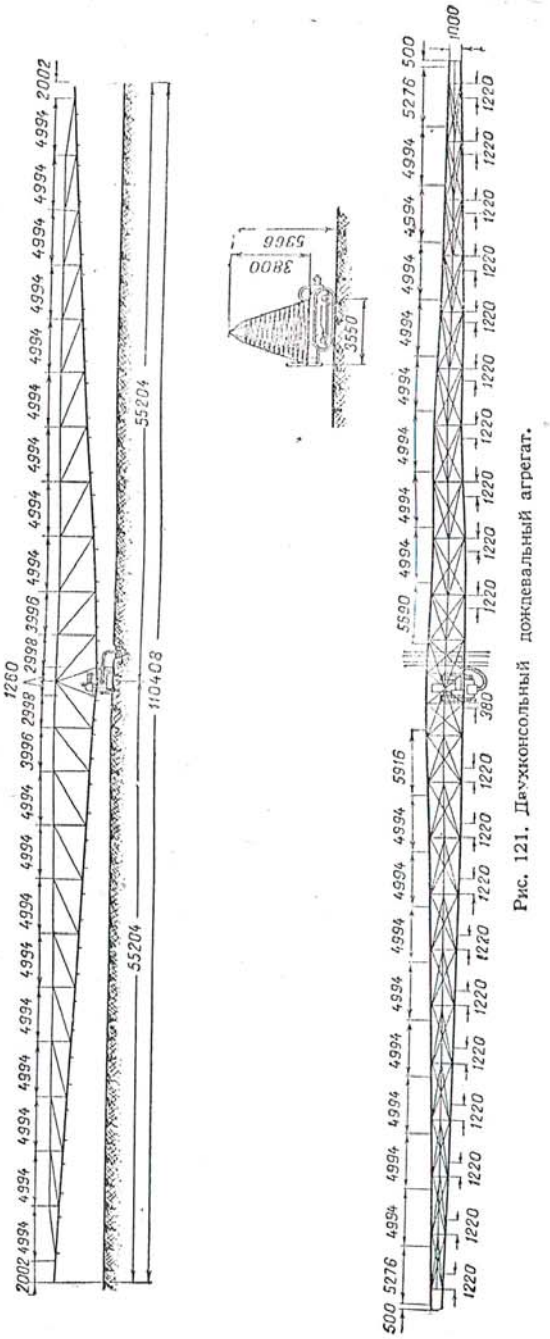


Рис. 121. Двухконсольный дождевальный агрегат.

2 325 мм между внешними краями их), снабжен дизельным двигателем, который работает на дешевом горючем.

Скорости движения трактора ЧТЗ для дождевального агрегата велики. Путем замены системы зубчатых передач к коробке скоростей, без изменения верхнего и нижнего валов, скорости движения трактора уменьшены: передняя — до 1,2 км в час и задняя — до 1 км в час. Кроме того, остается еще одна передняя скорость 3 км в час.

б) Ферма (см. рис. 121, 122 и 124). Конструкция фермы стержневая. Предварительные исследования принципа устройства консолей показали, что тросовая подвеска труб оказалась непригодной.

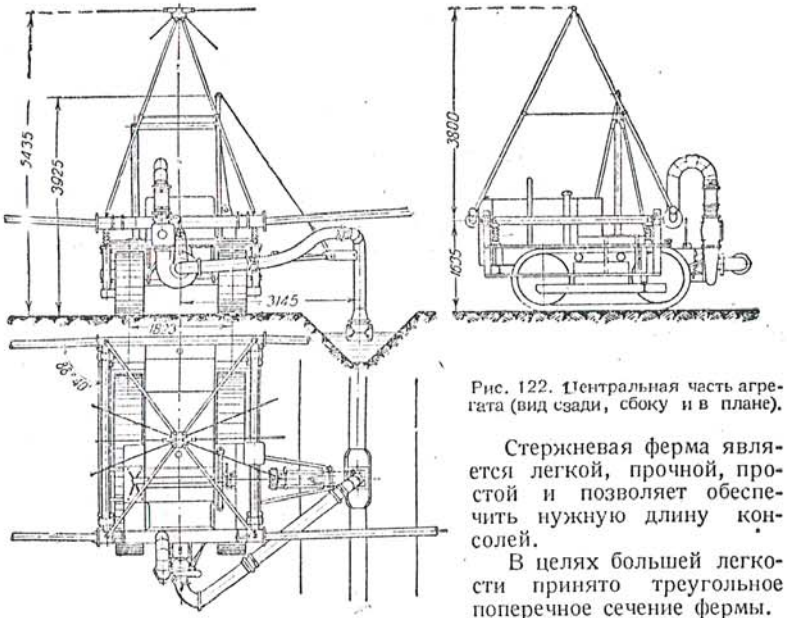


Рис. 122. Центральная часть агрегата (вид сзади, сбоку и в плане).

Стержневая ферма является легкой, прочной, простой и позволяет обеспечить нужную длину консолей.

В целях большей легкости принято треугольное поперечное сечение фермы.

Ферма разделена на 25 панелей, длина каждой панели — 5 м, за исключением концевых центральной и прилегающих к центральной, имеющих меньшую длину. Верхний пояс с нижним соединен стойками из труб и раскосами из круглого железа. Нижние пояса соединены распорками из труб и растяжками из круглого железа. Все элементы поясов и решетки фермы от середины фермы к концам уменьшаются в своих поперечных сечениях. Все трубы фермы стальные цельнотянутые (по ОСТ 5098). Трубы нижнего пояса, кроме центральной панели, изменяются от 100 до 50 мм внутреннего диаметра. Трубы решетки изменяются от 50 до 25 мм. Диаметр круглого железа верхнего пояса и решетки изменяется от 36 мм до 6 мм. Трубы нижних поясов соединяются посредством фланцев, приваренных к трубам.

В центральной панели, для передачи воды из задней линии нижних поясов, в которую непосредственно подается вода насосом, в переднюю, используются распорки, которые взяты диаметром в 125 мм. Вместе с трубами нижних поясов эти распорки составляют раму. Стойки на раме образуют пирамиду центральной панели.

Ферма рассчитана на статическую вертикальную нагрузку и на действие ветра с давлением 40 кг на квадратный метр на фактическую площадь его действия. Это соответствует скорости ветра примерно 23 м в секунду.

Ферма присоединена к трактору особым креплением: спереди — к лонжеронам рамы трактора, а сзади — к раме гусеничной тележки. Между фермой и креплением фермы поставлены вертикальные амортизаторы в виде спиральных пружин и горизонтальные в виде резиновых прокладок. Присоединение к гусеничной раме сделано на шарнирах для возможности продольных наклонов гусеничного хода, независимо от фермы.

На случай наклона фермы на одну сторону до земли, на консолях фермы, по серединам их, поставлены упорные скобы (амортизаторы).

В задней трубе центральной рамы агрегата по разные стороны от входа воды из насоса в раму поставлены обратные клапаны, а передняя труба рамы, проходящая впереди радиатора трактора, перегорожена глухой стенкой. Обратные клапаны и стенка не позволяют переливаться

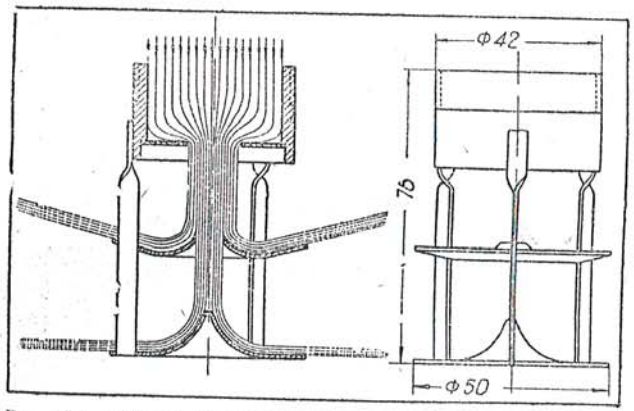


Рис. 123. Насадка консольного агрегата. Общий вид и схема разбрызгивания воды.

воде из одной консоли в другую во время наклона агрегата на одну сторону при прекращении подачи воды насосом. Ферма может быть снята с трактора в собранном виде.

Насадки. На обеих линиях трубопроводов, на нижних поясах фермы, через 5 м на каждой линии и через 2,5 м по оси фермы, в шахматном порядке поставлены насадки, разбрызгивающие поступающую из трубопроводов воду. В середине фермы и по концам ее насадки поставлены чаще. Всего насадок 51. Насадки ввертываются в патрубки, приваренные к трубам.

Насадки состоят из корпуса — отрезка трубки диаметром 40 мм, высотой около 40 мм, впаянной в него пластинки с отверстием и двух расположенных друг под другом дефлекторов (см. рис. 123). Часть струи проходит через отверстие в верхнем дефлекторе и попадает на нижний дефлектор. Такое двухярусное устройство насадки обеспечивает лучшую равномерность разбрызгивания.

Насос. При полном числе оборотов вала трактора вал насоса благодаря редуктору делает 1 050 оборотов в минуту. Насос — центробежный, одноколесный (группа X, 200 мм). Полный напор насоса при

указанном числе оборотов — 25 м. При коэфициенте полезного действия насоса, равном 0,6, на 100 л/сек требуется 55,5 л. с. Остающаяся мощность трактора 9,5 л. с. затрачивается на передвижение агрегата.

Для заливки насоса на нем крепится ручной насос «Альвейер» диаметром 40 мм, со своим всасывающим шлангом и напорной трубкой, входящей в напорную трубу основного насоса. Для учета вылитой воды на насосе устанавливается водомер Вольтмана диаметром 200 мм.

Всасывающая линия (см. рис. 122). Всасывающая линия помещена с правой стороны трактора. Она состоит из колена насоса, гибкого шланга, сварной трубы и камеры приема.

Труба внизу конически расширяется и соединяется с камерой приема. Между расширенным концом трубы и камерой помещен обратный двухстворчатый клапан. Приемная сетка имеет площадь 0,21 м², диаметр отверстия сетки 6 мм.

Вся система всасывающей линии опускается или подымается на тросе с помощью ручной лебедки, установленной возле сиденья тракториста.

Необходимые материалы. Для изготовления агрегата необходимы в основном следующие материалы:

1) труб стальных ОСТ 5098, диаметром от 200 мм до 25 мм, общей длиной 450 м;

2) стали сортовой и фасонной — 2 800 кг;

3) стали для шестерен — 250 кг;

4) латуни листовой толщиной 1 мм — 10 кг;

5) Шланга спирального — 4 м (всасывающий) и 1 м (нагнетательный).

Необходимое оборудование:

1.	Части одноколесного насоса группы X, с диаметром штуцеров 200 мм (улитка, ротор)	1 компл.
2.	Водомер	1 шт.
3.	Насос ручной «Альвейера»	1 »
4.	Манометр	1 »
5.	Вакуумметр	1 »
6.	Редуктор	1 »
7.	Шестерни демультипликатора	6 »

Работа агрегата. Для передвижения агрегата вдоль канала необходима дорога шириною около 3,5 м, считая от бровки канала. На поперечных неровностях дорог агрегат будет наклоняться в ту или другую сторону. Для того чтобы при таких наклонах консоли не задевали за землю, нижние пояса фермы сделаны с подъемом их от трактора к концам крыльев. Концы фермы выше земли на 5 м.

Агрегат поливает в движении, причем для дачи полной увлажнительной нормы агрегат должен над каждым местом проехать несколько раз. За один след агрегат дает слой дождя в 3 мм.

Движением агрегата достигается увеличение производительности за счет применения большей, чем при обычном короткоструйном дождевании, действительной интенсивности дождя.

Сеть каналов и сооружения на них. Для работы агрегата необходима сеть картовых оросителей, проведенных параллельно, через 120 м. Для езды агрегата при поливе около картовых оросителей должны быть оставлены дороги шириной около 3,5 м. В среднем вместе с каналом будет занята полоса шириною около 6 м, т. е. (6×100): : 120=5% площади карты.

Картовые оросители должны иметь глубину воды не менее 0,5 м. Поэтому картовые оросители надо проводить с небольшим уклоном, примерно не более 0,0005. Для получения сравнительно небольших разностей глубин по длине картовых оросителей необходимо их разбить на

бьефы временными или легкими постоянными подпорными сооружениями. Длина бьефов должна быть не менее 150 м. Дамбы каналов допустимы не более 0,3 м высотой; при необходимости иметь более высокую дамбу следует насыпать и дорогу так, чтобы дамба не превышала дорогу более чем на 0,3 м.

На каналах с большими уклонами необходимо с перегораживающими сооружениями делать перепады.

Преимущества агрегата. Перед существующими дождевальными переносными установками агрегат имеет ряд преимуществ.

1. Он механизирует полив, причем не только заменяет ручной труд машинным, но и значительно повышает производительность труда.

2. При работе агрегата растения не повреждаются затаптыванием.

3. Равномерность дождя мало подвержена вредному действию ветра;

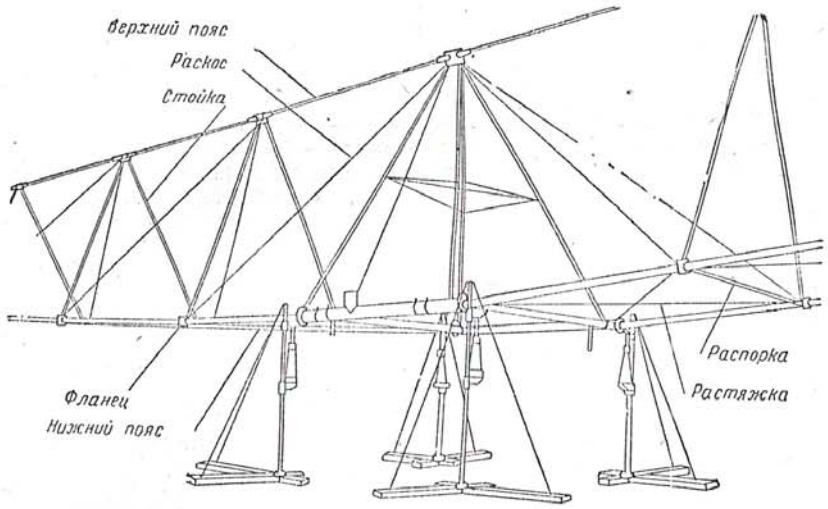


Рис. 124. Ферма агрегата снята с трактора и установлена на стойки.

4. С помощью консольного агрегата возможно широко применять освежительные поливы, т. е. поливы нормой в 2—3 мм в жаркую погоду для улучшения климата приземного слоя воздуха. Этим достигается снижение температуры воздуха и повышается его влажность; вместе с тем снижается и температура тканей растения. Освежительные поливы, по последним опытным данным, дают значительные прибавки урожая.

Недостатки агрегата. К недостаткам агрегата относится некоторая сгущенность сети картовых оросителей, необходимых для его работы. Однако картовая сеть сгущена не больше, чем при самотечном поливе.

Агрегат прошел технические и производственные испытания и с 1939 г. передан в серийное производство.

В свободное от поливов время ферма агрегата в собранном виде может быть снята с трактора в течение 5—6 часов с помощью специального устройства — съемника, после чего трактор может быть использован на вспашке или комбайновой уборке.

1. Основные показатели агрегата

1. Расход воды — 100 л/сек., или 360 м³ час.
2. Коэфициент использования времени суток — до 0,85.
3. Суточная производительность $100 \times 3\,600 \times 24 \times 0{,}85 = 7\,344$ м³ воды; *при поливной норме 300 м³ на 1 га это обеспечивает полив 25 га* в сутки.
4. Обслуживается в смену одним трактористом и одним рабочим.
5. При интенсивном поливном режиме агрегат обслуживает за сезон около 150—200 га.
6. Эксплоатационные затраты — около 120 рублей на 1 га за сезон.
7. Стоимость агрегата без трактора при малосерийном выпуске — 25—28 тыс. рублей (ориентировочно).
8. Затраты металла на 1 га — около 20 кг.

2. Технические условия на проектирование сети для работы двухконсольного дождевального агрегата

1. Расстояние между осями картовых оросителей — 120 м (в том числе ширина дороги и канала).
2. Расход-нетто картового оросителя — 100 л/сек.
3. Глубина воды в картовом оросителе — не менее 0,5 м.
4. Разность высоты между дорогой и горизонтом воды — не более 1 м.
5. Участки работы агрегата на картовом оросителе — бьефы должны быть не менее 150 м; желательно, чтобы бьефы достигали 400—500 м длины.
6. Расстояние между осями дороги и канала — 3 м, расстояние от оси дороги до внешнего ее края — 1,75 м, а до бровки переменное — от 1,75 м до 1,20 м.
7. Превышение верха дамбы над дорогой не должно быть более 0,30 м.
8. Картовые оросители должны проектироваться вдоль горизонталей. Уклоны дна желательны около 0,0005.

§ 73. Стационарные и полустационарные дождевальные установки

А. Стационарные дождевальные установки (с применением дальноструйного принципа дождевания) требуют больших капиталовложений, исчисленных в сумме до 6000 рублей и более на 1 га, и поэтому в настоящее время едва ли смогут найти широкое применение в нашем ирригационном строительстве. Применение короткоструйного принципа, при условии полной стационарности всей аппаратуры, приведет к еще большему увеличению капитальных затрат, что делает такие стационарные системы экономически совершенно неприемлемыми для широкого строительства.

Автоматизм и постоянная готовность к действию стационарных систем (на дальноструйном принципе) позволяет рассматривать их как перспективные системы, которые могут вводиться по мере развития и усовершенствования ирригационного строительства. Высокие стоимости стационарных систем складываются главным образом из стоимости стационарных трубопроводов. С увеличением дальности полета струи в 2 раза, количество потребных труб уменьшается почти в два раза; это обстоятельство толкает на увеличение радиуса захвата до 100 м и более. Однако увеличение радиуса захвата сопряжено с рядом недостатков:

1) При наличии ветра со скоростью в 3—4 м/сек. и более дальность полета струи резко снижается (см. таблицу).

Изменение дальности полета (R) струи аппарата ВНИИГиМ при различной скорости ветра

Напор у аппарата (в метрах)	Скорость ветра (в метрах в секунду)	Радиус захвата (в метрах)		Сумма (в метрах)	Площадь захвата-брутто (в кв. метрах)
		максимальный	минимальный		
40	0,55	42,0	31,0	73,0	4 321,0
40	0,65	40,8	30,4	71,2	3 973,0
40	1,2	36,0	28,0	64,0	3 383,0
40	1,8	38,8	24,6	63,4	3 298,0
40	3,0	37,4	22,8	60,2	2 612,0
40	3,5	35,9	20,2	56,1	2 290,0

При ветре одновременно с уменьшением R и площади захвата резко ухудшается равномерность распределения дождя.

2) Дальноструйный принцип дождевания даже в пределах широко применяемых дальностей полета (до 30—40 м) обусловливает неудовлетворительное качество дождя. Оно выражается: в чрезвычайной крупности капель, большой величине действительной интенсивности в секторе падения дождя при значительной живой силе падающих с большой высоты крупных капель. Это обусловливает разрушение почвенной структуры и вызывает образование корки.

3) Увеличение дальности полета струи сопряжено с необходимостью больших затрат энергии на создание большего напора.

4) Увеличение дальности полета вызывает резкое возрастание расхода аппарата. При увеличении дальности полета струи (брутто), например, с 25 м до 100 м (в 4 раза), площадь орошаемого круга возрастает в квадрате, т. е. в 16 раз. Если в первом случае расход аппарата составлял 6—7 л/сек., то при прежней средней интенсивности дождя (около 0,20 мм) для второго случая потребуется расход аппарата довести до 100 л/сек. Струя такой мощности едва ли практически допустима, так как окажется опасной для растений и почвенной структуры. Если же пойти на увеличение расхода не в 16 раз, а всего в 4 раза, то средняя интенсивность дождя упадет до 0,05 мм/мин. и тогда для полива слоем 40 мм потребуется время, равное 8 часам, т. е. производительность аппарата сильно снизится.

Стационарные системы могут применяться в узких пределах. Их применение (при работе на дальноструйном принципе) возможно в условиях, когда поливы могут быть осуществлены в безветреную погоду, в условиях участков с особо ценными и интенсивными культурами, а также площадей специального назначения.

Стационарные короткоструйные системы не встречают возражений со стороны технической их целесообразности, но сохраняют за собою возражения экономического порядка.

В тех случаях, когда необходимо запроектировать стационарную дождевальную систему, дождевальные аппараты или дождевальные короткоструйные насадки следует взять из применяющихся в передвижных системах.

Б. Полустационарные дождевальные системы (см. выше рис. 104, стр. 212) имеют стационарными насосную станцию и основные магистрали трубопроводов. Непосредственно из стационарных магистральных трубопроводов дождевание не производится, их назначение — транспортиро-

вать воду. Таким образом, стационарные трубопроводы заменяют обычную открытую сеть групповых и картовых оросителей.

Переносными в системах этого типа являются более мелкие разветвления трубопровода и дождевальная аппаратура, разбрызгивающая воду. Размеры системы этого типа могут колебаться в значительных пределах, достигающих площади в несколько сотен и даже тысяч гектаров. Так как большая протяженность трубопроводов сопряжена с увеличением потерь напора, то она вызовет необходимость увеличения сечения труб. Переносные трубопроводы, дождевальные аппараты или насадки берутся те же, что и у переносных систем (см. выше).

Применение дождевальной установки КДУ на полустационарной системе описано выше.

Капитальные затраты при строительстве полустационарных систем значительно ниже, чем стационарных. Однако эксплоатационные затраты выше и приближаются к эксплоатационным затратам при переносных установках.

Полустационарные дождевальные системы могут быть как высоконапорные, так и низконапорные. В качестве стационарного трубопровода целесообразно применение асбоцементных труб соответствующих диаметров. Эти трубы дешевы, прочны и очень удобны при сборке. Кроме того, потери напора в них значительно ниже и гидравлические удары погашаются упругостью трубопровода в местах соединений, если трубы остаются уложенными по поверхности.

1. Проектирование стационарной насосной станции

Проектирование стационарной насосной станции для целей дождевания не несет в себе особой специфики и проводится на основе методов, применяемых в ирригации для проектирования насосных станций. Рассчитывая насосы, необходимо учесть потери напора в трубопроводе и напор для преодоления относительной разности высот мест орошения. Суммарный потребный напор насоса складывается из:

рабочего напора, необходимого для нормального действия дождевальных аппаратов или насадок;

геометрической высоты;

потерь напора в трубопроводах.

2. Проектирование стационарных напорных трубопроводов

Принципы проектирования и монтажа стационарного трубопровода для дождевания те же, что и в водопроводном деле. В целях экономного выбора сечений трубопровода следует допускать скорости от 1,0 до 1,5 м в секунду. В выборе материала для трубопровода следует учитывать целесообразность применения асбоцементных труб, производимых теперь в СССР в больших количествах. Стоимость этих труб на 20—40% ниже чугунных. Кроме того, они снабжены специальными соединительными муфтами «Симплекс», позволяющими быстро и дешево монтировать трубопровод.

Вся прочая соединительная арматура также вырабатывается стандартной и удобна в монтаже.

Стационарный трубопровод для дождевания нет необходимости закапывать на непромерзаемую глубину. В целях удешевления строительства укладку трубопровода целесообразно вести по поверхности. При наземном положении трубопровода потребуется обязательное удаление воды из труб на морозный период года. Наземная укладка труб ведется непосредственно на землю. Профиль наземного трубопровода следует за профилем местности; при удалении воды на зиму необходимо учитывать,

что на пониженных местах вода может остаться в трубах, если не принять соответствующих мер.

Свободно лежащий трубопровод при эксплоатации под действием напора может в местах искривлений и поворотов, благодаря реактивным силам, сдвигаться, что приведет к разрыву трубопровода. Необходимо во всех местах, где направление трубопровода меняется, закреплять трубопровод с помощью кольев и проволоки (см. рис. 125). В конце трубопровода, а также в местах ответвлений, крепление также необходимо.

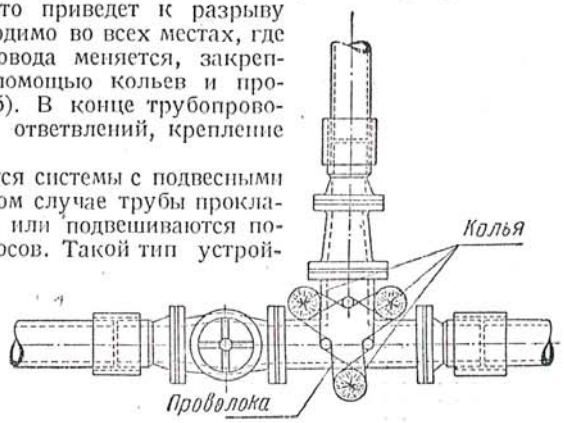


Рис. 125. Крепление тройникового узла асбоцементного трубопровода, проложенного по поверхности почвы.

В США применяются системы с подвесными трубопроводами. В этом случае трубы прокладываются на столбах или подвешиваются посредством системы тросов. Такой тип устройства трубопроводов стационарной системы может найти у нас применение только в небольших интенсивных хозяйствах с высокоценными насаждениями. В условиях крупного механизированого хозяйства наличие столбов и мачт явится помехой для механизации. Кроме того, крайне высокая стоимость систем с подвесными трубопроводами также не может способствовать широкому их применению.

§ 74. Эффективность дождевания

1. Влияние дождевания на структуру почвы

Интенсивность дождя должна соответствовать физическим свойствам почвы. Дождь излишне большой интенсивности разрушает почвенную структуру. Это показывает следующая таблица:

Влияние дождя различной интенсивности на макро- и микросостав почвенных агрегатов (чернозем)

Интенсивность дождя (в миллиметрах в минуту)	Процент фракции почвенных агрегатов размером (в миллиметрах)						Увеличение почвенных агрегатов диаметром до 1 мм (в процентах)
	20	20—10	10—5	5—1	1—0,5	< 0,5	
Контроль	28,88	19,92	11,70	23,89	7,70	7,91	—
0,25	18,28	22,31	14,88	26,19	9,21	9,13	2,73
0,50	—	5,21	16,59	53,08	13,27	11,85	9,51
1,00	7,08	13,08	13,38	37,02	13,28	16,16	13,83
2,00	6,72	17,12	14,65	29,46	14,61	17,44	16,44
3,00	—	15,91	11,21	33,82	13,19	25,87	23,45
Бороздной полив	—	8,58	10,30	35,41	16,38	29,33	30,10

С увеличением интенсивности дождя его разрушающее действие на структуру почвы возрастет. При одной и той же интенсивности дождя его разрушающее действие на структуру почвы возрастет с возрастанием величины капель. Сказанное может быть проиллюстрировано следующими цифрами.

Влияние капель различной величины на макро- и микросостав почвенных агрегатов (чернозем)

Интенсивность дождя (в миллиметрах в минуту)	Средний диаметр капель (в миллиметрах)	Процент фракций почвенных агрегатов размером (в миллиметрах)						Увеличение агрегатов с диаметром до 1,0 мм (в процентах)
		20	20—10	10—5	5—1	1—0,5	0,5	
Контроль	—	8,85	18,47	19,44	41,83	6,72	4,69	—
1,0	1,0	6,08	12,61	18,59	41,61	10,25	10,86	9,70
1,0	2,5	2,94	6,78	17,94	47,23	9,78	15,33	13,70
1,0	5,0	—	2,84	12,15	38,51	15,14	31,36	35,09
0,5	2,5	2,34	14,18	22,54	41,47	8,53	10,94	8,06
0,5	5,0	—	5,40	17,28	46,07	12,43	18,82	19,84
Бороздной полив	—	—	3,14	12,98	40,04	15,22	28,62	32,43

Дождь хорошего качества (по интенсивности и по величине капель) не должен вызывать образования корки после полива, сток воды по поверхности почвы в процессе полива не должен иметь места, глубина промачивания почвенного слоя должна строго отвечать требованиям культуры. Отклонение от этих требований влечет за собою снижение эффективности дождевания.

2. Изменения климата приземного слоя воздуха

Во время полива дождеванием и значительное время после полива, в климате приземного слоя воздуха происходят существенные изменения. Температура воздуха снижается и тем сильнее, чем выше она была до полива. Среднее снижение температуры выражается для жаркого дня в 6—8°Ц и больше. Влажность воздуха, как абсолютная, так и относительная, значительно возрастает и тем резче, чем ниже была влажность до полива. Среднее увеличение относительной влажности воздуха для засушливых условий выражается в 30—40% и более.

Своевременно даваемые освежительные поливы могут обеспечить нужный климат приземного слоя воздуха в полевых условиях.

Изменения климата приземного слоя воздуха оказывают существенное воздействие на гидротермический режим растений, что проявляется повышением тургора тканей листьев, увеличением содержания воды в листьях и снижением температуры листьев.

Как следствие изменения гидротермического режима растений при дождевании, рост и развитие последних улучшается, что ведет к повышению урожайности. Например, освежительные поливы пшеницы до кущения и в период кущения обеспечивают более полное развитие колоса и колосков, что является основной предпосылкой увеличения урожая. На свекле, льне и овощных культурах, табаке и др. освежительные поливы вызывают более интенсивное развитие вегетативных органов и за счет этого повышенный прирост сухой массы,

Положительное значение дождевания как приема, воздействующего на климат приземного слоя воздуха, а через него на растение, позволяет считать дождевание приемом, мелиорирующим не только почву, но и климат приземного слоя воздуха. Это последнее вооружает агротехнику новым приемом повышения урожайности.

3. Внесение удобрений с водой при дождевании

Для правильного развития растений необходимо обеспечить в почве достаточное количество соответствующих минеральных веществ и воды.

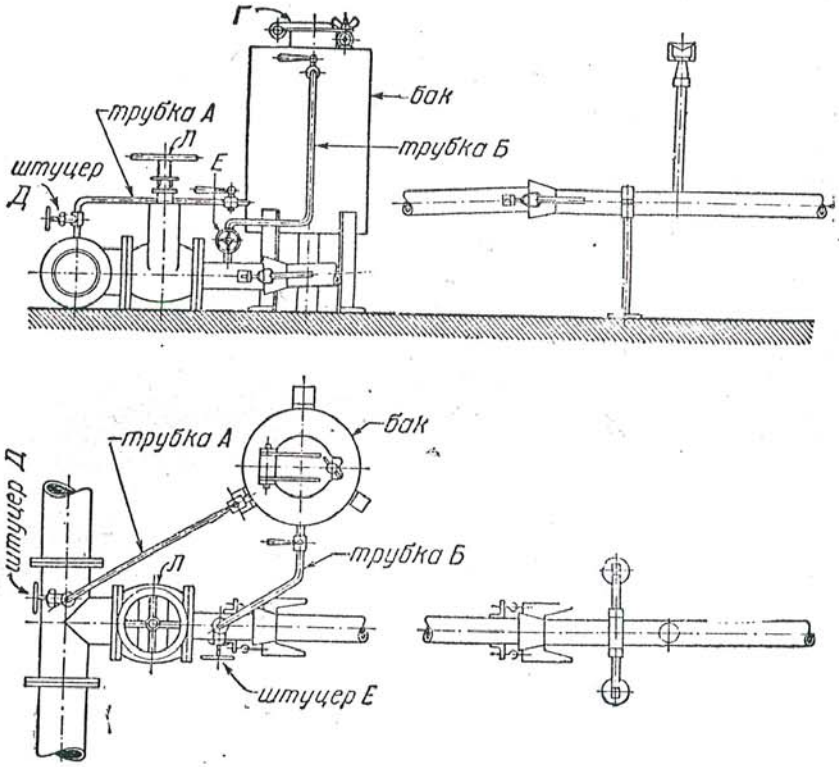


Рис. 126. Схема прибора инж. Соколова для внесения удобрений с водой при дождевании.

Недостаток того или другого повлечет за собой снижение урожайности. В последнее время это положение постоянно подтверждается практикой стахановцев, вносящих подкормки в жидком виде.

Дождевание позволяет вносить удобрение с водой в нужные сроки и в нужном количестве. С водой можно вносить как легкорастворимые туки (например, селитру, сернокислый аммоний, калийные соли), так и туки, содержащие в себе нерастворимую часть (например, суперфосфат). Особенно целесообразно вносить таким способом так называемые микроудобрения — бор, магний и пр. Помимо полезности данного спо-

соба внесения удобрений для растений, он является способом, механизирующим подкормки и повышающим производительность труда во много раз.

Самый процесс внесения удобрений с водой при дождевании сводится к следующим операциям.

Удобрения подвозятся к насосной станции, где установлен чан. Нужное количество удобрений загружается в чан, чан наполняется водой и содержимое чана размешивается, после чего через дополнительный всасывающий шланг раствор удобрений засасывается насосом, подающим воду для орошения.

В чан загружается то количество удобрений, которое необходимо внести на площадь, одновременно поливаемую дождевальной установкой (например, у КДУ площадь эта равна 1 000 м² или 1200 м², у установки ВНИИГиМ —2 500 × 2=5 000 м²). Раствор удобрений вносится на поливаемую площадь в течение первых нескольких минут, а затем полив заканчивается водой без удобрений, что позволяет смыть остатки удобрений с листовой поверхности. Впрочем оказать вредное действие на листья растений раствор удобрений не может, так как получаются очень низкие концентрации.

Помимо описанного, имеется еще один способ внесения удобрений, предложенный инженером Соколовым (рис. 126). Этот способ позволяет вводить раствор удобрений в напорный трубопровод не через насос, как это описано выше, а с помощью специального герметического бака, который может быть присоединен к напорному трубопроводу в соответствующем месте. Бак имеет две трубки — подводящую *А* и отводящую *Б*. Через крышку *Г* в бак загружаются удобрения. К специально устроенным штуцерам — первому (*Д*), расположенному перед задвижкой *Л*, присоединяется подводящая труба *А*, и ко второму (*Е*), расположенному после задвижки, — отводящая трубка *Б*. Если задвижку *Л* несколько прикрыть, то создается разность давления в трубопроводе у точек *Д* и *Е*. Если открыть краны в точках *Д* и *Е*, то вода из трубопровода через *Д* устремится в бак и, растворяя удобрения, снова поступит через *Е* в трубопровод, после чего вместе со всей водой будет вылита на поле.

Такой способ внесения удобрений удобен на системах, где имеется большая длина трубопровода от насоса до места полива.

ГЛАВА XII

ОРОСИТЕЛЬНАЯ СЕТЬ В УСЛОВИЯХ РИСОВОГО ХОЗЯЙСТВА

§ 75. Водный режим культуры риса и его значение

В настоящее время в практике рисосеяния общепринятым является режим непрерывного затопления в течение всего оросительного периода, т. е. от посева до восковой спелости. Режим прерывистых поливов или периодического затопления еще недостаточно изучен и широкого практического применения не имеет.

При режиме непрерывного затопления различают: 1) период первоначального затопления риса и 2) период поддержания слоя воды на полях. Для расчета сети в период первоначального затопления существенно важными являются два вопроса: 1) срок и продолжительность этого периода и 2) глубина слоя первоначального затопления.

В отношении срока первоначального затопления в практике рисосеяния известны три основных приема: 1) затопление непосредственно

после посева глубоким слоем; 2) затопление глубоким слоем, но с отодвиганием срока первоначального затопления на 10—20—30 дней и 3) затопление возрастающим слоем по мере роста риса (корейский способ).

С точки зрения борьбы с сорной растительностью и вообще по влиянию на урожай преимущество имеет первый прием — затопление слоем 15—20 см непосредственно после посева.

По данным Дальневосточной опытной рисовой станции, преимущество этого приема в борьбе с сорняками, иллюстрируется следующими цифрами:

Влияние срока первоначального затопления на развитие сорняка-просянки (по данным Дальневосточной опытной рисовой станции)[1]

Сроки первоначального затопления	Количество просянки на 1 м²			
	1932 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.
На 8-й день после посева	8,7	18,4	16,8	3,4
» 15-й » » »	73,3	—	33,5	—
» 20-й » » »	—	—	—	284,0
» 25-й » » »	—	195,0	176,4	—
» 45-й » » »	312,0	300,0	—	503,0

Уменьшение количества сорняков объясняется на станции тем, что слой воды препятствует прорастанию семян и выходу всходов просянки на поверхность воды.

Положительное влияние на уменьшение сорняков оказывает не только срок, но и глубина первоначального затопления.

Опыты Дальневосточной рисовой станции за 1932—1936 гг. показывают такую зависимость засоренности риса от глубины слоя первоначального затопления:

Влияние глубины слоя первоначального затопления на сорную растительность (по данным Дальневосточной опытной рисовой станции)

Затопление не позднее 8 дней после посева слоем воды в сантиметрах	Общее количество сорняков на 1 м² перед первой прополкой				То же при затоплении по мере развития риса (1932 г.)
	1932 г.	1934 г.	1935 г.	1936 г.	
0	482,0	320,9	471,3	955,0	—
5	231,9	318,9	420,0	354,0	508
10	150,9	93,2	19,5	147,1	418
15	59,7	43,0	8,6	94,2	428
20	33,0	37,2	4,6	60,0	274
30	5,0	17,2	6,2	18,0	201

Рекомендуемый станцией водный режим при надлежащей агротехнике (удобрения, чистые поля и пр.) обеспечивает высокий урожай риса, как это видно из опытов станции за 1936 г.

---

[1] А. Г. Воложенин, А. Г. Есипов, А. А. Мусатов, Г. И. Подойницин. Агротехника риса, стр. 61. Дальгиз, Хабаровск, 1938 г.

Влияние глубины и способа первоначального затопления на урожайность риса (по данным Дальневосточной опытной рисовой станции)

Глубина и способ первоначального затопления	Урожай зерна (в центнерах с 1 га)	
	с одной прополкой	без прополки
Без затопления	—	2,0
Затопление после посева, слой 5 см	41,6	36,6
То же » » » 10 »	46,8	42,6
То же » » » 15 »	49,2	48,6
То же » » » 20 »	46,1	—
Затопление по мере роста риса	33,1	10,3

Наивыгоднейший срок первоначального затопления определяет и расчетную продолжительность этого периода в 7—8 суток, т. е. весь массив должен быть затоплен не позднее 7—8 суток после посева.

Продолжительность периода первоначального затопления в 7—8 суток после посева обосновывается совокупностью условий произрастания риса и сорняков, ботанического состава преобладающей сорной растительности и их биологических свойств.

За период поддержания слоя опытными учреждениями рекомендуется глубина затопления в 10—15 см; после колошения глубину слоя можно понижать до 5 см.

В период от посева до колошения, как отмечается Дальневосточной опытной станцией, в основном заканчивается прорастание семян сорняков. Для условий Северного Кавказа, по данным экспедиции ВНИИГиМ 1931 г. и по более поздним опытным данным Центральной рисовой станции, наибольший урожай получен при глубине поддерживаемого слоя в 8—15 см. Многолетние данные американской практики определяют оптимальную глубину затопления в 10—20 см.

При режиме периодического затопления или прерывистых поливов, когда определенные периоды затопления чередуются с периодами роста культуры без поливов (например, 5—10 дней затопления и 5—10 дней без полива и т. д.), или дается определенное число поливов, рассчитанное на поддержание высокой влажности почвы (80—90% объемной влажности), также доказана возможность получения высоких урожаев риса при значительном снижении оросительной нормы (в 5—7 раз). Однако сложность борьбы с сорняками при существующей агротехнике пока тормозила внедрение в практику этих способов орошения.

Работами опытных учреждений за последние годы намечаются возможности внедрения в практику культуры риса при режиме прерывистого затопления и периодических поливов. Разработка идет по линии дифференцированных водных режимов в разные периоды развития культуры. Так, например, возможны периодические поливы в начальный период, непрерывное затопление от всходов риса до полного уничтожения всходов сорняков с дальнейшим уменьшением или увеличением слоя непрерывного затопления или прерывистое затопление в соответствии с требованиями культуры в тот или иной период ее развития.

Например, Центральная опытная рисовая станция на основании своих последних работ (агроном М. В. Бородин) рекомендует следующий водный режим:

Фазы развития риса	Глубина затопления (в сантиметрах)
Посев	3— 5
Всходы	12—15
Кущение	3— 5
От выхода в трубку до восковой спелости	12—15
Восковая спелость	0

Методика и техника расчета должны предусматривать все эти виды водного режима. Здесь излагается методика расчета для случаев непрерывного и прерывистого затопления; методика расчета для периодических поливов, общая для риса и периодически орошаемых культур, излагается в других главах справочника.

§ 76. Расчет оросительной нормы при режиме непрерывного затопления

В расчете оросительной нормы риса при непрерывном затоплении необходимо учитывать как производительные затраты воды, так и неизбежные потери.

Оросительную норму-брутто принято рассчитывать, исходя из водного баланса рисового орошаемого массива.

1. Период первоначального затопления

Составными элементами баланса за этот период являются:

Приходная часть:

W_1 — наличный запас влаги в почве в кубических метрах на гектар на глубине H_1 (в метрах);

M_1 — норма подачи воды на поля в кубических метрах на гектар;

P_1 — осадки в миллиметрах.

Расходная часть:

m_1 — норма в кубических метрах на гектар на насыщение почвогрунта на глубину H_1 до предела полной влагоемкости;

h_1 — норма в кубических метрах на гектар на создание слоя;

E_1 — потери в кубических метрах на гектар на испарение влаги затопляемым массивом;

F_1 — потери в кубических метрах на гектар на фильтрацию через периметрические валики;

S_1 — потери в кубических метрах на гектар на боковую фильтрацию (промачивание) почвы пограничной неорошаемой территории.

При коротком периоде первоначального затопления в 7—8 суток возможно в расчете пренебречь: 1) осадками P_1, так как практически, по метеорологическим данным за прошлые годы, их учесть за такой отрезок времени затруднительно; 2) потерями на испарение, так как в ранний период они составляют второстепенную величину; 3) потерями на фильтрацию в пограничные неорошаемые территории (при почвах, не обладающих выраженной боковой водопроводимостью); 4) фильтрацией через валики, если они имеют достаточные размеры, прочность и противофильтрационные качества.

Однако в практике могут быть случаи, когда горизонтальная водопроводимость почвы столь значительна, что отток в пограничные территории приобретает преобладающее значение в норме первоначального затопления. Это имело, например, место на Приазовской плавневой станции (Демин Ерик), в Черкесском рисосовхозе и др. В случаях с сильно выраженной вертикальной фильтрацией и близких грунтовых водах (1,5—3 м) в пределах расчетного периода первоначального затопления (7—8 суток) может начаться отток фильтрационных вод с наличным грунтовым потоком. Например, в Илякском рисосовхозе, где грунтовый поток проходит в галечнике на 1,5—3 м от поверхности, смыкание поверхностных вод с грунтовыми имело место уже на 2-й—3-й день и в остальные дни уже имел место отток фильтрационных вод вместе с грунтовым потоком.

Из этих примеров следует, что принятие или непринятие в расчет той или иной расходной статьи за период первоначального затопления должно решаться в зависимости от конкретных почвенно-гидрогеологических условий массива. Для случаев, аналогичных вышеупомянутым, приемы расчета потерь на фильтрацию вглубь и на боковой отток те же, что и для поддержания слоя (они излагаются ниже).

При расчете нормы на насыщение почвы на глубину H_1 существенным является определение самой глубины почвы, на которую произойдет промачивание за расчетный период первоначального затопления.

По А. Н. Костякову, норма насыщения почво-грунта на глубину H_1 и самая величина H_1 могут быть определены из следующих уравнений:

$$m_1 = 100 \cdot \sigma \cdot t_1 \qquad (1)$$

и

$$m_1 = 100 \cdot H_1 \cdot A\,(\beta_{max} - \beta_0), \qquad (1')$$

где m_1 — норма (в кубических метрах на гектар) на насыщение почво-грунта на глубину H_1;
σ — средняя скорость впитывания (в метрах) за период t_1;
t_1 — период первоначального затопления (в сутках);
A — скважность почвы (в процентах от объема почвы);
β_0 — начальная средняя влажность почвы в объемных процентах;
β_{max} — максимальное насыщение почвы на глубине H_1.

Приравнивая выражение (1) и (1'), получим выражение для H_1:

$$H_1 = \frac{\sigma \cdot t_1}{A\,(\beta_{max} - \beta_0)}. \qquad (1'')$$

Величина σ должна быть определена экспериментально.

Для предварительных приближенных расчетов могут быть использованы средние коэфициенты впитывания k, даваемые в справочниках*. При оперировании с величинами k выражение (1'') должно быть преобразовано. В самом деле, скорость впитывания выражается, как коэфициент впитывания, умноженный на гидравлический градиент:

$$\sigma = k_{cp} \cdot J_{cp}. \qquad (1''')$$

Подставляя вместо σ его выражения из (1'''), будем иметь:

$$H_1 = \frac{k_{cp} \cdot J_{cp} \cdot t_1}{A\,(\beta_{max} - \beta_0)}. \qquad (1_1'')$$

* См. «Справочник по гидротехнике и мелиорации», тт. I и II.

Но для определения гидравлического градиента J в свою очередь необходимо знание глубины промачивания H_1, ибо $J = \frac{h + H_1}{H_1}$, где h глубина слоя на поверхности затопляемой делянки, а H_1 — глубина промачивания. При изменении глубины промачивания почвы за период t_1 от 0 до H_1 средней глубиной будет $\frac{H_1}{2}$, а средняя величина гидравлического градиента получает выражение:

$$J_{cp} = \frac{h + 0{,}5\,H_1}{0{,}5\,H_1}. \qquad (1^{IV})$$

Подставляя J_{cp} из (1^{IV}) в выражение ($1_1''$), получим:

$$H_1 = \frac{k_{cp}\dfrac{h + 0{,}5\,H_1}{0{,}5\,H_1}\,t_1}{A\,(\beta_{max} - \beta_0)} = \frac{k_{cp}\,(h + 0{,}5\,H_1)\,t_1}{0{,}5\,H_1 \cdot A\,(\beta_{max} - \beta_0)}. \qquad (1_2'')$$

При h в пределах от 0,10 до 0,15 м и H_1 в пределах 2—3 м величина J близка к единице (при $h = 0{,}10$ м будем иметь. при $H_1 = 1$ м $J_1 = 1{,}10$; при $H_1 = 2$м $J_2 = 1{,}05$; при $H_1 = 3$ м $J_3 = 1{,}033$ и т. д.). Поэтому в первом приближении величину J_{cp} можно принять равной единице и тогда σ будет равна k_{cp} ; определив таким образом H_1 по (1''), по выражению (1^{IV}) определяем величину J_{cp} и, подставляя ее в ($1_1''$), уточняем величину H_1.

После определения H_1 норма на насыщение почво-грунта m_1 определится из выражения (1') или (2) при выражении влажности в весовых процентах:

$$m_1 = 100 \cdot H_1 \cdot A\,(1 - \alpha r_0), \qquad (2)$$

где A — общая скважность почвы на глубине H_1;
α — кажущийся удельный вес почвы;
r_0 — начальная влажность почвы в слое H_1 в весовых процентах.

Норма первоначального затопления определится из выражения (3):

$$M_1 = m_1 + m_2 = 100 \cdot H_1 \cdot A\,(1 - \alpha r_0) + 100h \text{ м}^3/\text{га}, \qquad (3)$$

где $m_2 = 100h$ — норма на создание слоя в кубических метрах на гектар;
h — глубина слоя в сантиметрах.

2. Период поддержания слоя

Составными элементами водного баланса за период поддержания слоя являются:

В приходной части:
M_2 — норма подачи воды на поля в кубических метрах на гектар;
P_2 — осадки (в миллиметрах).

В расходной части:
m_3 — объем воды (в кубических метрах на гектар) на насыщение почво-грунта на глубину промачивания за период поддержания слоя или на фильтрацию в грунтовые воды;
E_2 — потери на испарение в кубических метрах на гектар;
τ — потери на транспирацию в кубических м трах на гектар;
F_2 — потери на фильтрацию через периметрические валики в кубических метрах на гектар;

S_2 — потери на отток в пограничные территории в кубических метрах на гектар;

D — добавочные расходы воды (в кубических метрах на гектар) на полях, связанные с почвенно-мелиоративными, метеорологическими и агрофизиологическими условиями (освежение воды непрерывной проточностью или периодическими сбросами слоя и заменой его свежим и т. д.).

А. Фильтрация

Для определения фильтрации рисового массива вглубь и в бока за период поддержания слоя всякой проектировке должны предшествовать полевые исследования для экспериментального определения цифровых значений фильтрации. Ниже приводятся схемы расчета для различных почвенно-гидрогеологических условий в виде таких типовых случаев.

I. До орошения грунтовые воды залегают глубоко:

Iа. Строение толщи почво-грунта более или менее однородное, и ясно выраженные водоупорные прослойки отсутствуют.

Iб. Строение толщи почво-грунта неоднородное, и водоупорные прослойки имеются.

II. Грунтовые воды до орошения залегают близко:

IIа. Грунтовый поток свободный.

IIб. Грунтовый поток напорный.

Случай Iа. Продвижение воды вглубь будет происходить аналогично периоду первоначального затопления, следовательно, и прием расчета будет таким же: определяется глубина возможного промачивания почво-грунта за период поддержания слоя H_2 и объем воды на насыщение этой толщи определится по формуле (1′) или (2) (стр. 242 и 243).

Случай Iб. Дойдя до водоупорного слоя, продвижение воды вглубь приостанавливается или практически будет настолько незначительным, что им можно пренебречь. С этого момента в данном случае будет иметь место лишь растекание воды из насыщенной толщи в бока.

Определение m_3 производится по формуле (1′) или (2); величина H_2 принимается равной глубине залегания водоупорной прослойки H_b минус глубина промоченного слоя за период первоначального затопления H_1, т. е.

$$H_2 = H_b - H_1. \tag{4}$$

Случай IIа. Фильтрационные воды за период первоначального затопления t_1 сомкнутся с начальными грунтовыми водами; с этого момента будет иметь место фильтрация через насыщенную водой толщу почво-грунта по закону Дарси при постоянном коэфициенте фильтрации K_D

Указанное явление в таком виде может осуществиться лишь в том случае, если условия оттока фильтрационных вод полностью обеспечены естественной или искусственной дренированностью массива. Если этих условий нет, то величина вертикальной фильтрации будет ограничиваться размером оттока грунтовых вод при новых создавшихся условиях и расход фильтрационных вод, рассчитанных по K_D, будет преувеличенным.

Если K_D выразить в сантиметрах за сутки, то величина m_3 может быть определена из выражения (5):

$$m_3 = 100 K_D \cdot t_2 \text{ м}^3/\text{га}, \tag{5}$$

где t_2 — период поддержания слоя в сутках.

Случай IIб. При напорном начальном грунтовом потоке, движущемся под водоупорной крышей, явление вертикальной фильтрации будет аналогичным случаю Iб и может быть подсчитано по выражению (4) и (1′) или (2).

Б. Боковой отток

Отток в бока для рассмотренных случаев представляется в следующем виде.

Случаи Iа и IIа. Если почво-грунты не имеют сильно выраженной трещиноватости, то при фильтрации воды в глубокие слои почво-грунта или в грунтовые воды потери в бока будут определяться капиллярным движением и по размеру будут незначительны, так что ими в расчете можно пренебречь. При сильно выраженной горизонтальной водопроводимости насыщенной толщи почво-грунта потери в бока могут быть значительными, и их размер должен быть определен полевыми исследованиями при изысканиях.

При обычных почво-грунтах полевые исследования по водопроницаемости показывают, что при вертикальном промачивании почвы на 1 м промачивание в бока распространяется до 10—20 см, а степень насыщения почвы в зоне бокового промачивания не превышает предельной полевой влагоемкости. В этом случае потери воды на боковое промачивание

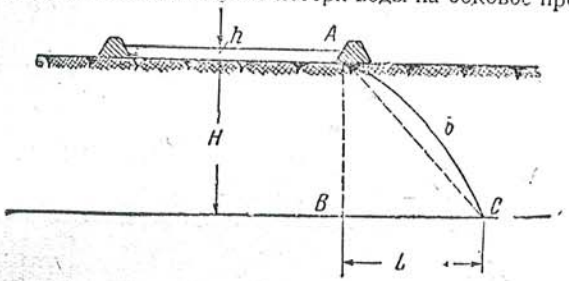


Рис. 127.

почвы могут быть подсчитаны как разность начальной и установившейся влажности в пределах контуров промачивания из выражения (6) по рис. 127, где для упрощения расчета кривая $A\ b\ C$ заменена (приближенно) прямой AC.

Величина L определяется опытным путем.

Зона промачивания будет определена площадью треугольника $ABC = {}^1/_2\ AB \cdot BC = 0{,}5\ H \cdot L$;
тогда

$$S_2 = 0{,}5\ H \cdot L \cdot 100\ A \left(\beta'_{max} - \beta'_0 \right) l_1, \tag{6}$$

где A — скважность почвы в объемных процентах;

β'_{max} — предельная влагоемкость почвы в промоченной зоне в процентах к объему;

β'_0 — начальная влажность почвы в объемных процентах;

l_1 — длина периметра массива на 1 га площади.

Случаи Iб и IIб. По достижении фильтрационных вод водоупорного горизонта отток в бока будет происходить при переменном уклоне (J) растекающегося потока (рис. 128), т. е.

$$J_1 \cong \frac{H}{L_1};\quad J_2 \cong \frac{H}{L_2};\quad J_3 \cong \frac{H}{L_3} \ldots \text{и т. д.}, \tag{6а}$$

что соответствует отрезкам времени T_1, T_2, T_3 — от момента дохождения фильтрационных вод до водоупорного слоя;

L_1, L_2, L_3 — длина распространения депрессионной линии для моментов T_1, T_2, T_3 и т. д.

Живое сечение растекающегося потока (f), отнесенное к 1 га площади будет определяться величиной H и длиной периметра рисового массива на 1 га площади l_1, т. е.:

$$f = H\frac{L}{\Omega} = Hl_1, \tag{7}$$

где L — длина периметра рисового массива;

Ω — площадь рисового массива.

Тогда для каждого отрезка времени T_n величина бокового оттока S_n на 1 га площади может быть определена из выражения (8):

$$S_n = K \cdot H\frac{L}{\Omega}\cdot\frac{H}{L_n}T_n = K\ H\cdot l_1 J_n \cdot T_n = K\frac{H^2}{L_n}l_1 T_n \tag{8}$$

где K — коэфициент фильтрации в насыщенном почво-грунте глубиной H.

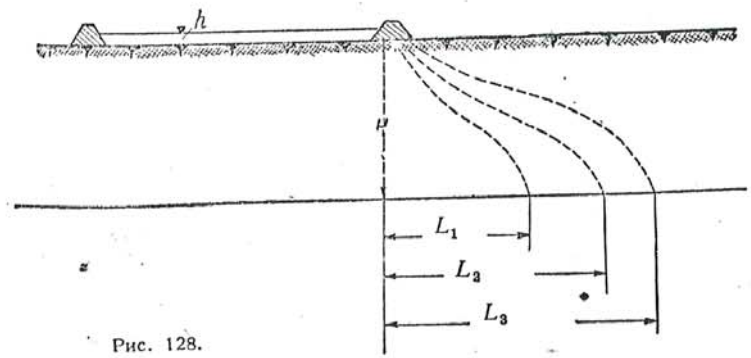


Рис. 128.

Величины L_1, L_2, L_3, и т. д. могут быть определены экспериментальным путем.

Общая величина бокового оттока S_2 за период поддержания слоя t_2 должна определяться суммированием этих величин за отдельные промежутки времени (через пятидневку, декаду), т. е.

$$S_2 = \Sigma s = s_1 + s_2 + s_3 + \ldots + s_n. \tag{9}$$

В. Потери на испарение и транспирацию

Если испарение E_2 и транспирацию τ выразить в миллиметрах за сутки, то эти два вида потерь за период поддержания слоя выразятся величиной:

$$(E_2 + \tau)\cdot 10\cdot t_2 \ \text{м}^3/\text{га}. \tag{9а}$$

Цифровые значения испарения со свободной водной поверхности и суточной транспирации риса, полученные в разных районах, приведены в следующих таблицах (см. табл. на стр. 247).

Что касается данных о транспирационном коэфициенте риса, то они крайне пестры и зависят от многих условий (главным образом климатических).

Дальневосточная рисовая станция в 1936 г. нашла, что транспирационный коэфициент риса не превышает такового для овса.

Испарение со свободной водной поверхности в районах рисосеяния (в миллиметрах за сутки)

Пункты наблюдений / Месяцы	Июнь			Июль			Август			Сентябрь			Среднее за сутки
	Декада												
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Илякский рисосовхоз, Таджикистан *	—	—	—	—	—	5,3	5,1	4,8	3,7	1,65	1,91	0,8	3,32
Самаркандская опытная рисовая станция, Зеравшан	8,92	8,0	6,54	5,41	4,07	3,19	3,31	2,41	2,78	1,84	—	—	4,65
Сантахезская опытная станция **	6,2	3,8	5,9	5,7	7,1	3,9	2,6	2,1	2,0	1,3	—	—	3,6
Черкесский рисосовхоз, Кубань ***	—	—	—	—	9,1	10,4	6,1	7,1	7,2	5,7	4,5	3,2	6,7
Каратальский рисосовхоз **** КазССР	7,5	6,8	5,7	6,8	5,2	4,0	5,2	2,7	2,2	2,0	—	—	4,8
Украинская ССР *****	6,5	3,4	6,7	6,0	6,0	6,1	5,3	5,8	4,3	3,2	—	—	5,3

* По показаниям водонепроницаемой бетонной делянки площадью 50 м².

** По вегетационным сосудам-испарителям.

*** Плоучий испаритель Любославского.

**** Одногодичные данные опытного пункта за 1929 г.

***** Среднее по наблюдениям Украинской рисовой опытной станции за 1935 г. и Вознесенского опытно-мелиоративного пункта за 1934—1935 гг. (А. Г. Гойхман, Поливной режим культуры риса в условиях УССР, рукопись).

Транспирация риса (в миллиметрах за сутки)

Пункты наблюдений / Месяцы	Июнь			Июль			Август			Сентябрь			Среднее	Год наблюдений
	Декада													
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Каратальский рисосовхоз	1,4	4,0	4,5	5,9	6,4	5,1	2,6	2,2	2,0	3,5	—	—	3,7	1929
Приморская опытная станция (Дальний Восток)	—	—	—	0,3	0,7	0,5	1,8	2,6	1,2	2,2	—	—	1,7	1928
Сантахезская (Дальний Восток)	—	—	—	0,2	0,4	0,83	1,9	2,6	1,7	2,0	—	—	1,29	1928
Самаркандская опытная рисовая станция	—	0,04	0,5	1,2	2,5	3,5	3,3	3,9	3,6	2,6	1,0	—	2,2	1925
Укр. инская ССР	0,4	—	0,3	—	0,6	1,9	2,9	4,4	4,6	3,0	—	—	1,8	1934—1935

При влажности почвы в 100% для орошаемого риса Хоккайдо транспирационный коэфициент был равен 303,2 (для сухой массы всего растения), а для овса — 372,5.

Другие авторы дают транспирационные коэфициенты для риса более высокие. Например, работавший над этим вопросом в Индии Литсер нашел, что у риса цифра эта колеблется от 800 до 1106. Бригс и Шанц, работая в Колорадо, получили средние цифры 519 в 1912 г. и 744—в 1913 г. *

Г. Потери через периметрические валики

При надлежащих размерах и строительных качествах валика, при спланированной площади эти потери могут быть сведены к минимуму. При недостаточных размерах валика и неровном естественном рельефе имеют место не только фильтрация через валики, но и значительные утечки через прорывы, понижения и т. д. Эти потери в виде «неорганизованного сброса» могут достигать весьма значительных размеров, до 30—40% от подачи, но их надо избегать.

Следовательно, вопрос о величине этих потерь и принятии или непринятии их в расчет целиком связан с качеством мелкой поливной сети (валики).

Д. Дополнительные подачи воды на поля D.

При некоторых климатических и почвенно-мелиоративных условиях массива применяется дополнительная подача воды на поля для освежения слоя в виде непрерывной проточности или периодических сбросов слоя и замены его свежим. Среди специалистов рисового дела по этому вопросу нет единого мнения. Поэтому в каждом конкретном случае необходимость и количественное выражение дополнительных подач должны обосновываться в проекте. Величина D обычно выражается в процентах от подачи.

Суммарное потребление воды рисовым полем за период поддержания слоя M_2 выразится так:

$$M_2 = m_3 + S_2 + 10\,(E_2 + \tau)\,t_2 + F_2 + D - 10P_2 \text{ м}^3/\text{га}, \qquad (10)$$

где P_2 — осадки в миллиметрах за период;
t_2 — период поддержания слоя в сутках.

§ 77. Расчет нормы при режиме прерывистого затопления

Здесь мыслимы два случая: 1) за период прекращения полива слой затопления исчезает; 2) слой затопления не исчезает, а лишь уменьшается до какой-то минимальной величины.

Первый случай. Исчезновение слоя возможно либо путем сброса воды с полей, либо путем впитывания, если длительность перерыва в затоплении достаточна для этого.

С момента исчезновения слоя начинается понижение горизонта стояния почвенной воды. Расчет нормы очередного затопления будет аналогичным таковому для первоначального затопления с подстановкой других величин H и β_o или r_o (где H — глубина понижения почвенной

* Г. Г. Гущин. Рис, стр. 160—161. СХГ, 1930 г.; Е. Г. Есипов. Водный режим культуры риса. Дальгиз, Хабаровск, 1936 г., стр. 12.

воды за период перерыва в затоплении; β_o и r_o — влажность почвы в слое перед последующим затоплением в объемных или весовых процентах).

Второй случай. Слой за период перерыва не исчезает. В этом случае норма затопления должна быть рассчитана на восстановление слоя нужной величины. Если требуемая глубина затопления равна h м, глубина слоя перед последующим затоплением равна h_1 м, то норма затопления будет равна:

$$m = (h - h_1) \cdot 10 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га}. \qquad (11)$$

По нашим наблюдениям, слой 10—15 см в Илякском рисовом совхозе исчезал через 2—2½ суток; для Черкесского рисосовхоза суммарное поглощение воды рисовым полем колебалось около 1—2 см слоя воды за сутки.

§ 78. Гидромодуль

Исчисление расчетного гидромодуля производится по общеизвестной формуле:

$$q = \frac{M}{T_1 \cdot 86{,}4} \text{ л/сек. на 1 га}, \qquad (12)$$

где M — расчетная норма затопления в кубометрах на гектар;
T_1 — период затопления массива в сутках.

Ежесуточная норма потребления воды рисовым полем за период поддержания слоя не сказывается непосредственно на расчетном сечении каналов, поскольку таковое определяется ординатой графика за период первоначального затопления. При введении севооборота с поливными сопутствующими культурами поливные и оросительные нормы и поливные периоды для них проектируются как обычные периодические поливы, а график гидромодуля должен укомплектовываться. Желательно при этом, чтобы ординаты сопутствующих культур не накладывались на максимальную ординату риса.

В таблице, даваемой в конце этой главы, приводятся фактические значения оросительных норм и гидромодуля для ряда рисовых систем (см. стр. 257).

§ 79. Расположение и конструкция сети в связи с механизацией

В отношении расчета рисовой сети необходимо отметить две особенности, отличающие ее от всех систем периодически орошаемых культур: горизонты командования и потери. Ввиду необходимости поддержания постоянного слоя затопления на полях около 15—30 см и считаясь с неблагоприятными условиями естественного неспланированного рельефа, проектировочной практикой установлено, что горизонт командования картового оросителя должен быть не менее 25—30 см.

Что же касается потерь, то для рисовых систем таковые принимаются в расчет только для холостых частей проводящей сети. Потери для регулирующей сети в расчет не принимаются, так как количественное отличие потерь полем с глубиной заполнения 15—30 см и потерь регулирующей сетью незначительно.

Непосредственными элементами орошаемого рисового поля являются:

1) карта,
2) чек,
3) валик,

1. Карта

Размер и форма карты определяются: 1) оптимальными условиями работы на ней машин, 2) требованиями культуры к нормальному водному режиму и 3) экономичностью затрат.

Ширина карты. В проектировочной практике установлено соотношение между длиной и шириной карты, как 5 : 1 или 4 : 1, что дает длину около 1 км и ширину 150—200 м.

Предел уширению карты кладется следующими двумя основными соображениями: 1) увеличением размера оросителя, что делает его неудобным в эксплоатации, и 2) затруднением в создании необходимого водного режима на карте при неблагоприятных рельефах.

На основании изучения этого вопроса можно предложить следующие размеры карты по ширине:

Характер рельефа	Допустимая ширина карты (в метрах)
Неблагоприятный	до 150
Средний	150—200
Ровный при однородном уклоне . .	250—400

Эти цифры имеют в виду одностороннее командование оросителя при культуре риса.

Введение севооборота в рисовом хозяйстве в некоторых случаях может потребовать уменьшения этих размеров. Здесь имеется в виду тот случай, когда сопутствующей культурой в севообороте является поливная культура.

Наиболее важными элементами, требующими приспособления к рису и сопутствующим культурам, будут техника полива и ширина карты.

Значительные размеры рисовой карты по ширине оказываются возможными потому, что ширина не влияет на норму затопления. Если для сопутствующих культур оставить тот же способ полива затоплением с последовательным перепуском воды из чека в чек, но уже не в виде непрерывного затопления, а в виде периодических поливов, то при ширине карты в 300—400 м мы неизбежно получим большие поливные нормы и значительную неравномерность увлажнения в первом и последнем чеках цепочки. В результате культура будет поставлена в явно невыгодные условия, что скажется на урожае. Следовательно, технику полива надо приспосабливать к периодическим поливам с оптимальными поливными нормами для сопутствующих культур. Для этого необходимо проведение внутрикартовой поливной сети (поливных канав) поперек карты.

Длина карты. Эффективность работы машин увеличивается с удлинением гона, т. е. с увеличением длины карты, хотя прямолинейной зависимости здесь нет.

Длина гона в 1—1,5 км в условиях рисового хозяйства вполне достаточна с точки зрения целесообразного использования машин.

С длиной карты связана длина оросителя (а также и площадь карты). Удлинение оросителя вызывает следующие отрицательные последствия:

1) увеличивается расход и живое сечение оросителя;

2) при неблагоприятном рельефе повышается вероятность прохождения его трассы со значительным заглублением, что понижает его командную способность, или же потребует дополнительной подсыпки дамб на всем его протяжении;

3) разрежается сеть дорог, что затрудняет транспортирование урожая по полям при недостаточной сплошь и рядом просушенности почвы. Поэтому можно принять следующие размеры карты по длине для разных рельефов.

Характер рельефа	Длина карты (оросителя)
Неблагоприятный	до 600—700 м
Средний	» 1 км
Благоприятный	» 1,5 км

Форма карты. Желательная форма карты — прямоугольная.

В условиях рисового хозяйства искривление конфигурации карты сугубо нежелательно, так как частые повороты уборочных машин, особенно комбайнов, при недостаточно просохшей почве сильно затрудняют работу машин, вызывая повреждения и частые простои. Поэтому при неблагоприятном рельефе приходится итти на уменьшение карт во избежание искривления их конфигурации.

Расположение карты (оросителя) в плане. В расположении карты (оросителя) относительно горизонталей местности возможны три варианта:

1) расположение длиной поперек горизонталей (по наибольшему уклону);

2) под углом к горизонталям;

3) по горизонталям (по наименьшему уклону).

Первый вариант — трассирование оросителя по наибольшему уклону местности. Положительные стороны: а) минимальное живое сечение оросителя, б) возможны скорости больше критических на заиление.

Отрицательные стороны: а) минимальный размер чека в направлении длинного гона карты, а значит, и гона машин, сгущенность сети поперечных валиков, что затрудняет механизацию с.-х. работ; б) при значительных планировках — образование уступов (террас), что делает проход с.-х. машин по длинным гонам затруднительным или невозможным, понижает их производительность; в) возможны размывающие скорости в оросителе, для предупреждения которых приходится затрачивать средства на перепады и быстротоки.

Недочеты значительно превышают положительные стороны, поэтому этот вариант является неудовлетворительным.

Второй вариант — трассирование оросителя под углом к горизонталям. Как предел надо рассматривать направление оросителя под углом 45% к горизонталям.

Положительные стороны — возможно соблюдение условий неразмываемости и незаиляемости русла оросителя.

Отрицательные стороны: а) примерно квадратная форма чека и невозможность разредить сеть валиков, идущих нормально гону машины; б) при значительных средних уклонах и значительных планировках — образование уступов (террас) в каждом чеке в обоих направлениях: и по длине карты и по ширине. В этом случае работа с.-х. машин и орудий становится еще более затруднительной или невозможной.

Этот вариант следует признать совершенно непригодным для условий рисовых хозяйств.

Третий вариант — направление оросителя по минимальному уклону местности. Достоинства этого варианта: а) разрежение сети поперечных валиков, что создает более благоприятные условия прохода машин;

б) при значительных планировках не приводит к образованию уступов в направлении длинного гона; в) удлиняя размер чека в направлении оросителя, можно разредить места водовыпусков из оросителя в чеки, что уменьшает капитальные затраты на арматуру и повышает прочность дамб оросителя.

Отрицательные стороны: а) минимальные скорости и возможное заиление оросителя при отсутствии отстойного сооружения; б) увеличение ширины оросителя по дну.

Для условий рисового хозяйства третий вариант является наиболее благоприятным.

2. Чек

Размер. Чем больше чек, в особенности чем больше его длина, тем реже сеть валиков, тем удобнее работа машин, тем меньше потери земельной площади. Размеры чека при неблагоприятном рельефе ограничиваются самим рельефом. Если допустимая разность в глубинах затопления вверху и внизу чека равна Δh, уклон — i, то размер чека определяется из соотношения (рис. 129).

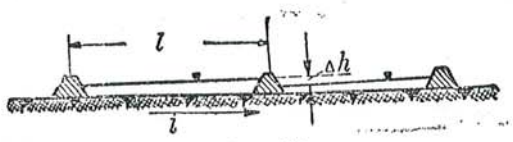


Рис. 129.

$$l = \frac{\Delta h}{i};$$

Величина Δh принимается не больше 10 см. Расстояние между продольными валиками должно быть кратным ширине захвата прицепных с.-х. орудий (сеялки и уборочные машины).

При благоприятных условиях рельефа размеры чека ограничиваются возможностью образования волны и повреждения травостоя и валиков волнобоем. По нашим наблюдениям, размер чека до 500 м в направлении наибольших ветров со скоростями до 3 м в секунду не вызывает в этом отношении опасности. При выполнении планировки размеры чека могут быть значительно увеличены. Но возрастающая кубатура планировки и затраты на перемещение земли (работа) заставляют ограничивать размер чека (около 1—2 га).

Форма чека (система чеккеровки). Практическое значение имеет не столько форма отдельного чека, поскольку он не является замкнутой территорией для работы с.-х. машин и орудий, сколько система чеккеровки рисовых полей в целом. Здесь возможны три варианта:

первый — геометрическая правильная однородная чеккеровка (все чеки равны);

второй — геометрически правильная неоднородная, когда размер чеков определяется по принципу равномерности затопления;

третий — геометрически неправильная неоднородная (трассирование валиков по горизонталям местности).

Первый вариант наиболее прост в проектировке, в трассировании и строительстве. Размер чека назначается на основании среднего уклона местности. Этот вариант является неизбежным при проектировании мельчайшей сети на недостаточно детальном плановом материале.

Его недочеты в том, что он не учитывает характера микрорельефа, поэтому на одних участках приводит к излишней густоте сети валиков, а на других — к недостаточной. В последнем случае либо создается неравномерность в затоплении больше допустимого, либо это приводит к значительному количеству дополнительных валиков, делаемых вручную

по увлажненному или затопленному полю. В результате этот вариант дает наибольшую протяженность валика на гектар площади со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Второй вариант — мельчайшая сеть трассируется с учетом микрорельефа, и расстояние между парой продольных или поперечных валиков определяется в зависимости от уклона, с сохранением постоянной для всех чеков разности в глубинах затопления вверху и внизу каждого чека, т. е. из уравнения $l = \frac{\Delta h}{i}$ (рис. 129).

Преимущества этого варианта перед первым в том, что достигается требуемая культурой равномерность затопления и все валики делаются машинным способом, что значительно дешевле.

Его трудность в том, что он требует детальной высотной съемки, чего изыскания сплошь и рядом не дают. В этом случае вызывается необходимость инструментального определения трассы валиков непосредственно в поле. По удельной протяженности валиков этот вариант занимает промежуточное положение между первым и третьим.

Третий вариант — трассирование валиков применительно к горизонталям местности. Преимущества этого варианта в том, что он дает минимальную протяженность валиков вообще и поперечных, стоящих на пути гона машин, в особенности. При направлении же оросителя по горизонталям трасса поперечных валиков настолько разрежается, что для прогона машин создаются наиболее благоприятные условия. Равномерность затопления достигается максимальная.

Но существенным недочетом этого метода, помимо необходимости иметь детальный плановый материал и усложнений в самой трассировке, является криволинейное очертание чеков, что значительно снижает эффективность работы с.-х. машин, т. е. вызывает значительное количество холостых пробегов, промежуточных поворотов и т. д.

Для крупного механизированного хозяйства наиболее приемлемым является второй вариант при условии придания поперечному валику достаточной пологости для переезда машин. Изложенное имеет в виду условия естественного непланированного рельефа.

Задача планировки заключается в придании полям такой ровности, чтобы стал возможен первый вариант. Удельные показатели для этих трех схем приведены в таблицах «Сравнительные величины удельной протяженности» и «Сравнительные величины удельных потерь».

Сравнительные величины удельной протяженности мельчайшей сети валиков в зависимости от системы чеккеровки (погонных метров на 1 га площади карты)

Система чеккеровки \ Характер рельефа	Ровный	Неровный	Примечание
1. Геометрически правильная однородная	302	1 059	Для типичных карт Черкесского рисосовхоза
2. Геометрически правильная неоднородная по признаку постоянства равномерности затопления	103	578	
3. Геометрически неправильная неоднородная (криволинейно, применительно к горизонталям)	137	460	

Сравнительные величины удельных потерь земельной площади под валиками в зависимости от системы чеккеровки (в процентах от площади карты)

Система чеккеровки \ Характер рельефа	Ровный	Неровный	Примечание
1. Геометрически правильная однородная	5	14	Для тех же карт
2. Геометрически правильная неоднородная . . .	4	10	
3. Геометрически неправильная неоднородная . .	2	8	

3. Валик

Поперечный валик в крупном механизированном рисовом хозяйстве является самой крупной помехой в работе с.-х. машин и орудий.

Вначале была общепризнана точка зрения, что поперечный валик должен быть временным, т. е. с ежегодным разрушением его перед уборкой и восстановлением перед затоплением в следующем году. В смысле затрат механического труда на эту работу не встречалось больших затруднений.

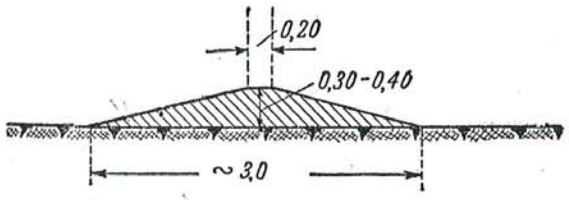


Рис. 130.

Но практика показала, что разрушение валика перед уборкой по травостою созревшего риса вызывает столько неудобств и дополнительных затрат, что временный характер поперечного валика для хозяйства стал мало приемлемым. Эти неудобства следующие: 1) необходимость прокоски риса вручную на самих валиках, если они засеяны, и на полосах около валика для прохода машин; 2) необходимость ручной сноски снопов; 3) для пуска машин после разрушения валиков необходим некоторый срок для просыхания почвы; 4) после этого срока просыхания почвы должна начаться уже самая уборка, а разрушение валиков начинает тормозить и задерживать уборку; 5) ежегодное разрушение и построение валика понижают его водоудержательные свойства.

Если поперечный валик должен быть постоянным, то его профиль должен быть приспособлен к беспрепятственному переезду через него тракторов со всеми прицепными с.-х. орудиями и транспортными тележками, для чего необходимо заложение откосов 1 : 4 (американский валик, рис. 130).

Как элементарное водоудержательное сооружение валик играет решающую роль в поддержании заданного водного режима риса. С этой точки зрения валик должен иметь достаточные размеры, прочность и противофильтрационные свойства. Практика показывает, что при неблагоприятных в данном случае почво-грунтах валик по своим размерам

должен значительно превосходить общепринятые профили продольного валика (высота от 35 —40 см до 50—60 см; ширина поверху 30—50 см, заложение откосов около двух).

§ 80. Водооборот

Рассмотрение этого вопроса исходит из того основного положения, что борьба с сорной растительностью должна осуществляться в основном системой профилактических и иных мероприятий: стопроцентная очистка семян, севообороты, весенняя и осенняя обработка почвы, провоцирование роста сорняков (с последующим их уничтожением) и истощение их биологической силы, химические средства борьбы, глубокое затопление. При тщательном проведении профилактических мероприятий ручная полка сведется к минимуму.

Поэтому в проектировке водооборота можно исходить из условия отсутствия промежуточной обработки культуры в период от посева до уборки, т. е. в пределах всего оросительного периода.

Задача, по существу, разрешается календарным согласованием очередности посева отдельных карт и включением оросителей в полив за период первоначального затопления.

Установление водооборота на распределителе (групповом) в рисовом хозяйстве вызывается необходимостью затопления данной карты в наиболее короткий срок для обеспечения равномерного прорастания семян, равномерности протекания всех последующих фаз развития, созревания и уборки.

В пределах хозяйственной целесообразности число тактов водооборота ограничивается двумя-четырьмя.

Двухтактный водооборот на распределителе имеет такие положительные стороны: а) наибольшая простота в практическом осуществлении; б) при двойном расходе по картовому оросителю живое сечение последнего не выходит за пределы размера, удобного в повседневной работе; в) легкость подбора равновеликих площадей в пределах командования распределителя при компактном расположении.

Трехтактный и четырехтактный водообороты более сложны в их практическом осуществлении, и при тройном-четверном расходе по оросителю последний получает слишком крупные размеры с расходом до 0,5 м³.

Пример 1. Площадь карты: 1 500 м × 300 м = 45 га;

$q = 3$. л/сек. на 1 га; число тактов водооборота $n = 4$,

тогда расход в голове оросителя

$$Q = 45 \times 3 \times 4 = 540 \text{ л/сек.} = 0{,}54 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Поэтому с точки зрения гидротехнической и эксплоатационной более выгодным является водооборот с наименьшим числом тактов ($n = 1$). С точки зрения агрономической выгоднее водооборот с наибольшим числом тактов, так как в этом случае затопление одной карты достигается в кратчайший срок.

Увеличение числа тактов водооборота уменьшает необходимое вооружение посевными и уборочными механизмами на единицу площади. С другой стороны, это приводит к значительному увеличению размеров картового оросителя.

Пример 2. Длина оросителя — 1 000 м, ширина карты — 200 м, площадь карты — 20 га, гидромодуль $q = 6$ л/сек., $i = 0{,}0001$; заложение откосов $m = 1{,}5$; глубина наполнения оросителя $h = 0{,}50$ м; при запасе бровок над форсированным горизонтом 10 см строительная

глубина оросителя $H = 0{,}60$ м. Для разного числа тактов водооборота n будем иметь следующие размеры картового оросителя:

Число тактов	Расход в голове (в кубометрах в секунду)	Средняя скорость (в метрах в секунду)	Ширина по дну (в метрах)	Ширина по верху (в метрах)	Примечание
1	0,076	0,13	0,30	2,10	При γ=1,30 по новой формуле Базена
2	0,120	0,14	0,90	2,70	
3	0,180	0,15	1,55	3,35	
4	0,240	0,11	2,15	3,95	

С точки зрения капитальных затрат выгодно уширение оросителя по дну, производимое за счет раздвижки дамб и не вызывающее поэтому увеличения земляных работ.

Выбор наиболее выгодного варианта должен быть произведен для каждого конкретного случая сравнительным расчетом.

§ 81. Сбросная сеть в условиях рисосовхоза

Сбросная сеть в условиях рисового хозяйства служит для следующих целей:

1. Для сброса поливных вод с полей (перед уборкой, при прерывистом затоплении и т. д.).

2. Для отвода неорганизованного сброса в пределах оросительного периода, если таковой имеет место ввиду несовершенства системы.

Этим требованиям удовлетворяет мелкая водосборная и сбросная сеть, трассируемая симметрично оросительной сети. Пропускная способность сбросной сети должна быть рассчитана на отвод неорганизованного сброса за оросительный период в пределах 30—40% от подачи. Она должна проверяться на пропуск осеннего сброса при глубине затопления полей к моменту сброса в 5—8 см. Сброс воды с карты должен быть произведен постепенно, в течение 3—5 суток. Период сброса со всего массива должен приниматься несколько укороченным по сравнению с периодом первоначального затопления, так как при благоприятных температурных условиях растения более поздних сроков сева (и затопления) догоняют в своем развитии и созревании растения более ранних сроков, и, таким образом, период сброса укорачивается. При расчете пропускной способности сбросной сети период сброса должен приниматься в пределах 0,60—0,75 от периода первоначального затопления всего массива. Необходимо здесь же отметить, что в целях экономии оросительной нормы и повышения коэфициента полезного действия системы при режиме прерывного затопления сбросная сеть в пределах оросительного периода должна быть закрыта и должна отводить лишь ту часть стока с полей, которая создала бы переполнение самой сбросной сети и подтопление пониженных территорий поля. При режиме прерывистого затопления или применении проточности работа сбросной сети должна регулироваться в соответствии с потребностью.

§ 82. Планировка полей в условиях рисового хозяйства

Необходимость планировки полей в условиях рисового хозяйства вызывается следующими основными причинами;

а) Культура риса весьма чутко реагирует на неравномерность затопления полей, значительно снижая урожай при неровном рельефе и затоплении.

Приложение 1 к главе XII

Фактические гидромодуль, нормы затопления риса (брутто), коэфициент полезного действия систем

Рисосовхоз (колхоз)	Район	Коэфициент полезного действия	Год наблюдений	Год действия систем	Гидромодуль-брутто (секундолитров на 1 га)		Оросительная норма в среднем (в кубических метрах на 1 га)	Длина оросительного периода (в сутках)	Характеристика почво-грунта
					Средний за оросительный период				
Илякский	Таджикская ССР, Сталинабадский район	(Июль—октябрь) 0,60 (За август—октябрь) 0,82	1930	1	(За июль—октябрь) 7,3 (За август—октябрь) 6,3			130	Аллювиальные, на песчано-галечниковом основании, залегающем на глубине 1,5—3 м от поверхности; мягкая толща — супеси, суглинки и глины
Колхозная, неинженерная система	Самаркандская область, Зеравшанская долина	0,5	1927	—	11,78		107 000	104	
Сантахеза (левобережн.)	Приморская область	0,49	1928	—	2,80		18 542	94	Глины, суглинки, пепельносерого цвета, временная избыточная увлажненность; залегание галечника на глубине 2—3 м от поверхности
Черкесский	Краснодарская область	0,70	1931	1	(Правая ветвь) 1,20 (Левая ветвь) 1,60		10 300	95	Тяжелые суглинки, глины Мате ринская порода — глины
Каратальское опытное поле (площадью 8,7 га)	Казахская ССР	—	1930	1	7,42		8 294	60	Плавнево-луговые, плавнево-болотные, черноземовидные с признаками заболачивания и без таковых; по механическому составу — суглинки, глины. Материнская порода — глины
							60 895	95	Пылевато-песчаные почвы, древней террасы на древнеаллювиальных песчано-галечниковых отложениях. Грунтовые воды приурочены к пескам на глубине около 4 м от поверхности

Приложение 2 к главе XII

Удельные показатели по сети рисосовхозов

Каналы	Оросительная сеть										По скольким совхозам взяты данные
	Длина сети (в метрах на 1 га)			Количество земляных работ (в кубических метрах на 1 га)			Количество земляных работ (в кубических метрах на 1 км)				
	от	до	среднее	от	до	среднее	от	до	среднее		
1. Магистральный канал	2,4	6,78	3,97	36,7	136,1	95,14	15 222,1	127 029,1	52 865,35		6
2. Распределители	5,6	27,20	14,02	36,27	255,3	100,87	3 436,8	25 491,4	12 136,8		
3. Оросители	32,1	56,4	41,31	56,20	189,0	86,49	1 328,5	2 149,2	1 739,8		7
Всего	41,1	90,38	59,30	129,17	580,4	282,50	19 987,4	154 669,7	66 741,95		
4. Валики	200,0	723,00	406,70	100,0	332,6	180,2	468,0	540,0	504,0		4
5. Планировка	—	—	—	200,0	728,3	376,1	—	—	—		3
Итого	241,1	813,38	465,00	429,17	1 641,3	838,8	20 455,4	155 209,7	67 245,95		
Сбросная сеть											
6. Главный коллектор	1,67	7,63	4,37	22,18	117,30	63,52	4 651,7	77 275,2	32 547,0		4
7. Коллекторы I—IV порядка	2,10	16,00	9,77	15,13	100,27	49,18	1 950,2	22 707,9	10 806,4		7
8. Сбросная сеть (мелкая)	18,10	60,78	38,96	14,2	160,00	48,08	340,0	1 745,0	951,7		7
Всего	21,87	84,41	53,10	51,51	577,78	160,78	6 941,9	101 728,1	44 305,1		
Итого оросительная сеть	62,97	174,79	112,40	190,78	957,97	443,28	26 929,3	856 397,8	111 047,05		
Сбросная сеть без валиков	21,87	84,41	53,10	51,51	577,78	160,78	6 941,9	101 728,1	44 305,1		
То же с валиками	262,97	897,79	519,10	480,68	2018,87	999,68	27 397,3	256 937,8	111 551,05		

Примечание. Данные взяты по проектам совхозов: 1) Илякскому, площадью в 750 га, 2) Черкесскому, площадью в 1 673 га, 3) Ивановскому, площадью в 13 462,1 га, 4) Петровско-Анастасиевскому, площадью в 17 750 га, 5) Адыгейскому, площадью в 3 000 га, 6) Уч-Тюбинскому, I участок, 10 384 га, 7) Уч-Тюбинскому, II участок, 864,15 га, 8) Чарынскому, площадью в 9 435,75 га.

Так, например, по наблюдениям в Черкесском рисосовхозе, урожай при оптимальном и равномерном затоплении был равен 26—30 ц на 1 га, а при неравномерном затоплении снижался до 1—4 ц.

б) Слабо затопляемые и незатопляемые территории являются очагами злостных сорняков.

в) Планировка полей позволяет увеличить размер чека, карты, разредить сеть мельчайшей сети валиков, что улучшает условия работы с.-х. машин и орудий, повышает их производительность, понижает процент потерь земельной площади под валиками.

Вследствие этого планировка рисовых полей должна составлять неотъемлемую часть ирригационного проекта. При проектировании планировки необходимо исходить из следующих положений:

1. Планировка должна рассматриваться и как единовременное капитальное мероприятие и как длительное, эксплоатационное.

2. Если в рисовом севообороте имеются периодически орошаемые культуры, поливаемые иными способами, чем рис, например, напуском по полосам или по бороздам, то при проектировании планировки это обстоятельство должно учитываться и возможности применения этой техники полива должны обеспечиваться.

3. При планировке разность отметок двух смежных чеков в направлении гона с.-х. машин должна быть равна нулю.

4. Требуя значительных капитальных затрат, планировка полей в условиях рисосовхоза будет хозяйственно оправдана лишь тогда, когда она будет сочетаема с повышением водоудерживающей способности мельчайшей сети валиков.

Без этого планировка может привести к относительной равномерности затопления в пределах каждого отдельно взятого чека, но ни в какой мере не исключит затопления одних целых чеков (пониженных) излишне глубоким слоем, в то время как другие чеки (повышенные) останутся незатопленными или слабо затопленными благодаря фильтрационной утечке из них воды в пониженные точки. Последнее обстоятельство сведет к нулю значение планировки с точки зрения урожайности.

Как показывают некоторые укрупненные измерители по оросительной, сбросной сети и планировке (см. табл. на стр. 258), заимствованные из проектных материалов, объем планировки колеблется в пределах от 200 до 728 м³ на 1 га.

ГЛАВА XIII

ПЛАНИРОВКА ОРОШАЕМЫХ ПЛОЩАДЕЙ

§ 83. Общая часть

Основной рельеф местности может быть выражен на плане масштаба 1 : 10 000, 1 : 5 000 горизонталями через 1,0 или 0,5 м.

Съемка основного рельефа имеет значение для планировки под полив затоплением. Микрорельеф (извилины склона, местные бугорки, западины и пр.) выражается на плане масштаба 1 : 2 500 до 1 : 1 000 горизонталями через 0,25 —0,1 м; определяет собою характер и объем всех видов планировочных работ.

Изрезанные, неспокойные по рельефу и микрорельефу площади представляют большие затруднения в эксплоатации и поэтому при использовании их под самотечный полив, как правило, требуют проведения планировочных работ. Планировка орошаемых площадей является работой строительного порядка и состоит в уничтожении неровностей рельефа и микрорельефа, препятствующих равномерному поливу.

В результате планировки:

1) уменьшается объем работ по сети за счет снижения горизонтов командования;

2) предупреждаются посушки и вымочки культур, связанные с неровностями рельефа и микрорельефа;

3) уменьшаются поливные и оросительные нормы;

4) при рациональной эксплоатации спланированных площадей обеспечивается проведение предупредительных мероприятий против засоления и облегчается борьба с засолением путем организации промывок;

5) увеличивается коэфициент земельного использования орошаемого массива за счет уничтожения резервов и сокращения удельной длины поливной сети;

6) уменьшаются потери зерна при уборке в связи с более равномерным созреванием культур;

7) улучшаются условия механизированной обработки полей и др.

Отправными положениями при проектировании планировочных работ являются требования техники полива к поверхности орошаемых площадей и агротехнические условия планировки.

В зависимости от принятого способа полива проектирование планировки может быть проведено:

1) под полив затоплением (рис),

2) под полив напуском по полосам,

3) под полив по бороздам.

При составлении технического проекта планировки детальная съемка и проектирование планировочных работ могут быть произведены на нескольких типовых для данной площади участках.

Классификация орошаемой площади по рельефу и микрорельефу, а также выбор типовых участков по планировке под полив затоплением (под горизонтальную поверхность) могут быть произведены по методике, предложенной инж. Одинцовым. Рельеф по этой методике оценивается числовым коэфициентом, называемым «характеристикой рельефа». Для получения «характеристики рельефа» на плане с горизонталями наносится сетка квадратов. Для масштабов съемки 1 : 2 000 и 1 : 5 000 сторона квадрата принимается равной 50 м. Сетка накладывается так, чтобы одна сторона квадрата совпадала с направлением оросителя. После накладки определяется сумма пересечения горизонталей со всеми параллельными оросителю линиями сетки.

Полученная сумма делится на площадь участка. Таким же образом подсчитывается и число пересечений горизонталей с линией сетки, идущей перпендикулярно оросителю, которое также относится к 1 га площади.

Умножением числа горизонталей первого подсчета на число горизонталей второго подсчета получаем число, определяющее собою так называемую «характеристику рельефа». После группировки всей площади, снятой в масштабе 1 : 5000, по данным «характеристики рельефа» (например, при характеристике рельефа до 15, от 15 до 25, от 25 до 35, от 35 до 45 и т. д.), в пределах каждой группы выбирается типовой участок, который следует заснять в масштабе 1 : 2 000 или 1 : 1 000.

Методика упрощенной классификации площадей по рельефу и микрорельефу для планировочных работ под полив напуском по полосам и под полив по бороздам в настоящее время разработана недостаточно.

Объем планировочных работ под полив напуском по полосам и под полив по бороздам в значительной степени зависит от наличия обратных направлению полива уклонов протяженностью до 100 м, от извилистости горизонталей, а для полива напуском по полосам также и от неоднородности поперечных (относительно направления полива) уклонов. Для бороздового полива поперечный уклон актуального значения не имеет.

Классификация площадей, предназначенных под полив движущейся струей, производится на плане масштаба 1 : 5 000 или 1 : 10 000. В пределах каждой выделенной по характеру рельефа группы на основании просмотра площадей в натуре намечаются типовые участки, которые заснимаются в масштабе 1 : 1 000 или 1 : 2 000.

На плане детально снятых типовых участков производится проектирование планировочных работ, и полученные в результате проектировки показатели распространяются на всю площадь. Указанный метод получения укрупненных показателей по планировке площадей под полив затоплением и под полив движущейся струей не избавляет от необходимости составления рабочего проекта планировочных работ применительно к каждому чеку, к каждой предназначенной к планировке карте. Непосредственное проектирование планировочных работ производится на плане масштаба 1 : 1 000 или 1 . 2 000 с горизонталями через 0,1—0,2 м.

При проектировании производятся следующие работы:

1) исследуется рельеф и микрорельеф площадей данной ирригационной системы для выделения площадей, требующих планировки;

2) проектируется поверхность на этих выделенных площадях;

3) определяются кубатуры срезок и насыпей почво-грунта и устанавливается баланс между ними в увязке с кубатурами, требующимися для постройки картовой сети или для заравнивания резервов каналов;

4) выделяются единицы планировки и определяется средняя дальность возки грунта;

5) устанавливается комплект машин, необходимый для производства работ;

6) определяется стоимость работ;

7) разрабатываются мероприятия по рациональной эксплоатации спланированных полей.

§ 84. Масштаб и техника съемки под планировочные работы

Предварительно намеченные под планировочные работы по плану в масштабе 1 : 5 000 или 1 . 10 000 площади заснимаются, в зависимости от сложности микрорельефа, в масштабе 1 : 1 000 (площади с резко выраженным и сложным микрорельефом) или в масштабе 1 : 2 000 (площади с менее выраженным и менее сложным микрорельефом).

Детальная съемка площадей под планировочные работы может быть проведена упрощенно в следующей последовательности.

По обеим сторонам карты (участка) вдоль оросителей разбиваются прямые линии, причем для карты с параллельно расположенными оросителями эти линии закрепляются пикетами через каждые 50—60 м и занумерованными сторожками через каждые 10 или 20 м.

Для карты же с косо расположенными оросителями основные нивелировочные ходы вдоль оросителей закрепляются пикетами и сторожками, расстояние между которыми определяется с учетом угла наклона этих линий к направлению полива. Нумерация сторожков, закрепляющих створы, перпендикулярные направлению полива, принимается одинаковой для обеих линий.

В целях сохранности основных линий с пикетами во время производства планировочных работ их следует протрассировать по откосам оросителей или же по центру самих каналов.

Нивелировка площадей карт должна начинаться с замкнутого нивелировочного хода, в результате которого отметки всех пикетов основных линий должны быть тщательно увязаны между собой.

Увязанные между собою пикеты основных линий, разбитые через 50—60 м, служат для привязки во время нивелировки площадей карт.

Нивелировка площади карты проводится по створам одноименных сторожков, причем внутри карты пикетаж не разбивается.

Одновременно со съемкой площади заснимаются через каждые 50—60 м и поперечники резервов. Рейка переставляется на расстояния, отмеряемые непосредственно во время нивелировки мерной лентой. Вместо ленты может быть использован специально размеченный шнур (или веревка), который во время нивелировки натягивается по створу и по мере необходимости переносится с одного створа на другой.

С одной стоянки инструмента (инструмент устанавливается примерно в центре нивелируемой площадки) нивелировщик имеет возможность заснять площадь, ограниченную дальностью визирования нивелира, — 75—125 м.

Нивелировку целесообразно проводить таким образом, чтобы отметки, полученные в результате съемки, могли быть непосредственно использованы при проектировании планировочных работ на плане.

Для этого нивелировочная сетка в натуре должна соответствовать сетке, которая разбивается на плане для проектирования, т. е. первая и последняя продольные линии сетки должны отстоять от границ участка (карты) на расстоянии, равном половине стороны принятого при съемке квадрата.

На основании проведенной съемки и план участка составляется в масштабе 1 : 1 000 или 1 : 2 000 с горизонталями через 0,1 или 0,2 м.

§ 85. Основные агротехнические условия планировки

При проектировании планировочных работ проектировщик должен учесть, что глубокие срезки почвы ведут не только к увеличению кубатуры и удорожанию стоимости работ, но также могут в значительной степени снизить урожай культур на этих местах.

Вопрос об установлении предельно допустимых глубин срезок почвы при планировке должен решаться в каждом конкретном случае особо на основании соответствующих исследований с учетом почвенных условий, культур севооборота, рельефа местности и экономической целесообразности.

Ориентировочно можно принять, что при планировке под полив напуском по полосам или под полив по бороздам глубины срезок почвы не должны превышать 10—15 см, а при планировке под полив затоплением — 15—20 см.

В отдельных местах планируемого участка, с наиболее неспокойным микрорельефом, могут быть допущены, как исключение, более глубокие срезки, но в общем не свыше 3—5% от планируемой площади.

Производство планировочных работ не должно проводиться по сильно влажной почве (например для темнокаштановых почв при влажности больше 18—20% от абсолютно-сухой почвы), так как это приводит к сильному уплотнению почвы, особенно в местах насыпей. На спланированных полях должны проводиться агротехнические мероприятия (удобрение и проч.), о чем см. § 91.

§ 86. Планировка под полив затоплением

Горизонтальная планировка площади под полив затоплением состоит в превращении отдельных площадок (чеков) в горизонтальные поверхности. Горизонтальная планировка проводится главным образом под

культуру риса и в отдельных случаях осуществляется под другие культуры на сильно засоленных площадях, требующих промывок.

Проектирование планировочных работ должно быть тесно увязано с проектированием оросительной и сбросной сети. Подсчет объема планировочных работ производится в пределах каждой планируемой площадки самостоятельно, причем самый подсчет может быть произведен двумя способами:

1) по горизонталям и 2) по отметкам (по точкам).

Основным правилом при подсчете кубатуры как по горизонталям, так и по точкам является соблюдение баланса работ, т. е. равенства объемов срезки и насыпи почво-грунта в пределах планируемой площадки.

1. Подсчет кубатуры планировочных работ по горизонталям

Порядок подсчета кубатуры по горизонталям принимается следующий.

Сначала для нахождения проектной отметки (отметки спланированной площади) последовательным планиметрированием площадей, ограниченных одноименными горизонталями, определяется так называемый основной объем U, т. е. весь объем почво-грунта, находящийся выше нулевой горизонтальной плоскости. Нулевая плоскость должна проходить или через самую низкую отметку чека, или же ниже ее. Планиметрирование начинается с площадей, оконтуренных горизонталями максимальных по величине отметок. Так, если мы имеем площадку, представленную на рис. 131, то для определения ее основного объема планиметром определяют следующие площади, отграниченные горизонталями и границами данной площадки:

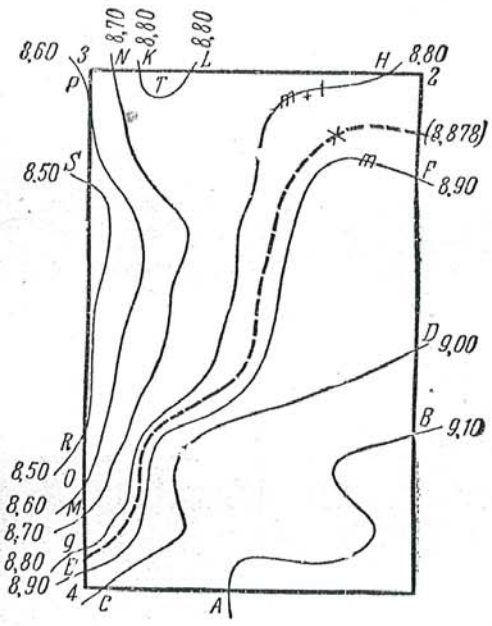


Рис. 131.

1) $A-B-1-A$	$=\omega_1=$	582 м²
2) $C-D-1-C$	$=\omega_2=$	2 080 »
3) $E-F-1-4-E$	$=\omega_3=$	3 692 »
4) $g-H-2-1-4-g+KTL$	$=\omega_4=$	5 104 »
5) $M-N-2-1-4-M$	$=\omega_5=$	6 487 »
6) $O-P-3-2-1-4-O$	$=\omega_6=$	7 126 »
7) $R-S-3-2-1-4-R$	$=\omega_7=$	7 584 »
8) 1—2—3—4	$=\Omega=$	7 600 »

Основной объем почво-грунта, лежащий выше отметки 8,4 (R, рис. 132), получаем равным:

$$U=0{,}1\cdot[0{,}75\,(\omega_1+\omega_7+\Omega)+\omega_2+\omega_3+\omega_4+\omega_5+\omega_6]=3\,631{,}3\ \text{м}^3;$$

В общем виде:

$$U = h\,[0{,}75\,(\omega_1 + \omega_n + \Omega) + \omega_2 + \omega_3 + \ldots \omega_{n-1}]\ \text{м}^3. \qquad (1)$$

где h — разность отметок соседних горизонталей;
n — число горизонталей на чеке.

Проектную отметку R_0 определяем как

$$R_0 = R + \frac{U}{\Omega}\ \text{м}, \qquad (2)$$

где R — отметка нулевой плоскости.

В нашем примере $R_0 = 8{,}4 + 0{,}478 = 8{,}878$ м.

Объем срезки, т. е. объем, лежащий выше проектной плоскости, определяется по аналогии с предыдущим определением U как:

$$W_{ср} = h\,(0{,}75\omega_1 + \omega_2 + \omega_3 + \ldots\ldots \omega_{m-1} + 0{,}5\omega_m) + W_{доп}, \qquad (3)$$

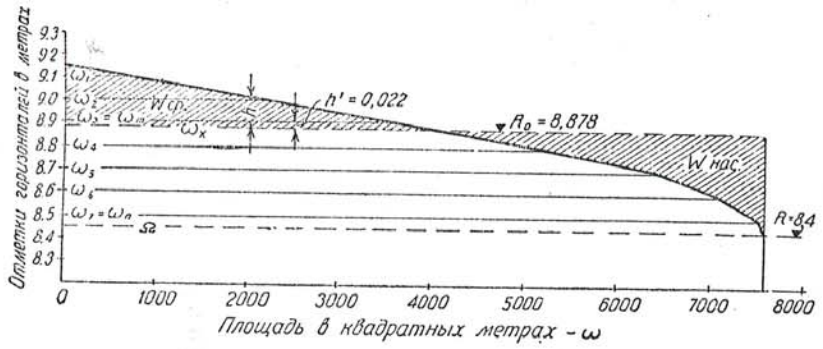


Рис. 132.

где $W_{доп}$ — дополнительный объем, имеющий высоту h', равняется:

$$W_{доп} = \frac{\omega_m + \omega_x}{2} h'.$$

Здесь: ω_x — площадь, отграниченная проектной горизонталью и границами чека в повышенной его части; h' — разница в отметках между горизонталью m и проектной отметкой (см. рис. 131 и 132).

Объем насыпи:

$$W_{нас} = \Omega\,(R_0 - R) - (U - W_{ср}). \qquad (4)$$

Равенство объемов $W_{ср}$ и $W_{нас}$ явится проверкой правильности всех произведенных вычислений.

Практически разница между $W_{ср}$ и $W_{нас}$ допускается до 10%. Кубатура планировочных работ в этом случае принимается как:

$$W = \frac{W_{ср} + W_{нас}}{2}. \qquad (5)$$

Для нашего примера:

$$W_{ср} = 0{,}1\,(0{,}75 \cdot 582 + 2\,080 + 0{,}5 \cdot 3\,692) + W_{доп};$$

$$W_{доп} = \frac{3\,692 + 4\,003}{2} \cdot 0{,}022 = 84{,}6\ \text{м}^3,$$

$$W_{ср} = 520{,}8\ \text{м}^3;$$

$$W_{нас} = 7\,600\,(8{,}878 - 8{,}40) - (3631{,}3 - 520{,}8) = 522{,}3\ \text{м}^3.$$

Разница между $W_{ср}$ и $W_{нас}$, равная 1,5 м³, не превышает 10%, что является вполне приемлемым. Кубатуру планировочных работ определяем как:

$$W = \frac{520{,}8 + 522{,}3}{2} = 521{,}55\ \text{м}^3$$

2. Подсчет кубатуры планировочных работ по точкам

Способ подсчета кубатуры планировочных работ по точкам под полив затоплением, в зависимости от густоты и равномерности распределения отметок, может дать весьма точные результаты.

Исходным материалом проектирования служит план участка масштаба 1 : 1 000 или 1 : 2 000 с горизонталями через 0,1 или 0,2 м, разбитый на чеки.

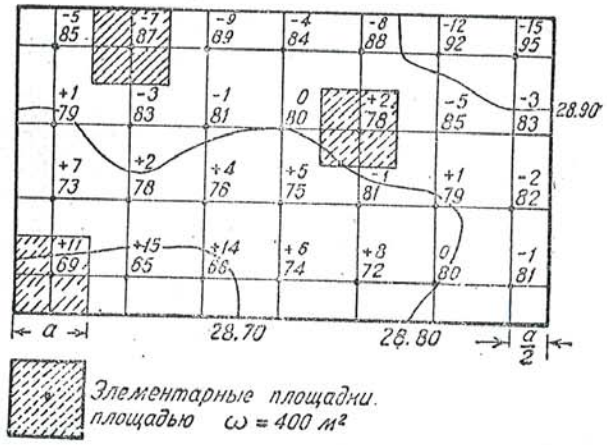


Рис. 133.

Подсчет кубатуры планировочных работ проводится в пределах планируемого чека. Для определения отметки проектной плоскости и кубатуры планировочных работ чек разбивается на плане прямоугольной сеткой с таким расчетом, чтобы точки пересечения линий сетки являлись центрами равновеликих по площади квадратов (ω), т. е. практически крайние линии сетки должны располагаться от границ чека на расстоянии, равном $\frac{a}{2}$, где a — сторона принятого элементарного квадрата (см. рис. 133).

Вполне приемлемую точность в подсчете кубатуры планировочных работ обеспечивает сетка квадратов со стороною 10 м (для плана в мас-

штабе 1:1 000) или со стороною 20 м (для плана в масштабе 1 : 2 000). В точках пересечения линий сетки интерполяцией между существующими горизонталями проставляются отметки местности.

Отметка проектной плоскости каждого чека определяется из отношения:

$$R_0 = \frac{\Sigma H}{N}, \qquad (6)$$

где ΣH — сумма отметок на площади;

N — число точек (отметок) на планируемой площади.

При расположении точек так, как это показано на рис. 134, отметка проектной плоскости вычисляется по формуле:

$$R_0 = \frac{\frac{\Sigma a}{4} + \frac{\Sigma b}{2} + \Sigma c}{n} \qquad (7)$$

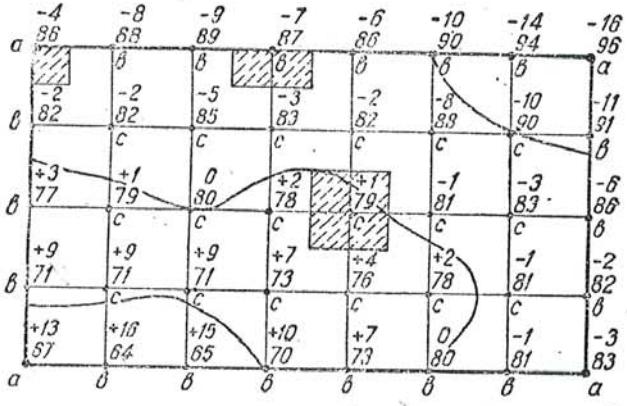


Рис. 134.

где Σa — сумма отметок угловых точек чека;

Σb — сумма отметок точек по границам чека, за исключением угловых точек;

Σc — сумма отметок всех остальных точек;

n — число элементарных площадок площадью ω.

В том случае, когда один чек отделяется от других пологими валиками постоянного типа, необходимо учитывать соответствующее понижение проектной плоскости чеков. Понижение проектной плоскости предусматривается также и в том случае, когда картовые оросители и внутрикартовые дороги насыпаются одновременно и в увязке с планировочными работами.

Понижение проектной плоскости чека определяется из отношения:

$$K = \frac{v}{\Omega},$$

где v — объем в кубических метрах дополнительной насыпи (валиков, подушек под оросители, резервов и т. д.), который должен быть выполнен за счет планировки данной площади;

Ω — площадь чека в квадратных метрах.

В соответствии с запроектированными размерами валиков, дорог, насыпной части картовых оросителей или (при наличии уже построенной оросительной сети) величины подлежащих засыпке резервов —предусматривается увеличение кубатуры планировочных работ, величина которого включается в общий баланс работ на площади.

После установления проектной отметки вычисляются величины необходимых при планировке срезок и насыпей относительно каждой имеющейся на плане отметки путем вычитания из проектной отметки отметок местности. Полученные величины срезок и насыпей проставляются над соответствующими отметками местности со знаком плюс (насыпь) или со знаком минус (срезка).

Кубатура срезок и насыпей почво-грунта при расположении отметок, представленном на рис. 133, определяется как

$$W_{ср} = \Sigma h_{ср} \cdot \omega; \qquad (8)$$

$$W_{нас} = \Sigma h_{нас} \cdot \omega, \qquad (9)$$

где $\Sigma h_{ср}$ — сумма величин срезок на планируемой площади в метрах;

$\Sigma h_{нас}$ — сумма величин насыпей в метрах;

ω — площадь элементарного квадрата в квадратных метрах.

Если вычисленная с точностью до 0,1 см проектная отметка равняется не целому числу сантиметров, а какому-то дробному (например $R_0 =$ = 80,4 см) и при подсчетах величин срезок и насыпей за проектную отметку принято целое число (например 80,0 см), то для проверки правильности вычислений необходимо еще определить дополнительный объем $W_{доп}$.

$$W_{доп} = (R_0 - R_1) \cdot \Omega, \qquad (10)$$

где Ω — площадь чека в квадратных метрах.

Выражение $R_0 - R_1$ представляет разницу в метрах между вычисленной проектной отметкой и принятой при вычислении величин срезок и насыпей.

Равенство между вычисленной величиной $W_{доп}$ и разницей кубатур срезок и насыпей указывает на правильность произведенных вычислений.

Кубатура планировочных работ определяется как

$$W = \frac{W_{ср} + W_{нас}}{2}. \qquad (11)$$

При расположении отметок по схеме, представленной на рис. 134, подсчет кубатуры планировочных работ усложняется. В этом случае сумма величин срезок $\Sigma h_{ср}$ и величин насыпей $\Sigma h_{нас}$ вычисляется по формуле:

$$\Sigma h_{ср} = \frac{\Sigma a_1}{4} + \frac{\Sigma b_1}{2} + \Sigma c_1;$$

$$\Sigma h_{нас} = \frac{\Sigma a_2}{4} + \frac{\Sigma b_2}{2} + \Sigma c_2, \qquad (12)$$

где Σa_1 — сумма глубин срезок и Σa_2 — сумма величин насыпей угловых точек площадки;

Σb_1 и Σb_2 — тоже точек по рамке площадки, за исключением угловых точек;

Σc_1 и Σc_2 — тоже всех остальных точек.

Последующие подсчеты кубатуры проводятся по вышеприведенным формулам (8, 9, 10, 11).

Приведем примеры подсчета кубатуры планировочных работ по точкам для обеих схем расположения отметок на чеке.

Схема № 1 (см. рис. 133).

Определяем проектную отметку R_0 по формуле (6):

$$R_0 = \frac{2\,240}{28} = 80{,}0 \text{ см}.$$

Величины срезок и насыпей почвы в сантиметрах определяем вычитанием из отметки 80,0 отметок чека и с соответствующими знаками проставляем над отметками чека.

Подсчитываем сумму величин срезок и насыпей и определяем кубатуры срезок и насыпей по формулам (8) и (9):

$$W_{ср} = 0{,}76 \cdot 400 = 304 \text{ м}^3;$$
$$W_{нас} = 0{,}76 \cdot 400 = 304 \text{ м}^3.$$

Так как проектная отметка чека получилась равной круглой цифре 80,0 см, разница между кубатурой срезки и насыпи получилась равной нулю, то и определения $W_{доп}$ в нашем случае не потребовалось.

Кубатуру планировочных работ получаем равной

$$W = 304 \text{ м}^3.$$

Схема № 2 (см. рис. 134).

Определяем проектную отметку чека по формуле (7):

$$R_0 = \frac{2\,250}{28} = 80{,}4 \text{ см}.$$

Для вычисления величин срезок и насыпей почвы проектную отметку $R_0 = 80{,}4$ округляем до целых величин и принимаем равной $R_1 = 80{,}0$ см (понижаем для удобства подсчетов на величину 0,004 м). Выписываем над отметками чека величины срезок и насыпей в сантиметрах и подсчитываем их суммы по формуле (12).

$$\Sigma h_{ср} = 79 \text{ см};$$
$$\Sigma h_{нас} = 68 \text{ см}.$$

Кубатура срезок и насыпей определяется так же, как и в предыдущем примере, по формуле (8) и (9).

$$W_{ср} = 0{,}79 \cdot 400 = 316 \text{ м}^3;$$
$$W_{нас} = 0{,}68 \cdot 400 = 272 \text{ м}^3.$$

Объем $W_{доп} = 0{,}004 \cdot 11200 = 45 \text{ м}^3$ [по формуле (10)] равняется разнице между кубатурами срезок и насыпей (316—272=44), что указывает на правильность произведенных вычислений.

Объем планировочных работ получаем равным

$$W = 294 \text{ м}^3.$$

***

Объемы планировочных работ, имеющих целью создать горизонтальную поверхность, колеблются в зависимости от характера рельефа и микрорельефа в больших пределах (в среднем 300—400 м³ на 1 га).

На удельную (т. е. отнесенную на 1 га площади) стоимость производства планировочных работ влияет не только кубатура, но также и дальность возки грунта. Дальность возки определяется, как расстояние между центрами тяжести объемов срезки и объемов насыпи почвогрунта. Для чека, горизонтали которого расположены параллельно друг другу и поперечный профиль представляет треугольник (см. рис. 135), определение дальности возки (l_0) сводится к нахождению центров для площадей треугольников срезки и насыпи.

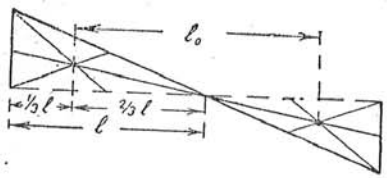


Рис. 135.

В этом случае дальность возки может быть определена непосредственно по плану чека с горизонталями: центр тяжести объема срезки намечается на расстоянии, равном одной трети от общей поперечной протяженности срезки (считая от границы участка с повышенной его стороны до границы срезок).

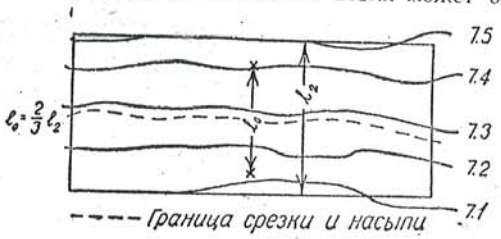


Рис. 136.

Аналогично этому определяется и центр тяжести объема насыпи. Расстояние между центрами тяжести объемов срезки и насыпи и определяет собою среднюю дальность возки грунта (l_0) для данной площадки (см. рис. 136).

§ 87. Планировка под полив напуском по полосам и под полив по бороздам

Проектирование планировочных работ под полив напуском по полосам и под полив по бороздам должно проводиться в соответствии с требованиями к поверхности орошаемого поля, которые предъявляет запроектированная для данного орошаемого массива техника полива, а также с учетом агротехнических условий.

1. Технические условия и требования полива напуском по полосам

Основные размеры элементов техники полива напуском по полосам, на которые следует ориентироваться при проектировании планировочных работ, следующие:

а) Минимальная ширина полосы на спланированной карте равна $2n$, где n — ширина захвата тракторной сеялки (3,65—4,2 м). Как исключение, в целях снижения объема планировочных работ допускается ширина полосы, равная одному захвату сеялки.

Площади узких полос внутри карт, поливаемых напуском по полосам, не должны превышать 5—10%.

б) Допустимый поперечный уклон полосы не должен превышать 0,003.

Для узких полос, применяемых как исключение, допустимый уклон поперек полосы повышается до 0,005—0,006.

в) Расчетные размеры удельной поливной струи и соответствующие им глубины слоя воды в голове полосы устанавливаются в пределах от 2 до 8 л в секунду с дифференциацией их по уклонам: для больших уклонов —2—3 л в секунду, для средних уклонов — 4 — 6 л в секунду и для малых уклонов — 6—8 л в секунду.

г) Длины полос устанавливаются расчетом в соответствии с размерами уклона, принятой струи и водно-физических свойств почвы.

Для ориентировки приводится следующая таблица расчетных длин полос для южных черноземов и каштановых почв, составленная инж. В. А. Кутергиным

Таблица расчетных длин полос для южных черноземов и каштановых почв

Почвы	Уклон $i =$ до 0,001; удельный расход = 6—8 л/сек.	$i = 0{,}007$; удельный расход = 5—6 л/сек.	$i = 0{,}012$; удельный расход = 4—5 л/сек.	$i = 0{,}017$; удельный расход = 3—4 л/сек.
Черноземы южные, суглинистые . .	125—175	200—250	175—225	125—200
Черноземы южные, слабо солонцеватые	150—200	225—275	200—250	175—225
Темнокаштановые и каштановые тяжело суглинистые	150—225	250—300	225—275	175—250
Темнокаштановые суглинистые почвы, переходные в легко суглинистые	75—100	125—250	120—225	100—200

д) Максимальные продольные уклоны для полос на проницаемых почвах типа южного чернозема равны 0,012 и на менее проницаемых почвах типа каштановых — 0,017.

Обратные продольные уклоны на полосе недопустимы.

Если на карте имеются площади с обратным уклоном, протяженность которого позволяет нарезать полосы нормальной длины, то в этом случае допускается применение полос, полив которых будет производиться в противоположном нормальному направлении (встречный полив).

е) При составлении проекта планировочных работ должны быть намечены трассы поливных канав, исходя из установленных длин и расположения полос.

Трасса поливных канав должна быть по возможности прямолинейной и должна обеспечивать поперечный профиль поливной канавы в полувыемке-полунасыпи. Предельный уклон поливной канавы принимается 0,006.

Уступы на карте ни в поперечном, ни в продольном направлении не допускаются.

ж) Резерв картового оросителя с командной стороны его планируется под общую поверхность карты с теми предельными уклонами, которые допустимы для полива напуском по полосам.

Резервы с некомандной стороны картового оросителя, а также резервы групповых распределителей заравниваются с учетом возможно минимальных затрат на планировку и допустимых глубин срезок, прилегающих к резервам орошаемых площадей.

Резервы тех частей картовых оросителей, около которых строительная планировка не проводится, а также резервы непланируемых карт могут планироваться под пониженную отметку.

2. Технические условия и требования полива по бороздам без сброса

а) В качестве основного вида бороздного полива принимается полив по бороздам без сброса с расстояниями между бороздами 0,7—1,0 м.

б) Основное направление полива принимается вдоль картового оросителя, за исключением случая лежачей карты.

в) Максимально допустимым продольным уклоном для бороздного полива без сброса принимается уклон, равный 0,005—0,006 и минимальным 0,0.

г) Поперечный уклон на карте для полива по бороздам актуального значения не имеет, поэтому максимально допустимый поперечный уклон в данном случае определяется условиями неразмываемости поливной канавы.

д) Размеры глубин борозд и удельных струй принимаются в зависимости от уклона местности следующие:

1) при уклоне от 0,002 до 0,005—0,006 — средне-глубокие борозды (15—18 см); удельная поливная струя порядка не $>$ 1 л/сек.;
2) при уклоне меньше 0,002—более заглубленные средне-глубокие борозды (15—20 см); поливная струя — не $>$ 1,5 л/сек.;
3) при уклоне больше 0,005—0,006 прорабатывается вариант косого расположения карты и косого расположения борозд.

е) Длина борозды принимается по расчету. Для ориентировки длины могут быть приняты те же, что и длины полос при поливе напуском по полосам (см. таблицу на стр. 270).

ж) Требования к обратным уклонам, к трассе поливных канав и к резервам принимаются те же, что и для полива напуском по полосам.

§ 88. Методика проектирования планировочных работ

Рабочее проектирование планировочных работ проводится на плане в масштабе 1 : 1 000 или 1 : 2 000.

В проект планировки включаются площади, не удовлетворяющие требованиям запроектированной техники полива к поверхности орошаемого поля; и при наличии уже построенной оросительной системы предусматривается планировка резервов у каналов.

В том случае, если планировке подлежит вся карта, проектирование планировочных работ проводится одновременно на всей карте; если же планировке подлежат отдельные участки карты, то проектирование проводится в пределах этих участков, но в увязке с рельефом и микрорельефом прилежащих к данному участку площадей карты.

Сопряжение поверхности спланированной части карты с неспланированной должно быть плавным, без образования уступов на карте.

Определение проектных отметок и подсчет кубатуры планировочных работ могут быть проведены по методу точек, со спрямлением горизонталей, который (метод) предусматривает следующие этапы работ:

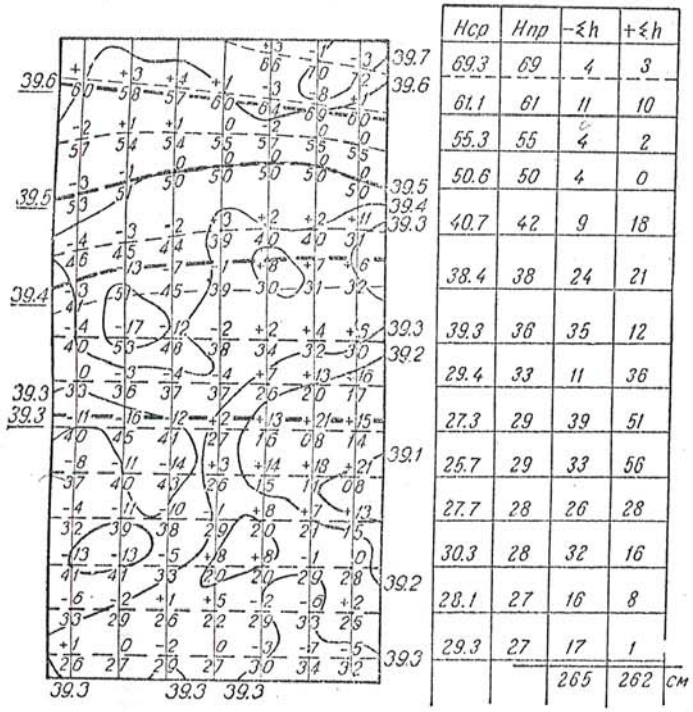
1. На плане карты с горизонталями (рис. 137) производится спрямление горизонталей, в результате которого должны быть уничтожены все неровности микрорельефа, препятствующие нарезке полос или борозд нормальной длины и препятствующие равномерному поливу.

2. В местах разреженных горизонталей проводятся промежуточные горизонтали с таким расчетом, чтобы весь планируемый участок был покрыт изолиниями (линиями равных отметок) равномерно по всей площади и не реже, чем через 10—15 м для плана масштаба 1 : 1 000, а для плана в масштабе 1 : 2 000 не реже, чем через 20—30 м.

В том случае, если площадь характеризуется извилистыми и замкнутыми горизонталями без ясно выраженного поперечного уклона, изолинии наводятся нормально направлению полива через каждые 10 м (масштаб 1 : 1 000) или через 20 м (масштаб 1 : 2 000).

3. После наведения изолиний планируемый участок разбивается продольными линиями, расстояние между которыми, в зависимости от

масштаба плана, принимается равным 10 м или 20 м (или близкой к этим цифрам величине). Первую и последнюю продольную линию следует проводить от границ участка на расстоянии, равном $\frac{a}{2}$, где a — принятое расстояние между продольными линиями.



Hср	Hпр	−∑h	+∑h
69.3	69	4	3
61.1	61	11	10
55.3	55	4	2
50.6	50	4	0
40.7	42	9	18
38.4	38	24	21
39.3	36	35	12
29.4	33	11	36
27.3	29	39	51
25.7	29	33	56
27.7	28	26	28
30.3	28	32	16
28.1	27	16	8
29.3	27	17	1
		265	262 см

Масштаб 1:1000

39.3 — — — *Проектные изолинии*

$\Omega = 0{,}98$ га

$n = 94$

$W = \frac{(2{,}65+2{,}62)9800}{2\times 94} = 274$ куб.м

$W/_{га} = \frac{274}{0{,}98} = 280$ куб.м

Рис. 137.

4. В точках пересечения продольных линий с изолиниями интерполяцией между существующими горизонталями (с использованием первоначального плана с отметками) проставляются отметки местности; при этом на плане выписываются лишь одни сотые метра отметки. Так, если, например, отметка точки равна 39,45 м, то на план выписывается лишь цифра 45.

5. После этого вычисляются отметки наведенных изолиний как среднеарифметические величины из числа отметок местности, проставленных на пересечениях продольных линий и наведенных изолиний с точностью до 0,1 см; полученные величины средних отметок ($H_{ср}$) выписываются в первый столбец сбоку чертежа, причем для удобства последующих подсчетов каждая средняя отметка изолинии выписывается рядом со спрямленной изолинией.

6. Полученный столбец средних отметок ($H_{ср}$) просматривается сверху вниз, начиная от головной части карты. Средняя отметка каждой последующей изолинии должна быть меньше (или же в крайнем случае равна) средней отметки каждой предыдущей изолинии, т. е. уклон на карте, как правило, должен быть прямым.

Обратные уклоны на карте, в соответствии с требованиями техники полива, могут быть допущены лишь в том случае, если их протяженность позволит нарезать полосы или борозды нормальной длины (не менее 100 м) для осуществления встречного полива.

7. Обратные уклоны протяженностью меньше 100 м и уклоны больше критических в отношении размыва должны быть уничтожены взаимным изменением средних отметок изолиний, т. е. взаимным изменением цифр столбца $H_{ср}$. При этом основное условие, которое в данном случае должно быть строго соблюдено, заключается в том, чтобы при изменении средних отметок изолиний был соответствующим образом исправлен продольный уклон участка и в то же время сохранен баланс планировочных работ (равенство кубатур срезки и насыпи грунта). Поэтому, если изменению подвергаются средние отметки изолиний с равным количеством отметок на них, то для соблюдения баланса работ достаточно произвести изменение средних отметок без нарушения их суммы; практически всякое понижение той или иной средней отметки должно сопровождаться таким же по величине повышением другой средней отметки: в нашем примере (см. рис. 137), чтобы уничтожить обратный уклон по длине площадки, среднюю отметку 39,3 столбца $H_{ср}$ мы исправили на отметку 36,0 (см. столбец $H_{пр}$), т. е. понизили ее на 3,3 см и в то же время, чтобы не нарушить баланс работ, изменили нижележащую отметку 29,4 на 33,0, т. е. повысили ее на 3,6 см.

При принятой точности проектирования планировочных работ до 1 см получившейся разницей повышения и понижения средних отметок в 0,3 см мы пренебрегаем.

В том же случае, если изменению подвергаются средние отметки изолиний с различным количеством проставленных на них отметок (например, в головной скошенной части большинства карт), то взаимное изменение средних отметок $H_{ср}$ должно производиться с учетом количества отметок на изолиниях, т. е. практически при исправлении средних отметок неравновеликих изолиний должно соблюдаться следующее равенство:

$$\Sigma h_0 n_0 = \Sigma h_1 n_1,$$

где $\Sigma h_0\, n_0$ — сумма величин понижений средних отметок изолиний (в сантиметрах), умноженная на число отметок на соответствующих им изолиниях;

$\Sigma h_1\, n_1$ — сумма величин повышений средних отметок, умноженная на число отметок изолиний.

8. Для наглядности представления о запроектированной поверхности наводятся цветными линиями горизонтали через равные интервалы по высоте (например, через 0,1 или 0,2 м). Эти горизонтали легко провести, пользуясь подсчитанными значениями запроектированных изолиний (столбцом $H_{пр}$).

9. После наведения горизонталей намечаются трассы поливных канав в соответствии с требованиями, представленными в § 87. («Технические условия и требования полива напуском по полосам»); затем запроектированная поверхность еще раз подвергается оценке с точки зрения выполнения всех тех требований, которые были предъявлены техникой полива к планировке.

Продольный уклон площадок и всей карты в целом может быть проанализирован непосредственно по плану с горизонталями (без составления продольного профиля). Ориентировкой в данном случае может служить загущенность горизонталей на единицу длины.

Изменение уклона по длине площадки может быть подвергнуто оценке по разницам между проектными отметками смежных изолиний.

В том случае, если при окончательном просмотре запроектированной поверхности будут обнаружены какие-либо упущения или дефекты, необходимо произвести соответствующее исправление средних отметок изолиний с соблюдением правила баланса работ

После исправления средних отметок изолиний исправляется и местоположение основных горизонталей

Окончательно исправленные средние отметки проектных изолиний принимаются за проектные. Эти отметки, с округлением их до 1 см, и выписываются во вторую графу ($H_{пр}$) рядом со средними отметками.

10. Величины срезок и насыпей почвы определяются вычитанием из проектных отметок отметок местности и с соответствующими знаками (знак плюс — насыпь, знак минус — срезка) выписываются над отметками местности в сантиметрах.

После этого производится суммирование величин срезок ($\Sigma h_{ср}$) и насыпей ($\Sigma h_{нас}$) для каждой изолинии, которые (в сантиметрах) выписываются в графу третью и четвертую сбоку плана. Общий итог величин срезок на всем участке (карте) не должен превышать общую сумму величин насыпей больше чем на 5%.

Разница больше 5% указывает на допущенную при подсчетах ошибку или же на накопление мелких неточностей в результате одностороннего округления средних отметок до целых величин; и в том и в другом случае проект должен быть исправлен.

11. Кубатура планировочных работ определяется по следующей формуле:

$$W = \frac{(\Sigma h_{ср} + \Sigma h_{нас})\,\Omega}{2 n_{общ}}\ м^3,$$

где $\Sigma h_{ср}$ — сумма величин срезок на данной карте в метрах;
$\Sigma h_{нас}$ — сумма величин насыпей в метрах;
Ω — планируемая площадь в квадратных метрах;
$n_{общ}$ — общее число отметок на участке.

При проектировании планировки площадей карт с учетом засыпки резервов у каналов (под общую с картой отметку) кубатура срезок определяется отдельно от кубатуры насыпи грунта и вычисляется как

$$W_{ср} = \frac{\Sigma h_{ср} \cdot \Omega}{n_{общ}},$$

Кубатура насыпи определяется аналогично кубатуре срезки:

$$W_{нас} = \frac{\Sigma h_{нас} \cdot \Omega}{n_{общ}},$$

Кубатура срезки грунта в этом случае должна быть больше кубатуры насыпи на объем грунта, требующийся для засыпки резервов ($W_{рез}$), т. е.

$$W_{ср} = W_{нас} + W_{рез}.$$

Разница между правой и левой частью этого уравнения практически может быть допущена не больше 5%.

Общая кубатура планировочных работ с учетом кубатуры на засыпку резервов у каналов или в общем виде с учетом какой-либо дополнительной

насыпи на карте (например, земляных подушек под оросители, постоянных валиков засыпки резервов у каналов и т. д.) определяется как

$$W = \frac{W_{ср} + W_{нас} + W_{доп}}{2}\ м^3.$$

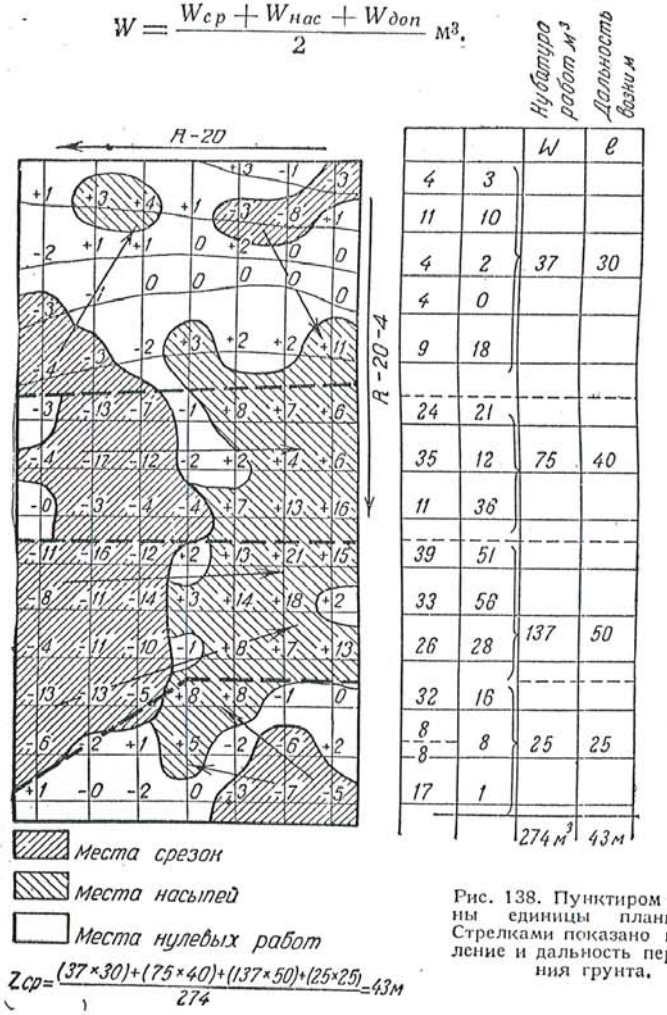


Рис. 138. Пунктиром отделены единицы планировки. Стрелками показано направление и дальность перемещения грунта.

Дальность возки грунта определяется расстоянием между центрами тяжести объемов срезки и насыпи почво-грунта. Для этого на плане с выписанными величинами срезок и насыпей проводятся границы, отделяющие места срезок от мест насыпей. Эта граница проводится с учетом достижимой точности производства работ, т. е. отделяются лишь срезки в 3 см и более 3 см. Площади срезок и площади насыпей, в отличие от площадей нулевых работ, соответствующе заштриховываются или же слабо закрашиваются различными цветами (см. рис. 138). После этого намечаются отдельные площадки (единицы планировки), в пределах которых будет производиться работа по планировке.

Единицы планировки намечаются с таким расчетом, чтобы в их пределах было соблюдено равенство объемов срезки и насыпи.

Дальность возки определяется отдельно для каждой выделенной единицы планировки.

Вычисление средне-взвешенной дальности возки для всей карты может быть произведено по следующей формуле:

$$L = \frac{l_1 W_1 + l_2 W_2 + l_3 W_3 + \ldots . l_n W_n}{W_1 + W_2 + W_3 + \ldots . W_n},$$

где l_1 — дальность возки для 1-й площадки, на которой уравновешены между собой объемы срезок и насыпей;

l_2, l_3 ...l_n — то же на 2-й, 3-й ..n-й площадке;

W_1 — объем работ на 1-й площадке;

W_2, W_3, ... W_n — то же на 2-й, 3-й ... n-й площадке.

При этом $W_1 + W_2 + W_3 + \ldots W_n = W$, т. е. сумма кубатур планировочных работ по отдельным площадкам (единицам планировки) равняется кубатуре работ на всей площади карты.

Рабочая схема, представленная на рис. 138, с показанием величин срезок, величин насыпей, направления перемещения грунта в пределах каждой единицы планировки, кубатуры работ и дальности возки является основным документом для производства планировочных работ.

§ 89. Проектирование планировки резервов

Планировка резервов у оросителей может быть запроектирована с заравниванием их под общую с поверхностью карты отметку или же самостоятельно, независимо от планировки карты с образованием на месте резервов пониженных полос 5—6-метровой ширины (см. рис. 139). Проектирование планировки резервов должно проводиться в соответствии с требованиями, сформулированными в предыдущем параграфе (пункт 1). Кубатура земляных работ, требующихся на планировку резервов, может быть определена по поперечникам резервов.

При проектировании планировки резервов под общую с поверхностью карты отметку кубатура работ по заравниванию резервов включается в общий баланс планировочных работ на карте; поэтому в проекте планировки площади карты предусматривается понижение проектных отметок изолиний на величину:

$$h = \frac{\omega}{B},$$

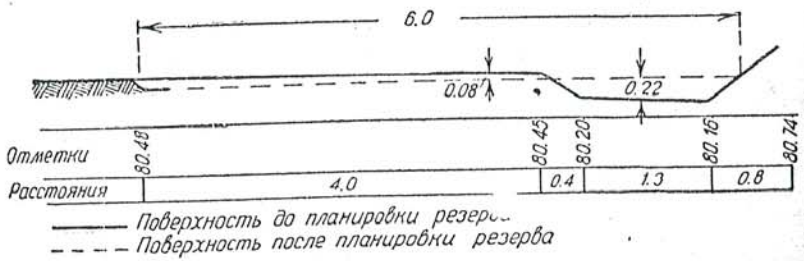


Рис. 139. Поперечный профиль резерва до и после планировки его на пониженной отметке (размеры в метрах).

где ω — площадь поперечного сечения заравниваемого резерва в квадратных метрах;

B — длина изолинии в метрах.

Так, если площадь поперечного сечения планируемого под общую отметку резерва у картового оросителя равна $\omega = 0{,}5$ м², а длина изолинии $B = 100$ м, то

$$h = \frac{0{,}5}{100} = 0{,}005 \text{ м} = 0{,}5 \text{ см}.$$

Следовательно, проектная отметка каждой изолинии в данном месте должна быть понижена на 0,5 см, или практически каждая вторая изолиния (при расстоянии между ними в 10 м) понижается на 1 см.

При проектировании планировки резерва у распределителя под общую с картой отметку следует задаться шириной полосы (B_1), с которой будет свозиться земля для засыпки резерва; зная площадь поперечного сечения резерва (ω), определяем величину понижения этой полосы:

$$h = \frac{\omega}{B_1}.$$

(так, при $\omega = 1{,}0$ м² и $B_1 = 20$ м $h = \frac{1{,}0}{20} = 0{,}05$ м).

Общая кубатура срезок на карте должна получиться больше общей кубатуры насыпи на объем грунта, требующегося для засыпки резервов под общую отметку.

Второй вариант планировки резервов на пониженной отметке является по сравнению с первым значительно менее трудоемким; он предусматривает образование на месте резерва пониженной (на 5—10 см) полосы шириной 5—6 м, которая может быть использована под полив культур наравне со всей остальной площадью карты. Кубатура земляных работ в этом случае подсчитывается отдельно от кубатуры работ по планировке площади карты и может быть выполнена грейдером типа ГТ или ГС при продольном перемещении грунта со всей 5—6-метровой полосы в резерв.

§ 90. Производство планировочных работ

В состав планировочных работ входят: подготовительные и основные работы.

К подготовительным работам относятся работы по очистке площади от сорной растительности, разбивка площади под планировочные работы и рыхление мест срезок.

Очистка площади от растительности проводится путем выкашивания ее обычными с.-х. косилками с последующей отвозкой сорняка на сторону или же сжиганием его на месте. После очистки площади от растительности производится разбивка под планировочные работы: восстанавливается пикетаж основных линий нивелировочного хода, переносятся в натуру единицы планировки, намечается линия нулевых работ, которая закрепляется на месте проходом плуга.

Рыхление мест срезок производится послойно по мере необходимости. Предварительное рыхление почво-грунта не требуется лишь для легких несвязных почв. Для рыхления грунта могут быть использованы тракторные или конные с.-х. плуги. Глубина рыхления для производства планировочных работ определяется глубинами срезок почвы.

Для ориентировки при производстве работ намечаются на местности характерные места срезок и насыпей почвы с показанием их величин в сантиметрах.

К основным планировочным работам относятся: 1) планировка площадей карт и 2) планировка резервов.

При планировке площадей производится срезка почво-грунта с повышенных элементов рельефа и перемещение его для засыпки пониженных мест.

а) Способы производства работ. Наиболее простым и самым распространенным способом планировочных работ является «сухая планировка» со сплошной срезкой грунта.

При планировке со сплошной срезкой почво-грунта все повышенные места рыхлятся и рыхлый грунт сплошным слоем срезается планировочными орудиями и свозится в места понижений.

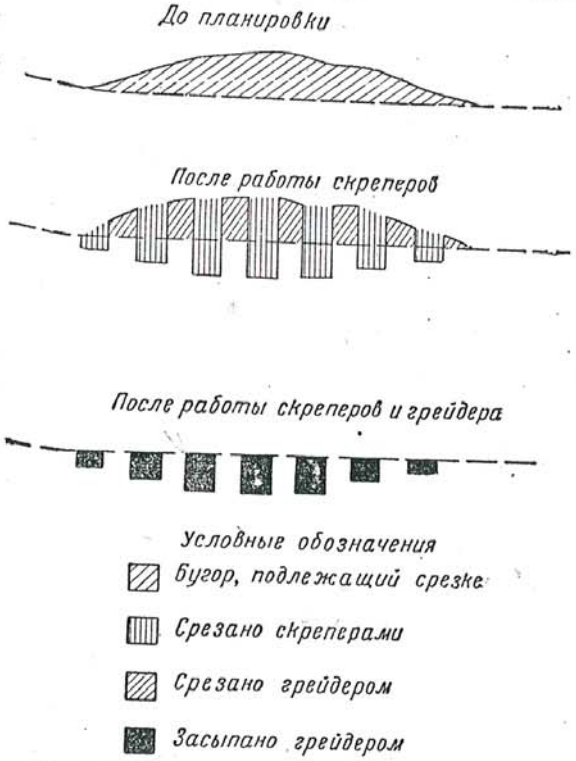


Рис. 140. Схема кулисной выемки почво-грунта.

«Сухая планировка» может проводиться также кулисным способом. Сущность кулисного способа работ состоит в том, что выемка почво-грунта на буграх производится не сплошным слоем, а кулисами, т. е. полосами, по ширине равными захвату планирующего орудия (тракторного или конного скрепера). Между полосами выемок оставляются нетронутые срезкой полосы—гряды (см. рис. 140).

Выемка в кулисах выбирается на глубину в 2 раза большую, чем это требуется при сплошной срезке. После произведенной выемки в кулисах оставшиеся нетронутые срезкой гряды сравниваются вровень с кулисными выемками. Таким образом достигается понижение данного места на требуемую величину с оставлением на месте половины верхнего плодородного слоя почвы. Кулисный способ работ является значительно более трудоемким. Однако в том случае, когда верхний плодородный слой почвы планируемого участка невелик и удаление его при планировке может резко снизить урожай на срезанных местах даже при внесении удобрений, целесообразно применять этот способ планировки.

По условиям производства работ наиболее рациональна планировка кулисами на участках с повышениями, расположенными посередине. В этом случае орудиям не потребуется затрачивать лишнее время на заезды в кулисы и окажется возможным растаскивать бугор в обе стороны.

б) Машины и орудия. Основными орудиями, применяемыми на планировочных работах, являются: 1) конные и тракторные скреперы и 2) грейдеры.

Общее конструктивное описание этих орудий дано в разделе справочника «Механизация земляных работ при устройстве ирригационной сети»; здесь же по каждому орудию отметим лишь те изменения и дополнения, которые вызваны специфическим характером планировочных работ.

Из числа конных скреперов на планировочных работах применяется скрепер-волокуша, емкостью 0,12 м³, с тягой двумя лошадьми, и скрепер типа «Фресно», емкостью 0,2 м³, с тягой тремя лошадьми. Более удобным в работе является пароконный скрепер-волокуша.

Конные скреперы работают бригадами по 5—6 штук.

На планировочных работах один рабочий выполняет полностью все рабочие операции по забору и перемещению почво-грунта скрепером (он же является и погоняльщиком лошадей).

Кроме скреперов, бригада должна иметь конный плуг для рыхления мест срезок.

Конные скреперы применимы на работах с возкой грунта на небольшие расстояния — от 10 до 40 м.

Тракторный ползунковый скрепер емкостью ковша 0,35 м³ работает на прицепе у колесного трактора типа СТЗ-ХТЗ 15/30 л. с. При дальности возки почво-грунта до 30 м на планировочных работах, кроме тракториста, необходим дополнительный рабочий (на скрепере), который проводит все необходимые во время работы операции по загрузке ковша, выгрузке и разравниванию грунта скрепером.

Кроме описанных скреперов, на планировочных работах с успехом могут быть применены вновь освоенные более мощные скреперы ползункового типа емкостью ковша 0,75 м³, приспособленные к работе как по одному с трактором СТЗ-НАТИ, так и по два с трактором ЧТЗ, а также скреперы колесно-ползункового типа емкостью ковша 1,5 м³ и 2 м³, приспособленные к работе с гусеничными тракторами.

Колесные скреперы емкостью 0,75 м³ и вновь выпускаемые емкостью 1,1, 5 и 6 м³ на работе по планировке орошаемых площадей могут найти лишь ограниченное применение, так как для успешной работы требуют наличия сосредоточенных кубатур почво-грунта, подлежащего срезке.

Скреперы ползункового и колесно-ползункового типа могут быть успешно использованы при производстве срезок на глубину не меньше 5 см, а колесные скреперы — на срезках глубиной не меньше 10—15 см.

Для более точной работы по планировке скреперы плохо приспособлены и их в этом случае рациональнее заменить грейдерами тяжелого и среднего типа (ГТ и ГС). Грейдер ГТ работает с трактором ЧТЗ, грейдер ГС — с трактором СТЗ-НАТИ. Грейдеры могут быть использованы на следующих видах работ, связанных с планировкой площадей:

1) на засыпке и планировке резервов;

2) на основных планировочных работах с отвозкой грунта на расстояние;

3) на выравнивании поверхности площади после работы скреперов;

4) на насыпке валиков, отделяющих одну планируемую площадку (чек) от другой.

Все перечисленные выше виды работ, за исключением работы по основной планировке и работы по выравниванию поверхности после работы скреперов, выполняются грейдерами с удлинителями без каких-либо их конструктивных изменений и дооборудований.

При использовании же грейдеров на работе по основной планировке с перемещением почво-грунта на расстояние нож грейдера ГТ удлиняется до 4,5—5 м и дооборудуется боковыми щитками длиной в 0,75 м; нож

грейдера ГС удлиняется до 3,35—3,5 и оборудуется щитками длиной 0,5 м, устанавливаемыми под углом 90° к ножу.

Рабочий орган грейдера во время работы ставится перпендикулярно к направлению движения. При заборе грунта рабочий орган опускается и в таком положении транспортирует грунт перед собой в места понижений, где после приподнимания ножа отсыпает его ровным слоем.

Необходимую регулировку и уход за грейдером осуществляет грейдерист.

При работе по разравниванию насыпи после работы скреперов нож грейдера, удлиненный до 4,5—5 м, ставится под углом 50—60° к направлению движения. Разравнивание площади проводится в 2 следа ходом агрегата вдоль и поперек планируемого участка.

На работе по заравниванию резервов нож грейдера ставится под углом 35—40° к направлению движения.

Планировка резерва производится за несколько проходов агрегата, идущего вдоль резерва и ссыпающего землю с прилежащей полосы в резерв.

Производительность грейдера на работе по засыпке и выравниванию резервов зависит в основном от ширины полосы, определяющей собой число перекидок почво-грунта.

На работе по разравниванию площади после работы скреперов могут быть использованы также кустарного изготовления деревянные волокуши с шириной захвата 5 и 6 м на тракторной тяге.

в) Схемы рабочих проходок и формулы подсчета производительности машин. Перемещение почво-грунта при планировке, в зависимости от условий работы, может производиться по трем различным схемам: 1) эллиптической, 2) центровой и 3) поточной.

1) *Эллиптическая, или обычная, схема возки* осуществляется в пределах замкнутой планировочной площадки с однократным забором и отсыпкой грунта за полный рейс агрегата. Особенность этой схемы возки состоит в возможности ее применения в условиях любого рельефа.

Производительность планировочной машины, работающей по эллиптической схеме возки, может быть определена по следующей формуле:

$$П = \frac{60KB}{T_1},$$

где $П$ — производительность в кубометрах в час;

K — коэфициент использования агрегата по времени за смену;

B — объем грунта в плотном теле (в кубических метрах), перемещаемый орудием за один рабочий прием;

T — время в минутах, потребное на осуществление одного рейса; оно меняется в зависимости от дальности возки грунта и равняется:

$$T_1 = \frac{4l_0}{c_1 + c_2} + 2t_{пов} + 2t_п,$$

где l_0 — дальность возки грунта (в метрах); определяется расстоянием между центрами тяжести объемов срезки и насыпи грунта;

c_1 — скорость хода при перемещении грунта в метрах в минуту;

c_2 — скорость холостого хода в метрах в минуту;

$2t_{пов}$ — время двух поворотов агрегата в минутах;

$2t_п$ — время двух переключений скоростей трактора в минутах.

2) *Центровая схема возки грунта* может быть осуществлена лишь при планировке площадок с наличием по середине их ясно выраженных бугров или западин, а также при насыпке валиков (см. схемы на рис. 141).

При центровой двусторонней возке почво-грунта за один рейс производятся два забора и две отсыпки грунта. Применение центровой возки дает увеличение производительности агрегата за счет сокращения пути на поворотах при ширине центровой полосы разработки не больше 40—50 м.

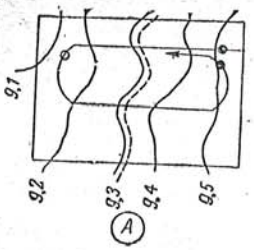




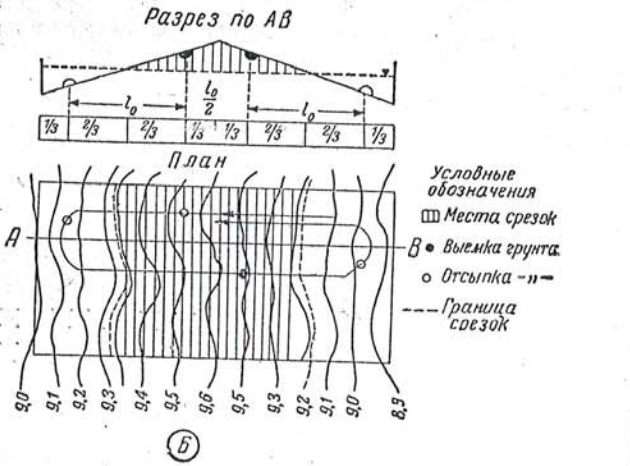
Рис. 141. Схема возки грунта: *А* — схема обычного — эллиптического способа возки; *Б*—схема центрового способа возки; *В* — схема поточного способа возки.

Производительность агрегата при центровой возке почво-грунта определяется по формуле:

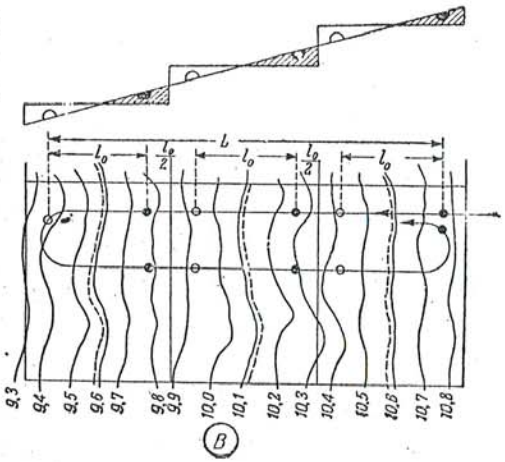
$$П_ц = \frac{120KB}{T_2},$$

где $T_2 = \frac{10\,l_0}{c_1 + c_2} + 2t_{пов} + 2t_п$.

Обозначения аналогичны принятым в предыдущей формуле.



3) *Так называемая поточная возка грунта* может быть организована лишь на части площадей, планируемых под горизонтальную поверхность (под полив затоплением). Поточная возка требует для своего применения наличия цепочки чеков, расположенной по одноименному склону. Поточная возка грунта организуется одновременно на нескольких чеках таким образом, чтобы и обратный ход, являющийся при обычной возке холостым, здесь использовался как рабочий.



Поточная возка грунта может быть применена только при грубой планировке до

поделки валиков, отделочная же работа по допланировке должна осуществляться в пределах каждого чека самостоятельно. Поточная возка грунта обеспечивает наибольшую по сравнению со всеми другими способами возки производительность орудий и может быть определена по следующей формуле:

$$П_п = \frac{60KB\,(2H-1)}{T_з},$$

где, кроме уже известных значений, H — число одновременно планируемых чеков;

$T_з$ — время в минутах, потребное на осуществление полного рейса агрегата:

$$T_з = \frac{l_0\,(3H-1)}{c} + 2t_{пов};$$

c — среднерейсовая скорость агрегата в метрах в минуту.

Нормы выработки и расценки на планировочные работы должны приниматься по единым нормам выработки и расценки.

г) Общие положения по организации и технике производства планировочных работ. При производстве работ состав планировочной бригады определяется расчетом, исходящим из комплексного и одновременного выполнения всех работ, связанных с планировкой, на определенном строительном участке.

Практика производства планировочных работ показала, что наиболее приемлемое количество машин в бригаде — 6—7. В качестве одного из возможных вариантов состава машин в бригаде приводим следующий:

Тракторные ползунковые скреперы емкостью 0,35 м³	6
Грейдер тяжелого типа	1
Плуг трехкорпусный	1
Тракторы колесные типа СТЗ-ХТЗ 15/30	6
Тракторы гусеничные ЧТЗ-60	1

Во главе бригады, кроме бригадира, ответственного за техническое состояние машин, ставится десятник, в обязанность которого входит непосредственное руководство всеми производственными процессами на стройучастке и осуществление технического контроля за работой.

Для проведения руководства производством планировочных работ десятник должен иметь при себе рабочую схему планируемой площадки с показанием на ней глубин срезок и высот насыпей почво-грунта (см. рис. 142).

По мере необходимости техник должен производить поверочную нивелировку и составлять новые рабочие схемы работ.

Рабочие схемы площадок являются основным документом, освещающим ход работ по планировке и фиксирующим момент их окончания.

Проверочная нивелировка площадок проводится упрощенно в следующей последовательности:

1) По двум длинным противоположным сторонам карты или чека разбиваются прямые линии с закреплением точек через каждые 10 или 20 м вешками.

2) Одноименные вешки (например, 1—1, 2—2 и т. д., см. рис. 143) отмечаются какими-либо одинаковыми отметками (флажками одинакового цвета, пучками соломы или травы и т. д.).

3) Нивелировка проводится по створам одноименных вешек, причем рейка переставляется на расстояние, отмеряемое шагами.

4) Взгляды точек наносятся во время нивелировки на лист бумаги, ориентированный относительно оросительной сети. Средняя плоскость, глубины срезок и высоты насыпей, а также подсчет оставшейся кубатуры планировочных работ в данном случае определяются по методу точек (см. выше).

Приемка выполненной работы производится на основании специально разработанной для определенных условий инструкции. Ориентировочно можно принять, что при планировочной работе, выполняемой скреперами ползункового типа с последующей доработкой грейдерами, точность планировки может быть достигнута равной ±5 см, в том числе на 80% площади равной ±3 см.

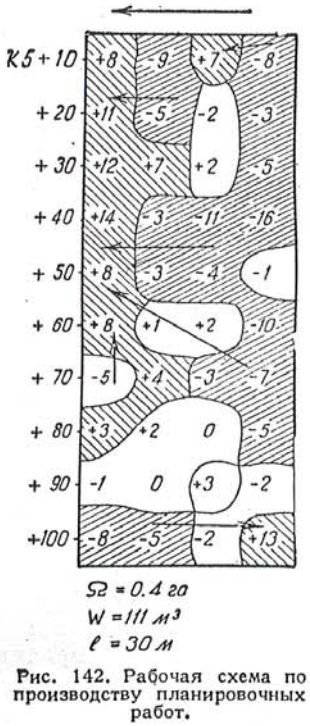


Рис. 142. Рабочая схема по производству планировочных работ.

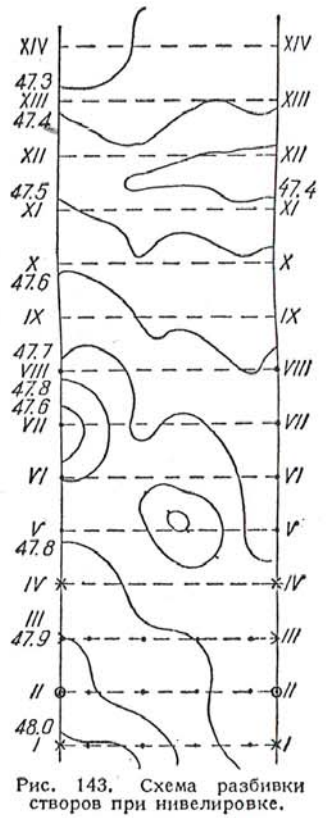


Рис. 143. Схема разбивки створов при нивелировке.

Планировка может проводиться на свободных, не занятых посевами площадях одновременно со строительством ирригационной сети.

В том случае, когда планировка проводится на освоенной территории, работы по планировке растягиваются на ряд лет и проводятся отдельными полями в увязке с севооборотом: прежде всего под планировку отводится паровое поле и, кроме того, могут планироваться поля после уборки яровых культур в осеннее время.

§ 91. Вопросы эксплоатации спланированных площадей

Планировка полей сопровождается отчуждением части верхнего плодородного слоя почвы в местах срезок и увеличением гумусового слоя в местах насыпей. В силу этого на спланированном поле соз-

дается пестрота почвенного покрова, как по мощности, так и по плотности.

Основными необходимыми мероприятиями, способствующими уничтожению пестроты почвенного покрова и увеличению урожая культур на спланированных площадях, являются следующие *:

1) осенне-зимняя влагозарядка или же на засоленных землях — промывка (кроме полей, отведенных под культуру риса);

2) обязательное внесение усиленных доз смешанного минерально-органического удобрения на места срезок почвы;

3) тщательная обработка полей (равномерная, глубокая вспашка и хорошая разделка почвы после вспашки);

4) посев в первый год после планировки бобовых культур инокулированными (зараженными почвенным нитрагином) семенами.

ГЛАВА XIV

БОРЬБА С ПОТЕРЯМИ ВОДЫ В ИРРИГАЦИОННОЙ СЕТИ

§ 92. Система мероприятий по борьбе с потерями воды в ирригационной сети

Потери воды в ирригационных каналах влекут за собою:

а) подъем уровня грунтовых вод и происходящее в силу этого заболачивание и засоление орошаемых площадей;

б) увеличение как капитальных затрат на устройство ирригационной системы, так и эксплоатационных затрат;

в) сокращение орошаемых площадей при ограниченности водных ресурсов.

В систему мероприятий по борьбе с потерями в ирригационной сети входят следующие мероприятия:

1) сокращение потерь путем надлежащего проектирования и устройства трассы и профиля ирригационных каналов;

2) эксплоатационные мероприятия;

3) применение антифильтрационных одежд каналов.

§ 93. Сокращение потерь путем надлежащего проектирования и строительства ирригационной системы

При проектировании и строительстве ирригационной системы применяются следующие мероприятия, направленные к уменьшению потерь в сети:

а) Максимальное сокращение холостых пробегов воды. С этой точки зрения при проектировании должны быть рассмотрены все варианты трассировки каналов, сокращающие протяженность сети, так как потери на фильтрацию прямо пропорциональны длине каналов.

б) Выбор трассы канала с тщательным учетом проницаемости почвогрунтов. Ввиду того что фильтрационные потери прямо пропорциональны коэфициенту фильтрации грунтов, при выборе вариантов трассировки сети следует особо серьезно учитывать расположение каналов в отношении почвенно-грунтовых условий.

При проектировании и устройстве мелкой сети в случае наличия значительной комплексности почвенных условий следует учитывать этот фактор, выбирая соответствующим образом расположение каналов (так, например, следует избегать местных включений с почвами легкого механического состава).

в) Выбор формы поперечного сечения каналов. Выбор надлежащей формы поперечного профиля каналов может обеспечить сокращение фильтрационных потерь, причем особо должны быть учтены капиллярные свойства грунта.

Соображения, которыми следует руководствоваться в данном случае, изложены в разделе «Гидравлический расчет и элементы поперечного профиля оросительных каналов».

г) Мероприятия по уменьшению потерь при проектировании и устройстве сооружений. При проектировании и устройстве выпускных и перегораживающих сооружений особое внимание должно быть уделено плотности их затворов как на крупной, так и на мелкой сети, причем для последней этот вопрос особенно важен ввиду работы ее в основном по водообороту.

Помимо разработки и выбора конструкции затвора, обеспечивающей плотное и надежное прилегание щита по всему периметру, необходимо применение специальных уплотнительных устройств.

д) При устройстве дамб каналов должно быть обеспечено надлежащее уплотнение грунта в теле дамб с предварительным разрыхлением его при глыбистой структуре; невыполнение этого условия влечет за собой значительное повышение потерь на фильтрацию.

§ 94. Эксплоатационные мероприятия по борьбе с потерями

1. Основным эксплоатационным мероприятием по уменьшению потерь в ирригационной сети и по повышению коэфициента полезного действия системы является *введение на ирригационных системах определенных планов водопользования и водооборота, составленных в соответствии с условиями работы данной системы.*

При этом принимается, что чем компактнее расположены одновременно работающие каналы, чем меньше длина каналов на единицу работающего расхода воды, тем выше коэфициент полезного действия. С этой точки зрения при уменьшенной подаче воды в систему следует переходить к очередному водопользованию.

Опыты проведения планового водопользования в Средней Азии дают следующие результаты (см. табл. на стр. 286).

2. Второй существенной мерой борьбы с потерями при эксплоатации каналов является своевременная и надлежащая очистка и ремонт каналов.

Зарастание каналов, создавая повышенную шероховатость, влечет за собою уменьшение скорости течения и увеличение смоченного периметра. В силу этого сильно заросшие каналы теряют воды больше, чем чистые каналы.

---

* Литература по данному вопросу:

1) «Труды конференции по почвоведению и физиологии культурных растений», т. 11 Сар. обл. гос. изд., 1938 г. Статья К. И. Зайцева «Влияние планировки на плодородие чернозема и на методы восстановления плодородия в нем» (Безенчукская оп. станция).

2) «Труды рисовой станции» вып. VII, изд. ВАСХНИЛ, 1937 г. Статья М. В. Бородина и Г. А. Данова «Влияние планированного и непланированного рельефа на развитие и урожай риса».

3) Журнал «За устойчивый урожай на юго-востоке», № 5, 1939 г., Сельхозгиз. Статья Н. П. Самсоновой и Б. А. Пиуновского «Планировка орошаемых площадей в Заволжье».

Повышение коэфициента полезного действия системы в связи с введением планового водопользования (в числителе — к. п. д. до введения планового водопользования, в знаменателе — после введения)

Название системы	Коэфициент полезного действия	
	Вегетационный период	Критический период
Араван-Сай	0,38 / 0,48	0,41 / 0,58
Кассан-Сай	0,23 / 0,36	0,40 / 0,52
Голодная степь	0,42 / 0,54	—

Во избежание нарушения верхнего уплотненного слоя грунта при очистке от сорняков рекомендуется производить ее весной выжиганием, а в течение оросительного периода низко скашивать сорняки.

В качестве м ры борьбы с сорной растительностью применяются химические способы борьбы с сорняками, например, осенняя обработка почвы раствором мышьяковистого натрия (водный раствор, содержащий 0,4% мышьяковистого ангидрида и 0,2% гидрата окиси натрия).

3. Для каналов периодического действия в ряде случаев, при сильной трещиноватости грунта в русле каналов в результате просушки, а также при интенсивной деятельности землероев, — полезным мероприятием для уменьшения потерь может явиться поверхностное рыхление дна и откосов каналов.

§ 95. Антифильтрационные одежды

1. Типы антифильтрационных одежд

Радикальной мерой в деле борьбы с потерями на фильтрацию в ирригационных каналах является применение антифильтрационных одежд русла каналов, причем под общим термином «одежды» подразумеваются все способы уменьшения фильтрации в дне и откосах канала.

Основные из них подразделяются на следующие категории:

1) Облицовки из бетона с применением специальных инертных материалов (щебень, песок и т. д.):

а) на основе вяжущих материалов неорганического состава (цементобетонная облицовка);

б) на основе вяжущих материалов органического состава (асфальтовые, смоляные одежды);

2) Одежды из грунто-бетона с применением в качестве инертного материала естественного грунта:

а) без применения вяжущих веществ (глиняные одежды);

б) с применением вяжущих веществ неорганического состава (цемент, известь, силикат);

в) с применением вяжущих веществ органического состава (битум, смолы, нефть).

Одежды этих видов могут быть получены как путем предварительного изготовления грунто-бетона с укладкой его в русле канала, так и путем смешивания с грунтом на месте или же пропиткой, а также инъекцией.

3) Химическая обработка грунта русла канала веществами, воздействующими на его агрегатный состав и уменьшающими водопроницаемость грунта.

4) Мостовые на растворе с применением естественного камня, кирпича и т. д.

2. Выбор типа одежды

К способам предупреждения потерь на фильтрацию предъявляются следующие основные требования: 1) водонепроницаемость, 2) дешевизна, 3) прочность, 4) долговечность и 5) устойчивость к изменению температурных условий.

Экономическая оценка при выборе того или иного способа защиты канала от потерь может быть произведена, исходя из следующего подсчета:

$$c \leqslant 86{,}4 \cdot \frac{Q \cdot \sigma \cdot A \cdot t}{r \cdot P} \text{ рублей,}$$

где c — стоимость квадратного метра поверхности одежды;
Q — расход канала в кубических метрах в секунду;
σ — процент потерь на 1 км, сберегаемый благодаря одежде;
A — ценность оросительной воды в рублях за 1 м³;
t — число дней работы канала в году;
r — процент амортизации и ремонта одежды;
P — смоченный периметр канала в метрах.

Однако, помимо этого, следует учесть следующие стороны влияния одежды:

1) уменьшение сечения каналов и земляных работ;
2) возможность увеличения скоростей, уклонов и расходов каналов;
3) уменьшение числа перепадов и размеров искусственных сооружений;
4) уменьшение эксплоатационных расходов по очистке каналов от наносов.

А. Н. Костяков дает следующую сравнительную таблицу с расположением главнейших типов одежд в убывающем порядке с точки зрения удовлетворения основным требованиям:

Водонепроницаемость	Торкрет, глина, асфальт, бетон. нефть, силикат.
Прочность	Железо-бетон, бетон, асфальт, глина, силикат, нефть.
Морозоустойчивость	Асфальт, силикат, торкрет, нефть, бетон, глина.
Солеустойчивость	Силикат, глина. асфальт. нефть. бетон.
Увеличение скоростей	Торкрет, бетон, асфальт, глина, силикат, нефть.

Инж. Макридин для первоначальной ориентировки в отношении возможности применения тех или иных видов одежды при разных условиях рекомендует следующую схему (см. табл. на стр. 288).

Условия, определяющие возможность применения различных одежд каналов

Условия	Подходит	Не подходит
Вода в процессе строительных работ	Цементный бетон Силикатный » Глина	Асфальтовый бетон Глина
Текучая вода при эксплоатации	Цементный бетон Асфальтовый »	Глина Силикатный бетон
Мороз в присутствии воды	Асфальтовый бетон Силикатный »	Глина Цементный бетон
Высокие летние температуры	Цементный бетон Силикатный » Глина	Асфальтовый бетон
Соли в почве	Асфальтовый бетон Силикатный » Глина	Цементный бетон
Сосредоточенное механическое действие	Железо-бетон	
Общая деформация (осадка)	Асфальтовый бетон Глина	Цементный бетон

По стоимости устройства типы одежд могут быть расположены в следующий возрастающий ряд: химическая обработка, поверхностная пропитка вяжущими веществами, глина, грунтобетоны, асфальто-бетоны, бетон, железо-бетон.

3. Бетонные одежды

а) Типы бетонных одежд. Наибольшей распространенностью для облицовки каналов пользуются бетонные одежды.

Бетонные одежды, как правило, устраиваются из сплошного слоя, причем температурные швы в современных одеждах совпадают со строительными швами.

Бетонная одежда может состоять также из отдельных плит, изготовляемых заранее и укладываемых на место после подготовки основания. Преимуществом этого способа является лучшее качество бетона и возможность производства укладки в более короткие сроки. Пока этот тип одежды не получил распространения главным образом ввиду обусловленных прежними способами производства работ небольших размеров плит, что вело за собой наличие множества швов и связанных с этим неудобств. С внедрением механизации работ этот способ может получить более широкое применение.

Бетонные одежды, состоящие из сплошных поверхностей, имеют разные устройство и состав в зависимости от назначения одежды, от размера канала, расхода материала и от способа производства работ.

Одежды, служащие главным образом для защиты русла от разрушения, в массе своей состоят из тощего бетона — 1 : 16 или 1 : 12, дающего прочность одежде, но легко пропускающего воду и не обладающего достаточной морозоустойчивостью. Поэтому в таких случаях морозоустойчивость и отчасти водонепроницаемость достигаются добавлением поверхностного слоя из жирного цементного раствора или из другого вещества, например, асфальта, а также заилением канала.

Для ирригационных каналов первенствующее значение имеет борьба с фильтрацией, почему *одежда их делается из более плотного бетона — 1 : 6 или 1 : 8.*

Своеобразный тип представляют торкретные одежды, наносимые пневматическим способом. Особенностью их является слоистость, образующаяся благодаря «отскоку» крупных частиц от твердого основания при начале торкретирования. Торкретные одежды обладают очень высокой водоупорностью, которая повышается с увеличением числа слоев.

В силу этого торкретные одежды особенно подходят для ирригационных каналов.

б) Формы поперечного сечения бетонируемого канала. С точки зрения одежды желательна более глубокая форма поперечного сечения канала, дающая максимальный гидравлический радиус и обеспечивающая наименьшую площадь облицовки и наименьшие гидравлические потери.

При обычных способах производства работ за основную форму поперечного сечения канала следует принимать трапецоидальную с возможным приближением к углубленной, гидравлически наивыгоднейшей форме. Применять другие формы сечения можно только тогда, когда этого действительно требует прочность сооружения, считаясь с тем, что это вызовет удорожание в 2—3 раза.

При крутых откосах (круче угла естественного откоса грунта) одежда должна рассчитываться как подпорная стенка. Однако допускать работу одежды как подпорной стенки не рекомендуется и поэтому делать откосы бетонированных каналов круче угла естественного откоса грунта в мокром состоянии нежелательно. Бетонированные каналы имеют откосы от вертикального до 1 : 1,5. Наиболее употребительны откосы 1 : 1 и 1 : 1,25. Положе 1 : 1,5 откосы встречаются весьма редко.

Откосы круче 1 : 1 нельзя бетонировать обычным способом без форм, так как сырой бетон с таких откосов сползает. А применение форм при бетонировании вызывает удорожание работ, доходящее до 50% их стоимости. Зато увеличение крутизны откосов свыше 1 : 1 дает экономию в кубатуре выемки и площади одежды. Поэтому для каждого отдельного случая решение должно быть найдено по совокупности всех условий.

в) Толщина бетонных одежд. Толщина бетонных одежд изменяется в довольно широких пределах. Крупные каналы типа утилизационных и больших магистральных каналов имеют более толстую облицовку; на мелких оросительных каналах толщина облицовки меньше. Особо значительную толщину имеют облицовки каналов вблизи плотин, шлюзов, быстротоков и т. п.

1. Одним из основных факторов, определяющих рациональную толщину облицовки, является состав бетона. Одежды из тощего бетона состава от 1 : 12 до 1 : 16, применяемые в целях экономии на современных крупных утилизационных каналах, имеют толщину 10—20 см. Дно и нижняя часть откосов обычно не делаются тоньше 15 см.

Одежды, применяемые для крупных ирригационных каналов, обычно имеют состав не беднее 1 : 3 : 6 (цемент : песок : гравий) и толщину от 7,5 до 20 см с тенденцией несколько увеличивать толщину облицовки на дне. Большинство этих облицовок имеет толщину порядка 7,5—10 см, каковые пределы и надо считать типичными для этих облицовок.

Толщина облицовки для распределителей находится в пределах 3,75—5 см и редко больше.

2. Вторым весьма существенным фактором является минимальная температура, при которой будет работать облицовка. При промерзании не рекомендуется класть облицовку тоньше 4 см, а еще лучше — 8 см. Опыт показывает, что такие облицовки выдерживают температуру до —15° Ц. А облицовки в 7,5 см работали хорошо при —23° Ц, когда земля промерзала не меньше чем на 60 см. В климате, не угрожающем морозами, минимальная толщина может быть 2—3 см.

3. Третьим фактором, влияющим на толщину облицовки, является характер основания и обеспеченность отвода воды из-под облицовки. Если основание хорошо дренировано и швы в облицовке устроены так, что вынос грунта из-за облицовки невозможен, то, как показывает опыт, облицовки и в 2 см служат удовлетворительно. Однако и в самых благоприятных случаях лучше не делать облицовок тоньше 2—3 см.

Минимальная толщина облицовки определяется не водонепроницаемостью ее, а промерзаемостью и теми строительными приемами, которые позволяют получать на существующем основании ровный слой облицовки. При неровности основания, например, при грубо обделанных откосах скальной выемки, приходится увеличивать толщину облицовки до 15—20 см. В проекте ирригационных систем Колумбии, климатические условия которой близки к условиям засушливых районов СССР, были приняты следующие толщины облицовок в зависимости от глубины воды в канале:

Толщина облицовок на ирригационных системах Колумбии

Глубина воды (в метрах)	Толщина облицовки (в сантиметрах)	Глубина воды (в метрах)	Толщина облицовки (в сантиметрах)
8,84	20,3	4,27	14,0
5,80—6,10	19,0	3,35—3,66	12,7
5,20—5,50	17,8	2,74—3,05	11,4
4,88	16,5	1,88—2,44	10,2
4,57	15,2	1,22—1,53	7,6

Сопряжение одежды дна с подошвой откоса является наиболее слабым местом всего профиля. Поэтому стремятся бетонировать всю полосу облицовки поперек канала сразу и не устраивать у подошвы откоса продольного шва. Если этого нельзя избежать, то заглубляют подошву облицовки в дно. Если облицовка заканчивается непосредственно у подошвы откоса, то в этом случае ее несколько утолщают, создавая упор против возможного сползания нижней части облицовки.

Верхний край одежды оканчивается бермой, шириной 10—15 см, а на косогорах — 15—20 см. Однако, учитывая нецелесообразность устройства берм при движении по дамбам, усложнение работ при механизации, отказ от устройства берм является вполне допустимым. Облицовку не обязательно доводить до верха откоса, в этом случае превышение ее над максимальным горизонтом в канале не должно быть меньше 15 см для малых каналов и 30 см для больших каналов.

г) Устойчивость бетонной одежды на опрокидывание. Облицовка, уложенная на откос положе угла естественного откоса данного грунта, на опрокидывание не рассчитывается. Угол естественного откоса зависит, кроме механического состава грунта, еще от влажности его.

При угле облицовки, круче естественного, облицовка испытывает давление P на 1 пог. м, выражающееся формулой:

$$P = \frac{1}{2}\, wh^2\, \frac{\sin^2 {}^1\!/_2(\theta - \varphi)}{\sin\theta \cdot \sin^2 {}^1\!/_2(\theta + \varphi)},$$

где w — вес 1 м³ земли в килограммах;
h — высота бетонной одежды в метрах;
θ — угол ее с горизонтом;
φ — угол естественного откоса грунта.

При дополнительной максимальной земляной нагрузке на поверхность откоса имеем:

$$P = \frac{1}{2} wh^2\, \frac{\sin^2 {}^1\!/_2(\theta - \varphi)}{\sin^3\theta}.$$

Толщина бетонной облицовки определяется из следующего условия: опрокидывающий момент давления земли, равный $P \cdot \frac{h}{3}$, не должен превышать момента от веса бетонной одежды.

д) Швы и их расчет. При работе бетонной одежды в ней образуются трещины. Они происходят от трех причин: 1) от изменения, в частности, от понижения температуры облицовки; 2) от сокращения объема бетона при схватывании; 3) от осадки грунта под облицовкой. С целью регулирования могущих возникнуть трещин их приурочивают к конструктивным швам. Расстояние между последними должно быть таково, чтобы накапливающееся в массе бетона между швами напряжение не превосходило допускаемого напряжения бетона на растяжение:

$$L = \frac{2ts \cdot 10\,000}{wf},$$

где L — искомое расстояние между поперечными швами в метрах;
w — вес 1 м² облицовки в килограммах;
f — коэфициент трения (зависит от характера основания, равен 2 для бетонных дорог);
t — толщина облицовки в метрах;
s — допускаемое напряжение бетона на растяжение в килограммах на квадратный сантиметр.

Определение L по указанной формуле производится при опорожненном канале. При наполненном канале давление воды вызовет сжимающие напряжения в бетоне, которые, складываясь с растягивающими напряжениями, дадут более выгодную для облицовки равнодействующую, чем при отсутствии воды.

На практике расстояние между швами устраивается от 1,5 до 5 м и более, а чаще всего от 2,5 до 3,5 м при толщине одежды 5—7,5 см. Оно зависит от ширины бетонируемой полосы. При машинной бетонировке эта ширина определяется шириной хода рабочей тележки и в современных машинах составляет от 3 до 9 м и более. При ручной бетонировке ширина бетонируемой полосы может регулироваться по желанию. Она тем меньше, чем выше и круче откос и чем влажнее бетон.

Ширина швов определяется строительными приемами и составляет от 10—12 до 100 мм (1—1,2 до 10 см).

Современные швы имеют самое простое устройство, сводясь часто к простой бороздке в бетоне, заполненной асфальтом, или к щели с прокладкой толя. В большинстве современных одежд швы устраиваются в виде бороздок, оставляемых направляющими брусьями при укладке вручную или нарезаемых специальным ножом, как в машине Динглера. Эти борозды заполняются асфальтом или бетоном, но без трамбования и укатывания. В таком типе шва существенным является ослабление профиля одежды, заставляющее ее ломаться в этом месте. Иногда это ослабление осуществляется прокладкой доски, поставленной на ребро, размером 12 × 100 мм. Доска сверху бетонируется. В случае разрушения бетонного покрытия в этом месте последнее заменяется асфальтом. Во избежание вымывания грунта сквозь случайно раскрывшиеся швы облицовку рекомендуется укладывать на слой гравия толщиной 15—20 см.

В дне канала швы допускаются и устраиваются обычно через 3—4 м, так что облицовка дна получается в виде квадратов по 3—4 м в стороне. Существует тенденция избегать продольного шва между подошвой откоса и дном канала. Имеются даже специальные типы бетонировочных машин, где это требование принято во внимание.

Специальные конструкции швов, имеющих сложную форму или особое уплотнение, вытесняются из новейшей практики простым швом впритык, заполненным цементным раствором, сохраняясь только там, где неудачное стечение температурных условий или большая длина панелей заставляют опасаться раскрытия швов.

е) Армированные одежды и их расчет. Армированные бетонные одежды применяются:

1) при неустойчивых грунтах или крутых откосах;

2) при наличии гидростатического давления позади облицовки или при опасности вспучивания грунта;

3) при угрозе оползней.

Толщина железо-бетонных облицовок — 7,5—10 см. Арматурой служит круглое железо 5—10 см толщиной или, чаще, проволочная сетка.

Арматура закладывается вдоль и поперек оси канала. Количество железа в продольной арматуре может быть определено расчетом в предположении, что бетон не несет никаких растягивающих усилий, а работает одна арматура.

Сечение арматуры a на площади $b \times t$ определяется из следующего выражения:

$$a = \frac{L \cdot f \cdot w \cdot b}{2 s_1}, \qquad (1)$$

где b — принятое расстояние между продольными швами в метрах;

s_1 — допускаемое напряжение на растяжение железа до 1 800 кг/см²;

остальные величины — по стр. 291.

В выражении (1) количество арматуры не зависит от сцепления бетона, поскольку мы допускаем, что арматура воспринимает полностью все растягивающие усилия. В действительности растягивающие напряжения существуют и в бетоне, и потому невозможно построить облицовку, которая не давала бы трещин. Сила трения приложена непосредственно к бетону. Следовательно, она должна передаться арматуре по поверхности сцепления бетона с железом. Отсюда необходимо условие, чтобы поверхность передачи соответствовала передаваемому усилию. Если принять, что среднее напряжение сцепления бетона с железом равно среднему растягивающему напряжению бетона, то получим:

$$\frac{s \cdot L \cdot \pi \cdot d}{2} = s \cdot A, \qquad (2)$$

где d — диаметр стержня арматуры в метрах;

A — площадь поперечного сечения бетона в квадратных метрах, приходящаяся на один стержень арматуры.

Остальные величины — как выше.

Отсюда:

$$\frac{L \cdot \pi \cdot d}{2} = A, \qquad (3)$$

с другой стороны,

$$A = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \frac{100}{p}, \qquad (4)$$

где p — процентное содержание арматуры.

Приравнивая между собою выражения (3) и (4), получим после преобразования

$$L = \frac{d \cdot 100}{2p}. \qquad (5)$$

Здесь p может быть определено из выражения:

$$f_{ж} = f_{б}\left(n + \frac{100}{p}\right), \qquad (6)$$

где $f_{ж}$ — растягивающее напряжение в арматуре в килограммах на квадратный сантиметр;

$f_{б}$ — растягивающее напряжение в бетоне в килограммах на квадратный сантиметр;

n — отношение модулей упругости железа и бетона;

p — процентное содержание железа в сечении одежды.

Выражение (5) есть условие достаточности поверхности арматуры (d) по отношению к величине передаваемого усилия (p и L).

Если сцепление между бетоном и железом будет недостаточно, т. е. d велико по отношению к p, то в выражении (5) L возрастает. Но тогда возникает опасность, что бетон будет перенапряжен и именно он, а не арматура, определит положение трещин. Если же сцепление будет слишком велико, т. е. d мало по отношению к p, или что то же, арматуры данной крупности будет слишком мало, то L в выражении (5) уменьшится. В этом случае будет перенапряжена арматура, и необходимо увеличить диаметр стержней.

ж) Дренаж бетонных одежд. Если уровень грунтовых вод может подняться настолько, что будет стоять выше дна канала позади облицовки, то могут появиться: 1) добавочное давление мокрого грунта на облицовку и разрушение ее; 2) замерзание воды позади облицовки с выпучиванием и разрушением последней; 3) возможна также прямая фильтрация грунтовой воды в канал с выносом в него частиц грунта сквозь швы и трещины облицовки и с образованием опасных пустот позади облицовки. Для устранения этих явлений приходится прибегать к искусственному удалению воды из-за облицовки, к дренажу ее.

При расположении канала на косогоре вдоль него закладывается дрена, проходящая по середине его или под подошвой нагорного откоса. Последнее расположение выгоднее, поэтому дрену следует выдвинуть максимально навстречу грунтовому потоку, не прибегая, однако, к специальным земляным работам, т. е. надо уложить ее не дальше, чем под подошвой нагорного откоса. Иногда применяются две дрены под обоими откосами (или вторую дрену укладывают под серединой канала). Такое расположение следует считать обязательным при незначительном или нулевом уклоне косогора, близком зеркале грунтовых вод и небольшом заглублении дрен. Глубина этих дрен в современной практике принимается около 0,3 м под дном канала. Но наилучшим решением будет сплошное покрытие откоса дренирующим слоем толщиной 15—30 см, который одновременно будет служить и для уплотнения грунта. Материал в этом слое лучше располагать сортированным по крупности: самый мелкий — в сторону грунта, самый крупный — в сторону бетона. Воду из такого пласта можно свести к той же продольной дрене, которая будет играть в этом случае роль коллектора. В более простом случае, когда грунт прочен, вместо сплошного слоя закладывается ряд дрен, представляющих собой канавки, наполненные камнем и расположенные по откосу через 1,5—3 м по линии наибольшего ската.

Продольные дрены укладываются в современной практике из труб диаметром 10—20 см, имеют открытые швы, обсыпаются гравием до

верха канавки и сверху по гравию закрываются толем или цементируются.

Продольные дрены сбрасывают воды за низовой наружный откос канала или в канал. В первом случае работа дренажа вполне обеспечена. Дрены попарно сходятся с поперечным выпуском, помещаемым через 100—250 м. Швы выпусков цементируются. Из выпусков вода собирается в открытую канаву, идущую по косогору ниже канала.

з) Состав и свойства бетона. Бетон, применяемый для облицовок, должен обладать прочностью, водонепроницаемостью, солеустойчивостью и пластичностью. Из них водонепроницаемость является основным свойством.

Свойства бетона зависят от состава его, от способа приготовления и укладки в дело. Для одежд в современной ирригационной практике применяются составы более жирные — от 1 : 6 до 1 : 9 или от 1 : 2 : 4 до 1 : 3 : 6; более тощие составы — от 1 : 12 до 1 : 16 — применяются на современных крупных утилизационных и судоходных каналах.

Первый тип облицовки делается с расчетом на водонепроницаемость, поэтому поверхность одежды, как правило, покрывается смазкой из цементного раствора состава 1 : 2 или 1 : 3.

Добавки к цементу трасса, пуццоланы и других вулканических веществ увеличивают водоупорность бетона. Величина добавки зависит от состава бетона и принимается обычно:

2% при составе бетона	1:1,5:3
3% » » »	1:2,0:4
4% » » »	1:2,5:5
5% при том же составе, но со щебенкой вместо гравия.	

Прибавка нефти в количестве от 5 до 15% от веса цемента несколько понижает крепость бетона, но зато повышает водоупорность и упругость его, в частности, уменьшает его усадку при схватывании. Нефтяные добавки повышают также сопротивление бетона разрушающему действию солей. Такое же действие оказывают и силикатные добавки.

При определении категории бетона учитывается способ производства работ, так как консистенция бетона определяет возможности работы с ним на откосе.

4. Производство работ по устройству бетонной одежды

Производство работ по устройству бетонной одежды состоит из следующих операций: а) подготовка основания под одежду, б) отвод грунтовой воды, в) приготовление бетонной смеси и укладка на место, г) выдерживание бетона в период схватывания, д) уплотнение поверхности против фильтрации и мороза.

а) Подготовка основания под одежду. Подготовка основания под одежду имеет двоякую цель: 1) уплотнение откосов и дна, 2) придание им правильной поверхности перед укладкой облицовки. Простейшим средством уплотнения является замочка канала. Продолжительность замочки — от 2 часов до 14 дней, смотря по характеру грунта и содержанию в нем влаги. Замена замочки обрызгиванием поверхности перед укладкой бетона недостаточна.

Дальнейшее уплотнение вместе с планировкой производится местным грунтом и только в случае исключительно плохого грунта делается специальная песчано-гравелистая подсыпка толщиной 15—20 см. Последняя служит и для дренажа.

Уплотнение местным грунтом делается в небольших каналах вручную с помощью форм. В более крупных каналах планировка и уплотнение откоса исполняется без форм вручную с помощью особых передвижных

приспособлений. Наконец, в очень больших каналах эта работа выполняется особой машиной.

Формы для обделки откосов, а также и для бетонировки, удобно применять только в каналах не шире чем 2,5—3 м поверху. Откосы положе 1 : 1 тоже препятствуют применению форм вследствие выпирания последних при трамбовании засыпаемого за формы материала. Вместо насыпки грунта за формы иногда заливают полужидкий грунт.

Способ подготовки основания без форм, вручную, наиболее распространен. Он применяется на крупных ирригационных каналах и заключается в следующем.

Вдоль грубо отрытого канала пробивают две линии: одну — по бровке откоса, другую — вдоль подошвы его. Опорой при пробивке этих линий служит ось канала. По ней ориентируется шаблон, указывающий точное положение откосов, которое и отмечается колышками. В больших каналах линии прокладываются с помощью теодолита и нивелира. Колышки ставятся примерно через 5 м, на закруглениях — чаще. После этого на поверхность откоса, между каждой парой колышков, укладывают строго по откосу маячные бруски. По ним ходит волокуша из толстой доски, снабженная железным лезвием для срезки выступов.

В применяемой для планировки откосов машине Динглера планировка производится скреперной тележкой, которая ходит по полозьям, прикрепленным к нижнему поясу стрелы машины; производительность ее составляет 1 500 м² спланированного и укатанного откоса в день. Машина облегченного типа дает 500—600 м².

В США сконструирована планировочная машина двустороннего действия, обрабатывающая одновременно полный профиль канала и дающая выработку 2 700—3 200 м² в смену.

б) Приготовление и транспортирование бетона. Бетонные работы по облицовке каналов отличаются чрезвычайно растянутым фронтом. Поэтому наиболее употребительна такая организация работ, при которой материал сперва подвозится к балластному пути, проложенному вдоль канала, а затем доставляется балластными поездами к подвижной бетоньерке, которая находится у самого места укладки, или прямо к машине, производящей укладку.

Иногда бывает выгодно сосредоточить производство бетона в нескольких местах и распределять его по работам уже в виде готовой смеси. Такие места выбираются заранее еще во время производства земляных работ. К ним по узкоколейке свозится песок и гравий. Расстояние между этими временными заводами практика по бетонировке крупных утилизационных каналов рекомендует брать не больше 3 км, так как перевозить бетон дальше чем за 1,5 км не рекомендуется.

Подача воды в достаточных количествах во всех стадиях работы имеет первостепенное значение, начиная с замочки и подготовки русла канала и кончая периодом схватывания бетона. При хорошей организации работ вода должна быть подведена к каждой их точке.

в) Укладка бетона в формы. Укладка бетона на подготовленную поверхность должна итти по возможности вслед за планировкой. Укладка производится вручную или машинами.

Формы для бетонной облицовки употребляются в тех же случаях и того же вида, что и формы для обделки откосов. Разница лишь в том, что у подошвы бетонировочные формы дают утолщение облицовки. Отдельные звенья форм при бетонировке устанавливаются не сплошь, а через одно звено, для того, чтобы получить на границах каждого звена линии слабого схватывания бетона. Эта линия, идущая поперек всего сечения, образует конструктивный, а одновременно и температурный шов. В него при бетонировке может быть заложен толь. После затвер-

дения все звенья передвигаются на соседние пустые пролеты. Бетонировка происходит без вынимания форм из канала и с наименьшей передвижкой их вдоль канала. Бетон применяется как жидкий, так и пластичный. Последний трамбуется при укладке железными прутьями, а при наливке жидкого бетона земляные стенки защищаются железными оцинкованными листами в целях предупреждения порчи откоса при заливке бетона.

Желательно, чтобы перед укладкой одежды канал дал полную осадку. Откос, с которым соприкасается бетон, непременно должен быть сырым.

Практика показывает, что при употреблении форм получается удорожание работ до 50%. Поэтому форм следует избегать, применяя их только при откосах канала круче 1 : 1. В этом случае стоимость форм будет в известной мере компенсироваться уменьшением кубатуры земляных работ.

г) Укладка бетона без форм. Чтобы бетонная смесь до затвердения могла держаться на откосе, последний должен быть не круче одинарного или, еще лучше, полуторного. Сперва укладываются направляющие или маячные бруски поперек откоса. Ими откос разделяется на панели шириной в 4 м и более, в зависимости от размеров канала и требуемого расстояния между температурными швами. Между брусьями накладывается бетон, разравнивается граблями, трамбуется и сглаживается волокушей, движущейся по направляющим брускам. Желательно бетонировать сразу всю поперечную полосу, не делая продольных швов между откосами и дном или по середине откосов.

д) Механизация бетонировки каналов. Некоторым усовершенствованием при ручной укладке бетона является применение передвижных подмостков, с которых осуществляется подача бетона в нужную точку откоса.

В американской практике нашла применение двусторонняя машина для бетонировки откосов типа Гризли, представляющая собой передвижной мост, создающий возможность одновременной бетонировки обоих откосов. В этой машине подаваемый с моста бетон уплотняется стальными плитами, двигающимися вверх по откосу.

В европейской практике получили распространение бетонировочные машины Динглера, являющиеся усовершенствованием первоначальных типов Коппенгофера и Грюн-Билльфингера.

Основным принципом работы этих машин является вальцевание (укатка) бетона.

Современная машина Динглера производит следующие операции: приготовление бетона, подачу его точно к месту укладки; укладку арматуры, укладку, разравнивание и укатку бетона; затирку поверхности цементным раствором и нарезку продольных и поперечных швов.

Толщина бетонной одежды, изготовляемой такой машиной, может доходить до 15 см. Производительность бетоньерки — 25—30 м³ бетона в час. Общая производительность машины за восьмичасовой рабочий день составляет 1 200 м² при средней толщине облицовки 15 см.

Для бетонировки дна каналов может быть применена обычная дорожная машина *.

В новейших типах машин метод вальцевания заменяется применением вибрации при бетонировании откосов.

Простейшее приспособление такого типа состоит из двух металлических стремянок, между которыми помещается легкий пневматический вибратор платформенного типа, передвигаемый вверх по откосу с помощью лебедок и прижимаемый рабочими с помощью особых ручек к поверхности бетона.

Совершенным типом машины этого рода является специальный бетонирующий снаряд, или финишер. Этот снаряд приспособлен для одновременной бетонировки полного профиля канала. За восьмичасовую смену финишер давал выработку в 530 м³ бетона на длине канала в 152 м и толщине облицовки 15—20 см.

е) Поверхностное уплотнение и выдерживание бетонных одежд. При шероховатой поверхности бетона придание ей гладкости, а также уплотнение производится нанесением на поверхности одежды цементного раствора и растиркой его метлами и терками или нанесением раствора цемент-пушкой. В машине Динглера затирка производится самой машиной.

Цементный раствор применяется состава от 1 : 2 до 1 : 3. Толщина смазки может доходить до 1,20 см, и вообще она получается тем меньше, чем ровнее был утрамбован бетон. Смазку откоса необходимо производить по свежему бетону.

За последние годы для предохранения и уплотнения бетонных одежд вместо цементного раствора начали с успехом применять асфальт. Благоприятные результаты, получаемые в этом направлении, очевидно, приведут к более широкому применению асфальта и для защиты бетонных одежд.

Чем быстрее происходит схватывание бетона, тем сильнее его деформация и тем хуже будет его качество. Особенно вредно быстрое высыхание при схватывании. Поэтому стараются замедлить схватывание бетона, поддерживая в нем постоянную влажность. Свежая сырая бетонная одежда должна закрываться в умеренном климате летом не меньше чем в течение 2—3 дней, так как в этот период бетон получает большую часть своей прочности. Бетон покрывается рогожами, соломой, деревянными щитами.

В жарком климате необходимо не только покрывать, но и смачивать бетон из передвижных насосов в течение 7—12 дней.

5. Торкретные бетонные одежды

а) Свойства торкрета. Прочность торкрета больше обычного бетона: на сжатие — в 2,75 раза, на растяжение — в 1,3—1,6 раза. Однако осторожнее считать, что прочность торкрета на сжатие не ниже, но и не выше прочности обыкновенного трамбованного бетона. С увеличением числа слоев прочность торкрета на сжатие увеличивается. Перерывы в работе не оказывают влияния на прочность торкрета, а прибавка цемента ее увеличивает. Прочность торкрета на растяжение выше, чем у обыкновенного бетона, по различным опытам, от 1,3 до 2 и более раз.

Схватывание торкрета происходит быстрее, чем у обыкновенного бетона. После 28 дней сопротивление торкрета растяжению, повидимому, возрастает мало. Модули упругости на сжатие и на растяжение больше, чем для обычного бетона, на 60% при сжатии и на 25% при растяжении. Отношение модулей при сжатии и при растяжении для торкрета — от 7 до 10.

Сцепление торкрета с железом в 2 раза больше, чем бетона, нанесенного вручную.

Весьма важным качеством торкрета является его повышенная водоупорность, которая увеличивается с увеличением числа слоев. Совокупность имеющихся опытов позволяет утверждать, что торкрет может считаться вполне водоупорным в пределах давления до 6—8 атмосфер.

Торкрет оказывается устойчивее обыкновенного бетона в отношении щелочей и кислот. Коэфициент температурного расширения торкрета

---

* Описание машин Динглера, а также облегченной машины для бетонировки откосов см. в книге Н. В. Макридина «Одежда каналов», ОНТИ, 1936 г.

несколько выше, чем у обыкновенного бетона, и ближе к коэфициенту расширения железа. Он может быть принят равным 0,0000115. Шероховатость неотделанного торкрета больше, чем обыкновенного бетона. По определениям на ирригационных каналах в долине Рио-Гранде, коэфициент шероховатости торкрета 0,012—0,014. Поэтому вопрос об отделке торкрета представляет известное значение.

б) Торкретирование каналов. Торкретирование каналов требует частых передвижек всего оборудования вдоль канала. При этом компрессор и бетономешалка остаются на месте или они передвигаются вместе с цемент-пушкой и другим оборудованием. В первом случае доставка сухой смеси производится вагонетками. Во втором случае все механизмы монтируются на платформах торкретного поезда, который подходит к самому месту работ и передвигается вслед за ними по мере надобности. Иногда бетоньерка не входит в состав поезда, и к нему подвозится уже готовая смесь.

По данным практики, длина подающих шлангов в горизонтальном направлении доходила до 250 м, подъем вверх — до 80 м и опускание ниже уровня цемент-пушки — до 38 м. Громадное значение при производстве торкретных работ имеет обильное увлажнение торкретируемой поверхности. К нему приходится прибегать потому, что ближайший к поверхности слой торкрета имеет вследствие отскока весьма жирный состав и нуждается в большом количестве воды для нормального схватывания. Нельзя торкретировать поверхности, сквозь которые просачивается вода: ею торкрет будет вымыт. Торкрет не должен наноситься также на поверхности, покрытые водой. Особое значение для торкрета имеет выдерживание его во влажном состоянии в течение 3 или 4 недель после бетонировки.

На ирригационных каналах торкрет получил применение для образования цельных одежд, большей частью армированных металлической сеткой. При таком применении торкрета, особенно в крупных каналах, сказывается неравномерность наносимого слоя.

Стоимость торкрета и одежды из обыкновенного бетона в условиях США была в общем одинаковой.

в) Преимущества и недостатки торкрета. Торкретирование дает особые преимущества при криволинейном профиле канала, например, полуциркульном или параболическом, когда ручная обделка одежды затруднена. К преимуществам самого торкрета относятся: быстрота производства работ, особенно при криволинейной форме русла; высокая водоупорность торкрета, позволяющая рекомендовать его для облицовки каналов, особенно крупных, имеющих одежду из тощего бетона; лучшая морозо- и погодоустойчивость торкрета по сравнению с обыкновенным бетоном; лучшая сопротивляемость торкрета растворам солей, позволяющая с большей надежностью применять его для облицовки каналов в засоленных почвах; более быстрое схватывание торкрета по сравнению с обыкновенным бетоном; лучшая сопротивляемость торкрета растягивающим усилиям, что с большей безопасностью позволяет отказываться от температурных швов.

К недостаткам торкрета относится зависимость качества одежды от искусства сопловщика и проистекающая отсюда неодинаковость ее. Это вызывает необходимость строгого контроля при производстве торкретирования.

6. Эксплоатация и стоимость бетонных одежд

а) Эксплоатация бетонных одежд. Бетонные одежды требуют при эксплоатации постоянного надзора и мер предосторожности. Все, что вызывает резкие деформации русла, вредно для этих одежд, не обладающих пластичностью, особенно если они не армированы. Технический надзор должен предупреждать возможность механических повреждений одежды тяжелыми наносами возле голов ирригационных каналов или осыпями на крутых склонах; льдом, примерзающим к облицовке и ломающим ее; передвижением по каналу крупных животных, если одежда не рассчитана на это.

При недостаточно прочных облицовках приходится вести борьбу с растительностью путем уничтожения ее химикалиями на полосе вдоль канала. Надзор должен следить за отводом грунтовой воды от облицовки, т. е. за действием дренажа, проверять его состояние и прочищать его. Он должен следить за поступлением избыточных вод в бетонированный канал при ливнях и сильных пропусках воды, не допускать переполнения канала выше облицовки и обхода ее водой. Подмыв облицовки может происходить не только от поверхностной воды, но и от грунтовой, выступающей при падении уровня сквозь швы и выносящей грунт.

Важно наблюдать за температурным режимом одежды. Для этого следует избегать оставлять канал опорожненным и не пускать в него сильно охлажденной воды в жаркое время, чтобы не вызвать резких деформаций и трещин. Борьбе с морозом должно быть уделено особое внимание при тощих облицовках. Наиболее угрожаемым местом в этом отношении является полоса облицовки в пределах колебания уровня воды в канале: здесь разрушения наиболее часты. Весной, когда уровень грунтовых вод уже поднялся, но еще возможны сильные заморозки, наступает период, когда чаще всего происходят вспучивания. В этот период необходим усиленный надзор за всеми дренажными устройствами; в особо опасных местах могут потребоваться срочные меры в виде фильтрационных отверстий, разгружающих облицовку от гидростатического напора позади нее. Все замеченные трещины необходимо уплотнять раствором асфальта, закрывать смоленым войлоком и т. п.

Если некоторый кольматаж облицовки может быть полезен, то заиление бетонированных каналов не должно допускаться как ухудшающее их гидравлические качества. Очистка от ила должна производиться с особой осторожностью на малых каналах, где облицовка тонка.

Из всего сказанного следует, что раз уложенная бетонная облицовка не может быть предоставлена самой себе и внешним влияниям. Без ухода и надзора она откажется служить и разрушится. При хорошем же наблюдении и тщательном уходе хорошо построенная бетонная одежда может служить весьма долгий срок. Армированные облицовки более стойки против механических усилий, не доходят до окончательного разрушения, но надзора в связи с морозом требует не меньше, чем одежды без арматуры.

б) Стоимость бетонных одежд. Стоимость бетонной одежды слагается из стоимости подготовки русла и из стоимости устройства самой одежды. Последняя распадается на ряд слагаемых, из которых основными являются: стоимость цемента, оплата рабочей силы и стоимость инертных материалов.

По данным американской практики, соотношение отдельных расходов при устройстве облицовки таково:

1) Цемент	31,5%	5) Технадзор	6%
2) Подготовка основания	20%	6) Аренда механизмов	5,5%
3) Рабочая сила	23%	7) Вода	2,0%
4) Инертные материалы	12%		

При этом общая стоимость облицовки составляла:

при толщине	2,5	см — от		60	коп. до		80	коп. за 1 м²
»	»	5,0	» — »	1	руб.	10	»	»	1	руб.	50	»	»	1	»
»	»	10,0	» — »	2	»	50	»	»	3	»	50	»	»	1	»

В проекте гидроэлектрической станции на р. Чирчик стоимость 1 м³ бетонной облицовки исчислена (в 1932 г.) в 4 руб. 90 коп.; из них 84% составляет бетонировка, 11% — планировка откосов и устройство сплошного гравелистого основания и 5% — дренаж. Толщина облицовки по низу откоса — 15 см, по верху — 10 см.

По данным А. Н. Костякова, в Средней Азии (Голодная степь и др.) бетонировка каналов обходилась от 50 до 90 руб. за 1 м³ бетона в одежде, т. е. от 50 до 90 коп. на 1 м² за каждый сантиметр толщины.

Стоимость торкретных облицовок не отличается от стоимости обыкновенных бетонных. По некоторым работам, выполненным в США за последнее десятилетие, эта стоимость получалась от 1 руб. до 3 руб. 30 коп. за 1 м² при толщине облицовки от 2,5 до 3,8 см.

Стоимость 1 м² торкрета, по данным Ленинградской верфи железобетонного судостроения, получалась:

при толщине слоя 5 см	. . . . .	3 руб.	55 коп.
» »	2 »	1 »	42 »
» »	1 »	— »	82 »

При нанесении торкрета в качестве защитного слоя работа в 3 раза производительнее. Например, при средней толщине торкрета 2 см за 2 раза один рабочий в день сделает 16 м² торкрета, а вручную — не свыше 5 м², т. е. торкретирование при той же стоимости займет в 3 раза меньше времени и даст еще экономию на материале, позволив применить одежду более тощего состава.

7. Асфальтовые одежды

Из покрытий, основанных на применении искусственной смеси инертных и вяжущих материалов органического состава, в облицовках каналов получили распространение асфальтовые одежды с применением битумных материалов. Смоляные (дегтевые) материалы не нашли пока широкого применения с этой целью, а первые опыты с ними (Мюнхенский институт) дали худший результат по сравнению с битумами.

а) Типы асфальтовых одежд. Для асфальтовых покрытий употребляются следующие асфальтовые строительные смеси:

1) асфальтовый бетон, представляющий собой смесь щебня (гравия), песка, заполнителя и битума. В качестве заполнителя употребляется асфальтовый порошок, представляющий собой продукт измельчения естественных битумных пород, каменная мука (известняковый и мраморный порошок), портланд-цемент, лёсс;

2) асфальтовый раствор, представляющий собой смесь песка, заполнителя и битума;

3) литой асфальт, состоящий из асфальтовой мастики (заводской продукт, изготовляющийся из смеси асфальтового порошка с битумом), песка и битума. Литой асфальт, вследствие высокого содержания битума, не требует уплотнения при укладке, но обладает меньшей прочностью.

Последние два типа не получили распространения в качестве самостоятельной одежды каналов и по своему характеру более подходят для уплотнения более водопроницаемых, но достаточно прочных одежд.

Все три указанных типа производятся горячим методом по способу предварительного смешивания.

Кроме того, в практике находят применение покрытия, близкие по характеру к асфальтовым и устраиваемые:

1) по способу поверхностной обработки, состоящему в поливке приготовленной поверхности вяжущим веществом в количестве 1,5—3 кг на 1 м², рассыпке гальки и укатке, а затем в повторной обработке вяжущим веществом в количестве 0,5—1 кг на 1 м², посыпке галькой и укатке;

2) по способу внутренней пропитки (глубокого проникания), заключающемуся в предварительной укладке и укатке щебня или гравия, поливке вяжущим веществом в количестве около 1 кг на 1 м² на каждый сантиметр толщины облицовки, посыпке высевками и уплотнении.

Пропитка производится или горячим способом, что требует наличия сухого материала и сухой погоды, или холодным способом с применением эмульсий, представляющих собой взвесь битума в воде, содержащей эмульгатор и стабилизатор, или разжиженных битумов с употреблением летучих растворителей. Холодный способ дает возможность производить работы в сырую погоду и при сыром материале.

б) Состав и свойства асфальто-бетона. Наиболее распространенным составом асфальто-бетона является смесь из щебня (гравия), песка и заполнителя, составленная по принципу наименьшей порозности с установлением затем необходимого количества битума, причем для облицовок обычно применяют бетоны с избытком битума, но не более чем на 2% от объема пустот, во избежание оползания откосов.

Сорт и качество битума влияют на прочность и другие свойства бетона. Бетоны из твердых битумов имеют повышенную прочность и температуроустойчивость, но они могут быть хрупкими на морозе. Благоприятной в смысле морозоустойчивости является повышенная растяжимость битума, которая определяет собой также и эластичность бетона.

Водоупорность бетона возрастает с увеличением содержания битума, и при надлежащей дозировке можно добиться практически абсолютной водоупорности и полного отсутствия поглощения воды.

В получивших освещение в печати опытах устройства асфальтовых облицовок содержание битума колеблется от 5 до 10% по весу, причем бетон более высокого качества получается при большем содержании битума, близком к полному заполнению пор минеральной смеси.

В одной из работ (канал Дортмунд — Эмс) употреблялись следующие составы бетона:

Для водонепроницаемого слоя		Для защитного слоя	
Гравий 3—15 мм	30 частей	Гравий 5—30 мм	90 частей
Крупный песок 0—5 мм . . .	30 »	Крупный песок 0—5 мм .	10 »
Мелкий » 0—1 » . . .	40 »	Известняковый порошок .	10 »
Известняковый порошок . . .	25 »	Битум	4,5—5 »
Битум	8,5—9 »		

в) Конструкция и свойства асфальтовых облицовок. Асфальтовые облицовки требуют достаточно плотного основания, что может быть достигнуто трамбованием или укаткой грунта, устройством гравелистой подготовки или предварительным укреплением грунта (на канале Дортмунд—Эмс песчаное основание укреплялось поверхностной обработкой известью и цементом).

Асфальтовые одежды допускают одинарные откосы каналов, однако рекомендуется делать их не круче 1 : 1,5.

Толщина одежды варьирует от 2 до 5 см и, как максимум, до 8 см, причем высшие пределы обусловлены требованиями прочности. При надлежащем подборе состава необходимость в швах исключена.

К достоинствам асфальтовых облицовок следует отнести: очень высокую водоупорность, пластичность, морозоустойчивость, химическую инертность, легкое исправление повреждений, малый коэфициент шероховатости (0,013—0,014).

К недостаткам этих одежд относятся: 1) уменьшение прочности при повышении температуры, что может повести за собою пробивание облицовки растениями, особенно корневищными; поэтому наиболее безопасным является применение этих облицовок в глубоких выемках или в песчано-гравелистых грунтах; в иных условиях необходимо отравление растительности путем пропитывания грунта химикалиями; кроме того, рекомендуется осветление асфальтовой поверхности; 2) невозможность проведения работ в сырую погоду, так как при устройстве необходимо сухое основание; при наличии грунтовых вод необходима осушка поверхности хотя бы на время производства работ; 3) оплывание в жаркую погоду на крутых откосах.

г) Производство работ. Производство работ заключается в: 1) подготовке основания, 2) изготовлении асфальто-бетона и 3) укладке асфальто-бетона.

1. В небольших каналах подготовка, заключающаяся в планировке дна и откосов и в уплотнении их, может быть произведена вручную; в более крупных каналах русло укатывается особым поперечным катком.

2. При небольших объемах работ изготовление асфальто-бетона производится при помощи обыкновенных котлов, а также путем приспособления для перемешивания бетоньерки.

Для крупных работ применяются специальные асфальтовые установки непрерывного или периодического действия.

При транспортировании смеси к месту укладки необходимы предупредительные меры против охлаждения и попадания воды и контроль за температурой смеси.

Кроме того, употребляются установки, изготовляющие смесь на самом месте укладки; работа этих установок согласуется с процессом укладки.

3. При малых масштабах работ нанесение готовой смеси и ее разравнивание производится вручную с уплотнением трамбовками или ручными катками, после чего поверхность отделывается горячими гладилками.

Для устройства облицовки по дну больших каналов могут быть приспособлены соответствующие дорожные машины.

В последнее время фирмой «Динглер» выпущена машина для укладки битуминозных облицовок на откосах, в основных чертах сходная с бетонировочной машиной той же фирмы. Машина требует 3 человек обслуживающего персонала и дает производительность 800—1 000 м² за восьмичасовую смену.

8. Глиняные одежды

Под наименованием глиняных одежд можно понимать приемы защиты русел от фильтрации не только путем применения глины, но вообще путем использования грунтов с меньшей водопроницаемостью для защиты русла, проходящего в грунтах с большей водопроницаемостью. При этом эффект действия такой одежды будет тем выше, чем больше разница в водопроницаемости грунтов; этой разницей и определяется целесообразность применения указанной одежды в тех или иных условиях. Наиболее уместным является применение ее при сильно водопроницаемых песчаных и гравелистых грунтах.

Качество одежды определяется следующими свойствами материала и операциями над ним: 1) мелкоземистость механического состава материала одежды; 2) тщательное перемешивание грунта с водой при содержании ее не свыше известного процента, выше которого грунт начинает терять устойчивость и плыть; 3) уплотнение пропитанного водой рыхлого материала в целях максимального сближения частиц грунта между собою и сцепления их в одно непроницаемое целое; 4) искусственное уплотнение грунта путем обработки его глинистой суспензией.

а) Свойства глиняных одежд, условия их применения и типы. По указанию А. Н. Костякова, применение глиняной одежды может дать сбережение воды до 70%; однако степень эффективности одежды сильно зависит от условий ее применения. Применение глиняной облицовки на системах Хентлей и Якима Саннисайд в США дало уменьшение потерь на 50—60%. При устройстве одежды такого типа на каналах Пенджаба потери уменьшились на 52,5%.

Положительной стороной этой одежды является ее дешевизна (при наличии благоприятных условий) и пластичность.

Отрицательными свойствами глиняной одежды являются:

1) малая ее прочность и сопротивляемость размыву, что не позволяет допускать скорости выше 0,30—0,50 м в секунду: для предохранения глины от размыва применяется защитный слой гравия или песка; кроме того, можно указать на применение добавки к глине мелкой соломы;

2) одежда легко зарастает сорняками;

3) при высыхании глиняная одежда легко трескается, что приводит к значительному уменьшению антифильтрационного эффекта; с этой точки зрения применение этой одежды для каналов прерывистого действия вряд ли целесообразно;

4) глиняная одежда требует для своего устройства продолжительного времени и хорошей погоды.

Этими недостатками объясняется малое распространение глиняных одежд на ирригационных каналах. Широкое применение она нашла в судоходных каналах, где для ее применения имеют место более подходящие условия.

Коэфициент шероховатости глиняных одежд, прикрытых слоем гравия, больше, чем земляных откосов. Коэфициент K в формуле Куттера для гравелистых откосов — 0,020.

Глиняная одежда требует довольно пологих откосов, не круче 1 :1,5.

Толщина одежды составляет 10—35 см при плотном трамбовании.

Типы глиняной одежды, применяемые на современных судоходных каналах, однообразны. Одежда канала состоит из утрамбованной или укатанной глины толщиной от 30 до 60 см по дну. На слой глины наносится защитный слой из гальки и песка толщиной от 30 см и выше. По линии уреза воды в пределах обычных колебаний горизонта воды устраивается специальное береговое крепление, большей частью из крупной каменной наброски на слое щебня, толщиной около 30 см.

б) Производство работ и стоимость. Производство работ распадается на следующие операции: добыча и транспорт глины, замеска ее, подготовка основания под одежду, нанесение слоя глины на поверхность, укатка одежды, нанесение защитного слоя.

При ручном способе работ, применимом на небольших каналах с малым объемом работы, укладка глины производится по шаблонам. Если делается облицовка готового канала, то предварительно необходимо сделать дополнительную выемку грунта на толщину одежды. Перед укладкой для лучшего сцепления с грунтом рекомендуется делать насечки на откосах глубиною 3—4 см; кроме того, русло канала при укладке должно быть во влажном состоянии. Замешивание глины обычно производится лошадьми. После наброски глины приступают к трамбованию. Для того чтобы предотвратить прилипание глины к трамбовкам, сверху насыпается сухая глина слоем 1—2 см или крупнозернистый песок с гравием. После укладки одежды рекомендуется пропустить по каналу воду и после просушки забить трещины сухой глиной.

При крупных работах добыча глины производится экскаваторами, а транспорт осуществляется поездами, из которых глина сваливается прямо в творильные ямы, выкапываемые вдоль фронта работ. При механической работе эти ямы располагаются так, чтобы снаряд, насыпающий глину на откос, мог забирать ее прямо из творильных ям.

Работа по нанесению замешенной глины на откосы и на дно канала выполняется обыкновенным башенным краном или особым снарядом. Этот снаряд состоит из стрелы, опирающейся своими концами на две тележки, катящиеся по рельсам. Нижняя из этих тележек снабжена двигателем и передвигает весь снаряд вдоль канала. Стрела имеет движение в вертикальном и горизонтальном направлении. В вертикальном она может принимать уклон до 1 : 3, располагаясь поперек канала. В горизонтальном направлении она может становиться в такое положение, что обе тележки своим концом будут двигаться друг за другом по одной колее.

На конце стрелы, противоположном большой тележке, имеется черпак для захвата грунта, а вдоль стрелы идет конвейер, на который и поступает грунт из черпака. Грунт передается по конвейеру до особого передвижного сбрасывателя, который и сбрасывает грунт на откос, рассыпая его по всей покрываемой полосе. Ширина полосы, перекрываемая стрелой с одной позиции — 20 м по откосу и 6 м по дну канала, считая от подошвы откоса.

Работа снаряда должна сообразоваться с работой экскаватора и с работой уплотняющих катков.

Укатка одежды производится обычно слоями, параллельными уплотняемой поверхности. Для укатки применяются двойные катки, весом 4,5—7 т, при удельном давлении 2 и 4 кг на 1 см². Выбор катков надлежащего веса имеет большое значение для прочности одежды и требует большого опыта. Легкий каток не дает требуемого уплотнения даже при многократном укатывании. Излишне тяжелый каток будет погружаться в глину и вязнуть в ней. Скорость движения катка по откосу — около 0,75 м в секунду. Слои укладываются непрерывно друг на друга и тотчас укатываются во избежание высыхания и образования трещин. Укатка подвигается весьма медленно, так как глину необходимо довести до определенной плотности; для этого катку приходится проходить по одному месту много раз (например, не меньше 12 раз: 6 раз вверх и 6 раз вниз). Сухая глина требует прохода катка до 24 раз.

Другой способ укатки отличается от описанного тем, что слои одежды насыпаются на откосе и укатываются не в поперечном, а в продольном направлении лентами шириной 0,4 м.

Стоимость устройства глиняной облицовки сильно зависит от толщины облицовки, дальности подвозки материала и степени механизации работ. Так, устройство облицовки примитивным способом на небольших каналах в США обходилось около 20 коп. золотом.

По данным УкрНИИГиМ, стоимость глиняной облицовки толщиной в 10 см при ручной укладке и подвозке материала на 2 км выразилась в 1 руб. 23 коп. за 1 м². При толщине 16 см и при добавке к глине соломы стоимость выразилась в 1 руб. 95 коп. за 1 м².

в) Глинизация грунтов и искусственный кольматаж. К типу грунтовых одежд можно отнести уплотнение грунта русла введением в него глинистых фракций. Это может быть осуществлено путем поверхностного кольматирования, что достигается взмучиванием в канале глинистого материала. Кольматирование лучше производить в стоячей воде; с этой целью канал разбивается на участки длиною 50—100 м; после наполнения участков водою производится взмучивание глины. Этот метод в проницаемых грунтах может дать, повидимому, хорошие результаты. Так,

по данным УкрНИИГиМ, можно достигнуть уменьшения фильтрации в 2—3 раза при стоимости такого мероприятия в 10—15 коп. на 1 м². При малых скоростях течения (не свыше 0,3—0,5 м в секунду) кольматаж можно производить при работе канала путем впуска глинистого материала в канал вместе с водой.

Глинистый материал предварительно размешивается с водой в специальных ямах, откуда глинистая взвесь может перекачиваться в канал центробежными насосами, или вносится в дырчатых ящиках, помещенных непосредственно в канале.

Другой метод заключается в поливке глинистой суспензией дамб, устраиваемых из проницаемого грунта, при насыпке и укатке их. Этот метод применялся на некоторых участках канала Москва — Волга и дал хорошие результаты.

9. Одежды из грунто-бетонов, основанных на применении вяжущих материалов неорганического состава

Под грунто-бетонами подразумеваются бетоны, в которых основную часть инертных материалов составляет естественный грунт. Применение грунто-бетонов во многих случаях ирригационной практики может оказаться весьма рациональным приемом, особенно при отсутствии близких карьеров гравия и песка.

Употребление таких бетонов на основе вяжущих материалов неорганического состава, из которых наиболее известны цемент, известь и силикат, не нашло пока приложения в практике облицовки каналов. Поэтому в дальнейшем дается лишь общая характеристика этих грунто-бетонов.

а) Известковые грунто-бетоны. Применение извести для получения грунто-бетона не вышло еще за пределы лабораторных опытов. На практике известно применение извести в смеси с цементом для укрепления песчаного основания под асфальтовую одежду.

Недостатком известкового грунто-бетона является его невысокая механическая прочность. Кроме того, для целей облицовки каналов необходимо применение гидравлической добавки к извести, в виде обожженной и молотой глины, трасса, трепела и т. п., с целью придания грунто-бетону водоустойчивости. Водопроницаемость известкового грунто-бетона в лабораторных опытах оказалась очень низкой.

б) Силикатные одежды. Принцип силикатирования грунта заключается в пропитке его жидким стеклом (силикатом), представляющим собою (обычно) натровую соль кремневой кислоты, и последующей обработке фиксатором.

В результате разложения жидкого стекла фиксатором выпадает гидрогель кремневой кислоты, склеивающий и цементирующий частицы грунта. В качестве фиксатора известны кислоты (серная, соляная), а также соли (хлористый кальций, кремнефтористый натр и т. д.); такое же действие производят церезит, цемент и некоторые другие материалы.

На качество получаемого путем силикатирования грунто-бетона в основном оказывают влияние характер обрабатываемого грунта и выбор химикалиев.

Наименее пригодными для силикатирования считаются грунты, содержащие в значительном количестве органическое вещество.

Наилучшие результаты дают мелкоземистые грунты минерального происхождения: суглинки и супеси. Чистые пески обрабатываются хорошо, но требуют большого количества химикалиев. Засоленные грунты не дают хороших результатов при обработке.

Важное значение имеет выбор фиксатора.

По опытам А. В. Знаменского наиболее благоприятные результаты дали: кремнефтористокислый натр (Na_2SiF_6), а также церезит, цемент и шламм из отходов суперфосфатного производства. Применение $CaCl_2$ и HCl не целесообразно, ибо дает очень быстрое схватывание.

А. В. Знаменский указывает на такой состав бетона:

Песка диаметром 1,2—2,5 мм	50%	
» » 0,15—0,30 мм	30%	
Суглинка или глины	20%	
Жидкого стекла	12,5%	от веса добавки
Na_2SiF_6	1,2%	
Воды	4 %	

Образцы, изготовленные из этого состава, имели временное сопротивление на раздавливание 259 кг/см² и на разрыв 47 кг/см², выдержали более чем 25-кратное замораживание, хранение в воде свыше 6 месяцев и дали очень низкий коэфициент фильтрации. По данным Огарева, для естественных грунтов добавка жидкого стекла крепостью 40°Ве должна быть не меньше 15% от объема грунта, а фиксатора (кремнефтористокислого натра) — от 2 до 4%, смотря по содержанию глинистых частиц. Количество и концентрация определяют собой скорость схватывания грунто-бетона. Повышение концентрации жидкого стекла увеличивает прочность одежды.

Стоимость одежды, по данным указанных авторов, составляет 4—5 рублей за 1 м² при толщине 10 см.

10. Одежды из грунто-бетонов, основанных на применении вяжущих материалов органического состава

В качестве вяжущих материалов органического состава для изготовления грунто-бетонов применяются: нефть, битумные и дегтевые материалы. Наибольшей известностью в практическом применении к каналам пользуются нефтяные одежды.

а) Нефтяная одежда. Нефтяная одежда основана на пропитывании русла канала нефтью, главным образом тяжелой, парафинистой, или нефтяными остатками (мазут).

Нефтяные одежды устраиваются двумя способами. Первый способ заключается в поливке жидкой нефтью поверхности грунта, предварительно очищенной от растительности и спланированной. После впитывания первой порции нефти производится вторичная поливка и т. д. Такое многократное пропитывание малыми порциями не дает нефти стекать по откосу и образует более равномерную одежду. Нефть наносится обыкновенной дорожной лейкой, передвигаемой по дну и вдоль откосов. Можно также подавать нефть из шланга под давлением. Для предупреждения стекания нефти с откосов последние тотчас же после каждой поливки присыпаются просеянной землей. Второй способ отличается от описанного тем, что грунт перед поливкой нефтью разрыхляется граблями или боронами для лучшего соединения с нефтью. Подогретая до 140°—150° Ц нефть разливается в несколько приемов в количестве 5—15 л на 1 м²; после легкой трамбовки поверхность присыпается сухой почвой слоем 2—3 см и хорошо уплотняется.

Первые нефтяные одежды на каналах и водохранилищах были устроены в США и в Индии, где они в ходу до настоящего времени. Опыты, производившиеся в Пенджабе в 1904—1910 гг., показали хорошую водонепроницаемость смоляных одежд (из парафинистой нефти и из каменноугольной смолы, разогретой почти до кипения). Расход нефти был около 4 кг на 1 м². Такая одежда уменьшала на 75% потери фильтрационной воды.

В опытах, произведенных департаментом земледелия США в 1906 г., одежда из тяжелой смолистой нефти, пропитывавшей в несколько приемов грунт с ненарушенной структурой до нормы 12 кг на 1 м², уменьшала количество фильтрационной воды на 50—60%.

Для увеличения плотности нефтяных одежд они должны накладываться в несколько приемов. Кроме того, они неустойчивы и требуют возобновления. По индийским опытам, нефтяные одежды теряли за год около 10% своих качеств. Не обладая собственной прочностью, они не могут противостоять разрушительным механическим усилиям.

Нефтяная одежда допускает несколько повышенные против естественного грунта скорости (до 1,2 м/сек.); кроме того, обработка нефтью ведет к гибели сорной растительности на ряд лет.

Срок службы нефтяной одежды исчисляется в 4—5 лет. Стоимость такой одежды невелика и составляет 50 коп. — 1 руб. 20 коп. за 1 м².

б) Битумные грунто-бетоны. В последнее время делаются попытки использования битумных материалов для изготовления грунто-бетонов с целью применения их для одежд каналов.

Так же как и при асфальто-бетонах, битум может применяться в горячем и в холодном виде — растворенным в органическом разжижителе (сольвент-нафта, керосин, нефть и т. д.) или в виде эмульсии.

Холодные способы использования битумных материалов, наравне с жидкими дегтевыми материалами, находят уже широкое применение для обработки грунтовых дорог с целью получения устойчивой и водоупорной одежды. Опыт применения разжиженного битума для грунтовой одежды канала дал весьма высокий эффект в смысле уменьшения фильтрации, однако при этом не было достигнуто достаточной прочности одежды.

Что касается битумных грунто-бетонов, основанных на горячем способе производства, то циклом лабораторных работ Б. Н. Огарева установлена их очень высокая прочность (до 700 кг/см² и выше при большом давлении при укатке); это делает возможным применение их в очень небольшом слое. Битумный грунто-бетон практически водонепроницаем и морозоустойчив; кроме того, он обладает значительной устойчивостью при повышенных температурах. Примерный состав такого грунто-бетона: 70—80% грунта, около 10% битума и около 10% заполнителя (молотый мел или каменноугольный пек или смесь их). Способ приготовления состоит в подогревании просушенного грунта до 120—150°Ц, после чего кладется в раздробленном состоянии битум и пек. В процессе расплавления битума масса все время подогревается при 150°—160°Ц и перемешивается до получения однородности по внешнему виду. Уложенная масса утрамбовывается или укатывается, причем прочность грунто-бетона зависит от степени уплотнения. Стоимость такого асфальтового грунто-бетона составляет около 5 рублей за 1 м² при толщине 5 см.

11. Химическая обработка грунта с целью искусственной его диспергации

Одним из новейших методов борьбы с потерями на фильтрацию является химическая обработка грунта с целью воздействия на его агрегатный состав. Этот метод прошел стадию лабораторных и полевых испытаний и начинает внедряться в ирригационную практику.

а) Сущность метода. В основе данного метода лежит учение о почвенном поглощающем комплексе и его влиянии на водно-физические свойства почвы. Из этого учения известно, что некоторые химические элементы, входя в состав поглощенных оснований, обусловливают разрушение почвенных агрегатов, диспергацию грунта и приобретение

им свойства водонепроницаемости. Весьма высокими свойствами в этом отношении (в качестве поглощенного основания) обладает, как известно, натрий. Искусственно насытив поглощающий комплекс почво-грунта, составляющего русло канала, натрием, можно достигнуть того, что естественный грунт, диспергируясь, резко уменьшит свою водопроницаемость.

Поскольку почвы, содержащие поглощенный натрий в естественных условиях, носят название солонцов, то этот метод известен также под названием метода искусственного солонцевания русла каналов.

б) Материалы для искусственного солонцевания и их дозировка. Для искусственного солонцевания применяются натровые соединения, причем нейтральные соли натрия (хлористый натрий) дают меньший эффект, нежели щелочные соединения (сода, каустик). В случае дефицитности последнего рода материалов они могут быть употреблены также в виде добавки, обеспечивающей создание щелочной реакции, в условиях которой внедрение натра в поглощающий комплекс происходит более энергично.

Доза обработки исчисляется в килограммах соли на 1 м² обрабатываемой поверхности. Ее определяют, исходя из свойств грунта и условий работы канала, по следующему подсчету:

$$D = k \cdot D_{мин},$$

где k — коэфициент запаса, который в обычных случаях может быть принят равным от 2 до 3. Более высокие пределы коэфициента запаса будут соответствовать случаям неблагоприятных условий, как-то: значительной карбонатности или гипсоносности грунтов, малым значениям константы обменной адсорбции, малым значениям общей емкости поглощения. Прерывистый режим работы канала, а также увеличение глубины воды в канале тоже ведут к некоторому повышению коэфициента запаса. В благоприятных же случаях, наоборот, следует придерживаться нижних пределов этого коэфициента.

$D_{мин}$ — минимальный предел дозы хлористого натрия в килограммах для обработки 1 м² — определяется из следующего выражения:

$$D_{мин} = \frac{\gamma \cdot A_{\infty}}{1\,723} \cdot c,$$

где: γ — объемный вес грунта в килограммах на 1 м³;

A_{∞} — общая емкость поглощения данного почво-грунта в метровом слое в миллиэквивалентах на 100 г почвы;

c — коэфициент, равный 0,10—0,15.

Исчисленная указанным путем доза обработки в обычных условиях будет находиться в пределах от 3 до 7—8 кг хлористого натрия на 1 м².

При употреблении щелочных диспергаторов доза может быть снижена.

в) Производство работ. Обработка русла канала может быть произведена различными способами — с употреблением соли как в растворенном, так и в сухом виде (в этом случае соль растворяется и производит свое действие при замочке канала); при этом можно обрабатывать как поверхность канала, так и внутренние слои грунта. Обязательным условием обработки является обеспечение равномерного распределения соли (или раствора) по всему слою грунта, который должен образовать малопроницаемый экран вокруг смоченной поверхности канала. Наиболее изученными являются два способа: способ поверхностной обработки концентрированным раствором и закрытый способ солонцевания.

Первый из этих способов состоит из следующих операций:

1) Канал очищается от сорняков и наносов. При наличии значительного заиления очистку перед обработкой следует произвести с некоторым перебором (снять часть грунта).

2) Обработку канала следует проводить по просушенному руслу. При влажном грунте и плохом впитывании раствора поверхность русла предварительно взрыхляется на глубину 3—5 см и затем просушивается. При сильно проросшем канале необходимо сделать более глубокое (на 15—20 см) рыхление поверхности русла, удалив, кроме того, основную массу корневой системы сорняков.

3) Приготовленный 20-процентный раствор хлористого натрия распределяется равномерно по дну и откосам в количестве, сообразном с дозой обработки, с недопущением стока с откосов на дно канала; эту обработку обычно приходится производить в несколько приемов.

4) после обработки желательно присыпать обработанную поверхность слоем грунта в 2—3 см и утрамбовать.

5) Перед пуском в эксплоатацию необходимо сделать замочку канала стоячей водой в течение 1—2 суток, причем оставшуюся от замочки в канале воду следует направить в сброс.

Закрытый способ солонцевания состоит в образовании солонцового слоя внутри тела канала.

Для этого при устройстве канала в насыпи, после того как насыпь достигла отметки на 20—30 см ниже проектного дна, следует обработать поверхность насыпи раствором соли или, лучше, сухой солью (равномерным слоем) полосой немного более широкой, нежели расстояние между осями дамб. Дальнейшая насыпка дамб комбинируется с послойной обработкой линии вдоль осей обеих дамб; в результате такой обработки должен быть получен сплошной засолонцованный вертикальный экран, не доходящий до верха дамб на 15—20 см.

При применении этого способа на готовых каналах, а также при устройстве каналов в выемке необходимо предварительно снять по периметру канала дополнительный слой грунта толщиной 10—20 см и после обработки русла уложить на место с хорошим уплотнением.

Если при закрытом солонцевании употребляется сухая соль, то наилучшие результаты получаются при смешивании ее с взрыхленным грунтом.

г) Свойства солонцовых одежд и условия их применения. Антифильтрационный эффект искусственного солонцевания и его длительность зависят от дозы обработки, способа обработки и условий, в которых солонцевание применяется.

Более высокая доза обработки дает более высокий и устойчивый эффект. Закрытый способ солонцевания может дать более длительный и устойчивый эффект, особенно при применении обработки сухой солью. Большое влияние на длительность эффекта оказывают условия эксплоатации засолонцованных каналов. Для повышения длительности эффекта необходимо тщательно следить за своевременным уничтожением сорной растительности в русле канала.

При наличии значительного количества гипса или карбонатов в почво-грунтах можно ожидать менее длительного действия обработки; в этих случаях желательно давать повышенную дозу обработки или делать добавку щелочного диспергатора. Переход к щелочным диспергаторам с целью уменьшения дозы уместен также при неглубоком залегании грунтовых вод.

Более высокого и длительного эффекта можно ожидать на каналах постоянного действия; для каналов периодического действия, подвергающихся частым просушкам, более уместным является закрытый способ солонцевания.

В зависимости от указанных условий солонцевание русла дает уменьшение потерь на фильтрацию от 2 до 5 раз в первые два года действия. Длительность же действия обработки — 3—5 лет; повторная обработка

может производиться уменьшенной дозой; рядом повторных солонцеваний можно почти полностью и надолго прекратить фильтрацию в русле канала.

Применение искусственного солонцевания в описанном виде не будет целесообразным при прохождении канала в песчаных грунтах, содержащих слишком малое количество агрегатных частиц, способных к диспергированию. Если при этом в непосредственной близости имеются грунты, способные диспергироваться под влиянием обработки, то можно употребить их в качестве грунтовой одежды, подвергая их предварительной обработке дисперсатором.

Поверхностная обработка русла с целью дисперсации грунта ведет за собою некоторое понижение сопротивляемости грунта размыву, что должно быть учтено при производстве поверхностного солонцевания путем предварительного уменьшения уклонов каналов, в случае если они близки к критическому в смысле размыва.

Применение закрытого способа солонцевания не влечет за собой указанного последствия, в силу чего этот способ наиболее подходит для ирригационных каналов и в особенности при солонцевании в процессе устройства сети.

С целью повышения устойчивости русла можно применить комбинацию поверхностного солонцевания с последующей обработкой русла нефтью.

Искусственное солонцевание каналов, как показывает расчет и практика, не создает опасности засоления орошаемой территории.

д) Стоимость солонцевания. При ручном способе производства работ стоимость поверхностной обработки хлористым натрием дозой 2—5 кг на 1 м² составляет без накладных и транспортных расходов 30—40 копеек на 1 м² обработки. Из них 15—20 копеек составляет оплата рабочей силы (стоимость хлористого натрия исчисляется по техническим расценкам). С учетом всех расходов стоимость составит около 50—60 копеек за 1 м². Закрытый способ солонцевания обходится несколько дороже. При механизированной обработке стоимость может быть снижена минимум на 20%.

При применении щелочных дисперсаторов стоимость несколько возрастает за счет удорожания материалов. Так, при применении кальцинированной соды стоимость возрастет на 4—8 копеек за 1 м², в зависимости от степени добавки этого дисперсатора, а в случае каустической соды, еще более благоприятной для создания высокого эффекта, стоимость повысится на 25—35 копеек на 1 м².

ГЛАВА XV

СБРОСНАЯ И ВОДООТВОДНАЯ СЕТЬ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

§ 96. Назначения, основные типы и условия работы сбросной и водоотводной сети при орошении

Каждая ирригационная система должна иметь сбросную сеть. Эта сеть служит для опорожнения каналов и сооружений на случай ремонта системы или ее части, прекращения подачи воды в систему (прерывистое водопользование, закрытие системы на зиму или на период очистки системы от наносов), для сброса излишних вод, попавших в систему

в силу аварий или отсутствия регулирующего водозаборного сооружения, а также для сброса перехватываемых поверхностных атмосферных вод, если последние не могут быть использованы для орошения (увлажнения земель). Водоотводная сеть предназначается для отвода грунтовых вод, если последние, в силу гидрогеологических особенностей орошаемого массива, могут стать угрозой заболачивания и засоления земель.

Травопольная система земледелия, хорошая агротехника на орошаемых землях, плановое водопользование, правильная эксплоатация оросительных систем и применение рациональных поливных норм являются основными условиями для поддержания орошаемых земель в хорошем состоянии, для предотвращения заболачивания иррига-

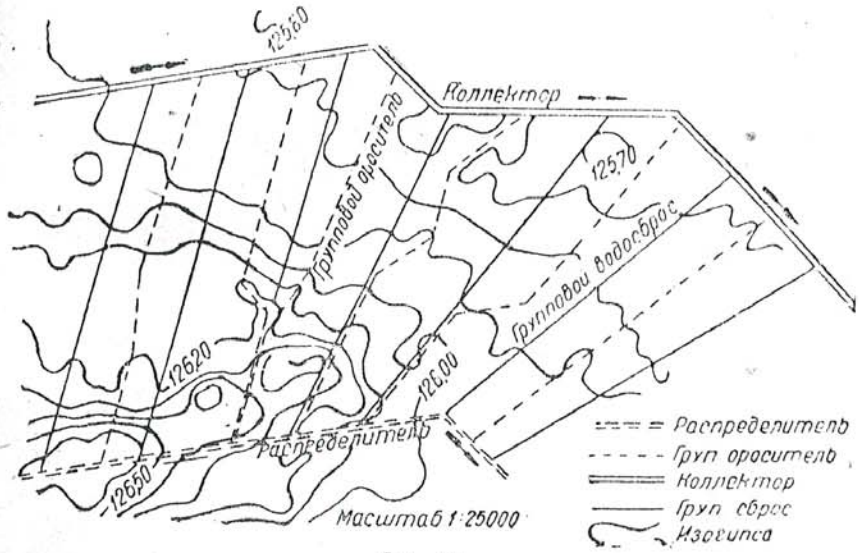


Рис. 144.

ционных систем и подъема уровня грунтовых вод. Все вышеуказанные мероприятия являются обязательными для проведения на каждой оросительной системе. Поэтому водоотводная сеть, служащая для отвода грунтовых вод, делается не в каждой системе, а только в тех случаях, когда появление избыточных грунтовых вод вызывается гидрогеологическими условиями (отсутствие естественного оттока при близко залегающих грунтовых водах или наличие напорных вод), а также почвенными условиями (наличие засоленных почво-грунтов, требующих промывки при неблагоприятных условиях отвода промывных вод). Если появление этих избыточных вод не может быть предупреждено в нужные сроки путем отмеченных выше эксплоатационных и агротехнических мероприятий, то необходимо устройство специальной водоотводной сети. Изучение гидрогеологических условий орошаемого массива и степени обеспеченности естественного оттока грунтовых вод имеет громаднейшее значение при решении вопроса о необходимости водоотводной сети и об ее характере, размерах и расположении.

§ 97. Сбросная сеть

Расположение сбросной сети в плане. Расположение сбросной сети в плане сообразуется с рельефом местности и направлением оросительных каналов. Сбросные каналы (для удаления поверхностных сбросных вод) чаще всего бывают параллельны оросительным. Более крупные сбросы проводятся по понижениям рельефа местности. При одностороннем командовании оросительного канала соответствующий сброс проходит возле оросителя, лежащего ниже по рельефу. При двустороннем командовании оросителя сбросы проходят между ними (рис. 144 и 145).

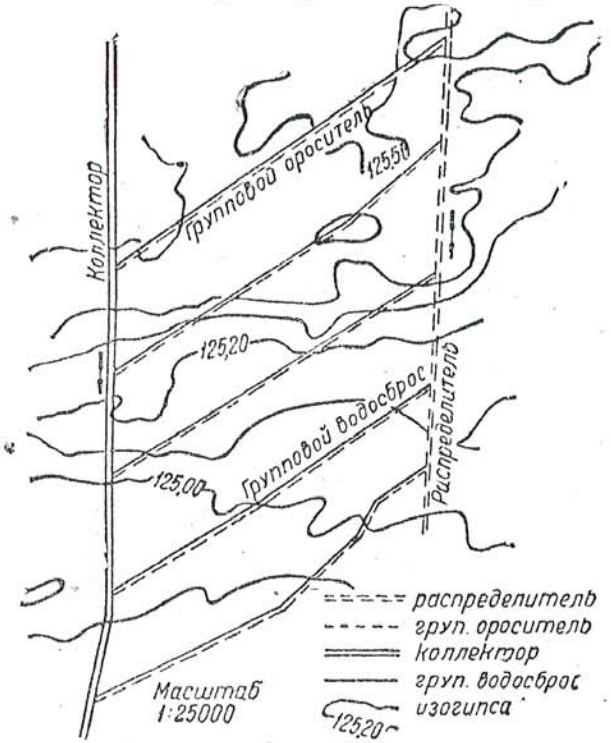


Рис. 145.

Пропускная способность открытой водосбросной сети. Расчетный расход водосброса равен расходу соответствующих опоражниваемых в него оросительных каналов. Если какой-либо элемент открытой водосбросной сети должен удалять и грунтовую воду, выполняя роль дрены, то его расход увеличивается на приток фильтрационных вод.

Ввиду исключительности и кратковременности сбросного режима, дающего максимальный расход, водосбросные каналы и коллекторы рассчитываются на нормальные расходы и только проверяются при горизонте максимального наполнения (на 0,10—0,15 м ниже поверхности земли). По той же причине, а также потому, что эти каналы быстро зарастают и обычно находятся в состоянии гораздо худшем, чем каналы оросительные, в расчет их не следует вводить малых значений коэфициента шероховатости (он берется не ниже 0,035).

Расчетный расход и поперечное сечение увеличиваются вниз по каналу в местах впадения боковых каналов. Короткие каналы рассчитываются по расходу в конце их. Расчет длинных коллекторов производится по переменному расчетному расходу, нарастающему по мере впадения боковых водосборов. Для опорожнения водоподводящих каналов устраиваются: 1) катастрофические сбросы, 2) концевые сбросы, 3) сбросы хозяйственные и 4) промывные сбросы.

Катастрофические сбросы перехватывают весь расход канала и сбрасывают его в сторону, в ближайший естественный водосток. Эти сбросы устраиваются на магистральном канале непосредственно ниже головного регулятора (не дальше 1—5 км от него) и перед разветвлениями магистрального канала. В первом случае сброс рассчитывается на максимальный расход магистрали, во втором случае — на максимальный расход большего из ответвлений.

Концевые сбросы располагаются в конце водоподводящего канала и служат для пропуска расхода канала и для опорожнения последнего.

Концевые сбросы обычно рассчитывают не на головной расход сбрасывающего воду канала (так как этот расход затруднительно прогонять по весьма длинным каналам), а по максимальному расходу в хвостовой части канала. Зато на длинных каналах устраивается ряд промежуточных сбросов, так называемых хозяйственных, забирающих избыточный расход канала (при закрытых ответвлениях его). Расстояние между этими сбросами зависит от расположения (по длине канала) мест, удобных для вывода сбрасываемой воды, а также от взаимоотношения максимального головного расхода канала с изменением пропускной способности его по длине канала. При расположении хозяйственных сбросов по длине канала важно, чтобы они пришлись перед ответственными сооружениями на канале, ограждая последние от излишнего расхода. Эти хозяйственные сбросы рассчитываются по разности максимального расхода канала впереди сооружения и расхода через последние.

Головные сбросы служат для сброса вод при гидравлической промывке (от наносов) головного участка магистрального канала.

§ 98. Водоотводящая сеть: горизонтальная и вертикальная

Отвод грунтовых вод, если он оказывается необходимым, достигается устройством самостоятельной сети или же путем потребного углубления необходимых элементов поверхностной сбросной сети.

Открытая водоотводящая дренажная сеть может в некоторых случаях служить водосбором для сброса поверхностных атмосферных вод.

Если выбор соответственного водоприемника требует большого протяжения глубоких открытых коллекторов, вызывающих, кроме больших первоначальных затрат, и значительные эксплоатационные расходы, то более дешевым способом может оказаться перекачка дренажных вод из глубокой водоотводящей сети в более мелкую сбросную сеть, по которой эти воды уходят самотеком к озеру, реке, оврагу и т. д.

Для устранения восходящих токов грунтовых вод наиболее эффективным может оказаться дренаж с помощью самодействующих или насосных колодцев, как дающий более мощный полезный напор для преодоления вредного гидростатического напора.

Если без перекачки грунтовых вод нельзя обойтись, а система испытывает нужду в воде и глубокие горизонты воды пресны, то, при наличии в районе дешевой электроэнергии, возможно устройство вертикального дренажа посредством насосных колодцев.

§ 99. Горизонтальная водоотводящая сеть

Конструктивные типы горизонтальной водоотводящей сети. Горизонтальная водоотводящая сеть, если она одновременно служит и водосборной сетью для сброса поверхностных вод, устраивается в виде открытых канав. Для отвода же одних подземных вод, когда при тяжелых гидрогеологических условиях такой отвод оказывается нужным, водоотводная сеть делается открытой или закрытой. Если открытая сеть дает возможность вывести воду (в водоприемник) самотеком, а закрытая сеть при той же глубине захвата не позволяет этого сделать, то необходимо устраивать открытую водоотводящую сеть.

Преимущество открытых дрен заключается в том, что при тщательном уходе они могут лучше обеспечить водосбор, чем закрытые дрены. Такие благоприятные условия для открытых дрен могут возникнуть, когда, например, пористые суглинки с хорошей водоотдачей, подстилаемые песками сомнительного качества, перемежаются (в плане) с плотными суглинками. Открытая сеть имеет, однако, и недостатки:

1) большие эксплоатационные расходы (до 2,5—8% капитальной стоимости ежегодно); для закрытого трубчатого дренажа эксплоатационные расходы составляют меньше 1% от строительной стоимости;

2) открытая глубокая сеть для дрен, если она часто расположена, неудобна для обработки почвы и работы машин.

В ирригационной практике закрытые дрены, если они нужны в силу гидрогеологических условий, употребляются для начальных элементов сети и для малых коллекторов; для крупных коллекторов, несущих большие расходы, применяется открытый тип дрен.

Таким образом, водоотводная сеть в целом обычно имеет смешанный тип: крупные коллекторы делаются открытыми; промежуточные же элементы глубокой сети, если таковую приходится делать, могут быть и открытыми и закрытыми. Открытая водоотводящая сеть в условиях орошения по своему устройству во многом близка к осушительным каналам в минеральных грунтах, сведения о которых приведены в разделе «Осушение» (главы VIII и IX).

Из закрытых водоотводов в современной ирригационной практике наибольшее распространение получили трубчатые, устраиваемые из гончарных неглазурованных труб. Эти трубы, длиной обычно 0,30 м, формуются без раструбов и укладываются без муфт, впритык друг к другу. Стык двух смежных труб обвертывается на протяжении двух верхних третей окружности мешочной тканью или толем; в нижней трети, обращенной к постели трубы, стык остается открытым. В грунтах легко размываемых или плывучих стык, кроме того, обсыпается гравием, а трубы укладываются на гравелистую подсыпку толщиной от 0,10 до 0,50 м, смотря по качеству грунта. В плывучих грунтах иногда приходится устраивать под трубы более или менее сложное основание из досок и кольев. На рисунке 146 приведены различные типы стыка и типы устройства оснований под трубы в неустойчивых грунтах.

На пересечениях закрытых дрен с поверхностными водоводами стык следует обвертывать по всей окружности; кроме того, вокруг дрен еще устраивают глинистое уплотнение; это делается для того, чтобы не было прямой фильтрации из водовода в дрену; такая фильтрация влечет за собой вынос в дрену частиц грунта, заиление и образование промоин.

Другие детали трубчатых дрен — см. в разделе «Осушение».

Закрытые дрены из фашин, камней, дерева и других материалов редко применяются в современной ирригационной практике, как менее надежные, по сравнению с трубчатыми. Бетонные трубы также в настоящее время оставлены, так как соли, содержащиеся в грунтовой воде, очень быстро разрушают бетон. Единственным материалом, пригодным для трубчатых дрен в условиях орошения, считается хорошо обожженная гончарная труба (о гончарных трубах в качестве материала для дрен — см. раздел «Осушение»).

Применение вспомогательных колодцев на горизонтальных дренах. В ряде случаев грунтовая вода, залегающая в проницаемой породе ниже глубины, доступной для горизонтального дренажа, находится под гидростатическим напором, причем этот напор поднимает воду к поверхности, создавая заболачивание. В таких случаях применяется горизонтальный дренаж, усиленный вспомогательными колодцами. Для усиления действия дренажа на удаление грунтовых вод необходимо воде, находившейся в подстилающем проницаемом пласту, дать выход непосредственно в дрену через ряд колодцев, опущенных в этот пласт. Колодцы могут действовать не круглый год, а периодически. Они имеют диаметр 5—15 см и крепятся смотря по надобности. Глубина их обычно не более 7 м от дна дрены, так как при помощи

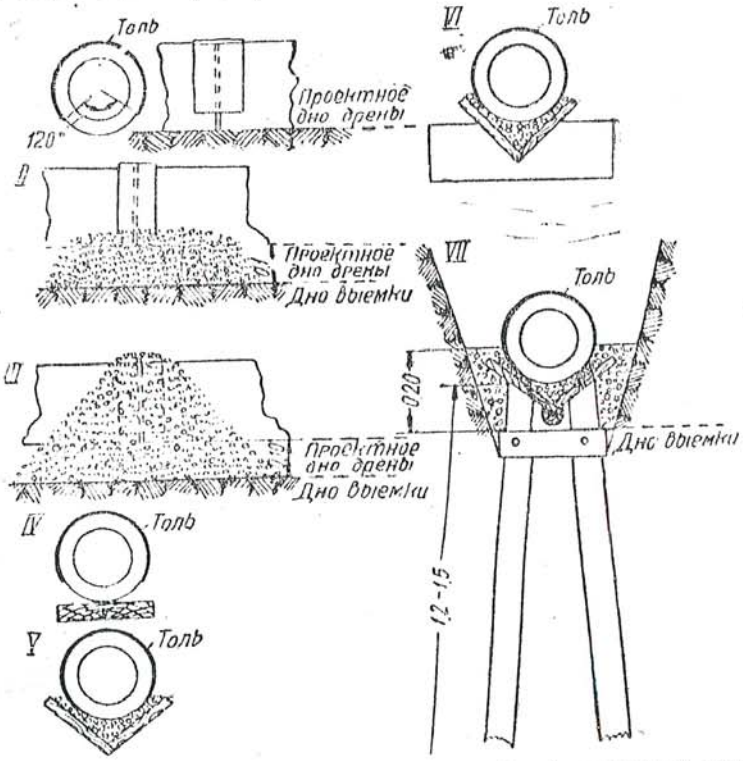


Рис. 146. Типы оснований под дренажные трубы: I—простейший стык с оберткой толем; II — стык на гравелистом основании; III — обсыпной стык на гравелистом основании; IV — простейшее основание на досках; V — основание из досок, сбитых углом, с подсыпкой мелкого гравия; VI — то же с добавлением коротких досчатых поперечин через 1 м; VII — то же на сваях через 1 м.

ручного бурения трудно достигнуть большей глубины. Расстояние между колодцами делается от 15 до 150 м и более.

Колодцы устраиваются сбоку дрены, которая может быть и открытой и закрытой, и присоединяются в ней через особый отвод (рис. 147).

Глубина горизонтальной дрены, принимающей воду из вспомогательного колодца, должна быть такова, чтобы действующий через колодец гидростатический напор мог поднять в нем воду несколько выше уровня ее в дрене.

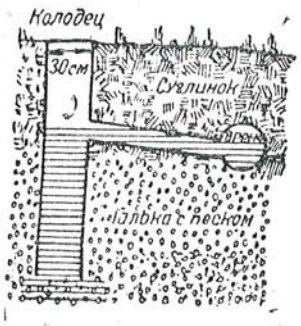


Рис. 147.

Выбор водоприемника для водоотводной сети. Водоприемником для водоотводной сети может служить: 1) река, 2) овраг, 3) сбросной канал, 4) оросительная сеть (если дренажная вода используется для орошения). Водоприемник должен обладать надлежащей пропускной способностью и удовлетворять требованиям поддержания горизонтов воды на определенном уровне.

Если в качестве водоприемника для самотечного отвода используются река или канал, то график их режима должен быть предварительно сопоставлен с предполагаемым режимом дренажной сети. Если получающийся по графику перерыв в работе дренажной сети недопустим, то прибегают к регулированию водоприемника (углублению, спрямлению) или же применяют перекачку.

Определение проектной глубины захвата грунтовых вод горизонтальным дренажем. Если на орошаемую площадь поступают грунтовые воды извне и уровень этих вод не может быть понижен путем одних агротехнических и эксплоатационных мер, то приходится прибегать к искусственному их захвату и отводу. Глубина захвата, как правило, должна быть такая, чтобы уровень грунтовых вод не поднимался ближе 2,5 м к поверхности *.

Если поверхностный слой почвы подстилается на небольшой глубине галечным, песчаным, вообще проницаемым пластом, то дрены должны быть заложены в этом пласте. Тогда приток в них и зона их влияния будут наибольшими. Глубина, до которой можно опускаться в поисках проницаемого пласта, определяется из экономических соображений и связана со способом производства работ.

Учитывая, что траншейные экскаваторы роют сравнительно легко до 5 м, а более крупные — и до 6 м, можно считать предельную глубину заложения начальных дрен до 3,5—4 м. При определении глубины захвата грунтовых вод следует прежде всего исходить из гидрогеологических условий района; если же изучение этих условий не дает определенных указаний, то глубину захвата принимают от 2,5 до 3 м, сообразуясь с возможностью вывода воды самотеком в водоприемник.

Расстояние между дренами. Расстояние между дренами для отвода грунтовых вод зависит: 1) от глубины, на которую заложены дрены; 2) от водопроницаемости того пласта, в котором заложены дрены.

Приводимые ниже ориентировочные расстояния можно рассматривать как примеры, но отнюдь не как нормы для проектировки.

* Требуемая глубина уровня грунтовых вод зависит от характера орошаемых с.-х. культур, а также почвенных и климатических условий. Она устанавливается на основании опытных данных для соответствующих культур и районов.

При отсутствии проницаемой прослойки, в которой укладываются дрены, расстояние между ними может быть от 80 до 100 м и более. При наличии песчаной прослойки расстояние между дренами может быть от 100 м до 400 и даже до 700 м. При гравелистой прослойке или при гравелистой подпочве практика допускает расстояние между дренами от 300 м до 800 м и более. Глубина дрен во всех приведенных случаях равна 2,5—3 м от поверхности земли.

Дрены, перехватывающие приходящую со стороны грунтовую воду, действуют в сторону ограждаемой площади на гораздо большее расстояние, чем обыкновенные дрены, отводящие местный приток, равномерно распределенный по дренируемой площади.

При перехватывании грунтового потока важно перехватить его целиком. Для этого дрена достаточного сечения должна быть заложена на водоупорном пласту, подстилающем водопроводящий пласт. Если последний залегает на такой глубине, которая не может быть достигнута дреной без очень больших затрат, то дрене придается нормальная глубина, а вдоль нее помещаются соединенные с ней вспомогательные колодцы, которые и доходят до подошвы водопроводящего пласта.

В случае перехватывающего характера дренажа водосборная способность крайних дрен может быть определена по дебиту грунтового потока, приходящемуся на длину каждой дрены. Дебит грунтового потока определяется в этом случае по одному из известных способов.

Elliott предлагает рассчитывать перехватывающие дрены, в зависимости от характера пласта и площади стока, по следующим приблизительным нормам: с 1 га для суглинистой почвы с небольшим уклоном следует рассчитывать на отвод 0,16 л/сек., а для гравелистой почвы со значительным уклоном — 0,55 л/сек.

На засоленных почвах с близкими грунтовыми водами, не имеющими оттока, дрены рассчитываются на отвод промывных вод.

Brown на основании американской практики рекомендует брать следующие расчетные нормы отвода в зависимости от грунта:

Суглинистый грунт	от 0,24	до 0,47	л/сек.	с 1	га
Песчаный грунт	» 0,28	» 0,7	»	» 1	»
Гравелистый грунт	» 0,7	» 0,9	»	» 1	»

Уклон закрытых дрен должен быть возможно более крутым для увеличения пропускной их способности и во избежание заиления. При внутреннем диаметре в 30 см (12 дюймов) и меньше минимальный уклон должен быть равен 0,001. Лучше увеличивать уклон до 0,002, а для песчаных грунтов — до 0,003 (если это возможно по условиям отвода).

Для коллекторов допустима большая свобода выбора уклона. Наименьшая величина уклона для коллекторов допускается 0,0005, при условии тщательной укладки труб опытными рабочими. Уклоны меньше 0,0005 в практике закрытого трубчатого дренажа не употребляются.

Диаметр трубчатых дрен. В дренажной практике не применяют труб диаметром меньше 10—12,5 см (4—5 дюймов). Во избежание заиления, лучше не употреблять труб диаметром меньше 15 см (6 дюймов).

Наибольший диаметр труб для дренажа зависит от их качества (чем больше диаметр, тем стенки труб должны быть прочнее). В практике США диаметры выше 50—60 см (21—24 дюйма) составляют исключение.

Гидравлический расчет — см. в разделе «Осушение».

§ 100. Вертикальный дренаж посредством насосных колодцев

Принцип действия дренажных насосных колодцев и гидрогеологические условия для их успешной работы. Нередко площадь с высоким стоянием грунтовых вод на значительной глубине (до 50 м и более) подстилается одним мощным водоносным пластом или целой свитой таких же более мелких пластов. Погружая колодец в эти пласты и откачивая из него воду, можно создать нисходящий ток грунтовой воды из верхних слоев к этим питающим колодец пластам. В результате нисходящего тока вокруг колодца образуется депрессионная воронка. Такой колодец явится дренажным колодцем. Дренажные насосные колодцы получили впервые практическое применение в США в 20-х годах текущего столетия.

По данным американской практики, для успешного действия дренажных колодцев необходимы три условия:

1) наличие прямого сообщения между поверхостными и подстилающими их водоносными пластами, которые должны питать колодец;

2) хорошая порозность этих последних пластов;

3) достаточная мощность этих пластов для откачки из них значительных объемов воды в целях энергичного действия на вышележащую толщу грунта.

Грунты, осушаемые дренажными насосными колодцами, должны обладать хорошим внутренним стоком; при этом роль дрен, собирающих воду, играет толща грунта или эту роль выполняют гравелистые и песчаные линзы в ней, а выводным коллектором служит водоносный пласт, питающий колодцы. Дренажные насосные колодцы применяются:

1) для понижения уровня грунтовых вод, притекающих извне на данную орошаемую площадь и не имеющих оттока в силу гидрогеологических условий;

2) для удаления фильтрационных вод, поступающих с вышележащих площадей (если эта фильтрация не может быть прекращена или изолирована);

3) для удаления вод, интенсивно поступающих в почву из реки.

Задачи, которые могут быть решены по преимуществу посредством насосных колодцев.

1) Требуется особенно глубокий дренаж, недостижимый при горизонтальном расположении дрен. Понижение уровня грунтовых вод зависит от величины опускания уровня в колодце при откачке (в колодцах понижение уровня воды может доходить до 10—15 м и больше).

2) При резких колебаниях уровня грунтовых вод в течение года требуется не допустить поднятия осолоненных грунтовых вод выше заданной глубины. Горизонтальный дренаж может оказаться или вовсе несостоятельным, вследствие несоответствия пропускной способности грунта с величиной притока, поднимающего горизонт грунтовых вод, или же дрены придется укладывать очень часто и глубоко.

В этом случае применяется вертикальный дренаж с большой глубиной откачки, продолжающийся и при низком стоянии уровня грунтовых вод. Такой дренаж позволяет понизить их уровень в зоне влияния колодца настолько, что последующий усиленный приток воды не сможет поднять уровень грунтовых вод выше заданной отметки.

3) Легко размываемый грунт, например, лёсс, дренируется с целью промыва (удаления) солей в дренаж. В этом случае, вертикальный дренаж при промывке будет служить лучше горизонтального, так как он не подвержен заилению.

Типы дренажных насосных колодцев и их глубина. Существуют три типа насосных колодцев для дренажа: 1) колодцы с притоком воды через

стенки, 2) колодцы с притоком воды только через дно (так называемые колодцы с открытым дном), 3) колодцы с притоком воды и через стенки и через дно.

1. Наиболее распространены колодцы с притоком воды через стенки. Они употребляются во всех случаях, когда скважина пересекает один или несколько водоносных пластов.

Обычно чем глубже колодец, тем он обильнее водой и тем больше, в случае успешного действия, радиус его влияния (из этого правила возможны исключения).

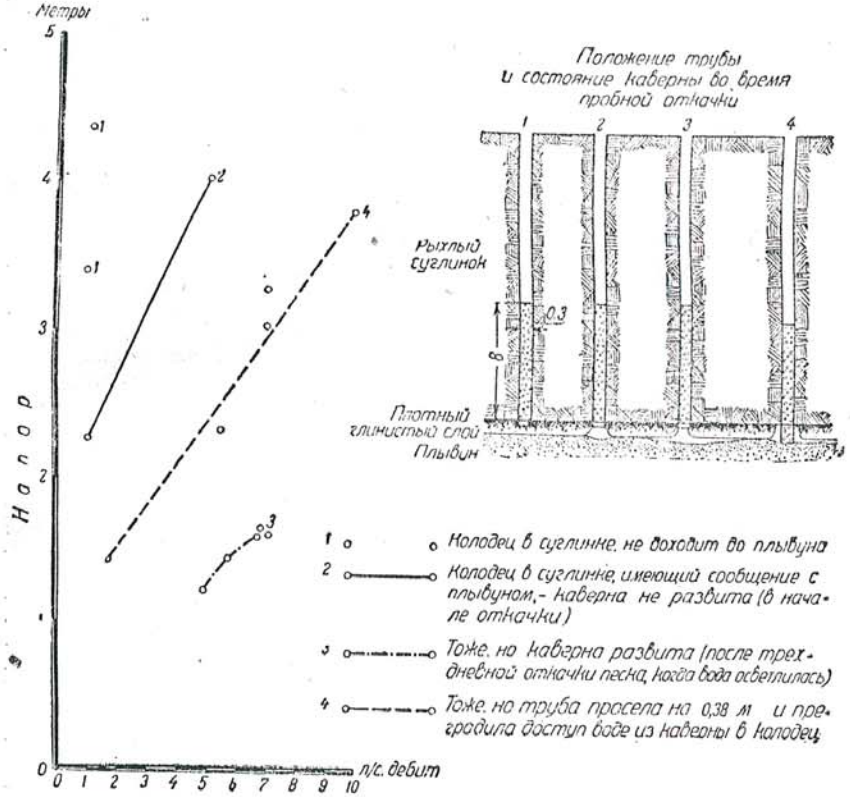


Рис. 148.

Назначать глубину колодца необходимо на основании разреза разведочной скважины и пробных откачек из нее. Опыт показывает, что колодцы, расположенные даже на сравнительно близком друг от друга расстоянии (до 1 км), могут иметь различный по составу пород разрез скважины. Нормальной глубиной дренажного насосного колодца с проницаемыми стенками надо считать от 20 до 80 м (известны колодцы и мельче). Наибольшая глубина этих колодцев может доходить до 150 м, а в исключительных случаях — даже до 300—400 м.

2. Благоприятными условиями для устройства колодца с открытым дном будут следующие: осушаемый плотный пласт или группа пластов

подстилаются песчаным пластом значительной толщины и мелкозернистого строения; при этом песчаный пласт перекрыт достаточно плотным глинистым пластом, на который можно безопасно опереть колонну колодца. Один секундолитр дебита такого колодца может стоить гораздо дешевле по сравнению с дебитом колодца с проницаемыми стенками. Колодцы с открытым дном работают за счет вымывания песка из-под плотной перекрышки песчаного пласта и образования каверны; поэтому с течением времени дебит колодца повышается в несколько раз против начального (небольшие индийские колодцы давали в подобных случаях увеличение дебита до 5 раз).

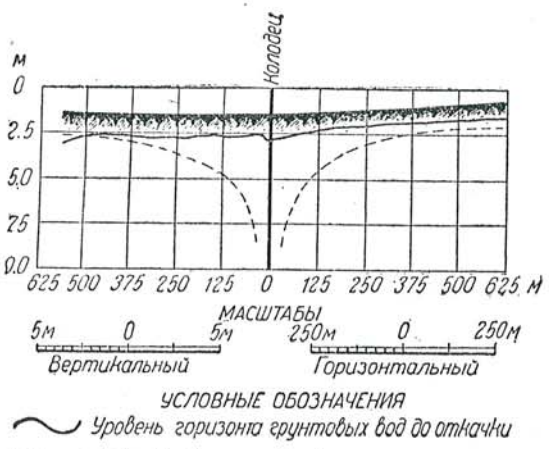


Рис. 149.

Однако такие колодцы имеют и крупные недостатки: при чрезвычайно мелком песке и недостаточно прочной перекрышке они подвержены авариям, происходящим от проламывания перекрышки и погружения всей колонны колодца в песок. По данным американской практики, один из каждых пяти колодцев с открытым дном погибает таким образом. На рис. 148 представлен дебит небольшого колодца, в зависимости от глубины понижения уровня при откачке, для разных фаз разработки колодца с открытым дном (вплоть до провала перекрывающего слоя и просадки трубы).

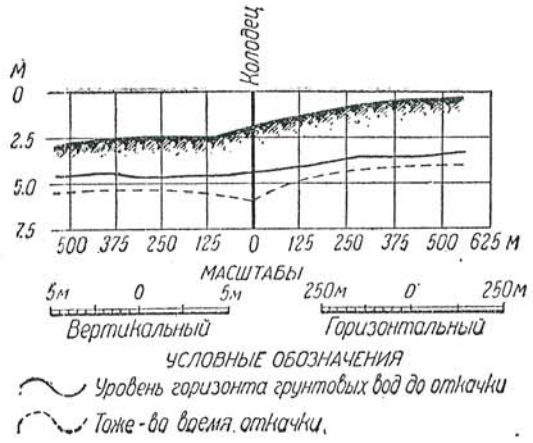


Рис. 150.

Глубина колодцев с открытым дном значительно меньше, и стоимость их ниже по сравнению с первым типом. Эта глубина определяется положением питающего песчаного пласта. Известны случаи, когда глубина успешно действующих колодцев с открытым дном была не свыше 20 м.

3. Если толща грунта, перекрывающего водоносный песок (в условиях, описанных в предыдущем случае), сама способна с известной легкостью отдавать воду или в нее включены водопроницаемые прослойки, то целесообразно устраивать колодцы с притоком воды и через стенки и через дно.

При таком колодце достигается более быстрое и интенсивное понижение грунтовых вод.

Глубина откачки и дебит колодца. В плотных грунтах понижение уровня грунтовых вод при откачке воды из колодца распространяется на сравнительно небольшое расстояние; по мере удаления от колодца это понижение быстро сходит на-нет. В таких условиях для увеличения зоны влияния колодца приходится увеличивать глубину откачки. Вообще колодцы в глинистых грунтах характеризуются малым дебитом, крутой воронкой депрессии и сравнительно меньшим взаимным расстоянием. Эти колодцы имеют большую глубину, т. е. большую строительную стоимость; благодаря увеличенной глубине откачки увеличивается и стоимость их эксплоатации.

Пример работы дренажного колодца в глинистом грунте представлен на рис. 149.

Колодцы в проницаемых грунтах дают более пологую воронку депрессии, больший дебит при меньшей глубине откачки и располагаются реже.

Пример работы колодца, заложенного в проницаемом грунте, представлен на рис. 150.

Как правило, чем легче и обильнее водой породы, в которых заложен колодец, тем меньше эксплоатационное понижение уровня в колодце. Так, например, на системе р. Солт-ривер в штате Аризона (США) колодцы, заложенные в породе с преобладанием гравия, работали в 1922/23 г. при среднем понижении до 7 м и давали средний дебит около 127 л/сек. Колодцы, заложенные в породе с преобладанием глины и хардпена, работали при среднем понижении около 12 м и давали дебит в среднем 84 л/сек. Колодцы, заложенные в почти чистых глинах, работали при понижении в среднем около 16 м и давали дебит порядка 48 л/сек. Максимальное понижение было около 22 м, а минимальное — около 4 м. В этих пределах практически колеблется величина понижения уровня по оси колодца.

Многоводность колодца характеризуется его дебитом, выраженным в кубических метрах или в литрах в секунду. Дебит зависит от пород, в которых заложен колодец, от устройства колодца, в частности, его водоприемной части (длины ее, типа фильтра и пр.), и от глубины понижения уровня воды в колодце при откачке.

Дебит дренажных насосных колодцев на практике изменяется в весьма широких пределах: от 10 до 200 и более литров в секунду. Чем больше дебит колодца, тем вернее можно рассчитывать на хорошее дренирующее действие колодца. Маловодные колодцы считаются неудачными.

Мерой водоотдачи колодца считается удельный дебит; удельным дебитом называется отношение полного дебита к тому пониженно уровня в колодце, при котором был получен этот дебит. Удельный дебит колодцев системы р. Солт-ривер колеблется от 3,1 л/сек. на 1 м понижения для глинистых колодцев и до 17,4 л/сек. для колодцев гравелистых. Дренажные колодцы в г. Амритсаре в Индии, заложенные в песке, дали удельный дебит 13,3 л/сек на 1 м понижения. Опытный дренажный колодец заложенный в Голодной степи в плывуне, дал удельный дебит 4,5 л/сек. на 1 м понижения. В практике встречаются удельные дебиты от 2 до 50 л/сек и больше на 1 м понижения.

Согласно предыдущему, удельный дебит служит показателем природных и строительных условий работы колодца. С увеличением плотности

грунта полный дебит колодцев резко падает. Еще резче падает удельный дебит; он уменьшается почти пропорционально увеличению глинистой породы в разрезе колодца.

Диаметр колодца; длина перфорированной части (стренера) колодца, тип и конструкция ее. Диаметр колодца зависит от дебита колодца. Современные дренажные колодцы, опускаемые посредством бурения, имеют диаметр от 250 до 500 мм; наиболее употребительны диаметры 400—450 мм.

Длина стренера (перфорированной части) в колодцах, имеющих проницаемые стенки, назначается по возможности на всем протяжении водопроницаемых грунтов по разрезу колодца. В других случаях дырчатая труба идет сплошь, начиная с известной глубины. Так, на системе р. Солт-ривер колодцы имеют сплошь дырчатые стенки за вычетом только верхних 15 м.

Употребительны стренеры трех типов. Простейший тип представляет колодезную трубу, в которой проделаны круглые или щелевидные отверстия: круглые — диаметром 10—20 мм, щелевидные — размером 5×100 Простейший стренер получается при прорезывании отверстий сверху особым перфоратором в двойной обсадной трубе листового железа при так называемом калифорнийском способе бурения. Этот тип стренера допускается для галечных грунтов. Для песчаных грунтов со значительной примесью гравия может быть применена та же дырчатая труба, но оплетенная сеткой с такими отверстиями, чтобы через них проходило не больше 40—60% породы. Песчаная фракция в ходе откачки на известном расстоянии вокруг стренера будет вынесена в колодец, а гравелистая образует естественный антифильтр, который преградит дальнейший доступ песка в колодец. Сетка напаивается на спирально навитую на трубу проволоку толщиной 4—5 мм с расстоянием между витками около 100 мм. При чисто-песчаной породе стренер, такой же как и в предыдущем случае, дополнительно обсыпается снаружи гравием, иногда в несколько концентрических слоев разной крупности.

Механическое оборудование колодца. В большинстве случаев на дренажных насосных колодцах устанавливаются центробежные насосы на вертикальном валу, присоединяемые непосредственно к вертикальному электромотору. Электромотор может быть заменен шкивом с ременным или зубчатым приводом к нефтяному двигателю или трактору. На практике все постоянно работающие установки обслуживаются электроэнергией.

В исключительных случаях вместо вертикального насоса может быть применен горизонтальный. Это возможно, если грунты, в которых заложен колодец, отличаются хорошей водоносностью и водоотдачей, так что и при сравнительно небольшом понижении уровня в колодце можно получить достаточный дебит и хорошую воронку депрессии. Понижение уровня воды в колодце, достигаемое горизонтальными центробежными насосами, зависит от его высоты всасывания, которая в существующих горизонтальных насосах достигает 6 м. Чтобы еще больше выиграть в глубине опускания, насос может быть помещен не на поверхности земли, а в шурфе; если грунтовые воды поднимаются высоко, то шурф должен быть водонепроницаемым. Однако устройство шурфа весьма удорожает стоимость колодца.

Насос, обслуживающий колодец, должен быть снабжен вакуумметром. Желательно также приспособление для автоматического пуска при поднятии уровня в колодце до контрольной отметки. Такие установки, работающие на электрической энергии, не нуждаются в постоянном надзоре и могут обслуживаться разъездным механиком (по одному на каждые 4 или 5 колодцев).

Радиус действия. Расположение колодцев. Дренажные насосные колодцы располагаются или в одиночку, причем каждый колодец имеет свою особую задачу в пределах своей зоны влияния без связи с соседними колодцами, или эти колодцы располагаются группами поперек общего потока грунтовых вод. В последнем случае эффект каждого колодца зависит от работы всей сети колодцев или части ее. Выбор той или другой схемы зависит от гидрорельефа местности и размеров поставленной дренажу задачи. При второй схеме несколько колодцев в ряду полезно делать более глубокими, доводя их до более мощных питающих пластов. Расстояние между колодцами в ряду принимается обычно при успешном действии колодцев около 1 500 м. В плотных грунтах с малой водоотдачей это расстояние уменьшается наполовину. Таков же бывает в подобных случаях и практический радиус действия одиночных колодцев.

§ 101. Составление проекта вертикального дренажа

Изыскания под вертикальный дренаж насосными колодцами должны иметь своей целью выяснение наличия трех условий, при которых дренаж этого рода будет успешно действовать, как-то: 1) сообщение между поверхностными и глубинными водоносными пластами, 2) хорошая водопроницаемость этих пластов, 3) достаточная их мощность для откачки из них значительных объемов воды. Однако только второе условие (водопроницаемость породы) может быть определено при разведке исчерпывающим образом. Эта разведка в районах, совершенно не изученных гидрогеологически, заключается в закладке скважин диаметром 15—20 см до глубины 50—80 м. При проходке должны быть уловлены все слои с наиболее высокой удельной водоотдачей, которые могут быть использованы для питания колодца. Одновременно производят наблюдения за уровнем грунтовых вод в наблюдательных шурфах или скважинах, расположенных по двум перпендикулярно друг к другу разбитым створам. Все данные по мере их получения наносятся на график, представленный на рис. 151.

Вопросы, заключающиеся: 1) в определении дебита колодца и его зависимости от понижения уровня в колодце при откачке; 2) в определении дренирующего действия колодца (глубины и дальности опускания уровня грунтовых вод вокруг колодца), решаются на опытном колодце облегченной конструкции, устраиваемом возле бывшей разведочной скважины. В случае успеха такой колодец может быть оборудован постоянной насосной установкой и передан в эксплоатацию. Данные этой фазы исследований выражаются графически в виде кривой, связывающей дебит колодца с понижением уровня в нем при откачке или с напором (рис. 152). Эта кривая называется характеристикой колодца.

Дренирующее действие колодца изображается или в виде совмещенного графика отдельных наблюдательных точек с показанием продолжительности и перерывов откачки (рис. 153), или в виде последовательных воронок депрессии.

По материалам изысканий и опытных откачек устанавливают пласты, из которых должна производиться откачка. Затем выбирают тип колодца и определяют его глубину. Выбор глубины колодца, на основе тщательно проведенных предварительных испытаний, даст возможность определить в его удельный дебит, который и будет первой величиной, характеризующей работу колодца.

Определение величины притока грунтовых вод к колодцу. Задача дренажных колодцев заключается в том, чтобы не допустить колеблющий-

ся уровень грунтовых вод подходить к поверхности ближе заданной глубины. Такой глубиной для орошаемых районов считается обычно глубина не меньше 2,5 м.

Таким образом, в основу дальнейшего расчета должен лечь средний график колебаний уровня грунтовых вод в дренируемом районе. Этот график должен быть многолетним.

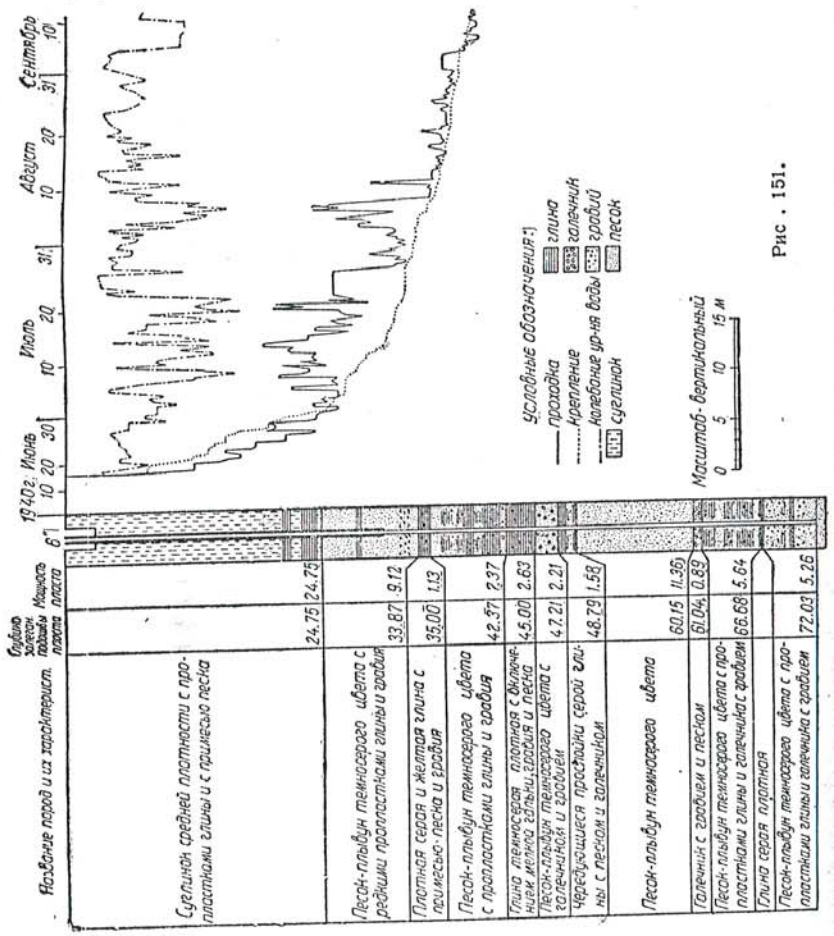


Рис. 151.

Объем осушаемого пласта земли (V_i), соответствующий некоторому отрезку графика, будет равен:

$$V_i = \alpha \Delta h_i \cdot \omega_i,$$

где h_i — переменная глубина от поверхности земли до горизонта грунтовых вод по графику ($h_i < 2$ м);

ω_i — площадь (на карте глубин залегания грунтовых вод), на которой грунтовые воды стоят на глубин lh_i.

Объем откачки, который сможет погасить опасный подъем грунтовых вод, будет равен:

$$V_i = \alpha \Delta h_i \cdot \omega_i$$

или для всего дренируемого района:

$$\Sigma V_i = \sum \alpha \Delta h_i \cdot \omega_i;$$

α — гравитационная порозность грунта, т. е. тот процент его объема, который занимает в нем при насыщении вода, находящаяся под действием силы тяжести и могущая притекать к колодцу.

Величина Δh_i может быть здесь взята с графика грунтовых вод по наибольшему декадному приросту, что в нижеприведенном выражении требуемого секундного оттока дает запас мощности насосных установок. Секундный отток со всей площади в этом случае будет:

$$D = \frac{\Sigma V_i}{86\,400 \cdot 10} = \frac{\sum \alpha \Delta h_i \omega_i}{86\,400 \cdot 10} \text{ м}^3/\text{сек}.$$

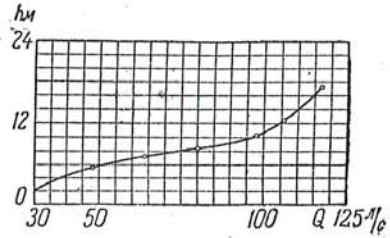


Рис. 152.

Пример. Пусть площадь с глубиной грунтовых вод

0—0,5 м	будет	1 000 га
0,5—1,0 »	»	2 500 »
1,0—1,5 »	»	2 800 »
1,5—2,0 »	»	3 000 »
		9 300 га

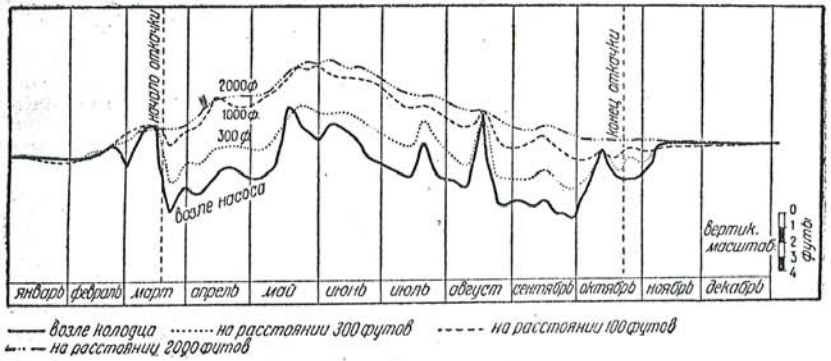


Рис. 153.

Эти площади определяются по карте равных глубин. Соответствующие наибольшим суточные Δh_i по графикам колодцев пусть будут: 5 см, 4 см, 3,5 см и 3,5 см; $\alpha = 10\%$. Тогда:

$$D = \frac{0{,}1\,(0{,}05 \cdot 1\,000 + 0{,}04 \cdot 2\,500 + 0{,}035 \cdot 2\,800 + 0{,}035 \cdot 3000) \cdot 1\,000}{86400} =$$

$$= \sim 4{,}1 \text{ м}^3/\text{сек. с площади } 9\,300 \text{ га.}$$

При таком способе расчета мощность колодцев получается наибольшая, но зато продолжительность их работы наименьшая; колодцы понижают уровень тотчас по мере его подъема; поэтому работа колодцев должна продолжаться только во время подъема грунтовых вод на участке графика с глубинами $h_i < 2$—2,5 м.

Практически, приспособляясь к естественным свойствам грунта, следует иметь в виду вариант расчета, исходящий из наибольшей продолжительности откачки и из соответствующего прироста кубатуры грунтовых вод, подлежащих откачке. Это условие выражается заданием удалять откачкой (в течение года) всю воду, повышающую уровень грунтовых вод над минимумом. При этом задании вид формулы для D будет такой:

$$D'' = \frac{\Sigma V_i}{t} = \frac{\Sigma a \Delta'' h_i \omega_i}{t};$$

где $\Delta'' h_i$ — годовая амплитуда колебаний грунтовых вод для различных интервалов h_i, на карте равных глубин; ω_i — площади, соответствующие этим интервалам h_i на карте равных глубин, построенной для минимума грунтовых вод;

t — 365·86400 секунд, или величина соответственно меньшая, в зависимости от периода, за который берутся Δh_i.

В этом случае за счет большей продолжительности откачки мы получаем наибольшую обеспеченность, так как исходим уже не из критической глубины 2—2,5 м от поверхности, а из наибольшей или близкой к ней; эта глубина, вообще говоря, значительно превышает упомянутую критическую.

При таком режиме откачки происходит регулирование оттока в течение года, дебит колодца получается меньше и ближе подходит к естественным свойствам грунтов. Это регулирование сводится к образованию (благодаря летней и зимней откачке) подземного водохранилища. Оно прежде всего и заполняется при весеннем подъеме грунтовых вод, задерживая подъем их к поверхности.

В общем можно сказать, что в проницаемых грунтах продолжительность откачки может быть взята меньше, в плотных она должна быть больше. Практически эта продолжительность составляет от 8 до 11 месяцев в году.

Число колодцев может быть установлено по площади действия их или по притоку. Практика показывает, что в благоприятных условиях зона влияния колодца распространяется на 800—1 000 м в сторону от него, что составляет обслуживаемую колодцем площадь в среднем в 250 га. В глинистых грунтах радиус действия колодца сокращается наполовину. С другой стороны, удельный дебит, умноженный на рабочий напор колодца, дает его полный дебит. Разделив требуемый секундный отток со всей площади на полный дебит колодца, получим число колодцев. Таким образом, определение числа колодцев сводится в этом случае к определению рабочего напора или понижения уровня воды в колодце при откачке.

До известного предела опускания уровня в колодце диаметр последнего не влияет практически на дебит. Но как только уровень в колодце понизится настолько, что поступление воды через стренер (дырчатую часть колодца) будет затруднено и начнет резко сказываться так называемое сопротивление колодца, тогда увеличение диаметра станет желательным и от него будет зависеть дальнейшее увеличение дебита колодца. Диаметр колодца устанавливается на основании материалов изысканий и по сравнению с существующими установками подобного рода.

Расчет как дырчатого, так и сетчатого стренера сводится к определению суммарной площади его отверстий на основе условия, чтобы скорость, с которой пройдет через стренер заданный дебит, не смогла вымыть больше заданного процента породы. Для гравелистых грунтов процент породы, проходящей через стренер, принимается не свыше 30—40%, для песчаных грунтов — 40—60%. Расчет производится по общепринятому методу.

Насос для дренажных колодцев подбирают при испытании колодца. Испытание колодца начинается при минимально возможном открытии задвижки насоса. Замеряют установившийся дебит и соответствующее ему понижение уровня воды в колодце. После этого увеличивают открытие задвижки, дебит увеличивается, уровень в колодце понижается, снова замеряют установившиеся величины того и другого и т. д.; так поступают до тех пор, пока дальнейшее открытие задвижки не будет давать постоянный дебит при продолжающемся понижении уровня в колодце. Найденные пары значений дебита и напора наносят на график и получают кривую характеристики колодца (рис. 152). Эта кривая показывает те реальные условия, к которым следует приблизить эксплоатационный режим колодца: а) посредством выбора глубины откачки (а тем самым выбора и дебита колодца); б) посредством выбора насоса по определенному дебиту. От реального дебита зависит и реальный дренирующий эффект колодца, а значит и реальный эксплоатационный план работы колодца; таким образом, этот план может быть составлен только после испытания колодца.

ГЛАВА XVI

МЕЛИОРАЦИЯ ЗАСОЛЕННЫХ И СОЛОНЦОВЫХ ПОЧВ

§ 102. Общие сведения

Солончаки. Засоленными почвами или солончаками вообще называют почвы, обогащенные простыми солями минеральных кислот: соляной, серной, угольной, фосфорной, азотной. В более узком смысле и в практике солончаками называют почвы, содержащие в себе водорастворимые соли этих кислот в количествах, вредных для растительности. Во всех обычных случаях в солончаках присутствуют следующие соли:

$NaCl$,	Na_2SO_4,	Na_2CO_3 $NaHCO_3$
$MgCl_2$,	$MgSO_4$	$MgCO_3$, $Mg(HCO_3)_2$
$CaCl_2$	$CaSO_4$,	$CaCO_3$, $Ca(HCO_3)_2$

В отдельных случаях накапливаются также соли азотной кислоты. Распределение солей по профилю почвы может быть разнообразно: в условиях близости грунтовых вод к поверхности земли часто максимум солей скопляется в самом поверхностном слое почвы, а ниже количество их убывает; в других случаях, наоборот, количество солей увеличивается с глубиной. В случаях, когда верхний горизонт почвы не содержит солей, а ясное засоление начинается с некоторой глубины (например, 30—50 см), почвы именуются часто солончаковатыми.

Количество солей в солончаке, при котором растения не могут развиваться (критическая величина засоления), меняется в весьма широких пределах в зависимости от многообразных условий, из которых главнейшими являются следующие: конкретный солевой состав и распределение солей по профилю почвы; характер растения и его возраст, характер агротехники и поливного режима на поле, динамические изменения солевого состояния почвы во время вегетации, физико-химические свойства почв, климатические условия района.

Солевой состав почвы оказывает очень серьезное влияние на критическую величину засоления, так как вредность индивидуальных солей резко различна. В вышеприведенной таблице солей жирная черта отделяет кверху соли наиболее вредные, от солей, расположенных внизу, менее вредных и частично совсем безвредных. Из этого подразделения видно, что наиболее вредными солями, являются все натровые и все хлоридные. Ввиду указанной зависимости критической величины засоления от многих местных переменных в практике нужно стремиться составлять местные узкорайонные критические величины.

Для ориентировки в характере критических величин засоления ниже приводятся обобщенные таблицы, одна — для США, составленная Кэрнеем, и другие — для хлопковой зоны Средней Азии СССР, составленные Всесоюзным институтом удобрений и агропочвоведения (ВИУА), и две частные таблицы, составленные Федоровым для Голодной степи и Ферганы. Все таблицы предполагают отсутствие в составе солей нормальной соды; в случае ее присутствия все величины значительно понижаются.

Таблица Кэрнея норм засоления, принятых в США

Степени засоления	Возможные культуры
Сильная — 1,0—0,8%	Свекла сахарная (с пониженным качеством продукции; нормально свеклу не надо сеять при засолении свыше 0,5% солей), пырей западный, костер безостый, райграс французский.
Средне-сильная — 0,8—0,6%	Брюква, кормовая капуста, сорго, ячмень на сено, овсяница луговая, райграс итальянский, бор (могар).
Средняя — 0,6—0,4%	Хлопчатник (египетский хлопчатник дает при этих условиях волокно плохого качества, поэтому его не следует сеять при засолении свыше 0,4% солей), ячмень и рожь на зерно, овес и пшеница на сено, спаржа, полевица белая, тимофеевка, ежа сборная.
Слабая — 0,4—0,1%	Пшеница, полба, овес на зерно, мило *, просо, полевой горох, вика, конские бобы, люцерна.

В этой таблице верхний предел каждой величины относится к засолению сульфатному, нижний — к хлоридному. В случае присутствия в составе солей соды, критические величины значительно понижаются.

Характеристика засоленных почв по данным ВИУА (преимущественно для Средней Азии)

Группы	Плотный остаток	Хлор	Наименование
1	Меньше 0,3	Меньше 0,01	Не засоленные
2	Меньше 0,3	0,01—0,10	Слабо засоленные
	0,3—1,0	Меньше 0,01	
3	0,3—1,0	0,01—0,10	Средне засоленные
	1,0—2,0	Меньше 0,01	
4	0,3—1,0	Больше 0,10	Сильно засоленные
	2,0—3,0	Меньше 0,10	
5	2,0—3,0	Больше 0,10	Солончаки
	Больше 3,0	Любое количество	

* Просовое.

Характеристика засоленных почв Голодной степи и Ферганы (Б. А. Федорова)

Наименование почв	Плотный остаток		Хлор		Серная кислота	
	Пределы	Среднее	Пределы	Среднее	Пределы	Среднее
1	2	3	4	5	6	7
	Голодная степь					
Слабо засоленные	0,4—0,8	0,6	0,01—0,04	0,025	0,15—0,30	0,23
Средне засоленные	0,8—1,2	1,0	0,04—0,10	0,07	0,30—0,45	0,38
Засоленные	1,2—1,6	1,4	0,10—0,20	0,15	0,45—0,60	0,53
Сильно засоленные	1,6—2,0	1,8	0,20—0,30	0,25	0,60—0,80	0,70
Солончак	2,0—2,5	2,25	0,30—0,40	0,35	0,80—1,00	0,90
	Фергана					
Слабо засоленные	1,0—1,8	1,4	0,01—0,04	0,025	0,5—1,0	0,7
Средне засоленные	2,2—3,0	2,6	0,04—0,10	0,07	1,0—1,5	1,2
Засоленные	2,6—3,6	3,1	0,10—0,20	0,15	1,5—1,8	1,6
Сильно засоленные	3,8—4,9	4,3	0,20—0,30	0,25	1,8—2,4	2,1
Солончак	3,8—4,9	4,3	0,30—0,40	0,35	—	1,9

Солончаки классифицируют.

а) по анионам — на хлоридные, сульфатные, карбонатные и смешанные по преобладанию тех или других анионов. В ирригационной практике количество извести, как безвредной соли, не учитывается, а считается только сода;

б) по катионам различают солончаки натровые, магнезиальные и кальциевые, учитывая опять в первую очередь только легко водорастворимые соли;

в) морфологически различают солончаки «пухлые» (засоленные преимущественно сульфатами), солончаки мокрые или корковые (засоленные преимущественно хлоридами) и солончаки черные, содержащие в себе значительное количество соды.

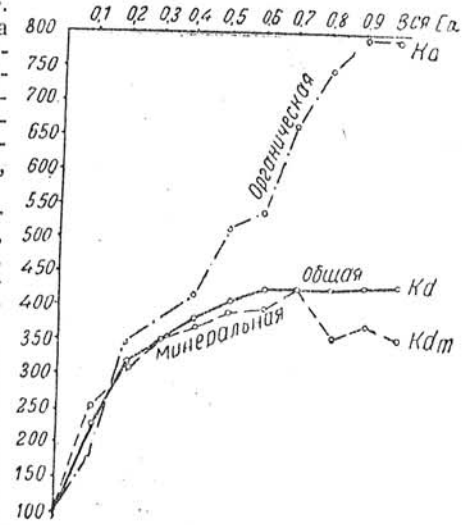


Рис. 154. Кривые изменения дисперсности почвы при различной степени насыщенности натрием.

Солонцы. Солонцами (или вообще солонцовыми почвами) называют такие почвы, которые содержат в своей коллоидной части в качестве поглощенного катиона натрий. Присутствие в почве поглощенного натрия придает ей высокую дисперсность (глинистость, водонепроницаемость и другие свойства,

присущие высокодисперсным массам), щелочную реакцию и легкую разрушаемость коллоидных частиц под влиянием даже воды и угольной кислоты.

Степень выраженности всех этих свойств солонцовых почв зависит от количества поглощенного натрия; соответственно этому солонцовые

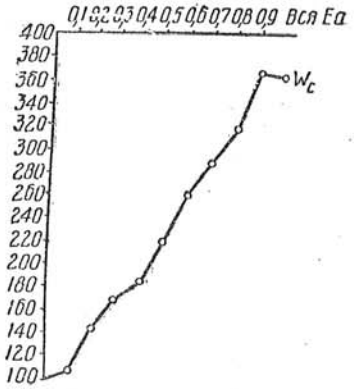


Рис. 155. Кривая изменения влагоемкости почвы при разной степени насыщенности натрием.

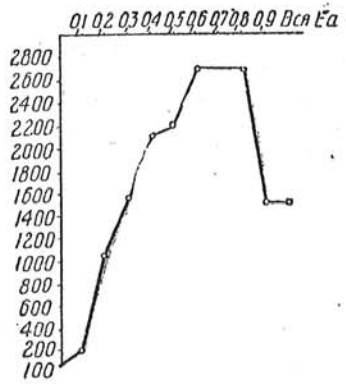


Рис. 156. Кривая изменения времени фильтрации при разной степени насыщенности натрием.

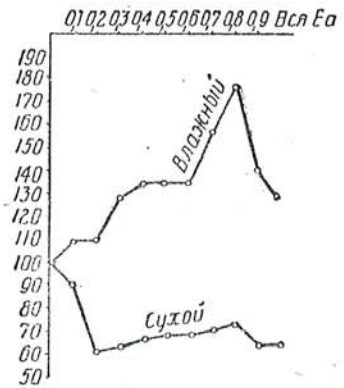


Рис. 157. Изменение объема почвы при увлажнении и высыхании.

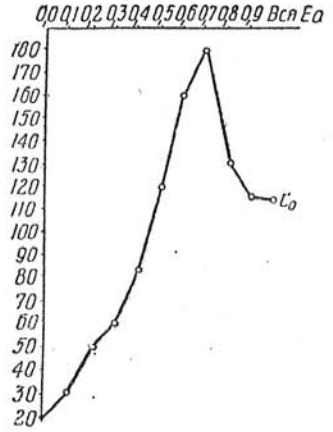


Рис. 158. Изменение связности при разной насыщенности натрием.

почвы или понижают свои с.-х. качества или делаются совсем непригодными для с.-х. использования без мелиорации. Характер зависимости отдельных свойств почвы от степени солонцеватости показан на рис. 154, 155, 156, 157 и 158 (по Панкову). Нормы солонцеватости, вредящие с.-х. культурам, зависят от многих местных условий (так же как и нормы засоления). Для ориентировки можно пользоваться следующей шкалой:

Характеристика солонцеватых почв

Наименование	Процент поглощенного натрия от емкости поглощения	Потребные мероприятия
Слабо солонцеватые .	5—10	Все культуры возможны. Требуется специальная агротехника по рыхлению. При химизации промывка не обязательна.
Сильно солонцеватые	10—20	Культура возможна, но требуется химизация с промывкой.
Солонцы	20—30 и выше	При освоении этих земель предварительно должны быть осуществлены химизация и промывка.

Солонцовые процессы в почве возникают при промывке натровых солончаков, при орошении водой, засоленной натровыми солями, или, наконец, в природной обстановке при естественном выщелачивании натровых солончаков, при периодических воздействиях на почву капиллярных солевых токов, засоленных делювиальных вод, солей, выносимых на поверхность почвы дикой растительностью и пр. Общая схема возникновения солонца выражается следующей формулой:

$$[\text{почва}]\text{Ca} + 2\text{NaCl} = \left[\text{почва}\right]^{\text{Na}}_{\text{Na}} (\text{солонец}) + \text{CaCl}_2.$$

В природной обстановке солонцовые процессы приводят к важному перераспределению коллоидов и водорастворимых солей, что создает специфический морфологический профиль солонцовых почв. Этот профиль характеризуется тем, что насыщенные натрием коллоиды почвы оказываются вмытыми на некоторую глубину и здесь возникает иллювиальный горизонт, столбчатой или глыбистой структуры. Водорастворимые соли оказываются вмытыми еще глубже и в значительных количествах залегают обычно непосредственно под столбчатым горизонтом. Соответственно этому располагается по профилю почвы количество поглощенного натрия.

Пример соотношения поглощенных катионов в солонцовой почве в процентах от общей емкости почвы:

Глубины	0—5 см	20—24 см	40—45 см	100 см
Сумма Ca + Mg	92,6	77,3	53,4	83,8
Na	7,4	22,7	46,6	16,2

Механический анализ так же обычно показывает обогащение иллювиального горизонта и обеднение верхних горизонтов глинистыми частицами.

Пример механического состава солонца

Глубины (в сантиметрах)	0—20	20—25	25—42	42—67	67—100
Процент частиц тоньше 0,01 мм	19,8	19,0	39,38	47,05	42,70

Пример распределения по профилю солонца воднорастворимых солей дан на рис. 159. Ввиду высокого расположения в солонце солевых горизонтов последние требуют такой же промывки, как и в солончаках.

Учитывая практическую важность глубины залегания и иллювиального солонцового горизонта, природные солонцовые почвы классифицируют обычно по этому признаку следующим образом:

Классификация солонцовых почв по глубине залегания иллювиального горизонта

Наименование	Глубина залегания иллювиального горизонта от поверхности земли
Корковые солонцы	менее 5 см
Солонцы обыкновенные	около 10—15 см
Солонцы глубокостолбчатые	более 20 см

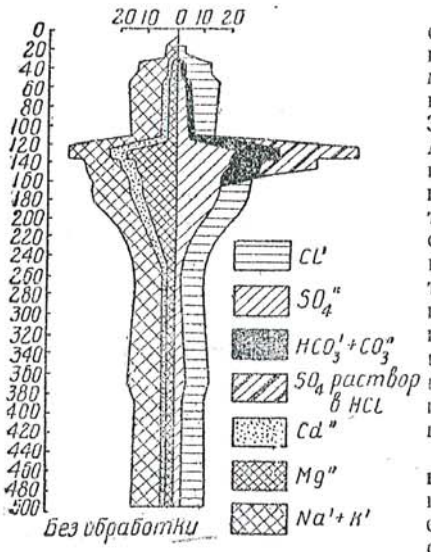


Рис. 159. Солевой профиль солонца.

Описанного типа структурные солонцы распространены преимущественно в каштановой зоне и в меньшей степени в зонах черноземной, бурой и серой. В серой зоне Закавказья и особенно Средней Азии широким распространением пользуются оригинальные солонцеватые почвы, носящие название такыров. Такыры характеризуются обычно крайне тяжелым механическим составом (до 95% частиц тоньше 0,01 мм), резко выраженной поверхностной солонцовой коркой (в других случаях солонцовые горизонты могут распространяться до глубины 50—60 см) и часто значительным засолением всей своей толщи.

Площади засоленных и солонцовых земель по Союзу. Засоленные почвы начинают встречаться единично уже в северной подзолисто-болотной почвенной зоне; так, они известны в Якутской области, в Западной Сибири (Бараба), Ивановской области, Белорусской ССР, в северной части Украинской ССР; площади их пока не могут быть определены. В степных почвенных зонах удельная роль засоленных и солонцовых почв значительна и характеризуется следующими цифрами (по данным акад. Л. И. Прасолова);

Зона черноземная:

солонцовых почв (главным образом в Западной Сибири)	220 000 км²
пашни	1 500 000 »

Зона каштановая (европейская и азиатская):

солонцовых почв	600 000 »
несолонцовых	500 000 »

Зона сероземов:

такыры	110 000 »
тугаи *, преимущественно засоленные	50 000 »
солончаковые и каменистые пустыни	800 000 »
сухие степи (незасоленные Л. Р.)	130 000 »

По тем же данным собственно солонцовых комплексов с преобладанием солонцов (не считая сплошь распространенных комплексов с меньшим их количеством) имеется:

В европейской части Союза	76 000 км²
В Казахстане	128 600 »
По Нижней Волге	59 100 »
По Сибири	8 200 »

§ 103. Мелиорация засоленных почв

Промывка солончаков. Промывка является обычным методом удаления солей из засоленной почвы и, следовательно, ее улучшения.

Общее выражение для величины промывной нормы может быть дано в следующей форме:

$$M = П - m + nП,$$

где M — величина промывной нормы в кубических метрах на гектар;
$П$ — величина предельной влагоемкости заданной к промывке почвенной толщи;
m — запас воды в почве перед промывкой;
n — коэфициент, могущий быть и меньше и больше единицы, в зависимости от степени засоления почвы, солонцеватости почвы, условий оттока промывных вод и технических условий промывок.

Конкретный смысл приведенного выражения заключается в следующем. Первая порция промывной нормы, равная $П—m$, доводит промываемую толщу почвы до состояния ее предельной влагоемкости. Этого объема воды обычно достаточно для того, чтобы перевести в раствор все находящиеся в почве натровые и другие легкорастворимые соли. После этого любая дополнительная порция воды будет проходить через промываемую толщу почвы насквозь и, следовательно, выщелачивать ее. Величина $nП$ и имеет своим назначением вытеснение этого солевого раствора. При слабых степенях засоления иногда достаточно дать дополнительно; $0{,}5П — 0{,}75П$ для того, чтобы достигнуть достаточного для с.-х. культур рассоления. При средних степенях засоления коэфициент n возрастает обычно до 1—2 и при сильном засолении (на солончаках) —до 5—10.

Эффективность одной и той же промывной нормы тем больше, чем при более глубоких грунтовых водах начата промывка и чем лучше обеспечен отток промывных (дренажных) вод. В природной обстановке в большинстве случаев солончаки залегают в условиях плохого естественного оттока, поэтому здесь задача обеспечения оттока промывных вод решается устройством искусственного водоотвода.

Промывки наиболее эффективны в осенне-зимний период, когда грунтовые воды залегают обычно наиболее глубоко и потери воды на испарение наименьшие.

* Поймы рек.

Каждое поле перед промывкой обязательно должно быть хорошо спланировано

Планировка полей имеет весьма крупное значение в борьбе с засолением: во-первых, она обеспечивает возможность применения малых поливных норм, соответствующих дефициту предельной влагоемкости; во-вторых, обеспечивая равномерность увлажнения поля, она исключает накопление солей на повышенных бугорках и пятнистость поля и, в-третьих, создает возможность равномерной и эффективной промывки поля.

После планировки поле должно быть глубоко вспахано, хорошо разборонено, выравнено малой или легким прикатыванием и разбито на чеки величиной от 0,1 до 0,25 га.

В тех случаях, когда для промывных вод есть хороший отток (галечники, дренаж, зауры), промывка наиболее эффективна и вопрос о выборе промывной нормы не имеет особо крупного значения, так как все промывные воды удаляются в дренаж и потому опасного подъема уровня грунтовых вод не происходит. Наоборот, в условиях отсутствия оттока грунтовых и промывных вод выбор правильной промывной нормы является очень важной задачей. В этих условиях вся часть промывной нормы, превышающая предельную влагоемкость почвы, ложится на уровень грунтовых вод и поднимает его. При этом каждые 1 000 м³ воды поднимают уровень грунтовых вод на 50—70—100 см. Применяя в этих условиях большую промывную норму, легко можно создать такое заболачивание и вторичное засоление, что промывка превратится в свою прямую противоположность, принесет больше вреда, чем пользы. Поэтому в условиях отсутствия оттока промывных вод необходимо осуществлять промывку минимальной промывной нормой.

Эта норма (член $nП$) рассчитывается таким образом, чтобы подъем уровня грунтовых вод после промывки не превышал нормального высшего их стояния весной. Например, если в момент промывки уровень грунтовой воды стоит на 3 м от поверхности, а весенний максимум их поднимается до 2 м, то промывкой можно поднять уровень грунтовой воды на 1 м. Зная, что каждые 1000 м³ промывной воды поднимают уровень грунтовой воды, например, на 70 см, определяем, что член $nП$ выразится в данном случае величиной $\frac{1000 \cdot 100}{70}$ м³, или кругло 1400 м³.

Зависимость величины промывной нормы и коэфициента n от амплитуды колебания уровня грунтовых вод иллюстрируется следующей таблицей (Туркмения, уровни грунтовых вод от 1,5 до 4,0 м).

Амплитуда колебаний уровня грунтовых вод в сантиметрах	Промывная норма в кубических метрах	Коэфициент n		
		Механический состав почвы		
		легкий	средний	тяжелый
50	2 000	0,63—0,52	0,54—0,43	0,47—0,28
70	2 200	0,74—0,63	0,62—0,52	0,53—0,34
90	2 500	0,90—0,79	0,75—0,67	0,63—0,46
110	2 800	1,05—0,95	0,87—0,81	0,73—0,57
130	3 000	1,16—1,05	0,96—0,90	0,80—0,64
150	3 300	1,32—1,21	1,08—1,05	0,90—0,75
170	3 600	1,47—1,37	1,21—1,19	1,00—0,86

Таблица показывает, что коэфициент n уменьшается от почв легких к тяжелым; следовательно, в том же направлении уменьшается и промывной эффект каждой данной нормы.

В некоторых частных случаях сильно засоленных почв, занимающих небольшие площади, промывная норма может быть несколько увеличена, но с таким расчетом, чтобы поднятый уровень грунтовых вод не задерживал весенних полевых работ и сева.

По наблюдениям в Туркменской ССР, этот максимально допустимый подъем грунтовых вод выражается следующими величинами от поверхности земли:

1) для почв легкого механического состава . . . . . 130 см
2) » » среднего » » . . . . . 160 »
3) » » тяжелого » » . . . . . 180 »

Промывные нормы, рассчитанные указанными методами, в ряде случаев сильно засоленных почв, рассолоняют только часть корнеобитаемой зоны и потому должны быть повторяемы в течение ряда лет.

Для повышения эффективности каждой данной промывной нормы, ее следует выливать на поле не сразу, а частями: первая порция должна соответствовать величине $П—m$, а остальная норма выливается порциями по 800—1 000 м³ с интервалами в 3—5 дней.

После промывки поле должно быть, по возможности, немедленно разрыхлено и в таком виде должно поддерживаться все время, как до посева, так и в течение вегетационного периода.

Кроме первоначального эффекта рассоления почвы, столь же важной задачей при промывке является обеспечение устойчивости полученного эффекта во времени. Эта устойчивость достигается тогда, когда после промывки горизонт грунтовых вод будет быстро опущен ниже критического его уровня.

Критическим уровнем грунтовых вод называют такую наименьшую от поверхности земли глубину залегания грунтовых вод, с которой капиллярные токи уже не достигают поверхности почвы и, следовательно, не могут производить ее засоление. В засушливых областях и для обычных суглинистых, лёссовидных пород критическим уровнем считают глубину в 2,5—5 м. При глубинах стояния грунтовых вод меньше 2,5 м процессы засоления обычно идут весьма интенсивно, и возникает необходимость в принятии специальных мер для борьбы с ними (см. «вторичное засоление», стр. 337). Величина критической глубины грунтовых вод в высокой степени динамична и зависит как от конкретных изменчивых природных климатических и почвенных показателей, так и от агротехники, с помощью которой может быть изменен климат приземного слоя воздуха (микроклимат) и капиллярные свойства почв (структурообразование).

С этой точки зрения применяющиеся формы дренирования засоленных земель могут быть оценены следующим образом. Широко применяющийся в практике и многократно исследованный опытным путем горизонтальный открытый и закрытый дренаж мелкого (около 1 м) заложения и частого (20—50 м) расположения позволяет осуществить достаточно успешно первоначальные промывки, но устойчивость полученного эффекта обычно мала, так как уровень грунтовых вод и после дренирования остается выше критического. Поэтому в этих условиях приходится часто применять повторные промывки.

Форма горизонтального дренирования более глубокого заложения (3—4 м) и более редкого расположения (100—500 м) приобрела особенно широкое распространение в США и испытана у нас в Средней Азии и

Закавказье. Доказано, что на фоне этого дренажа можно осуществить вполне удовлетворительные промывки, но для обеспечения равномерности рассолонения широких пространств между дренами промывные нормы и порядок промывок должны быть диференцированными для середины этих пространств и их окраин. Устойчивость промывок во времени здесь выше, чем в первом случае, так как уровень грунтовых вод может быть понижен на глубину, близкую к критической, тем не менее реставрация засоления и здесь не исключена, если на промытых полях осуществляется недостаточно высокая агротехника.

Опытные исследования этой формы дренажа в Закавказье, на Джафарханской опытной станции, и в Средней Азии, в Золотой Орде (Голодная степь) и на станции Федченко в Фергане, дали чрезвычайно быстрый и высокий с.-х. эффект.

Наибольшее понижение уровня грунтовых вод, и притом регулируемое в соответствии с потребностью, может быть достигнуто с помощью вертикального дренажа так называемыми калифорнийскими колодцами с откачкой из них грунтовых вод насосами (см. главу XV, стр. 318). Эта форма дренирования является в последнем десятилетии очень распространенной в США и оказалась наиболее эффективной даже в самых тяжелых случаях засоления, когда горизонтальный дренаж не справляется с поставленными задачами.

Вторичное засоление почв при орошении и мероприятия по предупреждению и борьбе с ним. Вторичным засолением называют такое засоление, которое возникает в почве в результате неправильного орошения ее. Оно наблюдается в ряде случаев и на почвах, до мелиорации не засоленных.

Вторичное засоление распространено весьма широко и в частности в нашей хлопковой зоне Средней Азии и Закавказья.

Площади засоления в ирригационных районах Средней Азии и Закавказья встречаются:

1) в области предгорных, наклонных, лёссовых (пролювиально-делювиальных) равнин;

2) в области древне-аллювиальных и современных террас верхних и средних течений рек;

3) в области древних и современных дельтовых отложений.

Область предгорных равнин характеризуется значительными уклонами и глубокими грунтовыми водами, залегающими в галечниках и обладающими хорошим оттоком. В этих условиях залегающие здесь сероземы и каштановые почвы обычно не засолены и, как правило, не засоляются после орошения. Исключение представляют концевые, шлейфы этих склонов, на которых засоление широко развито.

Область высоких речных террас обычно дренирована также удовлетворительно, и потому засоление развивается здесь относительно редко. Встречаются площади солонцовых почв. Области современных пойм, периодически затопляемых, часто характеризуются близкими минерализованными грунтовыми водами, и потому засоленные почвы здесь обычно широко развиты.

Дельтовые области (Аму-Дарьи, Сыр-Дарьи, Куры и Аракса и др.), как правило, характеризуются ничтожными уклонами (иногда обратными), тяжелым механическим составом и практически бессточными минерализованными грунтовыми водами. Здесь наиболее широко распространены первично-засоленные почвы и наиболее резко выражена угроза вторичного засоления. Поэтому в этих областях нужно обращать особое внимание на проведение мероприятий по предупреждению вторичного засоления (наиболее совершенные методы агротехники и орошения).

В борьбе с засолением орошаемых земель надо прежде всего сосредоточить внимание на предупреждении засоления.

Причины, вызывающие вторичное засоление при орошении, заключаются:

1) в подъеме уровня грунтовых вод выше критического;

2) в переносе солей в верхние горизонты почвы из нижних слоев при их увлажнении оросительной водой;

3) в обогащении почвы солями при употреблении засоленной оросительной воды.

В обычной ирригационной практике важнейшей причиной вторичного засоления является подъем уровня грунтовых вод и бесструктурность почв.

Подъем уровня грунтовых вод происходит:

1) за счет подпоров грунтового потока и потерь на фильтрацию водохранилищ;

2) за счет потерь воды на фильтрацию в оросительной сети;

3) за счет потерь на фильтрацию на орошаемых полях (если применяют неправильные поливные нормы и несовершенную технику полива).

Мероприятия по предупреждению вторичного засоления должны преследовать решение двух следующих задач:

1) нужно так изменить характер капиллярных токов в почве, чтобы они не достигали корневой зоны даже в случаях, когда соли или грунтовая вода внизу есть;

2) нужно поддерживать уровень грунтовых вод или глубину залегания солей на таких глубинах, чтобы с этих глубин капиллярные токи не могли достигнуть корнеобитаемой зоны почвы.

Основным мероприятием для изменения характера капиллярных токов в почве является создание структуры почв путем применения правильных севооборотов, с посевами многолетних трав и с высокой агротехникой на каждом поле. Поэтому введение на орошаемых землях травопольной системы земледелия (по акад. В. Р. Вильямсу) и, в частности, травопольных севооборотов является одним из основных мероприятий по предупреждению засоления.

Роль правильного севооборота в борьбе с засолением заключается в мелиорирующем действии травяного клина.

Во-первых, трава закрывает сплошь поле от ветра и нагревания. Это уменьшает испарение воды с поверхности почвы и задерживает капиллярную передачу солевых растворов снизу вверх.

Во-вторых, трава создает структуру почвы, а в структурной почве капиллярные токи в очень сильной степени замедляются.

Наконец, в-третьих, под травой, при правильном поливном режиме, соли не только не поднимаются вверх, но даже опускаются (дренирующее действие корневых ходов, идущих на большую глубину).

Положительная роль трав осуществляется тем полнее и лучше, чем большее число и более полноценных укосов она дает.

Поэтому для люцерны на полях, страдающих от засоления, должна быть обеспечена самая высокая агротехника, гарантирующая наивысший урожай.

Для того чтобы обеспечить хорошее состояние люцерны с первых же моментов ее развития, посев нужно производить в незасоленный, промытый верхний слой почвы, так как люцерна в молодом возрасте

весьма чувствительна к солям и на соленом поле или сразу изреживается или совсем гибнет.

Только тогда, когда люцерна хорошо укоренится и окрепнет, она становится более солевыносливой и при дальнейшем правильном уходе полностью оказывает свое мелиорирующее действие.

Мелиорирующее действие люцерны не ограничивается только периодом стояния ее на поле, но и после ее распашки продолжается еще 4—5 лет.

Это последействие определяется сохранением структуры почвы, повышением урожаев других культур севооборота после люцерны, дренирующим действием корневых ходов люцерны.

Лучшее развитие любой культуры является положительным фактором в борьбе с засолением ввиду улучшения микроклимата приземного слоя воздуха аналогично тому, что имеет место и под люцерной.

Таким образом, *борьба за повышение урожая всякими агротехническими средствами является вместе с тем и борьбой с процессами засоления.*

Одним из главных агротехнических приемов вегетационного периода, направленных одновременно на улучшение условий роста растений и на борьбу с поднятием солей, является постоянное поддержание поверхности поля в разрыхленном состоянии.

Этот рыхлый поверхностный слой изолирует нижние слои почвы от потери воды на испарение, уменьшает капиллярный подток к ним солей и, следовательно, уменьшает или приостанавливает процессы засоления.

Поэтому на всех пропашных культурах высококачественное рыхление должно быть обеспечено в кратчайший срок после полива.

Во всех случаях, когда межполивной период оказывается больше 15—20 дней, полезно дать не одно, а два рыхления.

Во многих районах Средней Азии и Закавказья в севообороте участвуют зерновые. Обычно поле из-под зерновых остается без дальнейшего ухода, что ведет к резкому увеличению засоления.

Поэтому все поля после уборки зерновых (а еще лучше одновременно с их уборкой) необходимо, по возможности, немедленно хорошо разрыхлить при помощи пожнивного лущения по системе В. Р. Вильямса.

Весь перечисленный выше комплекс агротехнических мероприятий, осуществляемый на полях севооборота, существенным образом изменяет характер капиллярных явлений в толще почвы и, *будучи применяем систематически*, в значительной мере, а местами и полностью, *приостанавливает рост процессов засоления.*

Вторым мероприятием по борьбе с засолением является недопущение подъема уровня грунтовых вод до высоты, угрожающей засолением земель, и снижение грунтовых вод, стоящих выше этого уровня.

Очень часто в орошаемых районах высокий уровень грунтовых вод оказывается явлением не природным, а искусственным, вызванным неправильным, расточительным пользованием оросительной водой.

На большинстве оросительных систем на поля поступает всего половина, а то и меньше, того количества воды, которое забирается в голове системы.

Остальная вода теряется на фильтрацию в сети.

Из воды, поступившей на поле, также не вся она используется растением. При излишних нормах и неправильной технике полива часть ее просачивается вглубь.

Таким образом, суммарно, в контуре орошаемой площади, ежегодно теряется на каждый гектар до 50% забранной воды.

Весь этот *громадный объем воды, теряемой на фильтрацию, поступает в грунтовые воды и поднимает их уровень.*

В общем потери воды тем больше, чем больше ее поступает в систему. Поэтому первой задачей в борьбе за понижение уровня грунтовых вод является строгая регламентация величины забора воды в систему в соответствии с планом водопользования. Например, ориентировочно величина водоподачи в систему в голове в хлопковых районах не должна превышать 10—12 тыс. м³/га.

Второй этап борьбы за понижение грунтовых вод — борьба с потерями воды на фильтрацию на полях и в каналах.

Борьба с потерями воды на фильтрацию на поле сводится к тому, чтобы норма каждого полива не превышала дефицита предельной влагоемкости (т. е. разницы между предельной влагоемкостью и оставшимся в почве запасом влажности перед поливом *П—т*).

Этот дефицит меняется в общем от 500 м³ в первые стадии развития растений до 1 000 м³ в период наибольшего роста и редко больше.

Следовательно, к указанному ограничению поливных норм, устанавливаемых изложенным выше методом, и нужно стремиться.

Практика стахановцев обычно совпадает с этим правилом: они применяют небольшие поливные нормы, но дают их чаще.

При этом полив надо производить по бороздам, без сброса, отказавшись от несовершенной техники полива—затопления.

На почвах, страдающих от засоления, часто опасаются применять бороздные поливы, как могущие усилить засоление. В этом вопросе нужно различать следующие стороны:

во-первых, на сильно засоленных почвах (солончаках) получение нормальных урожаев без предварительного удаления солей невозможно при любом способе полива;

во-вторых, на средне и слабо засоленных почвах вредное повышение концентрации солей от борозд в течение одного вегетационного периода наблюдается редко.

Поскольку, однако, суммарное засоление корнеобитаемой зоны в этом случае действительно усиливается, то оказывается совершенно необходимым на этих почвах сочетать бороздные поливы с рациональными зимними промывками для того, чтобы не допустить прогрессивного нарастания засоления из года в год.

Так как экономные бороздные поливы не дают фильтрации в грунтовые воды, то это создает условия для понижения уровня грунтовых вод, и, следовательно, условия лучшей эффективности зимних промывок.

Наибольшие потери на фильтрацию, как указывалось выше, происходят в оросительной сети; поэтому на борьбу с ними должны быть направлены самые серьезные усилия.

Основные мероприятия по устранению потерь на фильтрацию заключаются в следующем.

1) Техническое состояние каналов должно полностью исключать прорывы и разливы воды.

2) Как межколхозная, так и внутриколхозная сеть, в связи с укрупнением карт обработки, не должна содержать лишних каналов.

3) Хозяйство нужно организовать так, чтобы в каждый момент времени в колхозе работало минимальное количество каналов. Это может быть достигнуто соответствующим проведением водопользования, позволяющим сократить излишние пробеги воды.

4) Каналы не должны зарастать; это уменьшает потери на фильтрацию на 10—30%.

5) При переустройстве сети каналы следует строить таким образом, чтобы мертвые объемы воды в них были минимальными, а концевые каналы полностью освобождались на поля в счет поливной нормы.

6) Так называемая работа «на горизонтах», т. е. прогон по каналам высоких горизонтов воды вместо постановки подпорных сооружений, не должна иметь места.

7) Детальный план водопользования и водораспределения, в соответствии с потребностями полей, должен составляться и строго проводиться не только в вегетационный период, но также и в осенне-зимний. Это обстоятельство заслуживает серьезного внимания, так как в это время в систему часто поступают большие избытки воды, которые и поддерживают грунтовые воды на высоком уровне.

8) Оросительная сеть должна быть оборудована водомерами.

9) Сеть должна быть достаточно армирована, чтобы облегчить маневрирование и, следовательно, уменьшить бесполезные прогоны воды и потери ее на фильтрацию.

10) В качестве прямого способа борьбы с потерями на фильтрацию важно применение на всех постоянных каналах антифильтрационных одежд, которые обязательны на всех участках сети, особо сильно фильтрующих.

В качестве простейших антифильтрационных мероприятий применяются: кольматирование, обмазка глиной, нефтевание. Сюда же относится и разработанный советской наукой метод искусственного солонцевания каналов и водохранилищ (см. стр. 307—310).

Кроме оросительной сети, особое внимание должно быть уделено содержанию в порядке и правильной эксплоатации сбросной коллекторной, заурной * сбросной дренажной сети.

Вся эта сеть должна быть в таком порядке, чтобы застои воды в ней были полностью исключены. Эта сеть имеет своим назначением отводить, главным образом, грунтовую воду; чем глубже эта сеть, тем лучше она понижает уровень грунтовых вод.

Во всех случаях близких безотточных грунтовых вод хорошая заурная или дренажная сеть обеспечивает возможность коренного улучшения земельного фонда и, следовательно, получения любого высокого урожая.

Кроме работ в течение вегетационного периода, борьба с засолением продолжается в осенне-зимний период, когда производятся планировка полей и промывка.

Вторичное засоление почв при осушительных мелиорациях. Вторичное засоление при осушении часто встречается при обваловании пойм степных рек (например, Кубань, Дон, Терек, Волга) и при осушении мелкими открытыми канавами таких болот, которые содержат в своих глубоких горизонтах соли, т. е. являются солончаковатыми (например, Бараба — Западная Сибирь).

Засоление при обвалованиях пойм может иметь место только тогда, когда в глубоких горизонтах почвы или в грунтовой воде имеются запасы солей и грунтовые воды после обвалования остаются на высоком уровне.

Отрицательная роль обвалования в данном случае заключается в том, что оно устраняет воздействие на обвалованную территорию паводковых вод, которые частично смывают и вымывают в толщу грунта соли.

---

* Заур — открытый водосборный дренажный канал.

Поверхность обвалованной территории, оставаясь все лето открытой, теряет значительное количество воды на испарение и при близких засоленных грунтовых водах легко засоляется.

По существу то же самое происходит при поверхностной осушке солончаковатых болот, когда уровень грунтовых вод не регулируется в достаточной степени.

Для борьбы с засолением в описанных условиях необходимо применение всего комплекса агротехнических мероприятий, препятствующих капиллярному поднятию солей, а в случае их недостаточности—искусственное понижение уровня грунтовых вод ниже критического для данных условий.

§ 104. Мелиорация солонцов

Мелиорация солонцовых почв складывается из двух фаз: первая — вытеснение поглощенного натрия из коллоидного комплекса почвы и вторая — выщелачивание (промывка) образовавшейся в результате вытеснения натровой соли.

Вытеснение поглощенного натрия может осуществляться под воздействием как воды и угольной кислоты, так и растворов солей или кислот.

Вытеснение натрия водой и угольной кислотой осуществляется по следующей схеме:

$$\underset{\text{солонец}}{[\text{почва}]\,Na} + H_2O + CO_2 = \underset{\text{кислая почва}}{[\text{почва}]\,H} + \underset{\text{соль, подлежащая выщелачиванию}}{NaHCO_3}$$

В практике эта реакция, т. е. промывка солонца водой, не может быть использована для мелиорации по следующим основаниям: во-первых, реакция эта протекает очень медленно, для ее осуществления потребуются многие годы промывок и многие десятки тысяч кубометров воды; во-вторых, в результате реакции получается кислая почва (солодь), также мало пригодная для с.-х. использования и требующая химической мелиорации.

В природной обстановке, в процессе естественной эволюции солонцовых почв, реакция по указанной схеме осуществляется и в ряде случаев приводит к формированию солодей; но этот процесс является не обязательным, так как в нем участвует еще и биологический фактор в форме дикой растительности. Дикая растительность появляется на солонце в первые же стадии его деградации, корневая система ее аккумулирует минеральные элементы, которые при гумификации органической массы освобождаются в виде простых солей; в силу этого на солонец начинает действовать уже не вода, а солевой раствор, в этом случае солодь не образуется, а солонец может эволюционировать в направлении степного типа почвообразования.

Для практической мелиорации солонцов применяют кальциевые соли, так как в результате обмена здесь получается почва степного типа почвообразования. Кальциевая соль может быть применена любая, например, $CaCl_2$, $Ca(NO_3)_2$ и др. Но обычно выбирают наиболее дешевые и доступные — гипс $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ и молотый известняк $CaCO_3$.

Схема реакции с этими солями следующая:

$$[\text{почва}]\,Na_2 + \begin{Bmatrix} CaCO_3 \\ CaSO_4 \end{Bmatrix} = [\text{почва}]\,Ca + \begin{Bmatrix} Na_2CO_3 \\ Na_2SO_4 \end{Bmatrix};$$

Неудобства применения молотого известняка (углекислого кальция) заключаются в его малой растворимости, следовательно, в медленности реакции и очень большом количестве промывной воды, которое требуется для завершения мелиорации. Эта реакция имеет существенное практическое значение, в особенности на карбонатных солонцах. Здесь, располагая достаточным количеством воды и надлежащим водоотводом, можно избежать необходимости искусственного внесения в почву кальциевой соли. Там, где соль нужно вносить, целесообразнее пользоваться гипсом, как солью более растворимой и, следовательно, более быстро замещающей натрий.

Кроме того, нужно иметь в виду, что в случаях химизации слабо солонцеватых почв, когда промывка может быть необязательной, преимущество гипсования будет выражено еще в том, что здесь продукт обмена (сернокислый натрий) менее вреден, чем продукт, получающийся при известковании (сода).

Потребная для химизации солонца доза кальциевой соли зависит от количества поглощенного натрия. На основании опытных данных можно считать, что для удовлетворительной мелиорации обычно достаточно внести в почву количество кальция, эквивалентное количеству поглощенного натрия. Пример расчета потребного количества гипса приводится в нижеследующей таблице:

Расчет потребного при мелиорации количества гипса

Горизонты почвы (в сантиметрах)	Поглощенного натрия (в миллиэквивалентах на 100 г почвы)	Вес расчетного слоя почвы на гектар при объектном весе 1,5 т в 1 м³	Количество натрия, подлежащее вытеснению (в тоннах)	Эквивалентное натрию количество гипса
0—10	2,00	10 000 × 0,4 × × 1,5 = 6 000		
10—20	1,00		$\frac{6\,000 \times 0{,}069}{100} = 4{,}14$ т	$\frac{4{,}14 \times 172}{23 \times 2} = 15{,}48$ т
20—30	4,00			
30—40	5,00			
Среднее 3,0 = 0,069% от веса почвы				

В ряде случаев в качестве мелиорирующего материала могут быть использованы карбонатные и гипсоносные горизонты самой солонцовой почвы, залегающие в ней часто на глубине 30—50 см от поверхности. В этом случае производится или глубокая вспашка или плантаж.

На карбонатных солонцах для активизации извести возможно применение раствора кислоты, например, серной (так называемое кислование почв). В результате растворения извести получится гипс, который и будет мелиорировать солонец. Прием технически не испытан.

Весьма эффективным приемом в полевых опытах на карбонатных почвах является внесение серы. Сера в почве окисляется серобактериями в серный ангидрид, который с водой дает серную кислоту; последняя с известью дает гипс, мелиорирующий солонец. По американским опытам, эффект серы проявляется примерно на год позже, чем эффект гипса (период биологического окисления), но конечный результат получается даже лучшим, чем при гипсовании. Кроме того, мелиорация серой обходилась дешевле.

С солонцовым процессом в мелиоративной практике встречаются: 1) при промывке натровых солончаков, 2) при орошении водой, засоленной натровыми солями, и 3) при орошении природных солонцовых почв.

При промывке натровых солончаков гипс целесообразнее вносить перед основной промывкой, так как в этом случае солонцовый процесс предупреждается и промывка протекает без затруднений. При мелиорации природных солонцов, обладающих резко выраженным иллювиальным уплотненным горизонтом, последний и после гипсования и промывки может еще сохранить свои неблагоприятные водно-физические свойства. В этих случаях необходимо применить к нему механическое рыхление и биологическое воздействие многолетних трав в целях создания структуры.

ГЛАВА XVII

ОРОШЕНИЕ И ОБВОДНЕНИЕ ИЗ ВОДОХРАНИЛИЩ МЕСТНОГО СТОКА

§ 105. Общие сведения

Устраиваемые в понижениях рельефа — балках, лощинах, оврагах, на реках и речках — водохранилища местного стока имеют своим назначением регулирование стока, сводящееся к задержанию стекающей с водосборных площадей воды, и использование ее для целей орошения, водоснабжения и т. п. в сухие периоды года.

Проектирование мероприятий по регулированию стока состоит из:

а) водохозяйственных расчетов;

б) проектирования сооружений, связанных с устройством и эксплоатацией водохранилища (плотины, водосборные и сбросные сооружения, водозаборные сооружения и др.).

Сведения, необходимые для проектирования сооружений (п. «б»), будут изложены в томе IV справочника. В настоящем разделе рассматриваются вопросы, связанные главным образом с проектированием водохранилищ; они сводятся к следующему:

А. Выбор места для водохранилища.

Б. Изучение гидрологического режима регулируемого водотока.

В. Водохозяйственные расчеты.

Г. Потери воды из водохранилищ.

Д. Определение мертвого объема водохранилищ.

§ 106. Выбор места для устройства водохранилища

При выборе места под водохранилище необходимо руководствоваться следующими основными положениями.

1. Водосборная площадь, отнесенная к створу плотины, должна быть возможно максимальной в тех случаях, когда пригодные и доступные для орошения земельные площади лимитируются водным фактором.

2. Если водохранилище проектируется для целей орошения, то площадь орошения располагается на минимальном расстоянии от водохранилища и не в зоне подпора грунтовых вод, создаваемого водохранилищем. Подвод воды из водохранилища на поля орошения должен быть или самотечным или с возможно минимальной высотой качания насосной установкой.

3. При проектировании водохранилища для целей обводнения учитываются все санитарно-технические условия, связанные с охраной водоема от загрязнения; водопользование должно в максимальной степени отвечать бытовым и производственным требованиям.

4. Водохранилище должно обладать наибольшей емкостью при минимальных длине и объеме работ, связанных с устройством плотины, и минимальной площадью зеркала воды. Это обусловливает наименьшую стоимость устройства водохранилища (стоимость плотины, затопление площадей и селений и т. п.) и дает наилучшие условия как для сбережения воды (минимальные потери на испарение и фильтрацию), так и в санитарном отношении (вода меньше нагревается и меньше портится от загнивания и повышения содержания растворимых солей).

4. Место для водохранилища выбирается так, чтобы потери воды на фильтрацию как под плотиной и в обход последней, так и в грунт ложа водохранилища были минимальными.

6. Грунты под створом плотины должны отвечать строительным требованиям плотиностроения при минимальной стоимости работ под основание сооружения, а берега ложа водохранилища не должны подвергаться оползням при наполнении водохранилища.

7. Для устройства водосброса должно быть удобное место.

8. В районе проектируемых сооружений обязательно наличие доброкачественных строительных материалов (земляные, каменные, гравелистые и песчаные карьеры).

§ 107. Годовой сток и его изменчивость в многолетнем разрезе

При проектировании водохранилища исходным расчетным элементом является средняя норма годового стока. Вероятные колебания нормы стока, вне зависимости от хронологической его последовательности в многолетнем ряду, могут быть установлены с помощью кривых распределения или кривых обеспеченности. Эти кривые дают возможность выразить при помощи плавной кривой все многообразие распределения годового стока и таким образом установить путем экстраполяции вероятные величины годового стока любой обеспеченности, в том числе и крайние.

Для определения ординат кривой распределения необходимо знать два коэфициента: а) коэфициент вариации, или относительное среднее квадратичное отклонение годовых модулей стока от среднего многолетнего (норма стока), и б) коэфициент асимметрии, характеризующий несимметричность распределения годового стока, или отклонение медианных членов (и модальных) от арифметической средней.

Коэфициент вариации (C_v) может быть подсчитан по формуле:

$$C_v = \sqrt{\frac{\Sigma (k-1)^2}{n-1}};$$

где k — модульный коэфициент, т. е. отношение модуля стока за данный год к среднему модулю стока,

n — число лет наблюдений.

Для рек, имеющих очень малый цикл наблюдений, коэфициент вариации может быть подсчитан по эмпирической формуле инж. Д. А. Соколовского:

$$C_v = a - 0{,}063 \lg (\omega + 1),$$

где a — климатический параметр, зависящий от географического положения бассейна, значение которого берется по карте изолиний (рис. 160);

ω — водосборная площадь исследуемого водотока в квадратных километрах.

Для определения коэфициента вариации инж. М. Э. Шевелев дает три следующие зависимости:

$$C_v = (2{,}695 - 1{,}063 \lg q)\ C'_v;$$
$$C_v = 0{,}645 \lg d - 0{,}063 \lg (\omega + 1) + 0{,}317;$$
$$C_v = 0{,}723 - 0{,}213 \lg q - 0{,}063 \lg (\omega + 1).$$

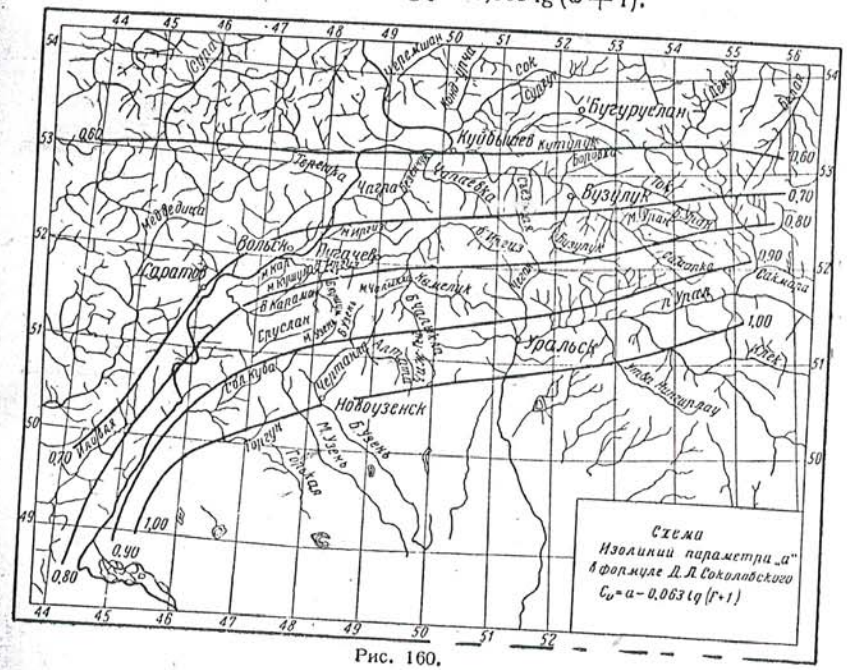


Рис. 160.

Здесь: C_v — коэфициент вариации стока;

C'_v — коэфициент вариации годовых осадков;

q — норма стока в литрах в секунду с 1 км²;

d — средний многолетний дефицит влажности;

ω — площадь водосбора в квадратных километрах.

Коэфициент асимметрии (C_s) обладает меньшей точностью и устойчивостью и требует для надежного подсчета длительного ряда наблюдений (порядка нескольких десятков лет), что, конечно, может иметь место только в исключительных случаях. По данным наблюдений, коэфициент асимметрии устанавливается по формуле:

$$C_s = \frac{(k-1)^3}{(n-1)\,C_v^3},$$

где $к$ — модульный коэфициент;
n — число лет наблюдений;
C_v — коэфициент вариации.

При наличии данных за 10—15 лет верхний предел C_s вычисляется по формуле:

$$C_s = \frac{2C_v}{1-к_{мин}}.$$

Фостер предложил приравнивать:

$$C_s = 2C_v.$$

При более значительных коэфициентах асимметрии кривые меняются незначительно и главным образом меняются только на своих концах.

Предложение Фостера является наиболее осторожным в отношении маловодных лет *.

Коэфициент вариации и коэфициент асимметрии полностью определяют собою вид кривой продолжительности или обеспеченности.

В нижеследующей таблице приводятся отклонения ординат кривых продолжительности от середины в зависимости от значения C_s при $C_v = 1{,}0$.

Вертикальные столбцы этой таблицы соответствуют различным точкам оси абсцисс кривой обеспеченности, т. е. различной величине процента обеспеченности, начиная от 0,1 до 99,9%. Горизонтальные строки соответствуют различным значениям коэфициента асимметрии C_s.

Отклонения ординат кривых продолжительности от средины $k=1$ в зависимости от значения C_s при $C_v=1{,}0$ (по Фостеру)

Коэфициент асимметрии	Процентное значение обеспеченности									
	0,1	1,0	3,0	5	10	20	25	30	40	50
0,0	+3,09	+2,33	+1,87	+1,64	+1,28	+0,84	+0,68	+0,52	+0,25	−0,00
0,2	3,38	2,48	1,93	1,69	1,30	0,83	0,67	0,51	0,22	0,03
0,4	3,67	2,62	2,00	1,74	1,32	0,82	0,65	0,48	0,19	0,06
0,6	3,96	2,77	2,06	1,79	1,33	0,80	0,62	0,45	0,15	0,09
0,8	4,25	2,90	2,12	1,83	1,34	0,78	0,60	0,42	0,12	0,13
1,0	4,54	3,03	2,19	1,87	1,34	0,76	0,57	0,38	0,08	0,16
1,2	4,82	3,15	2,25	1,90	1,35	0,74	0,54	0,35	0,05	0,19
1,4	5,11	3,28	2,31	1,93	1,34	0,71	0,51	0,32	+0,02	0,22
1,6	5,39	3,40	2,36	1,96	1,33	0,68	0,48	0,28	−0,01	0,25
1,8	5,66	3,50	2,41	1,98	1,32	0,64	0,44	0,24	0,05	0,28
2,0	5,91	3,60	2,46	2,00	1,30	0,61	0,41	0,20	0,08	0,30
2,2	6,20	3,70	2,48	2,01	1,28	0,58	0,37	0,17	0,11	0,33
2,4	6,47	3,78	2,49	2,01	1,25	0,54	0,33	0,13	0,14	0,35
2,6	6,73	3,87	2,50	2,01	1,23	0,51	0,31	0,10	0,17	0,37
2,8	6,99	3,95	2,51	2,02	1,20	0,47	0,26	0,06	0,20	0,38
3,0	+7,25	+4,02	+2,52	+2,02	+1,18	+0,42	+0,25	+0,03	−0,23	−0,40

* В работах Нижне-Волгопроекта коэфициенты асимметрии по данным гидрологического сектора принимаются по районам. Районные значения C_s следующие:
$C_s = 0{,}5\,C_v$ — южный район (к югу от течения р. Б. Иргиз, включая последнее);
$C_s = C_v$ — междуречье Самарка — Б. Иргиз (включая левобережные притоки р. Самарки);
$C_s = 1{,}5\,C_v$ — северный район, междуречье Самарка — Б. Кинеля (включая течение р. Самарки и Б. Кинеля).

Продолжение

Коэфициент асимметрии	Процентное значение обеспеченности								
	60	70	75	80	90	95	97	99,0	99,9
0,0	−0,25	−0,52	−0,68	−0,84	−1,28	−1,64	−1,88	−2,32	−3,09
0,2	0,28	0,55	0,70	0,85	1,25	1,58	1,79	2,18	2,81
0,4	0,31	0,57	0,71	0,85	1,22	1,51	1,69	2,03	2,54
0,6	0,34	0,58	0,72	0,86	1,19	1,45	1,59	1,88	2,28
0,8	0,37	0,60	0,73	0,86	1,16	1,38	1,49	1,74	2,03
1,0	0,40	0,61	0,73	0,86	1,12	1,31	1,39	1,59	1,80
1,2	0,42	0,62	0,73	0,85	1,08	1,25	1,30	1,45	1,59
1,4	0,44	0,63	0,73	0,84	1,05	1,18	1,21	1,32	1,40
1,6	0,46	0,64	0,73	0,82	1,00	1,11	1,13	1,19	1,24
1,8	0,48	0,64	0,72	0,80	0,95	1,03	1,06	1,08	1,11
2,0	0,49	0,64	0,71	0,78	0,90	0,95	0,98	0,99	1,00
2,2	0,49	0,63	0,69	0,75	0,85	0,90	0,90	0,90	0,91
2,4	0,50	0,62	0,66	0,71	0,79	0,82	0,82	0,83	0,83
2,6	0,50	0,60	0,64	0,68	0,74	0,76	0,76	0,77	0,77
2,8	0,50	0,59	0,62	0,65	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71
3,0	−0,50	−0,57	−0,60	−0,62	−0,65	−0,66	−0,66	−0,67	−0,67

Табличные числа дают отношение величины $к=1$ к величине C_v при $C_v=1$.

Обозначая любое табличное число через $Ф$, получим:

$$Ф = \frac{k-1}{C_v};$$

Отсюда модульный коэфициент:

$$k = 1 + Ф \cdot C_v:$$

Например: вычислено $C_v = 0{,}49$ и $C_s = 0{,}49$.

По таблицам Фостера посредством интерполяции находим значение табличного числа, соответствующего значению $C_s = 0{,}49$ и $C_v = 1$; $Ф = 0{,}855$. Так как отклонение кривой обеспеченности от середины пропорционально C_v, то для значения $C_v = 0{,}49$ табличное число надо умножить на 0,49.

$$к - 1 = 0{,}865 \cdot 0{,}49$$
$$к = 1 - 0{,}865 \cdot 0{,}49 = 0{,}58.$$

§ 108. Сезонность стока

При регулировании стока выявление сезонного колебания стока имеет весьма большое значение, но индивидуальное различие бассейнов проявляется настолько сильно, что об установлении каких-либо общих норм говорить не приходится. Ограничимся поэтому указанием сезонных колебаний стока в условиях Заволжья, отмечая, что этот вопрос должен со всей серьезностью прорабатываться в каждом отдельном случае, с учетом особенностей каждой отдельно взятой водосборной площади того или иного района.

Годовой ход стока в Заволжье характеризуется одним резко выраженным весенним максимумом, время наступления которого зависит от географического положения и величины бассейна. На юге, в районе Прикаспийской низменности максимум стока нормально имеет место в конце марта, в сыртовой части (Общий Сырт, являющийся водораздельной

возвышенностью между бассейнами р. Волги, Камыш-Самарских озер, Дюра-Чижинских разливов и системы р. Урал) и на притоках реки Самарки — в средине апреля, а на самой реке Самарке — несколько позже, в конце второй декады апреля.

В южном Заволжье весенний сток в сущности является и годовым. В остальное же время года поверхностный сток отсутствует, и только в случае влажного лета или осенью, когда почвы не обладают высокой поглощательной способностью, здесь наблюдается, правда, очень незначительный, дождевой и ливневой сток. Грунтовый сток, если и имеет место, то оказывается настолько слабым, что летом целиком поглощается испарением, а зимой идет на льдообразование. Только в нижнем течении р. Еруслан и Б. Карман и в верховьях некоторых речек, стекающих с западного склона Общего Сырта, как-то Алтара и пр., наблюдается постоянный сток, но, судя по имеющимся данным, он настолько мал, что составляет ничтожную долю от среднего годового стока, обусловленного почти целиком весенним стоком. Поэтому в условиях южного Заволжья, годовой сток является почти исключительно сезонным весенним стоком, продолжительность которого колеблется от 15 дней в бассейнах порядка 500—1 000 км² и до 1 месяца в бассейнах 4 000—8 000 км².

В северном же Заволжье, где климатические и гидрологические условия несколько иные, сток наблюдается в течение круглого года.

Распределение годового стока по сезонам для отдельных физико-географических районов в зависимости от площади водосбора, представляется в следующей таблице.

Распределение годового стока по сезонам в различных районах Заволжья

Районы и водосборные площади	Характеристика отдельных лет	Сток в процентах от годового				
		Осень	Зима	Весна		Лето
		X—XI	XII—III	IV	V	VI—IX
Реки Самарка и Б. Кинель при площадях водосборов более 10 000 км²	Многоводный . .	3	5	67	20	5
	Средний	5	8	61	18	8
	Маловодный . . .	8	13	50	15	14
Реки Самарка и Б. Кинель и их притоки, исключая левобережные притоки р. Самарки при площадях водосборов менее 10 000 км²	Многоводный . .	3	4	77	13	3
	Средний	4	7	72	13	4
	Маловодный . . .	7	12	63	11	7
Левобережные притоки р. Самарки при площадях водосборов более 2 000 км²	Многоводный . .	1	2	91	4	2
	Средний	2	3	87	6	2
	Маловодный . . .	4	6	78	9	3
Левобережные притоки р. Самарки при площадях водосборов менее 2 000 км², верховья Чапаевки, Б. Иргиз	Многоводный . .	0,5	0,5	96	2	1
	Средний	1	2	93	3	1
	Маловодный . . .	2	4	88	4	2
Левобережные притоки р. Б. Иргиза, р. р. М. и Б. Узень, Еруслан, Караман и их притоки	—	—	—	100	—	—

§ 109. Максимальный расход

Величина максимального расхода водотока имеет решающее значение при определении размеров водосливов при плотинах.

Одной из наиболее частых причин разрушения земляных плотин является недостаточная пропускная способность водосливов.

С другой стороны, сооружения, построенные с большими запасами, при преувеличенных расходах, становятся очень дорогими, и при их осуществлении совершенно непроизводительно повышаются затраты сил и средств.

Величина максимального паводкового расхода может быть установлена путем:

а) изучения величины и повторяемости прежних паводков, если для реки имеются длительные наблюдения;

б) применения эмпирических формул;

в) изучения оставшихся меток и сведений о размерах паводков, проходивших по реке за то время, когда наблюдение не производилось.

а) Изучение повторяемости паводков. Повторяемость паводков за длительный период времени является наилучшим показателем вероятностей будущих паводков; при этом задача может быть решена также применением кривых распределений Пирсона*, подобно тому, как это делается при построении кривой распределения годового стока. В этом случае все рассуждения должны быть связаны только с максимальными паводковыми расходами и величина коэфициента асимметрии для запаса может быть вычислена по формуле:

$$C_{s_1} = \frac{2C_v}{1 - \frac{Q_{мин}}{Q_{средн}}}$$

где C_v — коэфициент вариации максимальных расходов, вычисленный по данным наблюдений;

$Q_{мин}$ — минимальный наблюденный расход в кубических метрах в секунду;

$Q_{средн}$ — среднее значение максимальных наблюденных расходов в кубических метрах в секунду.

По вычисленным параметрам определяются ординаты кривой обеспеченности, соответствующие различным значениям обеспеченности.

б) Применение эмпирических формул. Приводим формулы, наиболее часто применяемые в СССР в настоящее время. К таким формулам относятся:

1. *Формула Кочерина*, связывающая значение максимального модуля стока вод с площадью водосбора, имеющая общий вид:

$$q_{макс} = \frac{a}{\omega n} - b,$$

где $q_{макс}$ — максимальный модуль в кубических метрах в секунду с 1 км²;

a — площадь бассейна в квадратных километрах;

a, b, n — параметры, постоянные для данного района и изменяющиеся по районам (см. таблицу на стр. 350).

* Том I «Справочника гидротехники и мелиорации», стр. 150.

Районы	a	b	n
Север	1,43	0,28	0,112
Северо-восток	1,66	0,26	0,123
Унженско-Ветлужский	1,68	0,28	0,143
Северное Заволжье	2,06	0,28	0,144
Московский	2,82	0,42	0,148
Запад	2,88	0,13	0,236
Средняя полоса	3,35	0,15	0,235
Юг и юго-восток	3,57	0,07	0,288

При пользовании этой формулой необходимо иметь в виду, что длительность наблюдений для получения значения $q_{макс}$ можно оценивать периодом примерно 15—20 лет. Если желательно перейти к максимальным расходам более редким, то Д. И. Кочерин предлагает пользоваться уравнением Фуллера:

$$Q = Q_{макс}\,(1 + 0{,}8\,\lg T) = \lambda\, Q_{макс};$$

Значения коэфициента λ следующие:

при $T =$ 25 лет . . . . . $\lambda = 1{,}04$
» » = 33 » . . . . . $\lambda = 1{,}09$
» » = 50 » . . . . . $\lambda = 1{,}15$
» » = 100 » . . . . . $\lambda = 1{,}27$

Указанные поправки в равной мере относятся к ливневым расходам, устанавливаемым по формулам Кочерина.

Переход к максимуму иной обеспеченности Б. В. Поляков предлагает производить на основании определения C_{v1}, который для неисследованных и малоисследованных рек может быть временно, до получения новых данных, принят в виде такого приближенного соотношения:

$$C_{v1} = 1{,}5\ C_v,$$

где C_v — коэфициент вариации годового стока. Коэфициент асимметрии максимальных расходов можно принять $C_{s1} = 2C_{v1} = C_v$.

По данным числовым значениям C_{v1} и C_{s1} можно вычислить величину максимального расхода любой обеспеченности по методу теории вероятностей. Сказанное в равной степени также относится и к коэфициентам Зайкова, указанным ниже.

2. *Формула инж. Тарловского*:

$$Q_{макс} = 1{,}36\,(1 - 0{,}056\sqrt{\omega})\,\omega\ \text{м}^3/\text{сек.};$$

где ω — водосборная площадь в квадратных километрах.

Инженер Тарловский вывел свою формулу в результате наблюдений над интенсивностью снеготаяния в б. Саратовской губернии; она пригодна для площадей от 15 до 50 км².

3. *Формула Ю. В. Ланге* для восточного Заволжья, полученная для условий б. Саратовской губернии:

$$Q_{макс} = 9k\,(\sqrt{\omega} + 0{,}02\omega)\ \text{м}^3/\text{сек.};$$

где ω — водосборная площадь в квадратных километрах; k — коэфициент, зависящий от рельефа, почвы, состояния поверхности водосбора и т. д. Значение k колеблется от 0,75 до 1,25.

4. *Формула Б. Д. Зайкова*. В результате обработки и анализа фактического материала по 57 наибольшим секундным расходам рек Заволжья, а также ближайших к нему районов: Волго-Донского водораздела и

Ергеней, Б. Д. Зайковым выведена формула для определения максимального весеннего паводка:

$$Q_{макс} = \frac{4\omega}{(1+\omega)^{0{,}3}}\ \text{м}^3/\text{сек.},$$

где ω — водосборная площадь в квадратных километрах.

Относительно обеспеченности или вероятности повторения максимумов, даваемых этой формулой, автор формулы отмечает, что получаемые по формуле максимумы вероятны один раз в 50 лет. Для перехода же к более редким или, наоборот, более частым максимумам, ориентировочно, он предлагает принимать следующие поправочные коэфициенты:

максимум 1 раз в 100 лет 1,15
» 1 » » 33 года 0,90
» 1 » » 20 лет 0,80
» 1 » » 10 » 0,60

Формула Б. Д. Зайкова установлена на основании довольно большого количества фактических данных; поэтому можно полагать, что она является достаточно подходящей для всего юго-востока европейской части СССР. Автор формулы отмечает, что в условиях особого рельефа приволжской полосы Прикаспийской низменности максимумы, получаемые по его формуле, могут оказаться преувеличенными и здесь следует вводить добавочный коэфициент $\delta = 0{,}70$.

5. Для определения паводковой кривой рекомендуется применять уравнение Пирсона (типа III).

$$Q = Q_{макс}\left(\frac{e}{t_1}\right)^p t^p e^{-p\,\cdot\,\frac{t}{t_1}},$$

где $Q_{макс}$ — максимальный расход в кубических метрах в секунду;
t_1 — период нарастания паводка в сутках (см. таблицу на стр. 352);
e — основание натуральных логарифмов равное 2,718;
p — численный показатель степени (см. далее);
Q — переменный расход в кубических метрах в секунду;
t — период продолжительности паводка в сутках.

Значение $Q_{макс}$ определяется по указанным выше формулам, t — период продолжительности паводка зависит от размеров бассейна и интенсивности таяния. Показатель степени p подбирается в зависимости от величины k, в свою очередь определяемой по формуле:

$$k = \frac{\Sigma Q}{Q_{макс} t_1 \cdot 86\,400}.$$

Таблица Кочерина для определения значения коэфициента p в формуле Пирсона для кривых III типа*

p	0,05	0,10	0,20	0,25	0,50	1,0	1,5	2,5	3,0
k	24,6	14,0	7,75	6,65	4,13	2,72	2,18	1,64	1,51
p	4,0	5,0	7,0	9,0	10,0	15,0	20,0	25,0	
k	1,29	1,15	0,94	0,84	0,81	0,65	0,56	0,54	

* Вопросы инженерной гидрологии, изд. Энергоиздат, 1932 г., стр. 205, табл. 82.

В этой формуле весенний сток многоводного года

$$\Sigma Q = 31\,500\,000 \cdot q_0 \cdot \omega \cdot k_{макс}{}^{\alpha},$$

где q_0 — норма среднего годового стока в секундолитрах на 1 км², взятая с карты изолиний;

ω — площадь водосбора в квадратных километрах;

$k_{макс}$ — модульный коэфициент среднего многолетнего годового стока с обеспеченностью 1—2%;

α — коэфициент, зависящий от доли участия весеннего стока в годовом;

t_1 — период подъема паводка ориентировочно может быть выбран по данным, приведенным в следующей таблице.

Таблица значений t_1

Площадь водосбора в квадратных километрах	Период подъема в сутках t_1
до 500	3— 5
500— 1 000	4— 6
1 000—10 000	5— 8
10 000—20 000	8—10
20 000—30 000	10—12

Для очень малых бассейнов, в которых абсолютный максимум расхода дает ливневой паводок, величина t_1 подвержена большим колебаниям. Если имеются графики колебаний горизонтов по данной реке, то определение t_1 крайне просто на основании исследования времени от начала интенсивного подъема до времени прохождения пика паводка.

Формулы для определения максимальных расходов ливневых вод даны во II томе настоящего справочника (стр. 258).

Во всех сомнительных случаях, когда неизвестно, какой расход в данных условиях будет максимальным — снеговой или ливневой, следует устанавливать величину как снегового, так и ливневого максимумов и за расчетную величину принимать большее из полученных величин. При этом для водосборных площадей менее 100 км² двойное определение максимального расхода нужно считать обязательным.

в) Изучение оставшихся отметок и сведений о размерах бывших паводков. Подлинные записи о высоких водах за длительные периоды имеются по многим рекам. Такие записи хранятся различными учреждениями.

Однако в громадном большинстве случаев отметки высокой воды приходится определять по наблюдениям местных жителей (опросный горизонт) и по оставшимся признакам паводков на берегах реки; к показаниям тех и других следует относиться с осторожностью. Когда отметка высокой воды установлена, расчет соответствующего расхода может быть сделан по формулам гидравлики.

Расход может быть получен экстраполяцией кривой расходов по найденной отметке высокой воды.

Этот метод дает грубое приближение соответствующего расхода, если только сечение не является особо правильным и если измерение расходов, по которым построена кривая, не включает ряда достаточно высоких паводков.

Если в то время существовала плотина, то может быть определен напор, а расход через сооружения вычисляется по соответствующим формулам гидравлики.

§ 110. Влияние регулирующей емкости водохранилища на $Q_{макс}$

Сопоставляя ход паводочного притока с процессом наполнения водохранилища, мы видим, что можно снизить расчетный наибольший расход воды ($Q_{макс}$) через отверстие водосбросных сооружений. Главная трудность подсчета этого снижения и главный источник ошибки лежат в гидрологической части задачи, т. е. в установлении расчетного графика притока.

Условные схемы графика притока могут быть выражены в виде треугольника или трапеции. Эти фигуры графика притока, в соединении с предположением о линейном возрастании расходов отверстия, дают весьма простой и по точности приемлемый путь расчета отверстий с учетом наполнения водохранилища посредством нижеследующих уравнений:

а) для кривой притока по треугольнику:

$$Q'_{макс} = Q_{макс}\left(1 - \frac{v_p}{S}\right);$$

б) для кривой притока по трапеции:

$$Q'_{макс} = \frac{S - v_p}{\frac{S}{Q_{макс}} - \frac{t_2}{2}};$$

где $Q'_{макс}$ — расчетный расход в кубических метрах в секунду;

S — суммарный сток за паводок в кубических метрах;

t_2 — для трапеции период наибольшего стока;

v_p — запасный объем водохранилища (в кубических метрах) в пределах от нормального подпертого горизонта до максимального катастрофического расчетного горизонта;

$Q_{макс}$ — максимальный паводковый расход через водосбросные сооружения без учета аккумуляции, в кубических метрах в секунду.

В отношении элементов графика притока при этом необходимо знать: для притока по треугольнику только две величины — максимальный паводковый расход $Q_{макс}$ и суммарный сток S в кубических метрах; для трапеции, кроме того, t_2 — период наибольшего стока. Отверстия водоудержательных плотин, в особенности земляных, как требующие более осторожного определения (чем отверстия мостов и труб), следует рассчитывать и на снеговые и на ливневые паводки преимущественно по схеме трапеции в целях большей гарантийности расчета.

§ 111. Потери воды из водохранилищ

Потери воды из водохранилищ слагаются из потерь на испарение и на фильтрацию.

1. Потери на испарение. Полное испарение с водной поверхности может быть разбито на диффузное и ветровое испарение. Первое представляет собой испарение в неподвижную атмосферу, второе есть дополнительное испарение, вызываемое действием ветра.

Сведения о величине испарения с водной поверхности получаются на основании непосредственных наблюдений или путем расчета этой величины по формулам.

Для расчетов испарения в СССР распространенной является формула Мейера с изменением, внесенным в нее И. К. Тихомировым:

$$E = d\,(15 + 3w),$$

где E — слой испарения в миллиметрах в месяц;
d — среднемесячный дефицит влажности в миллиметрах;
w — скорость ветра в метрах в секунду.

Американские исследования указали, что в формулу Мейера необходимо ввести редукционный коэфициент. Инженером Б. В. Поляковым установлено, что величина редукционного коэфициента является динамичной и ее можно определить как функцию дефицита влажности:

$$R = f(d).$$

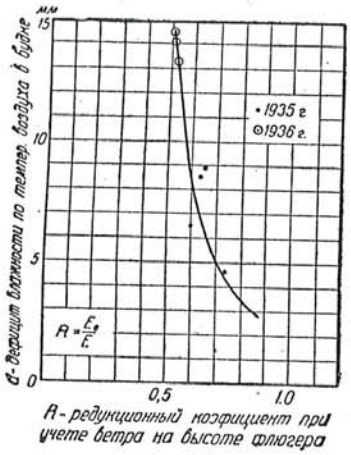


Рис. 161.

Графическая зависимость для $R = f(d)$ приводится на рис. 161.

Поэтому окончательный вид формулы для расчета испарения таков:

$$E = Rd(15 + 3w).$$

Исследования, произведенные Б. В. Поляковым на Ершовском испарительном бассейне, показали, что редукционный коэфициент R равен:

$$R = \frac{E_0}{E};$$

где E_0 — испарение из бассейна;

$$E = d(15 + 3w).$$

При расчете испарения с зеркала водохранилищ необходимо учитывать уменьшения величины испарения на высоту слоя выпадающих осадков. Для определения величины испарения можно пользоваться уравнением инженера Апполова:

$$h = \frac{(t + 15)^2}{12} + 86,$$

где h — испарившийся в месяц слой воды в миллиметрах;
t — средняя месячная температура воздуха в градусах Цельсия.

Величина испарения обычно устанавливается для каждого месяца в отдельности. Практически можно считать, что изменение величины испарения следует изменению дефицита влажности. А так как дефицит влажности обусловливает и величину стока, то учет изменчивости величины испарения при определении полной отдачи водохранилища должен находить свое отражение в водохозяйственных расчетах [поверка работы водохранилища за многолетний период аналитическим (табличным) или графическим способом].

2. Потери на фильтрацию. Потери на фильтрацию слагаются из фильтрации через грунты, образующие чашу водохранилища, фильтрации через плотину, в обход плотины и в берега.

Утечка из водохранилища через грунты зависит от геологического строения чаши, условий залегания грунтовых вод до устройства водохранилища. Учет потерь на фильтрацию, основанный на инженерных расчетах, может быть сделан только при надлежащих геотехнических и гидрологических данных по всей чаше водохранилища.

Для грубых прикидок можно принимать, что фильтрация из водохранилища для хороших условий близка к нулю, для средних она равна

1—3 мм слоя в сутки (со всей площади зеркала водохранилища в каждый момент), для плохих 3—4 мм в сутки.

Если есть основание опасаться фильтрации свыше 3—4 мм в сутки, то следует подвергнуть детальному анализу самый вопрос о рациональности устройства водохранилища в столь неблагоприятном месте.

Потери на фильтрацию в первые годы действия водохранилища бывают особенно велики и могут значительно превышать расчетные размеры. Уменьшение потерь с течением времени объясняется: а) постепенным напитыванием водой грунтов прилегающей местности, б) постепенным заилением ложа водохранилища илистыми частицами, осаждающимися из воды.

Уменьшение потерь на фильтрацию иногда происходит в течение длинного ряда лет.

При некоторых геологических условиях может наблюдаться и обратное явление, а именно при содержании в грунтах водорастворимых солей потери воды на фильтрацию могут увеличиваться по мере промыва этих солей и увеличения порозности грунтов.

В работе «О потерях на фильтрацию из водохранилищ» П. И. Шипенко приводит метод расчета потерь на фильтрацию через плотину и основание и в берега водохранилища. При проницаемом основании потери через плотину определяются по формуле

$$Q = B\left(k\frac{H^2}{2l} + k\frac{HT}{S}\right) \text{ м}^3/\text{сутки},$$

где B — длина створа;
k — коэфициент фильтрации плотины;
H — напор в метрах (глубина водохранилища у плотины);
k_1 — коэфициент фильтрации основания в метрах в сутки;
T — глубина проницаемого основания в метрах;
$l = l_0 - 0{,}5m\,H - d$ расчетный путь фильтрации для плотины в метрах;
m — коэфициент заложения водного откоса;
d — ширина дренажа в основании в метрах;
l_0 — ширина основания плотины понизу в метрах;
$S = l_0 - d$ (то же в основании).

Для плотин с экраном и понуром формула принимает вид:

$$Q = \frac{(H - h)\,TBk_1}{l_n + mh}.$$

В этой формуле h — ордината депрессии в точке пересечения с экраном, l_n — длина понура; ордината h равна:

$$h = \frac{H(l_0 - d)}{(l_0 - d) + Hm + l_n},$$

где l_0 — ширина плотины понизу.

Донные потери, связанные с насыщением грунта, определяются по формуле:

$$W_o = \frac{\omega h\,(\eta - \eta_e)}{100} \text{ м}^3$$

где ω — площадь дна водохранилища в квадратных метрах;
η — пористость грунта в процентах;
η_e — естественная влажность в процентах;
h — глубина грунтовых вод в метрах.

Потери в берега водохранилища в предположении установившегося движения грунтового потока П. И. Шипенко рекомендует определять в следующей последовательности.

1) По формуле $l=\frac{h'}{i_2+i_1}$ устанавливается очертание зоны насыщения, при этом верхняя граница (конец насыщения) совпадает с концом подпертого горизонта, нижняя граница проходит за плотиной на расстоянии $10H$. В этой формуле i_2 — гидравлический уклон горизонта воды $\frac{h}{L_x}$, где h — глубина воды у плотины, L_x — расстояние от плотины до отдельных поперечников, h' — глубина воды у поперечников $h'=h-L_x\cdot i_o$, где i_o — уклон поймы реки, i_1 — уклон бытового горизонта грунтового потока.

Задаваясь различными значениями h' ($h'=h-L_x i_o$) и подставляя эти значения в формулу $l=\frac{h'}{i_2+i_1}$, будем иметь ширину зоны насыщения в каждом из намеченных створов. Объемлющая кривая, проведенная через крайние точки отдельных створов, и будет представлять границу зоны насыщения.

2) В пределах полученной зоны насыщения, соблюдая условия ортогональности, проводится построение сетки из линий гидроизогипс и линий токов (см. «Справочник по мелиорации и гидротехнике», том I, стр. 456 — «Построение гидродинамических сеток»).

Потери определяются по каждой отдельной полосе по формуле:

$$Q=kb\,\frac{(H_1^2-T^2)}{2l}.$$

В этой формуле b — средняя ширина полосы по направлению гидроизогипс: $b=b_1-\frac{b_1-b_2}{l}\cdot S$, где b_1 — ширина полосы в начале, b_2 — то же в конце, S — расстояние до середины полосы; l — средняя длина полосы $\frac{l_1+l_2}{2}$, где l_1 и l_2 соответственные длины траекторий фильтрационных токов, образующих полосу; $H_1=h+T$, где h — глубина воды у плотины, T — глубина проницаемого основания; k — коэфициент фильтрации.

Общие фильтрационные потери из водохранилища:

$$Q_{потери}=\Sigma_1^n Q^{\text{в берег}}_{\text{фильтр.}}+Q^{\text{через плотину}}_{\text{фильтр.}},$$

где n — число полос.

3. Борьба с фильтрационными потерями. Борьба с усиленной фильтрацией при тяжелых гидрогеологических условиях является делом весьма трудным. Проведение специальных мероприятий, снижающих фильтрацию, требуют больших затрат и практически применяется лишь для водохранилищ небольшого размера.

Мерами к уменьшению фильтрации могут явиться:

а) покрытие ложа водохранилища водонепроницаемой одежлой (бетон, глина, глино-бетон и пр.); применяется для относительно небольших бассейнов питьевой воды;

б) нагнетание цементного раствора в трещиноватую скалу, если она обнажается в ложе водохранилища сравнительно небольшими участками;

в) ускорение кольматажа грунта путем искусственного увеличения мутности воды, поступающей в водохранилище; для этого, в частности, может применяться гидравлический размыв грунтов подходящего качества (глина и суглинки) в карьерах по берегам питающего водохранилища; во время кольматажа в водохранилище поддерживается ток воды с таким расчетом, чтобы взмученные частицы возможно равномерно распределялись по всему ложу водохранилища;

г) повышение дисперсности грунта ложа водохранилища путем искусственного его солонцевания;

д) пропитывание верхнего слоя грунта растворами дубильных веществ и железного купороса, образующими в промежутках между частицами грунта непроницаемую пленку. Оба последние метода находятся в стадии опытного изучения и практического применения еще не получили.

§ 112. Общие соображения к определению мертвого объема водохранилища

При назначении мертвого объема водохранилищ необходимо оценить влияние следующих факторов:

1) условий заиления,

2) общих условий расположения водохранилища.

1. Условия заиления водохранилищ

На предупреждение и борьбу с заилением водохранилищ необходимо обращать самое серьезное внимание. Наиболее действительным способом борьбы с заилением водохранилищ является увеличение объема водохранилища сравнительно с его полезным объемом, т. е. создание мертвого объема.

Для определения величины среднего стока взвешенных наносов v инж. Поляковым предложена следующая формула:

$$v=aJqFS\left(\frac{1}{\gamma_1}+\frac{\beta}{\gamma_2}\right),$$

где J — средний уклон реки в данном месте;

a — коэфициент, зависящий от размываемости почв или пород бассейна;

q — модуль стока в литрах в секунду с 1 км²;

F — площадь водосбора в квадратных километрах;

γ_1 — объемный вес взвешенных наносов (вес 1 м³ в тоннах);

γ_2 — объемный вес донных наносов (вес 1 м³ в тоннах);

β — величина отношения количества донных наносов к взвешенным наносам;

S — постоянный множитель — число секунд в году $31{,}5\cdot 10^6$.

Коэфициент a различен для разных типов бассейнов рек. В отношении подверженности бассейнов смыву все бассейны можно разделить на категории: 1) сильно размываемые (a — от 8 до 6); 2) умеренно размываемые (a — от 6 до 5); 3) средне размываемые (a — от 4 до 2); 4) слабо размываемые (a — от 2 до 1); 5) очень слабо размываемые (a — меньше 1).

Первая часть формулы aJ представляет собою годовую мутность.

Вторая часть формулы qFS представляет собой подсчет объема среднего годового стока.

Третья часть $\left(\frac{1}{\gamma_1}+\frac{\beta}{\gamma_2}\right)$ представляет собой переходный коэфициент от веса взвешенных наносов P к объему наносов, ежегодно приносимых в водохранилище.

В условиях малых водохранилищ объемный вес мелких взвешенных наносов γ_1 изменяется в зависимости от крупности частиц и может быть принят в пределах от 0,50 до 1,0 т (1 м³ наносов). Сток донных наносов для равнинных рек колеблется в пределах от 0,1 до 10%, а для горных рек — от 10% до 100% стока взвешенных наносов, выраженного в весовых единицах. Объемный вес донных наносов γ_2 изменяется в небольших пределах от 1,5 до 1,8 т (1 м³ наносов).

Пример расчета заиления водохранилища. Для расчета приняты следующие данные.

q — среднегодовой модуль стока равный 1,75 л в секунду с одного квадратного километра;

γ_1 — вес 1 м³ взвешенных наносов = 0,5 т;

γ_2 — вес 1 м³ донных наносов = 1,5 т;

β — процент донных наносов от количества взвешенных наносов; для крайне неблагоприятного случая соответствует 10%;

a — коэфициент, характеризующий денудационную деятельность данного района ($a = 0{,}6$);

J — уклон поймы реки = 0,003;

S — число секунд в году, равное $31{,}5 \cdot 10^6$ сек.;

F — водосборная площадь = 142 км².

Первая часть формулы aJ представляет среднюю годовую мутность:

$$\Delta\ \text{г/м}^3 = 0{,}6 \cdot 0{,}003 \cdot 10^6 = 1800\ \text{г/м}^3, \text{ или } 0{,}0018\ \text{т/м}^3.$$

Вторая часть формулы qFS представляет собой подсчет объема среднего годового стока при принятых расчетных элементах:

$$qFS = \frac{1{,}75 \cdot 142 \cdot 31{,}5 \cdot 10^6}{1\,000} = 7\,827\,750\ \text{м}^3.$$

Третья часть формулы $\left(\frac{1}{\gamma_1} + \frac{\beta}{\gamma_2}\right)$ представляет собой переходный коэфициент от веса взвешенных наносов P к объему наносов, ежегодно приносимых в водохранилище; принимая $\gamma_1 = 0{,}5$ т/м³, $\gamma_2 = 1{,}5$ т/м³ и $\beta = 0{,}1$, получим:

$$\frac{1}{\gamma_1} + \frac{\beta}{\gamma_2} = \frac{1}{0{,}5} + \frac{0{,}1}{1{,}5} = 2 + 0{,}07 = 2{,}07.$$

Объем ежегодно приносимых в водохранилище наносов

$$v = aJqSF\left(\frac{1}{\gamma_1} + \frac{\beta}{\gamma_2}\right) = 0{,}0018 \cdot 7\,827\,000 \cdot 2{,}07 = 29\,200\ \text{м}^3.$$

Если из водохранилища сброс отсутствует, то в этом случае можно считать, что все наносы будут отлагаться в водохранилище (если пренебречь тем ничтожным количеством взвешенных наносов, которые могут попадать в оросительную систему при известных сочетаниях стока и потребления). В остальных случаях наносов оседает меньше, чем их будет в потоке.

Величины средней годовой мутности для рек среднего и южного Заволжья приведены в таблице на стр. 359.

Меры борьбы с заилением водохранилища могут быть сведены к ослаблению эрозионных процессов.

Мероприятия должны основываться на тщательном изучении процессов размыва, выяснения очагов выноса, условий их питания и пр. В зависимости от характера и причин размыва такими мероприятиями могут явиться следующие:

Сток наносов рек среднего и нижнего Заволжья за период 1929—1933 гг.
(по данным наблюдений Нижне-Волгопроекта)

Река	Пункт	Площадь бассейна (в квадратных километрах)	Время наблюдений			Средняя годовая мутность (в килограммах твердых частиц на 1 м³ воды)
			Год	От	До	
Самарка	Новосергиевское	2 308	1933	1/IV	31/V	0,303
»	Первомайское	5 735	1933	1/IV	30 IX	0,307
»	Бузулук	21 430	1931	11/V	20/XI	0,105
»	»	21 430	1932	21/III	30/IX	0,525
»	Елшанка	22 035	1933	1/IV	30 IX	0,247
»	Максимовка	27 732	1932	21/III	10/XI	0,205
»	»	27 732	1933	1/IV	30/XI	0,291
»	Алексеевка	44 800	1932	13/IV	30 XI	0,081
»	Толевый завод	45 700	1932	11/V	30 XI	0,016
Б. Уран	Ивановка	2 190	1933	1/IV	30/IX	0,202
М. Уран	Никольское	2 085	1933	1/IV	30/IX	0,206
Ток	Усачевка	5 676	1932	11/V II	10/XII	0,013
»	Ероховка	5 095	1933	1/IV	30/IX	0,322
Бузулук	Андреевка	1 952	1931	11 IV	15 XI	0,481
»	»	1 952	1932	1/IV	30/XI	0,336
»	»	1 952	1933	1/IV	30/IX	0,377
Таналык	Родионовка	933	1931	1/VIII	11/XI	0,019
»	»	933	1932	5/IV	30 XI	0,458
Съезжая	Алексеевка	409	1931	21 IX	12/XI	0,015
»	Максимовка	1 701	1932	12/IV	10/XI	0,151
Б. Кинель	Бугуруслан	5 588	1933	1/IV	30/IX	0,419
»	Тимошево	11 874	1933	1 IV	30/IX	0,151
»	ИЗК	14 763	1932	21/V	30 XI	0,014
М. Кинель	Скрипниково	2 248	1933	1/IV	30/IX	0,435
Кутулук	Кротовка	1 412	1933	1 IV	30 IX	0,525
Чагра	Новотулка	2 473	1933	1/IV	31/V	0,682
М. Иргиз	Селезниха	2 099	1932	1 IV	5/V	0,794
»	»	2 099	1933	1/IV	30/IV	0,393
Б. Иргиз	Глушица	3 740	1933	1/IV	31/V	0,216
»	Клевенка	8 096	1929	4/IV	24/V	0,357
»	»	8 096	1930	15 III	30/IV	0,570
»	»	8 096	1932	12/III	12/V	0,275
»	»	8 096	1933	12/IV	26/IV	0,393
»	Быковка	22 800	1930	8/III	12/IV	0,113
				2/IV	8/VII	
»	»	22 800	1932	1/IV	29/IV	0,178

1) всякого рода увлажнительные работы, направленные к задержанию атмосферных осадков на месте их выпадения, как-то: снегозадержание и водозадержание, пахоты поперек склона и пр.;

2) введение правильных севооборотов с посевами многолетних трав;

3) закрепление поверхностного покрова растительностью, облесение и залужение высоких склонов, воспрещение пастьбы скота на склонах и т. п.;

4) террасирование крутых склонов;

5) закрепление оврагов.

2. Мертвый объем в связи с расположением отдельных частей водохранилища

Отметка входной части водовыпуска (низа сливной призмы) определяется из условий командования магистрального канала, запроектированного с таким продольным уклоном, который обеспечил бы охват

пригодной для орошения площади. Задаваясь командной отметкой в конце магистрального канала
($h_{земля} + h_{превышение\ горизонта\ воды\ над\ поверхностью\ земли}$) и, прибавляя потерянный напор ($h_w = il$, где i — уклон канала, l — длина канала), определяют отметку в голове магистрального канала, соответствующую отметке низа сливной призмы. Наиболее благоприятным является случай, когда при горизонте мертвого объема (низ сливной призмы) обеспечивается подача расчетного расхода через водовыпуск в магистральный канал.

Однако может оказаться, что отметка водовыпуска выше или ниже зеркала мертвого объема. Рассмотрим необходимые в этом случае мероприятия.

1. Отметка водовыпуска падает в область мертвого объема. В этом случае простейшим решением является повышение рабочего водовыпуска до отметки, обеспечивающей необходимый мертвый объем. Это может быть связано с перенесением трассы магистрального канала (но при условии сохранения орошаемой площади) без изменений или с устройством сопрягающего сооружения (быстротока или перепада).

Возможно также последующее рефулирование или иной способ удаления наносов, заполняющих часть объема водохранилища, расположенную выше порога рабочего водовыпуска. Сравнение технических условий применения одного или другого способа для каждого индивидуального водохранилища приведет к рациональному решению.

2. Отметка рабочего водовыпуска выше зеркала необходимого мертвого объема. Если по условиям разбивки сети отметка рабочего водовыпуска окажется выше зеркала мертвого объема, то следует выяснить целесообразность применения механического подъема воды, заключенной между зеркалом мертвого объема и отметкой порога водовыпуска.

3. Мероприятия по уменьшению первоначальных строительных расходов по созданию мертвого объема. Строительные расходы по созданию мертвого объема могут достигать значительного процента от общей стоимости водохранилища. Если же дальнейшие исследования покажут более высокую среднюю годовую мутность, чем это предполагалось в проекте, то стоимость мертвого объема может превысить расходы на полезный объем.

Между тем использование мертвого объема может быть растянуто на очень большой период времени, обусловленный общим сроком службы водохранилища.

Ввиду этого следует выяснить целесообразность устройства плотины такой высоты, которая обеспечивает величину мертвого объема на часть срока службы водохранилища.

При этом уменьшаются первоначальные строительные расходы. В дальнейшем по ходу заиления водохранилища необходимо будет наращивать плотину. Экономическая сторона вопроса решается в результате соответствующих индивидуальных подсчетов.

Технически же последующее наращивание плотины и увязка с работой остальных сооружений вполне возможны. В отдельных случаях не исключена возможность и удаления наносов из водохранилища.

§ 113. Водохозяйственные расчеты

Водохозяйственные расчеты по регулированию стока должны, по существу, определить наиболее эффективное (в технико-экономическом смысле) соотношение между объемом водохранилища и полезной отдачей воды на орошение и другие хозяйственные нужды при зарегулированном стоке. В условиях засушливых и полузасушливых районов наблюдается

не только весьма резкая неравномерность распределения стока по сезонам каждого отдельного года, но также и по отдельным годам. Поэтому водохранилища по использованию местного стока в большинстве случаев приходится проектировать с многолетним регулированием.

Однолетнее, или сезонное, регулирование стока может быть принято только в том случае, когда расчетное потребление воды не превышает годового стока при заданном проценте обеспеченности, т. е. когда модульный коэфициент годового стока при принятом проценте обеспеченности больше или равен коэфициенту зарегулирования стока.

Многолетнее регулирование необходимо тогда, когда расчетное потребление превышает величину стока при заданном проценте обеспеченности.

При многолетнем регулировании нужна большая емкость водохранилища и потому выше и дороже должна быть плотина. Однако при этом имеются следующие преимущества: а) больше размеры орошаемой площади, б) больше обеспеченность водой в бесточные или маловодные годы, г) меньше водосливные сооружения, ибо водохранилище в этом случае больше способно поглощать сильные паводки.

В районах использования местного стока на орошение, в частности в Заволжье, оросительные нормы в ряде лет также не остаются постоянными, а снижаются в зависимости от влажности каждого года.

При водохозяйственном расчете необходимо учитывать переменность потребления воды на орошения. Поэтому расчеты приходится производить несколько иначе, чем это принято в обычной гидротехнической практике расчета водохранилищ с многолетним регулированием при постоянном потреблении воды.

При расчете водохранилищ по использованию местного стока на орошение могут встретиться три основных случая сочетания местных условий.

1. При наличии удобных для орошения площадей и благоприятных участков для создания водохранилища с сравнительно большим объемом водный фактор находится в минимуме и рациональный объем водохранилища, а следовательно, и площадь орошения определяются размерами стока.

2. Объем водохранилища определяется находящимися в минимуме пригодными земельными фондами.

3. Объем чаши водохранилища определяется топографическими условиями (возможностями целесообразных затоплений) при наличии избыточных водных и земельных ресурсов.

Первый из указанных случаев требует наиболее полного расчета, и приведенный ниже пример предусматривает этот случай. Остальные два случая по существу являются частными и без труда могут быть приведены к первому случаю.

А. Метод расчета

Непосредственный аналитический (табличный) и графический расчет водохранилищ требует наличия обработанных за более или менее длительный период времени гидрометрических материалов и данных по нормам орошения. При отсутствии таких материалов за длинный ряд лет расчет целесообразно производить по методу математической статистики.

Б. Исходные данные

1. Средний многолетний сток регулируемого водотока устанавливается на основе данных гидрометрических наблюдений. Если они отсутствуют, средний многолетний сток устанавливается по водосборной площади и норме стока.

Водосборная площадь, отнесенная к створу проектируемой плотины, определяется по имеющимся наиболее подробным картам.

2. Коэфициент вариации годового стока C_v устанавливается либо по данным гидрометрических наблюдений, либо по формулам.

3. Коэфициент асимметрии годового стока принимается равным: $C_s = 2C_v$.

4. Коэфициент вариации оросительных норм C''_v устанавливается по фактическим данным или принимается по аналогии с соседним районом; иногда коэфициент вариации оросительных норм может быть приравнен коэфициенту вариации осадков.

5. Коэфициент асимметрии оросительных норм (C''_s)* при отсутствии данных принимается равным: $C''_s = 2\ C''_v$.

6. Необходимый процент обеспеченности проектируемой системы зависит от экономических и гидрологических условий и обычно колеблется в пределах от 95 до 70% и ниже. Обозначив процент обеспеченности через p и через ω площадь орошения, соответствующую этому проценту, будем иметь, что эта площадь обеспечивается водой в течение p N лет, а в течение $(1-p)N$ воды не будет хватать на орошение всей площади.

7. Типовое распределение годового стока по сезонам для лет различной многоводности устанавливается либо по непосредственным данным, либо по аналогии с изученными бассейнами, находящимися в сходных гидрологических условиях.

8. Топографическая характеристика проектируемого водохранилища (кривые зависимости объема и зеркала водохранилища от его наполнения) строятся на основании топографического материала.

9. Потери воды из водохранилища — испарение с зеркала и фильтрация в грунты и в обход подпорных сооружений — устанавливаются на основании метеорологических, гео- и гидрогеологических данных.

10. Мертвый объем водохранилища определяется, исходя из условий заиления, санитарно-технических, ледяного покрова (при учете водоснабжения, командования магистрального канала, рыбоводства и пр.).

11. Графики гидромодуля, соответствующие среднему, средне сухому и средне влажному годам, устанавливаются на основе балансовых и хозяйственных расчетов.

12. Коэфициент полезного действия оросительной системы устанавливается предварительными подсчетами.

В. Порядок расчета

Порядок расчета таков.

1. Определяют емкость водохранилища, исходя из возможных, в пределах заданной обеспеченности, отклонений стока от нормы по годам (многолетняя емкость).

2. Определяется добавочная емкость водохранилища, необходимая для зарегулирования сезонных колебаний стока в пределах одного года (сезонная емкость).

3. Определяется мертвый объем водохранилища в зависимости от условий заиления, командования и пр.

4. Устанавливается средняя норма орошения и емкость водохранилища при переменном водопотреблении.

5. Составляется топографическая характеристика водохранилища:

$$F = f(h) \text{ и } v = f(h),$$

* Коэфициент асимметрии норм определяется тем же методом, что и коэфициент асимметрии годового стока.

где F — площадь зеркала водохранилища в квадратных метрах или квадратных километрах;

v — объем водохранилища в кубических метрах;

h — превышение между горизонталями в метрах.

6. Подсчитываются потери на испарение и фильтрацию.

7. Устанавливается оросительная способность и выбирается расчетная емкость водохранилища.

8. Проверяется работа водохранилища за ряд последовательных календарных лет.

1. Определение многолетней емкости водохранилища. Расчетный расход воды из водохранилища на полезное потребление и бесполезные потери за год равен

$$N = \alpha S_0,$$

где S_0 — средний многолетний сток;

α — коэфициент зарегулирования стока;

в этом случае дефицит объема к концу года (z) достигает величины:

$$z = q_0(\alpha - k),\ S_0,$$

где k — модульный коэфициент годового стока при заданном проценте обеспеченности; он определяется по таблицам Фостера;

q_0 — средняя многолетняя норма стока.

Емкость водохранилища для многолетнего регулирования должна соответствовать наибольшему в пределах принятой обеспеченности дефициту объема.

Так как маловодные годы могут следовать один за другим, то в этом случае наибольший дефицит объема получится не в конце одного года, а в конце всего маловодного периода в $n=2$, 3 и т. д. лет.

Дефицит объема воды к концу n-ного года равен $z^n = q_0(\alpha - k^n)n$, где k^n — средний за период n лет модульный коэфициент годового стока, устанавливаемый по таблице Фостера (том II «Справочника»), причем значения коэфициентов вариации и асимметрии для n лет, по Крицкому и Менкелю, равны:

$$C_v^n = \frac{C_v}{\sqrt{n}} \text{ и } C_s^n = \frac{C_s}{\sqrt{n}}.$$

Значения дефицита в долях от средней многолетней нормы стока в зависимости от различных коэфициентов α и принятой обеспеченности p сводятся в таблицу:

Таблица 1

p (процент обеспеченности)

n	$\sqrt{n}$	C_v^n	C_s^n	k^n	$z_n = (\alpha - k^n)n$				
					$\alpha =$	$\alpha =$	$\alpha =$	$\alpha =$	$\alpha =$

Эта таблица дает: 1) расчетный дефицит в долях от средней многолетней нормы стока и 2) расчетную продолжительность маловодного периода для n последовательно маловодных годов (дающую максимум z_n).

Необходимая емкость водохранилища для многолетнего регулирования должна быть установлена в предположении различных процентов обеспеченности от 50% до 99% и различных коэфициентов зарегулированного стока.

2. Сезонная емкость водохранилища. К полученному объему многолетнего регулирования прибавляется емкость, необходимая для выравнивания сезонных колебаний стока. Сезонная емкость в долях среднего многолетнего (нормы) стока равна коэфициенту зарегулирования стока (α).

Таким образом емкость водохранилища:

$$v = [(\alpha - k^n)\, n + \alpha]\, S_0.$$

3. Средняя норма орошения. Нормы орошения в засушливых и полузасушливых районах являются величинами переменными и изменяются в зависимости от влажности года. Переменность оросительных норм при расчете водохранилищ учитывается следующим образом. На основании анализа атмосферных осадков и накопления естественной влаги в почве по годам устанавливаются методом балансовых расчетов изменения норм орошения по годам для ряда лет.

Таким образом, вследствие неравномерного потребления по годам в водохранилище могут образоваться остатки. Эти остатки за n лет (Δm_n) при полном использовании зарегулированного стока определятся следующим образом:

$$\Delta m_n = \alpha\,(1 - m_n)\, n,$$

где α коэфициент зарегулирования стока;
n — число лет регулирования;
m_n — модульный коэфициент норм (отношение нормы данного года к норме среднего года).

Значение m_n — модульного коэфициента норм для одного года регулирования — может быть принято по кривой распределения, построенной по формуле:

$$p = \frac{m - 0{,}5}{n} \cdot 100,$$

где m — порядковый номер члена ряда (модульного коэфициента) в убывающем порядке;
n — число членов ряда.

Расчетный процент покрытия потребностей для оросительных норм может быть принят в размере 80—75%, что соответствует 20—25% обеспеченности по Фостеру.

Величина m_n для 2, 3 и т. д. лет регулирования устанавливается по таблицам Фостера. На основании значений C_v^m и C_s^m, вычисленных по формулам

$$C_v^m = \sqrt{\frac{\sum (m-1)^2}{n-1}} \text{ и } C_s^m = \frac{\sum (m-1)^3}{(n-1)\, C_v^3},$$

определяются

$$C_v^n = \frac{C_v{}^m}{\sqrt{n}} \text{ и } C_s^n = \frac{C_s{}^m}{\sqrt{n}}.$$

В этих формулах m — модульный коэфициент оросительных норм, т. е. отношение оросительной нормы данного года, установленной по балансовым расчетам, к средней оросительной норме за n лет; n — число лет, по которым имеются значения оросительных норм.

Расчетные данные для определения C_v^m и C_s^m сводятся в следующую таблицу:

Таблица 2

№ по порядку	Год	Оросительная норма M	Модульный коэфициент норм m	$(m-1)$	$(m-1)^2$	$(m-1)^3$

Следует отметить, что C_v^m можно вычислить с достаточной практической точностью, если имеется ряд в 10 лет. Вычисление с достаточной точностью значения C_s^m представляется затруднительным. Удовлетворительный для практических целей результат получается, если принимать $C_s^m = 2C_v^m$.

Расчеты для определения m_n производятся обычно при средней за n лет оросительной норме. Поэтому для дальнейших расчетов удобнее модульный коэфициент норм выразить не в долях средней оросительной нормы, а в долях оросительной нормы средне-сухого года.

$$m_n' = m_n \frac{M_{ср}}{M_{ср.\ сухого\ года}}.$$

Все данные сводятся в следующую таблицу:

Таблица 2а

n	$\sqrt{n}$	C_v^n	C_s^n	m_n	m_n'	$\Delta m_n = \alpha\left(1 - m_n'\right) n$			
						$\alpha =$	$\alpha =$	$\alpha =$	$\alpha =$

Многолетняя емкость водохранилища z' в долях от среднего многолетнего стока в предположении переменного водопотребления и при принятом коэфициенте обеспеченности будет равна:

$$z'_{много} = [(\alpha - k^n) - \alpha\,(1 - m_n')\, n]\; S_0;$$

значения выражений в скобках берутся из таблиц 1 и 2.

Расчетные данные сводятся в таблицу 3.

Таблица 3

№ по порядку	Число лет	$z^1 = (\alpha - k^n)\, n - \alpha\,(1 - m_n)\, n$				
		$\alpha = 0{,}5$	$\alpha = 0{,}6$	$\alpha = 0{,}7$	$\alpha = 0{,}8$	$\alpha = 0{,}9$

Таким образом, емкость водохранилища v в долях средне-многолетнего стока и в предположении переменных норм водопотребления будет равна:

$$v = z' + \alpha \text{ или } \{[(\alpha - k)n - \alpha(1 - m'_n)n] + \alpha\} S_0.$$

4. Топографическая характеристика водохранилища. Топографические характеристики графически показывают ход изменения площадей зеркала и объемов в зависимости от отметки горизонта воды в водохранилище; они являются весьма важными для водохозяйственного расчета. Топографические характеристики водохранилища строятся следующим образом. По оси ординат прямоугольной координатной системы откладываются отметки горизонта воды в водохранилище, а по оси абсцисс — площади зеркала и объемы воды, соответствующие различным отметкам горизонта воды в водохранилище.

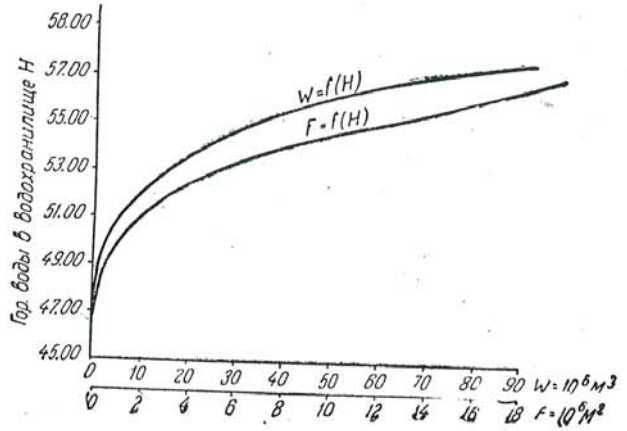


Рис. 162.

Площадь зеркала водохранилища определяется по плану в горизонталях обводкой планиметром площади, ограниченной данной горизонталью. Найденные площади зеркала, при соответствующих отметках, наносятся на график, в результате чего получается кривая площадей зеркала водохранилища:

$$F = f(h),$$

где h — в метрах;

F — площадь в квадратных метрах.

Если до проектируемых отметок зеркала съемка не доведена, то полученную кривую площадей можно экстраполировать, сохраняя ее общее направление (экстраполяция кривой, однако, допустима только для схематического проектирования, рис. 162).

5. Расчет объема потерь на испарение и фильтрацию и установление расчетного объема водохранилища. Расчет объема потерь распадается на следующие части:

а) устанавливается полная емкость водохранилища в предположении различных коэфициентов зарегулирования;

б) устанавливается работа водохранилища без учета потерь при принятых коэфициентах зарегулирования стока;

в) вычисляется объем потерь при принятых коэфициентах зарегулирований.

ро Определение потерь для принятого коэфициента зарегулирования проводится в такой последовательности:

Таблица 4

Работа водохранилища при коэфициенте зарегулирования α (без учета потерь) (все величины в кубических метрах)

Год	Сезон	Приток за сезон	Приток с начала периода	Расход за сезон	Расход с начала периода	Убыль из водохранилища	Объем водохранилища к концу сезона
1	2	3	4	5	6	7	8

Таблица 4 характеризует работу водохранилища при принятых коэфициентах зарегулирования; расчетный период начинается с межени 1-го года и заканчивается меженью n + 1-го года с модульным коэфициентом k_{n+1}.

Модульные коэфициенты, входящие в расчетный период продолжительностью n лет при принятом коэфициенте зарегулирования, принимаются одинаковыми и равными k_n (см. таблицу 1). Модульные коэфициенты для $n + 1$ принимаются $k_{n+1} = \alpha$; потребление равно сезонной емкости водохранилища. Объем притока, имеющего место в течение расчетного периода, может быть получен умножением средне-многолетнего стока S_0 на модульный коэфициент k_n.

Данные графы 5 получаются в результате умножения среднего годового стока на расчетный коэфициент зарегулирования стока с дальнейшей разбивкой произведения по месяцам пропорционально заданным размерам потребления отдельных месяцев.

Потери из водохранилища на испарение и фильтрацию при коэфициенте зарегулирования α вычисляются по форме, указанной в таблице 5.

Таблица 5

Год	Сезон (месяцы)	Средний объем водохранилища	Средняя площадь зеркала водохранилища	Слой потерь	Объем потерь	Объем потерь с начала периода
1	2	3	4	5	6	7

Таблица 5 определяет размеры потерь; в основу подсчета положены данные предыдущей таблицы.

Значения отдельных расчетных элементов при различных коэфициентах зарегулирования приводятся в таблице 6.

Таблица 6

Коэффициент зарегулирования в долях среднего многолетнего стока	Расход за сезон (в кубических метрах)	Объем многолетнего регулирования (в кубических метрах)	Рабочая емкость водохранилища (в кубических метрах)	Мертвый объем (в кубических метрах)	Полный объем (в кубических метрах)	Средний объем (в кубических метрах)	Площадь зеркала (в квадратных метрах)
α	$S_0\alpha$	$z'S_0$	$S_0\alpha+z'S_0=v_{раб}$	$v_{мертвый\ объем}$	$S_0\alpha+z'S_0+v_м=v_{пол}$	$\frac{v_{раб}}{2}+v_{мертвый\ объем}$	F
1	2	3	4	5	6	7	8

Таблица 6 (продолжение)

Объем потерь (в кубических метрах)	Полезная отдача [(в кубических метрах)	Оросительная норма средне-сухого года (в кубических метрах на 1 га)	Коэфициент полезного действия системы	Оросительная норма-брутто (в кубических метрах)	Оросительная способность (в гектарах)	Подпертый горизонт (в метрах)	Плотина (в кубических метрах)	
							Объем земляных работ	На 1 га
$v_{потери}$	$S_0\alpha-v_{потери}$	M	η	$\frac{M}{\eta}$				
9	10	11	12	13	14	15	16	17

На основании анализа таблицы 6 устанавливается расчетное значение коэфициента зарегулирования, полный объем водохранилища и значение орошаемой площади.

Наиболее выгодным является тот коэфициент зарегулирования (при определенном проценте обеспеченности p), при котором получается: а) наибольшая полезная отдача водохранилища и, следовательно, наибольшая возможная величина орошаемой площади; б) достаточно малая площадь затопления сравнительно с орошаемой площадью; в) приемлемая удельная стоимость плотины на 1 га орошаемой площади. Таким образом для разных значений α (при одной и той же обеспеченности)

могут быть найдены размеры полезной отдачи водохранилища, следовательно, и возможная величина орошаемой площади.

Наивыгоднейшим процентом обеспеченности (p %) будет тот процент, при котором общая за весь длительный период времени N лет народнохозяйственная эффективность, суммарная орошаемая площадь и суммарная продукция с нее за N лет, будет наибольшей (при приемлемых размерах затопления и стоимости сооружения).

Если обеспеченности стока p соответствует величина орошаемой площади ω, то эта площадь будет полностью обеспечена водой в течение pN лет, а в течение $(1-p)N$ лет воды будет нехватать на орошение всей площади. Положим, что средняя за $(1-p)$ N маловодных лет орошаемая площадь составляет ω_1.

Величина этой площади приближенно может быть определена следующим образом:

$$\omega_1 = \left\{(\alpha-\alpha'')-(k_{пр}-k_{мин})\right\}\frac{S_0}{M_0},$$

где S_0 — средний многолетний сток в кубических метрах;

M_0 — оросительная норма средне-сухого года в кубических метрах на 1 га;

$k_{пр}$ — значение модульного коэфициента, отвечающего обеспеченности p;

$k_{мин}$ — среднее значение модульного коэфициента за период $(1-p)$ N лет, отвечающее обеспеченности между p и 100 процентами.

Наивыгоднейшим будет тот процент обеспеченности, при котором суммарная, орошенная за N лет площадь, равная $\{pN\omega+(1-p)N\omega_1\}$, будет максимальной. Подставив в это выражение значения ω и ω_1 и сделав преобразование, получим следующее выражение суммарной орошенной за N лет площади при обеспеченности p и коэфициенте зарегулирования стока α_p, наивыгоднейшем при этом p:

$$\left\{(\alpha_p-\alpha'')-(k_{пр}-k_{мин})(1-p)\right\}N\frac{S_0}{M_0}.$$

Наивыгоднейшим будет тот процент обеспеченности p, при котором выражение, стоящее в фигурных скобках, будет максимальным. Поэтому для разных значений p должны быть найдены значения этого выражения; полученные данные располагаются в таблице 7.

Таблица 7

Обеспеченность стока (в процентах)	Наибольшая полезная отдача в долях от среднего многолетнего стока $\alpha-\alpha''$	Расчетное значение $k_{пр}$	Недобор воды в маловодные годы		Общая полезная отдача в долях от среднего многолетнего стока (2)—(5)
			среднегодовой $k_{пр_\phi}-k_{мин}$	за все маловодные годы $\frac{(k_{пр}-k_{мин})}{(1-p)}$	
1	2	3	4	5	6

Таблица 8

Год	Месяц	Модульный коэффициент	Водосборная площадь реки (в квадратных километрах)	Сток с водосборной площади (в кубических метрах)	Остаток воды в водохранилище в конце месяца (в кубических метрах)	Полезное потребление: Орошаемая площадь (в гектарах)	Полезное потребление: Объем потребления (в кубических метрах): на 1 га	Полезное потребление: Объем потребления (в кубических метрах): на всю площадь	Полезное потребление: Водоснабжение (в кубических метрах)	Потери: Всего	Потери: Средний объем водохранилища (в кубических метрах)	Потери: Среднее зеркало водохранилища (в квадратных километрах или метрах)	Потери: Слой потерь (в метрах)	Потери: Объем потерь (в кубических метрах)	Полезное потребление + потребление (в кубических метрах)	Остаток воды в водохранилище в конце месяца (в кубических метрах)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19

Значение $\alpha'' = \frac{v_{потери}}{S_0}$,

где — $v_{потери}$ определяются по изложенному выше методу для принятого расчетного α.

В этой таблице в графу 2 вписывается наибольшая отдача водохранилища при каждой обеспеченности p в долях средне-многолетнего стока; значение α'' принимается в долях от средне-многолетнего стока. В 3 графу вписывается расчетное значение модульного коэфициента $k_{пр}$, отвечающее при данной обеспеченности p наивыгоднейшему значению α и максимальной величине дефицита стока. То значение p, которому соответствует наибольшее значение графы 6, и дает наивыгоднейший, при данных условиях, процент обеспеченности. Расчеты следует провести для значения p от 50% до 99%, и на основании полученных данных следует построить кривую зависимости интересующих нас величин от величины p.

6. Проверка работы водохранилища за многолетний период. Когда объем водохранилища и площадь орошения установлены, тогда может быть сделана проверка работы водохранилища за многолетний период.

Для этого необходимо иметь: 1) величину стока с данной водосборной площади за разные годы (не только маловодные и многоводные, но и за каждый год) для целого гидрологического периода, охватывающего весь цикл как самых многоводных, так и самых маловодных лет; 2) величину испарения по годам за рассматриваемый гидрологический период; 3) величину норм орошения по годам за тот же период.

Поверка работы водохранилища может быть сделана аналитически или графически при переменном водопотреблении и при норме средне-сухого года и должна показать, в какие годы или периоды (если анализ делается по периодам) будет избыток воды (сброс), в какие — ее будет достаточно и когда будет недостаток воды. В результате таких подсчетов можно судить, насколько правильно установлена площадь орошения при принятой обеспеченности и емкости водохранилища; на основе их также выясняются размеры недополивов в маловодные периоды, что необходимо для:

1) экономических подсчетов по обоснованию выбираемых процентов обеспеченности стока и коэфициента зарегулирования;

2) составления проекта с.-х. использования орошаемой территории и эксплоатации оросительной системы.

Все данные по проверке работы водохранилища за многолетний период сводятся в приведенную выше таблицу 8.

Результативные данные таблицы 8 позволяют сделать сравнение с расчетными данными, принятыми при определении емкости водохранилища. Если обозначить количество лет, не обеспечивающих полив расчетной площади, через N, то процент обеспеченности равен:

$$p = \frac{N' - N}{N'},$$

где N' — число лет наблюдений по стоку.

Коэфициент зарегулирования стока:

$$\alpha = \frac{\Sigma Q - \Sigma A'}{\Sigma Q},$$

где ΣQ — суммарный годовой сток за N лет (данные графы 5),
$\Sigma A'$ — суммарный сброс из водохранилища (данные графы 8).

Коэфициент полезного действия водохранилища.

$$\eta' = \frac{\Sigma M'}{\Sigma C},$$

где $\Sigma M'$ — суммарные потери из водохранилища (данные графы 17);
ΣC — суммарный объем водохранилища (данные графы 9).

Г. Пример расчета водохранилища

В качестве примера, установим оросительную способность водохранилища на р. Б. Вязовке.

1. Данные для расчета. Данные для расчета таковы:

1. Водосборная площадь реки, отнесенная к створу плотины:

$$F = 600 \text{ км}^2.$$

2. Норма стока по карте изомодулей устанавливается равной:

$$q = 2{,}38 \text{ л/сек. с 1 км}^2 \text{ (рис. 163).}$$

Средне-многолетний сток при этих данных:

$$S_0 = \frac{F \cdot q \cdot 365 \cdot 86\,400}{1000} = 45 \cdot 10^6 \text{ м}^3.$$

3. Коэфициент вариации стока устанавливается по формуле инж. Соколовского:

$$C_v = a - 0{,}063\,(\lg \omega + 1) = 0{,}67 - 0{,}063 \lg (600 + 1) = 0{,}49.$$

(климатический параметр $a = 0{,}67$ принят по карте изолиний) (стр. 372).

4. В соответствии с данным Гидрологического сектора Нижне-Волгопроекта коэфициент асимметрии стока принимается $C_s = C_v = 0{,}49$.

5. Распределение стока по сезонам принимаем соответствующим среднему по водоносности году (см. таблицу I).

Таблица I

Сток в процентах от годового стока			
Осень	Зима	Весна	Лето
X—IX	XII—III	IV—V	VI—IX
1	2	96	1

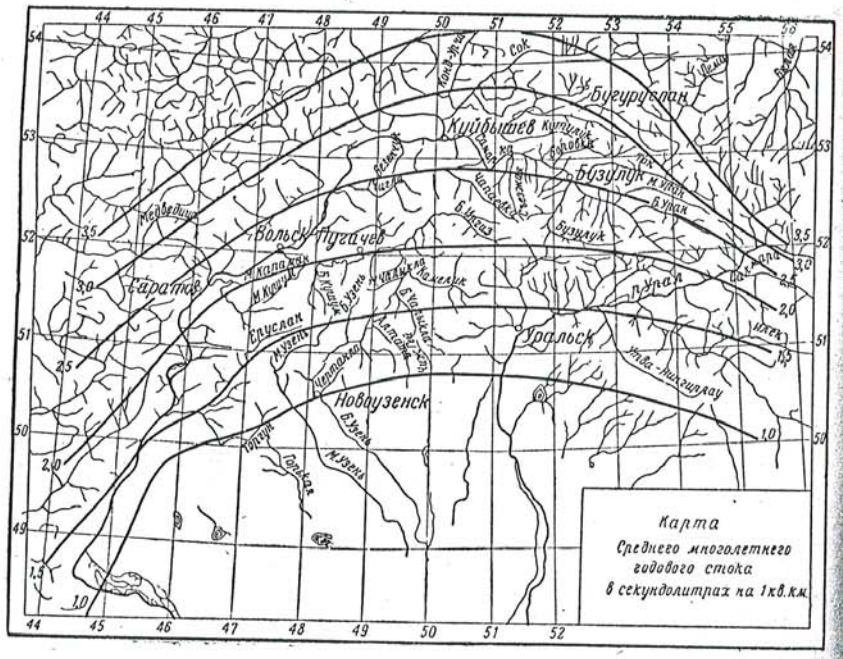


Рис. 163.

6. Суммарные величины потерь на испарение и фильтрацию, по данным Нижне-Волгопроекта, принимаются следующие (применительно к среднему году) (см. таблицу II):

Таблица II

Потери в год в миллиметрах			Потери по месяцам в миллиметрах							
Испарение	Фильтрация	Сумма	XI—III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
400	700	1 100	181	87	146	150	198	178	104	56

7. Величина расчетной обеспеченности принимается 80%.

8. Оросительная норма-нетто, соответствующая средне-сухому году, по графику гидромодуля устанавливается равной:

$$M_{ср.\,сух} = 2\,230 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га}.$$

То же для среднего года

$$M_{ср} = 1\,970 \text{ м}^3 \text{ на } 1 \text{ га}.$$

9. Распределение оросительной нормы средне-сухого года по месяцам представляется в следующем виде:

V	32,1%
VI	40,6%
VII	17,8%
VIII	9,5%
Итого	100,0%

10. Коэфициент вариации оросительных норм $C_v^m = 0{,}21$; коэфициент асимметрии $C_s^m = 0{,}25$.

11. Покрытие потребления устанавливается в размере 25%.

12. Коэфициент полезного действия оросительной системы $\eta = 0{,}50—0{,}60$.

II. Многолетняя емкость. Дефициты объема в долях от многолетней нормы стока для различной продолжительности за период n лет при $C_v = C_s = 0{,}49$ и 80% обеспеченности приводятся в следующей таблице (см. таблицу III).

Таблица III

n	$\sqrt{n}$	C_v^n	C_s^n	k^n	$z_n = (\alpha - k^n)\,n$					
					$\alpha=0{,}50$	$\alpha=0{,}60$	$\alpha=0{,}70$	$\alpha=0{,}80$	$\alpha=0{,}90$	$\alpha=0{,}95$
1	1	0,49	0,49	0,581	—0,081	+0,019	+0,119	+0,219	+0,319	+0,369
2	1,414	0,346	0,346	0,706	—	—0,212	—0,012	+0,168	+0,388	+0,488
3	1,731	0,283	0,283	0,759	—	—	—	—	+0,423	+0,573
4	2,000	0,245	0,245	0,792	—	—	—	—	+0,432	+0,632
5	2,236	0,219	0,219	0,814	—	—	—	—	+0,430	+0,680
6	2,450	0,200	0,200	0,830	—	—	—	—	—	+0,720
7	2,646	0,185	0,185	0,843	—	—	—	—	—	+0,749
8	2,828	0,173	0,173	0,853	—	—	—	—	—	+0,776
9	3,000	0,163	0,163	0,862	—	—	—	—	—	+0,792
10	3,162	0,155	0,155	0,869	—	—	—	—	—	+0,810
11	3,317	0,148	0,148	0,875	—	—	—	—	—	+0,825
12	3,464	0,141	0,141	0,880	—	—	—	—	—	+0,840
13	3,606	0,135	0,135	0,886	—	—	—	—	—	+0,858
14	3,742	0,131	0,131	0,889	—	—	—	—	—	+0,854
15	3,873	0,126	0,126	0,894	—	—	—	—	—	+0,840

III. Сезонная емкость. Сезонная емкость водохранилища, в долях от многолетней нормы стока, при указанном распределении стока по сезонам, может быть принята равной $z_{сез} = 0{,}97\,\alpha$, где α — коэфициент зарегулирования стока.

Для различных коэфициентов зарегулирования стока значения $z_{сез}$ получаются следующими (см. таблицу IV на стр. 374).

Таблица IV

Коэфициент зарегулирования α	$z_{сез} = 0,97\,\alpha$	Коэфициент зарегулирования α	$z_{сез} = 0,97\,\alpha$
1	2	1	2
0,50	0,485	0,80	0,776
0,60	0,582	0,90	0,873
0,70	0,679	0,95	0,922

IV. Мертвый объем. Величина мертвого объема устанавливается из условий заиления по формуле:

$$v = aJqFS_0\left(\frac{1}{\gamma_1}+\frac{\beta}{\gamma_2}\right);$$

где $J = 0,00035$; денудационный коэфициент $a = 2$. Средняя годовая мутность равна: Δ гр/м$^3 = 0,00035 \cdot 2 \cdot 10^6$ г/м^3 или в килограммах на 1 м^3:

$$\Delta \text{ кг/м}^3 = \frac{0,00035 \cdot 2 \cdot 1\,000\,000}{1\,000} = 0,70 \text{ кг/м}^3,$$

qFS_0 — объем среднего годового стока $= 45 \cdot 10^6$ м^3;

$\gamma_1 = 0,800$ т/м^3 наносов;
$\gamma_2 = 1,600$ т/м^3 наносов;
$\beta = 0,05\%$.

Выражение $\frac{1}{\gamma}+\frac{\beta}{\gamma_2} = \frac{1}{0,800}+\frac{0,05}{1,600} = 1,25+0,032 = 1,28.$

Отсюда $v = aJqFS\left(\frac{1}{\gamma_1}+\frac{\beta}{\gamma_2}\right) = \frac{0,70 \cdot 45\,000\,000 \cdot 1,28}{1\,000} = 40\,500$ м^3.

Принимаем амортизационный срок службы водохранилищ в 65 лет. Объем наносов в водохранилище составит:

$$v_{наносов} = 65 \cdot 40\,500 = 2\,632\,500 \text{ м}^3.$$

Установив отметку мертвого объема в зависимости от условий заиления, необходимо в дальнейшем проверить, насколько принятая отметка будет обеспечивать командование магистрального канала над орошаемой площадью. Зная границы орошаемого массива, производят трассировку магистрального канала с возможно минимальным уклоном, при котором канал не будет заиляться.

Принимаем уклон канала $i = 0,0003$.

Длина магистрального канала $l = 5\,000$ м.

Превышение горизонта воды в магистральном канале над поверхностью земли $\Delta h = 0,40$.

Отметка мертвого объема будет равна:

$$H' = 5\,000 \cdot 0,0003 + 0,40 + H = 1,5 + 0,40 + 47,80 = 49,7 \text{ м},$$

где H — отметка поверхности земли.

V. Емкость водохранилища при переменном водопстреблении. Пользуясь кривой распределения норм (рис. 164), находим значение модульного коэфициента, соответствующего 25% обеспеченности:

$$m_n = 1,13.$$

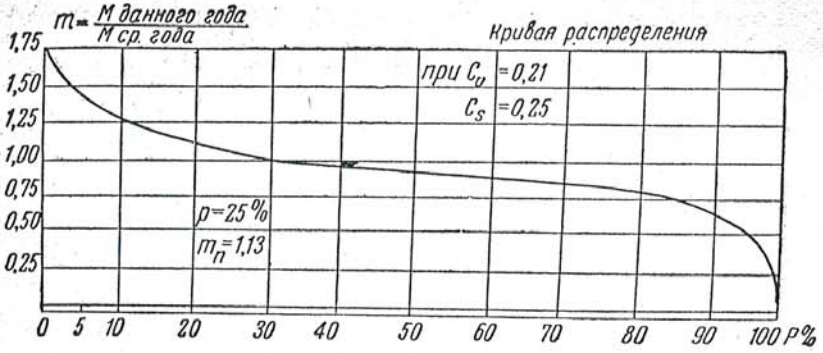


Рис. 164.

Остатки за n лет Δm_n определяем по формуле:

$$\Delta m_n = \alpha\,(1 - m'_n)\,n.$$

В этой формуле $m'_n = m_n \frac{M_{ср.\ года}}{M_{ср.\ сухого\ года}} = 0,887 \cdot 1,13 = 1,0.$

Значение $C_v^m = 0,21$; $C_s^m = 0,25$.

Расчетные данные сводим в таблицу V.

Таблица V

n	$V\overline{n}$	C_v^m	C_s^m	m_n	m'_n	$\Delta m_n = \alpha\left((1-m'_n)n\right$					
						α=0,5	α=0,6	α=0,7	α=0,8	α=0,9	α=0,95
1	1	0,21	0,25	1,13	1,0	—	—	—	—	—	—
2	1,41	0,15	0,174	1,10	0,97	0,03	0,036	0,042	0,048	0,054	0,057
3	1,73	0,12	0,145	1,08	0,955	0,067	0,081	0,095	0,108	0,121	0,128
4	2	0,105	0,125	1,07	0,945	0,110	0,132	0,154	0,176	0,198	0,209

Суммарный дефицит стока за n лет и, следовательно, необходимая емкость многолетнего регулирования, выраженная в долях от среднего многолетнего стока, определяется по формуле:

$$z_{многг} = (\alpha - k^n)\,n - \alpha\,(1 - m'_n)\,n.$$

Расчетные данные сводим в таблицу VI.

Таблица VI

№ по порядку	Периоды лет	$z_{многг} = n(\alpha - k^n) - \alpha(1 - m'_n)n$					
		α = 0,5	α = 0,6	α = 0,7	α = 0,8	α = 0,9	α = 0,95
1	1						
2	2		+ 0,019	+ 0,119	+ 0,219	+ 0,319	0,369
3	3				+ 0,120	+ 0,334	0,431
4	4					+ 0,302	0,445
5	5					+ 0,234	0,423

Максимальные значения представляют дефициты стока за n лет, соответствующие емкости многолетнего регулирования.

Полная емкость водохранилища при различных коэфициентах зарегулирования приводится в таблице VII.

Таблица VII

Коэфициент зарегулирования	Рабочая емкость водохранилища						Мертвый объем в 10^6 м³	Полная емкость в 10^6 м³
	Многолетняя		Сезонная		Полная			
	В долях v_0	В 10^6 м³	В долях v_0	В 10^6 м³	В долях v_0	В 10^6 м³		
0,5	—	—	0,485	21 825	—	—	2,6	24 425
0,6	0,019	0 855	0,582	26 190	0,601	27 045	2,6	29 645
0,7	0,119	5 355	0,679	30 555	0,798	35 910	2,6	38 510
0,8	0,219	9 855	0,776	34 920	0,995	44 775	2,6	47 375
0,9	0,334	15 100	0,873	39 285	1,207	54 385	2 6	56 985
0,95	0,445	20 000	0,922	41 490	1,367	61 500	2,6	64 100

Определение топографических характеристик — см. выше, стр. 366.

VI. Потери из водохранилища. Далее переходим к определению потерь воды из водохранилища. В качестве примера (см. таблицу VIII) приводится расчет потерь для одного из коэфициентов зарегулирования $\alpha = 0{,}80$. Порядок расчета изложен на стр. 367.

Таблица VIII

Работа водохранилища при коэфициенте зарегулирования $\alpha = 0{,}80$ (без учета потерь)

Год	Сезон	Приток за сезон	Приток с начала периода	Расход за сезон	Расход с начала периода	Убыль из водохранилища за сезон	Объем водохранилища к концу сезона	Примечание
		10^6 м³	10^6 м³	10^6 м³	10^6 м³	10^6 м³	10^6 м³	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
—	V	0,78	0,78	11,56	11,56	10,78	47,38 ** 36,60	Приток за 1-й год $45 \cdot 10^6 \cdot 0{,}581$ * = $= 26{,}15 \cdot 10^6$ м³
—	VI	—	—	14,62	26,18	14,62	21,98	
—	VII	—	—	6,41	32,59	6,41	15,57	
—	VIII	—	—	3,42	36,01	3,42	12,15	
—	IX—III	1,05	1,83	—	36,01	—1,05	13,20	Приток за 2-й год $45 \cdot 10^6 \cdot 0{,}80 =$ $= 36 \cdot 10^6$ м³. Расход из водохранилища за 1-й и 2-й год $45 \cdot 10^6 \cdot 0{,}80 =$ $= 36 \cdot 10^6$ м³
1 год	IV	24,32	26,15	—	36,01	—24,32	37,52	
—	V	1,08	27,23	11,56	47,57	10,78	27,04	
—	VI	—	—	14,62	62,19	14,62	12,42	
—	VII	—	—	6,41	68,60	6,41	6,01	
—	VIII	—	—	3,42	72,02	3,42	2,59	

* 0,581 — модульный коэфициент k_n для $n = 1$ (см. таблицу III).

** $47{,}38 \cdot 10^6$ — полная емкость водохранилища при $\alpha = 0{,}80$ (см. таблицу VII).

Таблица IX

Потери из водохранилища на испарение и фильтрацию при коэфициенте зарегулирования $\alpha = 0{,}80$

Год	Сезон	Средний объем водохранилища	Среднее зеркало водохранилища	Слой потерь	Объем потерь	Объем потерь с начала периода	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
—	V	41,99	13,45	0,146	1,96	1,96	Процент потерь = $\frac{11\,111\,000}{72\,020\,000}$ —15,4% Полезная отдача — 84,6%
—	VI	29,29	9,83	0,150	1,47	3,43	
1	VII	18,78	6,30	0,198	1,25	4,68	
—	VIII	13,86	4,66	0,178	0,83	5,51	
—	IX—III	12,68	4,10	0,341	1,40	6,91	
—	IV	25,36	8,80	0,087	0,77	7,68	
—	V	32,28	11,25	0,146	1,53	9,21	
—	VI	19,73	6,70	0,150	0,99	10,20	
2	VII	9,21	3,16	0,198	7,63	10,83	
—	VIII	4,30	1,57	0,178	0,28	11,11	

Установив объемы потерь для различных коэфициентов зарегулирования и зная оросительную норму для средне-сухого года, составляем следующую таблицу характеристики водохранилища при различных коэфициентах зарегулирования.

Таблица X

Характеристика водохранилища

Коэфициент зарегулирования	Расход за сезон	Потери на испарение и фильтрацию в год			Полезная отдача в год		Оросительная норма-брутто	Площадь орошения-нетто	Водохранилище		Процент потерь от полной емкости водохранилища
		Процент потерь от отдачи	Объем потерь	Процент потерь от среднего многолетнего стока	Полезная отдача в год	Процент полезной отдачи от среднего многолетнего стока			Полная емкость водохранилища	Отметка нормального подпертого горизонта воды	
—	10 м³	—	10 м³	—	10 м³	—	в кубических метрах	в гектарах	10 м³	в метрах	—
0,50	22,5	11,3	2,54	5,7	19,96	44,3	4 200	4 750	24 425	54,20	10,4
0,60	27,0	13,2	3,56	7,9	23,44	52,1	4 200	5 600	29 645	54,75	12,0
0,70	31,5	14,5	4,57	10,2	26,93	59,8	4 200	6 400	38 510	55,40	11,9
0,80	36,10	15,4	5,56	12,2	30,54	67,8	4 200	7 250	47 375	55,85	11,8
0,90	40,5	19,8	8,02	17,8	32,48	72,2	4 200	7 750	61 325	55,55	13,0
0,95	42,75	27,0	11,54	25,6	31,21	69,4	4 200	7 450	82,70	57,50	14,0

По данным таблицы X устанавливаем, что максимальная оросительная способность получается при коэфициенте зарегулирования $\alpha = 0{,}90$. Расчетный коэфициент зарегулирования устанавливают в результате анализа размеров плотины и водосбросных сооружений, учитывая при этом количество затапливаемых и подтапливаемых с.-х. угодий и поселков. На основании совокупного анализа приведенных выше расчетных элементов и выбирается орошаемая площадь. Работа водохранилища при $\alpha = 0{,}8$ представлена на черт. 165. После установления расчетом значения α производится проверка работы водохранилища за многолетний период. Данные сводятся в таблицу 8 (стр. 370).

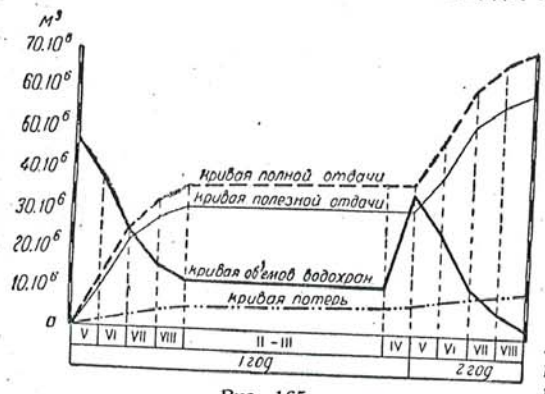


Рис. 165.

§ 114. Схема орошения из водохранилищ

Вода из водохранилищ для целей орошения может быть использована двояко: 1) для орошения склона долины ниже плотины путем вывода самотечного канала; 2) для орошения склонов долины ниже и выше плотины путем механического орошения.

При использовании местного стока источниками питания являются реки степных равнин, имеющие весьма незначительные уклоны. Вследствие этого здесь приходится применять главным образом механическое орошение. При самотечном орошении для выпуска из водохранилища нужных количеств воды в оросительный канал в теле плотины или сбоку в склоне балки устраивается специальное выпускное сооружение, размеры которого должны быть рассчитаны на пропуск наибольшего расчетного расхода воды в канал при мертвом горизонте воды в водохранилище (случай предельно возможной работы водовыпуска).

Чаще всего эти водовыпуски устраиваются в виде труб, закладываемых или в теле плотины, или, что лучше, сбоку водохранилища на склоне реки в материковом грунте во избежание изменения положения трубы вследствие осадки насыпи и образования сквозных токов фильтрационной воды вдоль трубы, что крайне опасно для целости плотины. Трубы могут быть деревянные, чугунные, бетонные и железо-бетонные. При больших напорах применяются чугунные и железо-бетонные трубы. Диаметр труб устанавливается расчетом, а их число — по эксплоатационным соображениям.

§ 115. Стоимость орошения на местном стоке и пути ее удешевления

Слабой стороной использования вод местного стока на орошение является: 1) сравнительно небольшие площади, которые могут быть охвачены этим орошением (на 1 га орошаемой площади надо иметь 10—30 га водосбора), и 2) сравнительно высокая стоимость устройства водохранилища, приходящаяся на каждый гектар орошения. Действительно,

капитальная стоимость водохранилища на единицу орошаемой площади составляет:

$$C = \frac{W_p \cdot a}{\frac{N \cdot \eta}{M_{брутто}}} = \frac{W_p \cdot a \cdot M_{брутто}}{N \cdot \eta},$$

где W_p — полная рабочая емкость водохранилища в кубических метрах;

a — стоимость тела плотины (со всеми устройствами в ней) на 1 м³ рабочей емкости водохранилища;

N — полная отдача водохранилища в год в кубических метрах;

η — коэфициент полезного использования воды из данного водохранилища;

$M_{брутто}$ — оросительная норма брутто на 1 га.

Стоимость водохранилища ложится на стоимость орошения 1 га тем сильнее, чем больше нормы орошения, чем меньше коэфициент полезного действия оросительной системы, чем больше стоимость тела плотины на 1 м³ рабочей емкости водохранилища, чем меньше годовая отдача водохранилища и чем ниже коэфициент использования воды.

Выводом из этого являются следующие требования для удешевления орошения: 1) возможное укрупнение размеров водохранилища и площади орошения, 2) повышение коэфициента полезного действия оросительной системы и понижение потерь воды из водохранилища и 3) целесообразно возможное снижение процента расчетной обеспеченности, так как чем он ниже, тем больше отдача водохранилища в год при той же рабочей емкости водохранилища и, следовательно, тем больше площадь орошения.

По данным схематических проектов, составленных Нижне-Волгопроектом, стоимость водохранилищ со всеми относящимися к ним сооружениями составляет от 45,3 до 80% полной стоимости орошения; при этом указанный процент понижается по мере увеличения площади орошения и снижения процента обеспеченности. Стоимость же ирригационной сети и прочих работ остается почти постоянной.

ГЛАВА XVIII
ЛИМАННОЕ ОРОШЕНИЕ

§ 116. Общие сведения

Лиманное орошение представляет один из видов непосредственного использования вод местного стока на орошение.

При лиманном орошении поверхность земли, имеющая небольшой уклон к соседнему тальвегу (лучшие уклоны при этом виде орошения — 0,002—0,001 и меньше), окружаются с низовых своих сторон валами или дамбами. Они задерживают стекающие по этой поверхности весенние талые воды для затопления площади лимана.

Когда почва лимана достаточно увлажнится и вода отложит содержащийся в ней ил, излишнюю воду спускают из лимана через специально устроенные в дамбах водоспуски или через особые водообходы.

Лиманное орошение может осуществляться и путем доставления воды в лиманы из реки или водохранилища при помощи каналов, работающих в периоды половодий на реке. При лиманном орошении увлажнение почвы производится только один раз в году талыми весенними или паводковыми водами. Вследствие этого лиманное орошение, как однократная весен-

няя зарядка почвы влагой, может иметь значение лишь для некоторых культур и в определенных климатических условиях. Лиманы используются главным образом для орошения кормовых трав, лугов и сенокосов, реже лиманным способом орошаются полевые культуры.

Лиманное орошение является экстенсивным орошением в отличие от правильного орошения, при котором вода подается тогда, когда растение в этой воде больше всего нуждается. К достоинствам лиманного орошения относится: 1) простота устройства и дешевизна по сравнению с правильным орошением; 2) доступность источника орошения и возможность орошения высокорасположенных и даже водораздельных пространств; 3) большое гидрологическое действие — использование стока, уменьшение половодий и усиление меженного питания рек; 4) содействие уменьшению размывов почвы и предотвращение роста оврагов.

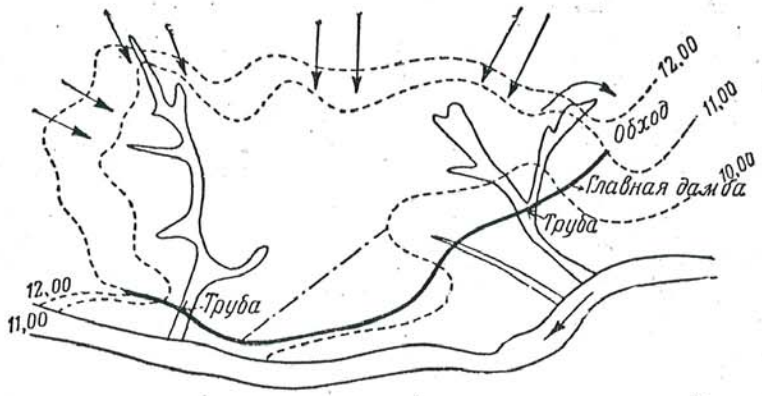


Рис. 166.

Недостатки лиманного орошения:

1) увлажнение почвы возможно только один раз — весной;

2) увлажнение почвы по площади лимана весьма неравномерно: вверху и на повышенных местах замечается недостаток влаги, внизу же лимана и в низинах наблюдается обратное явление — избыток влаги и вымочки;

3) вследствие неравномерного стояния воды в лимане возможно засоление почв, богатых растворимыми солями, на всех повышениях рельефа, а на понижениях возможно заболачивание. Однако иногда отмечались и случаи благоприятного влияния лиманного орошения на засоленных землях в смысле их рассоления (при глубоком залегании грунтовых вод и при проницаемых подпочвенных горизонтах). При близком стоянии от поверхности грунтовые воды после устройства лиманного орошения могут быстро подниматься, если только при орошении не будут учитываться свойства почв и фильтрационная способность подпочвенных горизонтов.

Все виды лиманного орошения по способу получения воды можно разделить на три категории: 1) лиманы, наполняющиеся снеговой водой, 2) лиманы, наполняющиеся из водохранилищ, и 3) лиманы, устраиваемые в естественных поймах.

I. Лиманы, наполняющиеся непосредственно талой снеговой водой, стекающей с вышележащего водосбора. Это так называемые лиманы непосредственного наполнения. Эта категория лиманов в свою очередь разделяется на четыре типа.

1. Лиманы продольные, у которых главная дамба расположена параллельно оси тальвега, т. е. вдоль одного из берегов оврага, речки, балки (рис. 166).

2. Лиманы поперечные, у которых главные дамбы расположены перпендикулярно оси тальвега, т. е. пересекают плоскую часть долины поперек; тальвег пересекается более высокой насыпью (рис. 167).

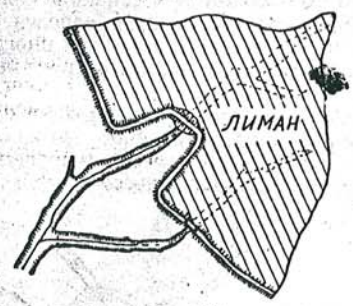


Рис. 167.

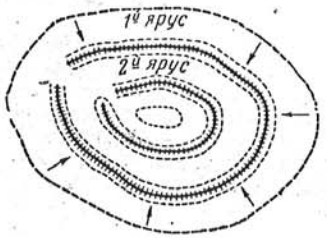


Рис. 168.

3. Смешанные лиманы, когда часть площади имеет поперечные дамбы, а часть — продольные дамбы.

4. Лиманы, устраиваемые в замкнутых естественных пологих понижениях рельефа — западинах степи; такие лиманы обычно имеют кольцевую форму. Система кольцеобразно расположенных дамб (рис. 168) распределяет стекающие в котловину весенние воды более или менее равномерно по пологим склонам низины, образуя обширные затопляемые площади, причем затопление идет сверху вниз; в этом случае при недостатке стока без воды остаются пониженные места.

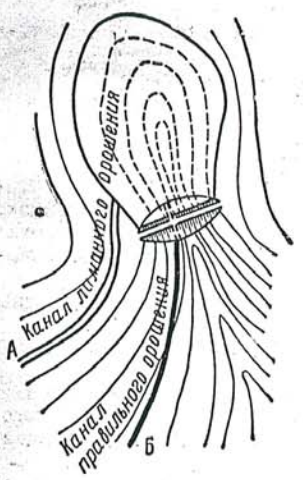


Рис. 169.

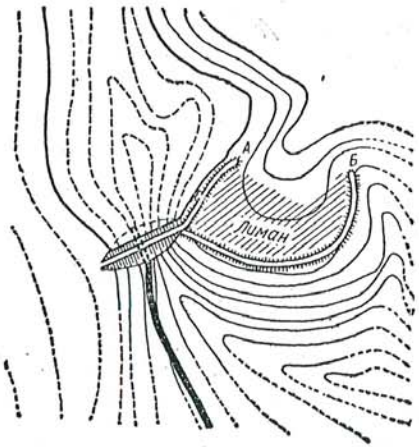


Рис. 170.

II. Лиманы, наполняющиеся водой из водохранилищ при помощи особого водоспускного канала или через водообход (рис. 169 и 170). В этом случае полая вода из водохранилища частично или полностью

сбрасывается на обвалованный участок особым каналом (рис. 169) или через водообход. Такое устройство применяется в тех случаях, когда удобная для лиманного орошения площадь расположена высоко над дном тальвега.

Этот способ выгоден в том отношении, что позволяет частично использовать избыточную весеннюю воду, которая иначе пропадает бесполезно, сбрасываясь через водослив при плотине. Кроме того, при этом иногда может быть значительно снижена стоимость водосбросных сооружений водохранилищ.

В этом случае вода, запасенная в водохранилище, идет на правильное орошение, а вода, подлежащая сбросу, идет на заполнение лиманов. Следовательно, этот метод является комбинированным способом правильного и лиманного орошения из водохранилища. Этот способ возможен, однако, не при всех топографических условиях; кроме того, в маловодные годы лиманы могут быть не обеспечены водой, которая целиком пойдет на наполнение водохранилища.

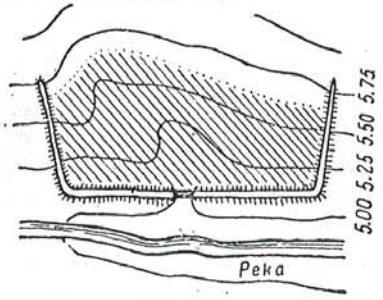


Рис. 171.

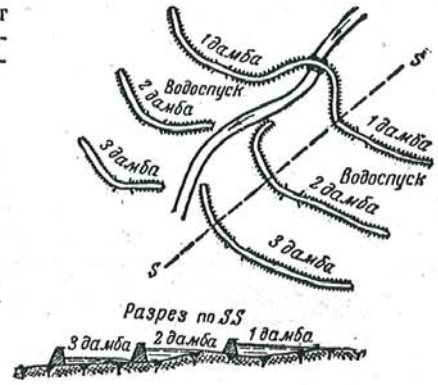


Рис. 172.

III. Лиманы, устраиваемые в естественных поймах. Третью категорию лиманов представляют лиманы, устраиваемые в естественных поймах, огражденных невысокими дамбами. При этом во многих местах эти дамбы могут быть заменены дюнами, которые для этого соответственно повышаются и укрепляются.

Лиманы этой категории в свою очередь могут быть осуществлены в двух видах: 1) в виде простых и 2) в виде ярусных лиманов.

1) Простые лиманы представляют собой площадь, затопляемую водой с помощью только одной дамбы (рис. 171).

2) Ярусные дамбы образуются целой серией дамб, разделяющих всю орошаемую площадь на ряд лиманов, расположенных один выше другого, причем вода последовательно переходит из вышележащего в следующий, нижележащий лиман.

Ярусные лиманы:

позволяют получить экономию воды, так как в этом случае одной и той же водой можно орошать большую площадь, перепуская воду из одного яруса в другой;

легко могут быть приспособлены к разнообразным условиям рельефа. Они могут применяться при более крутых уклонах местности — от 0,002 до 0,005.

Ярусные лиманы в свою очередь разделяются на два главных типа:

а) Ярусные лиманы глубокого наполнения и больших размеров,

имеющие значительную глубину затопления; вода перепускается из одного яруса в другой помощью особых водоспусков в дамбах (рис. 172).

Эти лиманы делаются с таким расчетом, чтобы разность уровней воды в двух соседних лиманах составляла 0,5—1 м. Высший слой затопления составляет от 0,8 до 2 м.

б) Ярусные лиманы мелкого наполнения и небольших размеров с автоматическим перепуском воды из одного лимана в другой (рис. 173). Эти лиманы при очень пологом рельефе отличаются низкими дамбами, имеющими высоту 0,4—0,6 м и проводимыми по горизонталям. Наполнение отдельных ярусов лимана производится через водообходы по концам валов, через которые сбрасывается излишняя вода.

Разница отметок гребней дамб обычно делается равной средней глубине затопления.

Ярусные лиманы мелкого наполнения сравнительно с типом глубоких лиманов характеризуются более равномерным увлажнением почвы; они не требуют устройства искусственных водоспусков, потребляют меньше воды. Недостатками их являются: большая сложность разбивки валов, увеличение объема валов на единицу орошаемой площади и, главное, большие затруднения, которые встречает механизированная обработка при этом типе лиманов.

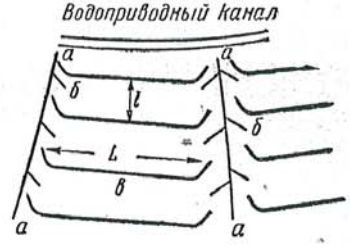


Рис. 173.

Все ярусные лиманы имеют общий недостаток, состоящий в том, что качество воды по мере перехода от верхнего яруса к нижним постепенно ухудшается: вода теряет питательные взвешенные частицы и обогащается растворимыми солями, вредными для растений; этот общий недостаток особенно проявляется у ярусных лиманов глубокого наполнения.

§ 117. Расчет лиманного орошения

Расчет лиманного орошения охватывает следующие вопросы:

1) определение водосборной площади лиманов;

2) установление величины стока весенних вод в разные годы и продолжительности паводка по годам;

3) определение свойств почвы на площади будущих лиманов и нормы лиманного орошения;

4) установление зависимости, типа, числа и размера лиманов от условий рельефа, почвы и величины нормы орошения, а также зависимости емкости лиманов от глубины их затопления;

5) построение кривых водного баланса лимана для характерных по влажности лет; установление возможных площадей орошения для различных (по количеству осадков) лет и установление количества сбросных вод;

6) определение пропускной способности и размеров водосбросных и водоспускных сооружений в дамбах.

Водосборная площадь может быть установлена по имеющимся для данной местности возможно более подробным картам или непосредственно съемкой.

Величина нормы стока с водосборных площадей лиманов и ее изменчивость по годам устанавливаются одним из способов, указанных в главе XVII.

Установление средней глубины затопления лиманов и нормы лиманного орошения может быть сделано следующим образом. Объем воды на гектар, какой должен впитаться в почву лимана, равен:

$$M = 10\,000\,Hn \cdot \frac{(\beta - \rho)\,A}{100} = 100\,(\beta - \rho)\,HnA \text{ м}^3/\text{га}.$$

Здесь H (в метрах) — глубина активного слоя почвы;

n — показатель степени, который зависит от свойств почвы; в ряде случаев он оказался равным от 1,1 до 1,3;

A — полная влагоемкость почвы в процентах;

$(\beta-\rho)A$ — скважность почвы, какая должна быть заполнена водой в результате затопления; при этом ρ— процент наличной к началу полива влажности почвы лимана, а β — процент полевой предельной влагоемкости этой почвы в слое H (величины ρ и β выражены десятичной дробью от полной скважности почвы).

Объем воды, который должен впитаться на гектар, эквивалентен слою воды:

$$h = 0{,}01\,(\beta - \rho) \cdot H \cdot A \text{ м}.$$

Это и есть норма лиманного орошения.

Предельная потенциальная влагоемкость почвы может быть принята равной $\beta_{макс} = 0{,}90$.

Глубина активного слоя почвы H зависит от рода почв и от тех культур, под которые предположено использовать лиман. Как показывают наблюдения, фактически увлажнение почвы лиманов происходит на глубину 0,6—1,7 м.

Если принять расчетные $(\beta - \rho) = 0{,}7$ и глубину увлажняемого слоя почвы лимана $H = 1{,}5$ м, то норма лиманного орошения должна быть равна:

$$h = 0{,}0105A \text{ м},$$

где A — скважность данной почвы в процентах.

При $A = 50\%$ $h = 0{,}525$ м.

Обычная глубина затопления лиманов соответствует среднему слою от 0,5 до 1 м, т. е. количеству воды до 10 000 м³ на 1 га, не считая поглощения во время наполнения лимана, что превышает требуемую норму увлажнения, и поэтому остающаяся при этом типе лиманов вода должна сбрасываться из лимана.

Вследствие этого глубокие лиманы и должны быть ярусными, иначе они требуют в 2—3 раза более воды, чем это нужно для увлажнения почвы и в результате чего может наблюдаться заболачивание площади лиманов.

Увеличивать глубину лиманов приходится вследствие неровностей рельефа, при больших их размерах. Поэтому, чтобы сообразовать глубину затопления лиманов с нормой их затопления, необходимо давать лиманам соответствующие размеры.

Чтобы создать нужную среднюю величину затопления лимана при данных условиях рельефа, длина лимана по уклону местности должна быть равна:

$$l = \frac{h - h_1}{J},$$

где J — средний уклон местности по скату лимана;

h — слой затопления у низового вала в метрах;

h_1 — то же у верхнего вала.

Величина h_1 обычно равна от 0,1 до 0,2 м.

Определив норму лиманного орошения, надо установить водный баланс лимана. Это может быть сделано (по А. Н. Костякову) следующим образом. Положим, что график стока талых вод (рис. 174) с водоразборной площади данного лимана в течение периода таяния T_0 выражается трапецией с наибольшей ординатой Q.

Суммарная кривая, отвечающая этому графику притока, выражается кривой OAB; она дает объемы талых вод, стекших с водосбора в лиман. Положим далее, что нормальный объем наполнения лимана равен V м³. Этот объем определяется по кривой зависимости емкости лимана от глубины его наполнения и должен отвечать двум основным требованиям:

а) средняя глубина затопления лимана при этом V должна соответствовать нужной норме орошения и

б) глубина затопления должна быть такова, чтобы были покрыты на нужную глубину все неровности рельефа площади лимана, требующие орошения.

Прямая линия, отвечающая этому объему V, пересечет суммарную кривую OAB в точке A, что определит таким образом на оси времен OF отрезок t_1, отвечающий продолжительности наполнения данного лимана водой до его нормальной емкости.

За время наполнения лимана t_1 часть воды пойдет на поглощение в почву лимана, на испарение с водной поверхности и фильтрацию через дамбы лимана. Объем воды, пошедшей на это, будет эквивалентом среднему слою:

$$a = t_1\,(K + e + \delta),$$

где K — коэфициент поглощения воды почвой лимана;

e — коэфициент испарения;

δ — коэфициент потерь через дамбы.

Далее сток талых вод с водосбора будет продолжаться, но вода уже не вместится (в его нормальную емкость) и будет сбрасываться за пределы лимана. Этот сброс будет продолжаться в течение времени $t_2 = T_0 - t_1$ и может происходить: или через водоспуски в дамбах лимана в нижних его частях и, следовательно, проходя через лиман, или же через водообходы, устроенные у верхних концов лимана, и, следовательно, не проходя через лиман.

В первом случае лиман в течение времени t_2 будет оставаться наполненным слоем воды $h_{ср}$, причем часть стекающих вод в количестве, эквивалентном среднему слою $t_2\,(K + e + \delta)$, пойдет на поглощение в почву и потери. В этом случае водный баланс лимана к моменту окончания стока талых вод сложится таким образом: объем воды $b = (K + e + \delta) \cdot (t_1 + t_2)$ пойдет на поглощение в почву лимана и потери; объем воды, эквивалентный среднему слою затопления $h_{ср}$, будет находиться на поверхности лимана, и, наконец, объем BCA (см. рис. 174) будет сброшен через водоспуск в балку или нижележащие лиманы. Далее необходимо будет сбросить остающийся в лимане объем воды, соответствующий среднему слою $h_{ср}$, причем этот сброс должен продолжаться в течение такого времени t_3, чтобы из него в почву лимана успело поступить все недостающее до требуемой нормы количество воды, т. е. чтобы

$$t_3\,(K + e + \delta) = \frac{h}{\eta} - (K + e + \delta)\,(t_1 + t_2),$$

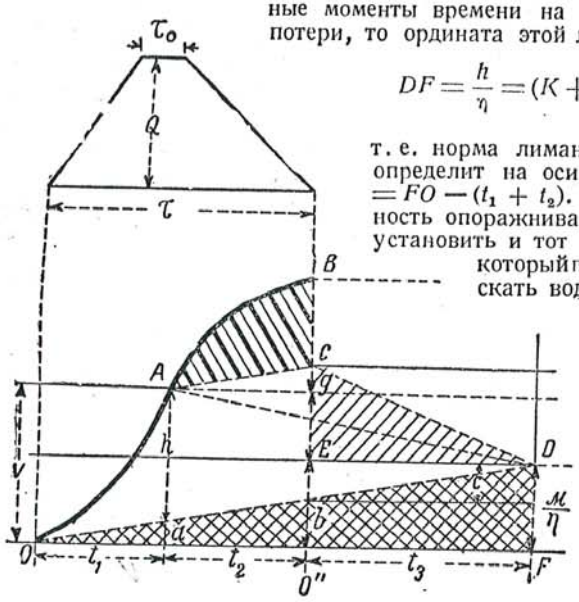
где η — коэфициент полезного использования воды при лиманном орошении, равный

$$\eta = \frac{K}{K + e + \delta};$$

$h = K(t_1 + t_2 + t_3)$ есть норма лиманного орошения (нетто), определяемая согласно вышеизложенному.

Из этого условия нетрудно определить продолжительность времени опоражнивания лимана t_3. На графике она определяется таким образом: если прямая OD выражает собою объемы воды, пошедшие в разные моменты времени на поглощение в почву и потери, то ордината этой линии, равная

$$DF = \frac{h}{\eta} = (K + e + \delta)(t_1 + t_2 + t_3),$$



Поглощение в почву плюс потери.

Сбрасываемые избыточные талые воды.

Опоражниваемый объем воды.

Рис. 174.

т. е. норма лиманного орошения-брутто определит на оси абсцисс отрезок $t_3 = FO - (t_1 + t_2)$. Зная продолжительность опоражнивания лимана, нетрудно установить и тот средний расход воды, который при этом должен пропускать водоспуск лимана: именно он эквивалентен слою в единицу времени:

$$\frac{h_{cp} - t_3(K + e + \delta)}{t_3} = \frac{h_{cp}}{t_3} - (K + e + \delta).$$

На рисунке этот средний расход выражается тангенсом угла наклона линии CD, равным $\frac{CE}{\overline{DE}}$.

Во втором случае, т. е. когда сброс избыточных после наполнения лимана талых вод происходит изолированно от лимана, общая продолжительность наполнения, стекания воды и опоражнивания лимана останется той же самой $(t_1 + t_2 + t_3)$ и определится тем же путем, если только норма орошения остается одной и той же. Разница с первым случаем будет заключаться:

а) в том, что количество избыточных талых вод, сбрасываемых за пределы лимана, будет не BC, а больше, именно Bg, причем $Cg = t_2(K + e + \delta)$, так как в этом случае поглощение в почву и потери воды в течение периода t_2 будут происходить уже из основного объема лимана, а не за счет протекающих через лиман сбросных вод, и

б) в том, что опоражнивание лимана может начаться сейчас же после наполнения его, т. е. с момента t_1, но будет итти более медленно, т. е. средним расходом, отвечающим тангенсу угла наклона линии AD.

Из приведенных соотношений видно, что избытки воды в лиманах (после их наполнения до нормальной емкости) и, следовательно, необходимость опоражнивания в балку или нижние ярусы будут только в том случае, если

1) $h_{cp} > t_3(K + e + \delta)$ — при сбросе талых вод через лиман;
2) $h_{cp} > (t_2 + t_3)(K + e + \delta)$ — при сбросе талых вод через водообходы.

Количество воды, подлежащее опоражниванию, будет эквивалентно разнице этих величин. Если поверхность лимана достаточно ровная и размеры лимана установлены правильно, то можно сделать среднюю глубину затопления h_{cp} строго отвечающей норме орошения, а именно:

$$h_{cp} = \frac{h - K(t_1 + t_2)}{\eta}$$ при первом типе сбросов;

$$h_{cp} = \frac{h - Kt_1}{\eta}$$ при втором типе сбросов.

Так как продолжительность затопления лиманов водой обусловливается впитыванием в почву нужного по норме количества воды, то, кроме нормы, она очень сильно зависит от степени проницаемости почвы (K). Здесь очень сильное влияние оказывает степень оттаивания и промерзания почвы к началу наполнения лиманов.

Если почва лимана к началу затопления является замерзшей или покрыта ледяной коркой, то за время наполнения лимана и стояния воды в нем, пока почва не оттает, впитывание воды должно происходить в мерзлую почву, т. е. при очень пониженном (против обычного для данной почвы) коэфициенте проницаемости. В этом случае продолжительность стояния воды в лимане будет слагаться из двух частей:

1) времени t_0 — времени оттаивания почвы, находящейся под средним слоем воды h_{cp}; это время зависит от глубины промерзания почвы, толщины слоя воды, температуры воды и воздуха;

2) времени впитывания воды в оттаявшую почву.

Полная продолжительность будет равна

$$\frac{h}{K} + t_0\left(1 - \frac{K_1}{K}\right);$$

где K_1 — коэфициент проницаемости (для мерзлой почвы).

Как видим, затопление мерзлой почвы значительно удлиняет продолжительность затопления лиманов.

Продолжительность затопления лиманов, в зависимости от вышеуказанных фактов, колеблется от 5 до 20 дней.

Слой воды, расходующийся в сутки во время наполнения и стояния воды в лиманах (на поглощение в почву и потери), составляет от 0,01 до 0,10 м в зависимости от свойств почвы, степени промерзания, сухости ее к моменту затопления и др. По наблюдениям проф. Б. А. Шумакова, количество воды, впитываемое почвой за время наполнения лиманов, близко или даже больше количества воды, потребного на самое затопление лимана.

Исследование водного баланса лиманов должно быть сделано для годов разной многоводности.

В качестве расчетного стока для установления площади лиманного орошения должен быть принят сток такой обеспеченности, при которой получается наибольшая суммарная народнохозяйственная эффективность этого орошения за рассматриваемый период лет.

Определив суммарный весенний сток каждого года S и длину периода таяния для этого года T_0 (на основании анализа температур), можно

* Строго говоря, это не есть прямая линия, так как интенсивность потерь во времени меняется.

построить график стока талых вод в виде треугольника или трапеции, наибольшая ордината которых будет равна:

для треугольника

$$Q = \frac{2S}{T_0};$$

для трапеции:

$$Q = \frac{nS}{T_0};$$

где $n = 1{,}5—1{,}7$.

ГЛАВА XIX

ЗОНЫ КАЧАНИЯ ПРИ МАШИННОМ ОРОШЕНИИ

§ 118. Установление числа зон качания

Правильное решение задачи машинного орошения связано с установлением числа зон качания на орошаемом массиве.

Особо важное значение это приобретает для районов, где имеет место недостаток энергии и где вопросы энергетики заставляют искать такой схемы питания орошаемого массива, при которой будем иметь минимальное количество потребляемой энергии.

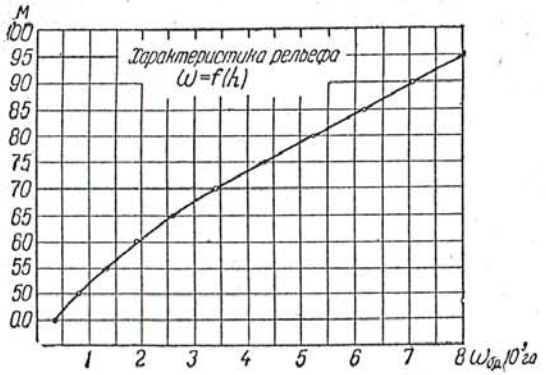


Рис. 175.

Мощность насосных станций уменьшается по мере увеличения числа зон качания, и наоборот; поэтому задача проектирования заключается в том, чтобы найти такое сочетание в расположении каналов и насосных станций, при котором строительные и эксплоатационные расходы по водоподъемным узлам — насосным станциям и магистральным каналам — будут минимальными. Схема установления числа зон качания может быть сведена к следующему.

1. По наиболее характерному участку орошаемого массива нормально к горизонталям и в створе берегового узла проводится средняя линия. По полученным отметкам строится кривая (рис. 175), характеризующая рельеф: $\omega = f(h)$, где ω — площадь между горизонталями, h превышение между горизонталями.

2. Через отдельные точки этой линии по карте в масштабе 1 : 50 000 трассируются зональные каналы с экономически наивыгоднейшим уклоном.

3. По каждому из зональных каналов устанавливаются площади командования Ω, расчетные расходы Q, как произведение q максимальной ординаты графика гидромодуля в секундолитрах на 1 га, на площадь командования-нетто.

4. Общепринятыми методами определяются потери, отнесенные

к головному узлу для каждой системы зональных каналов и в целом для всей системы.

5. Определяют экономически наивыгоднейший диаметр водовода, экономически наивыгоднейшее месторасположение здания насосной станции.

Мощность насосной станции определяется по формуле:

$$N = \frac{9{,}804 \cdot QH}{\eta_{нас} \cdot \eta_{мотора}},$$

где Q — расчетный расход для каждой зоны в кубометрах в секунду;

H (манометрическое) $= H$ (геодезическое) $+ H$ (потери на трение и местные сопротивления);

$\eta_{мотора}$ — коэфициент полезного действия мотора;

$\eta_{нас}$ — коэфициент полезного действия насоса.

6. Пользуясь кривой зависимости $\omega = f(h)$ и имея показатели по стоимости каналов, сооружению насосных станций на 1 квт установленной мощности и эксплоатационные расходы по насосным станциям на 1 квт и сооружениям на сети, строят кривую зависимости между числом зон качания и потребной мощностью водоподъемных установок. На основании анализа полученных данных выбирают наиболее целесообразное решение, при котором суммы основных затрат и эксплоатационных расходов будут иметь минимальное значение.

Все расчеты сводятся в следующую таблицу (см. табл. справа):

В графе 1 указывается число зон качания в предположении различного сочетания работающих каналов, например, одна зона — проектируется только береговая насосная станция, 2 зоны — зональная и береговая насосные станции и 3 зоны — одна береговая и две зональные насосные станции.

В графе 2 указываются площади зоны, т. е. площади, заключенные в зоне командования каждого зонального канала.

Наименование зон	1	Площади зон	2	q максимальное в секундах	3	Q максимальное в кубических метрах в секунду	4	Коэфициент полезного действия системы η	5	Q = брутто в кубических метрах в секунду	6	Высота качания: геодезическое в метрах H	7	Высота качания: манометрическое в метрах H	8	Мощность насосной станции N квт	9	Удельная стоимость: 1 квт установленной мощности	10	Удельная стоимость: 1 пог. м трубопровода	11	Удельная стоимость: 1 км канала	12	Стоимость насосной станции	13	Стоимость каналов и трубопроводов	14	Всего общая стоимость	15	Удельная стоимость по эксплоатационным расходам на 1 квт установленной мощности	16	Стоимость эксплоатации сооружений: Каналы и трубопроводы	17	Стоимость эксплоатации сооружений: Насосные станции	18	Стоимость эксплоатации сооружений: Всего	19

Графа 3. q — расчетная максимальная ордината — принимается по графику гидромодуля. В том случае, если станция работает не 24 часа, а меньше, то значение q соответственно увеличивается.

Графа 4. Q — расчетный расход в кубических метрах в секунду — устанавливается как произведение $q_{макс} \cdot \omega$.

Графа 5. Значение коэфициента полезного действия устанавливается по отдельным участкам канала, а также в целом для системы зонального канала и относится к голове водоподъемного узла. В том случае, если между отдельными зонами проектируется магистральный канал, то потери в этом канале прибавляются к расходам нижеследующих зон.

Графа 6. $Q_{брутто}$ определяется как частное от деления $Q_{нетто}$ на коэфициент полезного действия системы.

Графа 7. Высота качания $H_{геод}$ принимается как разность отметок между отдельными зонами.

Графа 8. В первом приближении $H_{ман} = H_{геод} + H_{потери}$. Гидравлические потери в трубопроводе определяются по существующим формулам (например, Маннинга, Скобея и др.).

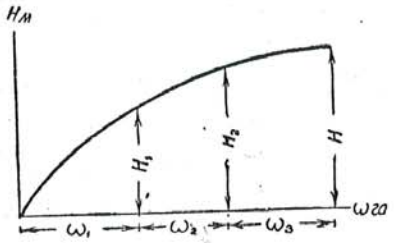


Рис. 176.

Графы 10—14. Стоимость 1 квт установленной мощности насосной станции, эксплоатационные расходы по насосным станциям, стоимость 1 м³ земляных работ и сооружений по каналам и трубопроводам принимаются по укрупненным измерителям. Эксплоатационные расходы слагаются из расходов на амортизацию, ремонт сооружений, содержание эксплоатационного штата и др.

Таким образом, в результате расчетов будем иметь ряд показателей, характеризующих как капиталовложения, так и эксплоатационные расходы для каждой зоны.

Технико-экономический анализ составляющих элементов позволяет выбрать наиболее рациональную схему расположения зональных станций.

Примечание. Стоимость 1 квт установленной мощности принимается дифференцированной, в зависимости от мощности станции и числа зон качания; объем земляных работ по каналам старшего порядка может быть установлен по формуле $W = 4{,}5Q^{2/3} \cdot L$, где Q—расход, L—длина канала в метрах.

Аналитический метод установления числа зон качания (проф. Г. П. Войнич-Сяноженцкого). Если обозначить через H максимальную высоту качания, а через H_1, H_2 — геодезические высоты качания отдельных зон (см. рис. 176), то соответствующая мощность станции при трех зонах качания выразится:

$$N = k(\omega_1 H_1 + \omega_2 H_2 + \omega_3 H) = k\{\omega H - [(\omega_1 + \omega_2)(H - H_2) + \omega_1 (H_2 - H_1)]\},$$

и при двух зонах качания:

$$N = \{\omega H - [\omega_1 (H - H_1)]\};$$

где $k = \frac{Q\gamma}{75\eta}$;

Из этого выражения нетрудно видеть, что минимальная суммарная мощность станций будет в том случае, когда выражение, заключенное в квадратных скобках, будет иметь максимальное значение.

При решении выражения, заключенного в скобках (формула 1) величина геодезического напора для начального момента определяется путем вычитания напора, соответствующего данной исследуемой зоне, из максимального напора.

Все расчеты могут быть сведены в следующую таблицу:

Отметки горизонталей (в метрах)	Высота качания между горизонталями (в метрах)	Площадь орошения между горизонталями (в гектарах)	$H = (H - H_2)\omega'$	$H_2 =$		$H_3 =$	
				$(H_2 - H_1)\omega''$	Σ	$(H_3 - H_1)\omega''$	Σ
1	2	3	4	5	6	7	8

В графу 1 последовательно выписываются отметки горизонталей, начиная от наивысшей отметки, где предполагается расположить насосные станции.

Графа 2 — высота качания (H геодезическое) — устанавливается как разность между максимальной отметкой и отметкой расположения насосных станций.

Графа 3 — площадь орошения ω, заключенная между отдельными горизонталями.

В графе 4 определяется значение для первого члена выражения, заключенного в квадратных скобках: $(H - H_2)\omega'$, где за H_2 принимаются отметки горизонталей $H - 1$ до 1, ω' площади, соответствующие горизонтали H_2.

В графах 5 и 7 определяются значения для второго члена, заключенного в скобках $(H_2 - H_1)\omega''$, где за H_1 принимаются отметки горизонталей $H_2 - 1$ до 1; ω'' площади, соответствующие горизонтали H_1.

Графы 6 и 8 являются результативными. Суммируя последовательно показатели $(H_2 - H_1)\omega''$ при изменяющемся значении H_2 (см. графу 5) с показателем графы 4, соответствующим значению H_3 (графа 4), будем иметь суммарное значение для выражения, заключенного в скобках. Аналогичный расчет должен быть проведен и для остальных зон. Максимальное значение из всех данных дает возможность установить ту наивыгоднейшую высоту, на которой должны располагаться зональные станции. Таким образом, расчет по этому способу позволяет без производства специальных технико-экономических расчетов, связанных с определением мощности станции, установить необходимое количество зон качания.

Пример. Требуется установить число зон качания для орошаемого массива. Наивысшая отметка качания 92,5 м. Принимаем высоты качания: H — 100 м, 95 м, 80 м и т. д.

Результативные данные сведены в таблицу:

Отметки горизонталей	Площади орошения между горизонталями	$H=100$ м	$H_2=95$ м		$H_2=90$ м		$H_2=85$ м	
		$(100-H_2)\omega$	$(95-H_1)\omega'$	Σ	$(90-H_1)\omega''$	Σ	$(85-H_1)\omega''$	Σ
100	8 000	0,00						
95	7 050	35 250	0,00	35 250				
90	6 170	61 700	30 850	66 100	0,00	61 700		
85	5 260	79 000	52 600	87 850	26 300		0,00	79 000
80	4 360	87 200	65 500	100 750	43 600		21 800	
75	3 420	85 500	68 500	103 750	51 300		34 200	
70	2 615	78 500	65 400	100 650	52 300	114 000	39 200	118 200
65	1 915	67 000	57 500	92 750	47 900		38 300	
60	1 375	55 000	48 100	83 350	41 300		34 375	
55	805	36 200	32 200	67 450	28 200		24 150	

Отметки горизонталей	Площади орошения между горизонталями	$H_2=80$ м		$H_2=75$ м		$H_2=70$ м	
		$(80-H_1)\omega''$	Σ	$(75-H_1)\omega''$	Σ	$(70-H_1)\omega''$	Σ
100	8 000						
95	7 050						
90	6 170						
85	5 260						
80	4 360	0,00	87 200				
75	3 420	17 000		0,00	85 500		
70	2 615	26 150		13 075		0,00	78 500
65	1 915	28 725	115 925	19 150		9 575	
60	1 375	27 500		20 625	106 125	13 750	92 250
55	805	20 125		16 100		12 100	

Максимальное значение выражения, заключенного в скобках, будет соответствовать отметке $H_1 = 70$ м при $H_2 = 85$ м, т. е. зональные станции должны быть запроектированы на отметках 70 и 85 м. Береговая насосная станция по условиям водозабора проектируется на отметке 65 м.

ГЛАВА XX

МЕХАНИЗАЦИЯ ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ УСТРОЙСТВЕ ИРРИГАЦИОННОЙ СЕТИ

§ 119. Значение механизации земляных работ

Основным видом строительных работ при устройстве ирригационной сети являются земляные работы. Примерные соотношения стоимостей работ на ирригационных строительствах приведены в следующей таблице.

Соотношения стоимости различных работ на ирригационном строительстве

Наименование вида работы	Удельный вес стоимости в процентах
Устройство каналов	45
Возведение гидротехнических сооружений	30
Возведение вспомогательных сооружений	10
Прочие расходы	15

Объем земляных работ при устройстве сети на мелких ирригационных системах выражается в 100—200 м³ на 1 га орошаемой площади и на крупных системах — 200—250 м³.

Кроме устройства каналов, многие другие работы в орошаемом хозяйстве представляют собой земляные работы или сопровождаются ими. Планировка площадей заключается исключительно в земляных работах.

Сооружение головного узла всюду сопровождается производством земляных работ, а при сооружении земляных плотин они являются ведущим видом работ.

По отчетным данным, на строительствах в Средней Азии расходуется до 100 человекодней на 1 га на земляных работах при сооружении каналов вручную и около 4 человекодней на прочие виды работ. При механизации работ количество потребных рабочих на земляных работах падает. Например, на строительстве в Самгори израсходовано 19,56 и на Покровской рисовой системе 18,75 человекодня на 1 га.

В следующей таблице приводится выработка одного человека при насыпке дамб распределителя вручную и механизированными способами:

Выработка одного рабочего при насыпке дамб вручную и механизированными способами

Способ выполнения работ	Норма выработки в кубометрах за 1 час работы		Количество человек в звене	Выработка одного человека в кубометрах за 1 час		Повышение производительности труда относительно работы вручную	
	песчаный грунт	глинистый грунт		песчаный	глинистый	песчаный	глинистый
Возка грунта тачками вручную	1,25	1,05	1	1,25	1,05	1	1
Ползунковые скреперы емкостью 0,36 м³ при тяге трактором СТЗ 15/30	14	12	1	14	12	11,2	11,4
Колесные скреперы емкостью 0,75 м³ при тяге трактором ЧТЗ (4 скрепера в поезде)	56	50	3	18,66	16,66	14,9	15,8
Экскаватор-драглайн с ковшом емкостью 0,50 м³	40	32	4	10	8	8	7,6
Грейдер-элеватор с лентой, получающей движение от заднего колеса при тяге трактором ЧТЗ	150	100	3	50	33,3	40,0	31,7
Грейдер-элеватор с лентой, получающей движение от специального мотора	250	175	3	83,3	58,3	66,7	55,5

Развитие стахановского движения на строительствах, применение скоростных способов работ, применение более совершенных машин повышают производительность труда при механизированных способах производства земляных работ.

Ниже дается характеристика экскаваторов и прицепных машин, применяющихся на ирригационных работах при постройке сети, приводятся производительности и описываются способы производства земляных работ этими машинами.

А. ХАРАКТЕРИСТИКА ЗЕМЛЕКОПНЫХ МАШИН И ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ

§ 120. Характеристика одноковшовых экскаваторов

Рабочее оборудование (рис. 177):

а) ковш на рукояти — прямая лопата (механическая лопата), обратная лопата (дитчер, канавокопатель), струг (скиммер);

б) ковш на тросах — драгляйн (канатно-ковшовый со скребковым ковшом), грейфер.

Одноковшовые универсальные экскаваторы со сменным рабочим оборудованием, кроме указанного оборудования, снабжаются краном для перегрузочных работ, копром, скребком, засыпателем и корчевателем пней. Универсальными экскаваторами являются экскаваторы с ковшами от 0,25 до 0,75 м³ (включительно).

Силовые установки: а) двигатели внутреннего сгорания, б) паровые и в) электрические.

Ходовое оборудование — гусеничное. С 1938 г. изготовляются экскаваторы на автомобильном ходу и приступлено к изготовлению шагающих экскаваторов. Экскаваторы на железнодорожном ходу при сооружении каналов не применяются.

О пловучих экскаваторах на понтоне см. в разделе «Осушение» этого тома справочника.

Основные показатели одноковшовых шагающих экскаваторов с двигателем внутреннего сгорания, намеченных к освоению промышленностью Союза

Модель	ДШ-0,75	ДШ-1,5
Наименование	Шагающий с ковшом емкостью 0,75 м³	Шагающий с ковшом емкостью 1,5 м³
Емкость ковша драгляйн (в куб. метрах)	0,75; 0,5	1,5; 1,0
Длина стрелы драгляйна (в метрах)	11; 13; 15	16—20
Скорость передвижения (в километрах в 1 час.)	0,5	0,386
Максимальный угол подъема пути (в градусах)	15	12
Максимальное давление на грунт (в килограммах на 1 см²)	0,32—0,725	0,33—0,78
Тип двигателя	ЧТЗ-65	—
Конструктивный вес (в тоннах)	26,8	59,3

Примечание. Шагающие экскаваторы осваиваются Костромским заводом «Рабочий металлист».

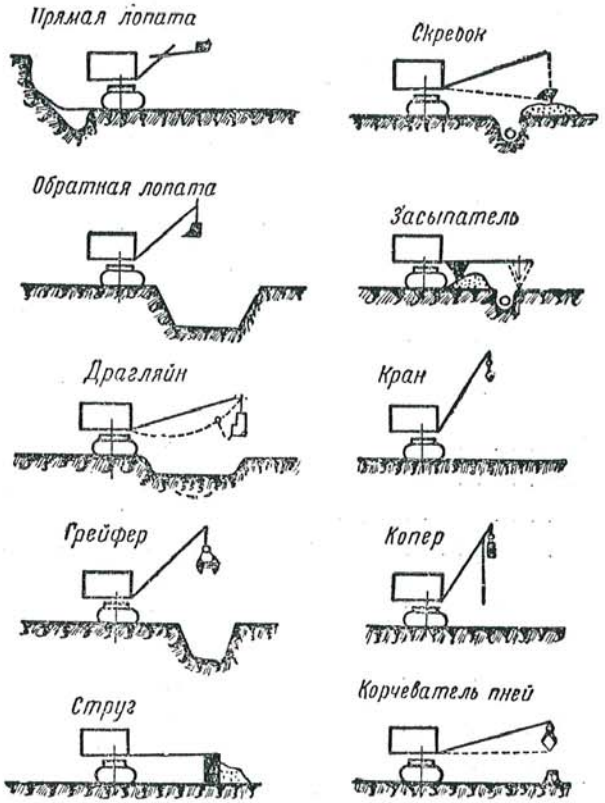


Рис. 177. Рабочее оборудование одноковшовых экс

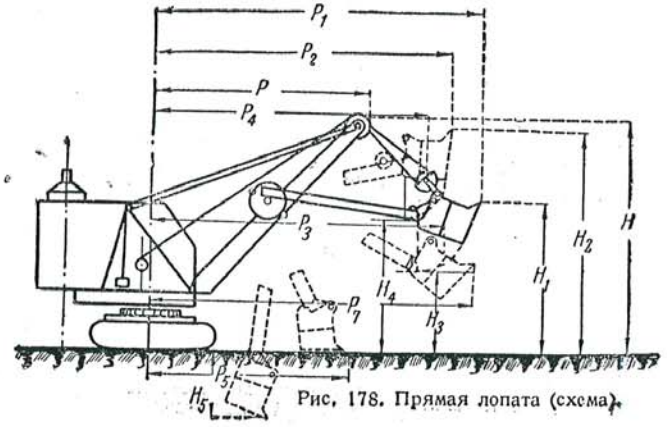


Рис. 178. Прямая лопата (схема).

Основные показатели одноковшовых экскаваторов с двигателем внутрен

№№ по пор.	Модель: Наименование	Д-0,25: Полноповоротный на гусеничном ходу с ковшом емкостью 0,25 м³	Д-0,25: На автомобиле ЯГ-6	ТР-0,25: Неполноповоротный на тракторе ЧТЗ
	1	2	3	4
1	Емкость ковша прямой лопаты (в куб. метрах)	0,25	0,25	0,25
2	Емкость ковша обратной лопаты (в куб. метрах)	0,25	0,25	0,25
3	Емкость ковша драгляйна (в куб. метрах)	0,25	0,25	0,25
4	Емкость ковша грейфера (в куб. метрах)	0,25	0,25	0,25
5	Емкость ковша струга (в куб. метрах)	0,25	0,25	0,25
6	Радиус действия скребка (в метрах)	9,8; 11,5; 13,2	9,8; 11,55; 13,28	9,9; 11,62; 13,35
7	Радиус действия засыпателя (в метрах)	5,66	5,91	5,97
8	Грузоподъемность крана (в тоннах)	1,3; 1;0,78	1,48; 1,17; 0,95	1,8; 1,43; 1,16
9	Вес бабы копра (в тоннах)	0,4	0,4	0,4
10	Радиус действия корчевателя (в метрах)	5,96; 7, 24; 8,22	5,96; 7, 24; 8,22	6,0; 7,3; 8,3
11	Длина стрелы прямой лопаты (в метрах)	4,5	4,5	4,5
12	Длина стрелы обратной лопаты (в метрах)	4,5	4,5	4,5
13	Длина стрелы драгляйна, грейфера и крана (в метрах)	7,5; 9; 10,5	7,5; 9; 10,5	7,5; 9; 10,5
14	Длина стрелы струга (в метрах)	4,5	4,5	4,5
15	Длина стрелы копра (в метрах)	7,5	7,5	7,5
16	Длина рукояти прямой лопаты (в метрах)	3,2	3,2	3,2
17	Длина рукояти обратной лопаты (в метрах)	2,0	2,0	2,0
18	Скорость передвижения (в километрах в 1 час)	1,25—4,5	40,0 максимум по шоссе	3; 4,2; 5,9
19	Максимальный угол подъема пути (в градусах)	—	—	—
20	Удельное давление на грунт при оборудовании прямой лопатой (в килограммах на 1 см²)	0,54	—	0,74
21	Тип двигателя	У-5	У-5	ЧТЗ
22	Мощность двигателя (лош. сил)	40	40	60—75
23	Конструктивный вес экскаватора при оборудовании механической лопатой (в тоннах)	8,1	10,5	14,5

Примечание. Экскаватор М-II-Д может быть оборудован прямой лопатой с укоро
шины, позволяющей вести разработку туннелей. Емкость ковша при туннельном обору

него сгорания на гусеничном ходу, освоенных промышленностью Союза

№№ по пор.	М-1-ДВ «Комсомолец» неполноповоротный: Завода «Машиностроитель»	М-1-ДВ «Комсомолец» неполноповоротный: Кунгурского завода	Д—0,35: Полноповоротный с ковшом емкостью 0,35 м³	ЛК	ЛК-А	М-II-Д: «Костромич» дизельный	М-III-Д
	5	6	7	8	9	10	11
1	0,35	0,35	0,35	0,5	0,5	0,75	1,5
2	0,35	0,35	0,35	0,5	0,5	0,75	—
3	0,35	0,35	0,35	0,35	0,5	0,75	1,5; 1,25; 1,0
4	—	0,30	0,35	0,35	0,5	0,75	1,25; 1,0; 0,75
5	—	0,35	0,35	0,50	—	0,75	—
6	8,4	9,5	11,2; 14,5	—	—	12,2; 17,8	—
7	5,5	5,2	5,2	—	—	8,0	—
8	0,9—2,0	1,2	2,33; 1,6	2,55—5,5	—	6,4; 3,7	6,4; 3,7
9	0,5	0,5	0,5	0,8	—	1,0	—
10	5,5	6,75	7,25; 8,9	—	—	9,2; 13,4	—
11	4,8	4,8	4,8	6,1	6,7	6,1—6,9	8,1
12	4,8	4,8	4,8	7,2	7,2	7,1	—
13	8,0	9,0	9; 12	10,5	11,0	11; 17	16; 18; 20
14	—	4,8	4,8	7,2	—	6,5	—
15	—	9,0	9,0	—	—	11,0	—
16	3,0	3,0	3,5	2,54	2,74	4,51	5,7
17	2,5	2,3	2,2	2,65	2,65	2,95	—
18	1,3—2,9	0,95—1,88	1,34—3,53	1,71	—	0,76	0,9
19	15	18	—	20	20	15	—
20	0,55	0,5	0,57	0,94	0,78	0,96	1,11
21	СТЗ-ХТЗ	СТЗ-ХТЗ	СТЗ-3	ЧТЗ	ЧТЗ	ЧТЗ-65	4-СД-19/32
22	32,5	32,5	54	60	60—75	75	154
23	12,0	13,0	11,0	26,0	25,5	32,7	59,6

ченной стрелой своеобразной формы, обеспечивающей малые габаритные размеры ма
довании — 0,85 м³

Основные показатели паровых одноковшовых экскаваторов на гусеничном ходу, освоенных промышленностью Союза

Модель / Наименование	М-II-П «Костромич»	П-0,75	ППГ «Молотовец»	М-III-П «Воткинец»
Емкость ковша прямой лопаты (в куб. метрах)	0,75	0,75	1,1	1,5	1,5
» » обратной лопаты » »	0,75	0,75	—	—	—
» » драгляйна » »	0,75	0,75	1,0	1,0	1,0; 1,5
» » грейфера » »	0,75	0,75	—	—	1,5; 1,0
» » струга » »	0,75	0,75	—	—	—
Грузоподъемность крана (в тоннах)	7,2; 3,4	6,3; 3,7	6,6—12	5,0—10	6,4; 3,9
Вес бабы копра (в тоннах)	1,0	1,0	—	—	—
Радиус действия засыпателя (в метрах)	8,0	8,12	—	—	—
» » корчевателя » »	9,3; 10,6; 12,1	9,3; 13,5 12,3; 17,9	—	—	—
» » скребка » »	12,3; 19	6,25	7,8	8	8,1
Длина стрелы прямой лопаты »	6,08	7,1	—	—	—
» » обратной лопаты »	7,1	11; 17	12,5	15—16; 18,0	13; 16; 18
» » драгляйна, грейдера и крана (в метрах)	11—14—18,5		—	—	—
» » струга » »	6,5	6,5	—	—	—
» » копра » »	11,0	11,0	—	5,2	5,5
Длина рукояти прямой лопаты » »	4,4	4,51	—	—	—
» » обратной лопаты » »	2,95	2,95	—	1,0	1,25
Скорость передвижения (в километрах в 1 час)	1,0	0,8—1,3	0,9—1,5	14	17
Максимальный угол подъема пути (в градусах)	15	—	14		
Удельное давление на грунт при оборудовании прямой лопатой (килограммов на 1 см²)	1,1	0,94	0,95	1,12	1,16
Котел — поверхность нагрева (в кв. метрах)	14,04	—	—	33,2	55,0
Рабочее давление (в атмосферах)	10,0	—	—	10,0	10,0
Паросъем (в килограммах в 1 час)	800	800	—	—	1500
Эффективная мощность подъемной машины (лош. сил)	—	—	—	111,3	100
Эффективная мощность напорной и поворотной машины (лош. сил)	—	—	—	56,5	55,0
» мощность суммарная (лош. сил)	120	202	202	224,3	207,0
Конструктивный вес экскаватора при оборудовании прямой лопатой (в тоннах)	37,6	32,5	43,5	65,4	61,0

Примечание. Конструкция экскаватора модели П-0,75 является модернизированной конструкцией модели М-II-П.

Основные показатели одноковшовых экскаваторов с электрической силовой установкой на гусеничном ходу, освоенных промышленностью Союза

Модель / Наименование	М-II-Э «Костромич»	М-III-Э	М-IV-Э «Уралец»
Емкость ковша прямой лопаты (в куб. метрах)	0,75	1,5	2,0 и 3,0
Емкость ковша обратной лопаты (в куб. метрах)	0,75	—	—
Емкость ковша драгляйна (в куб. метрах)	0,75	1,5; 1,25; 1,0	2,25
» » грейфера » »	0,75	1,25; 1, 0,75	2,50
» » струга » »	0,75	—	—
Радиус действия скребка (в метрах)	12,2—17,8	—	—
» » засыпателя » »	8,0	—	—
Грузоподъемность крана (в тоннах)	6,4; 3,7	6,4; 3,9	—
Вес бабы копра (в тоннах)	1,0	—	—
Длина стрелы прямой лопаты (в метрах)	6,9	8,1	13,5 и 11,0
» » обратной лопаты » »	7,1	—	—
» » драгляйна, грейфера и крана (в метрах)	11; 17	16; 18; 20	25,0
Длина стрелы струга (в метрах)	6,5	—	—
» » копра » »	11,0	—	—
» рукояти прямой лопаты (в метрах)	4,51	5,7	9,85 и 7,9
» » обратной лопаты (в метрах)	2,95	—	—
Скорость передвижения (в километрах в 1 час)	0,76	0,9	1,0
Максимальный угол подъема пути (в градусах)	—	—	15
Удельное давление на грунт при оборудовании прямой лопатой (в килограммах на 1 см²)	0,93	1,1	1,7
Электродвигатель	АМ-114-8	АМ-125-8	—
Мощность (в киловаттчасах)	60	120	—
Напряжение тока (вольт)	220/380	220/380	—
Конструктивный вес экскаватора при оборудовании прямой лопатой (в тоннах)	31,5	58,8	146,2

Примечание. Экскаватор М-II-Э может быть оборудован прямой лопатой с укороченной стрелой своеобразной формы, обеспечивающей малые габаритные размеры машины и позволяющей вести разработку туннелей. Емкость ковша при туннельном оборудовании — 0,85 м³.

Эксплоатационная характеристика одноковшовых экскаваторов при оборудовании прямой лопатой (в метрах) (рис. 178 на стр. 395)

Модель	Д-0,25 (гусеничный)	Д-0,25 (автомобильный)	ТР-0,25	Д-0,35	М-1-ДВ			ЛК				ЛК-А			М-II-П		
Емкость ковша (в куб. метрах)	0,25	0,25	0,25	0,35	0,35			0,50				0,50			0,75		
Угол наклона стрелы к горизонту	50°	50°	50°	45°	35°	45°	60°	35°	45°	55°	65°	35°	45°	65°	35°	45°	55°
P — вылет по наружной кромке ролика стрелы	—	—	—	—	4,60	3,84	2,86	6,34	5,68	4,89	3,97	6,83	6,09	4,37	6,50	5,80	5,00
H — высота по наружной кромке ролика стрелы	—	—	—	—	3,88	4,88	5,65	5,13	5,97	6,68	7,23	5,59	6,49	7,72	5,40	6,20	6,90
P_1 — максимальный радиус резания	5,9	6,08	6,16	6,89	6,40	6,00	5,40	8,10	7,78	7,38	6,94	9,22	8,80	7,80	9,40	8,90	8,50
H_1 — высота резания при максимальном радиусе резания	—	—	—	—	—	—	—	3,18	3,47	3,70	3,86	3,71	4,08	4,58	3,80	4,10	4,50
H_2 — максимальная высота резания	5,3	6,08	5,92	5,41	3,50	5,00	6,25	4,54	5,70	6,66	7,42	5,63	6,49	8,21	5,00	6,00	6,80
P_2 — радиус резания при максимальной высоте резания	—	—	—	—	6,2	5,7	5,0	7,80	7,20	6,36	5,34	8,90	8,10	6,20	8,80	8,20	8,10
P_3 — максимальный радиус выгрузки	5,3	5,43	5,36	5,81	5,70	5,30	4,75	7,72	7,38	7,00	6,57	8,74	8,32	7,60	8,10	7,70	7,30
H_3 — высота выгрузки при максимальном радиусе выгрузки	—	—	—	—	1,56	2,05	2,40	2,68	2,99	3,21	3,37	3,23	3,61	4,11	1,90	2,30	2,60
H_4 — максимальная высота выгрузки	3,4	4,27	4,15	3,52	2,10	3,40	4,50	3,16	4,06	4,96	5,70	3,92	4,71	6,29	2,90	3,80	4,60
P_4 — радиус выгрузки при максимальной высоте выгрузки	—	—	—	—	5,70	5,10	4,10	7,68	7,20	6,52	5,72	8,70	8,18	6,72	8,00	7,40	6,70
P_5 — максимальный радиус резания на уровне стоянки	3,2	3,2	3,25	4,26	4,00	3,65	3,20	4,42	4,08	3,70	3,26	5,10	4,78	3,87	5,50	5,20	4,80
P_6 — минимальный радиус резания на уровне стоянки	—	—	—	—	—	—	—	2,20	2,30	2,35	2,40	—	5,11	—	—	—	—
P_7 — радиус резания на уровне 2,5 м	—	—	—	—	—	—	—	7,38	7,22	7,00	6,74	8,50	8,30	7,60	9,10	8,60	8,10
H_5 — глубина копания ниже уровня стоянки	1,2	0,62	0,6	1,43	1,30	0,85	0,50	2,00	1,72	1,49	1,33	2,09	1,72	1,22	2,20	1,80	1,40

Продолжение

Модель	П-0,75	М-II-Д-Э			«Молотовец»			ППГ			М-III-П			М-IV-Э	
Емкость ковша (в куб. метрах)	0,75				1,1			1,5			1,5			2,0	3,0
Угол наклона стрелы к горизонту	45°	35°	45°	60°	35°	50°	60°	35°	45°	55°	35°	45°	55°	50°	50°
P — вылет по наружной кромке ролика стрелы	—	6,50	5,82	4,46	—	—	—	8,53	7,61	6,52	8,6	7,7	6,5	11,2	9,9
H — высота по наружной кромке ролика стрелы	—	5,50	6,35	7,35	5,9	8,05	9,85	7,13	8,17	9,04	6,8	8,0	8,9	13,2	11,3
P_1 — максимальный радиус резания	8,96	9,16	8,86	8,00	11,45	10,75	9,85	11,56	11,01	10,45	11,8	11,3	10,7	16,5	14,1
H_1 — высота резания при максимальном радиусе резания	—	4,63	5,00	5,47	—	—	—	4,64	5,07	5,41	4,8	5,2	5,6	7,5	6,7
H_2 — максимальная высота резания	7,62	5,44	6,35	7,52	5,9	8,05	9,81	7,13	8,32	9,36	6,75	8,6	9,75	13,3	10,4
P_2 — радиус резания при максимальной высоте резания	—	—	—	—	10,95	9,75	8,65	11,00	10,16	9,18	11,5	10,5	9,4	—	—
P_3 — максимальный радиус выгрузки	8,14	8,00	7,60	6,70	10,45	9,70	8,70	10,90	10,41	9,85	10,7	10,0	9,6	15,6	12,8
H_3 — высота выгрузки при максимальном радиусе выгрузки	—	2,96	3,35	3,80	—	—	—	3,43	3,86	4,20	3,0	3,3	3,9	6,0	5,0
H_4 — максимальная высота выгрузки	5,32	3,58	4,45	5,48	3,75	5,70	7,35	4,30	5,44	6,48	4,6	6,0	7,1	10,2	8,8
P_4 — радиус выгрузки при максимальной высоте выгрузки	—	7,88	7,45	6,65	10,15	9,2	7,7	10,81	10,16	9,36	10,6	9,6	9,1	14,4	12,6
P_5 — максимальный радиус резания на уровне стоянки	4,17	7,92	7,18	5,92	—	—	—	6,61	6,25	5,78	7,2	7,0	6,8	9,4	8,5
P_6 — минимальный радиус резания на уровне стоянки	—	—	—	—	—	—	—	3,80	3,80	3,80	—	—	—	—	—
P_7 — радиус резания на уровне 2,5 м	—	9,10	8,62	7,72	10,8	9,7	9,2	11,20	10,58	9,88	11,4	10,7	10,4	15,4	13,0
H_5 — Глубина копания ниже уровня стоянки	1,72	2,00	1,59	1,15	2,45	1,75	1,30	2,54	2,11	1,77	2,5	2,1	1,6	3,7	2,5

Эксплоатационная характеристика драглайн

Модель	Д-0,25 гусеничный	Д-0,25 автомобильный	ТР-0,25	Д-0,35	М-1-ДВ		
Емкость ковша (в куб. метрах)	0,25	0,25	0,25	0,35	0,35		
Длина стрелы (в метрах)	7,5—10,5	7,5—10,5	7,5—10,5	9,0—12,0	9,0		
Угол наклона стрелы к горизонту	35°	35°	35°	35°	30°	45°	60°
P—вылет по наружной кромке ролика стрелы	—	—	—	—	8,35	6,85	5,0
H—высота по наружной кромке ролика стрелы	—	—	—	—	6,1	7,9	9,4
P_1—максимальный радиус копания с забросом ковша *	7,7—10,3	7,66—10,37	7,33—10,44	9,5—12,5	9,6	9,1	7,7
H_1—максимальная глубина копания при первом проходе	2,9—4,5	2,52—4,24	2,48—4,2	3,4—5,3	3,9	3,0	2,1
H_2—максимальная глубина копания при втором проходе	5,5—7,8	4,9 —7,4	4,83—7,32	6,2—8,7	5,5	4,5	3,6
P_3—радиус выгрузки	6,8—9,5	6,78—9,56	6,85—9,63	8,1—9,6	7,6	6,7	4,8
H_3—высота выгрузки	3,1—5,1	3,7—5,75	3,76—5,8	3,9—5,6	3,6	4,8	6,3

* Максимальный радиус копания в сильной мере зависит от опытности механика. Заброс ковша обычно колеблется от 2 до 4 м и достигает 5 м; в таблице указаны средние размеры.

Эксплоатационная характеристика одноковшовых экскаваторов (в метрах) (см. рис. 179 на стр. 405).

ЛК			ЛК-А		М-II-П	«Молотовец»	ППГ		М-III-П		М-IV-Э	
0,35			0,5		0,75	1,0	1,0		1,5		2,25	
10,5			11,0		11—18,5	12,5	18,0		15,0		25,0	
25°	35°	45°	30°	45°	35°	40°	25°	40°	25°	40°	30°	45°
10,9	10,05	8,77	10,95	9,16	—	13,65	18,5	15,9	15,8	12,8	24,6	20,6
6,1	7,7	9,1	7,25	9,56	—	7,20	10,0	14,0	8,64	13,0	15,4	20,7
13,2	12,8	12,6	10,88	9,13	11,4—18,5	17,70	22,5	20,0	20,0	17,0	29,0	25,0
4,1	—	3,1	—	—	3,4—7,0	—	9,5	8,5	4,8	4,0	7,0	6,2
4,1	3,5	3,8	—	—	7,9—12,0	—	14,5	13,0	11,0	9,5	15,0	11,0
11,3	10,45	9,2	10,8	9,07	10,4—16,5	13,5	18,61	16,09	15,5	12,2	24,2	20,5
2,6	4,5	5,9	4,0	6,28	5,0—9,0	4,0	5,7	9,6	4,8	9,2	8,5	13,7

Эксплоатационная характеристика одноковшовых экскаваторов, оборудованных грейфером (в метрах)

ЛК		ЛК-А	М-II-П	П-0,75	«Молотовец»	М-III-П		М-IV-ДЭ	
0,35		0,5	0,75	0,75	0,8	1,50		2,50	
10,5		11,0	11,0—18,5	11—17	12,5	15,0		25,0	
35°	45°	45°	45°	45°	40°	30°	60°	30°	50°
9,68	8,5	9,16	—	—	13,65	15,0	9,7	24,6	19,0
7,7	9,1	9,56	—	—	7,0	9,8	15,4	15,4	22,2
9,95	8,77	9,16	9,1—14,2	9,24—13,46	8,2	14,9	9,5	24,2	18,7
4,7	6,1	5,91	6,5—11,8	6,41—10,6	4,0	5,4	10,9	11,0	17,7
17,0	15,0	7,01	до 8,0	10,0—6,0	15,0	13,1	7,6	11,5	5,0

Эксплоатационная характеристика одноковшовых экс

Модель	Д-0,25 гусеничный	Д-0,25 автомобильный	ТР-0,25	Д-0,35	М-1-ДВ		
Емкость ковша (в куб. метрах)	0,25	0,25	0,25	0,35	0,30		
Длина стрелы	7,5—9,0	7,5—10,5	7,5—10,5	9,0—12	9,0		
Угол наклона стрелы к горизонту	45°	45°	60°	45°	30°	45°	60°
Вылет по наружной кромке ролика стрелы	—	—	—	—	8,35	6,85	5,0
Высота по наружной кромке ролика стрелы	—	—	—	—	6,10	7,9	9,4
Радиус работы	5,9—7,2	5,96—8,22	6,03—8,29	7,4—9,4	8,3	6,8	4,95
Максимальная высота выгрузки	4,0—5,2	4,58—6,9	4,64—6,96	5,4—7,3	3,3	5,1	6,5
Максимальная глубина выемки	9,6—8,6	9,0 —7,0	9,6 —7,0	до 8,0	до 8	до 8	до 8

	Модели								
	Д-0,25 гусеничный	Д-0,25 автомобильный	ТР-0,25	Д-0,35	М-1-ДВ	ЛК	ЛК-А	П-0,75 М-II-Д-Э
	Емкость ковша (в куб. метрах)							
	0,25	0,25	0,25	0,35	0,35	0,5	0,5	0,75
Угол наклона стрелы к горизонту	—	—	—	—	от — 21° до + 56°	от — 56° до + 43°	от — 43° до + 48°	—
Ширина ковша (в метрах)	0,8	0,8	0,8	0,845	0,7	—	—	1,08
Глубина выемки максимальная (в метрах)	4,4	4,4	4,4	4,5	3,5	6,6	6,6	7,2
Максимальный радиус резания (в метрах)	7,74	8,0	8,06	7,35	7,5	10,8	10,8	11,0
Радиус выгрузки (в метрах)	4,31	4,5	4,62	3,58	2,55	5,5—9,0	5,5—9,0	5,3
Высота выгрузки (в метрах)	2,13	2,15	2,13	2,15	2,7	3,5—5,9	3,5—5,9	3,2

Рис. 179. Драглайн (схема).

§ 121. Производительность одноковшовых экскаваторов

Производительность одноковшовых экскаваторов может быть определена по формуле:

$$П = 60nqK_н K_в,$$

где $П$ — выработка экскаватора в кубических метрах грунта в плотном теле за один час рабочей смены;
60 — число минут в часе;
n — число экскаваций в минуту с учетом сопротивления грунта резанию (см. таблицу ниже);
q — емкость ковша в кубических метрах;
$K_н$ — коэфициент наполнения ковша с учетом разрыхления грунта (см. таблицу ниже);
$K_в$ — коэфициент использования экскаватора по времени в течение смены.

Число экскаваций в минуту с учетом сопротивления грунта резанию

Оборудование экскаватора (и угол поворота)	Наименование	Емкость ковша (в куб. метрах)	Категория грунта*				
			I	II	III	IV	V
Прямая и обратная лопата при угле поворота 90°	«Комсомолец»	0,35	4,4	2,6	2,2	—	—
	ЛК	0,5	5,1	4,0	3,5	2,4	1,7
	«Костромич»	0,75	4,6	3,3	2,9	1,9	1,5
	«Молотовец»	1,1	4,1	3,2	2,5	1,7	1,3
	«Воткинец» и ППГ	1,5	3,9	2,9	2,7	1,9	1,3
Драглайн при угле поворота 100—120°	«Комсомолец»	0,35	2,2	1,2	1,1	—	—
	ЛК	0,5	2,9	1,8	1,6	—	—
	«Костромич»	0,75	3,1	2,3	2,0	1,5	—
	ППГ	1,0	2,9	2,3	1,8	1,7	—
	«Воткинец»	1,5	2,8	2,2	1,6	1,3	—

* Характеристику грунтов см. в приложении к этой главе.

Наполнение ковша с учетом разрыхления грунта (значение коэфициента $K_н$)

Оборудование экскаваторов	Емкость ковша (в куб. метрах)	Грунты: песчаные	глинистые	скальные
Прямая лопата	1,9—3	0,85	0,75	0,55
	1,5	0,85	0,76	0,50
	1,12	0,90	0,80	0,50
	до 1	0,95	0,85	—
Обратная лопата	0,35—0,5	0,80	0,70	—
Драглайн:				
а) при глубине разработки до 4 м	1,0	0,8	0,7	—
	0,5—0,75	0,85	0,75	—
б) при глубине разработки более 4 м	1,0	0,90	0,85	—
	0,5—0,75	0,90	0,80	—
Грейферы	0,75	0,6	0,5	—
	0,35—0,5	0,65	0,55	—

Нормальный состав бригад, обслуживающих экскаваторы

	Род двигателя: Внутреннего сгорания		Паровой		Электрический
	Емкость ковша (в кубометрах): 0,35	0,5	0,75—1,5	1,91—2,5	3,0
Машинист 7-го разряда	—	1	1	1	1
» 6-го »	1	—	—	—	—
Стреловой машинист 6-го разряда	—	—	—	1	—
Пом. машиниста 5-го разряда	1	1	1	—	—
Электромонтер 5-го разряда	—	—	—	—	1
Кочегар 5-го разряда	—	—	1	1	—
Слесарь-смазчик 4-го разряда	—	—	—	1	1
Рабочие 3-го разряда	1	2	2	6	2

Нижеприводимые производительности экскаваторов даны для грунтов нормальной влажности, т. е. для грунтов, не находящихся во время разработки под непосредственным действием грунтовых и проточных вод.

При работе в мокрых забоях или в забоях с мокрой подошвой производительность уменьшается на 15% в песчаных и на 25% в глинистых грунтах.

Производительность одноковшовых экскаваторов на гусеничном ходу, оборудованных прямой лопатой (в куб. метрах за час).

(Единые нормы выработки и расценки на строительные работы ЕНВ и Р, 1939 г., § 2—2)

Характер работы	Грунты	Емкость ковша (в куб. метрах): 0,35	0,5	0,75	1,12	1,5	3,0
С погрузкой на автомобили	Песчаные	27	40	55	70	110	—
	Глинистые	23	32	45	60	80	—
	Скальные	—	—	18	25	40	—
С погрузкой на подвижной состав узкой колеи	Песчаные	30	45	60	80	120	—
	Глинистые	23	35	50	65	90	—
	Скальные	—	—	20	30	45	—
В отвал	Песчаные	35	52	69	92	150	230
	Глинистые	26	40	58	75	115	184
	Скальные	—	—	23	35	58	92

Примечание. Производительность экскаваторов с ковшами емкостью более 1 м³ уменьшается на 15% при высоте забоя до 2 м и на 5% при высоте забоя 2—3 м.

Производительность одноковшовых экскаваторов на гусеничном ходу, оборудованных обратной лопатой

(в куб. метрах за час) (ЕНВ и Р, § 2—3)

Характер работы	Грунт	Глубина разработки до: 1,5 м		3,0 м		5,0 м
		Емкость ковша (в куб. метрах): 0,35	0,5	0,35	0,5	0,5
В отвал	Песчаный	30	45	25	40	35
	Глинистый	25	35	22	30	25
С погрузкой в автомобили	Песчаный	25	35	20	30	25
	Глинистый	20	28	15	25	20

Производительность одноковшовых экскаваторов драглайн на гусеничном ходу (в куб. метрах за час)
(ЕНВ и Р, 1939 г., § 2—4 и § 2—5)

Условия работы		Грунты	Емкость ковша (в куб. метрах) 0,35	0,50	0,75	1,0	1,5
Глубина разработки	до 4 м	Песчаные	28	40	55	75	110
		Глинистые III кат.	23	32	45	60	90
	до 6 м	Песчаные	—	35	50	70	105
		Глинистые III кат.	—	30	40	55	85
	более 6 м	Песчаные	—	—	45	65	100
		Глинистые III кат.	—	—	35	50	75
Срезка берегов и откосов выемок при толщине срезки до 1,5 м		Песчаные	20	30	45	50	70
		Глинистые	17	25	40	45	65

Примечание 1. Кроме указанных условий работы, нормами предусмотрено, что работа производится в отвал, без закидки ковша, с углом поворота до 120°.

Примечание 2. При работе в других условиях производительность уменьшается на:

а) при работе с закидкой только на кубатуру, разрабатываемую с закидкой, — 10%;
б) при черпании из-под воды — 25%;
в) при угле поворота 135—180°—15%;
г) при работе с погрузкой в подвижной состав — 20%;
д) при перекидке ранее вынутого грунта — 10%.

Производительность одноковшовых экскаваторов, оборудованных грейфером, при работе в отвал (в куб. метрах за час)
(ЕНВ и Р, 1939 г., § 2—6)

Грунты	Емкость ковша (в куб. метрах) 0,35	0,5	0,75	1,00	1,5
Песчаные	15	25	35	45	65
Глинистые	—	20	28	35	50

Примечание 1. Производительность приведена для ковшей емкостью 0,35 м³ при глубине черпания до 4 м и для остальных ковшей — 6 м. Угол поворота принят равным 90 — 100°.

Примечание 2. При работе в других условиях производительность уменьшается на:

а) при черпании из-под воды — 25%;
б) при угле поворота 135—180°—15%;
в) при погрузке в подвижной состав — 20%.

§ 122. Многоковшовые экскаваторы-канавокопатели

Многоковшовые экскаваторы-канавокопатели изготовляются Димитровским машиностроительным заводом и заводом «Красный экскаватор». Эти экскаваторы являются основной машиной при отрытии траншей с вертикальными стенками для прокладки труб. При постановке дополнительного (специального) оборудования многоковшовые экскаваторы выполняют каналы с откосами (рис. 180а).

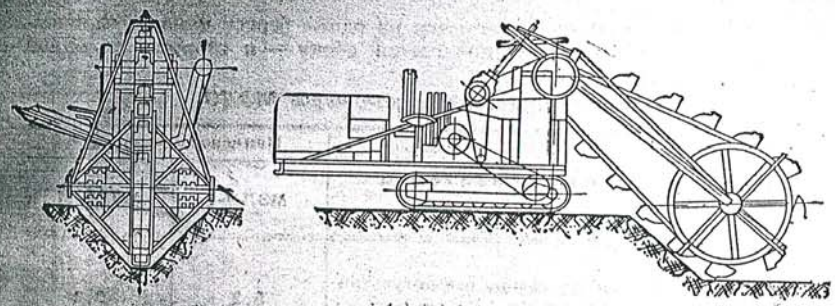


Рис. 180а. Многоковшовый экскаватор-канавокопатель с дополнительным оборудованием.

Производительность многоковшового экскаватора МК-1
(в куб. метрах за час) (ЕНВ и Р, 1939 г.)

Грунты	При работе в отвал
Песчаные	30
Глинистые	25

§ 123. Многоковшовые экскаваторы МЭДО для очистки каналов

В целях лучшего приспособления к разнообразным каналам намечены к изготовлению специальные многоковшовые экскаваторы поперечного черпания МЭДО-I (рис. 180б) и МЭДО-II. Эти экскаваторы запроектированы, в основном, для очистки каналов, но одновременно рассчитаны на работы по сооружению каналов и отсыпке небольших дамб. Осваиваются экскаваторы на заводе «Красный экскаватор».

Силовое оборудование экскаваторов МЭДО — двигатели внутреннего сгорания.

Ходовое устройство — гусеничное. Гусеницы экскаваторов соединены телескопической осью.

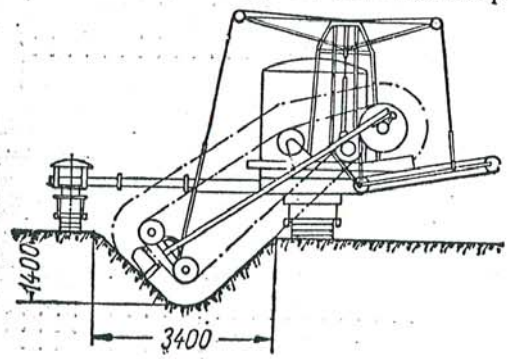


Рис. 180б. Многоковшовый экскаватор для очистки каналов МЭДО-I.

Черпаковая рама устанавливается между гусеницами при разработке небольших каналов, когда гусеницы проходят по обеим сторонам каналов. При разработке широких каналов обе

гусеницы экскаватора располагаются на одном берегу канала, черпаковая рама переносится и располагается сбоку — в стороне от малой гусеницы.

Характеристика экскаваторов МЭДО

Наименование показателей	Наименование моделей	
	МЭДО-1	МЭДО-II
Максимальное расстояние между осями гусениц (в метрах)	5,2	9,3
Ширина основной гусеницы (в метрах)	0,8	1,0
» вспомогательной (в метрах)	0,4	0,67
Длина ковшовой рамы (в метрах)	3,05—4,15	4,15—7,25
Емкость ковшей (в литрах)	50	70
Число ковшей (штук)	9—10	13—16
Количество ссыпок (в штуках в 1 минуту):		
при 1-й скорости цепи	13,35	13,4
» 2-й » »	19,7	21,1
» 3-й » »	23,4	34,3
» 4-й » »	42,0	53,5
Рабочие скорости передвижения (в метрах в 1 минуту):		
1-я	1	0,70
2-я	1,38	0,89
3-я	1,93	1,18
4-я	2,67	1,6
5-я	3,63	2,06
6-я	5,0	2,72
7-я	7,03	3,60
8-я	9,68	4,62
9-я		6,12
10-я		8,34
11-я		10,64
12-я		14,1
Транспортные скорости передвижения (вперед и назад) (в километрах в 1 час):		
1-я	0,88	1,0
2-я	1,30	1,5
3-я	1,86	2,5
4-я	2,75	4,0
Силовое оборудование	У—5	ЧТЗ-65(М-17)
Среднее удельное давление на грунт (в килограммах на 1 см²)	0,37	0,42
Вес экскаватора (в тоннах)	13,5	22

Сечения каналов, разрабатываемых МЭДО (в метрах)

Элементы поперечного сечения канала	Тип экскаватора	
	МЭДО-I	МЭДО-II
Глубина	0,8 —1,5	1—3
Ширина по низу	0,75—2,0	2—6
Ширина по верху	3,95—2,9	6—7,8
Заложение откосов	от 1 : 2 до 1 : 0,3	от 1 : 2 до 1 : 0,3

Примечание. Ширина разрабатываемых каналов показана при расположении гусениц экскаватора по обеим сторонам канала.

Основные показатели многоковшовых экскаваторов-канавокопателей, освоенных промышленностью Союза

Тип	МК-I		МК-IV		МК-II	
	Траншея	Трапеция	Траншея	Трапеция	Траншея	
Наибольшая глубина канавы (в метрах)	0,5	2,25	1,2	0,70	6,0	
Ширина канавы максимальная за один проход (в метрах)	3,0	0,775	0,5	0,3	1,2	
Ширина канавы минимальная при смене ковшей (в метрах)	1,5	0,6	0,3	—	—	
Заложение откосов	—	—	—	1:1	—	
Наибольшая высота отгрузки (в метрах)	1,8	1,8	1,1	1,1	3,4	
Вылет транспортера от оси экскаватора (в метрах)	2,8	2,8	1,44	1,44	6,7	
Ширина ленты транспортера (в метрах)	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	
Тип двигателя	Автомобильный ЗИС-5 или заменяется ЧТЗ 65 (60)		Универсал 1 Кировского з-да		ЧТЗ-65 (60)	
Мощность двигателя (лош. сил.)	75 (60)		22		75 (60)	
Горючее	бензин (дизельное топливо или лигроин)		керосин и бензин		дизельное топливо или лигроин	
Емкость ковшей (в литрах)	50	30	8	8	70	
Число ковшей (штук)	9	10	14	14	—	
Скорость ковшевой цепи (в метрах в секунду)	5 (оборотов в минуту)	0,79—0,95	0,79—0,98	0,79—0,98	32—39 (ковшей в минуту)	
Рабочие скорости передвижения (в метрах в час) 1-я	28	31	33	33	5,4	
2-я	34	37	45	45	6,5	
3-я	42	46	49	49	8,9	
4-я	50	55	54	54	10,8	
5-я	60	66	67	67	14,4	
6-я	72	79	67	70	17,2	
7-я	—	—	70	81	23,3	
8-я	—	—	81	95	28,6	
9-я	—	—	95	115	—	
Транспортные скорости (в километрах в час)		1,85—3,07	2,45—4,02	2,45—4,02	1,67—2,0	
Удельное давление на грунт при копании (в килограммах на 1 см²)	—	1,55	—	0,512	0,537	—
Удельное давление на грунт при передвижении (в килограммах на 1 см²)	—	1,11	—	0,554	0,575	—
Вес конструктивный (в тоннах)	13,0	12,3	12,6	4,3	4,5	29,1

§ 124. Скреперные установки

Скреперная установка (канатный скрепер) состоит из ковша, канатов рабочего и холостого, лебедки с двигателем, головной и хвостовой башен и системы роликов.

Характеристика ковшей скреперных установок

Тип	Емкость (в куб. метрах)	Вес (в килограммах)	Расчетное максимальное усилие на канатах (в тоннах)		Канаты диаметром (в миллиметрах)		Габаритные размеры ковша (в метрах)		
			рабочий	холостой	рабочий	холостой	ширина	длина	высота
Малый	0,5	370	—	—	14	8,5	1,17	1,41	0,58
	0,75	300	1,0	0,45	14	8,5	1,34	1,58	0,65
	1,0	490	1,47	0,50	16	10	1,47	1,73	0,72
	1,25	520	1,84	0,56	17,5	11	1,57	1,85	0,78
Средний	1,5	910	2,30	0,75	19,5	12	1,68	1,95	0,84
	1,75	930	2,73	0,92	21,5	13,5	1,78	1,88	0,87
	2,0	940	3,15	1,04	24	15	1,89	2,21	0,92
Большой	2,5	1180	3,90	1,34	25	17	2,01	2,33	0,99
	3,0	1320	4,40	1,41	26	17,5	2,11	2,45	1,03
	3,5	1500	5,20	1,75	29	19,5	2,21	2,50	1,12

Характеристика лебедок скреперных установок

Марка	Тяговое усилие на канате (в тоннах)		Средняя скорость каната (в метрах в секунду)		Длина скреперования (в метрах)	Диаметр каната (в миллиметрах)		Мотор		Вес лебедок (в тоннах) без моторов
	рабочий	холостой	рабочий	холостой		рабочий	холостой	мощность (лош. сил)	число оборотов	
СЛ-К-22	2,0	1,0	1,31	2,02	150	18	11,5	41,5	730	3,2
СЛ-К-32	3,0	1,5	1,43	2,25	185	20,5	13	70,5	730	4,5
СЛ-К-42	4,0	1,5	1,6	2,6	250	21	15,5	91	730	5,8

Изготовляются и другие марки лебедок, рассчитанные на различную мощность двигателей от 32 до 123 л. с.

Простота скреперных установок позволяет производить оборудование их из ковшей, изготовленных на месте работ, и из имеющихся на месте механических лебедок (например, корчевальных лебедок) и двигателей (тракторов и др.).

Зависимость между объемом ковша и мощностью мотора

Тип двигателя	Емкость ковша (в куб. метрах)				
	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
	Мощность (лош. сил)				
Карбюраторный	45	65	85	115	145
Дизельный	40	60	80	105	135
Электрический	30	45	70	90	120

Производительность скреперной установки (в куб. метрах за 8 часов работы) (ЕНВ и Р, 1939 г., § 2—26)

	Емкость ковша (в куб. метрах)									
	0,5		0,75		1,0		1,5		2,0	
	Категория грунтов									
	I—II	III—IV	I—II	III—IV	I—II	III—IV	I—II	III—IV	I—II	III—IV
Дальность перемещения грунта (в метрах) 50	19	15	28	22	37	30	56	41	75	59
75	13	11	18	15	25	21	38	30	52	41
100	—	—	15	11	20	16	29	23	39	31
150	—	—	10	8	13	11	20	16	27	21

Примечание. Грунты III и IV категорий должны предварительно рыхлиться.

§ 125. Тракторные скреперы

Тракторные скреперы изготовляются различных емкостей и разнообразного конструктивного решения отдельных узлов и общего оформления.

Тракторные скреперы на полозьях изготовляются на заводах Союза с ковшом емкостью в 0,75 м³ (скрепер емкостью 0,35 м³ с производства снят).

Ползунковые скреперы состоят из ковша с ножом, тяговой рамы с прицепкой и механизма управления. Ковш скрепера может свободно вращаться в подшипниках, укрепленных на раме. У скрепера емкостью 0,36 м³ в средней части имеется дуга, на которой укреплено три выступа для установки ковша в различные положения: захват грунта, транспорт и равномерная выгрузка-планировка. Скрепер емкостью 0,75 м³ имеет два рычага управления: один — для сбрасывания ролика с выступов и второй — для увеличения угла резания. Последний рычаг имеет ограничитель, устанавливающий толщину срезываемого слоя грунта, не превышающую 20 см за 1 проход. Ковш наполняется на расстоянии 3—5 м. Обслуживание скреперов этого типа производится трактористом при помощи веревок, идущих от рычагов управления к трактористу.

Московским ремонтным экскаваторным заводом (МОРЭЗ) НКЗ СССР изготовляются ползунковые скреперы емкостью 0,75 м³, допускающие работу поездами по 2 штуки с тягой мощными гусеничными тракторами. Для осуществления сцепа двух скреперов один из скреперов (первый) изготовляется с удлиненной рамой — в 3,52 м.

Характеристика тракторных скреперов, выпускаемых заводами Союза

Тип скрепера	Ползунковый	Ползунковый	Колесно-ползунковый	«Беккер»	«Эвклид»	СТ	СП	СШМ	СТВ
	Емкость ковша (в кубометрах)								
	0,36	0,75	2,0	0,75	1,1	2,75	4,6	5,4	7,35
Ходовое устройство	Полозья	Полозья	Комбинированный: 2 колеса и полозья	4 колеса	2 колеса	6 колес (пневматики)	6 колес (пневматики)	6 колес (пневматики)	8 колес (пневматики)
Форма ковша	Цилиндрический	Цилиндрический	Цилиндрический	Прямоугольный	Прямоугольный	Грейферный	Грейферный	Прямоугольный	Прямоугольный
Способ разгрузки ковша	Вращение (опрокидывание)	Вращение ковша	Вращение ковша	Открытие замка задней стенки	Открытие замка задней стенки	Поворотом ковша с открытием заслонки	Поворотом ковша с открытием заслонки	Выдавливанием задней стенкой	Выдавливанием задней стенкой
Способ управления скрепером:									
а) осуществляется управление	Трактористом	Трактористом или рабочим на тракторе	Трактористом	Рабочим на скрепере	Рабочим на скрепере	Трактористом	Трактористом	Трактористом	Трактористом

Продолжение

Тип скрепера	Ползунковый	Ползунковый	Колесно-ползунковый	«Беккер»	«Эвклид»	СТ	СП	СШМ	СТВ
	Емкость ковша (в кубометрах)								
	0,36	0,75	2,0	0,75	1,1	2,75	4,6	5,4	7,35
б) привод управления в действие	Ручное	Ручное	Ручное	От задних колес скрепера	От правого колеса скрепера	Гидравлическое	Гидравлическое	Механическое (лебедка на тракторе)	Гидравлическое
Количество скреперов в прицепе трактора	1	1—2	1	1—5	1—5	1	1	1	1
Трактор	СТЗ-ХТЗ	СТЗ-НАТИ и ЧТЗ	СТЗ-НАТИ и ЧТЗ	Любой	Любой	СТЗ-НАТИ	ЧТЗ	ЧТЗ	ЧТЗ

Характеристика тракторных ползунковых скреперов

	Емкость ковша	
	0,37	0,75
Габаритные размеры (в метрах):		
ширина	1,76	2,39
длина	2,49	2,90 (3,52)
высота	1,97	2,14
Ширина ковша (в метрах)	1,55	2,10
» хода трактора (в метрах)	1,68	1,86—2,4
Трактор	СТЗ-ХТЗ	СТЗ-НАТИ, ЧТЗ
Вес скрепера (в килограммах)	385	—

Производительность тракторных скреперов на полозьях при устройстве каналов или дамб в плотном теле (в куб. метрах в час) (проект норм НКЗ СССР на ирригационно-мелиоративные работы 1940 г.)

Тип трактора	Емкость ковша скрепера (в куб. метрах)	Высота дамб и глубина выемок каналов (в метрах)	Производительность при отсыпке дамб		Производительность при разработке выемок	
			Категории грунтов		Категории грунтов	
			I—II	III—IV	I—II	III—IV
СТЗ-ХТЗ	0,36	до 0,6	15 0	12,3	17	15
		0,6—1,2	11,1	9,8	14	11
		1,2—1,5	8,3	6,9	10	8,5
СТЗ-НАТИ	0,75	до 1,0	28	21	33	25
		от 1,0—1,75	21	16	25	19
		от 1,75—2,25	16	12	19	14,5
ЧТЗ	0,75	до 1,2	32	27	35	32
		1,2—2	25	21	30	24
		2—2,5	20	17	25	20
ЧТЗ	0,75 (при 2 скреперах) (в поезде)	до 1,2	45	38	53	42
		1,2—2	35	30	42	34

В грунтах влажных (липких) и сильно пылеватых, вызывающих пробуксовку тракторов, и при наличии корней производительность уменьшается на 15% и больше.

Производительность скреперов на планировочных работах приводится в разделе планировочных работ.

Колесно-ползунковые скреперы осваиваются заводом МОРЭЗ. Этим заводом выпущены опытные образцы скреперов емкостью 1,5 м³ с ручным и 2 м³ с механизированным управлением и заводом «Дормашина» — емкостью 2 м³ с ручным управлением.

Возможность после забора грунта поднимать ковш на колеса позволяет лучше использовать тяговое усилие трактора; одновременно имеется возможность использовать некоторые достоинства ползунковых скреперов.

Характеристика колесно-ползунковых скреперов

	Емкость ковша (в куб. метрах)		
	1,5	2,0	2,0
Габаритные размеры (в метрах) ширина	2,4	2,82	2,78
длина	4,2	4,45	4,2
высота	1,3	—	2,35
Ширина ковша (в метрах)	1,8	2,40	2,2
» хода скрепера (в метрах)	1,5	2,55	1,9
» » трактора »	1,86 (2,4)	1,86 (2,4)	1,86 (2,4)
Трактор	СТЗ-НАТИ (или ЧТЗ)	СТЗ-НАТИ (или ЧТЗ)	СТЗ-НАТИ (или ЧТЗ)
Управление	Ручное	Ручное	Механизированное
Вес скрепера (в килограммах)	—	2 500	—
Завод-изготовитель	МОРЭЗ	Заводы Главсредмаш	МОРЭЗ

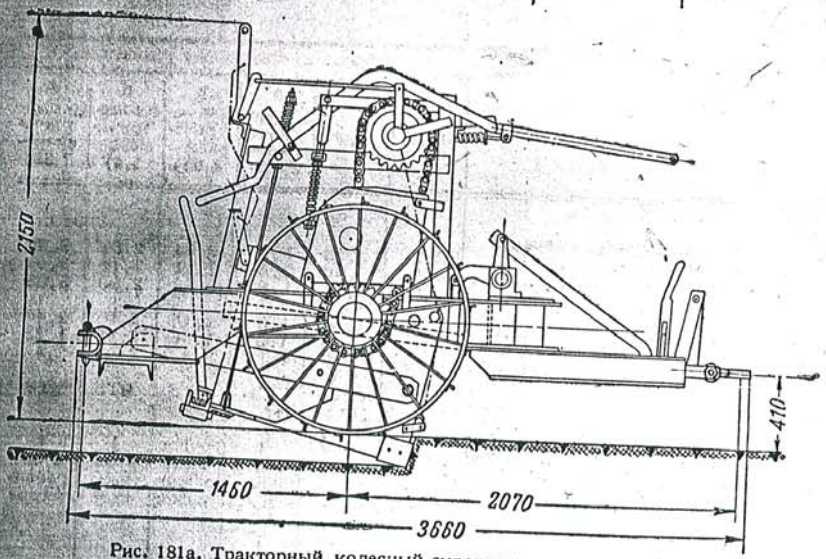


Рис. 181а. Тракторный колесный скрепер емкостью 1,1 м³.

Тракторные колесные скреперы емкостью 0,75 м³ изготовлялись заводами СССР.

В настоящее время взамен описанных четырехколесных скреперов емкостью 0,75 м³ Главстроймаш (завод «Дормашина») и завод НКПС перешли на изготовление двухколесных скреперов емкостью 1,1 м³ типа «Эвклид» (рис. 181а).

Колесные скреперы емкостью 0,75 и 1,1 м³ могут работать по одному и поездами до 5 штук в прицепе; количество скреперов в поезде устанавливается тяговой силой трактора и условиями работ.

Управление этими скреперами — спуск и подъем ковша, — производится рабочим на скрепере. При малых расстояниях возки (до 100 м) назначают по одному рабочему на скрепер и при больших расстояниях —

на месте нагрузки и разгрузки достаточно назначать по 2 рабочих на поезд в 3—5 скреперов.

Большегрузные колесные скреперы емкостью 3—8 м³ производятся заводом «Дормашина» (рис. 181б).

Колеса изготовляются металлические, барабанного типа, или пневматики — баллоны среднего давления.

Управление работой обоих скреперов производится трактористом с трактора.

Ширина хода передних и задних колес этих скреперов меньше ширины ковша.

Тракторный колесный скрепер емкостью 0,5 м³ типа «Миами» изготовлялся Онежским заводом для работы с трактором «Миами» (в количестве до 1 500 штук) по проекту НИИПС. Ремонтно-экскаваторным заводом НКПС в настоящее время изготовляются лебедки конструкции Скрипко для установки непосредственно на скрепере. Скреперы «Миами», оборудованные лебедками конструкции Скрипко, могут быть использованы с любыми тракторами и могут работать поездами по 4 штуки.

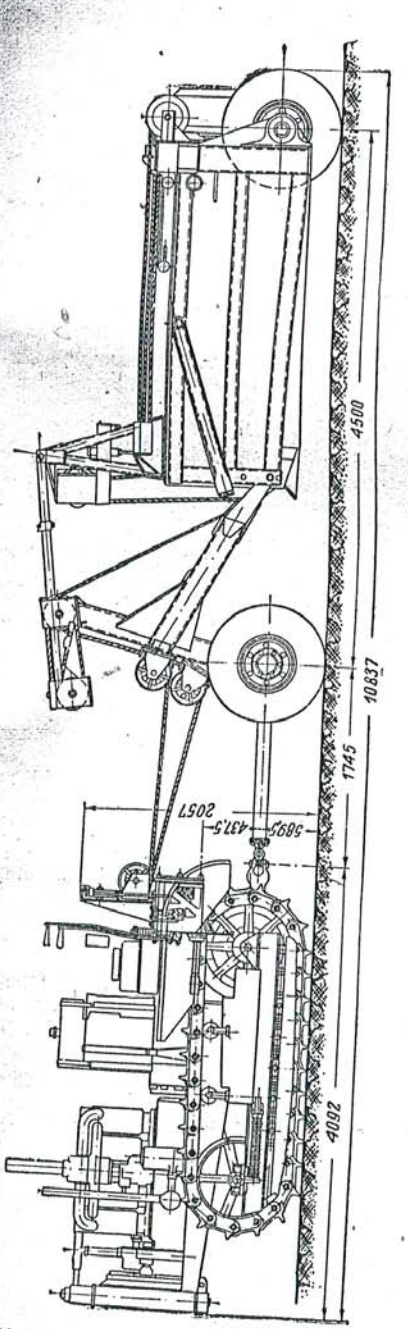
	Емкость ковша (в кубометрах)					
	0,75	1,1	3 (геометрическая — 2,75)	5 (геометрическая — 4,65)	6 (геометрическая — 5,4)	8 (геометрическая — 7,35)
Габаритные размеры (в метрах):						
ширина	2,2	2,53	5,95	2,84	2,68	9,30
длина	4,8	3;66	2,48	7,21	7,16	3,07
высота	1,65	2,15	1,87	2,68	2,90	3,03
Ширина ковша (в метрах)	1,12	1,18	1,8	2,46	2,40	2,40
Ширина хода скрепера (в метрах)	2,02	2,12	1,22	1,86	1,52	1,23
Ширина хода трактора (в метрах)	1,86—2,4	1,86—2,4	1,86	2,4	2,4	2,4
Трактор	СТЗ-НАТИ и ЧТЗ	СТЗ-НАТИ и ЧТЗ	СТЗ-НАТИ	ЧТЗ	ЧТЗ	ЧТЗ
Число скреперов в прицепе (штук)	1—5	1—5	1	1	1	1
Управление	От задних колес скрепера	От правого колеса скрепера	Гидравлическое	Гидравлическое	Механическое	Гидравлическое
Вес скрепера (в килограммах)	1 650	2 100	4 750	6 000	6 000	9 020

Производительность скреперов может быть определена по формуле:

$$П = \frac{3\,600 \cdot q \cdot K_н \cdot n \cdot K_в}{t},$$

где $П$ — производительность скреперного агрегата (поезда) в куб метрах за час;

q — емкость скрепера в куб. метрах;



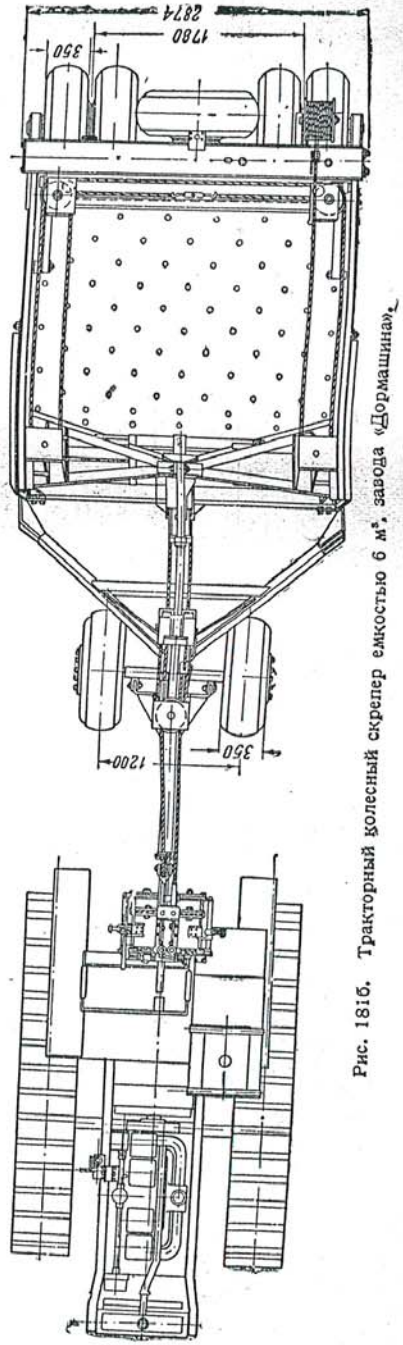


Рис. 181б. Тракторный колесный скрепер емкостью 6 м³, завода «Дормашина».

где $K_н$ — коэфициент наполнения ковша с учетом разрыхления грунта (см. таблицу значений коэфициента);
n — число скреперов в прицепе;
$K_в$ — коэфициент использования скрепера по времени в течение смены;
t — продолжительность одного рейса в секундах.

Средние ориентировочные значения коэфициента $K_н$ скреперов

Тип скрепера	Категория грунтов			
	I	II	III	IV
Ползунковый	0,97—0,92	0,88—0,82	0,83—0,77	0,79—0,72
Колесный	0,88—0,8	0,80—0,7	0,75—0,6	0, 70—0,55

Производительность колесных скреперов емкостью 0,75 м³ на устройстве выемок и дамб каналов при тяге трактором ЧТЗ (в куб. метрах за час) *(проект норм НКЗ СССР на ирригационно-мелиоративные работы 1940 г.)*

Высота дамб или глубина выемок (в метрах)	Категория грунтов			
	I—II		III—IV	
	Число скреперов в поезде			
	3	4	3	4
до 1,5	39	46	35	39
1,5—3,0	32	37	28	31
3,0—5,0	27	32	24	28

Примечание. При работе во влажных, липких грунтах, а также в грунтах, разбивающихся в пыль, производительность снижается на 15—25%

§ 126. Конные скреперы

Конный скрепер-волокуша представляет собой металлический совок, в задней части которого с боковых сторон прикреплены обоймы для помещения в них ручек для управления скрепером.

В передней части боковых стенок приклепываются крюки для упряжного приспособления с вальком. Конные волокуши распространены следующих типов:

Емкость (в кубометрах)	Вес (в килограммах)	Количество лощадей в упряжке
0,07	40	1
0,10—0,12	50	2
0,14—0,20	60	2—3

Работа производится звеньями по 3—10 скреперов в звене.

Наибольшее распространение на работах имеют скреперы емкостью 0,1—0,12 м³. Обслуживание производится следующим персоналом: на каждый скрепер 1 погонщик и 2 лошади, на каждое звено — 3 рабочих, производящих работу по управлению скрепером во время загрузки, опрокидывающих скрепер для разгрузки и подготовляющих скрепер для погрузки.

Производительность скрепера емкостью 0,1—0,12 м³ по обмеру в плотном теле (в куб. метрах за 8 часов) (ЕНВ и Р, 1939 г., § 2—52)

Категория грунта	Дальность возки (в метрах)							
	15	20	30	40	50	60	70	80
I—II	67	57	47	40	32	27	23	20
III	50	44	36	32	27	23	20	18

Примечание. Разность высот перемещения свыше первых 2 м учитывается удлинением дальности возки на 1 м за каждые 0,20 см высоты.

Производительность скрепера СШМ по обмеру в плотном теле (в кубических метрах за 8 часов) (ЕНВиР, 1939 г., § 2—17)

Род грунта	Дальность возки (в метрах)								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
Песчаный	400	296	240	200	168	144	130	117	108
Глинистый	352	248	208	172	144	128	112	100	92

§ 127. Грейдер-элеваторы

Рабочее оборудование — плуг и элеватор (ленточный транспортер). Плуг в большинстве конструкций представляет стальной вогнутый диск, вращающийся или неподвижно закрепленный, диаметром 500—720 мм. Кроме дискового плуга, может быть установлен обыкновенный лемешный плуг. Длина элеватора — 5,3—8,25 м, ширина ленты — 0,68—1,2 м.

Движение ленты осуществляется:

а) мотором, установленным на раме грейдера;
б) от отъемника мощности трактора;
в) от заднего колеса грейдера.

Управление рабочими операциями грейдер-элеватора — ручное или механизированное.

Для работы грейдера нужен гусеничный трактор 50—70 л. с. и для управления — один опытный рабочий (грейдерист), кроме тракториста. В ирригационном строительстве грейдер-элеватор может выполнять каналы в выемке, в полувыемке-полунасыпи и насыпи высотою до 2 м, а также может быть использован на погрузке грунта в приборы перемещения и на строительстве дорог.

Грейдер-элеватор применим при разработке связных грунтов, не содержащих древесных корней, валунов или крупного щебня, и непригоден для разработки сыпучих грунтов (песок, гравий) и липких — переувлажненных.

Характеристика грейдер-элеваторов, производящихся в СССР

Ширина ленты элеватора (в метрах)	0,68	0,88	1,200
Длина элеватора (в метрах)	5,35	6,83	6—8,25
Диаметр диска плуга (в метрах)	0,5	0,5	0,71
Движение ленты транспортера	От заднего колеса грейдера	От отъемника мощности трактора или от колес грейдера	От специального мотора на грейдере У-5 40 л. с.
Управление рабочими операциями грейдера .	Ручное	Ручное	Механизированное
Год производства и завод-изготовитель . . .	Им. Добродеева, 1932—1934 гг.	«Дормашина», 1935—1936 гг.	«Дормашина», с 1937 г.
Габаритные размеры (в метрах): ширина . . . . . длина . . . . . высота	5,9 6,4 2,5	3,0* 6,7 3,0	3,9* 7,4 3,0
Ширина хода задних колес (в метрах)	2,2	2,51	2,77—3,77 (переменная)
Задние колеса (в метрах): диаметр . . . . . ширина обода правого » » левого .	1,3 0,33 0,25	1,32 0,3 0,2	1,32 0,60 0,30
Вес грейдера (в килограммах)	3 500	6 750	10 000

* Без элеватора.

Производительность грейдер-элеваторов при тяге трактором ЧТЗ-60 на устройстве дамб и выемок каналов (в отвал) (в куб. метрах за час) (проект норм НКЗ СССР на ирригационно-мелиоративные работы 1940 г.)

Тип грейдер-элеватора	Ширина ленты элеватора (в метрах)	Глубина канала или резера (в метрах)	Рабочий ход в прямом и обратном направлении: Категория грунта I	II	III	Рабочий ход в одном направлении: Категория грунта I	II	III
Без мотора (движение ленты от заднего колеса грейдера)	0,88	до 0,7	85	71	60	48	40	34
		более 0,7	64	53	46	36	30	26
Без мотора (движение ленты от отъемника мощности трактора)	0,88	до 0,7	128	106	90	72	60	51
		более 0,7	96	80	69	54	45	39
С мотором	1,18	до 0,9	185	147	118	105	83	67
		более 0,9	139	110	88	79	62	50

Примечание. При тяге трактором ЧТЗ-65 производительность увеличивается на 13—15%.

Производительность грейдер-элеваторов при тяге трактором ЧТЗ-60 с погрузкой грунта в приборы перемещения (проект норм НКЗ СССР на ирригационно-мелиоративные работы на 1940 г.)

Тип грейдер-элеватора	Ширина ленты элеватора (в метрах)	Длина рабочего хода (в метрах)	Наименование приборов перемещения: ЗИС-5 Категория грунтов I	II	III	Самовал ЯС I	II	III	Тракторные прицепы емкостью 5 м³ и более I	II	III
Без мотора (движение ленты от заднего колеса грейдера)	0,88	100	56	47	40	57	49	41	60	50	43
		200	65	55	47	67	57	49	70	59	51
		300—1 000	73	63	53	76	65	55	80	69	58
Без мотора (движение ленты от отъемника мощности трактора)	0,88	100	80	68	58	83	71	60	87	73	62
		200	94	80	68	97	83	71	102	86	74
		300—1 000	106	91	77	110	94	80	116	100	84
С мотором	1,18	100	108	91	73	116	95	77	124	101	82
		200	124	105	84	133	110	90	145	119	97
		300—1 000	137	119	94	149	124	102	161	135	110

Примечание. При тяге трактором ЧТЗ-65 производительность увеличивается на 8—10%.

§ 128. Грейдеры (прицепные)

Рама грейдера (прямая и изогнутая) укреплена на четырехколесном ходу. Рабочий орган — нож.

При изогнутых рамах удорожается конструкция, но имеется возможность в больших пределах изменять положение ножа. При разработке значительных выемок желательно изменить наклон колес, что и предусмотрено в средних и тяжелых моделях. Управление работой грейдера производится грейдеристом. Для отделки разработанной выемки на одном конце ножа устанавливается особый откосник. При необходимости ножи грейдера удлиняются постановкой удлинителей.

Тяжелыми грейдерами с ножом длиною 3,66 м возможно разрабатывать каналы глубиною до 1,1 м и шириною по дну до 1,5 м. Разработка таких каналов требует в средних (по связности) грунтах около 70 проходов грейдера. Возможна разработка грейдерами и более широких каналов, но за счет падения производительности. Производительности, приводимые ниже, даны для разработки каналов, шириною по дну до 1 м.

Классификация грейдеров и основные характеристики

Типы грейдеров	Вес грейдеров (в килограммах)	Длина ножа (в метрах)	Потребная эффективная мощность трактора (лош. сил)	Тип трактора
Очень тяжелые	5 300	4,27	75	Гусеничные
Тяжелые	4 200—3 400	3,66	60—50	»
Тяжелые	3 300—2 800	3,05	60—45	Гусеничные
Средние	2 500—1 900	2,76—2,44	35—30	»
	1 500—1 100	2,21—2,13	25—20	Гусеничные или колесные
Легкие	700—500	2,44—2,13—1,83	20	То же

Характеристика грейдеров, изготовляемых заводами Главстроймаша

	Тип грейдера				
	Средний		Тяжелый		
	Модель				
	ГС	ГСМ	ГТ	ГТМ	ГТГ
Управление	Ручное		Ручное		Гидравлическое
Длина ножа (в метрах)	2,54	3,0	3,66	3,66	3,66
Угол наклона при установке его для срезки косогоров (градусов)	75°	60°	75°	60°	60°
Длина (в метрах)	7,91	8,75	9,15	9,20	9,2
Ширина »	2,45	2,85	3,00	3,06	2,65
Высота »	2,25	2,30	2,35	2,35	2,25
Вес (в килограммах)	2 735	3 500	4 300	4 200	5 200
Трактор	СТЗ-НАТИ	СТЗ-НАТИ	ЧТЗ	ЧТЗ	ЧТЗ

Примечание 1. Грейдеры — средние и тяжелые имеют дополнительное оборудование—откосники и удлинители.

Примечание 2. Тяжелый грейдер с гидравлическим управлением снабжен бензиновым двигателем мощностью 6 л. с. Рабочее давление гидравлической системы — 20 атм.

Грейдеры применяются на профилировании дорог, разработке каналов, снятии растительного слоя под основание дамб, насыпке валиков, планировке дамб и выемок и на планировке площадей.

Производительность тяжелых грейдеров при тяге трактором ЧТЗ-60 на разработке каналов (проект норм НКЗ СССР на ирригационно-мелиоративные работы 1940 г.)

Глубина выемки канала в метрах	Категория грунта		
	I—II	III	IV
До 0,6	69	69	31
» 0,9	58	42	27
» 1,1	51	36	23

Примечание. Затраты времени на установку откосника не учтены. При работе с трактором ЧТЗ-65 производительность увеличивается на 13%.

Производительность грейдеров при тяге трактором ЧТЗ на устройство валиков (проект норм НКЗ СССР на ирригационно-мелиоративные работы 1940 г.)

Тип валика	Резервы	Тяжелый грейдер при тяге трактором ЧТЗ		Средний грейдер при тяге трактором СТЗ-НАТИ	
		Категория грунта			
		I—II	III	I—II	III
Поперечный	Односторонний	47	35	—	—
	Двусторонний	76	57	37	29
Продольный	Односторонний	78	59	—	—
	Двусторонний	110	84	61	46

Примечание. Производительность указана на работах по устройству валиков высотою 0,4—0,5 м с резервами глубиною — 0,2 м. При замене трактора ЧТЗ-60 на ЧТЗ-65 производительность увеличивается на 13%.

§ 129. Бульдозеры

Бульдозеры применяются на засыпке рвов, канав и ям, на разравнивании грунта и на перемещении грунта на небольшие расстояния.

Бульдозер является съемным орудием к гусеничному трактору (ЧТЗ). Оч состоит из трех основных частей: ножа с отвалом, рамы и подъемного

механизма. Бульдозеры с ручным приводом могут быть изготовлены в мастерских строительства. Такой бульдозер показан на рис. 182.

Заводами изготовляются бульдозеры с гидравлическим и ручным управлением. Крепление ножа с рамой на тракторе предусматривает возможность установки ножа под различными углами к оси трактора (90 — 45°), а также изменения угла резания. Изменение углов уста-

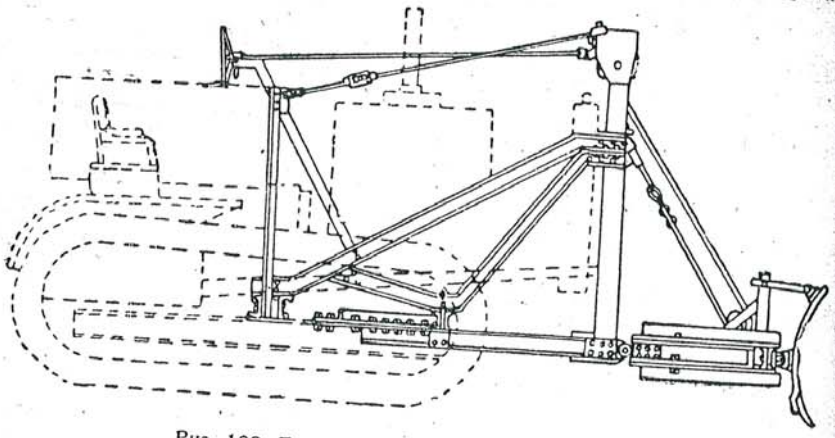


Рис. 182. Бульдозер с ручным управлением.

новки ножа как в горизонтальной, так и в вертикальной плоскостях производится вручную во время остановок трактора. Управление гидравлическим механизмом (подъем и опускание ножа) производится трактористом во время работы без остановок. Ручное управление бульдозера требует специального рабочего.

Характеристика бульдозеров с гидравлическим управлением, изготовляемых заводом «Дормашина»

Размеры ножа с отвалом:	
Длина (максимальная ширина захвата в метрах)	3,0
Высота (в метрах)	0,97
Максимальный подъем ножа (в метрах)	0,44
Максимальное заглубление ножа (в метрах)	0,2
Углы установок ножа в плане (относительно оси трактора) (в градусах)	90; 80; 67; 45
Углы резания (относительно вертикали)	70; 60; 50; 40
Скорость подъема ножа (в сантиметрах в 1 секунду)	6,6
Вес бульдозера (без трактора) (в килограммах)	2 800
Давление масла (в атмосферах)	20
Трактор	ЧТЗ
Завод-изготовитель	«Дормашина»

Основное отличие работы бульдозеров от грейдеров в том, что трактор бульдозера проходит по выравненной поверхности (трактор

идет позади ножа), в то время как при работе грейдера трактор идет впереди ножа.

Производительность бульдозеров (ЕНВиР, 1939 г., § 2—23).

Засыпка траншей и котлованов и перемещение выгруженного грунта		Разравнивание грунта на насыпях	
Расстояние перемещения (в метрах)	Производительность (в куб. метрах за час)	Длина планируемой площади (в метрах)	Производительность (в кв. метрах за час)
5	100	20	1 370
10	80	30	1 610
15	60	40	1 730
20	50	50	3 570
25	40	75	4 000
30	35	100	4 350
35	30		

§ 130. Плужные канавокопатели

Плужный канавокопатель «Дормашина» (канавокопатель двустороннего отвала) состоит из двухколесной тележки, на коленчатой оси которой подвешен двухотвальный плуг (рис. 183).

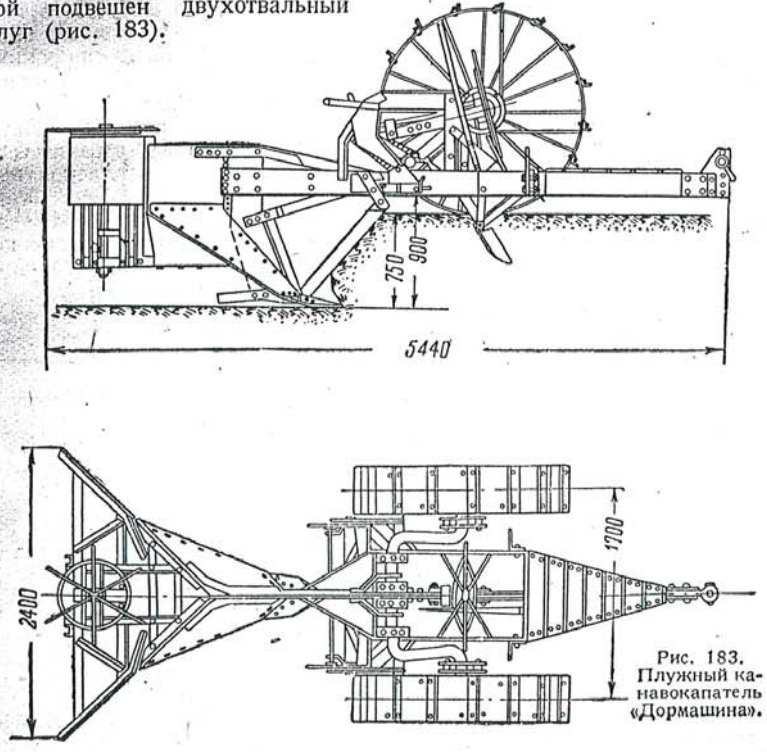


Рис. 183. Плужный канавокопатель «Дормашина».

Управляет канавокопателем тракторист, который при помощи натяжения веревок может поднять орудие из рабочего положения в транспортное и опустить его в рабочее положение. Канавокопатель в заводском оформлении разрабатывает выемку шириною по дну 0,3 м, глубиною до 0,75 м с заложением откосов 1:0,62. Для использования канавокопателя на постройке ирригационных каналов с заложением откосов 1 : 1 и положе отвалы и крылья канавокопателей увеличиваются. При уширенных отвалах разрабатываются каналы шириною по дну 0,3—0,75 м с откосами 1 : 1 и 1 : 1,25 (рис. 184).

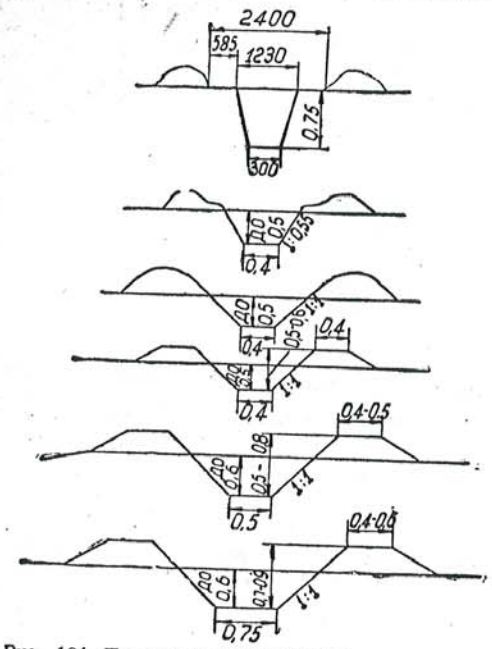


Рис. 184. Поперечное сечение каналов, выполняемых канавокопателями плужного типа.

С 1939 г. заводом «Дормашина» выпускаются канавокопатели с гидравлическим управлением.

При тяге трактором ЧТЗ канавокопатель выполняет каналы (за 1—2 прохода) шириною по дну 0,3—0,4 м и требует до 6 проходов при разработке более широких каналов (при увеличенном лемехе и отвалах).

Заводом им. Гуси-Гаджаева в Баку осваивается изготовление канавокопателя конструкции Мазур. Этот канавокопатель снабжен сильно развитыми раздвижными отвалами, позволяющими разрабатывать каналы различной ширины до 1,2 м по дну.

Характеристика плужных канавокопателей

Тип канавокопателя	«Дормашина»	«Мазур»	Тип канавокопателя	«Дормашина»	«Мазур»
Габаритные размеры (в метрах):			Область применения:		
длина	5,1	4,3	ширина канала по дну (в метрах)	0,3 (0,3—0,75)	до 1,2
ширина	2,0	3,9	глубина (в метрах)	0,7 (0,8)	0,8
высота	1,65	0,6	крутизна откосов	1:0,82 (1 : 1 и положе)	1 : 1
Вес (в тоннах)	2,5	—			

Примечание. В скобках указаны данные при увеличенных отвалах и измененном лемехе.

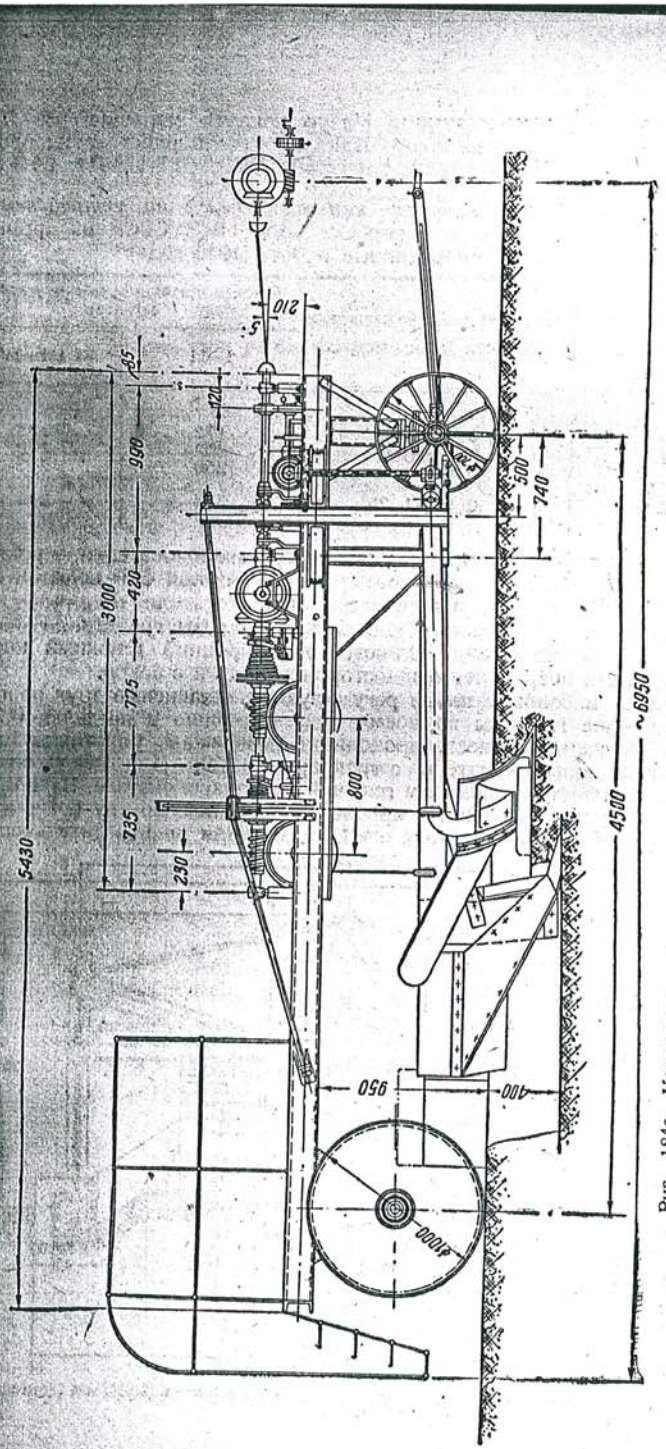


Рис. 184а. Канавокопатель для картовых оросителей ВНИИГиМ (схема — вид сбоку).

Канавокопатель конструкции Мазур показал хорошие результаты на работах по очистке каналов. Канавокопатель работает на прицепе одного трактора ЧТЗ или двух тракторов ЧТЗ, СТЗ-НАТИ, СТЗ-ХТЗ.

Производительность плужных канавокопателей на устройстве каналов (в куб. метрах за час) (проект норм НКЗ СССР на ирригационно-мелиоративные работы 1940 года)

Количество тракторов ЧТЗ	Сечение разрабатываемых каналов (в кв. метрах)	Производительность при категории грунтов	
		I—II	III—IV
1	0,25—0,4	172	135
	0,41—0,6	208	170
	0,61—0,9	250	213
2	0,91—1,25	323	278

Успешно работают, кроме указанных канавокопателей, кустарные плужные канавокопатели. Например, в Киргизской ССР испытан канавокопатель «Карпенко», изготовлены канавокопатели «Керичек» и др. Канавокопатель «Карпенко» смонтирован на раме грейдера. Рабочими органами канавокопателя являются двусторонний плужный корпус, установленный посредине, и односторонние плуги с боков.

Средний и боковые плуги регулируются независимо друг от друга. Регулирование глубины во время хода возможно в пределах 0,25 м. Уширенные задние колеса, проходя по дамбочкам, уплотняют их.

Работает канавокопатель с трактором ЧТЗ. Для обслуживания, кроме тракториста, необходим рабочий на канавокопателе. За 1 проход канавокопателем выполнялся ороситель, шириною по дну 0,4 м и глубиною 0,25 м при полуторных откосах. Средняя производительность за

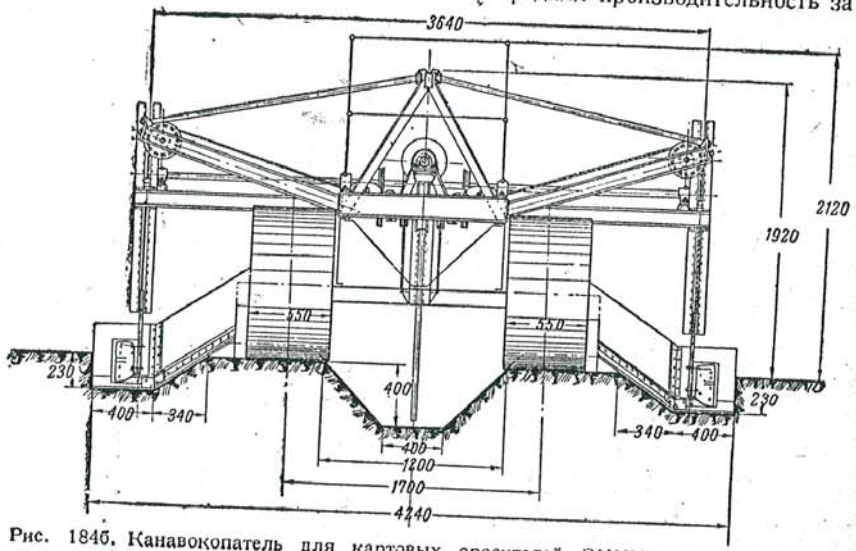


Рис. 184б. Канавокопатель для картовых оросителей ВНИИГиМ (схема — вид сзади).

восьмичасовую смену — около 1 800 м³ выемки разрыхленного грунта. Ручная поделка составляет около 5%.

ВНИИГиМ разработал и передал для изготовления канавокопатель для картовых оросителей (рис. 184а и 184б). Этот канавокопатель, аналогично вышеописанному, имеет два боковых односторонних плуга и один средний двусторонний плуг. Канавокопатель рассчитан для разработки каналов шириною по дну 0,4 м и глубиною выемки до 0,4 м, с дамбочками до 0,5 м.

Механизированное управление рабочими органами канавокопателя с использованием мощности трактора позволяет осуществлять изменение глубин разработки во время движения. Тягач канавокопателя — трактор ЧТЗ.

Для сооружения распределительных борозд овощных культур с расходом 15—25 л/сек. заводом «Красный Октябрь» (Одесса) был сделан канавокопатель Николаенко.

Канавокопатель за 1 проход дает борозду шириною по дну 0,2 м и глубиною до 0,25 м при ширине дамбочек 0,1—0,25 м. Для работы требуется колесный трактор 15/30 л. с. По снятии основного плуга описанные канавокопатели боковыми корпусами могут насыпать валики; насыпкой двух параллельных валиков могут создаваться оросители с мощными дамбочками и значительными ширинами по дну.

§ 131. Канавокопатели-волокуши одностороннего отвала

Канавокопатели-волокуши одностороннего отвала являются простыми и дешевыми орудиями. Канавокопатели, кроме тракториста, требуют для обслуживания 2—3 человек. При разработке канала канавокопатели, следуя за рельефом местности, не дают проектного уклона. Канавокопатели требуют предварительного разрыхления на полную глубину разработки.

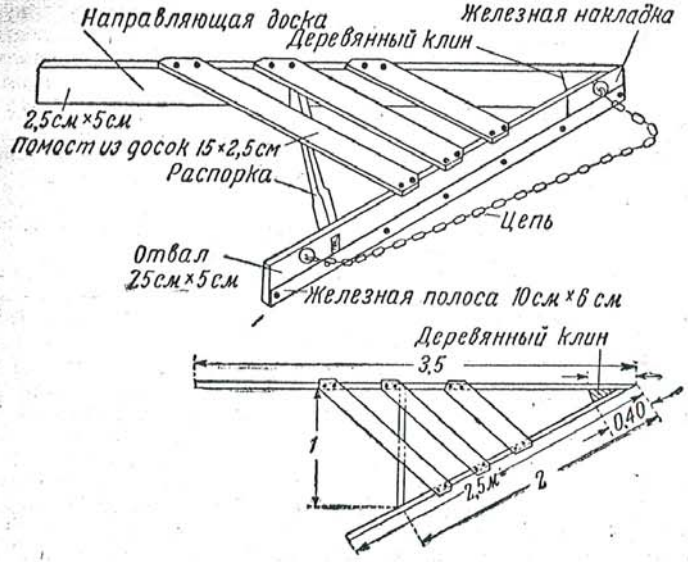


Рис. 185а. Деревянный канавокопатель.

Рабочий орган орудия — отвал.

В зависимости от разрабатываемого профиля эти канавокопатели делятся на канавокопатели, дающие канал треугольного сечения и канал трапецоидального сечения.

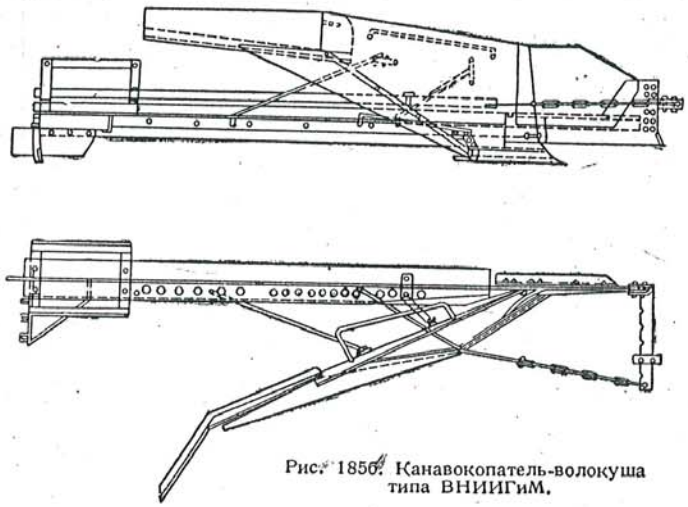


Рис. 185б. Канавокопатель-волокуша типа ВНИИГиМ.

Канавокопатель, известный под названиями «лотковый», «мартин-волокуша», дает каналы треугольного сечения. Отвал канавокопателя имеет два съемных лемеха. По износе одного лемеха канавокопатель переворачивается и работает вторым лемехом. Отвал может быть удлинен наращиванием доски. Некоторые модели в передней части руля имеют режущий диск. Канавокопатель требует тяги трактора мощностью в 20—30 л. с. Прицепляется канавокопатель к трактору при помощи упряжной цепи, длина которой должна быть не менее 3 м при ходе трактора по оси канала и увеличивается до 7 м при ходе трактора по бровке. Канавокопателем возможно выполнение каналов треугольного профиля с общей глубиной (выемка + насыпь) до 0,6 м.



Рис. 186. Кривая падения выработки канавокопателя-волокуши по мере углубления канала.

При незначительных объемах работ может быть построен деревянный канавокопатель, изображенный на рис. 185а. Канавокопатель состоит из руля—доски 5×25 см, длиною 3,5 м, и отвала из такой же доски, длиною 2,5 м. Для получения режущего ребра и уменьшения износа отвальная доска окантовывается полосовым железом 0,5×10 см. Отвал с рулем соединяется под острым углом планками. Поверх канавокопателя для рабочего устраивается площадка. С внутренней стороны отвала укрепляются скобы, в которые вставляются стойки, дающие упор рабочему при наклонном положении канавокопателя. Для правильной работы орудия точка прикрепления тяги устанавливается так, чтобы длины

упряжных цепей имели отношение примерно 1 : 4. Канавокопатель применим для мелких каналов треугольного профиля.

Канавокопатели, дающие каналы трапецоидального сечения, имеют руль по типу лоткового канавокопателя, отвал — ромбовидной формы. Угол между отвалом и рулем устанавливается двумя распорками. Третья распорка служит для изменения наклона отвала и угла резания. Отвал снабжен пятой для ограничения заглубления орудия. Канавокопателем разрабатываются каналы с одиночными откосами. Этого типа канавокопатели изготовлялись в детскосельских мастерских.

Аналогичные канавокопатели по проекту ВНИИГиМ (рис. 185б) изготовлялись кустарно в Азербайджане. В отличие от описанных выше, эти канавокопатели разрабатывают каналы с одиночными и полуторными откосами.

Ориентировочная производительность канавокопателей-волокуш (в куб. метрах за час)

Сумма высоты насыпи и глубины выемки при профиле полувыемка-полунасыпь (в метрах)	Характеристика грунтов		
	Легко разрабатываемые	Средней трудности	Трудно разрабатываемые
0,4—0,6	76	55	30
0,6—0,8	55	40	21

Выработка волокушных канавокопателей сильно понижается по мере углубления канала (рис. 186). В настоящее время канавокопатели-волокуши с производства сняты, как не удовлетворяющие требованиям советского строительства.

§ 132. Валикоделатели

Для насыпки валиков применяются валикоделатели (риджеры), захватывающие грунт двумя под углом расположенными плоскостями, щеками. Они сгребают грунт к середине, одновременно уплотняя его и образуя валик.

Большое распространение имеют деревянные валикоделатели разнообразных размеров. Внутренние поверхности щек деревянных валикоделателей обиваются железом. На рис. 187 показан валикоделатель для трактора 60 л. с.

При тяге маломощными тракторами валикоделатели дают высоту валика около 15 см, при мощных тракторах высота валиков доходит до 35—40 см.

Деревянные валикоделатели заглубляются собственным весом без регулировки глубины заглубления; не имея колесного хода, они тяжелы при перевозках и холостых переходах.

Примером валикоделателей, сделанных из железа, может служить металлический риджер фирмы «Динуба». Он состоит из рамы, двухколесного хода с коленчатой осью, рычагов управления, приводимых в действие во время хода, и двух съемных щек, прикрепленных к раме. Работа риджерами производится по разрыхленному грунту. Риджер может быть легко перемонтирован на валикоразравнитель заменой щек риджера на два отвала со стойкой.

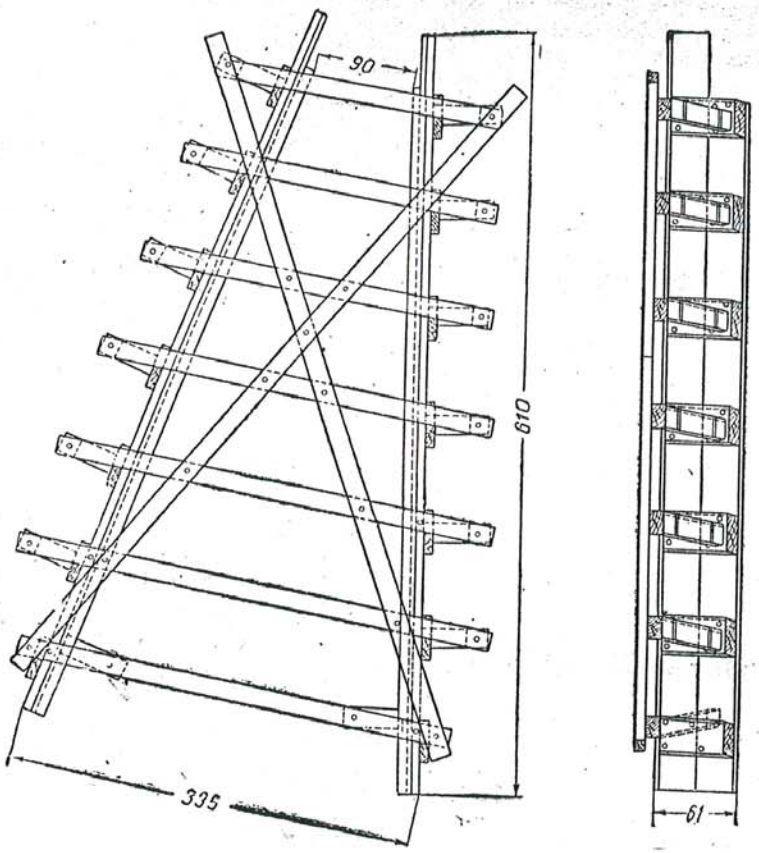


Рис. 187. Деревянный валикоделатель.

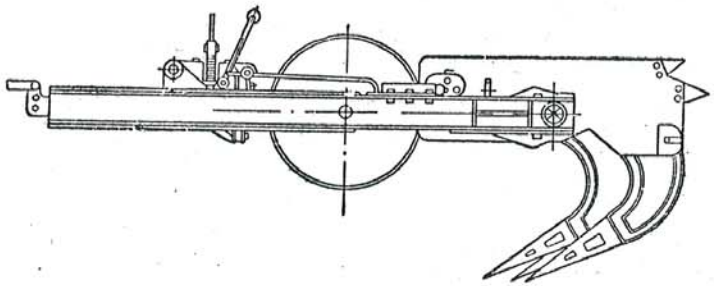


Рис. 188. Дорожный риппер с откидными зубьями (роторный).

Перемонтированный риджер за один проход разравнивает валик на две стороны, обратно в резервы, из которых был взят грунт на сооружение валика.

Производительность валикоделателей с тракторами (при валике, насыпаемом за 1 проход) — до 3 000 пог. м в час.

§ 133. Разрыхлители

Разрыхление грунта по дамбам и предварительное разрыхление грунта, необходимое при работе скреперов, канавокопателей-волокуш и других орудий, производится с.-х. плугами, дорожными плугами и специальными разрыхлителями.

Производительность тракторных плугов на работах по устройству каналов (в куб. метрах за час)

(проект норм НКЗ СССР на ирригационно-мелиоративные работы 1940 г.)

Наименование выполняемой работы	Категория грунтов	Тип плуга					
		Двухкорпусный			Трехкорпусный		
		Глубина вспашки (в сантиметрах)					
		10	15	20	10	15	20
Разрыхление растительного слоя	I	188	278	370	278	417	556
	II	145	217	285	217	322	435
Разрыхление грунта для скреперов (при работе плуга одновременно со скреперами)	I—II	72	108	145	108	161	217
	III—IV	64	97	128	97	145	193

Дорожные плуги отличаются от обычных с.-х. плугов тем, что имеют более мощные рамы и другие детали — нож, лемех, отвал.

Спереди дорожные плуги имеют ползун (регулятор глубины вспашки) и прицепку.

К числу специальных разрыхлителей относятся: рипперы, рутеры и глубокоразрыхлители.

Риппер простой и с откидными зубьями (роторный) (рис. 188) предназначается для разрыхления твердого грунта, для взлома дорожной одежды, для расчистки поверхности после корчевки от корней мелколесья.

Рипперы обычно снабжаются пятью зубьями, причем ширина разрыхляемой полосы за один проход равна 1,5 м при глубине до 0,3 м. Вес больших моделей риппера превышает тонну.

Тип тягача — трактор ЧТЗ. Опускание и подъем рамы выполняются трактористом при помощи двух веревок, идущих от двух рычагов управления риппера.

Производительность риппера с пятью стойками при тяге трактором ЧТЗ-60 при разрыхлении грунта в лесистой местности за восьмичасовой

рабочий день при длине участка в 100 м —4 000 м³, при длине 200 м — 4 720 м³ и 500 м — 5 320 м³.

Рутер служит для разрыхления каменистых, гравелистых и других тяжелых грунтов, для вырывания корней, небольших пней и пр.

Рутер имеет 1 зуб длиною 945—1 000 мм, прямоугольного сечения 100×32 мм, из твердой углеродистой стали. Зуб заострен с двух сторон, что позволяет работать обоими концами. Зуб укреплен на грядиле, представляющем прочную стальную отливку, длиною 1 540 мм. Впереди зуба на грядиле установлены салазки, которые служат для регулирования глубины погружения зуба в грунт. Вес рутера — 240 кг. Потребная мощность трактора — не менее 30 л. с.

Для обслуживания рутера, кроме тракториста, требуется 1—2 рабочих.

Производительность рутера в тяжелых сцементированных глинах — от 800 до 1 000 м³ за восьмичасовую рабочую смену при длине участков соответственно 100—500 м.

Широкого применения рипперы и рутеры на ирригационных работах не имеют.

Глубокорыхлитель состоит из рамы, к задней части которой прикрепляются на болтах стойки прямоугольного сечения с приболченными внизу долотами. Результат работы трехстоечного глубокоразрыхлителя показан на рис. 189. Глубина разрыхления — до 50 см. При трех стойках требуется тяга гусеничного трактора в 60 л. с.

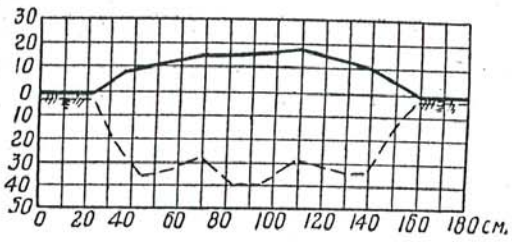


Рис. 189. Поперечный профиль, выполненный трехстоечным глубокорыхлителем за 1 проход.

Формула производительности разрыхлителей:

$$П = \frac{60 \cdot в \cdot h \cdot L \cdot k_в}{\frac{L}{v} + t},$$

где $П$ — производительность разрыхлителя в куб. метрах за 1 час;
$в$ — ширина захвата в метрах;
h — глубина рыхления в метрах;
L — длина обрабатываемого участка в метрах;
v — скорость движения трактора с разрыхлителем в метрах в минуту;
t — продолжительность поворота трактора с разрыхлителем в конце участка в минутах;
$k_в$ — коэфициент использования разрыхлителей по времени в течение смены.

§ 134. Тракторы, автомашины и саморазгружающиеся тракторные повозки

Тяговой силой при выполнении работ прицепными землекопными машинами, описанными выше, служат колесные и гусеничные тракторы. В таблице на стр. 437—438 приведены характеристики тракторов, грузовых автомобилей и тракторных повозок, выпускаемых заводами СССР и используемых также и для строительных целей,

Характеристика тракторов

Наименование	Тип трактора: Гусеничный	Колесный	Гусеничные			
	Марка трактора: «Универсал-3»	ХТЗ-СТЗ	СТЗ-НАТИ сельскохозяйственный I-ТА	СТЗ-НАТИ транспортный 2-ТА	ЧТЗ С-60	ЧТЗ дизельный С-65
Нормальная мощность (лош. сил):						
на шкиве	25	30	46	46	60	65*
на крюке	16	15	38—32	—	50	52
Число оборотов в минуту	—	1 050	1 250	—	650	850
Скорость в километрах в час:						
I	3,07	3,5	3,82	2,19— 3,19	3,0	3,6
II	3,72	4,5	4,52	3,86— 6,20	4,2	4,85
III	4,44	7,4	5,28	8,12—13,0	5,9	6,95
IV	5,74	—	8,04	13,59—21,8	—	—
V	—	—	—	20,91—33,5	—	—
Задний ход	1,44	4,2	3,12	3,15— 5,0	2,2	2,5
Тяговые усилия на крюке (в килограммах):						
при скорости I	1 500	1 200	2 600	—	4 450	4 000
II	1 300	900	2 000	—	3 325	2 800
III	1 000	700	1 600	—	2 320	1 800
IV	600	—	1 000	—	—	—
Шкив: диаметр (в миллиметрах)	—	428	340	—	410	320
ширина	—	230	250	—	—	—
Число оборотов шкива в минуту	—	655	735	—	650	850
Вал отбора мощности — число оборотов в минуту	—	—	526	—	285— 546	—
Емкость бака (в литрах):						
бензинового	—	3,5	9	9	16	7,5
лигроинового	—	—	—	—	390	—
керосинового	—	70	170	170	—	—
дизельного топлива	—	—	—	—	—	300
Габаритные размеры трактора (в миллиметрах):						
длина	—	3 485	3 698	4 092	4 090	4 086
ширина	—	1 685	1 861	1 809	2 395	2 416
высота	—	2 450	2 211	1 563	2 770	2 775
Чистый вес трактора (в килограммах)	—	2 680	4 800	—	9 500	—
Вес в рабочем состоянии (в килограммах)	2 500	3 000	5 100	—	—	11 200
Удельное давление задних колес или гусениц на грунт (в килограммах на 1 см²)	—	0,88	0,33	—	0,47	0,52
Расход топлива на 1 л. с., в час (на шкиве) при нормальной работе двигателя (в граммах)	—	315	315— 320	—	340	220

* Трактор ЧТЗ-65 имеет пусковой мотор мощностью 18 л. с.; топливо—бензин.

Характеристика грузовых автомобилей

Наименование	Марка автомобиля					
				Самосвалы		
	Газ-АА	ЗИС-5	ЯГ	ГАЗ-С-1	ЗИС-5	ЯС-1
Грузоподъемность (в тоннах)	1,5	3	5	1,25	3	4
Максимальная мощность (в лош. силах)	40	73	73	40	73	73
Максимальная скорость (в километрах в 1 час)	37	60	42	37	60	42
Габаритные размеры (в метрах):						
длина	5,33	6,06	6,50	8,00	8,60	8,00
ширина	2,03	3,25	2,50	4,67	—	6,24
высота	1,78	2,16	2,55	1,96	—	2,28
База автомобиля (в метрах)	3,34	3,81	4,20	3,34	3,81	4,20
Колея передних колес (в метрах)	1,40	1,52	1,78	1,40	1,52	1,75
Колея задних колес (в метрах)	1,42	1,67	1,86	1,42	1,67	1,76
Кузов (в метрах):						
длина	2,45	3,08	3,78	1,82	3,00	3,16
ширина	1,87	2,08	2,20	1,52	1,93	1,90
высота бортов	0,51	0,60	0,60	0,42	0,30	0,56
Высота бортов кузова над поверхностью земли (в метрах)	—	1,84	—	—	—	—
Угол подъема платформы (в градусах)	—	—	—	42—43	50	50
Вес автомобиля (в тоннах)	1,65	3,10	4,75	1,92	5,64	1,92
Емкость бака горючего (в литрах)	40	60	177	40	60	177
Завод-изготовитель	—	Завод им. Сталина	—	—	—	—
Управление самосвалом	—	—	—	Рычажное	Гидравлическое	Гидравлическое
Выгрузка	—	—	—	Назад	Назад и на бока	Назад

Характеристика саморазгружающихся тракторных повозок

Тип и марка	Главсельмаш НАТИ-«ТГП-10-Г»
Грузоподъемность (в тоннах)	10
Емкость вровень с краями (в куб. метрах)	4,64
» при насыпи с верхом (в куб. метрах)	5,56
Габаритные размеры (в метрах):	
длина	5,22
ширина	2,99
высота до бортов	2,01
Вес (в тоннах)	5,3

§ 135. Расход горючего и смазочных материалов

Расход материалов при работе землеройных машин изменяется с изменением режима работы, грунтовых и других условий. В настоящем параграфе приводятся средние расходы материалов, отнесенные к сменному времени.

Средний расход горючего и прочих материалов при работе одноковшовых экскаваторов за одну восьмичасовую смену

Название материалов	Емкость ковша (в куб. метрах)					
	0,35	0,5	0,5	0,75	0,75	1,0
	Силовое оборудование					
	СТЗ-ХТЗ	ЧТЗ-60	ЧТЗ-65	Дизельный	Паровое	Паровое
Уголь (в килограммах)	—	—	—	—	1613	2 534
Дрова для разжигания котла (в куб. метрах)	—	—	—	—	0,3	0,4
Вода (в куб. метрах)	—	—	—	—	12,1	19,0
Бензин (в килограммах)	1,0	3,4	3,4	—	—	—
Лигроин (в килограммах)	—	104,3	—	—	—	—
Дизельное топливо (в килограммах)	—	—	90,6	—	—	—
Дизельная смазка » »	—	—	4,9	—	—	—
Моторное топливо » »	—	—	—	96,8	—	—
Керосин » »	66,5	1,2	1,2	1,3	1,4	1,6
Мазут смазочный » »	0,9	3,2	3,2	3,2	—	—
Вискозин » »	1,1	3,0	3,0	—	4,0	4,5
Автол » »	5,3	9,1	9,1	3,2	—	—
Машинное масло » »	—	—	—	2,6	—	—
Солидол » »	1,5	2,0	2,7	2,3	2,5	3,6
Графитная мазь » »	2,1	2,6	2,6	3,1	3,4	3,8
Канатная » » »	1,1	1,6	1,6	1,3	1,4	1,7
Обтирочная » » »	2,0	1,5	1,5	1,8	1,9	2,5
Трос » »	2,0	6,3	6,3	5,1	5,6	7,5

Средний расход горючего для тракторов при работе их с землеройными прицепными машинами (в килограммах на час сменного времени)

Наименование прицепных машин и условия работы	Марка трактора				Двигатель У-5
	ЧТЗ С-60	ЧТЗ С-65	СТЗ-НАТИ	СТЗ-ХТЗ	Керосин
	Лигроин	Дизельное топливо	Керосин	Керосин	
Плуги 2- и 3-корпусные	—	—	—	5,71	—
Бульдозер	14,3	10,6	—	—	—
Грейдер-элеватор (без мотора):					
а) при работе в одном направлении	13,3	9,5	—	—	—
б) при работе в обоих направлениях	14,9	11,1	—	—	—

Наименование прицепных машин и условия работы	Марка трактора				Двигатель У-5
	ЧТЗ С-60	ЧТЗ С-65	СТЗ-НАТИ	СТЗ-ХТЗ	
	Лигроин	Дизельное топливо	Керосин	Керосин	Керосин
Грейдер-элеватор с мотором:					
а) при работе в одном направлении . . .	13,5	10,6	—	—	5,3
б) при работе в обоих направлениях . .	15,5	12,3	—	—	6,7
Ползунковые скреперы 0,75 м³	14,1	10,0	11,1	—	—
Ползунковые скреперы 0,36 м³	—	—	—	6,6	—
Колесные скреперы 0,75 м³	15,4	11,0	—	—	—
Грейдер тяжелый	14,3	10,6	—	—	—
» средний	—	—	11,3	—	—
Канавокопатели:					
а) в грунтах I—II категории	15,0	10,7	—	—	—
б) в грунтах III—IV категории	15,5	12,2	—	—	—
Катки прицепные 3 т	—	—	—	6,0	—
» » 5—6 »	—	—	—	7,2	—
» » 9—10 »	11,8	7,5	—	—	—

Расход смазочных материалов и пускового бензина для работы тракторов (в процентном отношении от расхода основного горючего)

Наименование материала	Марка трактора			
	ЧТЗ-65	ЧТЗ-60	СТЗ-НАТИ	СТЗ-ХТЗ
Дизельная смазка	5,5	—	—	—
Автол	6,0	6,5	8,0	8,0
Нигрол	2,5	1,5	1,5	1,5
Солидол	3,0	2,0	2,0	0,5
Бензин	3,0	1,5	3,0	1,5

Примечание. Для пускового мотора трактора ЧТЗ-65 автол дан в процентах к расходу пускового бензина.

Б. МЕХАНИЗИРОВАННОЕ ПРОИЗВОДСТВО ЗЕМЛЯНЫХ РАБОТ ПРИ СООРУЖЕНИИ ИРРИГАЦИОННОЙ СЕТИ

Виды работ

Производство земляных работ при сооружении ирригационной сети можно разбить на четыре части:

а) подготовительные работы: разбивка земляных работ, очистка трассы и резервов от растительности, удаление растительного слоя, разрыхление грунта под дамбами и планировка трассы;

б) основные работы: образование насыпей, разработка выемок и устройство каналов в полувыемке-полунасыпи;

в) сопутствующие работы: разрыхление грунта в выемке и в резервах, разравнивание отсыпаемого грунта, уплотнение грунта насыпаемых дамб и др.;

г) отделочные работы и сдача выполненных работ: планировка откосов, верха дамб, откосов и дна выемок, укрепление откосов и сдача выполненных работ.

При выполнении перечисленных работ могут быть использованы следующие землекопные машины: экскаваторы одноковшовые и многоковшовые, скреперные установки, скреперы тракторные и конные, грейдер-элеваторы, грейдеры, бульдозеры, канавокопатели, разрыхлители, утюги и катки. Краткое описание этих машин и нормы выработки указаны выше.

§ 136. Подготовительные работы

1. Разбивка земляных работ

Разбивка земляных работ производится с учетом особенностей машин, назначенных для производства работ на данном участке.

По особенностям машин, применяемых на земляных работах при сооружении ирригационной сети, разбивку земляных работ можно подразделить на три основные группы:

а) разбивка для прицепных машин, работающих в продольном направлении путем одного или нескольких проходов вдоль трассы канала на участках длиной 500—1 500 м (редко 250 м и менее) (грейдеры, канавокопатели и грейдер-элеваторы);

б) разбивка для прицепных машин, производящих работы путем перемещения грунта на коротких участках в поперечном направлении (скреперы);

в) разбивка для машин, производящих поперечное перемещение грунта с последовательным перемещением машины вдоль трассы (экскаваторы).

Каналы в плане состоят из ряда прямых участков, соединенных между собою кривыми. Прямолинейность выполнения канала при разработке прицепными машинами первой группы зависит главным образом от правильности первого прохода машин. При работе прицепная машина следует за трактором, т. е. прямолинейность движения прицепной машины зависит не от рабочего, управляющего землекопной машиной, а от тракториста, ведущего трактор. Направление движения тяжелых и средних грейдеров возможно регулировать в незначительных размерах, независимо от трактора, но все же этой регулировки недостаточно, и здесь необходимо соблюдать прямолинейность движения трактора. Для обеспечения прямолинейного движения землекопных машин выставляются вехи, указывающие направление движения трактора. Вехи выставляются с таким расчетом, чтобы при совпадении вех с серединой радиатора, положение рабочего органа прицепной машины совпадало с направлением, намеченным схемой разработки, т. е. вехи, определяющие путь трактора, выставляются в стороне от прохода рабочего органа на величину *a*, равную расстоянию от борозды, делаемой рабочим органом прицепной машины, до оси следования трактора.

На рис. 190 показаны типовые схемы разбивки для грейдер-элеватора с установкой вех для первых проходов трактора. Расстояние *a* для неко-

торых машин постоянно (грейдер-элеватор), а для некоторых изменяется. В последнем случае его удобнее всего определять непосредственным измерением после сцепки трактора с прицепной машиной и установки рабочего органа в требуемое для работ положение.

Для расстановки вех служит пикетаж, разбитый при трассировке. При работе землекопных машин осевые колышки пикетажа не сохраняются, почему для проверки правильности выполнения работ до начала работ пикетаж выносится в сторону, за черту проходов машины.

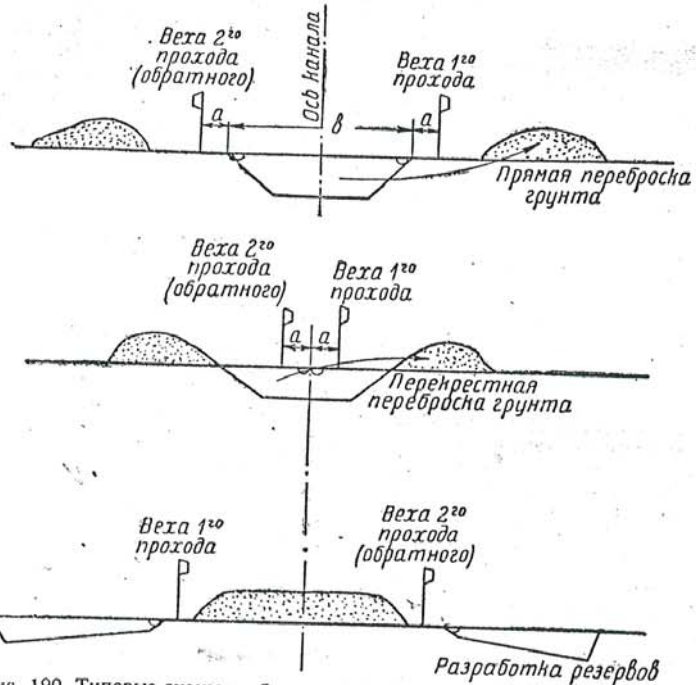


Рис. 190. Типовые схемы разбивки с установкою вех для первых проходов трактора при работе грейдер-элеватора.

При выноске пикетажа сохраняется постоянное расстояние относа колышков от линии трассы.

Для скреперов и экскаваторов производится полная разбивка с показанием границ выемок (резервов) и кавальеров (дамб). При работе этих машин, и в особенности скреперов, необходим непрерывный контроль для обеспечения выполнения проектных элементов выемок и насыпей.

2. Срезка и удаление растительного слоя

Растительный слой, как правило, должен быть снят с площадей, занимаемых дамбами и резервами всех оросительных каналов. Иногда ограничиваются лишь удалением растительности и боронованием или рыхлением занимаемых дамбами площадей; наиболее правильным следует считать срезку растительного слоя.

Ширина полосы, с которой срезается растительный слой, определяется размерами дамб и резервов. Ширина последних во многих случаях зависит от способа работы по сооружению дамб.

Толщину срезаемого слоя следует назначать в зависимости от характера растительности на данном участке и ответственности канала. Наименьшая толщина срезки требуется под оросительные и распределительные каналы на степных землях на целине, где срезается слой около 4 см. На старопахотных землях с верхним засоренным слоем почвы толщина срезки не менее 6—8 см, на пашне — не менее 8—10 см. Под более ответственными дамбами срезается слой большей толщины, и толщина срезки задается при проектировании.

Способы работы по срезке и удалению растительного слоя

1) Срезка и удаление растительного слоя грейдером; применяется при малых ширинах снимаемого слоя.

2) Срезка и сдвижка растительного слоя грейдером в валики, с последующей отвозкой скреперами; этот способ применяется при широких дамбах и резервах и незначительной толщине срезки.

3) Вспашка с.-х. плугом площади, где намечено удаление растительного слоя, с отвозкой вспаханного слоя скреперами; этот способ применяется при значительной толщине срезки.

При производстве срезки и удалении растительного слоя лучшие результаты дает тяжелый грейдер (по сравнению с другими грейдерами). Для срезки нож грейдера ставится горизонтально. Угол ножа с осью движения грейдера устанавливается в пределах от 38 до 46°, в зависимости от почвы, влажности ее и толщины срезаемого слоя. При больших углах ухудшается перемещение грунта по ножу, но увеличивается захват.

Отвозка грунта скреперами производится так же, как и при других работах, и описана ниже.

На срезке растительного слоя применяются ползунковые и колесно-ползунковые скреперы; колесные скреперы применяются при большой дальности возки.

3. Разрыхление грунта под дамбами

Для сопряжения тела дамбы с основанием поверхность последнего должна быть разрыхлена.

Разрыхление поверхности обязательно при возведении дамб экскаваторами и грейдер-элеваторами. При сооружении дамб скреперами разрыхление поверхности основания может не производиться, так как шпоры тракторов нарушают поверхность основания, чем и обеспечивается сопряжение дамбы с основанием.

При сооружении дамб прочими машинами вопрос о необходимости разрыхления основания должен решаться в зависимости от свойств грунта и ответственности насыпаемых дамб.

Разрыхление должно производиться многолемешными плугами или дисковыми боронами после снятия растительного слоя.

4. Планировка трассы

К планировке трассы относится срезка бугров и засыпка понижений в пределах возводимого сооружения. Планировку необходимо делать только при работе прицепных машин, отнесенных выше к первой группе (грейдеры, канавокопатели и грейдер-элеваторы). На планировке обыч-

но применяются ползунковые скреперы, так как эти работы производятся при небольшой дальности возки. После засыпки понижений и срезки бугров скреперами производится разравнивание грунта грейдерами или иными планировщиками. Производство планировки в значительной степени уменьшает объем недоделок, производимых вручную и обычно дорогих, поэтому производству планировочных работ должно уделяться серьезное внимание.

§ 137. Основные работы

1. Образование дамб каналов из внешних резервов

Образование дамб каналов машинами производится или насыпкой обеих дамб раздельно, или сначала насыпается подушка до отметки, соответствующей размерам полувыемки-полунасыпи.

После планировки подушки, при которой должен быть достигнут проектный продольный уклон, приступают к прорезке выемки с образованием дамбочек канала.

Лучшим способом при устройстве небольших каналов следует считать насыпку подушки, так как уплотнение грунта катками в раздельно возводимых дамбах крайне затруднительно. При возведении дамб необходимо увеличивать высоту их на осадку. Увеличение производится пропорционально высоте дамб и назначается в зависимости от грунта и способов производства работ.

а) Производство работ по образованию дамб грейдер-элеваторами. При работе грейдер-элеватора захваченный диском грунт непрерывным потоком перебрасывается в сторону на расстояние, зависящее от длины элеватора; одновременно грунт поднимается на высоту до 1,25 м при длине элеватора 5,7 м, до 2,8 м при длине элеватора 7,6 м и до 3—3,2 м при длине элеватора 8,25 м. Расстояния, на которые перебрасывается грунт, соответственно указанным длинам элеваторов равны 6,7, 9,2 и 10 м. Грейдер-элеватор с диском 0,5 м работает на второй передаче скоростей трактора ЧТЗ, причем на 1 м прохода захватывает и перебрасывает от 0,02 до 0,05 м³ грунта.

Грейдер-элеватор с диском 0,71 м работает на первой передаче трактора ЧТЗ, причем на 1 м прохода захватывает и перебрасывает от 0,05 до 0,12 м³ грунта.

Работа по возведению дамб без применения транспортных средств производится в следующем порядке. После выноса пикетажа в сторону производится удаление растительного слоя, затем производится планировка трассы и рыхление поверхности основания дамб. По окончании этих работ по обе стороны оси канала выставляются вехи, служащие направлением для движения трактора при проведении первой борозды. Тракторист направляет трактор по направлению выставленных вех. Грейдер-элеватор проводит первую борозду и перебрасывает грунт в дамбы.

По проходе всего разрабатываемого участка с одной стороны грейдер-элеватор делает поворот и проводит такую же борозду с другой стороны оси канала.

При следующих проходах направлением для тракториста служит след предыдущей борозды. Тракторист должен вести трактор так, чтобы край гусеницы трактора был все время на одинаковом расстоянии от края борозды.

Это расстояние необходимо назначать в зависимости от сопротивления грунта, так чтобы борозда получалась не мельче, чем половина диаметра диска.

Насыпка дамб производится слоями. Внутренний откос резервов разрабатывается пологим — 1:4 (уклон 1:3 — предельный). Откос внешнего края резерва разрабатывается уступами с почти вертикальными стенками.

Грейдер-элеваторами могут насыпаться дамбы разнообразных размеров: от валиков сечением 0,15 м² до дамб сечением 8 м² и больше.

Возможность насыпки дамб заданных размеров в каждом конкретном случае должна выявляться составлением схемы разработки. При составлении схем разработки следует учитывать, что грейдер-элеватор не может работать с уклоном задней оси круче 1 : 3 и что предельный угол подъема ленты равен 26°.

Производительность грейдер-элеватора увеличивается с увеличением длины гона, почему желательно вести разработку участками длиною 1 500—1 000 м. В действительности, сохранение близких между собой глубин разработок на таких значительных по длине участках обычно не бывает.

Для того чтобы рационально производить работу грейдер-элеваторами при неравномерных глубинах канала, канал разбивают по длине на части так, чтобы объемы соседних участков разнились на объем, даваемый грейдер-элеватором при насыпке одного слоя.

Толщину снимаемого слоя для грейдер-элеваторов с диском диаметром 0,5 м при расчетах можно принимать в 0,2 м и при диаметре диска 0,7 м — в 0,3 м.

Разработку надо начинать с тех участков, которые имеют наибольшие высоты дамб, и последовательно включать новые участки с меньшими высотами.

При отсыпке дамб больших размеров грейдер-элеваторы применяются для погрузки грунта, т. е. работы производят с возкой грунта из резервов в дамбы.

б) Возведение дамб ползунковыми скреперами. Скреперные работы проводятся в следующей последовательности: выносится пикетаж в сторону, удаляется растительный слой, в резервах производится разрыхление грунта, после чего приступают к возке грунта в дамбу. Возка протекает непрерывными рейсами между резервами и дамбами.

При насыпке дамб скреперами насыпаются одновременно обе дамбы, точнее — насыпается подушка с последующей прорезкой выемки канала; исключением является насыпка значительных по размерам дамб.

Резервы могут располагаться с одной стороны или с обеих сторон дамбы, примыкая непосредственно к последней.

В зависимости от расположения резервов принимается та или иная схема возки. При двусторонних резервах грунт вывозится поочередно из каждого резерва (по эллипсу), ось дамбы пересекается примерно под прямым углом.

При односторонних резервах лучшей схемой следует считать возку восьмеркой.

При работе скреперов с колесными тракторами на небольших высотах дамб — до 0,7 м — езда производится по кратчайшим расстояниям от места забора грунта до места разгрузки без устройства специальных выездов.

При высотах свыше 0,7 м как при односторонних, так и при двусторонних резервах, необходимы выезды.

При работе с гусеничными тракторами работа ведется без специальных выездов до высоты дамб 1 м.

Выезды делаются на расстоянии 25—50 м при работе колесных тракторов до высоты 1,5 м и при работе гусеничных тракторов — до 2,5 м, а при больших высотах дамб — через 50—100 м. Насыпать дамбы скрепе-

рами при работе колесных тракторов можно до высоты 3 м, лишь бы ширина дамб (подушек) поверху была не меньше 2,75 м и грунт не разбивался бы в пыль; при работе гусеничных тракторов предел высоты дамб значительно выше.

При плохо уплотняющихся грунтах необходимо одновременно производить разравнивание и укатку грунта катками. В грунтах суглинистых и глинистых при средней влажности разравнивание грунта производится скреперами во время выгрузки; при правильно организованной работе слои получаются достаточно ровными и требуют лишь небольшой дополнительной укатки.

Выполнение скреперами внешних откосов круче 1 : 3 при возке без специальных въездов затруднительно; поэтому при разбивке дамб, запроектированных с более крутыми откосами, необходимо закладывать резервы с учетом заложения откосов 1 : 3.

в) Возведение дамб колесными скреперами. Возка грунта колесными скреперами производится по тем же схемам, что и ползунковыми скреперами.

Обычно при возке грунта колесными скреперами емкостью 0,75 и 1,1 м³ из карьеров, при значительных дальностях возки, для обслуживания скреперов назначаются отдельные рабочие для работы в карьере и на месте выгрузки грунта; при небольшой дальности возки назначается один рабочий на каждый скрепер.

При возведении дамб каналов из резервов, расположенных параллельно дамбам, дальность возки не превосходит 100 м, в большинстве же случаев она значительно ниже; на этих работах необходимо назначать на каждый скрепер отдельного рабочего, все время находящегося на нем.

Колесные скреперы могут применяться при дальности возки от 20—30 м. При применении скреперов емкостью 0,75 м³ на насыпке дамб из резервов, расположенных параллельно дамбам высотою до 1,5 м, следует назначать 4 скрепера в поезде и при больших высотах — только 3. При поезде в 4 скрепера не допускаются крутые подъемы, так как на таких подъемах возникают значительные тяговые усилия. Колесными скреперами можно выполнять насыпи средней и крупной сети всех встречающихся размеров, но при насыпке нешироких дамб высотою до 1,5 м наиболее эффективно применение грейдер-элеваторов и ползунковых скреперов с гусеничным трактором.

При дальности возки свыше 75 м следует применять только колесные скреперы.

Кроме тракторных скреперов, на насыпке дамб вполне возможно применение конных скреперов. Наиболее рационально применение паровых скреперов (волокуш) емкостью 0,1—0,12 м³. Волокуши находят применение при разности высот перемещения до 6 м; пределом рациональной возки следует считать 50 м. Схемы ездок те же, что и при тракторных скреперах.

Кроме рассмотренных способов работ по образованию дамб, для частичной подсыпки дамб мелких каналов применяются грейдеры и канавокопатели; производство работ этими машинами описывается в следующем параграфе.

г) Возведение дамб экскаваторами. На сооружении дамб без применения транспортных средств обычно применяются драгляйны. Экскаваторами дамбы отсыпаются из односторонних или двусторонних резервов, в зависимости от поперечных размеров дамб, размеров экскаватора и специфических условий объекта сооружения. В обоих случаях расположения резервов экскаватор перемещается вдоль оси дамбы. В тех случаях, когда радиус действия экскаватора недостаточен для возведения

широких дамб или разработки широких резервов, разработка ведется с перекидкой грунта.

При насыпке дамб с подвозкой грунта для погрузки применяются экскаваторы, оборудованные прямой лопатой.

2. Устройство каналов в полувыемке-полунасыпи

Строительной особенностью каналов в полувыемке-полунасыпи является требование укладки грунта непосредственно у бровок выемок без оставления берм; при разработке же каналов в выемке между бровкой выемки и подошвой кавальера обязательно оставление бермы.

Второй особенностью разработки каналов в полувыемке-полунасыпи является то, что глубина собственно выемки меньше общей глубины канала и ограничивается сравнительно незначительными значениями.

а) Устройство картовых оросителей. Картовые оросители обычно проходят в дамбах с незначительной выемкой по оси канала. Ширина дна картовых оросителей в большинстве случаев равняется 0,3—0,75 м; откосы внутренние — одиночные, наружные — полуторные; ширина дамб поверху — до 0,5 м. Общая глубина картовых оросителей изменяется с изменением расходов и уклонов; типовыми глубинами являются глубины 0,5—0,7 м. Заглубление картовых оросителей меняется в весьма незначительных пределах, наиболее частое заглубление — 0,15—0,25 м. Подсыпное дно в картовых оросителях делается в местах прохождения трассы по изрезанному рельефу, что встречается довольно редко. В полувыемке, без подсыпки дамб из резервов, картовые оросители проходят также редко. Устройство картовых оросителей заключается в таких последовательно проводимых работах: снятие растительного слоя, планировка трассы, насыпка дамбочек из внешних резервов, разравнивание подушки, разработка выемки по оси оросителя и отделочные работы.

Для устройства картовых оросителей могут быть применены: грейдеры тяжелые и средние, канавокопатели плужные с уширенными откосниками, специальные канавокопатели для картовых оросителей, канавокопатели-волокуши с с.-х. плугами (последние для разрыхления грунта), конные и тракторные ползунковые скреперы (для выполнения работ по планировке трассы и местной досыпке дамб) и грейдер-элеваторы (для разработки резервов).

Из всех машин, применяющихся на устройстве картовых оросителей, полный поперечный профиль за один проход дают лишь специальные канавокопатели типа Чустроя. Недостатком этих канавокопателей является ограниченность сечений разрабатываемых оросителей. Типовое сечение канала для канавокопателя этого типа при тяге трактором ЧТЗ: ширина дна — 0,4 м, ширина дамб поверху — 0,3—0,5 м, откосы — 1 :1, общая глубина канала — 0,4—0,5 м при глубине выемки по оси канала не менее 0,2 м.

Работы по постройке оросителей производятся обычно комплектом машин; исключение составляют указанные выше специальные канавокопатели и в некоторых случаях грейдеры. Ниже приводится последовательность выполнения работ при устройстве картовых оросителей комплектами машин.

При наличии незначительных выемок по оси канала и при колебании выемок по всей длине оросителя в пределах 0,2 м необходимо:

1) Срезать и удалить грейдером растительный слой на площади, занимаемой каналом и резервами.

2) Плужным канавокопателем с уширенными отвалами пройти в 1 след по оси канала для разработки необходимого профиля выемки.

Установка регулятора глубины канавокопателя должна соответствовать средней проектной глубине выемки.

3) Из резервов досыпать дамбочки грейдер-элеватором, грейдером или канавокопателем-волокушей.

4) Досыпать дамбочки оросителя на участках, оставшихся неразработанными; досыпку дамбочек можно выполнить скреперами (конными или тракторными). Пропуски небольших участков неизбежны в местах соединения каналов и в прочих местах, где производятся повороты грейдеров и канавокопателей.

5) Провести укатку дамб, если таковые насыпались грейдер-элеваторами.

6) Очистить выемку по оси от осыпавшегося грунта при насыпке дамбочек и одновременно оформить дамбочки приданием им необходимой ширины поверху. Отделку можно производить плужными или волокушными канавокопателями.

7) Прорезать выемку в местах, пропущенных канавокопателем, с приданием проектного поперечного сечения канала.

При значительных изменениях глубин выемок по всей длине оросителя, но не более 0,4 м, и при наличии подсыпного дна на небольших участках можно рекомендовать следующую последовательность выполнения работ:

1) Срезать и удалить растительный слой на площади, занимаемой каналом и резервами.

2) На участках подсыпного дна и с наименьшими глубинами выемки произвести грейдерами или грейдер-элеваторами насыпку подушек под дамбочки оросителя.

Насыпка подушек ведется до тех пор, пока колебание глубины выемок по длине оросителя будет не больше 0,2 м.

Дальнейшие работы аналогичны вышеописанным (см. п. п. 2—7).

При изменениях глубины выемок по длине оросителя больше 0,4 м, что встречается при сложном рельефе местности, должна делаться предварительная планировка трассы. Здесь уже приходится иметь дело с сооружением канала в дамбах, по которым производство работ описано выше. Так как при сложном рельефе местности высокие дамбы картовых оросителей могут иметь небольшое протяжение, то наиболее целесообразно для этих работ применять скреперы. В остальном, после планировки, работы производятся так же, как и в первом случае.

В том случае, когда на всем протяжении оросителя должны быть высокие дамбы, которые нерационально насыпать скреперами, следует применять грейдер-элеваторы.

При выборе машин для сооружения картовых оросителей следует иметь в виду, что все выемки, которые могут быть выполнены плужными канавокопателями, должны выполняться обязательно последними.

б) Разработка полувыемок-полунасыпей при ширине дна канала более 0,75 м. На этих работах применяются из прицепных машин грейдеры тяжелые и в некоторых случаях грейдер-элеваторы и скреперы. Грейдеры следует применять при ширине каналов по дну не свыше 1,5 м и глубиною выемки до 1,1 м.

Для уменьшения доделок вручную предварительно до работы грейдеров, аналогично с устройством картовых оросителей, должна быть произведена планировка трасс.

Грейдер-элеваторы применяются лишь в тех случаях, когда габаритные размеры каналов таковы, что грунт, насыпаемый грейдер-элеватором, укладывается непосредственно у выемки без образования берм.

Скреперы на разработке небольших каналов в полувыемке-полунасыпи не применимы ввиду невозможности уложить скреперами грунт в дамбочки сравнительно малых сечений.

Применение скреперов может иметь место при каналах, имеющих достаточную ширину по дну и достаточную ширину дамб для разворота машин.

Экскаваторы на устройстве каналов в полувыемке-полунасыпи работают так же, как и на разработке выемок (см. ниже).

3. Разработка каналов в выемке с укладыванием грунта в кавальеры

При разработке каналов в выемках с укладыванием грунта в кавальеры применяются экскаваторы и прицепные машины: грейдеры тяжелые и средние, грейдер-элеваторы, канавокопатели и скреперы.

При разработке выемок одноковшовыми экскаваторами без применения транспортных средств обычно применяются драглайны. Экскаваторами выемки разрабатываются за один, два и более проходов, с отсыпанием грунта в кавальеры, расположенные с одной или двух сторон канала, в зависимости от поперечных размеров выемки, размеров экскаватора и специфических условий (требований) объекта работ.

Наибольшую производительность экскаватор дает при проходе по оси выемки с отсыпанием грунта в два кавальера (угол поворота в пределах 90°).

При проходе экскаватора по одной стороне выемки грунт отсыпается в один кавальер.

Когда за один проход экскаватора не может быть разработана выемка необходимых размеров, производятся два прохода экскаватора по обеим бровкам с отсыпанием грунта в обе стороны.

К перекидкам грунта прибегают в случаях невозможности разработать выемку заданного сечения наличными экскаваторами с непосредственным отсыпанием грунта в кавальеры.

При работе скреперов на выемках применяются те же способы, что и при образовании дамб; разница заключается лишь в том, что при отсыпке дамб задаются определенные габаритные размеры для дамб (для насыпей), а размеры резервов устанавливают, исходя из местных условий и удобств организации работ. При устройстве каналов в выемках, наоборот, задаются определенные размеры выемки, а размеры кавальеров устанавливаются в зависимости от местных условий.

Скреперы применимы как на разработке выемок небольших поперечных сечений с шириною по дну, равной ширине тягача и скрепера, так и выемок с неограниченной шириной.

Грейдер-элеваторы могут разрабатывать без применения перекидок выемки до глубины 1 м при длине элеватора 5,7 м, до глубины 1,2 м при длине элеватора в 7,6 м, и глубже при больших длинах элеваторов. Ширина выемки поверху в первом случае должна быть не менее 6 м и во втором случае — 7,5 м. Способы работ с грейдер-элеватором те же, что и при возведении дамб.

Тяжелые грейдеры могут выполнять каналы глубиной 0,8—0,9 м и до 1,1 м с шириной по дну до 1,5 м; при больших размерах разрабатываемого канала значительно снижается производительность грейдера. При разработке выемок другими машинами грейдер целесообразно применять для отделочных работ.

Размеры каналов, выполняемых канавокопателями, как и способы работ последними, указаны выше.

Многоковшовые экскаваторы МК-1 и МК-IV с оборудованием для разработки каналов с откосами дают совершенно законченный канал за один проход. Размеры выемок, выполняемые этими экскаваторами, указаны на странице 411.

§ 138. Сопутствующие и отделочные работы

1. Разрыхление и разравнивание грунта. На разрыхлении грунтов для последующей разработки их скреперами, канавокопателями, волокушами и пр. применяются в большинстве случаев с.-х. плуги. При работе скреперов разрыхление грунта производится по мере вывоза грунта скреперами.

Разравнивание грунта, отсыпаемого в дамбы, производится послойно. На разравнивании грунта применяются грейдеры тяжелые и средние и утюги.

2. Уплотнение грунта. От качества уплотнения насыпаемого грунта зависит устойчивость дамб в эксплоатации, почему вопросам уплотнения грунта следует уделять достаточное внимание.

При производстве работ по возведению дамб конными и тракторными скреперами одновременно с транспортированием грунта для тела дамб происходит уплотнение ранее насыпанного грунта. Когда работа протекает в достаточно влажных и связных грунтах, насыпаемый грунт уплотняется в значительной степени, коэфициент разрыхления получается близким к единице и дополнительное трамбование или укатка катками при невысоких дамбах могут не потребоваться.

В тех же случаях, когда тело дамбы отсыпается из грунтов несвязных или недостаточно влажных, уплотнение грунта получается недостаточным.

В некоторых случаях, в особенности при тяге колесными тракторами, грунт разбивается в рыхлую сыпучую массу, увеличиваясь в объеме в 1,3 раза (и больше) по сравнению с объемом, занимаемым в плотном теле; в таких случаях укатка грунта катками является обязательной. Сухие грунты перед укаткой увлажняются.

Несмотря на то, что в исключительных случаях при насыпке дамбы скреперами может иметь место достаточное уплотнение и без дополнительной укатки катками, следует при отсутствии лабораторных испытаний производить дополнительную укатку во всех случаях.

При возведении дамб грейдер-элеваторами имеет место значительное разрыхление грунта.

Влажный грунт перебрасывается грейдер-элеватором комьями и образует большие пустоты в теле дамбы, сухой грунт также не уплотняется без укатки, почему при отсыпке дамб грейдер-элеваторами необходима укатка грунта во всех случаях.

Канавокопатели-волокуши и грейдеры производят, как указано выше, отсыпку дамб небольших сечений, причем проходами машин обеспечивается достаточное уплотнение грунта; укатки, как правило, в этих случаях не требуется.

Уплотнение дамб при отсыпке их экскаваторами достигается постепенной замочкой каналов, так как трамбовка и укатка грунта в таких дамбах нецелесообразна.

3. Отделочные работы. Планировка откосов каналов и дамб производится грейдерами.

Дополнительная планировка каналов, выполненных канавокопателями, грейдерами и многоковшовыми экскаваторами, не производится, так как одновременно с разработкой каналов идет и планировка откосов.

Если работы выполнялись другими машинами, планировочные работы производятся специальными проходами грейдеров.

Планировка верха дамб и дна выемок производится грейдерами или утюгами.

В. ПОТРЕБНОЕ КОЛИЧЕСТВО МАШИН НА РАЗРАБОТКУ 1000 м³ ГРУНТА ПРИ УСТРОЙСТВЕ КАНАЛОВ. ГОДОВАЯ ВЫРАБОТКА МАШИН И ГОДОВОЙ РЕЖИМ РАБОТЫ МАШИН

§ 139. Потребное количество машин на разработку 1000 м³ грунта при устройстве каналов

Для сметных целей, для проектирования производства работ и других проектных предположений в нижеприводимых таблицах указано потребное количество машиносмен на весь комплекс работ, выполняемых при устройстве или очистке каналов.

Таблицы подразделены по ведущим машинам, выполняющим основные работы.

Материал для таблиц заимствован из работы комиссии НКЗ СССР (из представителей Отдела капитального строительства, Главводстроя и других главков), проводившей работы по разработке сметного справочника в 1939 г.

Таблицами предусмотрен нормальный восьмичасовой рабочий день.

При пользовании таблицами необходимо иметь в виду, что потребное количество машиносмен дано:

а) при разработке каналов в выемке — на проектный объем выемки;

б) при разработке каналов в дамбах — на запроектированный объем резервов, т. е. объем дамб, увеличенный на коэфициент уплотнения грунта;

в) при разработке каналов в выемке с добавлением грунта из резервов — на сумму объемов выемки и резервов.

При этом введены необходимые надбавки объемов, вызываемые принимаемыми способами работ (на переборы и пр.).

Так же учтено необходимое время на простои, имеющие место в течение рабочей смены, как-то: регулировка и исправление мелких технических неполадок, дозаправка, профилактический осмотр и технические уходы, сдача смены, переезды к месту работы на расстояние до 0,75 км и др.

При составлении таблиц предусмотрены все основные способы работ, применяющиеся в настоящее время.

Для выполнения сопутствующих работ (разрыхление и укатка грунта, срезка откосов и др.) приняты наиболее распространенные машины — сельскохозяйственные плуги, прицепные катки, тяжелые грейдеры и др.

Не предусмотрены следующие работы:

а) удаление камыша, деревьев и кустарника с площадей под устраиваемыми каналами;

б) замочка законченных устройством каналов и

в) работы по удалению старых кавальеров (раш), выполняемые при очистке каналов, впервые очищаемых машинами, и на уширении старых каналов.

Различные экскаваторы, применяющиеся на местах, могут быть отнесены к следующим четырем группам:

а) емкость ковша 0,35 м³ — «Комсомолец», «Менк II», «Рансом-Ранье 420», «Байрс»;

б) емкость ковша 0,5 м³ — ЛК, ЛКА, «Менк III», «Ореншгейн Д»; «Рустон Бьюсайрус 1030» «Пристман 20», «Бьюсайрус Д-2», «Марион»;

в) емкость ковша 0,75 м³ — «Костромич», «Бердянец», «Менк IV», «Рустон Бьюсайрус 41-В», «Марион 400», «Марион 380», «Марион 32», «Пристман 30», «Рустон 8», «Ореншгейн 6»;

г) емкость ковша 1,0 м³—«Ковровец ППГ», «Воткинец», «Баррикады», «Везер-Хютте 9,5», «Бьюсайрус 50-В», «Марион 405», «Менк V», «Рустон».

Классификация грунтов принята:

А. Для экскаваторов:

а) грунты песчаные — пески, супески, легкие и лёссовидные суглинки, гравий мелкий и средний, растительный грунт, чернозем, торф и т. п.;

б) грунты глинистые — жирная чистая глина, тяжелые суглинки, тяжелая ломовая глина, крупный гравий и т. п.

Б. Для прицепных землеройных машин — скреперов, грейдер-элеваторов, грейдеров тяжелых и канавокопателей:

а) грунты легкие — пески, супески, легкие и лёссовидные суглинки, гравий мелкий и средний, растительный грунт, чернозем, торф и т. п.;

б) грунты средние — жирная чистая глина, тяжелые суглинки, крупный гравий, сухой лёсс и т. п.;

в) грунты тяжелые — тяжелая ломовая глина, сланцевая глина, крупная галька и т. п.

Грунты всюду приняты естественной влажности; в случае работы в переувлажненных грунтах потребное количество машиносмен изменяется в соответствии с указаниями, помещенными в разделе А настоящей главы.

Потребное количество экскаваторов, тракторов и прицепных землеройных машин в машиносменах для разработки 1 000 м³ грунта при сооружении каналов экскаваторами

	Грунты							
	Песчаные				Глинистые			
	Емкость ковшей экскаваторов в кубометрах							
	0,35	0,5	0,75	1,0	0,35	0,5	0,75	1,0
А. Потребное количество экскаваторов при применении соответствующего оборудования:								
а) драглайнов	7,45	5,22	3,80	2,78	9,07	6,50	4,64	3,47
б) обратных лопат	6,95	5,22	—	—	8,33	6,95	—	—
в) грейферов	13,90	8,33	6,17	4,64	—	10,42	7,45	6,17
Б. В зависимости от вида выполняемых работ дополнительно требуется тракторов и прицепных машин								
а) При разработке выемок:								
тракторов ЧТЗ	0,26	0,51	0,51	0,51	0,30	0,60	0,60	0,60
грейдеров тяжелых	0,30	0,60	0,60	0,60	0,35	0,70	0,70	0,70
б) При разработке полувыемок-полунасыпей:								
тракторов ЧТЗ	0,36	0,36	0,36	0,36	0,41	0,41	0,41	0,41
тракторов СХТЗ	0,89	0,89	0,89	0,89	1,03	1,03	1,03	1,03
грейдеров тяжелых	0,42	0,42	0,42	0,42	0,48	0,48	0,48	0,48
плугов	0,12	0,12	0,12	0,12	0,14	0,14	0,14	0,14
скреперов 0,36 м³	1,33	1,33	1,33	1,33	1,55	1,55	1,55	1,55
При устройстве каналов в дамбах:								
тракторов ЧТЗ	1,04	1,04	1,04	1,04	1,22	1,22	1,22	1,22
» СХТЗ	3,98	3,98	3,98	3,98	4,65	4,65	4,65	4,65
грейдеров тяжелых	1,22	1,22	1,22	1,22	1,42	1,42	1,42	1,42
плугов	0,60	0,60	0,60	0,60	0,70	0,70	0,70	0,70
скреперов	6,20	6,20	6,20	6,20	7,28	7,28	7,28	7,28

Потребное количество прицепных землеройных машин и тракторов в машиносменах для разработки 1 000 м³ грунта при сооружении каналов прицепными землеройными машинами

Наименование выполняемой работы и ведущей машины	Грунты	Наименование потребных машин								
		Тракторов ЧТЗ	Тракторов СХТЗ	Колесных скреперов 0,75 м³	Полуприцепных скреперов 0,36 м³	Грейдер-элеваторов	Грейдеров тяжелых	Плугов	Катков	Канавокопателей нулж-ных
Устройство каналов в дамбах колесными скреперами	легкие	4,70	2,30	24,48	11	—	0,38	1,30	1,92	111
	средние	5,07	2,83	26,32			0,43	2,04	1,92	
	тяжелые	6,84	2,83	36,24			0,43	2,04	1,92	
Устройство каналов в дамбах полузунковыми скреперами	легкие	0,33	34,14	—	51,6	—	0,38	4,60	1,92	111
	средние	0,37	40,51	—	61,7	—	0,43	5,50	1,92	
	тяжелые	0,37	40,51	—	61,7	—	0,43	5,50	1,92	
Устройство каналов в выемках полузунковыми скреперами	легкие	0,14	30,79	—	46,0	—	0,17	4,30	—	111
	средние	0,16	36,81	—	58,0	—	0,18	5,14	—	
	тяжелые	0,21	36,81	—	58,0	—	0,25	5,14	—	
Устройство каналов и валов грейдер-элеваторами	легкие	2,57	2,10	4,40	2,23	1,74	0,35	0,20	0,96	111
	средние	2,98	2,16	4,72	2,42	2,08	0,40	0,22	0,96	
	тяжелые	4,04	2,34	6,40	2,60	2,92	0,47	0,24	0,96	
Устройство каналов в выемках и в полувыемках-полунасыпях тяжелыми грейдерами	легкие	3,33	2,83	—	4,45	—	3,90	0,40	—	111
	средние	4,71	2,93	—	4,82	—	5,50	0,44	—	
	тяжелые	7,39	3,30	—	5,20	—	8,60	0,56	—	

Продолжение

Наименование выполняемой работы и ведущей машины	Грунты	Наименование потребных машин: Тракторов ЧТЗ	Тракторов СХТЗ	Колесных скреперов 0,75 м³	Полуприцепных скреперов 0,36 м³	Грейдер-элеваторов	Грейдеров тяжелых	Плугов	Катков	Канавокопателей плужных
Устройство каналов в дамбах тяжелыми грейдерами	легкие	1,27	4,97	—	6,75	1,74	1,48	0,60	0,96	—
	средние	1,76	5,28	—	7,25	2,08	2,05	0,60	0,96	—
	тяжелые	2,65	5,55	—	7,75	2,92	3,08	0,60	0,96	—
Устройство каналов в выемке и в полувыемке-полунасыпи шириною по дну до 0,4 м плужными канавокопателями	легкие	1,29	2,83	—	4,45	—	0,50	0,40	—	4,00
	средние	1,39	2,93	—	4,82	—	0,50	0,44	—	4,45
	тяжелые	1,71	3,30	—	5,20	—	0,50	0,46	—	6,00
То же, при ширине каналов по дну более 0,4 м	легкие	1,56	2,83	—	4,45	—	0,38	0,40	—	2,86
	средние	1,70	2,93	—	4,82	—	0,38	0,44	—	3,20
	тяжелые	2,24	3,30	—	5,20	—	0,38	0,46	—	4,45
Устройство каналов в дамбах шириною по дну до 0,4 м плужными канавокопателями	легкие	1,83	4,30	—	6,75	—	1,80	0,60	—	1,34
	средние	2,39	4,58	—	7,25	—	2,42	0,60	—	1,47
	тяжелые	3,48	4,86	—	7,75	—	3,57	0,60	—	2,00
То же, при ширине каналов по дну более 0,4 м	легкие	2,06	4,97	—	6,75	1,73	0,18	0,60	0,96	1,00
	средние	2,43	5,25	—	7,25	2,08	0,22	0,60	0,96	1,07
	тяжелые	3,33	5,55	—	7,75	2,92	0,22	0,60	0,96	1,47

Потребное количество экскаваторов, тракторов и прицепных землеройных машин в машиносменах для разработки 1000 м³ грунта (наноса) при очистке и уширении каналов экскаваторами

	Грунты: Песчаные				Глинистые			
	Емкость ковшей экскаваторов (в куб. метрах): 0,36	0,50	0,75	1,00	0,36	0,50	0,75	1,00
I. Очистка каналов								
А. Потребное количество экскаваторов при применении соответствующего оборудования:								
а) драгляйнов	9,47	6,55	4,74	3,07	11,57	7,19	5,08	3,60
б) обратных лопат	10,42	6,55	—	—	11,57	8,69	—	—
в) грейферов	17,35	10,42	7,45	5,78	—	11,57	8,33	7,45
Б. Вне зависимости от оборудования экскаватора дополнительно требуется:								
а) тракторов ЧТЗ	1,17	1,12	1,09	1,07	1,37	1,30	1,27	1,26
б) грейдеров тяжелых	1,37	1,30	1,27	1,25	1,60	1,52	1,48	1,47
II. Уширение каналов экскаваторами при толщине среза до 1,5 м:								
а) драгляйнов	7,45	5,22	3,80	2,78	9,07	6,50	4,64	3,47
б) тракторов ЧТЗ	0,43	0,37	0,37	0,37	0,50	0,43	0,43	0,43
в) грейдеров тяжелых	0,50	0,43	0,43	0,43	0,58	0,50	0,50	0,50

Потребное количество прицепных землеройных машин и тракторов в машиносменах для разработки 1 000 м³ грунта (наносов) при очистке каналов прицепными землеройными машинами

Наименование ведущей машины, выполняющей очистку каналов	Грунты	Наименование потребных машин: Тракторов Ч75	Колесных скреперов 0,75 м³	Полозьнко-вых скрепе-ров 0,75 м³	Грейдеров тяжелых	Канавокопа-телей плуж-ных
Колесные скреперы 0,75 м³	легкие	8,82	48,72	—	0,17	—
	средние	12,50	52,40	—	0,18	—
	тяжелые	20,30	58,04	—	0,25	—
Полозунковые скреперы 0,75 м³ при поперечной возке	легкие	8,30	—	11,00	0,52	—
	средние	9,94	—	13,20	0,60	—
	тяжелые	13,71	—	18,20	0,83	—
То же при продольной возке	легкие	13,69	—	18,96	0,17	—
	средние	17,09	—	23,70	0,18	—
	тяжелые	22,21	—	30,80	0,25	—
Тяжелые грейдеры	легкие	4,08	—	—	5,56	—
	средние	5,83	—	—	6,80	—
	тяжелые	9,60	—	—	11,17	—
Плужные канавокопатели при ширине каналов по дну до 0,75 м	легкие	3,63	—	—	2,40	7,35
	средние и тяжелые	4,93	—	—	3,40	9,33
То же, при ширине каналов по дну более 0,75 м	легкие	4,34	—	—	2,40	5,33
	средние и тяжелые	5,78	—	—	3,40	6,66
Разравнивание кавальеров (рашей) тяжелыми грейдерами при сечении кавальеров до 3 м³	легкие	1,86	—	—	2,16	—
	средние	2,18	—	—	2,55	—
	тяжелые	3,12	—	—	3,63	—
То же при сечении кавальеров более 3 м³	легкие	3,72	—	—	4,33	—
	средние	4,50	—	—	5,22	—
	тяжелые	6,13	—	—	7,16	—

§ 140. Годовая выработка землеройных машин

Ниже приводятся средние годовые выработки землеройных машин, устанавливаемые на весь списочный парк машин.

Средние годовые выработки машин (для катков — в часах работы, для всех других машин — в куб. метрах)

Наименование машин	На одну машину	На 1 м³ емкости ковша	На 1 л емкости ковша
1. Одноковшовые экскаваторы при работе:			
а) прямой лопатой в транспорт	—	100 000	—
б) прямой лопатой в отвал	—	115 000	—
в) обратной лопатой или драгляйн в транспорт	—	80 000	—
г) обратной лопатой или драгляйн в отвал	—	100 000	—
д) грейфером	—	70 000	—
2. Многоковшовые экскаваторы-канавокопатели	—	—	1 200
3. Скреперы прицепные тракторные	—	6 000	—
4. Бульдозеры при работе на засыпке траншей и котлованов и перемещении грунта	50 000	—	—
5. Катки моторные	2 000	—	—
6. » прицепные	800	—	—
7. Грейдеры тяжелые	40 000	—	—
8. Грейдер-элеваторы:			
а) без мотора	70 000	—	—
б) с мотором	100 000	—	—
9. Канавокопатели плужные	40 000	—	—
10. Скреперы конные	—	4 000	—

Примечание 1. Выработки, указанные в п. п. 1—5, приведены в соответствии с постановлением Комитета по делам строительства при Совнаркоме Союза ССР от 25 мая 1939 г. Выработки, указанные в п. п. 6—10, приведены из проекта норм НКЗ СССР на 1940 г.

Примечание 2. При работе экскаваторов в районах, расположенных южнее линии Одесса — Краснодар — Орджоникидзе — Самарканд, выработка экскаваторов увеличивается на 15%.

При работе экскаваторов в районах, расположенных севернее линии Петрозаводск — Вологда — Киров — Молотов — Свердловск — Томск — Красноярск — Иркутск — Хабаровск, выработка экскаватора уменьшается на 15%.

Приложение к главе XX

Классификация грунтов

Единые нормы времени и расценки 1929 года

Категория грунта	№ грунта	Наименование грунта	Средний объемный вес 1 м³ грунта в плотном теле в состоянии естественной влажности (в килограммах)	Способ разработки и инструмент
I	1	Песок	1 500	Разрабатываются подборочными штыковыми лопатами
	2	Супесок	1 600	
	3	Растительный грунт	1 200	
	4	Торф	600	
II	1	Легкий и лёссовидный суглинок	1 600	Разрабатываются лопатами с незначительным киркованием
	2	Влажный рыхлый лёсс, мягкий солончак и солонец	1 600	
	3	Гравий рыхлый, мелкий и средний	1 700	
	4	Плотный растительный грунт с корнями от травы	1 400	
	5	Торф и растительный грунт с корнями диаметром до 30 мм	1 100	
	6	Песок и растительный грунт, смешанный со щебнем или галькой и щепой	1 650	
	7	Насыпной слежавшийся грунт с примесью щебня или гальки	1 750	
	8	Супесок с примесью щебня, гальки и строительного мусора	1 900	
III	1	Жирная глина, в том числе карбонная, юрская и моренная	1 800	Разрабатываются штыковой лопатой со сплошным киркованием и частичным применением лома
	2	Тяжелый суглинок	1 750	
	3	Гравий крупный, галька и щебень крупностью от 15 до 40 мм	1 750	
	4	Сухой лёсс и лёсс естественной влажности, смешанный с гравием или галькой	1 800	
	5	Растительная земля или торф с корнями диаметром свыше 30 мм	1 400	
	6	Суглинок, смешанный со щебнем или галькой и строительным мусором	1 900	
IV	1	Тяжелая ломовая глина, в том числе твердая юрская и карбонная	1 950	Разрабатываются штыковой лопатой со сплошным применением кирок и частичным применением клина и молота
	2	Жирная глина и тяжелые суглинки с примесью щебня, гальки, строительного мусора и булыжника весом до 25 кг, с содержанием булыг до 10%	1 950	
	3	Моренная глина с валунами весом до 50 кг при наличии валунов до 10% по объему	2 000	
	4	Сланцевая глина	2 000	
	5	Крупная галька размером до 90 мм чистая или с примесью булыжника весом до 10 кг	1 950	
	6	Плотный отвердевший лёсс и отвердевший солончак	1 800	
	7	Сцементировавшийся строительный мусор	1 850	
	8	Металлургические невыветрившиеся шлаки	1 500	
	9	Мергель мягкий и опоки	1 900	
	10	Дресва	1 800	
	11	Трепел и мягкие меловые породы	1 550	
	12	Конгломерат, слабо сцементированный	1 900—2 200	

Разрыхление грунта

Категория грунта	Процент первоначального увеличения объема грунта после разработки	Средний процент первоначального разрыхления	Процент остаточного разрыхления	№
I	8—17	12	1—2,5	1
I (торф и растительный грунт)	20—30	—	3—4	2
II	14—28	20	1,5—5	3
III	24—30	25	4—7	4
IV	26—32	29	6—9	5
IV (мергель и опоки)	33—37	—	11—15	6
V	30—45	33	10—20	7
VI	45—50	45	20—30	8

Углы естественного откоса грунта (в градусах)

Категория грунта	№ грунта	Род грунта	Влажность грунта: сухой	влажный	мокрый	№
I	1	Песок мелкий	25	30	20	1
I	1	» средний	28	35	25	2
I	1	» крупный	30	32	27	3
I	3	Растительный грунт	40	35	25	4
I	4	Торф без корней	40	25	14	5
II	1	Суглинок	50	40	30	6
II	3	Гравий	40	40	35	7
III	1	Глина жирная	45	35	15	8

РАЗДЕЛ II

ОСУШЕНИЕ

ГЛАВА I

ЗНАЧЕНИЕ ОСУШЕНИЯ ДЛЯ НАРОДНОГО ХОЗЯЙСТВА

§ 1. Задачи осушения

Осушение имеет двоякую цель:

1) понизить уровень почвенных или грунтовых вод на требуемую различными хозяйственными задачами величину;

2) отвести слой свободной воды с малопроницаемой поверхности.

Для сельскохозяйственных целей большей частью бывает достаточным понижение зеркала грунтовых вод на 0,5—1 м от дневной поверхности. Для строительных целей требуемое понижение уровня значительно больше.

Понижение уровня грунтовых вод посредством осушительных сооружений (каналы, траншеи, дренажи) возможно лишь в грунтах, более или менее водопроницаемых и насыщенных водою.

Что касается отвода слоя свободной воды с малопроницаемой поверхности, то оно практикуется, например, при наличии застойных вод в западинах, впадинах, а также на малопроницаемых глинистых почвах.

§ 2. Применение осушения в разных отраслях народного хозяйства

В дореволюционное время в России осушение обслуживало только лесное и отчасти сельское хозяйство. В первые годы революции осушительные работы велись в основном через мелиоративные товарищества, небольшими площадями, хотя в это же время было уже положено начало крупным мелиоративным начинаниям (Дубна, Цна, Оресса и др.). После социалистической реконструкции сельского хозяйства осушение приняло новый курс — оно стало одним из видов мелиорации пахотных земель, тогда как до этого времени оно обслуживало почти исключительно луговодство.

Характерной особенностью мелиорации лугов и болот этого периода является интенсивное использование этих земель (в противоположность прежнему экстенсивному).

Такое направление осушительных мелиораций получает с каждым годом все большее и большее развитие. На осушенных землях колхозы и совхозы получают высокие урожаи ценных культур: кок-сагыза, зерновых, картофеля и кормовых. Во многих районах, по почину колхозов, партийных и советских организаций, проводятся при широком участии колхозников большие работы по осушению и освоению болот.

Постановление Совнаркома СССР и Центрального Комитета ВКП(б) от 6 марта 1941 года «Об осушении болот в Белорусской ССР и использовании осушенных земель колхозами для расширения посевных площадей и сенокосов» создает все необходимые условия для развития осушения в Белорусской ССР. Осушение и сельскохозяйственное освоение болот признано важнейшей народнохозяйственной задачей. После Великой Октябрьской социалистической революции осушение, имея крупное значение для сельского и лесного хозяйства, стало постепенно внедряться и в другие отрасли народного хозяйства.

а) Осушение в торфяной промышленности является основой производственных процессов по добыче и сушке торфа.

б) При строительстве путей сообщения осушение необходимо для укрепления основания дорожного полотна и выемок в случае наличия близкого стояния грунтовых вод.

С развитием воздушного транспорта стало распространяться осушение аэродромов в случаях их постройки в избыточно увлажненных местах.

в) Осушение применяется на многих строительных площадках, увлажняемых поверхностными (атмосферными и стекаемыми с водосборов) водами или же при близком стоянии грунтовых вод. Осушение параллельно с гидроизоляцией применяется также для цокольных и подвальных помещений.

г) Осушение находит значительное применение и в коммунальном хозяйстве.

Орошаемые искусственно с.-х. площади, особенно засоленные, иногда требуют осушения, которое в этих случаях развивается параллельно с ирригационным строительством.

д) При наличии мелких водоемов и мелководий — там, где развиваются малярийные заболевания, осушение является средством для сокращения анофелогенных площадей. Если мелководные площади, остающиеся после осушения, подвергать периодическому обезвреживанию от личинок малярийного комара, то таким образом площади для выплода малярийного комара почти совсем ликвидируются.

е) Нередко возникает необходимость в осушении при устройстве водохранилищ с целью ликвидации мелководного затопления и подтопления.

§ 3. Оптимальный водно-воздушный режим почв для лугов и пастбищ

Избыток влаги в почве связан с недостатком воздуха в ней и некоторым понижением ее температуры.

Содержание воздуха, необходимого для оптимального произрастания растений, должно составлять 40—50% влагоемкости почвы; отсюда следует, что в случаях постоянной избыточной влажности необходимо понизить уровень грунтовых вод в почве.

Величина понижения уровня грунтовых вод (считая от дневной поверхности), называемая н о р м о й о с у ш е н и я, зависит от рода и фазы развития растений. По Б. Д. Оношко, средняя норма осушения для наиболее распространенных культур определяется следующей таблицей:

Средняя норма осушения для разных с.-х. культур

Культуры	Средняя норма осушения (в сантиметрах)	Местонахождение опытного пункта
Искусственный луг	около 50	—
Вико-овсяная смесь	» 50	Яхрома, Московская область
Лен	40—50	Яхрома, Михнево (близ Москвы), Волхов
Пастбище	60—65	Новгородская станция
Овес на сено	45	Кировск
Овес	50—70	—
Ячмень	50—70	Новгородское опытное поле, Архангельское опытное поле
Озимая рожь	75	Новгород
Конопля	70—75	Новгород
Подсолнечник	90—100	Белорусская ССР
Табак-махорка	70	Михнево (близ Москвы)
Капуста белокачанная	75—90	Болотный институт
Капуста цветная	60—90	Заболотье (близ Москвы)
Томаты	60—90	—
Картофель	90—100	—
Свекла кормовая	70—80	Михнево (близ Москвы)
» столовая	70	Казеровичи (БССР)
Арбузы	90—100	Минск
Земляника	90—100	БССР
Яблони, груши	56	Минск
	100	—

Приведенные нормы осушения относятся к средним за вегетацию. Для начала вегетации приведенные нормы можно уменьшать, примерно, на 40%; для периода созревания растений указанные нормы следует увеличивать ориентировочно на 40%. В большинстве случаев такое изменение норм осушения (называемое амплитудой колебания грунтовых вод) поддерживается естественными факторами (осадками и испарением).

Приведенные в таблице нормы приблизительно дают оптимальную влажность, необходимую для жизни растений. По крайней мере, так поступают практически.

Следовательно, для поддержания оптимальной влажности необходимо устанавливать уровень грунтовых вод на определенных отметках. Считается, что поддержание уровня грунтовых вод можно осуществлять посредством регулирования горизонта вод в каналах (регулирующих) или дренажах. Однако такое регулирование приводит к цели лишь в благоприятных случаях (своевременное выпадение осадков). При неблагоприятных климатических условиях влияние подъема уровня воды в каналах на грунтовые воды редко превосходит 3—4 м (в сторону от канала).

§ 4. Влияние осушения на свойства почво-грунтов, на растительность и урожайность

Осушение проводится не только для удаления избыточных вод и ускорения поверхностного стока, но и для улучшения физических свойств почвы (придание и поддержание ее структуры, создание оптимального водно-воздушного, теплового и питательного режима для выращиваемых культур).

Следствием осушительных мелиораций обычно является изменение почвообразовательного процесса, часто очень резкое.

После удаления избыточных вод осушаемая площадь может быть лучше использована; все работы можно производить своевременно.

В результате осушения изменяются в желательном для нас направлении физико-химические и биологические процессы в почве—ее аэрация, температура, кислотность, деятельность почвенных бактерий, разложение органических веществ, нитрификация. Все это ведет к повышению урожайности с.-х. культур. Осушение лесов сопровождается приростом древесины лесных насаждений.

1. Влияние осушения на аэрацию, водопроницаемость и влагоемкость почвы. Увеличение содержания воздуха в осушенной почве и газообмен между почвой и атмосферой — наиболее важные стороны влияния осушительных работ.

Увеличение содержания воздуха в почве, с уменьшением ее влажности, можно проследить по следующей таблице А. Н. Костякова, где показана весовая влажность почвы при разном содержании воздуха в ней.

Весовая влажность почвы в процентах к весу сухой почвы

Характер почвы: влагоемкость A и кажущийся удельный вес α	При содержании воздуха в почве в процентах от объема											
	0 почва насыщена	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55
$A = 75\%$, $\alpha = 1{,}00$	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20
$A = 55\%$, $\alpha = 1{,}20$	46	41	38	33	29	25	20	17	12	8	4	—
$A = 50\%$, $\alpha = 1{,}30$	38	35	31	27	23	19	16	11	8	4	—	—
$A = 45\%$, $\alpha = 1{,}40$	32	28	25	21	18	14	11	7	4	—	—	—
$A = 40\%$, $\alpha = 1{,}55$	26	22	19	16	13	10	7	3	—	—	—	—
$A = 35\%$, $\alpha = 1{,}70$	20	17	14	12	9	6	3	—	—	—	—	—

Содержание воздуха в почве в процентах от ее объема в зависимости от влажности почвы в данный момент выражается формулой А. Н. Костякова $\lambda = A - r\alpha\%$, где A — полная влагоемкость данной почвы в процентах от объема; α — кажущийся удельный вес ее; r — весовая влажность в процентах к весу сухой почвы.

Чем почва тяжелее и больше ее влагоемкость, тем кажущийся удельный вес меньше; поэтому для одинакового повышения аэрации или одинакового повышения влажности тяжелые почвы надо осушать сильнее, а уровень грунтовых вод понижать больше, чем на легких почвах.

Осушение изменяет состояние коллоидальной части почв. В результате осушения повышается пористость и водопроницаемость почв.

Установлено, что дренированные почвы в засушливое время имеют бо́льшую, а в сырое меньшую влажность по сравнению с недренирован-

ными почвами, потому что вследствие увеличения скважности и проницаемости они лучше поглощают атмосферные осадки. Поэтому дренированные земли более устойчивы против сильной засухи, чем недренированные.

Влажность дренированных почв изменяется как по глубине, так и по ширине между дренами. Над дренами и у дрен она меньше, с удалением же от них увеличивается. Осушение делает влажность почвы равномернее и благоприятнее для растений.

2. Влияние осушения на температуру осушаемой почвы. Осушение повышает температуру почвы, что является результатом уменьшения содержания воды в ней.

Температура дренированных почв обычно на 1—6°Ц выше, чем недренированных.

Твердая фаза почвы имеет (по Либенбергу) следующую теплоемкость:

Глина	0,16	Суглинок	0,30
Мелкий песок	0,16	Ил	0,31
Крупный песок	0,19	Черный суглинок	0,41
Торф	0,25		

Теплоемкость воды = 1,0

Для повышения температуры 100 кг почвы на 1°Ц необходимо затратить следующее количество тепла:

100 кг	почвы	сухой			20	больших	калорий
100 »	»	с влажностью	10%		30	»	»
100 »	»	»	20%		40	»	»
100 »	»	»	30%		50	»	»
100 »	»	»	50%		70	»	»
100 »	»	»	70%		90	»	»

Следовательно, осушенная почва при нагревании лучами солнца будет теплее, чем неосушенная, а легкая почва теплее тяжелой. Поэтому для получения одинаковой температуры тяжелые почвы надо осушать сильнее, чем легкие.

3. Осушение изменяет микробиологические процессы в почве. После осушения анаэробный процесс разложения органического вещества заменяется аэробным, отличительным признаком которого является полнота минерализации органического вещества; происходит обогащение почвы питательными для растений веществами. Появляются новые виды бактерий, в том числе и нитрифицирующие (Nitrobacter, Nitrosobacter и Asotobacter).

Процесс нитрификации усиливается с увеличением интенсивности осушения.

Эффективность внесенных фосфорных и калийных удобрений во многом зависит от интенсивности осушения и наличия нитратов.

4. Осушенные переувлажненные торфяники, глины и суглинки сильно уплотняются, а это связано с значительной осадкой почвы. Осадка торфа возрастает с густотой и глубиной осушительной сети, глубиной и степенью разложения торфа и с приближением к канаве или дрене. В среднем, очень приближенно, осадка равна 10—25% от глубины осушенного торфа; для глин и суглинков — 10—15%.

Уплотнение делает торф и грунты более устойчивыми, облегчая тем самым передвижение людей, машин и животных.

Осушение ведет к уменьшению затрат энергии на обработку почвы на 20—25%, улучшает санитарное положение местности, позволяет начинать сев на 10—14 дней ранее сева на неосушенных почвах.

5. Влияние осушения на урожайность. Среди многих факторов, от которых зависит урожайность, осушение в случае излишне увлажненных почв занимает весьма важное место. В некоторых случаях без осушения вообще невозможно возделывание с.-х. растений (топь). Улучшение водно-воздушного и пищевого режима почвы в результате осушения оказывает большое влияние на рост и развитие растений. В осушенной почве растения могут значительно углубить и укрепить корневую систему и получать питание из более глубоких слоев почвы.

Данные о повышении урожайности на осушенных почвах имеются как в нашей, так и иностранной литературе.

По данным А. А. Черкасова, урожай при дренаже больше урожая на том же месте без дренажа:

Для зерновых хлебов зерна на	40—50%
» » » соломы »	30—35%
» корне- и клубнеплодов »	80—90%
» сеяных трав »	30—50%

Иностранные данные также говорят о громадном значении осушения в повышении урожайности с.-х. культур.

ГЛАВА II

ЕСТЕСТВЕННО-ИСТОРИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОСУШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

Выбор способов осушения для различных отраслей народного хозяйства зависит от требований этих отраслей к осушительным мероприятиям и естественно-исторических условий осушаемых земель. Без учета и анализа всего комплекса естественно-исторических факторов: климата, геологического строения, водного питания, результатов деятельности человека и т. д., невозможно правильно выбрать наиболее эффективный способ осушения, обеспечивающий оптимальный водно-воздушный режим почв и грунтов.

§ 5. Климат

При проектировании осушения необходимо иметь данные общей характеристики климата (района осушаемого объекта) и затем расчетные данные для проектирования различных видов осушения (температурные расчеты при противомалярийном осушении, определение модулей стока и т. д.).

Кроме общего указания на климатический район СССР, в котором находится осушаемый объект, должны быть даны следующие более конкретные данные:

а) Для характеристики температурного режима приводятся:

1) таблица среднемесячных и годовых температур воздуха по данным ближайшей метеорологической станции;

2) максимальные и минимальные температуры воздуха с указанием их процента обеспеченности;

3) указание дат перехода температуры через 0° и 10°;

4) данные по глубине промерзания и температуре почвы для разных глубин.

б) Для характеристики количества выпадающих осадков должны быть приведены следующие данные:

1) среднее многолетнее годовое количество осадков с указанием отклонений от него в бо́льшую и меньшую стороны;

2) среднее многолетнее подекадное количество осадков с указанием отклонений от средних значений;

3) максимальные наблюдавшиеся осадки с указанием их объема, продолжительности и повторяемости;

4) данные о высоте снегового покрова и даты установления и схода его.

в) Данные по испарению даются для поверхности земли, а если таких сведений нет, то для водной поверхности. Возможно также для подсчета величины испарения использовать данные психрометрических наблюдений или воспользоваться существующими формулами (например, Майера).

Приведем некоторые данные по испарению с поверхности почвы для осушаемых объектов (см. табл. на стр. 467).

На основании перечисленных материалов по климатическим факторам дается общая характеристика климата.

§ 6. Рельеф местности

Важной частью общей естественно-исторической характеристики является рельеф поверхности осушаемого объекта. Следует обратить внимание на геоморфологическую характеристику рельефа осушаемого объекта, т. е. указать общий тип рельефного образования (аллювиальные равнины, поймы рек, террасы рек, флювиогляциальные равнины и т. д.). Не менее важным для осушения является микрорельеф, выяснение которого должно быть произведено весьма подробно. В частности, необходимо дать детальное отражение на плане всех понижений местности, блюдец, западин, овражков и т. д. Так же следует выявить гидрографическую сеть на осушаемом объекте и уклоны поверхности.

§ 7. Гидрогеологическое строение

Геологическое строение и гидрогеологические условия объекта имеют чрезвычайно важное значение для проведения осушительных работ. Знание геологии, морфологии и гидрогеологических факторов необходимо как для выяснения причин образования болот и переувлажненных минеральных земель, так и для установления строительных свойств пород и условий выполнения осушительных систем.

Необходимо выяснить геологический возраст пород, их простирание и условия залегания. Особенно важно знать водные свойства пород — коэфициенты фильтрации, водоотдачу и т. д. С точки зрения производства строительных работ нужно выяснить такие свойства пород, как допускаемые напряжения, возможность использования в качестве стройматериалов, угол естественного откоса сухого и мокрого грунтов и ряд других. Гидрогеология участка должна быть освещена достаточно подробно, чтобы иметь возможность дать заключение об участии грунтовой воды в заболачивании участка. Для этого следует иметь данные о водоносных горизонтах, их напорах, расходах, условиях питания, взаимной связи, о выходе их на поверхность и т. д.

§ 8. Причины образования болот и излишнего увлажнения минеральных земель

При определении причин образования болот и излишне увлажненных земель необходимо учитывать весь комплекс естественно-исторических факторов их развития. К таким основным причинам относятся:

а) бедность почвы зольными элементами питания растений;

Данные по испарению с поверхности земли в разных условиях

Место наблюдений	Характер испаряющей поверхности	Период	Величина испарения (в миллиметрах)	Осадки (в миллиметрах)
Михневский опытно-мелиоративный участок	Естественная поверхность осушенного низинного болота	Вегетационный — 84 дня	57,8	—
Там же	Клеверное поле	То же 84 дня	83,5	—
Там же	Овес	То же	167,8	—
Н. станция	Верховое болото	20/VI—13/X (115 дней)	304,0	328
Там же	Переходное болото	То же	235	325
Там же	Низинное болото	То же	333	320
Там же	Многолетний луг	То же	221	323
Там же	Овсяное поле (посев 1,7 ц/га)	То же	347	319
Там же	То же (посев 1,3 ц/га)	То же	304	320
Болото «Заталье»	Низинное осушенное болото. Почва без растительности. Глубина стояния грунтовых вод — 20 см	Июнь — август	314	254
Там же	То же при глубине стояния грунтовых вод — 80 см	То же	214	254
Там же	Тимофеевка, глубина стояния грунтовых вод — 20 см	То же	475	254
Там же	То же, глубина стояния грунтовых вод — 80 см	То же	362	254
М. болотная станция	Торфяная почва без растений. Глубина стояния грунтовых вод — 40 см	1/V—10/X (163 дня)	374	327
Там же	То же. Глубина стояния грунтовых вод — 80 см	То же	209	327
Там же	То же. Тимофеевка. Глубина стояния грунтовых вод — 65 см	То же	678	327
Там же	То же. Глубина стояния грунтовых вод — 85 см	То же	661	327
Там же	Торфяная почва. Конопля. Глубина стояния грунтовых вод — 80 см	1/VI—10/X (132 дня)	911	279

б) условия поступления воды на заболачиваемую территорию и химический состав этой воды (так называемый тип водного питания);

в) климатические, геологические и другие общие естественно-исторические факторы заболачиваемого участка;

г) хозяйственная деятельность человека.

Каждая из перечисленных выше причин, взятая изолированно от других, не может дать правильного представления об образовании болот и минеральных заболоченных земель; неправильное определение причин заболачивания приводит к неверному выбору методов и схемы осушения.

1. Основные типы водного питания болот и минеральных земель

Различают четыре типа водного питания болот и избыточно увлажненных минеральных земель.

Атмосферный тип водного питания. Избыточное увлажнение болот и минеральных земель для этого типа питания происходит в основном от застоя атмосферных вод на их поверхности.

Основными признаками атмосферного типа питания является:

1) застой атмосферных вод от осадков, выпадающих непосредственно на рассматриваемый участок (а не притекание воды извне);

2) плохая водопроницаемость верхних слоев грунта (например, глинистых и суглинистых или сфагнового торфа, насыщенного водою и являющегося в этом случае водонепроницаемым, и т. д.);

3) незначительные уклоны местности;

4) большая шероховатость поверхности земли (травяной покров, микрорельеф — кочки, западины, обработка почвы, задерживающая сток);

Атмосферное питание свойственно в основном водоразделам (см. ниже).

Грунтовое питание. Избыточное увлажнение при этом типе водного питания получается в основном от притока воды извне и наличия грунтовых вод или верховодок на заболачиваемой территории. Соответственно этому при грунтовом типе питания могут встретиться два основных случая: а) грунтовые воды поступают на участок главным образом в виде грунтового потока (глубинного или верховодки) со стороны, б) грунтовые воды образуются непосредственно на территории заболачиваемого участка в виде стоячего бассейна грунтовых вод, наполняемого атмосферными осадками, поверхностными водами, поступившими со стороны, и т. д.

Основными признаками грунтового питания являются:

1) проницаемость верхнего горизонта почвы различной мощности с залегающим под ним водоупорным слоем;

2) пониженное положение заболачиваемого участка относительно прилегающей местности, с которой поступает на участок вода;

3) более богатая растворимыми солями и илом вода;

4) наличие более или менее крупного водосбора.

Грунтовое питание характерно для пониженных элементов рельефа (речные террасы, тальвеги, котловины ледникового происхождения и т. д.).

Грунтово-напорный тип питания. Этот тип питания наблюдается при непосредственном выклинивании на поверхность заболоченной площади напорных грунтовых вод или подпитывании ими толщи осушаемых почво-грунтов. Эта напорность может выражаться:

1) в болотах — выклиниванием напорного грунтового потока через дно воронок минерального подстилающего слоя; эти воронки выстилаются более мощным слоем торфа;

2) в минеральных грунтах — слой напорного грунтового потока, сравнительно близко расположенный к дневной поверхности, прикрытый слоем более непроницаемых глин.

В том и другом случае грунтовая вода насыщает верхние слои почвы под давлением. В некоторых случаях напор проявляется в виде водных жил, выходящих в разные места поверхности, особенно на склонах. Грунтово-напорное питание характерно для нижних частей коренного склона средних и крупных рек, а в случае минеральных грунтов — почти для любого типа рельефа (вплоть до местных водоразделов) при наличии напорного потока.

Намывной тип водного питания. В этом случае избыточное увлажнение получается в результате поступления на осушаемую территорию вод:

1) со стороны реки в период ее разливов,

2) с водосбора в виде деловиальных потоков.

Намывное питание наблюдается большей частью в поймах.

На большинстве природных объектов осушения (болота, минеральные земли) тип питания — смешанный. Поэтому лишь в редких случаях удается отметить единственный тип водного питания; при смешанном типе питания следует установить преобладающее питание.

2. Причины заболачивания

Климатические, геологические и другие общие естественно-исторические факторы, играют существенную роль в определении причин заболачивания. Если не учитывать этих факторов, а основываться только на типе водного питания или бедности почвы, то можно притти к неправильным выводам. Так, например, при одинаковом типе питания болото под Москвой будет сильно отличаться по своему типу от болота на Кавказе. Причины образования этих болот даже и при одинаковом водном питании могут быть резко различными. В результате способы осушения также должны быть выбраны разные для этих болот.

Хозяйственная деятельность человека при недостаточно глубоком учете всех последствий может иногда сопровождаться побочными вредными явлениями. Так, например, сплошная рубка леса в некоторых естественных условиях приводит к повышению уровня грунтовых вод и к образованию болот, ранее не существовавших. К тем же последствиям иногда приводит создание водохранилищ и связанный с этим подпор грунтовых вод (подтопление). Ирригационная сеть может явиться рассадником малярийного комара. Утечка воды при гражданском, промышленном и других строительствах иногда ведет к значительному повышению грунтовых вод, что угрожает устойчивости сооружений.

Учет этих последствий хозяйственной деятельности человека совершенно необходим при выяснении причин заболачивания.

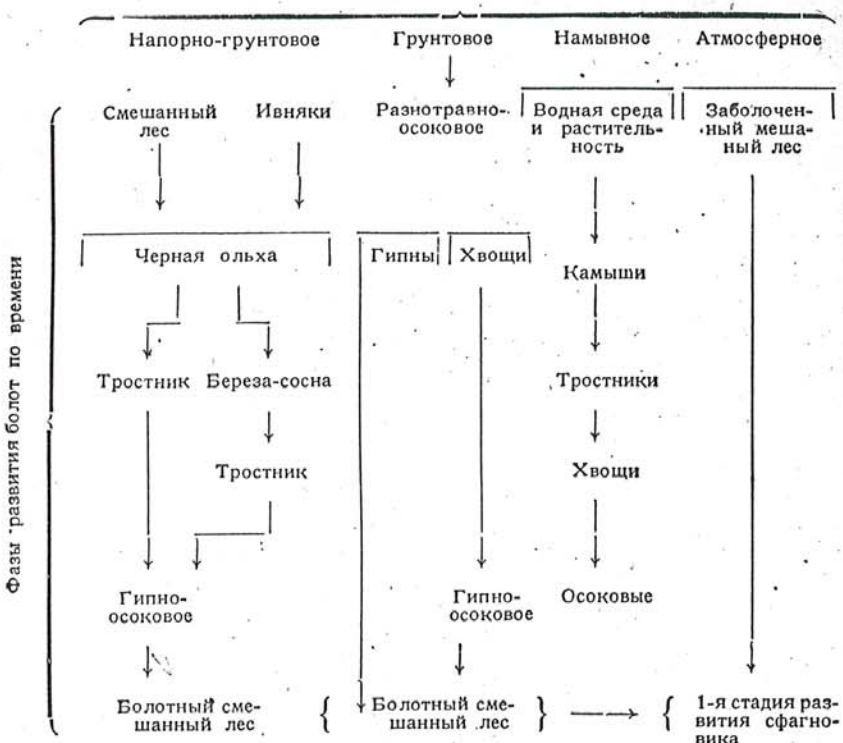
Установление всех причин образования болот или излишне увлажненных земель дает возможность вести борьбу именно с этими причинами переувлажнения, т. е. выбрать наиболее эффективные способы осушения.

§ 9. Болота и их строение

Все болота, т. е. площади, имеющие в качестве верхнего слоя торф, испытывают эволюцию во времени, подобно другим растительным ассоциациям.

Рассматривая два фактора — питание и фазы развития болота — во времени, можно свести все разнообразие болотных образований к следующей схеме (стрелками указано направление генезиса).

Питание болот



Как видно из таблицы, при каждом типе водного питания наблюдается постепенное превращение одного типа болот в другой. В конечном результате почти все болотные формации превращаются в сфагновые, если нет дальнейшего притока минеральных веществ извне.

Чтобы иметь понятие о строении болот и, следовательно, торфяных грунтов, необходимо рассмотреть наиболее типичные разрезы болот, интересные для мелиоратора.

1) *Разрез через верховое болото*, образовавшееся вследствие подзолообразовательных процессов, состоит из следующих слоев:

Наименование слоя	Проницаемость
1. Растительный слой	Хорошо проницаем
2. Молодой сфагновый торф	Довольно хорошо проницаем
3. Пограничный горизонт	Непроницаем
4. Старый сфагновый торф	Слабо проницаем
5. Переходный торф (лесной)	Довольно хорошо проницаем
6. Осоковый и тростниковый торф	То же
7. Гумус — ил	Малопроницаем
8. Минеральный грунт	Проницаемость разная

Из указанной свиты слоев наибольший для мелиоратора интерес представляет пограничный горизонт, как почти совершенно непроницаемый. Так как на этом горизонте располагаются сравнительно хорошо проницаемые растительный слой и сфагновый торф, то здесь существуют все условия для образования верхнего горизонта грунтовых вод.

2) *Разрезы через болота грунтового питания* не поддаются такой более или менее строгой закономерности, как это было отмечено для случая водораздельных болот. Здесь все зависит от богатства минеральной подпочвы. Чем беднее последняя, тем разрез получается сложнее. Разрезы таких болот, данные Вебером, показывают такую последовательность почвенных слоев:

1. Растительный слой.
2. Осоковый или гипно-осоковый торф.
3. Тростниковый торф.
4. Лесной торф.
5. Гумус.

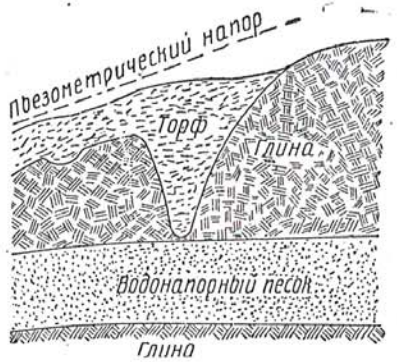


Рис. 191.

В данном случае, несмотря на резко выраженную слоистость рассматриваемой категории болот, отношение этих слоев к воде более или менее одинаково. Поэтому на таких болотах устанавливается кривая депрессии, сходная с нашими теоретическими о ней представлениями.

3) *Разрезы через болота грунтово-напорного питания (ключевые болота)*. При интенсивном выклинивании грунтовых вод, находящихся у притеррасного склона, близ мест их выхода всегда наблюдаются мощные залежи (до 6 м) осоко-гипнового торфа. Однообразие (по ботаническому составу) этих залежей, прерываемое иногда лишь минеральными делювиальными прослойками, объясняется обилием и постоянством дебита грунтовых вод, питающих болото. Поэтому разрез этих болот, несмотря на мощность их притеррасных частей, представляется весьма элементарным — мощный слой совершенно однородного и довольно хорошо проницаемого торфа.

Ниже торфа залегает глина, которая в свою очередь покоится на водоносном напорном слое (рис. 191). Дно воронки, в которой залегает торф, доходит до водоносного слоя. Через это дно и поступает в болото напорная вода.

§ 10. Переувлажненные минеральные грунты

Ниже рассматриваются наиболее типичные переувлажненные минеральные грунты.

1. *Песчаные переувлажненные минеральные почво-грунты* преобладают среди дюнных ландшафтов. Обычно мало плодородны в естественном своем состоянии; имеют мощность от 0,5 до 10 м и больше. Избыточное увлажнение такие грунты имеют в результате двух причин:

а) наличия непроницаемых прослоек в виде ортштейна или оглеения при пологом рельефе со слабыми уклонами;

б) подтопления (т. е. повышения уровня грунтовых вод, вызываемого соответствующим подъемом горизонта водоприемника).

2. *Глинистые или суглинистые переувлажненные почво-грунты* встречаются, например, на моренных ландшафтах и делювиальных отло-

жениях. Обычно уровень глубинных грунтовых вод располагается ниже 3—5 м от дневной поверхности. Лишь весною появляется верховодка. В основном избыточное увлажнение таких типов почв происходит в результате застоя атмосферных осадков.

3. *Суглинистые или глинистые переувлажненные почво-грунты* иногда встречаются на склонах и местных водоразделах. Мощность таких грунтов — от 1 до 10 м и более. Под такими слоями располагается напорный грунтовый поток, питающий в основном эти земли. Профили этих грунтов могут быть различные. Типичный профиль наиболее распространенных в осушительной практике минеральных избыточно увлажненных грунтов таков (рис. 192).

Горизонт A_1 — окрашен перегноем в более или менее черный цвет с преобладанием корней травяной растительности. Этот слой проницаем для воды. Влагоемкость его — 50—60% к общему объему. Мощность этого слоя — обычно 0,1 —0,4 м.

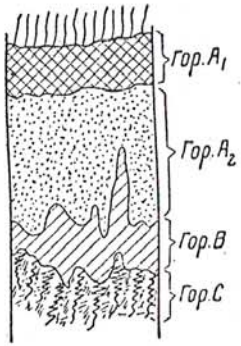


Рис. 192.

Горизонт A_2 — оподзоленный, выщелоченный, светлый, мелкозернистый; состоит почти нацело из кремнезема. Влагоемкость этого слоя и скважность значительно меньше, чем у горизонта A_1. В естественных условиях, пронизанный ходами отмерших корней, он довольно проницаем. При обнажении оподзоленного горизонта его верхний слой быстро изменяет свои свойства и становится плохо водопроницаемым. Мощность горизонта A_2 зависит от интенсивности подзолообразовательного процесса и колеблется обычно от 0,2 до 1 м.

Горизонт В — оглеенный, уплотненный, большей частью сизого цвета (встречается белый, черный и др.). Значительно более развит и имеет большую мощность в пониженных частях рельефа. На водоразделах он развит слабо в виде желваков, отеков и вообще прерывистых образований.

Оглеенный горизонт практически водонепроницаем. Мощность его различна — от тонких жил в 1—2 см толщиною и до 0,5 м.

При существовании условий, благоприятствующих накоплению на поверхности органического вещества, что бывает обычно под пологом леса (низкая температура и насыщенность водой), вместо глея образуется ортштейн.

Горизонт С — залегает ниже оглеенного или ортштейнового горизонта. Это собственно уже порода, не измененная почвообразовательными процессами. Она обычно представлена суглинками и глинами. Когда эта порода является моренной глиной, нередки случаи наличия прослоек щебня и песка. Горизонт С является более проницаемым, нежели глей и ортштейн.

§ 11. Характеристика водосборной площади

Для характеристики водосборной площади нужны следующие данные.

1. Величина и форма водосборной площади. Определяется по имеющимся картам. Для этой цели пригодны карты 1 : 25 000, 1 : 50 000 или более мелкие, желательно с горизонталями. Данные, полученные из карт, поверяются путем рекогносцировочного осмотра. В случае невозможности найти водораздельную линию на карте, необходимо пронивелировать несколько линий по направлению от осушаемого участка к предполагаемому водоразделу по кратчайшему пути. Величина водосборной площади определяется планиметрированием или разбивкой на элементарные площадки.

Форма площади отчасти может быть охарактеризована коэфициентом ее удлиненности; этот коэфициент равен отношению длины водораздельной линии к периметру равновеликого круга (как фигуры, обладающей минимальным периметром при постоянной площади):

$$K = 2{,}8\frac{l}{\sqrt{F}},$$

где K — коэфициент удлиненности;

l — длина водораздельной линии в километрах;

F — величина водосборной площади в гектарах.

Обычно значение K изменяется в пределах от 1 до 1,5.

Важным является указание конкретного взаимного расположения частей водосборной площади.

2. Топография, рельеф водосбора и водосборной площади, растительный покров, гидрография, почвы, хозяйственное использование. Из элементов топографии, рельефа и гидрографии нужно обратить внимание на крутизну склонов, тальвеги, пересеченность рельефа и другие компоненты, определяющие характер поверхностного стока. Знание почв водосбора, растительности и хозяйственного использования позволяет судить как о характере стока (замедление в лесу, уменьшение коэфициента стока на песках, влияние болот и озер на сток и т. д.), так и о причинах образования болота и типе его питания. Здесь надобно учесть распаханность водосбора, размываемость почв, оврагообразовательные процессы, возможность эрозии и т. д.

Анализ характера водосбора помогает установить причину образования болота или переувлажненных минеральных земель, тип их питания, питательный режим, схему осушения, возможность хозяйственного использования и т. д.

Зная характер, величину, форму и другие элементы водосборной площади, можно определить элементы стока (расходы, время стока и т. д.), которые являются одними из основных расчетных данных для проектирования осушительных систем.

ГЛАВА III

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ РАСХОДОВ

§ 12. Расчетные расходы

В качестве расчетных расходов берутся расходы следующих основных фаз гидрологического года:

1) расход весенних полых вод — для расчета гидротехнических сооружений на сети и для интенсивной осушки при севообороте с озимыми культурами;

2) предпосевной расход, соответствующий горизонту весенних паводков в период начала полевых работ;

3) меженний (бытовой) расход — для поверочного расчета каналов, креплений каналов и сопряжений горизонтов боковых и магистральных каналов.

§ 13. Модуль поверхностного стока

Модулем, или нормой поверхностного стока называется величина стока с единицы водосборной площади, выраженная в секундолитрах с гектара.

Коэфициент стока — отношение величины речного стока с данного бассейна к количеству выпавших в нем атмосферных осадков.

Это отношение представляется обычно в таком виде:

$$\sigma = \frac{Q}{h \cdot \Omega \cdot 10\,000};$$

где Q — общее количество воды в кубических метрах, прошедшее через створ водотока с данного бассейна площадью Ω за время T;

h — количество осадков в метрах, выпавшее за тот же период.

В осушительной практике большей частью пользуются не коэфициентом стока, а модулем стока. При определении модуля стока лучше всего брать для расчета имеющиеся величины фактически наблюденного модуля стока в условиях данного объекта осушения или близких к ним. Однако эти данные в настоящее время имеются далеко не везде; они не систематизированы, распылены; поэтому чаще всего модуль стока определяется теоретически.

Фактические данные о модуле стока получаются в результате наблюдений на водомерных постах, обслуживающих водосборные площади типичных ландшафтов. Такие данные должны быть собраны не менее как за 5 лет.

Фактические данные необходимы для составления мелиоративных проектов на крупные площади или для проектов по урегулированию рек — водоприемников.

Для получения фактических данных по модулю стока рекомендуется заблаговременно установить водомерные посты на тех крупных объектах, на которых планируются строительные работы.

При расстановке постов следует руководствоваться такими правилами.

А. На осушаемых площадях посты ставятся: 1) на основном водоприемнике близ возможного впадения магистральных каналов, 2) на мелких естественных или искусственных водостоках, имеющих достаточно типичные бассейны для осушаемого района.

Б. На реках посты ставятся: 1) в начале (голове) участка, подлежащего урегулированию; 2) в нижней части того же участка; 3) на самых значительных притоках реки, подлежащей регулированию; 4) на всех участках, где река изменяет свой характер (по ландшафту, сечению и пр.); 5) в местах резкого изменения общего направления потока.

Перед решением вопроса об организации новых постов следует навести справки (в отделе мелиорации облзу или местном гидрометкомитете), не имеется ли в интересующем нас районе водомерных постов.

§ 14. Определение величины поверхностного стока дождевых осадков с небольших водосборных площадей для района Москвы

П. А. Дудкин, в результате обработки омбрографических записей интенсивности дождей за 22-летний период наблюдений (с 1912 по 1934 г. включительно) обсерваторией им. Михельсона Московской ордена Ленина с.-х. академии им. К. А. Тимирязева, дал метод для определения (теоретическим путем) величины летнепаводкового расхода с небольших

водосборов.* Величина максимального расхода от выпавшего дождя равна:

$$Q = i\sigma F, \qquad (1)$$

где σ — коэфициент стока;

i — средняя интенсивность дождя в миллиметрах в минуту;

F — площадь водосбора в квадратных километрах;

T — время выпадения (продолжительность) дождя в минутах;

H — количество выпавших осадков в мм; оно определяется по графику (рис. 193).

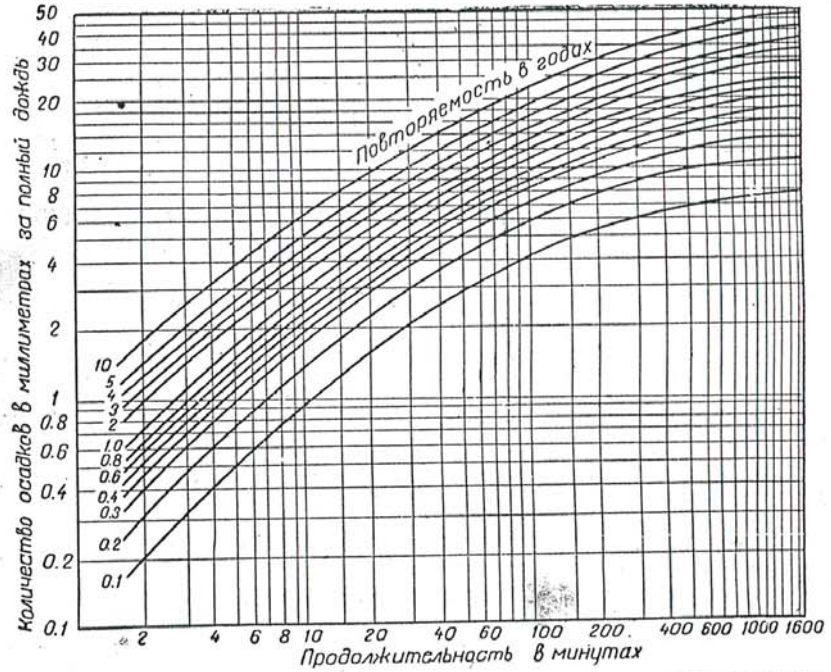


Рис. 193. График зависимости количества осадков от их повторяемости и продолжительности для района Москвы.

При $i = \frac{H}{T}$, выраженном в миллиметрах в минуту, и F — в квадратных километрах, для определения Q в кубических метрах в секунду имеется следующая формула:

$$Q = 16{,}67\sigma \cdot F \cdot \frac{H}{T}\ \text{м}^3/\text{сек}. \qquad (2)$$

Коэфициент замедления стока в формуле отсутствует, потому что, как считает автор, для $F < 60$ км² им можно пренебречь.

* Журнал «Метеорология и Гидрология», 1936, № 7.

Таблица для определения величины коэфициента стока σ (в формуле П. А. Дудкина)

Поверхности в естественном состоянии	Слабые уклоны (до 0,01)	Умеренные уклоны (0,01—0,05)	Сильные уклоны 0,05
Сплошные леса и рощи	0,05	0,10	0,15
Рыхлые каменистые и песчаные грунты	0,10	0,15	0,20
Поросли и кустарники на песчаном грунте	0,15	0,20	0,25
То же на глинистом грунте	0,20	0,25	0,30
Обработанные поля на песчаном грунте	0,20	0,25	0,30
То же на глинистом грунте	0,25	0,30	0,35
Степи и луга на песчаном грунте	0,25	0,30	0,35
То же на глинистом грунте	0,30	0,35	0,40

Зависимость количества осадков от их повторяемости и продолжительности определяются по графику (см. рис. 193).

Продолжительность дождя (T) в минутах определяется по формуле:

$$T = \frac{l}{60 v_c} + \frac{l_1}{60 v_k}; \qquad (3)$$

где l — наибольшая длина водосборного ската в метрах;

l_1 — наибольшая длина пути по каналам в метрах;

v_c — скорость течения воды по скату (в метрах в секунду);

v_k — скорость течения воды в канале в метрах в секунду.

Значение средней скорости течения воды по скату можно определять по формуле:

$$v_c = \frac{61}{\gamma} \sigma H \sqrt{J} \text{ в метрах в секунду,} \qquad (4)$$

где σ определяется по вышеприведенной таблице.

Д. П. Юневич рекомендует следующие значения коэфициента шероховатости γ:

Характер поверхности	γ
Вспаханная поверхность вдоль склона	3,8
Поверхность без дерна, укатанная	7,0
Поверхность без дерна, вспаханная поперек склона	10,8

Для поверхностей в естественном состоянии коэфициент шероховатости определяется по шкале Horton'a (см. табл. на стр. 477).

Скорость течения воды в осушительных каналах в каждом отдельном случае определяется средней скоростью воды в канале при полном заполнении.

Вычисления ведутся подбором. Сначала задаются некоторым значением скорости стекания по скату; по уравнению (3) определяют значение T и количество осадков H. Имея H, проверяют правильность принятой величины скорости течения по скату по формуле (4); если расхождения не больше 5—7%, то вычисляют максимальный расход дождевого паводка по формуле (2).

Коэфициент шероховатости по Хортону

Состояние русла	Превосходное	Хорошее	Среднее	Плохое
Чистое прямое русло, негладкое, без перекатов и омутов	0,025	0,0275	0,030	0,033
То же, что в п. 1, но более заросшее и с камнями	0,030	0,033	0,035	0,040
Турбулентное движение, с редкими омутами, подмелями, чистое	0,033	0,035	0,040	0,045
То же, что и в п. 3, но с более грубым руслом, неравными откосами и сечением	0,040	0,045	0,050	0,055
То же, что и в п. 3, но с более заросшим руслом и камнями	0,035	0,040	0,045	0,050
То же, что и в п. 4, но с каменистым ложем	0,045	0,050	0,055	0,060
Реки с медленным течением, более заросшие, со многими глубокими омутами	0,050	0,060	0,070	0,080
Заросшие на большом протяжении	0,075	0,100	0,125	0,150

Приводим пример расчета (из работы П. А. Дудкина). $F = 6{,}07$ км², водосбор — лесной, боровой; наибольшая длина ската $l = 400$ м и уклон его $J = 0{,}01$; наибольшая длина каналов $l_1 = 2\,500$; v_k — 0,4 м/сек. (ольшаниковый торф); $\sigma = 0{,}20$ и $\gamma = 5{,}5$ (по Срибному). Повторяемость расчетного расхода — 1 раз в год.

1-е приближение. Принимаем $v_c = 0{,}01$ м/сек.

По формуле (3):

$$T = \frac{400}{60 \cdot 0{,}01} + \frac{2\,500}{60 \cdot 0{,}4} = 771 \text{ мин.}$$

Имея T, определяем по графику (стр. 475) величину H, которая при повторяемости 1 раз в год равна 22 мм. Проверяем принятую величину скорости течения по скату по уравнению (4):

$$v_c = \frac{61}{5{,}5} \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}022 \cdot \sqrt{0{,}01} = 0{,}0049 \text{ м/сек.}$$

Полученное значение v_c значительно меньше принятого, поэтому берем меньшее значение.

2-е приближение. Принимаем $v_c = 0{,}005$ м/сек. Имеем:

$$T = \frac{400}{60 \cdot 0{,}005} + \frac{2500}{60 \cdot 0{,}4} = 1437 \text{ мин.}$$

По графику $H = 24$ мм. Тогда:

$$v_c = \frac{61}{5{,}5} \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}024 \cdot \sqrt{0{,}01} = 0{,}0053 \text{ м/сек.}$$

Полученная скорость отличается менее чем на 5—7% от принятой. По уравнению (2):

$$Q = 16{,}67 \sigma F \cdot \frac{H}{T} = 16{,}67 \cdot 0{,}2 \cdot 6{,}07 \cdot \frac{24}{1437} = 0{,}338 \text{ м}^3/\text{сек.}$$

Модуль стока $q = \frac{0{,}338 \cdot 1\,000}{607} = 0{,}56$ секундолитра с гектара.

П. А. Дудкин считает возможным распространить этот метод определения модуля стока на другие районы СССР, по которым гидрометрические материалы отсутствуют.

§ 15. Определение максимального расхода талых вод

Формула проф. Д. Л. Соколовского

Автором использованы данные многочисленных наблюдений, причем все данные о максимальных расходах (за небольшим исключением) получены в результате систематических водомерных и гидрометрических измерений в каждом пункте. Этим они отличаются от большинства данных Д. И. Кочерина (полученных по формулам Шези и опросному горизонту и использованных в его формулах).

Максимумы (максимальные расходы) сгруппированы по районам согласно произведенному районированию европейской части СССР по характеру максимальных модулей весеннего стока и по географическим особенностям того или иного района. Выделены следующие зоны: зона тундры (А), лесная зона (Б), лесо-степная (В) и степная (Г). Некоторые из этих зон подразделяются на области и районы (см. рис. 194).

Максимальные расходы талых вод характеризуются их модулями, выражающими число кубических метров воды осадков, стекающих в секунду с 1 км² площади бассейна.

Общее выражение модуля максимального стока следующее:

$$M_{max} = \frac{A_T}{f(F)},$$

где A_T — значение максимального элементарного стока с бесконечно малой площадки, или

$$M_{max} = \frac{A}{F^n},$$

$$n \text{ — около } 0{,}25; \quad A = M \cdot \sqrt[4]{F},$$

где A и M выражены в кубических метрах в секунду.

В том случае, когда A должно быть выражено в миллиметрах слоя воды в 1 час, формула приобретает такой вид:

$$A = \frac{M \cdot \sqrt[4]{F}}{0{,}278},$$

где 0,278 — переводный коэфициент;

M — модуль стока в кубических метрах в секунду.

Если модуль стока M выражен в литрах в секунду, а A должно быть выражено в миллиметрах слоя воды в 1 час, то получим такую формулу:

$$A = \frac{M \cdot \sqrt[4]{F}}{1\,000 \cdot 0{,}278}.$$

Для расчетов по этой формуле необходимо пользоваться тремя картами.

На картах нанесены изолинии норм максимального стока талых вод, в миллиметрах в час для европейской части СССР. При этом дается: а) среднее значение максимума (рис. 195 а), б) максимума при 5% обеспеченности (рис. 195 б), в) максимума при 1% обеспеченности (рис. 195 в).

Модуль максимального стока на основании карт может быть определен по уравнению:

$$M_{max} = \frac{0{,}278A}{\sqrt[4]{F}} \cdot 1\,000 \text{ л/сек.},$$

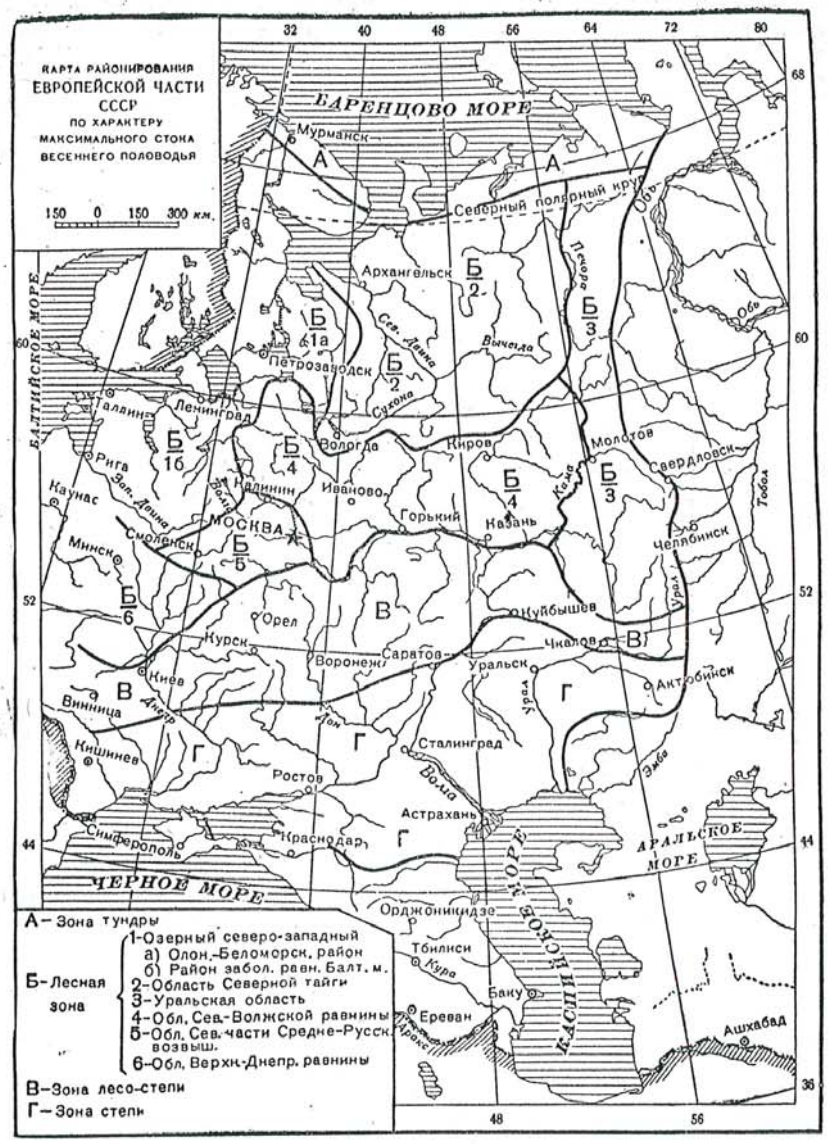


Рис. 194. Карта районирования европейской части СССР по характеру максимального стока весеннего половодья.

где A — величина элементарного максимального стока, обозначенная на карте *.

* Значения коэфициента A и модуля M даются в таблицах, приложенных к книге Д. Л. Соколовского «Нормы максимальных стоков весенних паводков», 1937 г.

Значения максимального стока (при нанесении их на карту) относились не к створу, а ко всему водосбору в целом — к геометрическому его центру. Поэтому для избежания ошибок рекомендуется пользоваться картами для малых водосборов. Эти карты дают возможность приближенно установить норму максимального стока, свойственную данному району для типичных водосборов, или районную норму максимального стока заданной обеспеченности.

Для северных районов (северное Заволжье и Северная область) с густыми лесами вводится коэфициент на лесистость $K = 1 - 0{,}6\gamma$, где γ — относительная лесистость (в долях от единицы).

Для более южных районов, где менее густые леса вызывают меньшую редукцию пика паводка:

$$K = 1 - 0{,}3\gamma.$$

Зависимость коэфициента A от величины озерности и заболоченности следующая:

$$A_{5\%} = 2{,}32 - 1{,}50 \lg (0{,}20\beta + \alpha + 1), \qquad (а)$$

$$A_{1\%} = 2{,}77 - 1{,}67 \lg (0{,}20\beta + \alpha + 1), \qquad (б)$$

где β — процент заболоченности водосбора; α — процент озерности.

Эти уравнения могут служить также для водосборов только озерных или только заболоченных.

Типичной нормою максимального элементарного стока (величины коэфициента A) для лесной зоны всего СССР является $A = 2$ м³/сек. или $\backsim 7{,}0$ мм в час.

Примеры расчета (заимствованы из работы Соколовского).

Пример 1. Требуется определить максимальный расход талых вод речки в бассейне р. Москвы с площадью водосбора $F = 4{,}5$ км². Рельеф пересеченный, озер и болот нет. По карте изолиний максимального элементарного стока находим $A_{5\%} = 9{,}0$ мм/час; $A_{1\%} = 12{,}0$ мм/час.

$$M_{5\%} = \frac{0{,}278 \cdot A}{\sqrt[4]{F}} = \frac{2{,}5}{1{,}45} = 1{,}72 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

$$M_{1\%} = \frac{3{,}33}{1{,}45} = 2{,}29 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

$$Q_{5\%} = 4{,}5 \cdot 1{,}72 = 7{,}75 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

$$Q_{1\%} = 4{,}5 \cdot 2{,}29 = 10{,}3 \text{ м}^3/\text{сек}.$$

Пример 2. Требуется определить максимальный расход в том же районе для реки с площадью 50 км². Река вытекает из небольшого озера с площадью зеркала в 1,5 км². Кроме того, в водосборе имеется болото, занимающее площадь 6 км².

Следовательно:

$$\alpha = \frac{1{,}5}{50} \cdot 100 = 3\%,$$

$$\beta = \frac{6}{50} \cdot 100 = 12\%.$$

По формуле (*а*) находим, что при таком проценте озерности и заболоченности редукция составляет:

$$K = \frac{2{,}32 - 1{,}50 \lg (0{,}20\beta + \alpha + 1)}{2{,}32} = \frac{1{,}11}{2{,}32} = 0{,}48 \backsim 0{,}50.$$

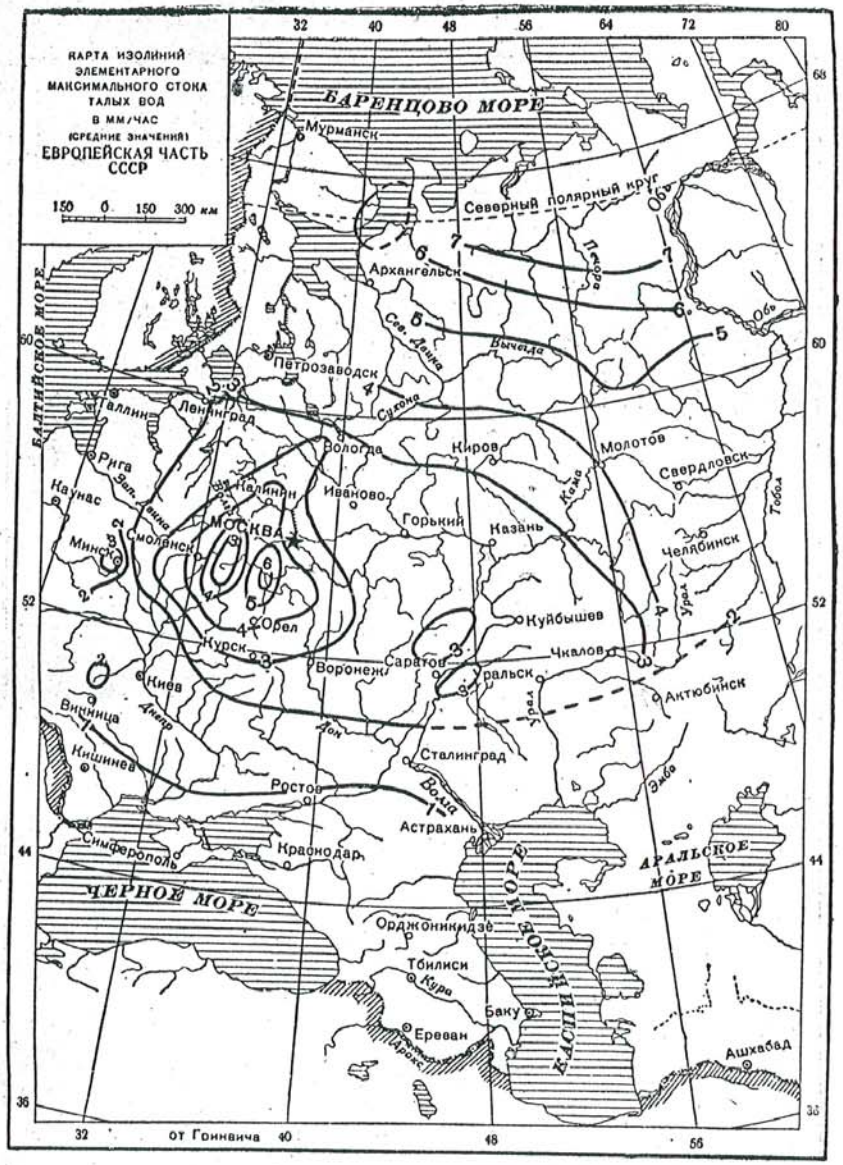


Рис. 195а. Карта изолиний элементарного максимального стока талых вод в миллиметрах в час (средние значения). Территория европейской части СССР.

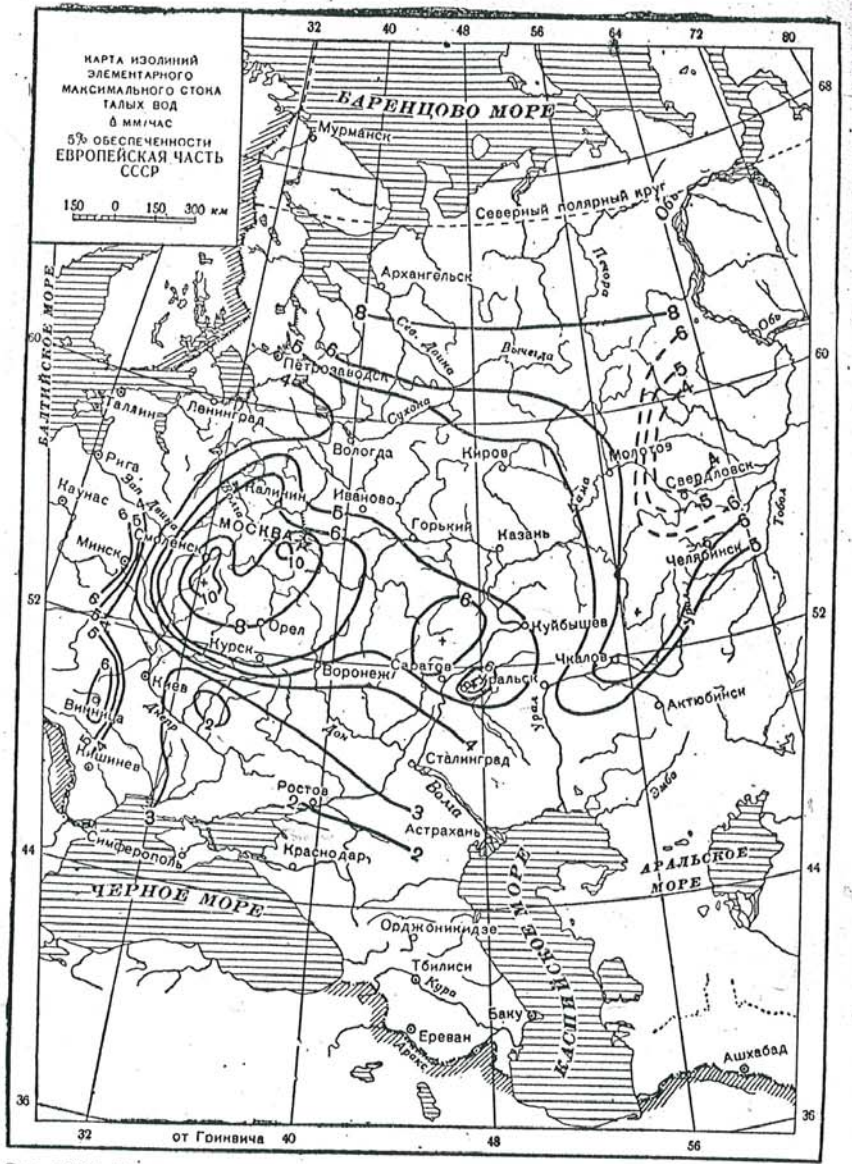


Рис. 195б. Карта изолиний элементарного максимального стока талых вод в миллиметрах в час (5% обеспеченности). Территория европейской части СССР.

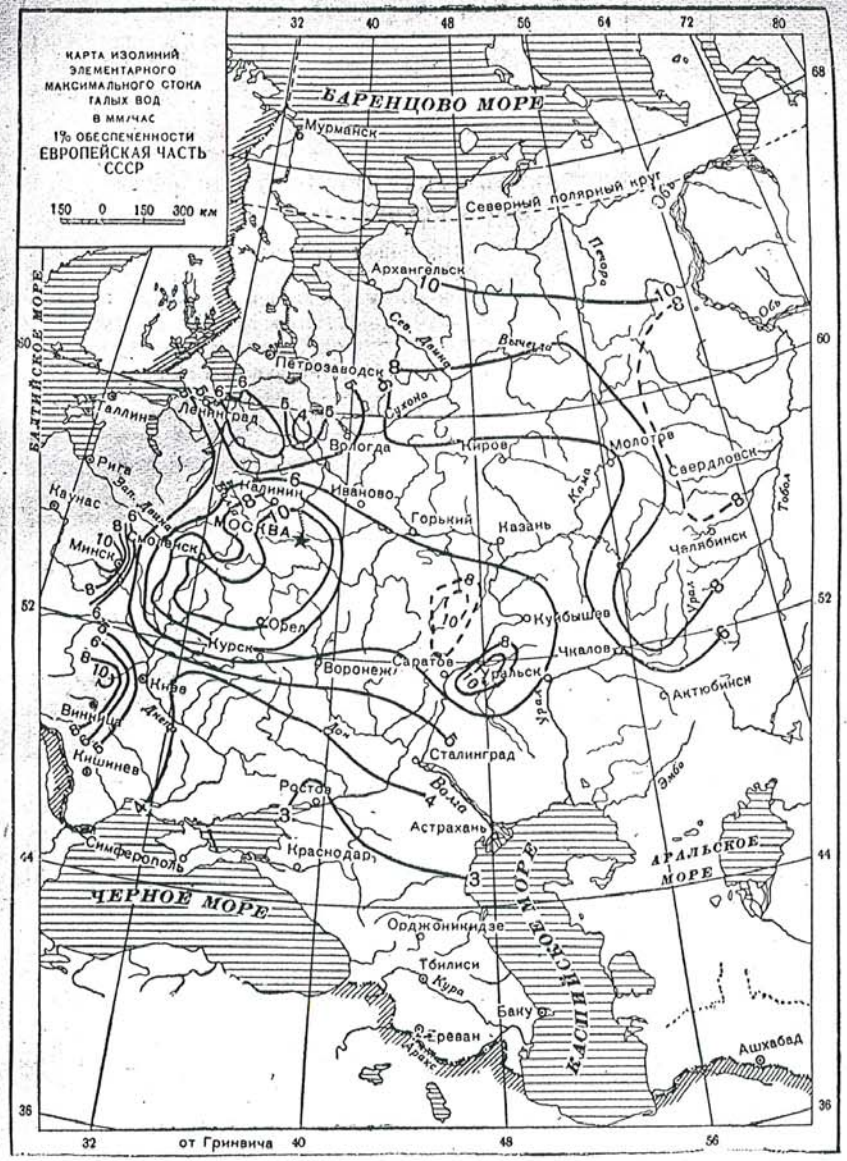


Рис. 195в. Карта изолиний элементарного максимального стока талых вод в миллиметрах в час (1% обеспеченности). Территория европейской части СССР.

Следовательно, определяем на основании данных примера 1:

$$A_{5\%} = 4{,}5 \text{ мм/час}; \quad A_{1\%} = 6{,}0 \text{ мм/час};$$

$$M_{5\%} = \frac{0{,}278 \cdot A}{\sqrt[4]{50}} = \frac{1{,}25}{2{,}66} = 0{,}47 \text{ м}^3\text{/сек}; \quad M_{1\%} = \frac{1{,}67}{2{,}66} = 0{,}63 \text{ м}^3\text{/сек};$$

$$Q_{5\%} = 50 \cdot 0{,}47 = 24 \text{ м}^3\text{/сек}; \quad Q_{1\%} = 50 \cdot 0{,}63 = 32 \text{ м}^3\text{/сек}.$$

§ 16. Обычные эмпирические формулы для расчета стока в осушении

Гидрологический расчет осушительных систем производится в зависимости от типа севооборота, подлежащего организации на осушаемой территории, в соответствии с указаниями следующей таблицы (из инструкции по составлению технических проектов осушения на 1938 г.).

Тип севооборота	Не допускается затопление паводковыми водами	Расчетные периоды	
		Основной	Поверочный
1. Сенокосный	От начала вегетации до окончания уборки	Летнепаводковый	Бытовой
2. Пастбищный	В течение вегетационного периода	Предпосевной	Летнепаводковый, бытовой
3. Полевой без озимых	В течение вегетационного периода	Предпосевной	Посевной бытовой
4. Полевой с озимыми	Затопление недопустимо совершенно	Весенний паводок	Посевной бытовой
5. Овощной	От начала сева — до окончания уборки	Предпосевной	Посевной бытовой

Гидрологический расчет производится на основании результатов обработки имеющихся фактических данных по стоку для рассматриваемого водосбора. При отсутствии фактических наблюдений над стоком для проектируемого участка гидрологический расчет производится по эмпирической формуле ВНИИГиМ.

Эмпирические формулы ВНИИГиМ для определения стока

Области / Характеристика водосбора	Смоленская	Московская, Калининская, Ярославская	Ивановская, Кировская, Горьковская	Ленинградская
I. Водосборы с холмистым рельефом, слабо заболоченным, с преобладанием глинистых почв	$q_m = P_0 \frac{5{,}52}{F^{0,14}}$	$q_m = P_1 \frac{16{,}87}{F^{0,14}}$	$q_m = P_3 \frac{52{,}98}{F^{0,26}}$	$q_m = \frac{14}{F^{0,3}}$
II. Водосборы с пологими склонами, с преобладанием песчаных и песчаноболотных почв	$q_m = P_0 \frac{5{,}52}{F^{0,14}}$	$q_m = P_2 \frac{8{,}23}{F^{0,18}}$	$q_m = P_2 \frac{35{,}0}{F^{0,39}}$	—

В этих формулах:

q_m — максимальный модуль стока в литрах в секунду с 1 га;

F — площадь водосбора в гектарах;

P_1, P_2, P_3 — коэфициенты, зависящие от принимаемой повторяемости расчетного модуля стока и определяемые следующей таблицей.

Значение коэфициентов P_1, P_2 и P_3 в формулах ВНИИГиМ

Коэфициенты	Расчетный модуль стока повторяется 1 раз в			
	15 лет	10 лет	4 года	2 года
P_1	1,0	0,93	0,70	0,44
P_2	1,0	0,98	0,87	0,64
P_3	1,0	0,94	0,77	0,60

P_0 — отношение медианной ординаты, соответствующей кривой распределения Фостера с коэфициентом вариации:

$C_v = \frac{7{,}164}{F^{0,278}}$ к ординате, соответствующей расчетной повторяемости.

Формулы для предпосевного, посевного и бытового модулей стока

Расчетный период	Характер водосбора
Предпосевной	Водосборы с холмистым рельефом (крутые склоны), с преобладанием глинистых почв, слабо заболоченные: $q_{пр} = kq_m$ л/сек.
	Водосборы с пологими склонами с преобладанием песчаных и песчано-болотных почв: $q_{пр} = k_1 q_m$ л/сек.
Посевной	Независимо от характера водосбора $q_n = 0{,}25\, q_m$ л/сек.
Бытовой	$q = 0{,}02$ л/сек.; Смоленская область
	$q = 0{,}04$ л/сек.; Московская, Калининская, Ярославская
	$q = 0{,}05$ л/сек.; Ивановская, Кировская, Горьковская

Здесь: $q_{пр}$ — предпосевной модуль стока в литрах в 1 секунду с 1 га;

q_n — посевной модуль стока в литрах в 1 секунду с 1 га;

q_m — максимальный модуль стока в литрах в 1 секунду с 1 га;

k и k_1 — коэфициенты, зависящие от времени допускаемого затопления осушаемой площади во время весеннего паводка; эти коэфициенты определяются формулами:

$$k = \frac{1{,}64}{T^{0,34}} - 0{,}40; \quad k_1 = \frac{3{,}63}{T^{0,2}} - 1{,}64,$$

где T — время затопления, допускаемое для осушаемой площади; оно определяется таблицей (см. табл. на стр. 486).

Таблица значений T

Вид севооборота	Допускаемое время затопления в сутках
Севооборот сенокосный	20—25
» пастбищный	10—15
» полевой без озимых	10—15
» полевой с озимыми	5—7
» овощной	3—5

Для районов, где не имеется ни фактических данных о стоке, ни местных формул стока, иногда можно пользоваться формулой Ишковского (см. «Справочник», том II, стр. 221—226).

Для Белоруссии и северной части украинского Полесья применима формула проф. А. Д. Дубаха для определения максимума стока за период вегетации (летнепаводковых расходов):

$$q = \frac{3}{\sqrt[3]{F}} \cdot \frac{k}{1{,}55} \sqrt[4]{\frac{J}{0{,}0003}} \text{ л в секунду с 1 га;}$$

где F — площадь водосбора в гектарах;
J — средний уклон рассчитываемого канала;
q — модуль стока в литрах с 1 га;
k — коэфициент приходо-расхода влаги, определяемый по таблице:

Таблица значений коэфициентов приходо-расхода влаги k

Край, область, район	Коэфициент k	Край, область, район	Коэфициент k
Архангельская	1,68	Московская	1,36
Вологодская	1,51	Владимирская	1,40
Карело-Финская ССР	1,60	Рязанская	1,01
Ленинградская	1,67	Кострома	1,55
Новгородский	2,00	Горьковский	1,10
Псковский	1,77	Тамбовская	0,93
Калининская	1,62	Пенза	0,93
Витебск	1,81	Татарская АССР	0,96
Минск	1,55	Кировский	1,10
Могилев	1,45	Молотовская	1,20
Смоленская	1,55	Башкирская АССР	1,19
Подольская	0,98	Чкаловская	0,56
Киевская	0,88	Куйбышевский	0,48
Черниговская	1,35	Саратовская	0,60
Полтавская	0,80	Сталинградская	0,24
Орловская	1,20	Азово-Черноморский	0,51
Курская	0,80	Днепропетровская	0,68
Харьковская	0,82	Херсон	0,50
Воронежская	0,85	Молдавская АССР	0,60
Тульская	1,05	Свердловская	0,27

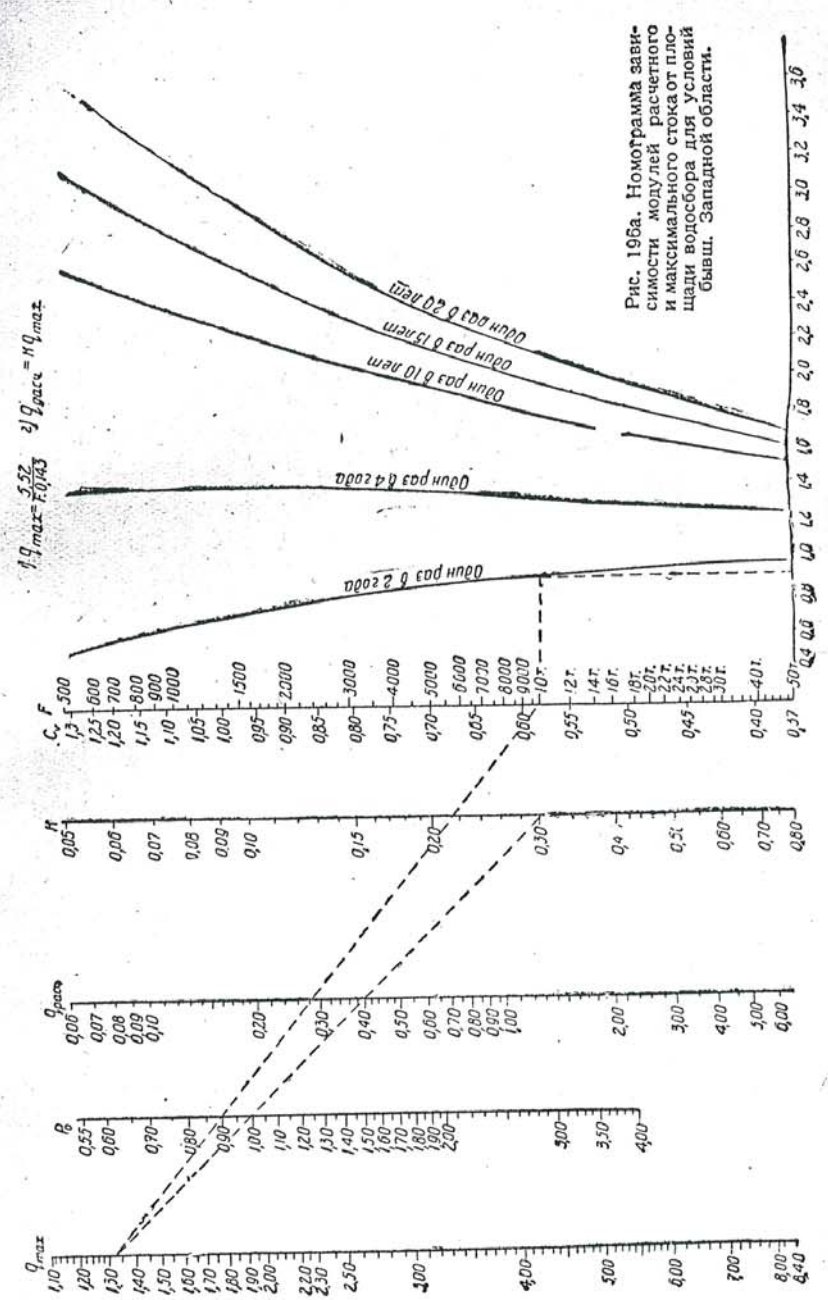


Рис. 196а. Номограмма зависимости модулей расчетного и максимального стока от площади водосбора для условий бывш. Западной области.

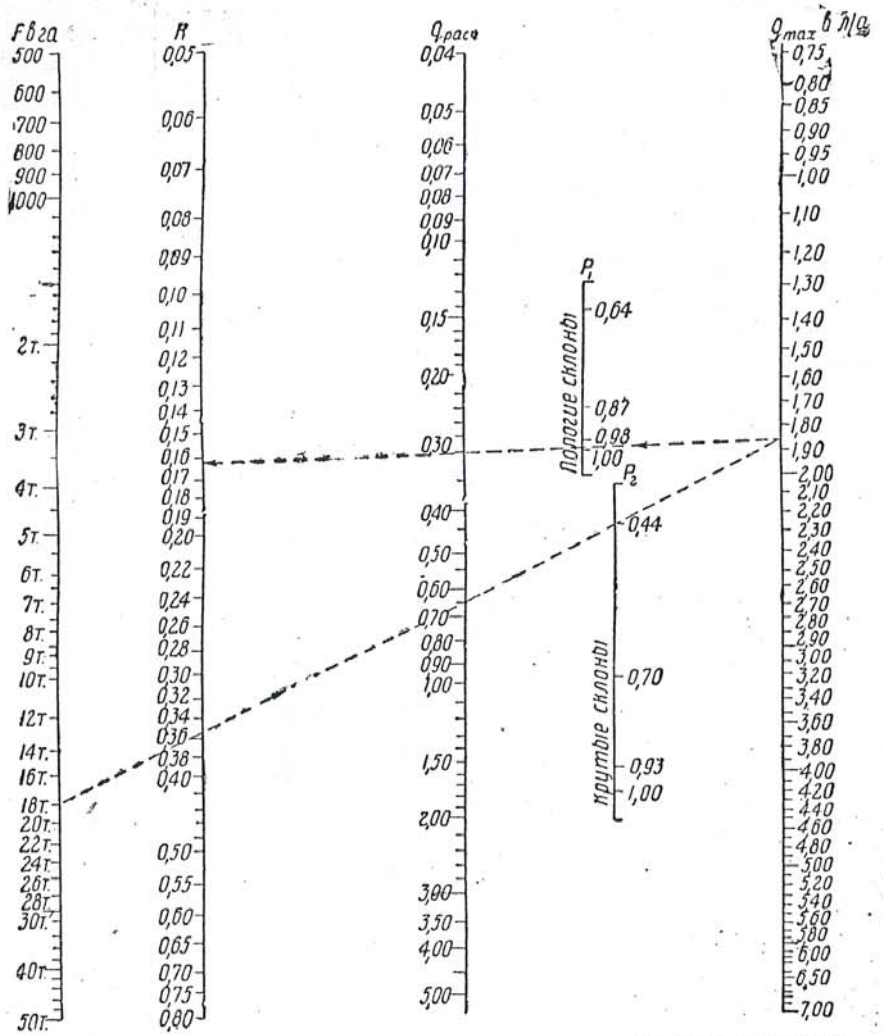


Рис. 196б. Номограмма зависимости расчетного и максимального стока от площади водосбора для условий Московской и Калининской областей.

Интенсивность осадков

Величина интенсивности осадков входит в формулы, определяющие водный баланс осушаемых территорий, расстояние между собирательными каналами, а также и в некоторые формулы, определяющие величину стока.

Действительная интенсивность затяжных осадков в час, выраженная в слое воды в метрах, определяется следующей таблицей (см. верхнюю таблицу интенсивности осадков на стр. 490).

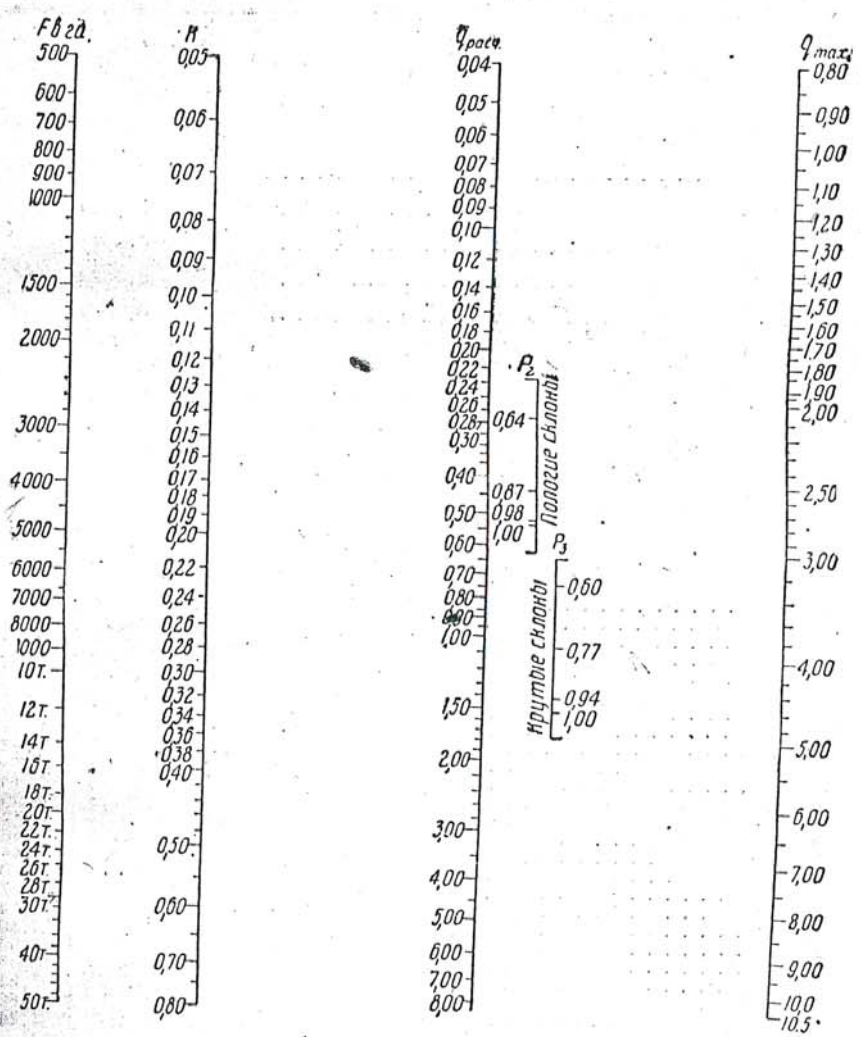


Рис. 196в. Номограмма зависимости модулей расчетного и максимального стока от площади водосбора для условий Кировской и Горьковской областей.

§ 17. Дренажный сток (внутренний)

1) Акад. А. Н. Костяков выражает значение модуля дренажного стока такой формулой:

$$q = \frac{P\eta\alpha}{t \cdot 3 \cdot 864} \text{ секундолитров с 1 га,}$$

где P — осадки в миллиметрах;

Таблица интенсивности осадков (затяжных дождей)

Название области или района	Наибольшая действительная интенсивность осадков (в метрах в час)
Московский	0,0010
Волоколамский, Московской области	0,0012
Калининская область	0,0011
Ленинградская область	0,0022
Смоленская область	0,0030

Таблица средней суточной интенсивности осадков в миллиметрах
(за 15 лет)

Станции	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь
Мезень	2,38	4,65	4,62	4,47	3,28	2,82
Архангельск	3,36	4,32	5,56	4,48	3,47	3,25
Каргополь	3,82	4,56	4,72	4,48	3,51	2,80
Ленинград	2,91	4,87	3,71	4,81	3,49	2,91
Вологда	3,76	4,69	4,35	4,10	3,67	2,98
Богословск (средний Урал)	3,98	5,13	5,19	6,90	3,41	2,16
Златоуст	3,58	5,77	6,27	4,90	4,03	2,49
Молотов	3,79	4,93	4,64	4,16	3,40	2,69
Киров	3,65	3,03	4,30	4,71	3,61	2,97
Вышний Волочек	4,17	5,08	4,90	4,88	3,60	2,63
Москва	4,17	4,10	5,38	4,28	3,25	3,70
Василевичи (БССР)	4,86	5,57	6,52	4,85	4,78	4,05
Кирово (Одесская область)	4,52	5,41	5,26	6,41	5,09	4,92
Ворошиловград	4,71	4,89	5,62	5,93	4,99	4,43
Ростов-на-Дону	5,08	5,22	6,36	5,62	5,21	4,44
Ворошиловск	5,05	8,50	6,83	5,24	6,62	4,70
Пенза	3,22	4,48	4,37	4,42	3,59	3,41
Астрахань	3,67	3,50	2,96	3,70	3,99	2,57
Чкалов	3,69	4,59	4,20	3,51	2,97	2,80
Омск	2,80	4,19	4,62	3,89	2,53	1,93
Томск	2,99	4,29	4,61	4,71	3,12	2,69
Барнаул	3,31	4,69	5,26	4,64	3,58	3,81
Иркутск	3,34	4,77	5,94	5,34	3,62	1,82
Нерчинский завод	4,61	5,08	9,28	8,69	4,90	2,24

η — коэфициент поглощения, который равен единице минус коэфициент стока; он изменяется при средних условиях от 0,6 до 0,9; меньшая величина относится к талым весенним и летним ливневым водам;

t — время в сутках;

β — коэфициент >1, который зависит от проницаемости почвы и степени или интенсивности осушения: чем больше та и другая, тем величина β может быть принята ближе к 1,0;

α — дренажный коэфициент просачивания в процентах; он равен:

$$\alpha = 1 - \frac{10H(\rho - r)}{P \cdot \eta},$$

где H — глубина дренируемого слоя в метрах;

ρ — потенциальная влагоемкость данной почвы в процентах (приблизительно эта величина равна 0,50—0,65 полной скважности данной почвы);

r — наличная влажность данной почвы в рассматриваемый момент времени в процентах.

Остальные обозначения, как ранее указано.

В нижеследующей таблице приводятся среднемесячные значения дренажного коэфициента просачивания α для разного времени года и для двух видов почв: а) минеральных и б) торфяных:

Значения дренажного коэфициента просачивания
(в процентах)

Месяцы	Значения коэфициента α в процентах		Месяцы	Значения коэфициента α в процентах	
	минеральные почвы	торфяные почвы		минеральные почвы	торфяные почвы
Январь	57	80	Июль	20	12
Февраль	66	96	Август	8	11
Март	97	110	Сентябрь	14	19
Апрель	43	57	Октябрь	27	43
Май	30	35	Ноябрь	39	37
Июнь	22	10	Декабрь	47	60

Если принять за величину P месячное количество осадков в миллиметрах и t — число дней с осадками в соответствующем месяце, то величина $\frac{P}{t} = p$ мм даст среднюю суточную интенсивность (см. таблицу на стр. 490).

Для расчета надо взять среднюю наибольшую суточную интенсивность просачивания воды в почву $p - \sigma$ (где σ коэфициент стока) за критическое время всего с.-х. периода данной площади. Она должна быть выведена из продолжительных, не менее 10 лет, метеорологических наблюдений для данной местности.

Для этого надо прежде всего определить значения: 1) средней наибольшей суточной интенсивности осадков для разных месяцев (сумма месячных осадков, деленная на число дней с осадками в данном месяце) и 2) средней наибольшей суточной интенсивности таяния (сумма зимних осадков в водяном слое, деленная на продолжительность периода таяния в данном году), так как внутренний сток зимних осадков происходит у нас весной после оттаивания почвы.

Расчет на интенсивность ливней не должен делаться, так как ливневые воды: 1) имеют очень малый коэфициент поглощения η и 2) ливни наблюдаются сравнительно редко. Расчет на ливни дал бы совершенно неэкономическое сечение регулирующей сети.

Затем надо установить значения коэфициентов поглощения η и просачивания осадков α для разных месяцев; эти значения также изменя-

ются во времени по отдельным месяцам. Так как тот месяц, когда значение α имеет максимум, может не совпадать с тем месяцем, когда интенсивность осадков или таяния p бывает также максимальной, то за расчетный нужно взять и тот месяц, для которого максимум будет иметь значение произведения p, η, α.

Для многих наших районов наибольшее значение суточной интенсивности осадков приходится на летние месяцы (июль); наибольшее же значение коэфициента просачивания имеет место в весенние месяцы. Поэтому определение внутреннего стока для периода весеннего таяния обязательно, так как оно часто дает наибольшее значение.

2) Инж. Сикорский дает следующие значения модуля дренажного стока в секундолитрах с гектара (см. таблицу).

Значения модуля дренажного стока, по данным Сикорского

Годовое количество осадков (в миллиметрах)	Водопроницаемость почвы		
	Малая	Средняя	Большая
500—600	0,31	0,43	0,57
600—700	0,34	0,47	0,62
700—800	0,37	0,51	0,68
800—900	0,40	0,55	0,73

3) Проф. Фридрих дает следующие расчетные значения модуля дренажного стока в секундолитрах с 1 га:

а) для лугов и ровных мест —0,65;

б) для гористых мест —0,75;

в) для полей и очень проницаемых почв —1,00;

г) для тяжелых глинистых почв значение дренажного модуля понижается до 0,31—0,57.

4) Проф. Шпётле приводит такие значения дренажного модуля в секундолитрах с 1 га:

а) для тяжелых глинистых почв — 0,35—0,50;

б) для обычных средних почв —0,50—0,70;

в) для легких почв — 0,70—2,10.

5) Рислер и Вери (Франция) дают такие расчетные значения модуля дренажного стока: для полевых угодий — 0,82—1,00 секундолитра с гектара (исходя из условия отвода в течение 14 дней второй половины марта осадков и таяния снега в количестве 100 мм). Для лугов они понижают эти нормы стока до 0,60 секундолитра с гектара.

6) Расчетный сток по данным американской практики (Farm drainage U. S. Departament of agriculture farmers bulletin № 1606)

1. Обыкновенные суглинистые почвы . . . . . 0,7 л в секунду с 1 га
2. Более проницаемые почвы (легкий суглинок) . . . 1,1 » » » 1 »
3. При выпуске поверхностной воды в дрены . . . . 2,2—3,0 » » » 1 »

7) Расчетный сток, согласно инструкции НКЗ РСФСР, следующий:

1. Очень тяжелые почвы . . . . . 0,3—0,4 в секунду с 1 га
2. Средние почвы . . . . . 0,5—0,6 » » » 1 »
3. Легкие почвы . . . . . 0,6—0,7 » » » 1 »

При избыточном увлажнении, вызванном грунтовыми водами, сток может быть в 2—3 раза больше указанного в инструкции.

Полагаем (проф. Брудастов), что для советских условий наиболее целесообразными для с.-х. дренажа являются данные инструкции НКЗ; для строительного дренажа — американские.

Водосбор для дренажа определяется лишь той площадью, которая находится под непосредственным влиянием данной дрены (или системы) и обслуживается этой дреной (или системой).

ГЛАВА IV

ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ И ПРИНЦИПЫ ИХ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

§ 18. Зависимость распределения осушительных систем от местных естественных условий

Каждая осушительная система располагается в зависимости от гидрогеологического строения осушаемой площади, а также от типа водного питания, преобладающего на данной площади.

Основными факторами, влияющими на расположение элементов осушительных систем, являются:

1) цели осушения,

2) гидрогеологическое строение осушаемой площади,

3) рельеф,

4) преобладающее водное питание осушаемой территории.

1. Расположение и конструкция осушительных устройств на землях, осушаемых для сельского хозяйства, будут совершенно иные, нежели для коммунального хозяйства или для других отраслей народного хозяйства.

Расположение осушительной сети зависит от требований к водному и водно-воздушному режиму на осушаемой территории, а эти требования различны даже для отдельных с.-х. угодий.

2. Расположение осушительной сети зависит также от гидрологии осушаемой площади. Особое значение имеет распределение проницаемых (например торфа, песчаных пород и пр.) и малопроницаемых (глин, мергелей и пр.) слоев и их взаимное расположение. Это распределение определяет глубину заложения и конструкцию регулирующих элементов осушительной сети.

Как правило, дренажи закладываются только в проницаемые слои. В непроницаемые грунты дренажи закладывать бесполезно.

3. Рельеф дневной поверхности проницаемых грунтов и рельеф кровли ближайшего к поверхности непроницаемого слоя также оказывают влияние на распределение осушительной сети. Обычно регулирующие элементы систем для ускорения поверхностного стока проектируются параллельно горизонталям дневной поверхности. Основные элементы дренажной сети располагаются вдоль тальвегов водоупора или вдоль периферии осушаемой площади по наиболее высоким отметкам водоупора.

4. Преобладающее водное питание осушаемой территории в значительной степени влияет на расположение и конструкцию регулирующих элементов осушительной сети. Подробнее это влияние разбирается в следующем параграфе.

§ 19. Распределение элементов сети в зависимости от водного питания

Регулирующие элементы осушительных систем и их конструкция в зависимости от гидрогеологического строения и водного питания распределяются следующим образом.

1) *Атмосферное питание:*

А. Предварительная осушка болот — открытые каналы, гидрологические собиратели (под острым углом к горизонталям).

Б. Пашни на илистых и других слабо проницаемых грунтах —продольная уклону обработка и закрытые собиратели под острым углом к горизонталям.

2) *Грунтовое питание:*

А. Нагорные каналы, перехватывающие поверхностные воды и верховодки, стекающие с водосбора.

Б. Донные каналы вдоль тальвегов подстилающего (верхний фильтрующий слой) грунта.

В. Дренажи систематические, открытые или закрытые, смотря по хозяйственным требованиям.

3) *Грунтово-напорное питание:*

А. В болотах. Ловчие каналы, проходящие вдоль воронок минерального дна болота. В случае глубокого залегания дна этих воронок и значительной напорности допускается устройство самотечных колодцев (системы Такке или Реролля) со дна этих воронок в канал.

Б. В глинистых и других минеральных грунтах. а) Головные дренажи или ловчие каналы, перехватывающие грунтовый поток, наводняющий осушаемую территорию; они закладываются в зонах наибольших пьезометрических напоров, б) ускорение поверхностного стока на осушаемой территории (см. «Атмосферное питание»).

4) *Намывное питание:*

А. От разливов рек: а) регулирование русла рек в целях понижения летнего паводкового и бытового горизонтов; б) обвалование и внутренняя тальвеговая сеть с выпуском через валы; в) открытая в основном сеть по тальвегам поймы; эта сеть должна проходить и через мелкие озерки и другие мелководия, не имеющие хозяйственного значения; при переходе каналов через возвышения они обделываются трубами.

Б. От делювиальных вод: а) нагорные каналы; в глинистых местностях эти каналы устраиваются в насыпях с низовой стороны; б) террасирование водосборов и их облесение. в) направление вспашки в основном параллельно горизонталям водосбора.

§ 20. Основные приемы осушения

1) *Магистральное осушение* осуществляется посредством магистральных каналов, проводимых по главным тальвегам осушаемых территорий; никакой другой сети не имеется. Цель такого осушения: выпуск главных масс воды, застаивающихся на площадях. Магистральное осушение применялось главным образом в эпоху работ Западной и Северной экспедиций по осушению болот (до 1890 г). В настоящее время магистральное осушение применяется только как первый этап мелиораций.

2) *Предварительным осушением* называется такое, при котором понижение грунтовых вод в наиболее влажные периоды года происходит лишь частично. Также частично происходит ускорение поверхностного стока.

Следовательно, предварительная система занимает среднее положение между собирательными системами и системами для понижения грунтовых вод. Окончательное понижение уровня грунтовых вод при предварительных системах проводится за счет испарения. Предварительная система почти аналогична системе собирательной (см. ниже). Разница между этими системами заключается лишь в том, что боковые каналы II порядка, назначенные вместо собирателей, не отличаясь от последних своими размерами, приобретают больший уклон. Вследствие этого боковые каналы пересекают горизонтали под бо́льшим углом, нежели собиратели.

3) *Система для ускорения поверхностного стока* (собирательные системы) применяется при отсутствии грунтовых вод и при непроницаемых почвах.

Скорость стекания воды по площадке с коэфициентом шероховатости n и уклоном J при установившемся слое воды мощностью h приближенно определяется законом Шези (см. раздел V — «Равномерное движение жидкости в открытых руслах», том. I, стр. 32 и др.).

Коэфициент шероховатости в таких случаях изменяется в пределах от 0,03 для гладких земляных поверхностей, заросших мхом, при малом слое воды, до 2,3 для заросших поверхностей.

Значения коэфициента шероховатости (n) для поверхностного стока для каналов (ВНИИГиМ)

Состояние поверхности	Глубина заполнения канала (в метрах)	Шероховатость по Гангилье и Куттеру	Шероховатость По Базену
1. Хорошо обработанная поверхность пашни с бороздами	0,012	0,006—0,05	0,899
2. Ровная укатанная поверхность со снятым дерном	0,012	0,08	1,44
3. Вспаханная поверхность с хорошей последующей разделкой	0,16	0,12	2,70—3,12
4. Луг свеже скошенный	0,032	0,8	22,70
5. Сеяная трава или невысокого роста культуры	0,037	0,3	26,75
6. Естественный травостой	0,035	2,3	65,82

Поверхностный сток ускоряется следующим образом: по траектории движения медленно стекающего поверхностного потока большой ширины и с небольшим заполнением устанавливается ряд перехватывающих сток открытых или закрытых собирателей поперек ската.

Ускорение поверхностного стока вполне целесообразно и применимо во всех случаях, когда постоянных грунтовых или почвенных вод не имеется, или же для случаев, когда не требуется немедленное после таяния снега понижение уровня грунтовых вод в болоте (например, на многолетних луговых площадях).

4) *Систематический дренаж* устраивается для понижения уровня грунтовых вод в наиболее влажные периоды года, что обыкновенно бывает весной. Он осуществляется путем устройства открытых канав-траншей или закрытых дрен на небольшом взаимном расстоянии (порядка 10—40 м). Закрытые дрены создают большие удобства для передвижения или обработки площадей по сравнению с открытыми каналами.

Дренаж применим главным образом для проницаемых почво-грунтов с высоким уровнем грунтовых вод.

Наиболее важными расчетными элементами при понижении уровня грунтовых вод дренажом являются:

1) глубина заделки дрен,
2) заданное время для понижения уровня грунтовых вод,
3) расстояние между дренами,
4) уклон или скорость в них,

5) предельная их длина;
6) конструкция;
7) размер дрен в свету.

Размещение дренажа по отношению к рельефу на всех избыточно увлажненных или болотных массивах более независимо, нежели размещение открытых собирательных каналов для ускорения поверхностного стока. Исключение представляет случай осушения при грунтово-напорном питании.

Закрытый дренаж обыкновенно является дополнением открытой сети там, где требуется более глубокое во всякое время года понижение уровня грунтовых вод.

Сопряжение дренажа с открытой сетью показано на рис. 197. Здесь *NW* — магистральный канал: *aa*, *вв* — транспортирующие собиратели (обычно для дренажа более глубокие); *QR*, *mP*—коллекторы (для транспортирования поступающей в них из дрен воды); *xy*, *zu*, *mn*, *rs* — сосуны-дрены. Последние, как это явствует из левой части рис. 197, при небольших (допускаемых в некоторых случаях производства) расстояниях между собирателями, направляются непосредственно в транспортирующие собиратели *вв*. При бо́льших расстояниях между собирателями (до 1 км) дрены *mn*, *pz*, *rs* сбрасывают воду в транспортирующие собиратели уже посредством коллекторов.

5) *Урегулирование рек-водоприемников* имеет своей целью понижение рабочего горизонта воды в реке для возможности приема вод в эту реку с прорытых в нее магистральных каналов. Понижение это находится в полной зависимости от глубины магистральных каналов и уровня меженних (бытовых) вод в данном водоприемнике. Обычно при понижении естественного бытового уровня воды водоприемника на 0,5 м (для с.-х. целей) стремятся понизить этот уровень ниже бровки реки на 1,5—2,5 м; при этом выправленное урегулированием русло должно вмещать в себя весь расход от предпосевных вод или летних паводков с некоторым запасом; высота горизонтов этих паводков должна быть не ближе 0,5 м от бровки русла реки.

Помимо своей основной цели — понижения горизонтов воды, регулирование рек-водоприемников оказывает значительное влияние на осушение пойм, среди которых располагаются реки.

Приемы урегулирования рек-водоприемников находятся в зависимости от следующих причин, вызывающих повышение уровня в реке:

1) искусственные (плотины, заколы и пр.) или естественные (перекаты, заросли оползни и пр.) препятствия, создающие подпор воды;

2) уменьшение, по некоторым наиболее размываемым участкам русла реки, уклона вследствие образования серпантин;

3) увеличение шероховатости русла вследствие его зарастания (увеличение шероховатости приводит к уменьшению скорости течения воды);

4) частое изменение уклонов и живых сечений русла, которое вызывает неравномерность движения и приводит также к уменьшению скорости.

При урегулировании рек-водоприемников стремятся парализовать влияние тех или других указанных факторов с целью увеличения скорости. Последнее влечет за собой уменьшение площади живого сечения, а стало быть и понижение горизонта.

§ 21. Элементы осушительной сети

Всякая осушительная сеть состоит из искусственных водотоков: а) регулирующих сток с поверхности почвы или глубину поверхности грунтовой воды и б) отводящих воду.

Каналы, собирающие в себя воду из других каналов и отводящие ее в соответствующие водоприемники, носят название *магистральных*.

Открытые или закрытые водотоки, равномерно распределенные по осушаемой поверхности для понижения уровня грунтовых вод, называются *систематическими дренажами*. *Выборочные дренажи* — отдельные водотоки, назначаемые в зависимости от местных условий (например тальвегов).

Каналы, принимающие в себя воду, стекающую по осушаемой поверхности, и отводящие ее в магистральные, называются *собирательными каналами, или гидрологическими собирателями*.

Каналы, предупреждающие проникновение в болото посторонних ему поверхностных вод, носят название *нагорных*. В отличие от последних *ловчие каналы* предназначаются для перехватывания грунтовых вод. Каналы, отводящие воды, поступающие в них из небольшой группы гидрологических собирателей или дрен, называются *коллекторами, или транспортирующими собирателями*. Различие коллекторов от транспортирующих собирателей заключается в том, что коллекторы трассируются перпендикулярно к горизонталям, а транспортирующие собиратели — под острым углом к горизонталям.

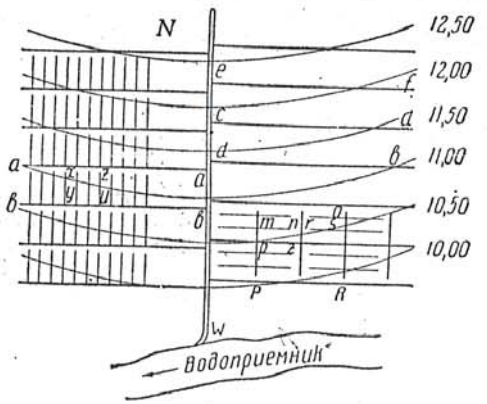


Рис. 197. Схема сопряжения дренажа с открытой сетью.

Тальвеговые каналы располагаются по сравнительно узким, вытянутым заболоченным полосам.

Борозды — небольшие канавки, сечением 0,2 ×0,4 м, с отсыпкой вынутой земли на низовую сторону, располагаемые по отдельным небольшим понижениям преимущественно на пашнях.

Во всех перечисленных случаях осушительную систему, регулирующую поверхностный сток и перехватывающую грунтовые воды, можно представить схемой, указанной на рис. 197.

Комбинация магистрали, собирателей, в нее впадающих, и осушителей называется *осушительной системой*.

Всякая осушительная система должны быть проста, т. е. состоять из одной магистрали, некоторого числа собирателей, в нее впадающих, и осушителей, впадающих в собиратели (рис. 197).

Собиратели бывают *транспортирующие и гидрологические*. Транспортирующие собиратели, или коллекторы, служат для приема и отвода воды, поступающей из дрен (левая часть, рис. 197). Гидрологические собиратели *ef*, *cd*, *ab* служат для непосредственного приема в себя поверхностной воды и отвода ее в магистраль (правая верхняя часть, рис. 197). Они разделяются на *открытые и закрытые*.

Осушители или дренажи бывают в виде закрытых дрен или дренажных открытых узких траншей. При этом осушители могут непосредственно входить в собиратель (левая часть, рис. 197) или объединяться посредством коллектора (нижняя часть правой половины, рис. 197).

§ 22. Правила трассировки магистральных каналов на болотах и временно увлажненных почво-грунтах

Магистральный канал, являющийся основным элементом открытой осушительной системы, должен удовлетворять следующим предъявляемым к нему требованиям.

1. Канал должен обеспечить прием и отвод всех вод, поступающих в него из каналов высшего порядка.

2. При требуемой пропускной способности канал должен иметь наименьшее сечение — условие, определяющее минимальную стоимость сооружения.

3. Для достижения минимальной стоимости канал должен иметь возможно малое протяжение.

4. Продольный профиль канала должен предупреждать развитие процессов эрозии и аккумуляции, т. е. размыва и отложения наносов.

5. Канал должен проходить по наиболее низким местам — тальвегам осушаемой площади, как дневной поверхности при осушении минеральных почв, так и минеральной, подстилающей торфяную залежь.

6. Расположение проводящих каналов необходимо сообразовать с условием рельефа осушаемой площади, системой расположения регулирующей сети, если таковая имеется, и с условием питания площади избыточными водами, подлежащими удалению.

На болотах магистральный канал следует проводить по возможности в направлении, перпендикулярном к горизонталям дневной поверхности и при том по самым глубоким местам залегания торфа, т. е. другими словами, по самым низким местам подпочвы.

При осушении заболоченных пойм, затопляемых полыми водами, магистральный канал надлежит вести по самому низкому месту долины с выводом в реку или через одно из старых русел, или через прорезь в прирусловом вале. Число магистральных каналов и расстояния между ними предопределяются расположением и длиной собирательной сети. При двухстороннем командовании наибольшее расстояние между магистральными каналами не должно превышать двойной длины впадающих в него собирателей.

При наличии озер на пути магистрального канала более рационально их обогнуть.

Угол впадения магистрального канала в водоприемник должен быть равен 40—60°. Углы, близкие к 90°, приводят к более интенсивному отложению наносов в устье канала; при более острых углах устья неустойчивы.

Число устьев магистральных каналов должно сводиться к минимуму. При проведении канала в пойме реки, затопляемой полыми водами, магистраль, имеющая направление параллельное направлению течения полых вод, будет менее всего подвержена опасности заиления. Поэтому при выборе того или иного варианта расположения канала надлежит изучить направление потока весенних вод по пойме.

§ 23. Нагорные каналы

При грунтовом питании избыток влаги получается, с одной стороны, вследствие подъема (по капиллярам) воды, скопившейся на малопроницаемом минеральном дне болота, и с другой — за счет смешивания застаивающихся на поверхности болота атмосферных вод с капиллярной водой.

Задачами осушительной сети в этом случае являются: а) ускорение стока поверхностной воды и б) предупреждение проникновения ее в болото. Первая задача решается таким же способом, как и для атмосферного питания; предупреждение же проникновения воды в болото достигается путем ограждения его *нагорными каналами*. Нагорные каналы предназначаются для предупреждения проникновения в болото воды, скатывающейся во время таяния снега и выпадения дождей с окружающего водосбора или стекающей с неосушенной части болота в осушенную. Они устраиваются только в тех случаях, когда ширина полосы водосборной площади, прилегающей к периметру осушаемого участка, больше расчетного расстояния между каналами. Нагорные каналы, задачей которых является предупреждение поступления посторонних вод в осушаемую площадь, должны итти по границам последней. Дно нагорных каналов должно несколько врезаться в кровлю ближайшего непроницаемого слоя.

Правило проведения каналов по границам участка соблюдается лишь в том случае, когда воды, поступающие в болото, небогаты зольными элементами. В целях использования зольных элементов нагорный канал отодвигается от периферии болота на величину, равную предельной длине дренажного коллектора. Образовавшаяся таким образом площадь между периферией болота и нагорным каналом осушается при помощи дренажной сети.

При намывном питании, если имеет место сток со склонов, метод осушки заключается в устройстве нагорных каналов. В случае же застоя воды в котловинах, каналы проводятся для спуска ее из этих понижений. Если эти понижения имеют в плане удлиненную форму, сбросные каналы должны быть направлены вдоль их тальвегов.

§ 24. Ловчие каналы

Ловчие каналы должны перехватить грунтовые воды, поступающие на осушаемую площадь.

При грунтово-напорном питании избыточное увлажнение получается главным образом от напора грунтовой воды, выклинивающейся или сплошным слоем или в виде отдельных жил. Задачей осушительной сети при данном положении является перехватывание потока. Способы перехватывания предопределяются характером поступления грунтовых вод. При входе грунтовых вод в болото широким слоем в виде «потины» ловчие каналы трассируются вдоль линии сечения дневной поверхности с поверхностью грунтового потока. В случае же поступления грунтовых вод в виде отдельных жил необходимо прежде всего убедиться в существовании напорности этих жильных потоков. В торфах это делается посредством пьезометра системы Брудастова (см. об этом раздел «Изыскания для осушения площадей», § 114, «Изыскания на болотах грунтово-напорного питания») *, а в минеральных грунтах — бурением. Убедившись в существовании напорности, необходимо подробно выяснить рельеф минерального дна болота по всей притеррасной полосе болота (примерно в 300 м шириной).

Ловчий канал для напорных потоков должен проходить вдоль всех наиболее глубоких котловин минерального дна болота. Глубина канала определяется тем условием, чтобы дно канала находилось по возможности ближе к котловинам минерального дна болота.

Если глубина осушаемой воронки (минерального дна) (рис. 191 на стр. 471) значительно глубже обычной глубины (3 м) ловчего канала, то на дно воронки со дна канала устанавливается труба из дерева или железа (перфорированная).

* Брудастов, Осушение, Сельхозгиз, 1934 г.

ГЛАВА V
СИСТЕМАТИЧЕСКИЙ ДРЕНАЖ

§ 25. Задачи дренажа

Дренаж имеет целью понизить уровень грунтовых вод или верховодок в наиболее богатые влагой периоды года на норму, требуемую разными культурами или условиями обработки.

Дренаж применяется преимущественно для осушения площадей под овощные и технические культуры.

Схемы расположения систематической дренажной сети в плане

Дренаж применяется для почво-грунтов с достаточной фильтрацией.

Дренажная система состоит из следующих составных частей (рис. 197):

1) всасывающих дрен или, собственно, осушителей *xy*, *zu*, *mn*, *pz* и т. д.;

2) коллектора, открытого или закрытого (*QR*, и *NP*) и транспортирующих собирателей — (*PR*, *aa*, *bb*);

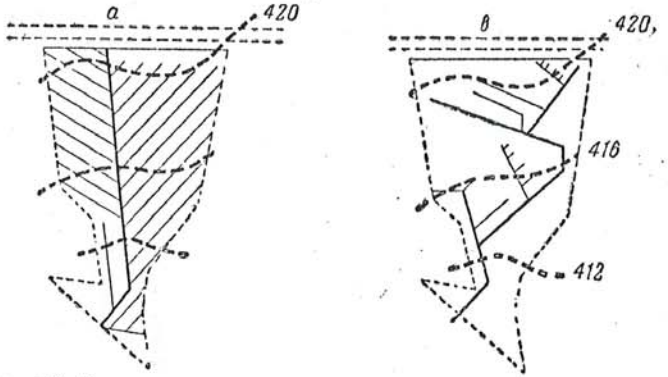


Рис. 198. Расположение дренажа: *а* — обычный метод, *в* — короткий дренаж.

3) открытого магистрального канала для отвода дренажных вод *NW*.

Устройство закрытой дренажной сети не исключает необходимости проведения открытых каналов пограничных и др., служащих для отвода дренажных и поверхностных вод как снеговых, так и дождевых, поступающих извне.

Иногда каналы 2-го порядка (см. рис. 197-*аа*, *вв*) могут быть использованы как открытые каналы — коллекторы. В этом случае увеличивается число устьев дрен, но зато сильно упрощается система подземных линий. Такая система называется комбинированной системой дренажа.

Расположение дрен в плане может быть трояко:

1) п р о д о л ь н о е — когда всасывающие дрены располагаются по наибольшему уклону местности, а коллекторы — по направлению горизонталей (см. левую часть, рис. 197);

2) п о п е р е ч н о е — когда коллектор располагается по наибольшему уклону местности, а всасывающие дрены — по направлению горизонталей (см. правую сторону, рис. 197); поперечное, т. е. вдоль горизонталей, расположение дрен становится более выгодным по сравнению с продольным, если осушаемая площадь имеет значительные уклоны (порядка нескольких тысячных);

3) «к о р о т к о е» (по методу Клауса), когда дрены расположены сообразно положению «водяных жил» на дренируемом участке — так, чтобы дрены и коллекторы наиболее полно перехватывали все жильные потоки грунтовых вод; эта система (рис. 198) сокращает длину дрен примерно на 40—60% по сравнению с предыдущими системами расположения дрен.

Однако техника отыскания жильных потоков в минеральных грунтах еще не вполне разработана, почему «короткий дренаж» не может еще иметь широкого распространения в производстве.

Водоприемниками при дренаже могут быть как естественные водотоки (реки, ручьи, овраги и др.), так и искусственные открытые осушительные каналы, служащие для отвода поверхностных вод. Но в том и другом случае необходимо, чтобы устье дренажного коллектора не подтоплялось высокими водами — предпосевными или летними паводками.

Если водоприемником дренажной сети служит открытый канал, то необходимо, чтобы дно канала было ниже выхода трубы коллектора, минимум на 0,2 м.

§ 26. Определение расстояний между дренами

В настоящее время имеется много разнообразных способов определения расстояний между дренами.

Правильное определение расстояний между дренами является одним из самых существенных моментов для устройства хорошо работающей дренажной системы.

При определении расстояний между дренами для с.-х. целей следует исходить, в первую очередь, из потребностей произрастаемых культур во влаге в разные фазы развития растений в течение вегетационного периода. Поэтому устройством дренажа важно обеспечить требуемое понижение грунтовых вод в наиболее богатый влагой период времени.

Наиболее распространенными методами определения расстояний между осушителями являются:

1) теоретические методы для установившегося и неустановившегося движения грунтовых вод;

2) эмпирические методы, основанные на разных свойствах почво-грунтов и отношении их к воде.

§ 27. Теоретические методы определения расстояния между дренами

1. Формулы для установившегося движения

1. Питание заболоченной территории грунтовое и атмосферное. Дрены расположены на водоупоре (если канал—то он прорезает фильтрующий слой до водоупора).

Формула Люгера:

$$h^2 - h_0 = \frac{E}{k}\left(Q + \frac{qE}{4}\right), \qquad (1)$$

где h (в метрах) — высота горизонта грунтовых вод от водоупора по середине между дренами при $L = \frac{E}{2}$ м;

h_0 — глубина воды в канале или дрене в метрах (над водоупором);
E — расстояние между дренами в метрах;
Q — расход грунтового потока в кубометрах в секунду, приходящийся на 1 пог. м дрены;
q — инфильтрация атмосферных осадков в кубометрах в секунду на 1 м² площади;
k — коэфициент фильтрации в метрах в секунду (определение его — см. том I «Справочника гидротехники и мелиорации»).

2. Питание грунтовое. Дрены на водоупоре (рис. 199). Формула Дюпюи:

$$L = k\frac{h^2 - h_0^2}{2Q} \text{ м.} \qquad (2)$$

Обозначения те же.

3. Питание атмосферное. Грунтовый поток отсутствует, основная причина заболачивания — атмосферные осадки. Дрены заложены на водоупоре; если канал — то дно его совпадает с дном водоупора.

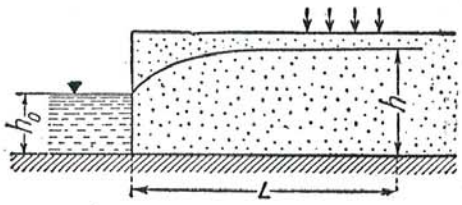


Рис. 199.

Формула Кенэ — Брудастова:

Расстояние между дренами

$$E = 2\sqrt{\frac{k}{q}(h^2 - h_0^2)} \text{ м,} \qquad (3)$$ *

где q — интенсивность инфильтрации в кубометрах в секунду на 1 м дрены;

$$q = \frac{p}{86\,400};$$

где p — средняя суточная интенсивность осадков, определяемая таблицей (стр. 490); остальные — обозначения прежние.

При $h_0 = 0$ из формулы (3) получается формула Роте, являющаяся, следовательно, частным случаем формулы (3).

$$E = 2h\sqrt{\frac{k}{q}} \text{ м.} \qquad (4)$$

Основные недостатки всех этих формул таковы:
а) формулы предусматривают только установившееся движение;
б) предполагают расположение дрен только на водоупоре;
в) не учитывают высоты выклинивания (остаточного напора над дреной или каналом).

2. Формулы для неустановившегося движения

1. При заложении дрен на водоупоре. Формула проф. Буссинеско:

$$E = \sqrt{4{,}46\frac{kTHH_1}{\delta(H - H_1)}} \text{ м.}$$

Обозначения см. в следующей формуле.

Формула выведена из частного решения диференциальных уравнений неустановившегося движения грунтовых вод; это решение получено Буссинеско еще в 1904 г., но до сих пор оставалось неизвестным в мелиоративной литературе.

* Формула (3) верна и для подвешенных дрен, если h и h_0 отсчитывать от водоупора.

Формула акад. А. Н. Костякова для дрены близ водоупора (рис. 200):

$$E = \sqrt{2\mu\frac{kTHH_1}{\delta(H - H_1)}} \text{ м,}$$

где E — расстояние между дренами в метрах;
H — высота уровня грунтовых вод на водоразделе (посредине между дренами) при первоначальном положении кривой депрессии; отсчитывается от водоупора;
H_1 — то же, но при новом положении кривой депрессии;
T — время (в секундах), за которое кривая депрессии переместилась из положения H в положение H_1;
δ — водоотдача;

$$\delta = \frac{A - C}{100};$$

где A — полная влагоемкость в процентах;
C — потенциальная влагоемкость (капиллярная скважность);
μ — коэфициент = 1,5 — 3,0.

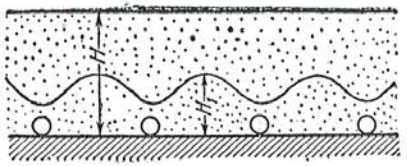


Рис. 200.

Формула проф. Дизеренса:

$$E = \sqrt{\frac{8}{\pi}\cdot\frac{kTHH_1}{\delta(H - H_1)}} \text{ м,}$$

где $\pi = 3{,}14$; остальные обозначения — те же.

Для определения расхода Дизеренс дает формулу:

$$q_1 = \frac{1}{\left(\frac{T}{\frac{\pi}{8}E\delta\sqrt{\frac{E}{k}}} + \frac{1}{\sqrt{q_0}}\right)^2},$$

где q_0 — начальный расход в кубометрах в секунду;
q_1 — конечный расход в кубометрах в секунду.
Остальные обозначения — те же.

Формула инж. Аверьянова:

$$E = 2\sqrt{\frac{2kTH_1(H^2 - h^2)}{\delta(H^2 - H_1^2)}};$$

где H — начальная глубина грунтового потока (в метрах над водоупором) на водоразделе при $\frac{E}{2}$;
h — остаточный напор над дреной или каналом в метрах;
H_1 — конечная глубина грунтового потока (в метрах) на водоразделе через промежуток времени T (в секундах).
Остальные обозначения — те же, что и в предыдущих формулах.
По сравнению с предыдущими эта формула учитывает остаточный напор.

2. При заложении дрен выше водоупора. Формула акад. А. Н. Костякова (при глубоком залегании водоупора):

$$E = \frac{\pi k T\left(1+\frac{\beta}{90}\right)}{\delta\left(\lg_n \frac{E}{d} - 1\right)\lg_n \frac{H}{H_1}} \text{ м},$$

d — диаметр дрен в метрах;
β — средний угол депрессионной кривой, определяемый из условия:

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{y}{x}.$$

Если водоупор залегает неглубоко ($a<2$ м), то:

$$E = \sqrt{\frac{2\mu k T\,(H+2a)H_1}{\delta\,(H-H_1)}},$$

где a — расстояние от дрены до водонепроницаемого слоя в метрах, $\mu = 1{,}5—3{,}0$.

Остальные обозначения — прежние.

Инж. Аверьянов рекомендует, при заложении дрен выше водоупора, все размеры (H, h, H_1) брать не над дреной, а над поверхностью водоупора.

Для приведенных формул можно дать следующие величины коэфициента фильтрации (k):

Название почво-грунтов	Средний диаметр зерна (в миллиметрах)	Степень разложения	Коэфициент k (в метрах в секунду)
Торф сфагновый	—	Средняя	0,0000 n
Торф сфагновый	—	Малая	0,000 n
Торф гипно-осоковый	—	Средняя	0,0000 n
Торф гипно-осоковый	—	Малая	0,000 n
Глина	0,01	—	0,0000000 n
Суглинок	0,03	—	0,00000 n

Здесь n — от 1 до 9.

§ 28. Методы эмпирические

Для определения расстояний между дренами, в зависимости от принятого метода, производится лабораторное определение механического состава дренируемой почвы или ее коэфициента фильтрации, на основании которых и производятся вычисления по нижеприведенным способам.

1. Способ Цункера определяет расстояние между дренами в зависимости от величины суммарной поверхности частиц в почве:

$$E = a - b\sqrt[3]{u},$$

где a — коэфициент, величина которого меняется от 24 до 30, в зависимости от обработки почвы;
b — коэфициент, равный 1,5—2,0;
u — величина удельной поверхности, характеризующая почвопо-

роду в физическом отношении и определяемая опытным путем в лаборатории.

Ниже в качестве примера указываются величины удельной поверхности различных почво-грунтов.

Величина удельной поверхности разных почво-грунтов

Вид почвы	Удельная поверхность
Глина тяжелая	1 000
» обыкновенная	1 000—730
Суглинок тяжелый	730—510
» обыкновенный	510—340
» песчаный	340—130
Суглинистый песок	130—30
Пески	30

Недостатки формулы Цункера следующие: а) в этой формуле расстояние не зависит от величины осадков, с которыми в первую очередь должен считаться дренаж; б) мешкотность метода: необходима надлежащая лабораторная установка, в которой была бы обеспечена постоянная температура (t = const).

2. Расстояние между дренами по Копецкому определяются по количеству содержащихся илистых фракций (меньших 0,01 мм).

В нижеприведенной таблице даются расстояния между дренами в зависимости от илистых частиц.

Расстояния (в метрах) *между дренами в зависимости от содержания илистых частиц*

Свойство подпочвы (глубина дренажа — 1,3 м)	Содержание (в процентах)		Расстояние между дренами при глубине заделки 1,3 м	Во сколько раз расстояние между дренами больше глубины
	илистых частиц	глинистых частиц		
Тяжелая глина	около 70	55	8—9	7
Тонкопесчаная глина (тощая)	70—55	55—40	9—10	7,5
Песчаные или супесчаные глины	55—40	40—25	10—12	7,5—9
Плотно сложившийся суглинок	40—30	25—15	12—14	9—10,5
Заметно песчаный суглинок	30—20	15—7	14—16	10,5—12
Сильно песчаный супесок или илистый песок	20—10	7—2	16—18	12—14
Слабо глинистые или слабо илистые пески	10	2	18—20	14—15,5
Песок	—	—	20—24	15—19

Приводимый на рис. 201 график дает возможность найти расстояние между дренами по количеству илистых частиц, определенных при помощи механического анализа почв.

На горизонтальной оси графика нанесены расстояния между дренами, а на вертикальной — процент илистых частиц (d — менее 0,01 мм) в осушаемом грунте (рис. 201).

Вышеприведенные способы определения расстояний между дренами — эмпирические; они не считаются с положением дрены относительно водоупора, фильтрацией почво-грунтов, осадками и другими условиями.

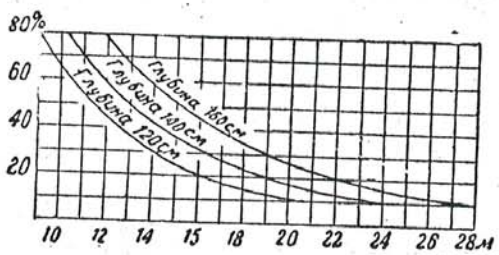


Рис. 201.

Обычное расстояние между дренами для средних условий изменяется от 30 до 60 м. В случае подстилающего крупного песка и доведения до него дрен расстояние между дренами увеличивается, примерно, в 2—3 раза.

§ 29. Глубина заделки дрен

Обычно для проницаемого грунта большой мощности глубина заделки дрен равна от 0,8 до 1,3 м (для лугов на торфах — меньше, на минеральных грунтах, для пашен и огородов — больше).

Всего лучше дрены заделывать в наиболее фильтрующий слой, недалеко от поверхности ближайшего непроницаемого слоя грунта, если таковая находится близко к вышеуказанным нормам глубины.

Во всяком случае, заделывать дрены в непроницаемые слои не следует, так как тогда вода будет поступать в дрены очень слабо.

§ 30. Длина коллекторов и дрен

Зависимость между отдельными элементами, влияющими на длину дрен, L выражается формулой:

$$L = \frac{1000\omega v}{sq} \text{ м},$$

где: ω — площадь сечения дрены в квадратных метрах;
v — скорость в дрене в метрах в секунду;
s — расстояние между дренами в метрах;
q — сток в литрах в секунду с 1 га поверхности.

Вообще же длина дрены определяется рельефом местности, диаметром дрен и системой дренажа (чем положе местность и чем меньше диаметр, тем короче дрены).

§ 31. Конструкции дрен

Все имеющиеся в настоящее время конструкции дрен можно разделить на две группы: по роду материала, из которого они сделаны, и по конструкции отверстий дрен.

По роду материалов мы имеем следующие дренажи:

1) различные виды трубчатого дренажа, наиболее прочного и фундаментального: гончарный, керамический, бетонный, деревянный, и 2) более дешевый, хуже работающий и недолговечный нетрубчатый дренаж, к которому можно отнести дренаж фашинный, жердяной и т. д.

1. Гончарный дренаж имеет преимущества, по сравнению с другими видами, в отношении прочности и незасорения, а потому и является

более распространенным. Нормальный срок его службы — 30—40 лет, а иногда и больше. Трубы имеют круглое поперечное сечение с внутренним диаметром от 5 до 25 см.

Причиной неудовлетворительной работы гончарного дренажа является не порча самих труб, а их заиление.

Применение труб с диаметром меньше 10 см не рекомендуется по тем же причинам.

В американской осушительной практике из-за опасности заиления применяются гончарные трубы с диаметром 10 см и более. Размеры дренажных труб в Америке следующие: 10,2, 12,7, 15,2, 20,3, 25,4, 30,5, 38,1, 45,7, 53, 3, 61,0 см и затем диаметры увеличиваются через каждые 7,6 см до 152,4 см.

Длины труб даются в зависимости от диаметра и определяются, по американским данным, следующими соотношениями:

Диаметр дрен (в сантиметрах) . .	20,3	45,7	30,5	61,0	> 61,0
Длина дрен (в сантиметрах)	30,5	61,0	61,0	76,2	92,0

Проф. Цункер дает следующую градацию диаметров дренажных труб: 5, 6,5, 8, 10, 13, 16, 20, 21, 25 см.

Требования, которые нужно предъявлять при приемке гончарных дренажных труб, таковы:

1) внутренняя поверхность трубы должна быть гладкой (не шероховатой), а самые трубы должны быть прямыми, круглыми и обрезанными перпендикулярно к их оси;

2) на изломе гончарной трубы не должно быть включений извести, пустот или гнезд; труба в изломе должна иметь однородное строение;

3) при изломе должен быть виден хороший обжиг, который можно узнать по высокому звуку. Кроме того, хорошо обожженные трубы после суточного пребывания в воде не должны увеличиваться в весе свыше 15% по объему.

Гончарные дрены укладываются впритык одна к другой с зазором в 1—2 мм; через зазоры поступает в дрену отводимая вода.

Размеры и вес гончарных дренажных труб

Внутренний диаметр труб (в сантиметрах)	4	5	6,5	8,7	10	13	16	18	21
Толщина стенок (в миллиметрах)	12	13	15	16	18	21	24	26	29
Вес 1 000 штук (в тоннах) . . .	0,95	1,25	1,75	2,35	3,20	4,80	7,00	8,50	12,00

При прокладке гончарных дрен в торфе под них подкладываются стеллажи из дерева.

2. Цементные дрены формуются из смеси портландского цемента и песка в пропорции 1:3 до 1:5.

Укладка цементных дрен производится так же, как и гончарных. На торфяных почвах этот вид дрен до сих пор не дал хороших результатов по целому ряду причин, в основном сводящихся к тому, что химические процессы, происходящие в болотных почвах, вызывают разрушение цемента.

Вообще при применении бетонных труб следует обращать внимание на агрессивность вод.

3. Деревянные трубы имеются нескольких систем.

а) Деревянные трубы системы Бутца (досчатые) наиболее употребительны в торфах (рис. 202).

Эти дрены состоят из четырехгранных труб, сколоченных из теса и скрепленных проволочными гвоздями.

Досчатые трубы сколачиваются из тесин шириною от 15 до 21 см. Конструкция трубы показана на рис. 202. Верхняя часть трубы между

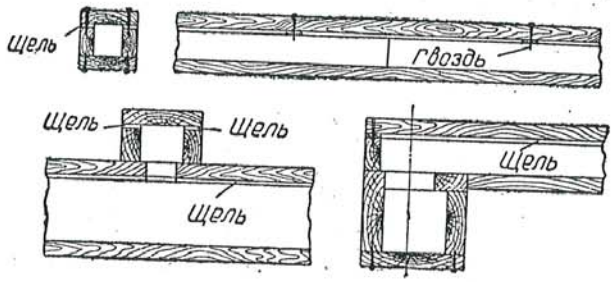


Рис. 202.

стенками и крышкой (верхней гранью) имеет продольную щель шириною в 2—4 мм, осуществляемую путем постановки под гвозди прокладок из фанеры. Сборка труб производится на берме траншеи таким образом, чтобы стыки тесин каждой стенки не приходились в одном сечении трубы, а в разных, отстоящих не менее 1 м один от другого; получается целая труба во всю дрену.

Для минеральных грунтов сшивку теса желательно производить оцинкованными гвоздями через 0,5 м по кромке.

Внутренняя поверхность трубы должна быть выстрогана для понижения шероховатости.

Стыки тесин одной грани жолоба не должны совпадать со стыками другой грани, а должны итти вперевязку. Вода в дрену поступает только через продольные щели между досками.

б) Целесообразен дренаж системы Рогнера с муфтами из обожженной глины. Дренаж Рогнера (рис. 203) применяется в тех же случаях, что и дренаж Бутца. Устройство дренажа понятно из рис. 203. В гончарных муфтах имеются пазы, в которые и заправляются продольные доски при укладке.

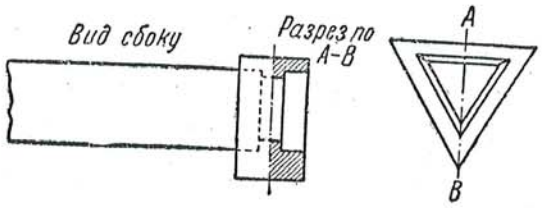


Рис. 203.

в) Дренаж из пластин или накатин (системы Брудастова)(см. рисунок 204). Труба собирается из пластин или накатника посредством шпонок, которыми соединяется каждая пара пластин или накатин (в щит). Труба собирается из таких щитов при помощи тех же шпонок. Трубы могут быть сделаны из произвольного числа пластин или накатин, смотря по отверстию трубы в свету. Стыки отдельных рядов пластин или накатин распределяются по отношению стыков смежных рядов — вперевязку, чтобы образовать одну целую

трубу неопределенной длины. Шпонки расставляются равномерно по поверхности трубы — по винтовой линии. Достоинства труб: 1) они хорошо сопротивляются деформациям грунта от осадки, 2) не требуют гвоздей и других железных соединений, 3) допускают применение местного материала (накатин, жердей).

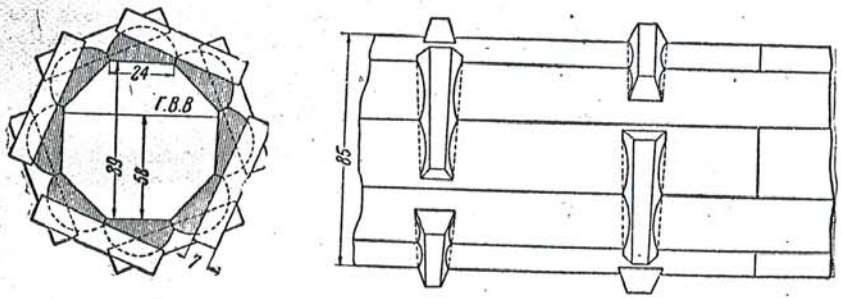


Рис. 204.

4. Дренаж цементно-бетонный. «Трубы (половины труб) формуются на специальных прессах, подобных тем, которые применяются при изготовлении других цементно-бетонных изделий. Каждая «труба» составляется из двух половинок. Последние три конструкции пока не имеют стандартных форм и размеров.

§ 32. Кротовый дренаж

Кротовый дренаж состоит из подземных круглых ходов разного диаметра — от 5 до 25 см. Такие ходы проделываются особыми плугами. Основную часть плугов составляет вертикально укрепленный в корпусе плуга нож, который при движении плуга делает вертикальную щель глубиной до 0,8 — 1 м.

В нижней части ножа (и сзади его) прикрепляется так называемый дренер — заостренный спереди стальной массивный цилиндр, которым и проделывается кротовый ход в грунте.

В настоящее время за границей существует много типов кротовых плугов. Во время работы они передвигаются тракторами, начиная от 20-сильных гусеничных — для легких грунтов, небольшой глубины дрен и малого их диаметра. Плуги с дренером до 25 см диаметром, для работы в тяжелых грунтах на глубине свыше 0,8 м, требуют два 60-сильных гусеничных трактора.

Кротовые плуги передвигаются на колесном ходу или на полозьях. Как показали испытания, кротовые плуги на полозьях отличаются большей устойчивостью в работе, поэтому заслуживают предпочтения перед плугами колесными.

Основные недостатки кротовых дрен таковы.

1) Кротовые дрены слабо устойчивы и быстро разрушаются в периодически насыщаемых водой грунтах. Нередки случаи, когда кротовины заплывали в течение 2—3 дней.

Однако существуют грунты, которые дают достаточно устойчивую кротовину. По Янерту, эти грунты должны иметь теплоту смачивания < 4 калорий и степень дисперсности > 8. Степень дисперсности равна

$$\frac{\text{(фракция } d < 0{,}02 \text{ мм)}}{\text{теплота смачивания}}.$$

Эти свойства обычно имеют грунты глинистые, богатые известью.

2) Существенным недостатком кротового дренажа является невозможность проведения прямолинейных кротовин с совершенно правильным заданным уклоном.

Существующие механизмы для регулирования глубины хода дренера являются пока грубыми и несовершенными.

Кротовый дренаж применяется в практике осушения не только для отвода воды, но и как средство, позволяющее рыхлить подпочву. Вследствие этого подпочва приобретает (временно) лучшую фильтрацию, и если рыхление (через 2—5 м) произведено вдоль наибольшего уклона, то оно помогает инфильтрационным водам скатываться по уклону в ближайший водоприемник (например, канал).

Все остальные типы дренажа — фашинный, торфяной, каменный и др. — быстро заиляются, почему для капитальных осушительных работ не рекомендуются.

§ 33. Гидравлический расчет дренажей

Для подбора поперечного сечения дрен небходимо прежде всего знать модуль внутреннего или дренажного стока, т. е. наибольшее количество отводимой дренами воды с единицы площади в единицу времени.

Расход воды, на который должна быть рассчитана дрена, определяется по формуле:

$$Q = Fq \text{ л в секунду,}$$

где Q — расход воды в дрене в литрах в секунду;

F — водосборная площадь в гектарах, с которой поступают грунтовые воды в данную дренажную линию;

q — модуль дренажного стока в литрах в секунду, который определяется по формуле акад. Костякова (см. стр. 489).

Водосборная площадь для расчета дренажа обыкновенно ограничивается площадью, занятой дренажной системой. Внешний водосбор в расчет дренажного стока не входит, так как он дает поверхностный сток, от которого дренируемые площади обыкновенно изолируются нагорными каналами.

Расчет размеров дрен

Гидравлический расчет размеров поперечных сечений трубчатых видов дренажа не имеет столь актуального значения, как для открытой сети.

Это происходит вследствие двух причин:

1) дрены рассчитываются на внутренний сток, который значительно меньше поверхностного;

2) диаметры дрен не должны быть меньше 8—10 см в предупреждение заиления.

а) **Гончарные трубы.** Расход $Q = \omega\, v$ м³/сек., где скорость определяется по формуле Шези.

$v = C\sqrt{RJ}$ м; $\omega = \frac{\pi d^2}{4}$ м² и гидравлический радиус $R = \frac{d}{4}$ м, тогда

$$v = \frac{C}{2}\sqrt{dJ} \text{ м/сек.}$$

Для упрощения расчетов вводятся значения:

модуля расхода $K = \frac{Q}{\sqrt{i}} = \frac{\pi \cdot C}{8} d^{\frac{5}{2}}$,

модуля скорости $W = \frac{v}{\sqrt{i}} = \frac{C}{2}\sqrt{d}$.

Коэфициенты шероховатости принимаются для формулы Базена $\gamma = 0{,}20$, для формулы Гангилье — Куттера $n = 0{,}010$—$0{,}016$, в среднем — 0,012.

Коэфициент Шези C для гончарных труб определяется часто по формуле Гангилье — Куттера с коэфициентом шероховатости $k = 0{,}27$; по Шпётле

$$C = \frac{100}{1 + \frac{k}{\sqrt{R}}} = \frac{100}{1 + \frac{0{,}27}{\sqrt{R}}} \text{ или } C = \frac{100}{1 + \frac{0{,}54}{\sqrt{d}}}.$$

Акад. Н. Н. Павловский считает, что новейшей дренажной практике наиболее отвечает формула Маннинга, применяемая в Америке и Советском Союзе:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} = 90 R^{\frac{1}{6}},$$

где $n = 0{,}011$ для диаметров дрен $d = 10$—30 см.

Для $d \leqslant 10$ см акад. Н. Н. Павловский рекомендует формулу:

$$C = \frac{1}{n} R^{\frac{1}{6}} = 83{,}3 R^{\frac{1}{6}},$$

где $n = 0{,}012$.

Формула применяется в том случае, если качество дренажных труб и укладка хорошие; если же качество посредственное, то применяют формулу Куттера с коэфициентом $k = 0{,}27$.

Значения модуля расхода K и модуля скорости W для дренажных труб по формуле Маннинга при n = 0,012

Диаметр труб d см	K л/сек.	W м/сек.	Диаметр труб d см	K л/сек.	W м/сек.	Диаметр труб d см	K л/сек.	W м/сек.
4	4,86	3,87	15	165,0	9,34	50	4 091	20,83
5	8,81	4,49	16	196,0	9,75	60	6 652	23,53
6	14,33	5,07	18	268,3	10,54	70	10 034	26,07
7	21,62	5,62	20	355,3	11,31	75	12 060	27,30
7,5	25,98	5,88	22	458,1	12,05	80	14 325	28,50
8	30,86	6,14	24	577,8	12,77	90	19 611	30,83
9	42,25	6,64	25	644,2	13,12	100	25 980	33 08
10	55,96	7,12	30	1 047,6	14,82	110	33 489	35,24
12	91,0	8,05	35	1 580	16,42	120	42 236	37,34
12,5	101,5	8,27	40	2 256	17,95			
14	137,3	8,92	45	3 089	19,42			

Значения модуля расхода K и модуля скорости W для дренажных труб по формуле Куттера при коэфициенте шероховатости k = 0,27

Диаметр труб d см	K л/сек.	W м/сек.	Диаметр труб d см	K л/сек.	W м/сек.	Диаметр труб d см	K л/сек.	W м/сек.
4	3,40	2,70	10	45,86	5,84	16	171,9	8,51
5	6,43	3,27	12	76,55	6,77	18	237,5	9,33
6	10,80	3,82	12,5	85,85	6,99	20	318,3	10,13
7	16,74	4,35	14	117,9	7,66	22	414,6	10,91
7,5	20,35	4,61	15	142,9	8,09	24	527,2	11,65
8	24,44	4,86				25	590,0	12,02
9	34,08	5,36						

Гидравлический расчет значительно упрощается при пользовании графиком Шпётле (рис. 205).

График составлен для формулы Гангилье — Куттера при $k = 0,27$; наполнении дрен—100%. На графике показаны: диаметр дрен d, уклон дрен J, скорость v, осушаемая дреной площадь в гектарах F и гидромодуль осушения, т. е. количество воды, которое требуется отвести с одного гектара в 1 секунду.

$$Q = qF.$$

б) Расчет дрен квадратного сечения. Расчет производится при полном заполнении.

Площадь сечения $F = \frac{Q}{v} = b^2$.

Смоченный периметр $\chi = 4b$.

Гидравлический радиус $R = \frac{b}{4}$;

Модуль расхода $K = \frac{C}{2} \cdot b^{\frac{5}{2}}$.

Модуль скорости $W = \frac{C}{2}\sqrt{b}$.

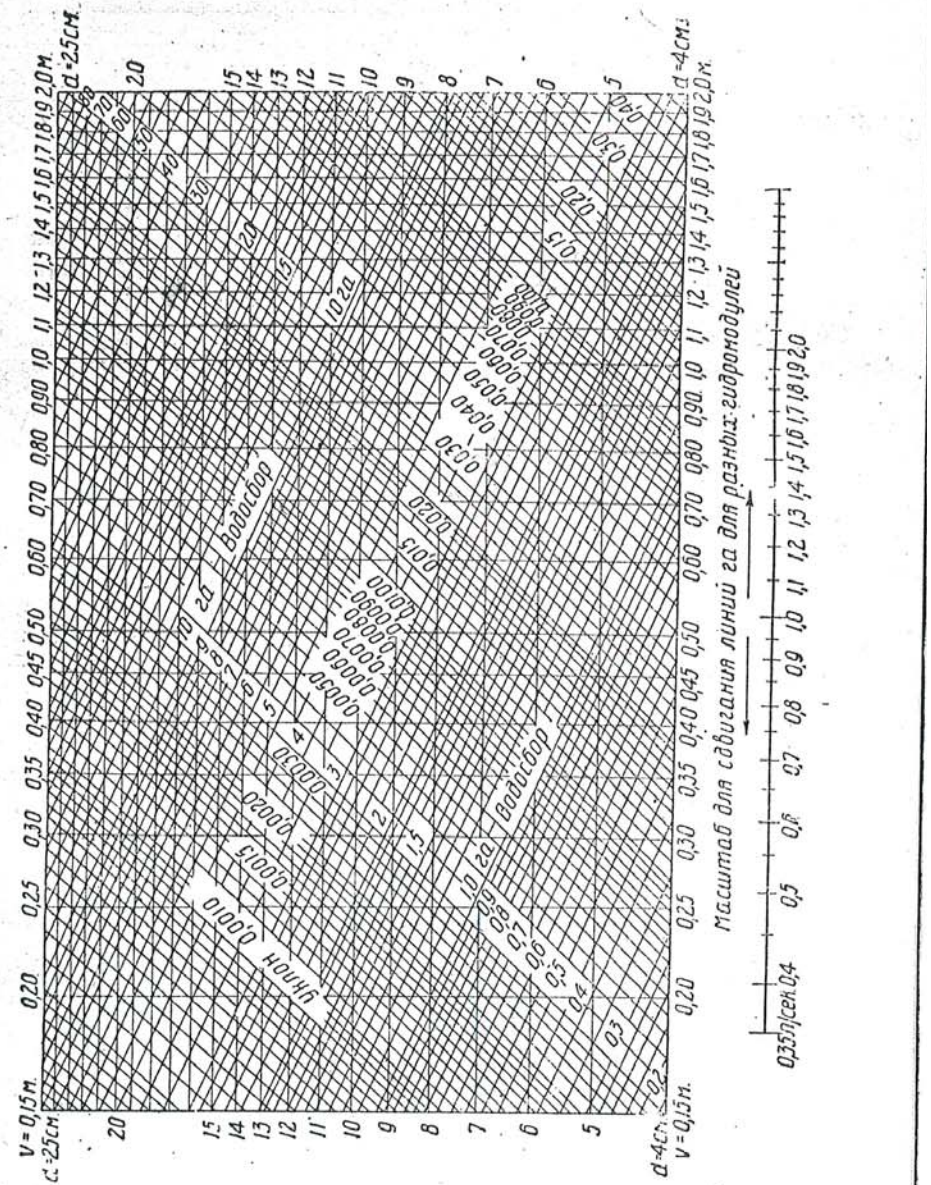
Акад. Н. Н. Павловский рекомендует для определения коэфициента C пользоваться показательной формулой вида:

$$C = \frac{1}{n} R^y = \frac{1}{n}\left(\frac{b}{4}\right)^{\frac{1}{7}} = \frac{0,82b^{0,14}}{n};$$

где $y \cong \frac{1}{7}$, что соответствует весьма малым гидравлическим радиусам в дренах Бутца, имеющим размер $b = 5 - 16$ см.

Для досок строганых $n = 0,0125$;
для досок нестроганых $n = 0,015$.

$K = 32,80b^{2,64}$; $W = 32,80b^{0,64}$ (при $n = 0,0125$).
$K = 27,33b^{2,64}$; $W = 27,33b^{0,64}$ (при $n = 0,015$).



Значения модуля расхода K и модуля скорости W для деревянных дрен по системе Бутца

b см	K л/сек.		W м/сек.		b см	K л/сек.		W м/сек.	
	n=0,0125	n=0,015	n=0,0125	n=0,015		n=0,0125	n=0,015	n=0,0125	n=0,015
5	12,05	10,04	4,82	4,02	11	96,63	80,5	7,99	6,66
6	19,50	16,25	5,42	4,52	12	121,6	101,3	8,44	7,04
7	29,30	24,42	5,98	4,98	13	150,2	125,1	8,89	7,41
8	41,68	34,74	6,51	5,43	14	182,6	152,2	9,32	7,77
9	56,89	47,41	7,02	5,85	15	219,1	182,6	9,74	8,12
10	75,13	62,61	7,51	6,26	16	259,8	216,5	10,15	8,46

в) **Расчет кротового дренажа.** Для гидравлического расчета «кротовых ходов» Н. Н. Павловский использовал опыты проф. Цункера по определению коэфициента Шези C и получил такую зависимость:

$$C = \frac{1}{n} R^y = \frac{1}{n}\left(\frac{d}{4}\right)^{0,22},$$

где $n \leqq 0,02$,

$$nK = \frac{\pi}{8,4^y} \cdot d^{2,5+y} = 0,29d^{2,72};$$

$$nW = \frac{1}{2,4^y} \cdot d^{0,5+y} = 0,37d^{0,72}.$$

Таблица значений nK и nW для кротового дренажа

d см	nK (л/сек.)	nW (л/сек.)	d см	nK (л/сек.)	nW (л/сек.)
4	0,046	0,036	10	0,553	0,071
5	0,084	0,043	12,5	1,014	0,083
6	0,138	0,049	15	1,665	0,094
7	0,209	0,055	20	3,641	0,116
8	0,301	0,060			

Значение n требует уточнений и детализации.

Наибольшая допустимая скорость в кротовых ходах по Цункеру:

$$v_{макс} = 0,20 \text{ м/сек.}$$

На практике для упрощения подсчетов круглых дрен лучше пользоваться приведенным выше графиком Шпётле (рис. 205).

§ 34. Уклоны в дренаже

Уклоны в дренах значительно превосходят уклоны открытой сети и большей частью лежат в пределах 0,002—0,050.

Нижеприводимая таблица дает значения уклонов для гончарных труб при v максимум = 1,0 м/сек. и v минимум = 0,20 м/сек. для различных диаметров дрен.

Уклоны для гончарных труб

d см	$J_{макс.}$	$J_{миним.}$	d см	$J_{макс.}$	$J_{миним.}$
4	0,080	0,0032	10	0,024	0,0009
5	0,056	0,0023	13	0,017	0,0007
6,5	0,040	0,0019	16	0,013	0,0005
8	0,035	0,0013			

В американской практике принимают минимальные уклоны для дрен диаметром в 100 мм:

при глинистых почвах	0,002
при песчаных »	0,003
для коллекторов при d равном 300 мм:	0,0015
а свыше 300 мм	0,005

Как общее правило, дрены следует укладывать с наибольшим уклоном, однако этот уклон не должен давать скоростей, превышающих следующие нормы:

Допускаемые скорости в дренажных трубах

Наименование материала труб	Допускаемая скорость (в метрах в секунду)
Деревянные	3,50
Гончарные	1,50
Керамичные	5,00
Цементно-бетонные	2,00
Глиняные (кротовины)	1,00

Сведения о скоростях при других конструкциях дренажа не даются ввиду неопределенности условий движения в них воды. В дренаже фашинно-хворостяном вследствие незначительных скоростей, здесь развивающихся, уклон может быть произвольно большим.

Минимальной допускаемой скоростью для дренажа является скорость 0,15—0,20 м/сек.; при низших скоростях наблюдается отложение взвешенных в воде веществ. Для грунтов песчаных, в которых закладывается дренаж, эта минимальная допускаемая скорость достигает 0,30—0,35 м/сек.; при обычных условиях такую скорость можно получить в гончарном дренаже при уклоне 0,0025. При поступлении загрязненных вод допустимая минимальная скорость — 0,6 м/сек. Вообще говоря, уклон гончарных или досчатых дрен не должен быть ниже 0,001—0,002.

Наиболее принятые уклоны дренажей

Гончарный дренаж	J от 0,002 до 0,01
Дренаж досчатый	J » 0,001 » 0,05
Дренажи жердяные разные	J » 0,002 » 0,008

§ 35. Сопряжения дренажных труб

Соединение дренажных труб может быть как в одной плоскости, так и в разных плоскостях, причем последнее более желательно, так как устраняет подпор. При соединении дрен в разных плоскостях необходимо проделать два отверстия: внизу осушителя и вверху коллектора; при этом конец осушителя закрывается кирпичом.

Более надежное соединение производится при помощи фасонных частей, однако такие соединения встречаются редко.

При сопряжении досчатых дрен устье дрены также располагается над коллектором.

§ 36. Сооружения на дренажной сети

Основными и необходимыми на дренажной сети сооружениями нужно считать: устья, смотровые колодцы и регулирующие сооружения.

1) Устья в дренажной системе играют ответственную роль, так как имеют назначение — предохранить коллектор (а следовательно, и всю дренажную систему) от повреждений с устьевого его конца.

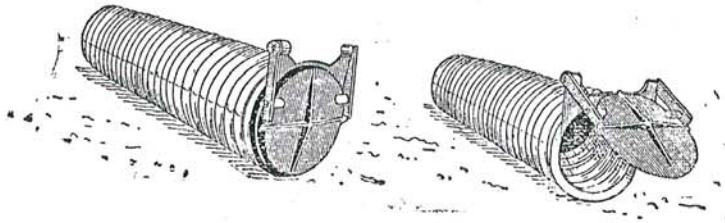


Рис. 206 и 207.

Откос водоприемника в месте выхода коллектора должен быть укреплен прочной стенкой из дерева или кладки, в которую и заделывается устье коллектора. Конец коллектора оканчивается деревянной, бетонной, железной или керамической трубой, длиной не менее 2 м.

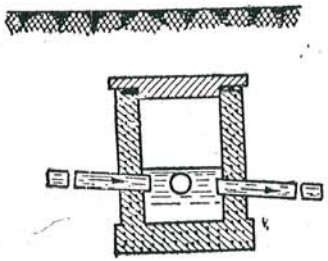


Рис. 208.

Для устранения закупорки коллекторов или засорения их животными (лягушками, рыбами и др.) необходимо заделывать устье коллекторов сеткой (10 × 10 мм).

Если устье коллектора будет периодически затопляться со стороны водоприемника, то следует ставить клапан. Одна из совершенных (американских) конструкций, указана на рис. 206 и 207.

От целого ряда причин (характера водоприемника, его берегов, наличия материала и др.) конструкции устьев могут меняться.

Так, в Америке часто применяются конструкции бетонных устьев, в зыбких же грунтах — свайная конструкция, когда верхний конец трубы уложен на поддерживающий брус (на две глубоко вбитые сваи).

Для дренажей легкого типа ограничиваются устройством более солидной трубы и подкладкой камня в канале под устьем в предупреждение размывания откоса и дна.

2) Смотровые колодцы с осадочными отстойниками устраиваются с целью очистки и контроля за работой дренажной системы во всех ее узлах, а также в пунктах перегиба дренажной линии как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях. Дно колодца (рис. 208) устраивается на 30—45 см ниже выхода в него дренажных труб с тем, чтобы он одновременно мог служить и отстойником для оседания наносов, выносимых дренажными водами. Колодцы устраиваются при сопряжении дрен с коллекторами, если они закрыты, а также по коллектору, если он не принимает дрен, на расстоянии 300 м друг от друга, а иногда и чаще. Периодическая прочистка колодцев обязательна, иначе они теряют свое назначение.

Иногда шахты колодцев могут быть использованы как перепады в случае прохождения дренажной линии по крутому склону местности.

3) Регулирующие сооружения в дренажной сети употребляются с той же целью, что и в открытой осушительной системе, т. е. для увеличения или уменьшения высоты уровня грунтовых вод. С этой целью применяются небольшие затворы в смотровых колодцах, преграждающие течение воды.

ГЛАВА VI

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ КАНАЛОВ

§ 37. Основные данные для расчетов каналов

Гидравлический расчет имеет целью определение сечения каналов и увязки в них расчетных горизонтов. Основными данными при гидравлических расчетах являются:

1) расчетный расход,
2) уклон дна канала по продольному профилю,
3) глубина необходимого понижения расчетного горизонта от бровки канала,
4) шероховатость русла канала,
5) конструкция поперечного сечения русла канала.

В осушении приняты четыре формы поперечного сечения каналов:

а) трапецоидальная — применяется при выполнении работ вручную;

б) параболическая — применяется в однородных более или менее сыпучих грунтах при механизированном исполнении;

в) полигональная — состоящая из двух и более трапеций;

г) полуэллиптическая — вводится вместо полигональных сечений для удобства исполнения машинным путем.

Кроме того, приняты разнообразные формы сечений каналов с креплением откосов.

Расчетный расход принимается равным произведению из модуля стока q в литрах в секунду на величину водосборной площади Ω в гектарах, тяготеющей к данному каналу. Каналы с водосборной площадью менее 200 га гидравлическому расчету не подлежат. Сечению их придаются стандартные минимальные размеры:

для магистралей — глубина 1,20 м, ширина по дну 0,40 м;
для собирателей — глубина 0,80 м, ширина по дну 0,30—0,20 м.

Откосы в том и другом случаях принимаются в соответствии с родом грунта. В целях соблюдения равномерного движения водного потока необходимо придавать дну канала однообразный продольный уклон. В случае невозможности соблюсти это правило канал по уклону надлежит разбить на минимальное число возможно длинных участков, причем уклоны смежных участков должны иметь небольшую разницу.

При частых изломах дна канала нельзя применять формулы равномерного движения. Расчет надлежит производить по формулам неравномерного режима.

Высота стояния расчетного горизонта воды в канале от его бровки (или его запас) предопределяется целями осушения.

Нормы запаса характеризуются следующими цифрами:

Нормы запаса воды в каналах

Назначение осушаемой площади	Запас (глубина стояния воды в каналах, в метрах)
Луга или пастбища	0,40—0,50
Поля с.-х. культур	0,50—0,60
Поля разлива (гидроторф)	0,40
Аэродромы	0,70
Леса	0,00

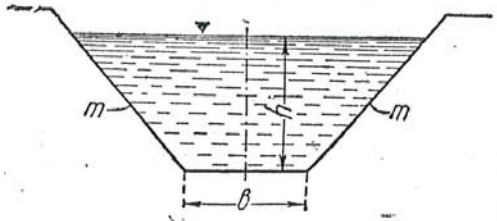


Рис. 209.

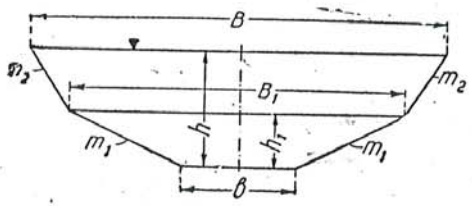


Рис. 210.

При таком запасе уровень воды обычных предпосевных и летних паводков водоприемника не должен подтоплять горизонта впадающих в него канав.

При интенсивном осушении или ускорении поверхностного стока горизонт обычных летних паводков должен стоять ниже бровки любого канала не меньше чем на 0,25 м, и только при исключительно больших паводках допускается работа канала полным сечением.

Высота стояния меженних вод в водоприемнике должна быть ниже или равна высоте впадающих в него канав.

§ 38. Формулы для поверочного расчета каналов

При расчете каналов в осушении обычно применяется так называемый поверочный расчет, при котором задаются формой и размерами живого сечения канала. Для гидравлического расчета необходимы, кроме того, следующие данные: Q (расход), J (уклон дна канала), h (глубина канала), m — коэфициент откоса.

1) Для трапецоидальных сечений:

живое сечение $\omega = h(b + mh)$ м;

смоченный периметр: $\chi = b + 2h\sqrt{1+m^2}$ м;

гидравлический радиус $R = \dfrac{h(b+mh)}{b+2h\sqrt{1+m^2}}$ м;

компоненты, входящие в эти формулы, обозначены на рис. 209.

2) Для полигонального сечения (рис. 210):

общая площадь живого сечения,

$$\omega = h_1(b + m_1h_1) + (h - h_1)[B + m_2(h - h_1)];$$

смоченный периметр

$$\chi = b + 2h_1\sqrt{1+m_1^2} + 2(h - h_1)\sqrt{1+m_2^2}\ \text{м};$$

3) Для параболического сечения (рис. 211):

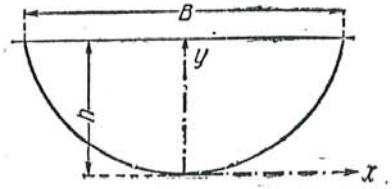


Рис. 211.

$$B = 2\sqrt{2ph}\ \text{м},$$

где p — параметр параболы;

$$\omega = \frac{2}{3}Bh\ \text{м}^2;$$

$$\chi = B\left[1 + \frac{8}{3}\left(\frac{h}{B}\right)^2 - \frac{32}{5}\left(\frac{h}{B}\right)^4\right] = B\alpha\ \text{м}.$$

α — определяется таблицей.

Значение α как функции $\frac{B}{H}$ для параболы

$\frac{B}{H}$	α	$\frac{B}{H}$	α	$\frac{B}{H}$	α	$\frac{B}{H}$	α
3,00	1,236	5,40	1,085	9,80	1,027	20,00	1,007
3,10	1,224	5,60	1,079	10,00	1,026	20,50	1,006
3,20	1,213	5,80	1,074	10,50	1,024	21,00	1,006
3,30	1,202	6,00	1,070	11,00	1,022	21,50	1,006
3,40	1,192	6,20	1,065	11,50	1,020	22,00	1,006
3,50	1,183	6,40	1,062	12,00	1,018	22,50	1,005
3,60	1,174	6,60	1,058	12,50	1,017	23,00	1,005
3,70	1,166	6,80	1,055	13,00	1,016	23,50	1,005
3,80	1,159	7,00	1,052	13,50	1,014	24,00	1,005
3,90	1,152	7,20	1,049	14,00	1,013	24,50	1,004
4,00	1,146	7,40	1,047	14,50	1,013	25,00	1,004
4,10	1,139	7,60	1,044	15,00	1,012	26,00	1,004
4,20	1,133	7,80	1,042	15,50	1,011	27,00	1,004
4,30	1,128	8,00	1,040	16,00	1,010	28,00	1,003
4,40	1,123	8,20	1,038	16,50	1,010	29,00	1,003
4,50	1,118	8,40	1,037	17,00	1,009	30,00	1,003
4,60	1,113	8,60	1,035	17,50	1,009	31,00	1,003
4,70	1,109	8,80	1,033	18,00	1,008	32,00	1,003
4,80	1,105	9,00	1,032	18,50	1,008	33,00	1,002
4,90	1,101	9,20	1,031	19,00	1,007	34,00	1,002
5,00	1,098	9,40	1,029	19,50	1,007	35,00	1,002
5,20	1,091	9,60	1,028				

4) Для полуэллиптического сечения:

$B = 2a$, где a — большая полуось эллипса;

$\omega = \dfrac{\pi a \cdot b}{2}$ м², где b — малая полуось эллипса,

$$\chi = \frac{\pi}{2}(a + b) \cdot K\ \text{м}.$$

Коэфициент K определяется следующей таблицей:

Значение K как функции $\frac{a+b}{a-b}$ полуосей эллипса

$\frac{a+b}{a-b}$	K	$\frac{a+b}{a-b}$	K
0,1	1,0025	0,6	1,0922
0,2	1,0100	0,7	1,1267
0,3	1,0226	0,8	1,1677
0,4	1,0404	0,9	1,2155
0,5	1,0635	1,0	1,2732

5) Для сечения, закрепленного вертикальными подпорными стенками (рис. 212):

$$B = b + 2[l + m(H - h_1)] \text{ м};$$
$$\omega = [b + 2l + m(H - h_1)] \times (H - h_1) + bh_1 \text{ м};$$
$$\chi = 2[h_1\sqrt{1 + m^2} + l + h_1] + b \text{ м}.$$

Затем определяется гидравлический радиус $R = \frac{\omega}{\chi}$ и коэфициент Шези c (определение c — см. выше).

После этого определяется скорость $v = c\sqrt{RJ}$ и, наконец, расход:

$$Q = \omega v.$$

Полученный расход Q сравнивается с требуемым. Если он намного не подходит к требуемому, то, задаваясь другими размерами сечения канала, проделывают вновь поверочный расчет до тех пор, пока полученный расход не будет приблизительно равен требуемому.

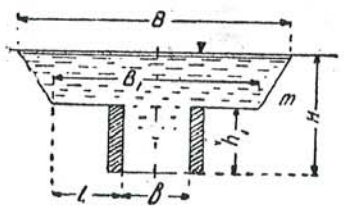


Рис. 212.

Ввиду такой мешкотности гидравлический расчет каналов трапецоидального сечения выгоднее производить при помощи номограмм (см. рис. 212 и др.)

Номограммы построены для шероховатости $n = 0{,}03$. Для гидравлически наивыгоднейшего сечения (рис. 213 — 217) отыскивается требуемая глубина живого сечения t. Для этого восстанавливаются перпендикуляры из точки данного уклона (абсцисса) и из точки данного расхода. Точка пересечения обоих перпендикуляров находится между кривыми t, причем искомая глубина находится интерполяцией.

При произвольном трапецоидальном сечении пользуются другими номограммами (рис. 218—222). Для получения глубины надо знать ширину по дну b (задаваться). При определении глубины следует провести ряд линий (горизонтальных и вертикальных) так, как показано на каждой номограмме стрелками.

(О прямом расчете параболических и эллиптических сечений — см. § 80).

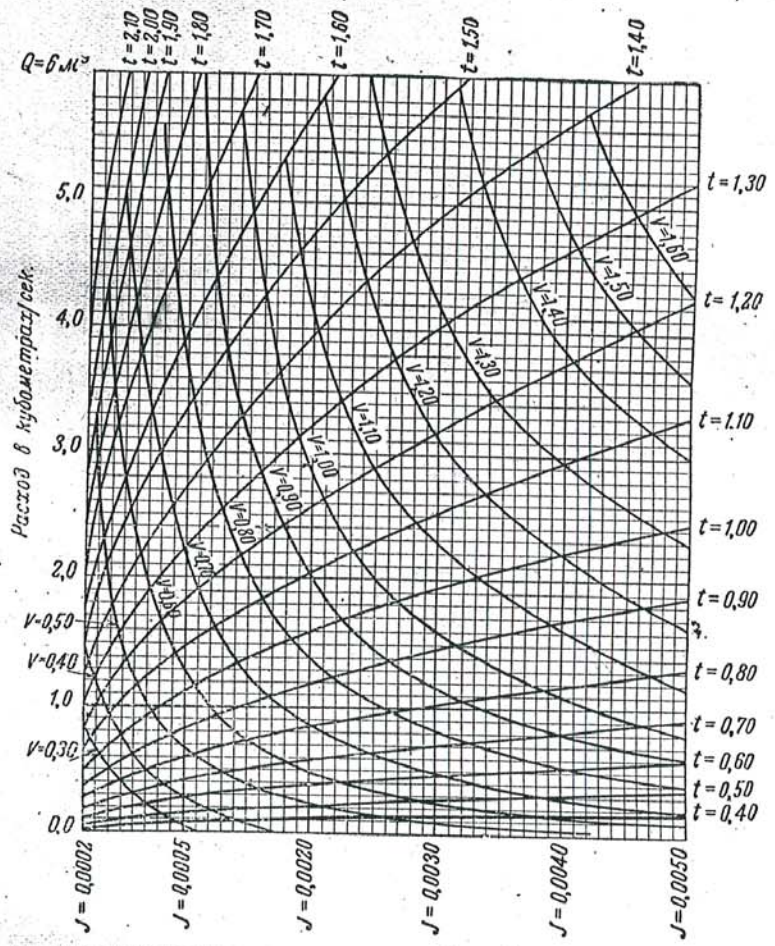


Рис. 213. Номограмма для определения глубины t живого (гидравлически наивыгоднейшего) сечения канала по расходу Q и уклону J (в метрах). $n = 0{,}030$; откосы $m = 1/1$. Ширина дна $b = 1{,}56\,t$. Площадь живого сечения $\omega = 1{,}81\,t^2$.

§ 39. Последовательность в гидравлическом расчете

Гидравлический расчет преследует цели:

а) определение размеров живых и поперечных сечений канала;

б) нанесение на продольный профиль этого канала расчетных горизонтов (предпосевные, бытовые);

в) увязку их (гидравлически) по всей длине продольного профиля;

г) правильное сопряжение этих горизонтов с соответствующими горизонтами водоприемника.

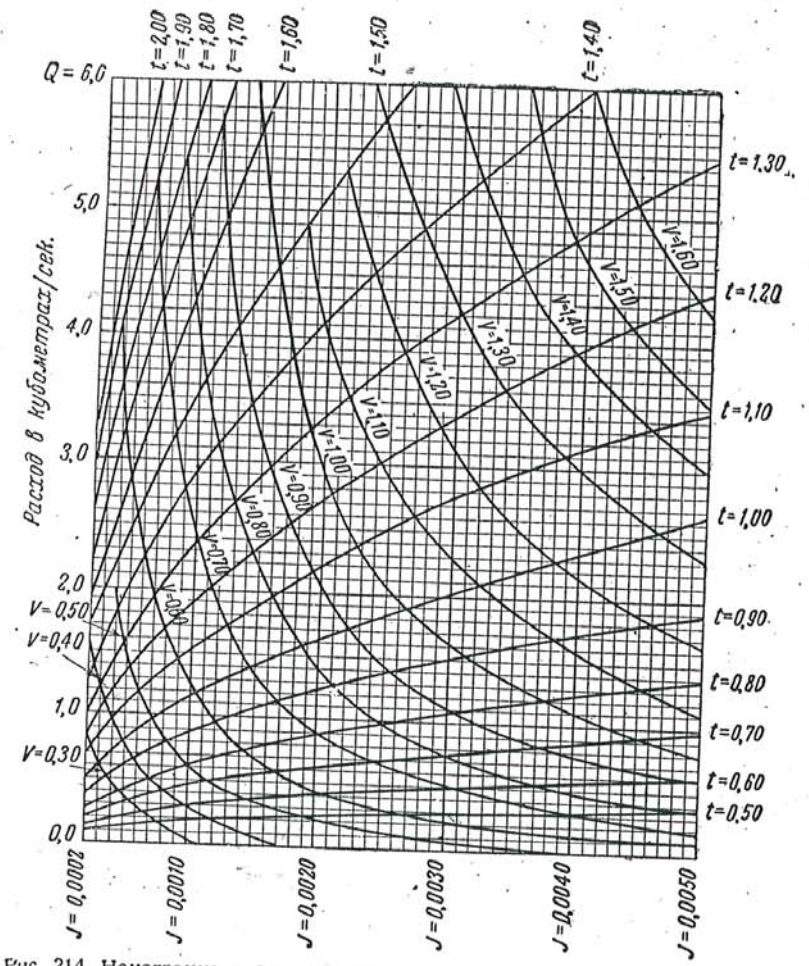


Рис. 214. Номограмма для определения глубины t живого (гидравлически наивыгоднейшего) сечения канала по расходу Q и уклону J (в метрах). $n = 0{,}030$; откосы $m = 1/2$. Ширина дна $= 1{,}24\ t$. Площадь живого сечения $\omega = 1{,}74\ t^2$.

Расчет надлежит вести в следующем порядке.

1) На продольном профиле, пересекая его бровку в возможно большем числе точек, наносится линия уклонов дна канала; параллельно последней, после определения глубины канала, намечается самое дно канала.

2) По продольному профилю и разрезам грунтов, входящих в его состав, в каждом типовом участке по грунту, уклону и глубине проектируется конструкция сечений канала, удовлетворяющая условиям его устойчивости.

3) По бытовым расходам и уклонам дна канала определяется (по графикам рис. 213—222), с первым приближением, заполнение при наивыгоднейшем живом сечении. Это делается для каждого участка с резким

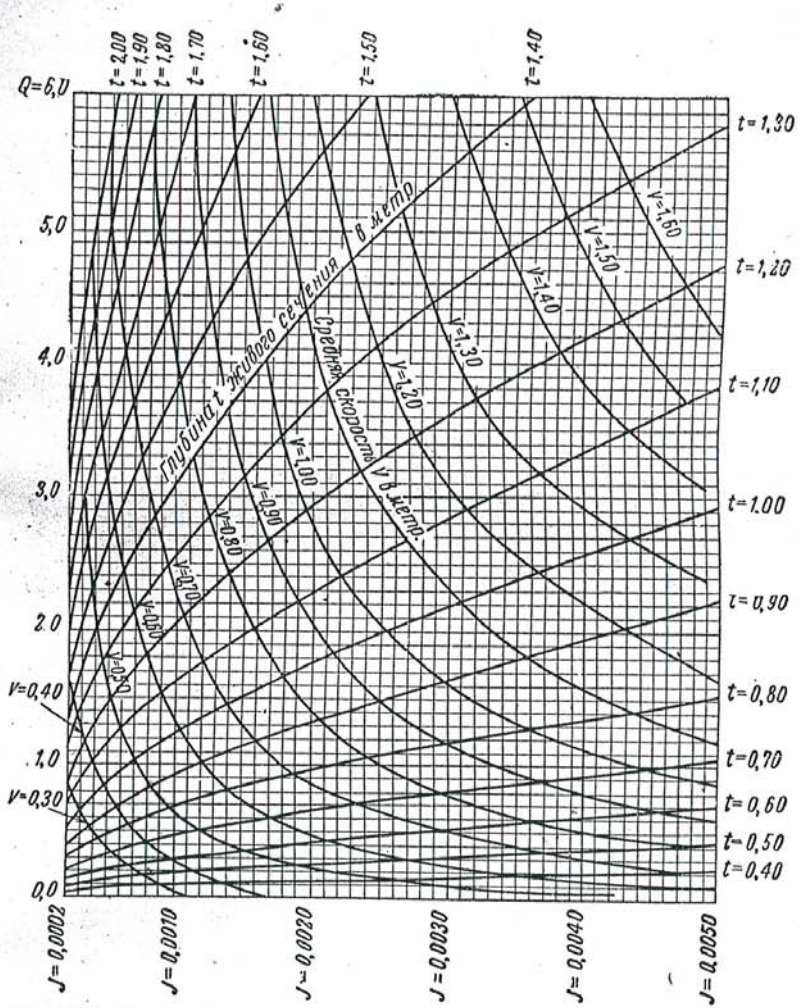


Рис. 215. Номограмма для определения глубины t живого (гидравлически наивыгоднейшего) сечения канала по расходу Q и уклону J (в метрах). $n = 0{,}030$; откосы $m = 1$. Ширина дна $b = 0{,}81\ t$. Площадь живого сечения $\omega = 1{,}82\ t^2$.

изменением уклона, а также в случае изменения величины водосборной площади и, следовательно, расхода воды.

При расчете на бытовой расход желательно выбирать гидравлически наивыгоднейшие сечения, как дающие наибольшую скорость; последнее важно для всех каналов, имеющих небольшие уклоны.

4) К найденной при бытовом горизонте глубине прибавляют глубину типичного канала, впадающего в рассчитываемый. Затем производят поверочный гидравлический расчет на полученную суммарную глубину; необходимо, чтобы полученный в результате подсчета расход был более расчетного предпосевного.

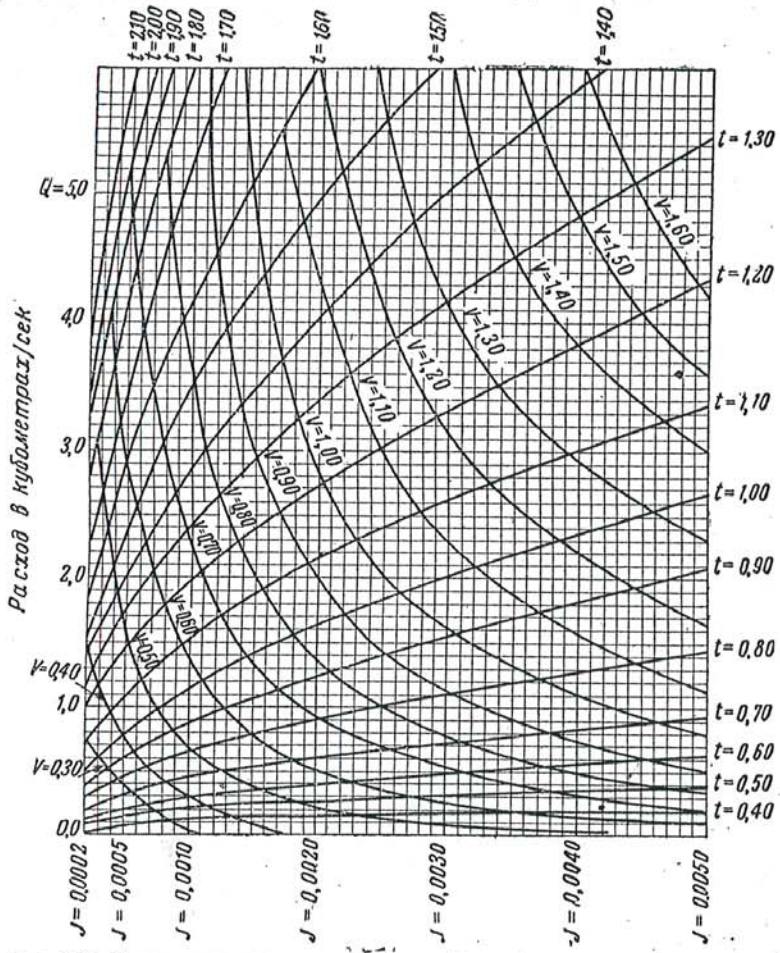


Рис. 216. Номограмма для определения глубины t живого (гидравлически наивыгоднейшего) сечения канала по расходу Q и уклону J (в метрах). $n = 0{,}030$; откосы $m = 1^1/_4$. Ширина дна $b = 0{,}70\ t$. Площадь живого сечения $\omega = 1{,}95\ t^2$.

При таком способе расчета нередко получается большая глубина заполнения (больше нормальных глубин — 1,2—1,7 м) для магистралей от паводковых расходов. Чтобы избежать этого, увеличивают ширину по дну, отказываясь от гидравлически наивыгоднейшего сечения.

5) Установленные глубины заполнения канала наносятся на профиль. Полученные таким образом точки соединяются между собой плавной линией, представляющей линию расчетного горизонта воды. Последняя должна быть параллельна дну канала. В случае несоблюдения этого правила в створах, нарушающих параллельность, изменяется в ту или другую сторону ширина каналов по дну до пределов, обеспечивающих соблюдение параллельности между горизонтом воды и дном.

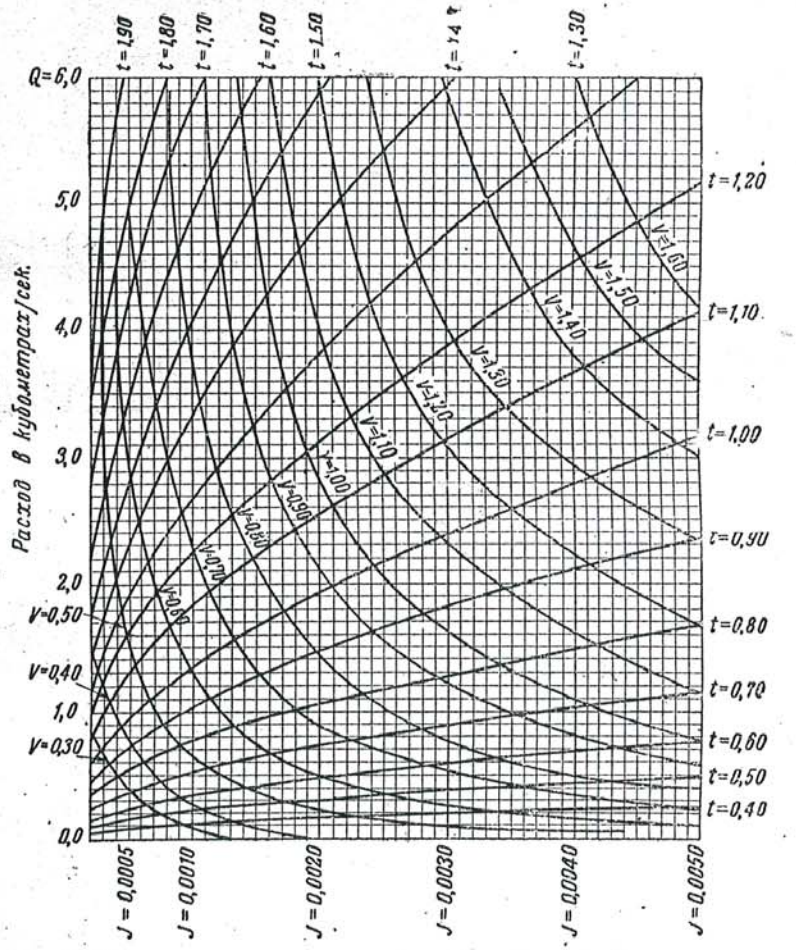


Рис. 217. Номограмма для определения глубины t живого (гидравлически наивыгоднейшего) сечения канала по расходам Q и уклону J (в метрах). $n = 0{,}030$; откосы $m = 1^1/_2$. Ширина дна $b = 0{,}60\ t$. Площадь живого сечения $\omega = 2{,}10\ t^2$.

6) Для получения полной глубины канала необходимо к найденной вышеизложенным образом глубине заполнения его прибавить глубину, соответствующую приведенным в таблице на стр. 518 запасам. Откладывая отметки запасной глубины в соответствующих местах продольного профиля, проводят через полученные таким образом точки линию. На глубине, соответствующей расчетной, проводят линию дна канала, параллельную уже намеченным линиям горизонта воды. Таким образом получается проектное дно канала.

7) После производства поверочных расчетов и окончательного нанесения расчетных горизонтов воды производится поверка сопряжений горизонтов водоприемника с горизонтами впадающих в него каналов.

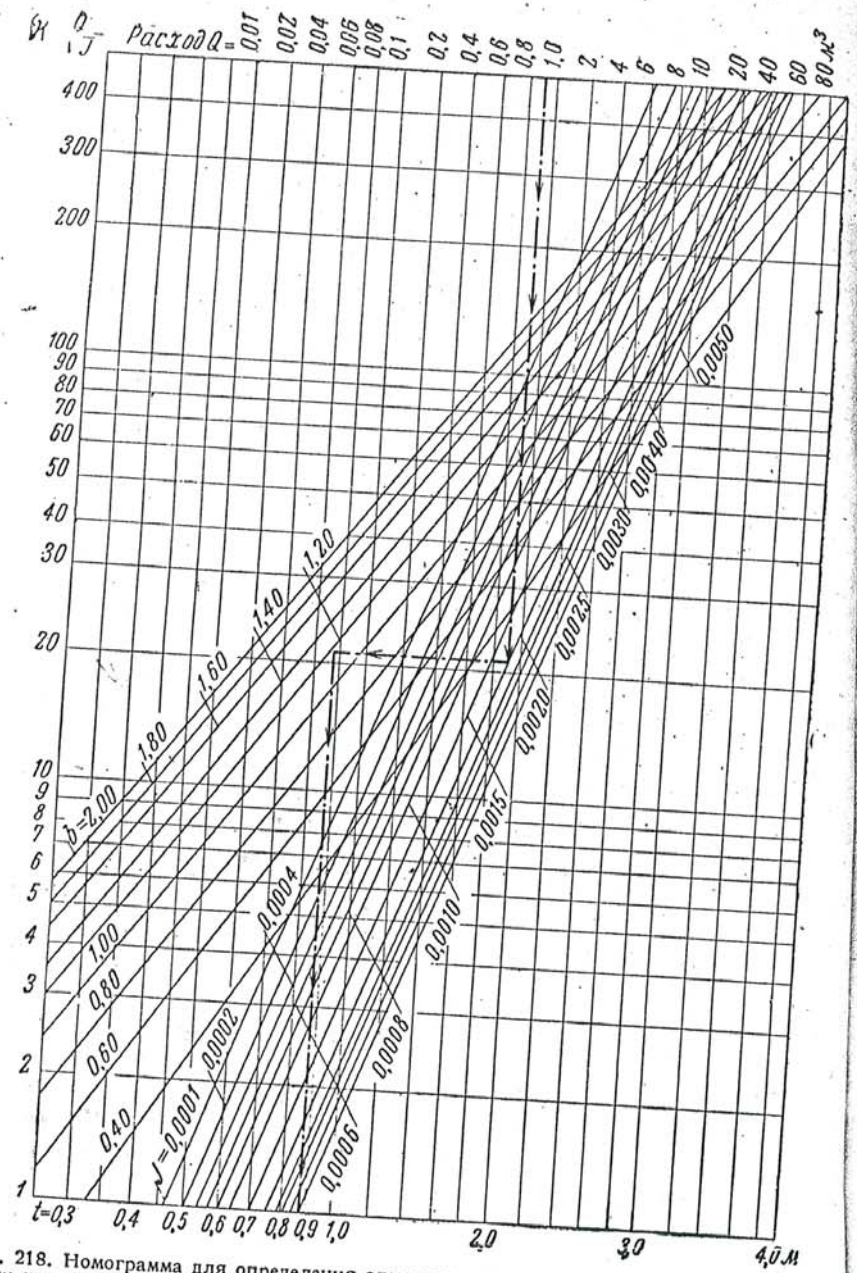


Рис. 218. Номограмма для определения элементов живого сечения канала (глубины t или ширины дна b) по расходу Q и уклону J (в метрах). $n=0{,}030$; откосы $m = {}^1/_4$.

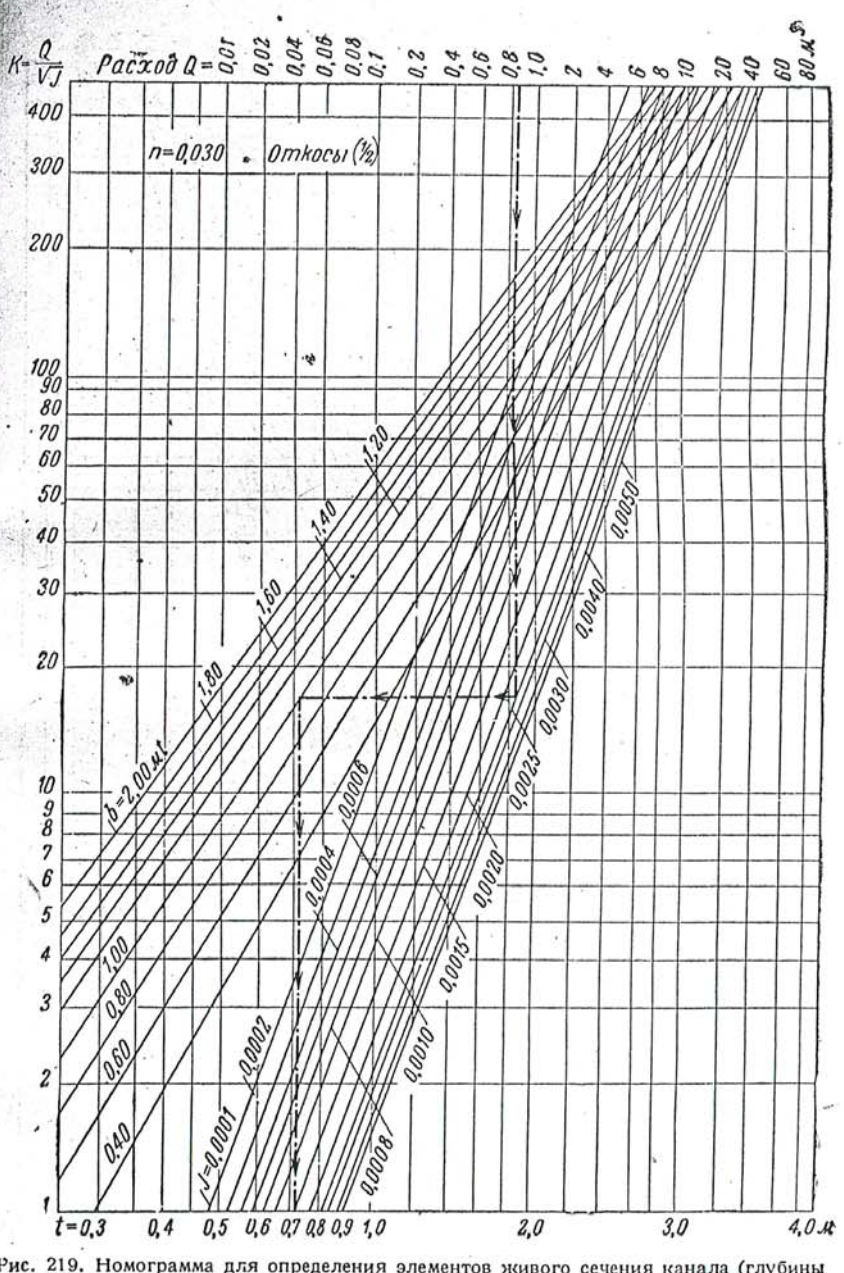


Рис. 219. Номограмма для определения элементов живого сечения канала (глубины t или ширины дна b) по расходу Q и уклону J (в метрах); $n=0{,}30$; откосы $m={}^1/_4$.

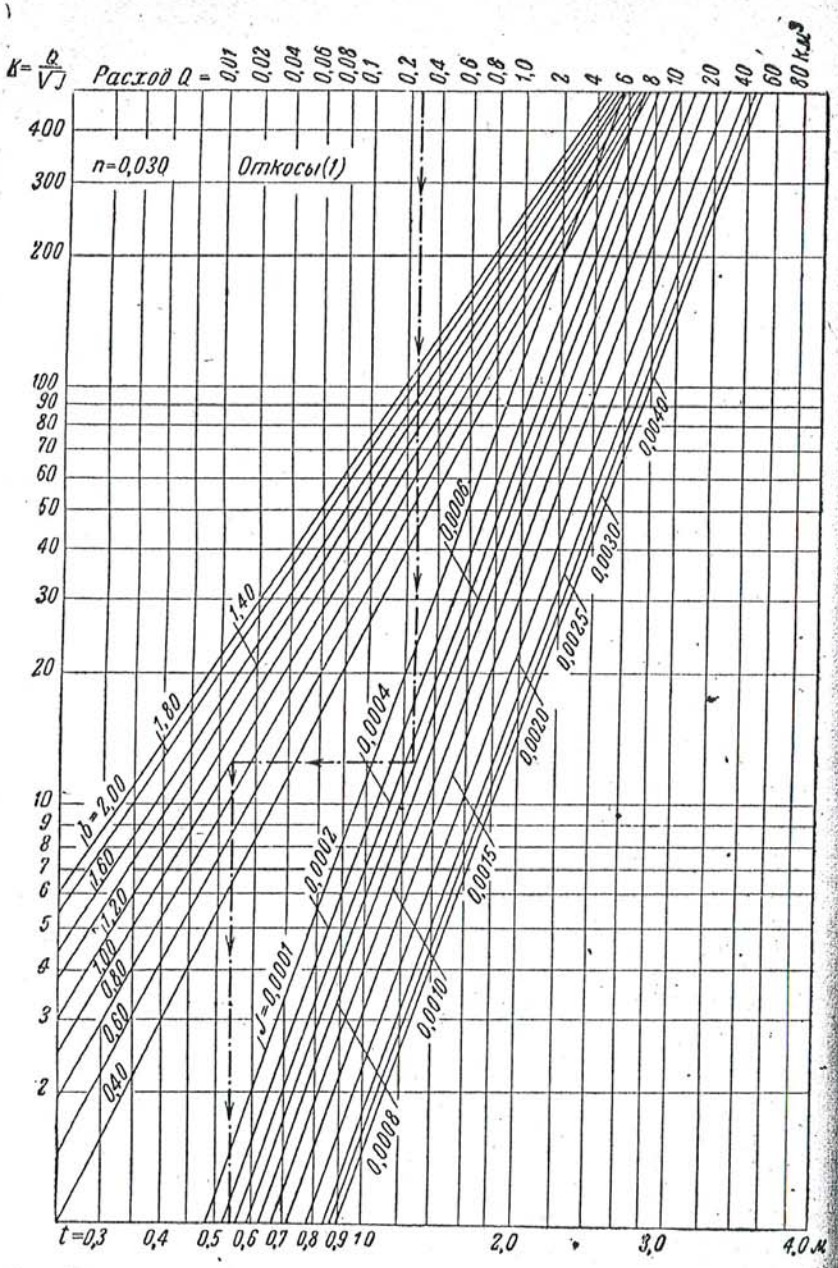


Рис. 220. Номограмма для определения элементов живого сечения канала (глубины t или ширины дна b) по расходу Q и уклону J (в метрах); n=0,030; откосы m =1.

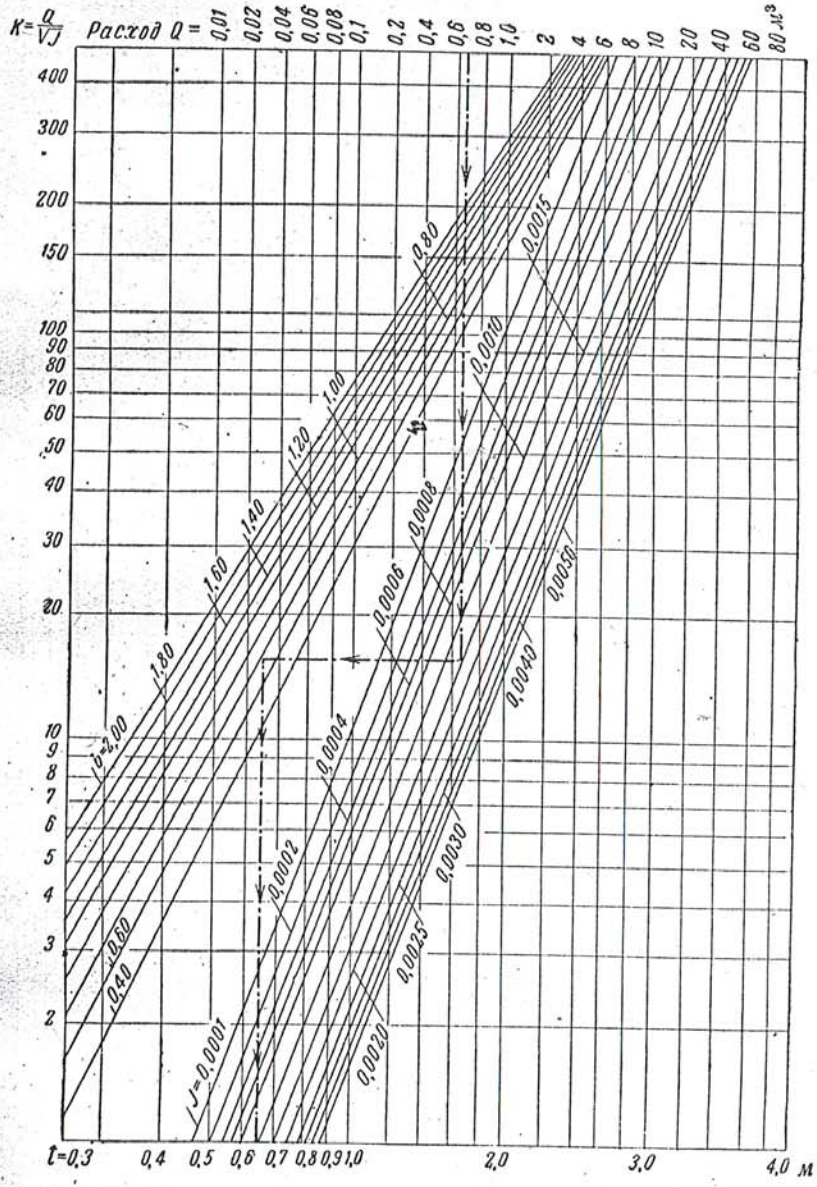


Рис. 221. Номограмма для определения элементов живого сечения канала (глубины t или ширины дна b) по расходу Q и уклону J (в метрах).
$n = 0{,}030$; $m = 1\frac{1}{4}$.

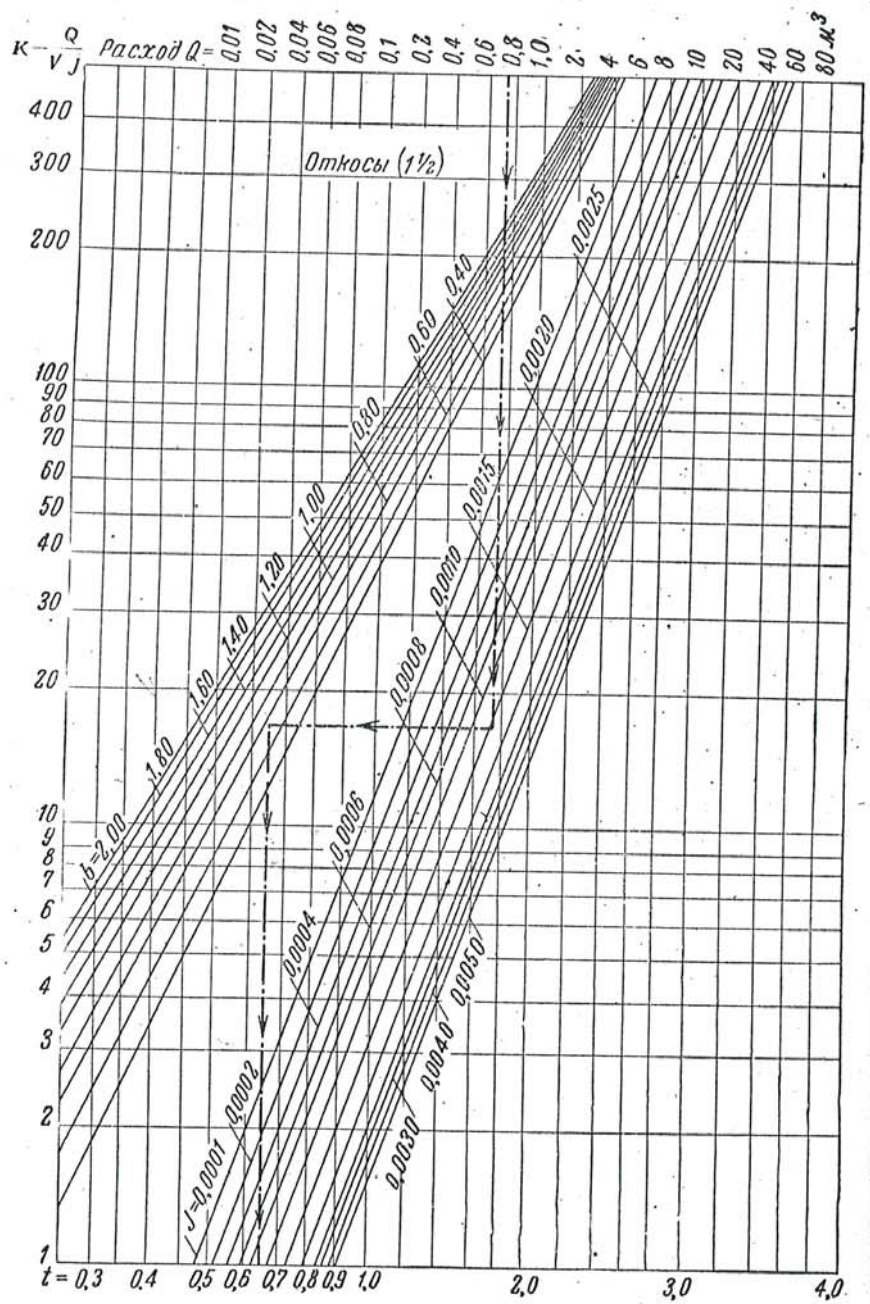


Рис. 222. Номограмма для определения элементов живого сечения канала (глубины t или ширины дна b) по расходу Q и уклону J (в метрах). $n = 0{,}030$; откос $m = 1\frac{1}{2}$.

Таблица критических неразмывающих грунт скоростей в осушительных каналах

Грунты	Гранулометрическая характеристика (размеры фракций в миллиметрах)	Состояние залегания	Критическая скорость (в метрах в секунду)
Тонкий коллоидальный ил	Частиц с $d < 0{,}002$ — более 50%. Много органических примесей	Рыхлое	0,15—0,25
Ил тяжелый минеральный	Частиц с $d < 0{,}002$ меньше 50% общего веса	»	0,25—0,30
Мелкий чистый песок	Частиц с $d = 0{,}05$ — около 80% общего веса	»	0,35—0,45
Средний чистый песок	Фракция $(0{,}25 < d < 1{,}0)$ около 80% общего веса	»	0,45—0,60
Крупный песок	Фракция $(1{,}0 < d < 2{,}5) \approx$ 90% общего веса	»	0,60—0,75
Мелкий песок с примесью ила или глины	Состав песчаного скелета аналогичен чистому песку; примесей $\leqslant$ 10%	Более плотн.	0,40—0,60
Средний песок с той же примесью	Те же условия: примесей $\leqslant$ 10%	» »	0,50—0,70
Крупный песок с той же примесью	Те же условия: примесей $\leqslant$ 15%	» »	0,75—0,95
Мелкий гравий чистый	$2{,}5 < d < 7{,}5$	Рыхлое	1,0—1,2
Крупный гравий чистый	$7{,}5 < d < 15$	»	1,5—1,8
Крупные камни	$2{,}5 < d < 40$	»	3—5
Легкий суглинок	$d < 0{,}01 \leqslant$ 17%	Более плотное	0,5—0,7
Средний суглинок	$d < 0{,}01 \leqslant$ 22%	» »	0,6—1,0
Тяжелый суглинок	$d < 0{,}01 \leqslant$ 35%	» »	0,7—1,3
Песчаная глина	Фракций глины $> 33\%$, фракций песка $\leqslant 50\%$	» »	0,7—1,2
Обыкновенная глина	Фракция глины составляет до 50% общего веса	» »	0,7—1,2
Жирная глина	То же	» »	0,4—1,0
Лёсс	»	—	0,45—1,0
Сфагновый торф	Степень разложения 40%	—	1,5
Ольховый торф	» » 80%	—	0,6
Гипно-осоковый	» » 40%	—	2,0
Хвощевый	» « 40%	—	0,7
Мостовая одинарная	$15 < d < 25$ см	—	2—3
Мостовая двойная	$15 < d < 25$ см	—	2,5—4,0
Бетонная одежда	При временном сопротивлении раздроблению 90 кг/см²	—	5
Бетонная одежда	То же при 210 кг/см²	—	10
Одерновка плашмя	—	—	0,7—0,9
Одерновка в стенку	—	—	1,5—1,6
Плетневые хворостяные покрытия	—	—	1,5—2,0

Гидравлический расчет магистрального канала надлежит производить в следующих местах:

а) в самом конце верхнего участка;

б) во всех местах ниже впадения боковых канав, где следует ожидать более или менее значительного изменения расхода;

в) на нижней (по течению) границе участков с разными уклонами;

г) в самом нижнем сечении при впадении канала в водоприемник.

При гидравлическом расчете обращают внимание на максимальные и минимальные допустимые скорости.

Максимальные скорости, допускаемые для открытых каналов, показаны в таблице на стр. 531.

Эта таблица не учитывает содержания извести; между тем известь делает грунт более связным и сильно повышает его сопротивляемость размыву.

Минимальные скорости, допускаемые для открытых каналов в разных грунтах, приведены в нижеследующей таблице.

Минимальные скорости, при которых оседают взвеси

№ по порядку	Название наносов	Механический состав (диаметр в миллиметрах)	Состав наносов	Скорость (в метрах в секунду)
1	Ил	0,001	Окись железа и гидратные каолины, фосфат извести с примесью аморфного кремнезема	0,2
2	Песчаная пыль . . .	0,25—0,05	Почти чистый кварц	0,4
3	Песок	3,0—0,5	Обломки отдельных минералов с постепенным преобладанием кварца по мере раздробления	1,0
4	Песок мелкий . . .	0,5—0,25	То же	0,5
5	Хрящ	5—3	Обломки массивных пород	1,5

Скорость течения воды во избежание интенсивного зарастания не должна быть менее 0,3—0,5 м в секунду. Однако и такая скорость не дает полной гарантии от зарастания, почему с ним следует бороться посредством затенения.

Относительно скорости оседания торфяных аморфных остатков, преобладающих обыкновенно на дне каналов или дрен, проложенных в торфе, никаких исследований произведено не было, но есть основание думать, что такие вещества подходят под грунт № 1 вышеприведенной таблицы.

§ 40. Сопряжения основных и боковых каналов

Каналы боковые, имеющие расходы $<0{,}25$ м³/сек., сопрягаются с основными каналами следующим образом. Определяют отметку и глубину заполнения при равномерном режиме в канале-водоприемнике. Горизонт этот наносят на профиль. Затем на профиле впадающего канала наносят расчетный горизонт, который должен располагаться параллельно дну этого канала.

Разность отметок этого горизонта и горизонта в водоприемном канале должна приблизительно равняться $^1/_3$ глубины заполнения во впадающем канале. Поэтому последнюю глубину необходимо увязать согласно только что означенному правилу.

Из сказанного вытекает неизбежность построения перепада *а* (рис. 223) при узле сопряжения каждой пары каналов. Поэтому нежелательно увеличивать число порядков каналов. Чем выше порядок канала, тем меньше получится глубина канала, а стало быть, и ниже будет норма осушения.

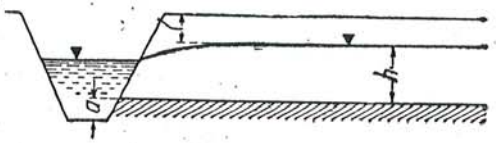


Рис. 223.

Боковые каналы, несущие незначительные расчетные расходы, сопрягаются со старшими таким образом, чтобы дно канала в узле сопряжения было на одной отметке с горизонтом (бытовым) канала-водоприемника.

ГЛАВА VII

ОСУШИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ В СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ХОЗЯЙСТВАХ

§ 41. Осушение лугов

Первой задачей при осушении луговых площадей является их изоляция от притока посторонних вод (поверхностных с водосбора и грунтовых), заболачивающих эти площади. Следовательно, необходимы нагорные, или ловчие, каналы. Одновременно проводятся магистральные и тальвеговые каналы. Этим ограничивается первоочередная сеть.

При преобладающем атмосферном питании луговых площадей, кроме указанных каналов первой очереди, применяется система собирателей.

Система собирателей для ускорения поверхностного стока состоит из каналов 2-го порядка — собирателей (рис. 197 *вв*, *аа* и т. д.), расположенных по следующим правилам:

а) собиратели должны иметь направление поперек ската местности, пересекая горизонтали под более или менее острым углом;

б) собиратели должны быть параллельны друг другу;

Взаимное расстояние между каналами определяется таблицей:

Расстояние между собирателями (в метрах) *для лугов и пастбищ*

Объект осушения	Уклон осушаемой поверхности					
	0,0002	0,0005	0,0010	0,0015	0,0020	0,003
Луга	80	100	120	130	140	160
Пастбища летние	60	75	90	100	110	120

Это расстояние несколько меняется в зависимости от географического положения местности.

Для определения расстояний, в зависимости от географического положения необходимо из приведенной выше таблицы (стр. 487) отыскать коэфициент приходо-расхода влаги, на который следует помножить найденное по таблице расстояние.

Глубина обычных открытых собирателей — 0,6—0,8 м, ширина по

дну — 0,3—0,4 м. Откосы — в зависимости от грунта (см. главу «Устойчивость»), но так как глубина не велика, то обычно $m = 0{,}25$ до 0,75. Кавальеры, если их оставляют или разбрасывают, располагаются только вдоль низовой стороны собирателя.

§ 42. Осушительные системы в хозяйствах для технических культур (льна, рами, конопли и т. п.)

Площади, отводимые под технические культуры, имеют крупнозернистый механический состав почвы и лучшую фильтрацию: осушение их осуществляется в основном обычным дренажем. Дренажи сопрягаются с открытыми транспортирующими собирателями, располагаемыми в данном случае через 200 м. Обработка на легких почвах ведется вдоль собирателей.

В тех случаях, когда указанные хозяйства располагаются на довольно тяжелых глинистых почво-грунтах, избыточно увлажняемых только в периоды паводков, применяются собирательные системы для ускорения поверхностного стока. В целях более быстрого отвода поверхностных вод необходима прежде всего вспашка и другая обработка в направлении наибольшего ската, если величина уклона вдоль него не превосходит примерно 0,01, т. е. не будет происходить эрозии. В противном случае направление обработки несколько отклоняется от нормали к горизонталям.

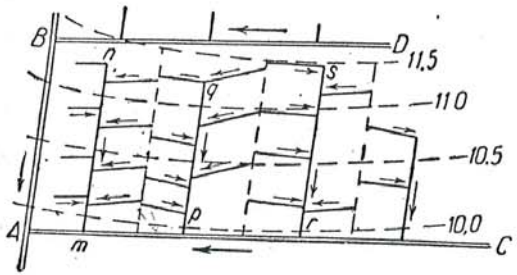


Рис. 224.

Кроме обработки вдоль ската, в результате которой получаются более или менее крупные бороздки, содействующие ускорению стока, для той же цели рекомендуются следующие методы (совместно с продольной обработкой).

1) Выборочное бороздование для озимых посевов * как временная мера взамен закрытых собирателей — по понижениям и тальвегам (сечения борозд: $h = 0{,}4$—0,3 м; $b = 0{,}1$ — 0,2 м и $B =$ до 0,5 м) — с разброской грунта по сторонам. Борозды вводятся в лога, овраги, каналы или речки, с достаточным уклоном, предупреждающим застой в них воды. Такая сеть применима только при явно выраженных уклонах. Нарезка борозд после посева озимых—осенью.

2) Если рельеф местности выражен не столь ярко, как в первом случае и если уборка производится комбайном, то можно рекомендовать систему закрытых собирателей, параллельных горизонталям.

Для закрытых собирателей необходима транспортирующая сеть, указанная на рис. 224. Здесь AB — отрезок магистрального канала, обслуживающего большой участок; AC, $BД$... — транспортирующие собиратели, проектируемые под острыми углами к горизонталям. Размеры этих собирателей: $h =$ от 1,50 до 1,20 м; $b = 0{,}5$ м. В собиратели входят коллекторы, в направлении наибольшего ската, исполняемые обычным канавокопателем.

* На глинистых почвах в районах, где выпадают обильные летние ливни, бороздование и закрытые собиратели уместны и для яровых.

Поперечные разрезы коллекторов: $h = 1{,}0$—0,8 *, $b = 0{,}3$; $B = 0{,}6$ м. Расстояние между транспортирующими собирателями —500—1 000 м. Расстояния между коллекторами — 150—200 м.

В коллекторы вводятся закрытые собиратели.

Для определения расстояний у закрытых собирателей имеется формула (ВНИИГиМ):

$$S = 0{,}29\,\frac{T J^{0,5}}{n\left(\frac{1}{y^{0,7}} - 1{,}2\right)}\ \text{м},$$

где T — время (в секундах), устанавливаемое для освобождения бороздок, оставляемых после обработки поля от поверхностных вод;

J — уклон борозд или поля по скату;

n — коэфициент шероховатости, определяемый таблицей;

y — глубина борозды к моменту окончания дождя (в метрах).

Расположение закрытых собирателей в основном приурочивается к более или менее ярко выраженным понижениям местности, пересекаемым коллекторами: к тальвегам, западинам и пр.; в среднем расстояние

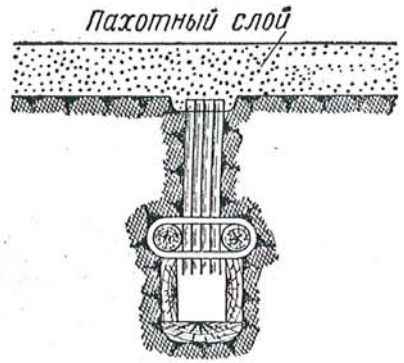


Рис. 225.

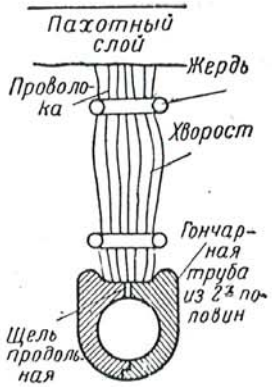


Рис. 226.

между собирателями равно примерно 50 м. Глубина собирателей — в среднем 60—80 см.

Оба указанных способа (выборочное бороздование и закрытые собиратели) имеют наибольшую эффективность для весеннего стока; поэтому борозды и собиратели делаются осенью.

Конструкция закрытых собирателей. Одна из конструкций закрытых собирателей указана на рис. 225. В траншею глубиною 0,8—0,6 м закладывается П-образный жолоб из трех пластин (рис. 225) или гончарная труба, отформованная из двух половинок по разъемной вертикальной плоскости (рис. 226). Откосы канала проектируются около $^1/_4$ — $^1/_2$. Диаметр трубы (внутренний) — 10—15 см, длина звена — 1 м. Вдоль всей трубы устанавливается вертикально хворостяной мат, туго обвязанный при помощи двух пар жердей, диаметром до 5 см, и оцинкованной проволоки (2 мм). Верхний торец мата еле доходит до подошвы пахотного слоя (20—25 см). Трубы закрытых собирателей входят в открытые кол-

* В зависимости от глубины закрытых собирателей.

лекторы. Уклон труб $<0{,}002$. Обработка почвы не повреждает таких собирателей.

Кротование. Оно ведется в том же направлении и к таким же коллекторам, что и закрытые собиратели.

Расстояния между кротовинами >4 м.

§ 43. Осушительные системы в животноводческих хозяйствах, а также под овощные культуры и кормовые корнеплоды

По своей конструкции и расположению осушительные системы в животноводческих хозяйствах зависят от рода осушаемых угодий.

1) Луговые площади осушаются по правилам, указанным в § 41.

2) Выгоны осушаются двояким способом.

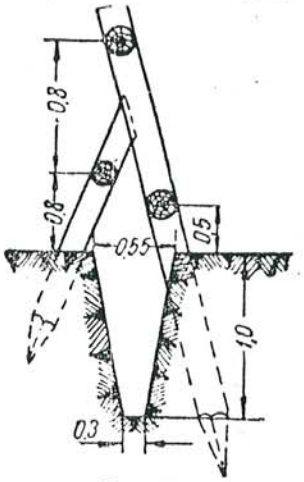


Рис. 227.

а) Выгоны весенние. Прежде всего определяется площадь Ω весенних пастбищ:

$$\Omega = T\ K\ м^2,$$

где T — число дней выпаса в период, когда грунтовые воды могут быть понижены (на 0,6 см в среднем) одним дренажем;

K — площадь в квадратных метрах, отводимая в один день для выпаса на все поголовье скота.

Обыкновенно весенний выпас в центральных областях начинается с 1 мая и кончается 15 июня, т. е. $T = 45$ дням. Более точно этот период определяется на основании результатов обработки данных о колебаниях уровня грунтовых вод в аналогичных условиях.

Величина K назначается агрономами-луговодами или зоотехниками.

Весенние выгоны осушаются гончарным или досчатым дренажем, так как здесь требуется понижение грунтовых вод в период, когда испарение незначительно.

б) Выгоны летние и осенние осушаются обыкновенными собирательными системами с расчетом на то, что уровень грунтовых вод к моменту начала эксплоатации этих выгонов понизится на требуемую норму (0,7 м) под действием естественных факторов (в основном — за счет испарения).

Для предохранения открытых каналов на пастбищах от затаптывания скотом, вдоль их устанавливается изгородь из жердей. Одна из таких конструкций указана на рисунке 227.

Осушение под овощные культуры и кормовые корне-клубнеплоды

Площади под корне- и клубнеплоды осушаются так же, как и площади под технические культуры на почвах с хорошей фильтрацией, т. е. комбинированием открытой транспортирующей сети (магистралей и транспортирующих собирателей) с закрытым дренажем.

§ 44. Конструкция сечений магистральных и других каналов

Поперечное сечение магистральных каналов показано на рис. 228. Здесь *abcd* — кавальер, *de* — берма, *hg* — дно воронки.

Земля, вынутая из канала, складывается в кавальеры по обе стороны или только на одну низовую сторону, как это обязательно для собирателей и нагорных каналов. При устройстве кавальеров с обеих сторон они через каждые 20 м или, лучше, по всем понижениям, пересекаемым каналом, прорезаются канавками-воронками. Воронки имеют ширину 0,4—0,2 м и глубину, считая от поверхности земли, в среднем — 0,2—0,4 м. Во избежание размыва воронки крепятся камнем или дерном.

Ширина берм у каналов проектируется не меньше 1 м, а при глубоких канавах — 2 м. Откосы принимаются в зависимости от рода грунтов.

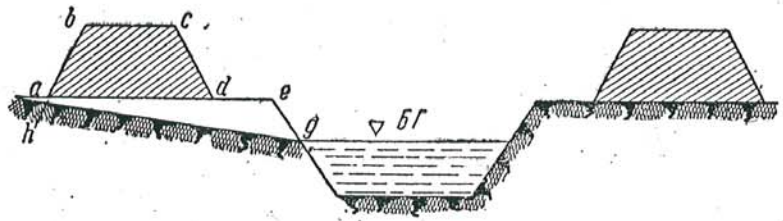


Рис. 228.

Если каналы должны быть узкими, то в том случае, когда дно канала захватывает минеральный грунт, выгоднее делать крепление (см. § 52).

Обычная глубина магистральных каналов для открытой сети — 1,2—1,5 м. Для закрытой сети глубина их делается больше на глубину заполнения при посевном горизонте.

Ширина по дну магистралей определяется гидравлическим расчетом.

Глубина транспортирующих собирателей и коллекторов для открытой сети меньше глубины магистралей на глубину бытового горизонта.

Ширина по дну собирателей (траншей) — 0,3 м при водосборе <200 га.

ГЛАВА VIII

УСТОЙЧИВОСТЬ РУСЛА КАНАЛОВ

§ 45. Зарастание русла

Зарастание происходит в таких каналах, где явления размыва сведены к минимуму. Зарастание свойственно лишь тем каналам, которые проходят в грунтах, содержащих необходимые элементы пищи растений в доступном для них виде. К таким грунтам, например, относятся низинно-болотный, более или менее разложившийся торф, зернистая пойма, перегнойные почво-грунты и т. д. Наоборот, каналы в почво-грунтах, имеющих в себе закисные соединения (например, вивианит, глей и т. д.) или не содержащих в себе достаточного количества зольных веществ, необходимых для жизни растений (например, торф верховых болот, песок и т. д.), не зарастают. Зарастание русла сильно уменьшает пропускную способность канала по следующим причинам:

1) увеличивается шероховатость, а стало быть, уменьшается скорость,

2) уменьшается сечение канала.

Меры борьбы с зарастанием каналов

1. Затенение русла. Оно достигается созданием возможно более крутых откосов и узкого дна, если только допускают грунтовые условия и гидравлические факторы.

Магистральные и другие каналы, ширину которых уменьшить невозможно, затеняются посредством посадки деревьев и кустарников по кавальерам, если таковые не убраны, и по бермам с южной стороны.

2. Придание каналам пологих (2 : 1 или 3 : 1) *откосов* до бытового горизонта и укрепления откосов ниже этого горизонта.

Пологие откосы удобно окашиваются, а укрепление откосов препятствует зарастанию.

§ 46. Оползни откосов и берм канала

При оползнях верхняя часть откоса (и даже берма) оползает в канал, заполняя его собой.

Причины оползней различны. Подавляющее число грунтов, в которых прокладываются осушительные каналы, состоит из более или менее резко обособленных слоев. При этом избыточно увлажненные грунты обыкновенно имеют верхний слой — монолитный, не деформирующийся от насыщения их водой; нижний же слой в таких условиях является текучим, легко размываемым и требующим более или менее пологих откосов. В других случаях нижний слой грунта, постоянно находящийся ниже бытового горизонта в канале и насыщенный до полной своей влагоемкости, растекается, образуя очень пологий, до 6 : 1 (m), откос. Таким образом, если верхний слой — монолитный, а нижний — текучий и канал режет собой эти два слоя одинаковым откосом (рис. 229), то нижний слой, стремясь занять устойчивое положение, приобретаемое более пологим откосом, отчасти вытекает из-под монолитного слоя. Последний, оставаясь во взвешенном положении над уширенной таким образом частью дна канала, рушится. Смотря по длине горизонтальной проекции откоса (заложения) текучего грунта, рушится либо часть откоса, либо весь откос с частью бермы.

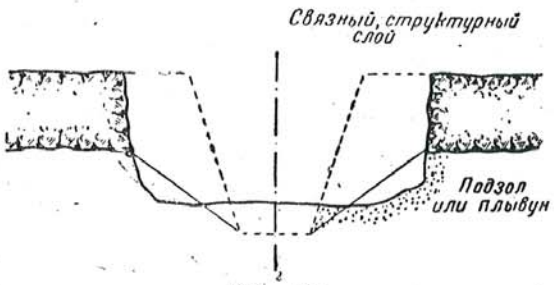


Рис. 229.

В случае глубокого канала ($t > 3$ м), вырытого в глубоком торфе, явление оползней имеет другую причину. После прокопки канала происходит осадка торфа, причем максимальная осадка бывает всегда у бермы и уменьшается по направлению к середине междуканавья. По причине неравномерности осадки получается наклон (до 0,010) как поверхности, так и нижнего слоя, подстилающего верхний. Если поверхность нижнего слоя достаточно влажна, то может произойти сдвиг части верхнего слоя торфа по образованной таким образом наклонной поверхности. Под влиянием горизонтальной слагающей силы веса верхнего слоя последний обрывается и соскальзывает в канал.

§ 47. Размыв русла

Различают размыв связных монолитных и размыв рушеных * грунтов. Монолитные грунты при осушении довольно хорошо противостоят размыву. Рушеные же грунты (из того же материала) слабо сопротивляются размывающим скоростям.

Нормативы неразмывающих скоростей даны в таблице критических, неразмывающих грунт, скоростей, см. стр. 531.

Методы, предупреждающие размыв

1. Придание каналу уклонов, определяющих безопасные скорости для рушеного грунта, в котором вырыт канал. Уклоны уменьшаются посредством изменения трассы канала, если это допустимо по соображениям другого порядка, или же уклон по дну уменьшается искусственно — путем устройства быстротоков или перепадов.

2. Покрытие размываемого слоя в канале одеждой, предупреждающей размыв грунта, в том числе (для глинистых грунтов) слоем крупнозернистого песка, 10—12 см мощностью.

§ 48. Наносы в русле

Наносы в русле отлагаются в тех местах каналов, где внезапно образуется:

а) резкое уменьшение уклона дна канала,

б) внезапное увеличение живого сечения,

в) уменьшение скорости в устьевых частях каналов.

Большая часть твердого расхода или наносов наблюдается в период весенних паводков.

Скорости, при которых происходит отложение наносов, приведены в таблице «Минимальные скорости, при которых оседают взвеси» (см. стр. 532).

Методы, предупреждающие образование наносов

1. При переходе большего уклона дна канала в меньший (по течению) необходимо требовать, чтобы скорости весенних паводков на участке канала с меньшим уклоном не были близки к тем, которые указаны в таблице на стр. 532. При этом необходимо знать преобладающий механический состав взвешенных веществ.

2. В случае естественного уширения, входящего в состав канала, необходимо, чтобы скорости в уширении не были близки к скоростям, указанным в таблице на стр. 532. В противном случае необходимо ввести сужение расширенной части канала посредством полузапруд, состоящих из двух рядов плетневых заборов, с заполнением промежутка (около 1 м ширины) связным грунтом.

3. Если магистральный канал в весенние паводки имеет большой твердый расход, то боковые каналы, впадающие в него, должны входить в магистраль под углом к течению не более чем в 60°. При впадении каналов под прямым углом неизбежно отложение наносов.

4. Если значительное уменьшение уклона дна канала является неизбежным, то в месте перехода дна на меньший уклон устраивается

* Под термином «рушеный» понимается здесь грунт, потерявший структуру и лишенный связи между своими частицами.

илоуловитель. Конструкция илоуловителя видна из рис. 230. Ширина илоуловителя (b):

$$b = \frac{Q}{v \cdot h} \text{ метров,}$$

где Q — расход канала в кубических метрах;
h — глубина заполнения (в метрах) участка канала с меньшим уклоном в период весенних паводков;
v — скорость в метрах в секунду, при которой происходит отложение преобладающего состава наносов, определяемая таблицей на стр. 532.

Вертикальная составляющая средней скорости илоуловителя (по проф. М. А. Великанову):

$$U = 0{,}2\ v \text{ м,}$$

где U — вертикальная составляющая средней скорости.

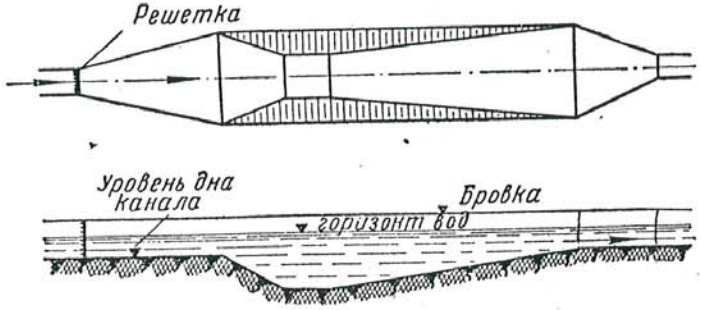


Рис. 230.

Имея в виду весьма незначительные скорости, принимаемые в илоуловителях, считают, что скорости осаждения в них равны скоростям осаждения в стоячей воде:

$$W = \frac{54d^2(\delta - 1)}{\eta} \text{ см/сек. (по Стоксу),}$$

где d — диаметр наиболее мелких наносов, допускаемых в илоуловитель (в сантиметрах);
δ — истинный удельный вес наносов;
η — вязкость воды ($\eta \cong 0{,}01$ c, g, s).

Длина илоуловителя

$$S \geqslant t \cdot v,$$

где v — средняя скорость в метрах;

t — время осаждения в секунду $\left(\text{среднее } t = \frac{H}{W}\right)$;

H — глубина заполнения.

Ширина илоуловителя берется такая, чтобы средняя скорость не превышала скорости (горизонтальной) осаждения. Переходная часть илоуловителя (к концу) должна иметь угол раствора 20—30°. Как условие правильной работы канала, илоуловитель должен периодически очищаться от наносов искусственным путем. Необходимо, чтобы сечение илоуловителя не изменялось от этих очисток, почему дно и стенки илоуловителя следует укреплять досками или другим материалом.

Борьба с бузой в канале

Появление в канале бузы, т. е. коллоидного вещества минерального или органического (из торфа) происхождения. Содержание коллоидов в торфе зависит от степени разложения торфа и его влажности. Однако коллоидная часть торфа превращается в бузу лишь в том случае, если влажность торфа велика. В болотах озерного происхождения буза заполняет собой все понижения дна болота, не доходя до дневной поверхности болота на 1—3 м.

Основные случаи появления бузы в каналах:

1) если дно канала не доходит до сплошной залежи бузы, что бывает обычно, то растворенные и разжиженные коллоиды в торфе поступают в канал вместе с грунтовой водой;

2) если дно канала режет собой сплошную залежь бузы, то последняя заполняет канал вследствие давления на нее верхнего монолитного слоя торфа.

Методы борьбы с бузой. В настоящий период методы борьбы с бузой в каналах не приобрели еще своего окончательного оформления. Некоторую пользу приносят следующие меры:

1) если канал закладывается в монолитном торфяном слое полностью, то для максимального увеличения скорости в паводки необходимо поперечному сечению канала придавать гидравлически наивыгоднейшее сечение;

2) направление канала должно более или менее совпадать с направлением движения весенних вод, если таковые заливают болото; эти две меры обеспечивают наибольшую возможность выноса бузы вешними наиболее обильными водами;

3) для механического извлечения бузы из канала ее прежде всего собирают в определенное место канала деревянной волокушей в виде треугольника в плане. Последнюю тянут по дну канала и сгоняют бузу повторными проходами вниз по течению в водоприемник, если он многоводный и имеет большую скорость. В противном случае буза сгоняется на временно поставленную в канале перемычку и извлекается здесь насосом или другими приспособлениями.

§ 49. Осадка торфов

Осадка торфа происходит от того, что торф сокращается вследствие удаления воды из его массива. Осадка торфа зависит от степени содержания в нем воды и разложения; она уменьшается по мере углубления данного слоя торфа от поверхности. Наиболее глубокие пласты сфагнового торфа, обыкновенно и наиболее разложившиеся, содержат в себе наименьшее количество воды, почему испытывают наименьшую осадку.

Совершенно неразложившийся торф («очес») обладает огромной влагоемкостью (он, как известно, поглощает воды до 2 000% от абсолютно сухого вещества) и в то же время не имеет способности прочно удерживать воду; вот почему при глубоком осушении этот торф претерпевает весьма большую осадку, доходящую до 70% первоначальной его толщины.

Таким образом, осадка торфяного слоя почти полностью зависит от того количества воды, которое теряет залежь вследствие осушки. Известно, что отдача воды торфяной залежью происходит далеко неравномерно. Вблизи канала уровень грунтовых вод понижается значительно более, чем на середине между каналами, особенно при экстенсивной осушке. Поэтому осадка возле канала достигает наибольшей своей величины. По мере удаления от канала осадка постепенно сводится

на-нет. Исследования, произведенные в этом отношении кабинетом осушения ВНИИГиМ, показывают, что при осушке каналами с понижением бытового уровня грунтовой воды до 1 м осадка от канала распространяется до 100 м и более в сторону от канала (при равномерной осушке).

Другие исследования того же института, произведенные во многих местах, показывают, что осадка залежи возле бровок в большинстве торфов зависит от глубины канала. Это ясно видно из приводимой здесь (рис. 231) диаграммы (приближенная зависимость осадки от мощности торфа и глубины канала).

По вертикальной оси этой диаграммы отложена мощность залежи до осушки; по горизонтальной оси — процент осадки. Под последним понимается отношение (в процентах) абсолютной величины A осадки, отнесенной к мощности залежи B до осушения, т. е.

$$\text{процент осадки} = \left(\frac{A}{B} \cdot 100\right).$$

Каждая из кривых на диаграмме ($t = 1{,}00$, $t = 1{,}25$ и т. д.) относится к соответствующей глубине канала. Кривые эти найдены для водораздельных торфов, довольно плотных болот и для таких же низинных болот.

Из рассмотрения этих кривых следует, что осадка быстро возрастает, как только дно канала приближается к минеральному дну болота.

Некоторое увеличение процента осадки для мощности залежи, равной около 5 м, объясняется, вероятно, местными условиями болота (осадка для этой мощности была определена единственно для Берендеева болота).

Помимо указанных типов осадки, существует еще третий тип — осадка под влиянием испарения; особенно рельефно сказывается она на неокультивированных болотах, осушенных и неосушенных. Так как испарение распространяется равномерно по всей площади болота (наблюдения на Оршинской даче) независимо от расстояния между каналами, то осадка от испарения происходит тоже равномерно. Такого рода осадка, как зависящая от климата, приобретает положительное или отрицательное значение в зависимости от величины испарения. Следовательно, подобная осадка есть явление временное.

Наконец, постоянная и равномерно распределяющаяся осадка поверхности болота имеет место вследствие разложения торфа от агрикультурных приемов и от его обработки. В этом случае торф претерпевает известную степень разложения вследствие жизнедеятельности бактерий. Особенно сильно эта осадка увеличивается от известкования болота.

Осадка от осушения достигает наибольшей величины в продолжение первых четырех лет; максимальная же ее интенсивность проявляется в первые два месяца после прокопки канала.

В случае глубокой осушки болот с плавающим растительным ковром или болот с неплотным торфом осадка достигает, как уже сказано, весьма больших размеров. В таких случаях дневная поверхность болота приобретает рельеф, почти аналогичный рельефу минерального дна болота.

В осушительном деле с осадкой необходимо считаться по следующим причинам:

1) осадка часто производит резкую деформацию каналов;

2) осадка увеличивает резкость выражения рельефа: до осадки болота имеют большей частью небольшие уклоны, после осадки уклоны к каналам резко увеличиваются;

3) осадка может изменить уклон дна канала,

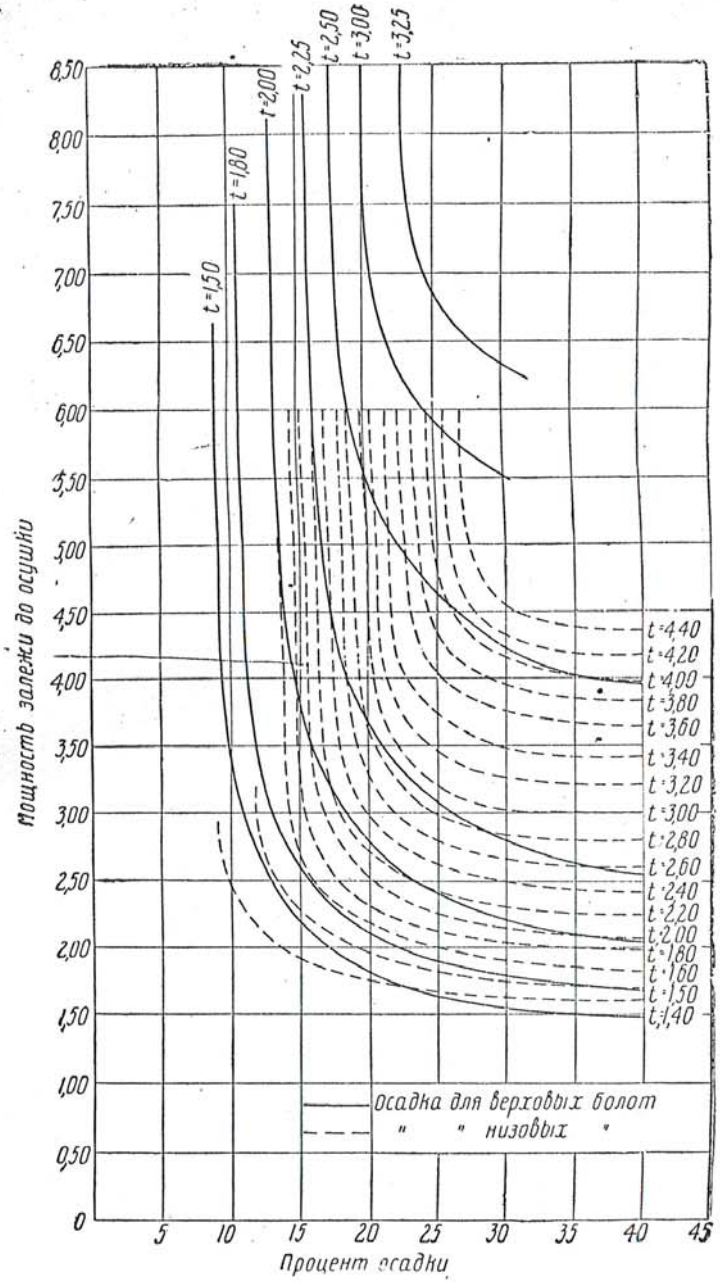


Рис. 231.

Величина осадки. Величина осадки торфа под влиянием осушения определяется по формулам ВНИИГиМ:

для низинных болот:

$$h_0 = 0{,}18KH^{0{,}35}t^{0{,}64};$$

для верховых болот:

$$h_0 = 0{,}16KH^{0{,}59}t^{0{,}63},$$

где h_0 — осадка торфа в метрах;
K — коэфициент, зависящий от плотности торфа и определяемый по таблице (см. ниже);
H — мощность слоя торфа до осадки в метрах;
t — глубина канала в метрах.

Таблица значений коэфициента K в формулах ВНИИГиМ

Плотность торфа	Значение K	Плотность торфа	Значение K
Плотный	1,00	Рыхлый	2,74
Менее плотный	1,40	Почти плывучий	3,84
Довольно рыхлый	1,96	Плывучий	5,38

Осадка плывучих торфов определяется в зависимости от мощности слоя воды, на котором залегает торф.

Приведем таблицу Гергардта осадки торфа, которая в настоящее время еще не потеряла своего значения (ввиду отсутствия у нас достаточного количества данных).

Величина осадки (в метрах)

Степень плотности \ Мощность торфа (в метрах)	1	2	3	4	5	6	7	8
Плотная	0,15	0,24	—	—	—	—	—	—
Довольно плотная	0,20	0,32	0,42	0,50	—	—	—	—
Довольно рыхлая	0,26	0,42	0,56	0,68	0,78	0,87	—	—
Рыхлая	0,35	0,59	0,75	0,92	1,07	1,20	1,30	—
Почти плывучая	—	0,80	1,04	1,26	1,46	1,65	1,83	2,00
Плывучая	—	—	1,65	2,10	2,50	2,85	3,15	3,40

§ 50. Форма и заложение откосов в однородном грунте

Каждый слой однородного грунта при определенном состоянии влажности и глубине выемки требует для своего статического равновесия определенного заложения откоса.

Следующая таблица показывает углы наклонов, или заложения откосов, в зависимости от качества грунта и глубины выемки.

Углы наклона и заложения откосов в зависимости от грунта и глубины выемки

Название грунта	Преобладающий механический состав (диаметр почвенных частиц в миллиметрах)	Состояние грунта	Глубина выемки (в метрах)	Угол откоса	Заложение откоса m
Глина	0,01	Мокрый	до 2	10°40′	5
	0,01	»	» 4	10°20′	5 1/2
	0,01	»	» 6	10°	5 1/2
	0,01	Влажный	» 2	29°40′	1 1/4
	0,01	»	» 4	20°	2
	0,01	»	» 6	25°40′	2
Растительная земля	Комковатое строение	»	» 2	15°50′	3 1/4
		»	» 4	14°	4
		»	» 6	13°40′	4
		Сухой	» 2	38°40′	1 1/4
		»	» 4	38°40′	1 1/4
		»	» 6	37°	1 1/2
Песок крупный	0,50—0,25	Влажный	» 2	21°40′	2 1/2
	0,50—0,25	»	» 4	20°	2 1/4
	0,50—0,25	»	» 6	18°40′	3
	0,50—0,25	Сухой	» 2	29°40′	1 1/4
	0,50—0,25	»	» 4	26°	2
	0,50—0,25	»	» 6	25°30′	2
Глей	—	Мокрый	» 1	10°40′	5
	—	Сухой	» 2	90°	0
Лёсс болотный	0,25—0,03	Мокрый	» 2	10°40′	5
	0,25—0,03	Сухой	» 2	90°	0
	0,25—0,03	»	» 4	90°	0
Песок пылеватый	0,05—0,01	Мокрый	» 2	18°	3
	0,05—0,01	Сухой	» 2	33°40′	1 1/3
	0,05—0,01	»	» 4	29°40′	1 1/4
Торф сфагновый молодой	—	Сырой	» 2	45°	1
	—	Сухой	» 2	63°	1/2
» старый	—	—	—	45°	1
» осоковый	—	—	—	63°	1/2
				33°40′	1 1/2
» ольшаниковый	—	—	—	63°	1/2

§ 51. Основные условия статической устойчивости откосов в каналах

1. Для устойчивости откоса необходимо, чтобы он имел под собой прочное основание. При этом безразлично, какого рода основание будет под откосом; например, плитняк или текучий грунт, но прочно подпертый со всех сторон, одинаково предупреждают оползание откоса.

2. Для устойчивости любого откоса в канале необходимо, чтобы заложение откоса каждого слоя грунта, рассекаемого каналом, соответствовало указанному в таблице (см. табл. на этой странице выше) заложению или же было бы более его.

Согласно второму условию, если канал, например, пересекает собой три слоя грунта, разного по качеству, то теоретически устойчивый откос всего канала должен принять полигональную форму. Ввиду того, что строительство каналов такой формы (особенно небольших) связано с неудобствами, каналам обычно придают криволинейный откос, вписывающийся в ломаную линию полигонального откоса.

В других случаях для более крупных каналов вполне приемлемо полигональное, а также параболическое сечение (парабола, вписанная в ломаную линию).

Рациональные формы откосов каналов без креплений. Построение откосов рациональных форм должно основываться на условиях устойчивости откосов, указанных выше. Откосы без креплений в каналах могут допускаться лишь в тех случаях, если слой грунта, находящийся в пределах слоя воды в канале при бытовом горизонте, достаточно прочен и не растекается.

Обыкновенно в осушительной практике слои грунтов, занимающие более глубокое положение, требуют более пологих откосов, почему форма каналов часто имеет вид, сходный с формой, указанной на рис. 210.

§ 52. Конструкция русла каналов с применением креплений

Значительное большинство креплений откосов сводится к укреплению их основания из текучего грунта. Исключение из этого правила составляют лишь те случаи, когда некоторые из слоев грунта, прорезанного каналом, легко размываются. Только в этих случаях рационально применять одежды разных конструкций (бетонные, хворостяные и пр.). Конструкции креплений оснований откосов зависят от мощности текучего слоя грунта в канале (высота креплений равна мощности текучего слоя) и глубины заполнения канала в период весенних паводков.

На только что изложенных основаниях и построены нижеследующие конструкции креплений для основных типичных случаев. При этом принято, что текучий грунт обладает свойством медленно стекать, что дает возможность держать его без креплений 1—½ дня. Обыкновенно это и наблюдается в большинстве случаев.

1. Крепления для случаев, когда текучий грунт режется каналом не более как на 0,8 м, — на глубину, приблизительно равную заполнению при бытовом горизонте. Конструкция креплений указана на рис. 232. На расстоянии (в свету), несколько большем ширины канала, по дну забиваются два ряда свай (d = около 15 см). Расстояния между сваями каждого ряда назначаются в 1—3 м. Сваи каждого ряда забиваются в точности одна против другой. Глубина забивки свай от дна канала — не менее 1 м (для Центральной зоны). Для Севера глубина забивки должна быть значительно больше (до 2 м). За сваи закладываются горизонтально жерди так, чтобы стыки жердей ложились вперевязку и чтобы нижний венец жердей был втоплен ниже дна канала. Жерди прокладываются для непроницаемости мхом. Каждая пара противоположных стоек распирается распоркой, которая заглубляется в дно канала. Высота креплений должна несколько превышать бытовой уровень. После забивки земли за жерди спланировывают берму. Последняя покрывается дерном.

2. Крепления в случаях, когда текучий грунт режется каналом на большую мощность и когда весенний паводковый горизонт не превышает слоя текучего грунта. Крепления для этих случаев отличаются от предыдущего лишь высотой, соответствующей более мощному текучему слою, и тем, что верхние головки каждой пары свай также имеют распорку. Последняя обязательно должна быть поставлена выше весеннего горизонта воды в канале.

3. Крепления для тех же случаев, но для лежащего неглубоко слоя, недоступного для свай; весенний горизонт превышает высоту креплений. В таких случаях верхнюю распорку между сваями ставить недопустимо, почему конструкция приобретает вид, указанный на рис. 233. Через 2—3 м по оси канала и перпендикулярно к ней в вырытую (в ширину заступа) узкую траншею укладывается горизонтальный лежень. До укладки лежня к нему пригоняются (шипом «ласточкин хвост») укосины по наклону откосов канала. Концы укосин соединяются тягами из дерева или проволоки с концами лежня. После установки на место за укосины закладываются, как это было описано в случае первом, заборник из жердей и земля; затем устраиваются те же одернованные бермы.

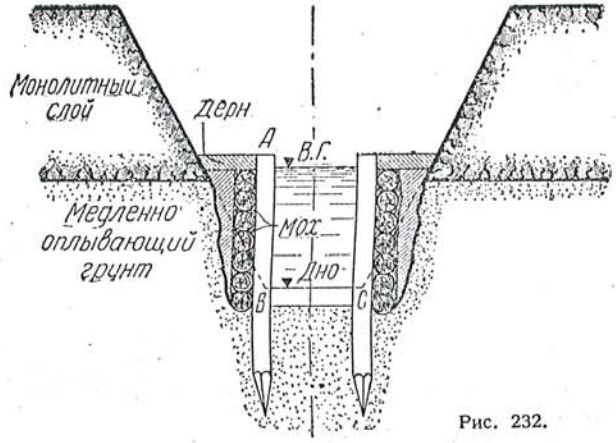


Рис. 232.

4. Крепление широких каналов с плывучим грунтом, заполняющим канал в донной его части. Вдоль каждого борта канала устанавливают двойной ряд плетневых или из накатника заборов (рис. 234). Для противодействия горизонтальному распору земли устраивают между вертикальными свайками раскосы, как указано на рис. 234 (раскосы BA). Нижний конец раскоса упирается в торец кола, забитого рядом со сваей

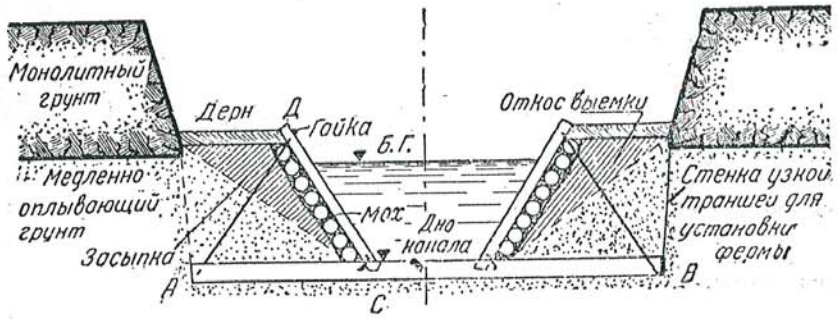


Рис. 233.

и заподлицо с дном канала. Верхний конец того же раскоса пришивается гвоздями с врубкой в вертикальную сваю. За полученный таким образом двойной забор забивают грунт, не растекающийся от насыщения водой. Сверху грунт планируется и покрывается дерном.

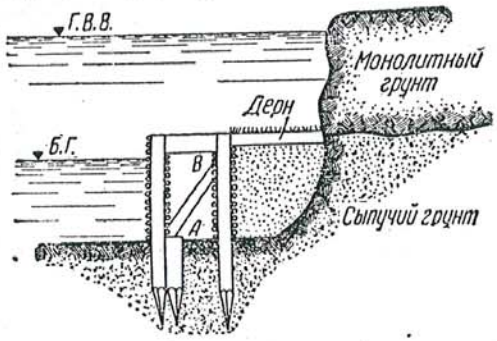


Рис. 234.

Однако широкие (>20 м) каналы позволяют придать им полуэллиптическое сечение с пологими (>1 : 6) средними откосами ниже бытового горизонта. Такая форма нередко позволяет избегать креплений.

5. Придание устойчивости широким каналам в плывучих и размываемых грунтах, заполняющих канал в донной его части. Ввиду большой ширины каналов можно дать внизу канала естественное заложение откосов плывучей части грунта; это заложение обыкновенно находится в пределах от 3 : 1 до 10 : 1. В результате получается устойчивый профиль канала, но лишь при небольших скоростях воды. Так как по условию грунт легко размываем, то для предохранения от размыва его покрывают 10—20-сантиметровым слоем хорошего балластного песка — в пределах смачиваемого периметра при бытовом горизонте.

Основные уравнения для расчета крепления в каналах

При существовании двух слоев грунта горизонтальное давление E (в килограммах) на подпорную стенку (представленную в виде крепления основания откоса) выражается формулой:

$$E = \frac{1}{2}\Delta h \operatorname{tg}^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right),$$

где Δ — вес 1 кубического метра нижнего слоя грунта в килограммах;
h — мощность нижнего слоя грунта в метрах;
φ — угол трения, приблизительно равный углу естественного откоса (см. таблицу на стр. 545).

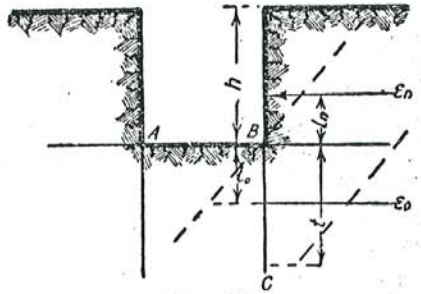


Рис. 235.

I. Крепление при пересечении каналом текучего грунта на небольшую глубину (рис. 235). При существовании по дну распорки AB между сваями можно написать:

$$E_n l_n = E_0 l_0;$$

при коэфициенте безопасности $K = 1{,}5$:

$$E_0 l_0 = 1{,}5\ E_n l_n,$$

где E_n определяется вышеприведенным уравнением;

$$l_n = \frac{h}{3};$$

l_0 = моментное плечо силы E_0 = $\frac{\text{глубине забивки сваи}}{2}$;

E_0 — сопротивление грунта, приблизительно равное произведению вертикальной проекции отрезка сваи BC на допускаемое давление грунта (для текучего грунта можно принять равным 1 кг/см²).

II. Крепление для тех же условий, что и для случая I, но текучий слой грунта имеет большую мощность и горизонт воды в канале превышает своей отметкой зону креплений (рис. 236). Горизонтальный распор E_n определяется по вышеприведенному уравнению.

При высоте крепления h точка приложения горизонтального распора лежит на высоте от дна, равной $^1/_3\ h$.

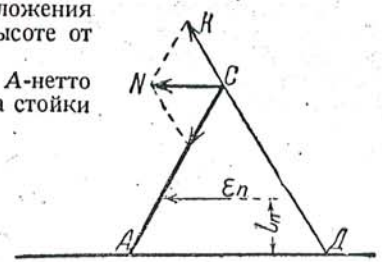


Рис. 236.

Уравнение прочности для сечения А-нетто лежня, проходящего через гнездо шипа стойки AC, выражается так:

$$E_n l_n = W \cdot k_b,$$

где W — момент сопротивления сечения в кубических сантиметрах;
k_b — допускаемое напряжение на изгиб в килограммах на 1 см².

Из этого уравнения определяется W и, стало быть, размеры сечения стойки AC. Для определения силы, растягивающей тягу $ДС$ (рис. 236), сначала выясняют величину горизонтальной слагающей C от распора в узле C по уравнению:

$$NC \cdot h = E_n \cdot l_n,$$

где h — высота креплений.

Силу KC, растягивающую тягу $СД$, можно определить графически или же по уравнению:

$$\frac{NC}{\sin 60°} = \frac{KC}{\sin 60°};\quad KC = NC.$$

ГЛАВА IX

ОСУШЕНИЕ ДЛЯ ТОРФОДОБЫЧИ

§ 53. Предварительная осушка залежи

Предварительная осушка залежи имеет целью: 1) уплотнить верхний слой залежи; 2) добиться устойчивого состояния верхнего слоя залежи при выемках; 3) создать условия для возможности производства подготовительных работ на поверхности залежей — плинтовки, корчевки и т. д.

Предварительную осушку целесообразнее производить не менее чем за 3—4 года до начала добычи торфа. При этом сборные и валовые каналы проектируются на глубину не более 2 м (до первого более или менее плотного слоя). В состав сети предварительной осушки входят все элементы осушительной сети, запроектированные для торфодобычи, за исключением картовой сети и вообще сети детальной осушки.

Однако каналы предварительной осушки имеют глубину 1—1,5 м, тогда как каналы для осушки залежи делаются гораздо глубже.

§ 54. Схема осушительной сети для торфодобычи

Сеть для осушения залежи состоит из: 1) сборного канала, впадающего в водоприемник; 2) валовых каналов, поступающих в сборный канал; 3) картовых и сезонных канав.

Картовые и валовые каналы трассируются в зависимости от способа добычи торфа. В настоящее время картовые каналы часто заменяются так называемыми сезонными. Сезонными называются каналы глубиною не менее 1,5 м, шириною дна 0,3 м, располагаемые параллельно валовым каналам. Расстояния между такими параллельными каналами проектируются в 60—80 м.

§ 55. Выбор водоприемника

Под торфодобычу часто отводятся водораздельные болота. Из таких болот обычно вытекает несколько речек. Ввиду того что все они нуждаются в урегулировании, то в качестве водоприемника выбирают лишь одну-две речки (если две, то с противоположных краев болота). Речка, принимаемая за водоприемник, должна вытекать из наиболее пониженных мест минерального дна торфяника и иметь минимальную длину, требующую регулирования.

§ 56. Сборные и валовые каналы

Сборные каналы прокладываются по наиболее низким местам минерального дна болота и сопрягаются с выбранными водоприемниками. Число сборных каналов зависит от числа водоприемников и тальвегов дна болота. В сборный канал входят валовые.

Сборные каналы должны иметь такую глубину, чтобы обеспечить самотечный сброс вод из наиболее глубоких карьеров (донная осушка).

Сборные каналы, в основном доходящие своим дном до минерального дна тальвега, не только транспортируют воду, но имеют и большое осушительное значение. Поэтому такие каналы желательно проводить в первую очередь. Этим достигается вполне удовлетворительная осушка полосы болота шириною по крайней мере до 0,5—1 км в каждую сторону от канала.

Валовые каналы в торфодобыче исполняют функции магистральных каналов, т. е. отводят воду, поступающую из картовых каналов и карьеров. Валовые каналы трассируются предпочтительно по наибольшему скату поверхности, т. е. по нормали к горизонталям. Уклон минерального дна залежи обязательно должен совпадать с уклоном дна валовых каналов. Расстояние между валовыми каналами, которые необходимо трассировать взаимно параллельными, для разных методов торфодобычи следующее:

Расстояния между валовыми каналами для разных методов торфодобычи

Для какого способа добычи проводится осушка	Расстояние между каналами (в метрах)
Для машинно-формовочного (элеваторного)	1 000
Для фрезерного	700—350
Для гидроторфа (поля добычи) и гидроскреперного	600
Для гидроторфа (поля разлива)	600
» баггерного	550—650

Однако эти расстояния в зависимости от технологического процесса добычи иногда несколько изменяются.

§ 57. Системы для осушки залежи

Системы осушки залежи отчасти зависят от способа торфодобычи.

а) Осушка для машинно-формовочного способа. Залежь покрывается равномерно распределенными параллельными валовыми каналами. Первоначальная глубина каналов — 1,75 м; по выработке карьеров дно каналов доводится до преобладающей отметки минерального дна залежи. Валовые каналы впадают в сборный; расстояние между ними — до 1 000 м. Картовые каналы входят в валовые, нормально к ним. Глубина картовых каналов — 0,7—1 м; ширина дна—0,2—0,3 м; откосы — $^1/_4$. Расстояния между картовыми каналами: для верховых болот—в среднем 40 м, для низовых — 70 м.

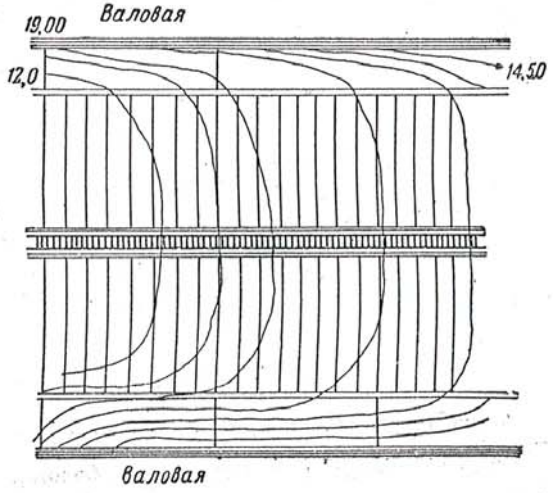


Рис. 237.

Картовые каналы не доводятся до середины между валовыми; по этой середине остается полоса для железнодорожного пути, которая окаймляется с обеих сторон кюветами, соединяющимися с головными частями картовых каналов (рис. 237).

Полосы шириною до 100 м, прилегающие к валовым каналам, картовыми канавами не покрываются, как находящиеся под влиянием валовых канав. Осушка полей стилки и осушка полей добычи при машинно-формовочном способе производится картовыми канавами.

б) При осушке полей добычи гидроторфа или для гидроскреперного способа валовые каналы должны быть между собой параллельны. Расстояние между валовыми каналами кратно ширине хода кранов:

Для стандартных кранов . . . . . расстояние 125 м;
» нестандартных » . . . . . расстояние 250—200 м.

Направление валовых каналов желательно давать нормально к горизонталям. Однако это направление большей частью согласовывается с наиболее вытянутой стороной прямоугольного участка, запроектированного под торфодобычу. Пересечение этих участков каналами под углами, не кратными 90° к ходу кранов, не допускается. Поэтому все другие направления каналов комбинируются (рис. 238) из отрезков, проводимых под углом 90°, подобно тому, как косое направление *ak* заменено ломаной линией *abcdk*.

Глубина валовых каналов . . . . . 1,75 м,
» картовых каналов . . . . . 1,20 м,
Откосы этих каналов . . . . . от $^1/_2$ до $^1/_4$.

В последнее время есть тенденции не покрывать поля добычи картовыми каналами, а вместо них проводить параллельно валовым дополнительно сезонные каналы, примерно через 80—60 м. Поэтому каждая полоса полей добычи гидроторфа между валовыми каналами режется вдоль сезонных каналов; последние в период разработки залежи являются обводнительными каналами, располагаемыми в 60—80 м от валовых. Таким образом, обычная картовая сеть в данных случаях неприемлема.

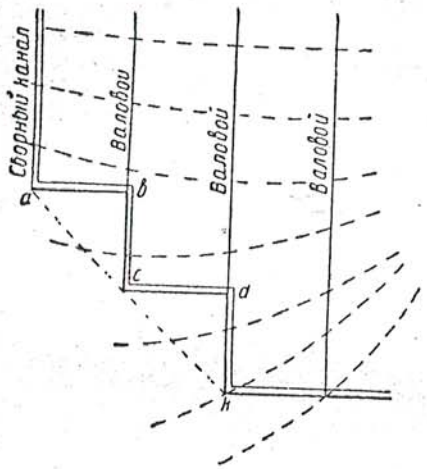


Рис. 238.

§ 58. Осушка полей разлива гидроторфа

Независимо от требований, предъявляемых к положению полей со стороны техники торфодобычи, эти поля для наиболее совершенной их работы должны располагаться на следующих угодиях:

1) на минеральных, преимущественно песчаных или супесчаных почвах;

2) на низинных болотах с минимальным слоем очеса и вообще торфа;

3) на верховых или переходных болотах с мощностью торфа до 2 м.

Площади полей разлива не должны затопляться весенними или летними паводками.

Осушка полей разлива производится посредством валовых каналов глубиной около 1,75 м.

Расстояния м жду валовыми каналами должны быть кратны ширине полосы разработки применяемых агрегатов. Обычно эта ширина равняется 600 м.

Направление валовых каналов — по наибольшему скату местности и параллельно главному массопроводу. Длина валовых каналов безразлична.

В направлении, перпендикулярном к валовым каналам, прокапываются картовые каналы глубиной 1 м. Расстояние между картовыми каналами — от 25 до 40 м, смотря по проницаемости грунта; это расстояние определяется расчетом на основании данных о величине коэфициента фильтрации и величины слоя гидромассы (по формуле, помещенной в следующем параграфе).

§ 59. Осушение для добычи торфа по фрезерному способу

Схема расположения осушительных систем при фрезерном способе добычи заключается в следующем.

По наибольшему скату как дневной, так и донной поверхности прокладывается по всему участку добычи ряд параллельных между собой валовых каналов.

Расстояния между валовыми каналами — 500 м; каналы входят в общий сборный канал.

По направлению, перпендикулярному к валовым, проводятся картовые каналы.

Расстояние между каналами исчисляется по формуле:

$$\Sigma = 2\sqrt{\frac{k}{q}(y^2 - h^2)},$$

где Σ — расстояние между картовыми каналами в метрах;

k — коэфициент фильтрации грунта в метрах в секунду. У торфа (сфагнового и гипно-осокового) коэфициент фильтрации приблизительно равен для средней степени разложения $0{,}0000n$, а для малой степени разложения — $0{,}000n$ м/сек. (здесь n — цифра от 1 до 9); для других грунтов коэфициент фильтрации см. в т. II «Справочника» (стр. 468);

q — количество воды, выпадающей в виде осадков в кубических метрах в секунду, с 1 кв. м поверхности (обычно количество осадков принимается равным 1 мм в 1 час);

h — глубина заполнения в метрах, обычно принимаемая в 0,1 м;

$y = H_1 - H_2$, где H_1 — глубина картового канала в метрах; H_2 — норма осушения, которую для фрезерного способа можно принять не менее 0,25 м, при условии углубления картовых каналов за каждый сезон на глубину выработки торфа с поверхности.

Так как частое расположение картовых каналов понижает производительность фрезерных и уборочных машин, то открытые картовые каналы рациональнее заменять дренами Бутца или узкими щелями трапецоидального сечения *, входящими в открытые валовые каналы.

Как открытые картовые каналы, так и дрены должны иметь уклон дна в оба смежных валовых канала; таким образом, длина их будет равна половине расстояния между валовыми каналами, т. е. 500 : 2 = = 250 м.

§ 60. Расстояния между картовыми каналами при различных способах добычи

Здесь можно привести лишь средние нормы расстояний между картовыми каналами, рассматривая их как осушители.

Особо большого значения картовым каналам на полях добычи придавать не следует.

Главное в осушении торфяников — это глубокие донные каналы и содержание их вне подпора от водоприемника.

В полосе шириною до 300 м, прилегающей к донному каналу, картовые каналы бесполезны.

При расположении картовых каналов вдоль горизонталей поверхности, при уклоне последней 0,001, расстояния между каналами обычно выбираются такими (для центральных областей) (в метрах):

---

* Глубина таких щелей — 80 см, ширина по дну ∽ 20 см, ширина по верху = 0. Щели выполняются машиной ВИМТ.

I. Машинно-формовочный способ:

низинные болота	70
верховые »	40

II. Поля разлива гидроторфа:

низинные болота	42
верховые »	30
глинистый грунт	20
супесь	35

III. Фрезерный способ для каналов глубиной 1 м:

низинные болота	42
верховые »	26

При расположении дрен вдоль горизонталей и уклонах поверхности больше 0,001 на каждые 0,0002 уклона прибавляется расстояние 4 м. При уклонах меньше 0,001 на каждые 0,0002 уменьшения уклона расстояние между каналами уменьшается против приведенных норм на 4 м.

Более рациональным является определение расстояний между картовыми каналами в зависимости от слоя воды и коэфициента фильтрации; например, по формуле, приведенной в предыдущем параграфе.

ГЛАВА X

ОСУШЕНИЕ ПРИ ПУТЯХ СООБЩЕНИЯ И НА АЭРОДРОМАХ

§ 61. Осушка полосы под насыпь

Дорожная полоса должна быть перед устройством насыпи осушена с целью:

1) предупредить расползание и осадку насыпи,

2) парализовать возможность скольжения насыпи, если она закладывается на склоне,

3) предупредить другие деформации земляного полотна (например, пучины).

В зависимости от причин образования избыточной влажности полосы (застой поверхностных вод и близкое стояние грунтовых вод) осушка ее производится следующим образом.

При застое поверхностных вод по обеим границам полосы отчуждения трассируются каналы. Каналы должны иметь уклон от водораздела в ближайший тальвег или водоток, пересекаемый дорожной насыпью. Глубину каналов желательно доводить до ближайшего водонепроницаемого горизонта почво-грунта (например, уплотненного, оглеенного горизонта). Во всяком случае эта глубина не должна быть менее 1,2 м. Для лучшего и быстрейшего осушения полосы под насыпь закладываются траншеи глубиной 0,8 м в поперечном направлении к каналам по уклону местности. Траншеи засыпаются фильтрующим материалом: щебнем, гравием или песком. Уклон дна траншей — не менее 0,001. Расстояние между траншеями 20—50 м.

В том случае, когда полоса под насыпь расположена в сфере выклинивания грунтовых вод, необходимо заложение каптажных сооружений, перехватывающих (с нагорной стороны) выклинивающийся водоносный слой. В случае неглубокого залегания водоносных слоев небольшой мощности проектируются ловчие каналы вдоль полосы отчуждения.

В случае более глубокого залегания водоносного слоя или его большей мощности проектируются глубокие дренажи и даже штольни,

§ 62. Осушение выемок

1. Выемка пересекает длинный и сухой склон. В этом случае с нагорной стороны делается нагорный канал. Расстояние верхнего ребра (бровки) канала от ребра выемки — не менее 10 м. Кавальеры или отвозятся, или укладываются на подгорной стороне канала слоем не выше 1 м, с банкетом. Размеры канала определяются гидравлически; во всяком случае сечение канала должно иметь площадь не менее 1,0 × 0,4 м; уклон канала — не менее 0,005; канал приблизительно параллелен границе полосы отчуждения.

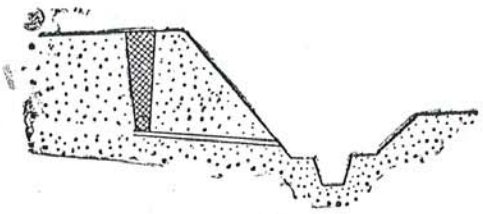


Рис. 239.

2. Выемка пересекает склон с близким стоянием грунтовых вод, которые выклиниваются в откосе выемки в виде отдельных потоков небольшой мощности. В таком случае каждый выклинивающийся поток вскрывается посредством траншей, дно которых должно быть правильно сопряжено с дном дорожного кювета посредством воронки из гравия. На дно траншеи, идущей по возможности вдоль каждого потока, закладываются дренажные трубы (в случае уклона дна около 0,001) или (при больших уклонах) траншея заполняется на 1 м щебнем. Траншея располагается по границе полосы отчуждения.

3. Выемка глубиной до 5 м пересекает мощный слой грунтовых вод. На границе полосы отчуждения закладывается дренаж Дегрмона * (рис. 239). Глубина заложения — не менее 1 м ниже полотна **. Уклон дрен — не менее 0,005, диаметр труб — не менее 0,2 м. Щебень закладывается выше труб слоем во всю мощность водоносного слоя. Дренаж вытягивается в ближайший овраг или кювет. Там, где глубина дренажа менее 1,5 м, он превращается в открытый канал.

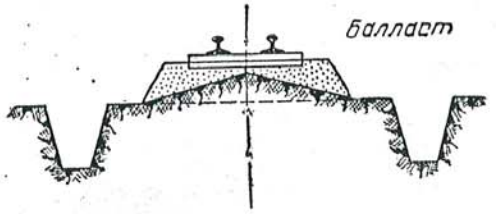


Рис. 240.

4. Глубокая выемка. Осушается посредством заложения с верховой стороны штольни, примерно по границе полосы отчуждения.

§ 63. Осушение насыпей

В предупреждение застаивания атмосферных вод в образующихся балластных корытах поперечное сечение земляного полотна должно иметь вид, указанный на рис. 240.

А. Меры, предупреждающие застой воды в балластном слое

1) В местах перехода от выемки к насыпи устраивается прорезь — траншея с вертикальными стенками, перпендикулярная к оси насыпи.

* О дренаже Дегрмона — см. § 64.

** Эффективность дренажа повышается в том случае, если дно дренажной траншеи будет на кровле непроницаемой прослойки грунта.

Ширина прорези — 0,6—0,8 м. Дно прорези врезается в слой естественного грунта на глубину не менее 0,5 м. Прорезь заполняется хорошим балластом. Уклон дна прорези в стороны от насыпи — не менее 0,05; прорезь выводится в канаву.

2) При образовании балластного корыта (от наиболее низких точек его дна) устраиваются прорези, дно которых закладывается ниже дна балластного корыта. Прорези выходят в стороны от насыпи.

Б. Меры, предупреждающие сплыв и размыв откосов

Наклонно по откосу устраиваются борозды с уклоном 0,01—0,02 (рис. 241), глубиной 0,2 м, с откосом 1/4. Расстояния между бороздами — 5—8 м. Борозды заполняются щебнем и начинаются от бровок насыпи. В эти же борозды вводятся и дренажи, отводящие воду из балластного корыта. Все заполнения щебнем траншей должны иметь (по периферии щебня) слой хорошего балластного песка.

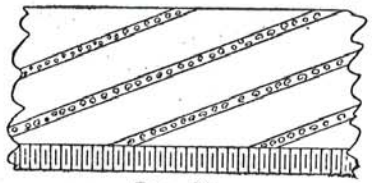


Рис. 241.

§ 64. Конструкция глубоких дренажей

а) Прорезь — представляет собой глубокую траншею и служит для перехватывания потока грунтовых вод. Рытье прорезей производится с солидными креплениями. Траншея заполняется камнем или щебнем; по дну ее укладывается труба. Диаметр трубы — не менее 0,5 м, уклон — 0,001; ширина траншей по дну — 1 м. Насыпка из щебня и камня заключается в оболочку из хорошего балласта.

б) Дренаж Дегтрмона (рис. 239), закладывающийся на глубину 4—5 м, есть видоизменение глубокого дренажа. На дно траншеи закладываются керамические, дырчатые с муфтами трубы возможно большего диаметра; через 10—20 м трубы имеют тройники, повернутые своими концами кверху. В тройники устанавливаются вертикально такие же трубы. Каждая труба окружается со всех сторон щебнем на 30 см. Стояки распространяются лишь в толще водоносного слоя.

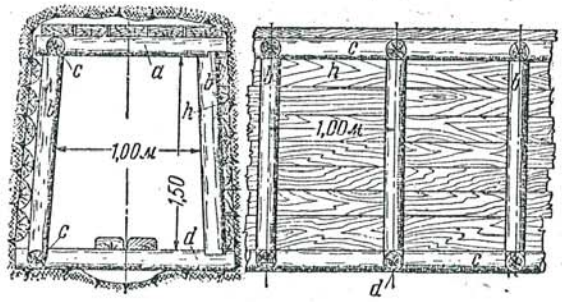


Рис. 242.

§ 65. Каптажные штольни

Каптажные штольни — подземные галлереи для перехвата грунтовых вод, устраиваемые без нарушения целости лежащего над ним слоя крепления штолен (дерева, а в более солидных сооружениях — бетона). Сечения штолен — большей частью трапецоидальные и реже прямоугольные.

Простейшее крепление — рамное (рис. 242), более совершенное (для круглого сечения) — посредством тюбингов (рис. 243). Штольни имеют размеры: а) нормальные — 1,5—1,8 м по высоте и б) уменьшенные — 1,2 м высоты. Ширина штолен не менее 1 м. Пол большей частью из пластин; на полу, по нижним углам штольни, пластины заменяются продольными лежнями из бревен. Лежни распираются бревнами через 1 м. В расстоянии 40—80 м по длине штольни в потолке располагаются колодцы, шахтные или буровые, оборудованные фильтрами для осушения вышележащих слоев. Уклоны дна штольни — не менее 0,005 при бетонном лотке, а без него — 0,01. Штольни применяются на косогорах для каптажа потоков грунтовых вод при глубоком их заложении. Для упрощения производства работ штольни желательно приурочивать к водоупору, соединяя их с водоносом трубами.

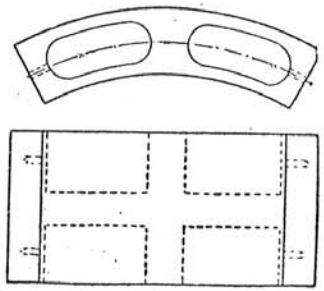


Рис. 243.

§ 66. Борьба с пучинами посредством осушения и нагорные канавы

Борьба с пучинами. Пучины в насыпях (верховые) образуются вследствие отсутствия правильного стока с поверхности земляного полотна, особенно если полотно сложено из глинистых грунтов. Чаще всего пучины в насыпях являются результатом образования балластного корыта, а также неудовлетворительного качества балласта. Пучины в выемках определяются недостаточным понижением уровня грунтовых вод в выемках.

Наиболее рациональной мерой борьбы с пучинами в насыпях является отвод воды из балластного корыта и вообще с поверхности земляного полотна, а также замена заиленного балласта более чистым и крупным песком.

Для борьбы с пучинами в выемках необходимо прежде всего осушить дно выемки путем устройства дренажных траншей вместо дорожных кюветов. Глубина траншей — не менее 1,5 м. Часто эти траншеи укрепляются каменными (сухой кладки) или деревянными стенками и оставляются открытыми; дно траншей должно иметь уклон не менее 0,002 м. Траншеи выходят в хороший водоприемник, или же дно траншеи выводится на нулевую выемку. При двухпутном полотне в каждую из боковых траншей подводятся под полотном дренажи из щебня с уклоном 0,01. Расстояние между такими дренами — не менее 30 м. Дно дрен должно быть выше наивысшего горизонта воды в боковых траншеях. Щебень должен иметь оболочку из крупнозернистого песка, толщиною не менее 0,15 м. Если ближайший водоупор располагается от дна выемки на доступном расстоянии, то дно кюветных траншей для более уверенного осушения доводится до водоупора. В таких случаях поперечные дренажи являются излишними.

Нагорные канавы. Задача нагорных канав — предупреждать вторжение поверхностных вод и верховодок в полосу отчуждения. Они устраиваются вдоль полосы отчуждения с нагорной стороны. Глубина канав — около 1,5 м. Необходимо, чтобы дно канавы врезалось в ближайший водоупор. Ширина по дну — не менее 0,5 м, уклон дна — не менее 0,001. Глубина на водораздельной части — не менее 1,3 м. Верхо-

вой откос — 1 : 1½, вымащивается; низовой — 1 : 1. При выемках нагорная канава должна отстоять от верхнего ребра не менее как на 10 м; кавальер ее складывается в виде банкета на низовую сторону канала.

§ 67. Осушение под автодорожное полотно

Различают два случая:

1) осушение при высоком уровне грунтовых вод (или почвенных вод) и фильтрующем грунте;

2) осушение глинистого непроницаемого грунта, в котором верховодка появляется во влажные периоды года.

В первом случае при ширине полотна до 10 м необходимы (вдоль полотна) каналы с хорошим уклоном (не менее 0,001) и глубиною не менее 1,5 м.

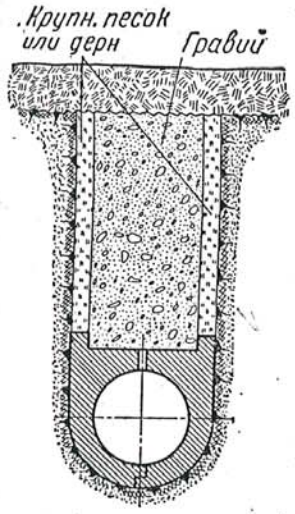


Рис. 244.

Если грунты имеют способность высокого капиллярного поднятия, то перед устройством насыпи расстилается слой хорошего балластного песка, мощностью не менее 0,2 м, под всей насыпью.

Во втором случае придорожные кюветы, играющие здесь роль нагорных канав, должны иметь дно, доходящее до ближайшего водоупора. При этом (в глинистых грунтах) особенно необходимы:

а) достаточно выпуклый поперечный профиль дороги для быстрого ската воды;

б) плотная непроницаемая одежда в виде асфальтового, битумного или другого покрытия.

Глубина дорожных кюветов — не менее 0,7—1 м.

§ 68. Осушение аэродромов

В зависимости от водного питания существуют два способа осушения.

Первый способ применяется при более или менее проницаемом грунте и высоком стоянии уровня грунтовых вод. В этом случае необходим систематический дренаж. Дренаж располагается по общим правилам. Однако здесь обращают внимание на более солидную конструкцию дрен; дрены берутся в виде керамических труб с надевающимися муфтами или с раструбами и мелкими отверстиями по всей их поверхности. Для более совершенного действия дрен они обкладываются со всех сторон хрящем и крупнозернистым песком в виде обратного фильтра — слоями не менее 10 см каждый.

Второй способ применяется при непроницаемых, временно избыточно увлажненных грунтах с временной верховодкой и глубоким стоянием уровня грунтовых вод. В этом случае применим метод ускорения поверхностного стока. Для этой цели закладываются закрытые собиратели, состоящие из траншей глубиной до 1 м в направлении поперечного ската местности (по горизонталям). Уклон дна траншей (за счет углубления их) — не менее 0,002; ширина ∽ 10 см. На дно закладываются бетонные или гончарные специальной формы (рис. 244) трубы. Вода из дрен собирается посредством коллекторов, направленных по наибольшему

скату. Расстояние между собирателями зависит от уклона поверхности. В среднем оно равно 20 м.

По границам аэродрома устраивают нагорные каналы, предупреждающие проникновение на площадь посторонней воды.

Весьма желательно, чтобы обработка (вспашка, боронование, рядовой посев трав) велась в направлении наибольшего стока. Это делается для более совершенного стока поверхностных вод.

ГЛАВА XI

УРЕГУЛИРОВАНИЕ РЕК-ВОДОПРИЕМНИКОВ

§ 69. Общие сведения

Водоприемником может служить всякий водоем или водоток вблизи осушаемой площади, имеющий отметки своего предпосевного (для с.-х. осушения) горизонта ниже этой площади. При сбросе вод с осушительных систем, поступающих в водоприемник, уровень последнего не должен заметно повышаться.

Водоприемниками в осушении большей частью служат небольшие речки.

Водоприемники бывают: а) удовлетворительные — когда уровень предпосевных вод настолько низок, что воды с осушительных систем сбрасываются самотеком; б) неудовлетворительные — тогда сброс в них вод может производиться только с помощью насосных станций.

Неудовлетворительные водоприемники часто можно сделать удовлетворительными посредством их регулирования.

Заболоченные реки-водоприемники в естественном своем состоянии являются большей частью неудовлетворительными водоприемниками и требуют работ по урегулированию.

§ 70. Типы заболоченных рек-водоприемников и пригодность их для включения в новую трассу

Категория А. Речки с заплывшими торфяными берегами, с засоренным бузой руслом; имеют небольшое заполнение и горизонт, близкий к бровкам берегов. Течения воды почти незаметно. Как поверхность воды, так и все русло часто заполнены водной растительностью. Русло часто непостоянно: при каждом сильном паводке река нередко изменяет свое русло. Речки почти всегда имеют более или менее широкую заболоченную пойму, покрытую черной ольхой или ивняком. Пойма трудно проходима. Часто имеют несколько рукавов.

Участки таких речек вследствие небольших и неопределенных поперечных размеров, извилистости русла в плане и его нестойкости (рыхлости грунта) непригодны для включения их в состав новой выправительной трассы; поэтому съемка их сечений является бесполезной.

Категория Б. Речки с наплывными, сильно заросшими травяной растительностью берегами и чистой поймой. Эти речки имеют русло, также засоренное бузой, и такие же неопределенные очертания своих берегов, как и речки категории А. Однако поперечные размеры русла значительно больше, а русло менее извилисто и редко делится на несколько рукавов. Речки этой категории преимущественно располагаются по широким, мало доступным, чистым или с довольно редким ивняковым кустарником зыбким поймам. Иногда мощность очень неплотного, взвешенного в воде торфяного ковра превосходит 4 м. В некоторых случаях по сторонам таких речек наблюдается развитие кочкарников.

Скорость движения воды мало заметна, и речки зарастают водной растительностью.

Узкие участки этих рек также мало пригодны для включения их в состав выправительной трассы. Поэтому съемка их сечений на каждом пункте является обязательной лишь в случае наличия больших поперечных сечений речки.

Категория В. Довольно широкие речки в узких поймах. Речки этой категории имеют более или менее прямолинейные, до 50 м ширины, глубокие, в минеральном грунте плесы. Поймы еле превышают ширину речек и покрыты зарослями ольхи или других кустарников. Такие речки непременно включаются в состав новой выправительной трассы реки. Поэтому горизонтальная их съемка и фиксация в последовательном порядке всех сечений речки (по мере изменения их величины) являются обязательными.

Категория Г. Узкие речки и ручейки в узких поймах. Торфа почти нет. Русло небольшое, извилистое. Движение воды заметно, имеется довольно большой уклон. Отличаются небольшой длиной. Так как выправительная трасса неизбежно должна проходить по таким участкам, то тщательная горизонтальная съемка и частые поперечные промеры являются обязательными.

Категория Д. Такие же узкие ручейки в верховьях рек, текущие по довольно плоским облесенным тальвегам. Русла теряются среди зарослей травы и валежника. Съемке не подлежат, если не говорить об обязательности вертикальной съемки их долины.

Категория Е. Широкие реки, свыше 40 м, с ясно выраженным руслом. Текут среди заболоченной поймы, часто среди минеральных прирусловых валов. Глубина рек довольно значительна. Плесы широкие и прямые. Богаты сужениями, меандрами и перекатами. Располагаются в низовьях заболоченных рек. Съемка поперечных сечений в последовательном порядке и съемка плана этих рек обязательны.

Категория Ж. Те же реки, что и категории Е; ложе их располагается в аллювиальном минеральном грунте, который часто подстилается торфом. Находятся среди торфянистых заболоченных пойм; тальвеги этих пойм располагаются иногда ниже горизонта меженних вод реки. Необходима горизонтальная съемка и поперечные промеры.

Категория З. Реки в песчаных дюнных ландшафтах.

§ 71. Причины неудовлетворительного состояния водоприемников

Методы урегулирования водоприемников находятся в полной зависимости от причин, вызывающих повышенное стояние уровня воды в них. Поэтому при составлении проекта урегулирования водоприемника необходимо выяснить причины, вызывающие повышенное стояние уровня. Основные из этих причин таковы:

I. Подпор, который образуют:

а) плотины разных конструкций и для разных целей;

б) заколы или язы для рыбной ловли;

в) высокое стояние воды в нижней части водоприемника или в той реке, в которую он впадает;

г) уменьшение поперечных сечений реки вследствие обвалов, зарослей, наносов и пр.

II. Уменьшение уклонов:

а) вследствие развития серпантинности реки;

б) вследствие заиления отдельных участков русла.

III. Увеличение шероховатости русла (см. таблицы значений коэфициента шероховатости).

IV. Образование условий неравномерного движения вследствие таких причин:

а) разных по форме и величине сечений русла;

б) условий подпора и спада, определяющихся наличием перекатов, разными уклонами дна и другими факторами.

Ниже указываются методы, устраняющие перечисленные выше причины.

§ 72. Увеличение уклона

Увеличение уклона происходит за счет сокращения длины русла посредством спрямлений серпантин или меандр. В целях соблюдения равномерности распределения уклонов производят спрямления лишь в тех частях русла, где уклоны меньше требуемого. Требуемый уклон определяется лишь после того, как будет найдено (с первым приближением) расчетное сечение, т. е. его форма и размеры. Исходными данными для определения уклона являются скорости при бытовом горизонте (не менее 0,3—0,5 м в секунду), предохраняющие русло от зарастания, и достаточная (не менее 0,7 м/сек.) скорость при летнепаводковом или предпосевном горизонте; последние скорости выбираются в зависимости от допускаемой скорости на размыв.

Имея, таким образом, скорости и сечения, определяют по уравнению Шези уклон, задаваясь обычной величиной коэфициента шероховатости ($n = 0{,}03$ или $\gamma = 1{,}30$).

При распределении спрямлений по плану необходимо также наблюдать, чтобы полученная в результате спрямлений выправительная трасса представляла собой плавно изогнутую линию.

§ 73. Уменьшение шероховатости

Уменьшение шероховатости достигается очисткой от растений участков существующего русла, оставляемых в составе выправительной трассы, а также извлечением находящихся на дне пней, валежника и т. п. Очистка дна от растений производится посредством приборов разной, пока еще несовершенной конструкции; извлечение пней и корней — посредством пловучего грейферного экскаватора.

§ 74. Борьба с неравномерностью движения в заболоченных реках

Условия неравномерного движения выражаются следующей формулой (Толкмитта):

$$\left(\frac{100}{Q}\right)^2 \cdot (y - y_0) = \sum \left\{ \left(\frac{100}{C}\right)^2 \cdot \frac{\chi\,(\Delta x)}{\omega^3} \right\} + 0{,}051 \sum \left\{ \left(\frac{100}{\omega_{n+1}}\right)^2 - \left(\frac{100}{\omega_n}\right)^2 \right\},$$

В этой формуле:

C — скоростной коэфициент (Шези);

χ — смачиваемый периметр в метрах;

Q — расход в кубических метрах в секунду,

$(y - y_0)$ — падение горизонта на изучаемом участке реки на длине $\Sigma(\Delta x)$;

ω_{n-1}, ω_n, ω_{n+1} — живые сечения, на соответствующих расстояниях Δx_{n-1}, Δx_n, Δx_{n+1}.

Для определения C берется шероховатость по Гангилье—Куттеру; $n = 0{,}03$ — для искусственных русел и $n =$ от 0,12 до 0,06 — для естественных русел, смотря по величине и степени зарастания данного

участка русла. Самые вычисления по формуле удобнее всего располагать в виде следующей таблицы.

Примерная таблица для вычисления отдельных величин в формуле неравномерного движения

Δx	ω м²	χ м	R м	C	$\left(\frac{100}{C}\right)^2$	ω^3	$\frac{\chi(\Delta x)}{\omega^3}$	$\left(\frac{100}{C}\right)^2\frac{\chi(\Delta x)}{\omega^3}$	$\left(\frac{100}{\omega}\right)^2$	Приращение от $\left(\frac{100}{\omega}\right)^2$
40	5	7	0,71	30	11,08	125	2,2400	24,82	400,00	—
100	40	42	0,95	8	156,25	64000	0,0656	10,25	6,25	—
200	6	8	0,75	30	11,08	216	7,4074	82,10	277,78	271,53
30	60	62	0,97	8	156,25	216000	0,0081	1,266	2,60	—
190	4	6	0,67	29	11,90	64	17,8125	211,97	625,00	622,40
560								330,41		893,93

Пусть $(y - y_0)$ равно 0,092, тогда, подставляя полученные результаты в формулу Толкмитта, имеем:

$$\left(\frac{100}{Q}\right)^2 \cdot 0{,}092 = 330{,}41 + 893{,}93 \cdot 0{,}051 = 376{,}00,$$

откуда Q равно 1,56 м³/сек.

Определяя по формуле равномерного движения расход, хотя бы для минимального сечения $\omega = 6$ м² по призматическому каналу, имеем $Q = 2{,}22$ м³/сек.

Приведенный пример показывает, насколько неравномерное строение русла реки при увеличенной шероховатости ее старых участков, вошедших в состав выправительной трассы, уменьшает пропускную способность русла.

Для борьбы с неравномерностью движения воды по выправительной трассе служат следующие водостеснительные или выправительные сооружения:

1) струенаправляющие дамбы или бровки,
2) буны или полузапруды,
3) перемычки.

Струенаправляющие и водостеснительные сооружения устанавливаются в тех случаях, когда сечение естественного русла значительно шире проектного. Если линия верхнего ребра канала довольно близко (в горизонтальном направлении) подходит к берме естественного русла, то устанавливаются полузапруды; в противном случае устанавливаются струенаправляющие дамбы с траверсами.

Расположение струенаправляющих сооружений указано на рис. 245. Как видно, между бровками существуют разрывы; они устраиваются для более совершенного заноса взвешенных веществ, особенно донных наносов, за бровку с целью кольматации. В эти разрывы могут также проходить шаланды, сбрасывающие грунт в огражденное бровкой пространство. Ширина бровок (расстояние между плетневыми заборами) — не менее 1 м. Детали бровок указаны на рис. 246. Величина разрывов между отдельными элементами бровок — не менее 2 м, предельная

длина каждого элемента бровок (расстояние между разрывами) — 100 м. Каждый элемент струенаправляющих бровок сопрягается с ближайшим берегом реки посредством траверсов (рис. 245) конструкции, аналогичной с бровками. Необходимо обращать внимание на более тщательное сопряжение траверса с берегом. Гребни траверсов и бровок совершенно горизонтальны и покрываются дерном. Высота берм допустима двоякая: а) на 0,25 м выше бытового горизонта, б) на одной отметке с отметкой горизонта средних летних паводков и предпосевных вод.

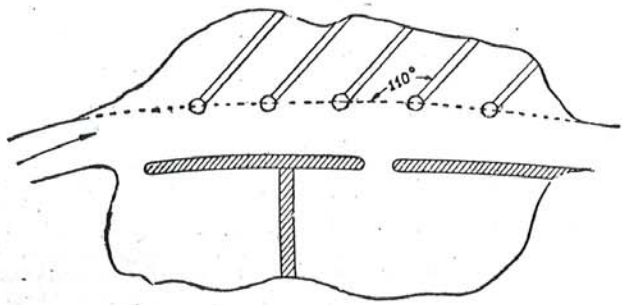


Рис. 245.

Фашинный материал для плетней берется свежий ивовый, не менее чем на 25% от общего объема хвороста. Время устройства — весна после схода паводка.

Полузапруды (рис. 245 — верх) (или наклонные к течению плетневые заборы) применяют в случаях, когда ширина стесняемого русла немногим более проектной ширины (на 5—10 м). Устройство полузапруд такое же, как и струенаправляющих бровок. Расположение полузапруд в плане инклинальное — под углом около 110° к оси русла — против течения. Полузапруды прочно сопрягаются с берегом в предупреждение обхода водой. Головы полузапруд располагаются в точности одна против другой (рис. 247): при быстром течении головы несколько уширяются, приобретая в плане вид окружности ($d = 2$ м). Образованная «корзинка» заполняется камнями или, в крайнем случае, дерниной с минерального грунта. Расстояние между полузапрудами не более 4 l, где l — длина полузапруды.

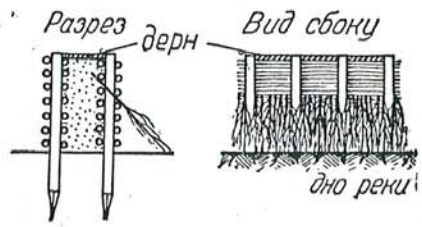


Рис. 246.

Глубина забивки кольев у плетневых заборов на полузапрудах и бровках равна приблизительно 1,5 м.

Если имеется подмыв плетневых заборов, то основания заборов со стороны против течения необходимо укреплять хворостяной наклонной выстилкой, как показано на рис. 246.

Перемычки устраиваются на всех верховых (по течению) участках старых русел, подлежащих ликвидации. Конструкция перемычек — в виде земляной дамбы без замка или экрана. Высота гребня перемычки на 25—50 см выше поверхности прилегающих к перемычке берегов.

Наиболее надежная конструкция перемычек — земляная дамба трапецоидального сечения.

Спрямления русла бывают двоякого рода: 1) решительные спрямления, 2) более или менее короткие прокопы.

Решительные спрямления (рис. 248—*AB*) применяются в случае наличия недопустимо малых уклонов, после тщательного исследования грунтов в смысле их устойчивости при прокопке в них канала. Вообще решительным спрямлениям должны предшествовать детальные исследования местных условий для приобретения уверенности в устойчивости будущего канала. При решительных спрямлениях следует особенно избегать зоны плывунов с напорными водами, что нередко бывает в поясе притеррасовых склонов.

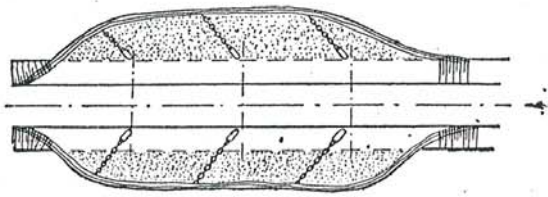


Рис. 247.

Короткие прокопы спрямляют меандры рек самых высших порядков (мелких). Положение прокопов в плане прямое или по дуге (рис. 248 — *CD*) проектируется так, чтобы прокоп вместе с сопрягаемыми им участками старого русла составлял плавно изогнутую линию. Такие прокопы называются систематическими. Длинные прокопы предпочтительно вести по наиболее глубоким залежам торфа — по тальвегам минерального дна поймы.

§ 75. Сопряжение притоков с регулируемой рекой

Возможны три случая сопряжения притоков с регулируемой рекой.

Первый случай. Устья нескольких притоков сконцентрированы на сравнительно коротком участке реки. Если проходит одновременный паводок по реке и в этих притоках, то на небольшом участке реки возможно ожидать настолько высокий подъем «волны» паводка, что произойдет «закупорка» русла. При этих условиях притоки должны быть оставлены в прежнем неурегулированном состоянии, с большой шероховатостью русла. Тогда паводки притоков несколько запаздывают со своим поступлением в регулируемую реку. При неприемлемости указанного предложения устья притоков разверстываются на более длинном участке регулируемой реки посредством отводных каналов.

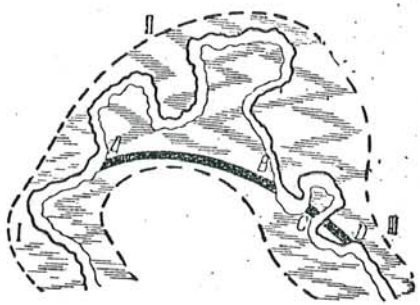


Рис. 248.

Второй случай. Водосбор притока более резко выражен по рельефу, нежели водосбор регулируемой реки. Тогда в паводки приток может иметь большой расход и бо́льшую скорость впадения в регулируемый водоток, нежели скорость в самом водотоке. Поэтому в русле водоприемника можно ожидать размыва, отложения наносов (конус отложения) и подпора. В таких случаях устье притока отводится в участок

реки, имеющий примерно ту же скорость, что и приток. В крайнем случае допустимо осуществление лишь плавного сопряжения (рис. 249) притока правильной дугой. При этом бровки русел реки и притока с внутренней стороны оканчиваются стрелкой *AB* в виде струенаправляющей дамбы из фашин. Дамба предупреждает отложение наносов и размыв русла.

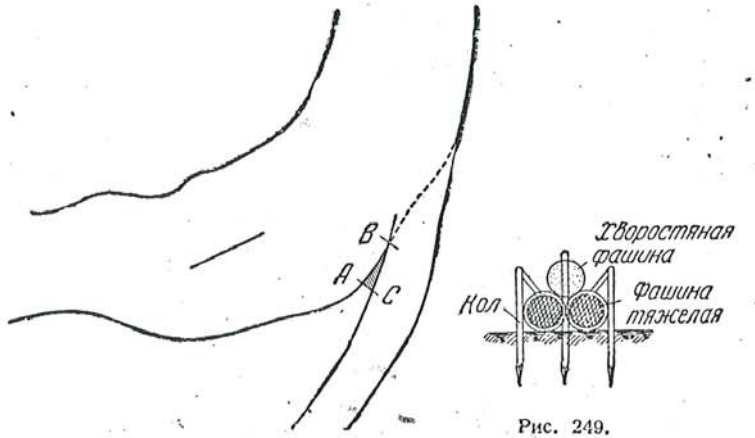


Рис. 249.

Третий случай. Приток ниспадает в реку с крутых притеррасных склонов. В таких случаях в пределах притеррасного склона участок притока разделяется на несколько рукавов, впадающих в реку последовательно примерно через 0,5 км. Каждый рукав в пределах

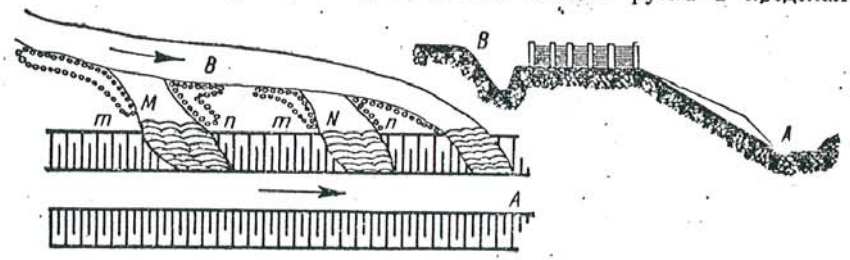


Рис. 250.

склона до впадения своего в реку должен иметь бо́льшую ширину, нежели русло притока, с тем расчетом, чтобы слой воды (заполнение) в рукаве в паводки не превышал 0,2 м. Каждый из рукавов покрывается свежим ивовым хворостом поперек сечения, а борта рукава делаются из двойных плетневых забо́ров (рис. 250).

§ 76. Данные, необходимые для проектирования выправительной трассы и осушки поймы

План поймы масштаба 1 : 5 000; на плане должны быть показаны:

1) рельеф дневной поверхности и минерального дна; горизонтали дна даются для тех мест, которые имеют мощность торфяной залежи свыше 1 м;

2) растительные группировки, особенно лес и кустарники;
3) контуры реки с возможной точностью (за исключением типовых рек *А*, *Б*, *Д* по § 70);
4) границы торфяной залежи и вообще заболачивания;
5) все места выклинивания напорных грунтовых вод;
6) реперы;
7) ходовые линии.

II. Высотный материал:

1) профили поперечных сечений реки на всех последовательно расположенных характерных местах; исключению подлежат лишь те участки реки, которые проложены по местам, засоренным бузой, и имеют небольшие поперечные сечения;
2) отметки бытовых и паводковых горизонтов как на продольных, так и на поперечных профилях;
3) отметки реперов;
4) продольный развернутый профиль реки в масштабе: горизонтальном — 1 : 50 000 и вертикальном — 1 : 100;
5) графики изменения сечений реки в последовательном порядке.

III. Карта бассейна реки в возможно более крупном масштабе.

IV. Гидрометрические данные по каждому посту:

1) кривые колебания горизонтов воды, по крайней мере за 3 года;
2) кривые повторяемости горизонтов на водомерных постах;
3) кривые расходов;
4) створы водомерных постов.

V. Гидрологические данные:

1) осадки по дням и месяцам; наибольшая интенсивность осадков за час;
2) испарение за летний период — богатый осадками и сухой;
3) данные о коэфициенте шероховатости типичных участков русла.

VI. Инженерно-геологические данные по трассе о ближайших к поверхности (не глубже 5—8 м) геологических формациях с указанием предельных размывающих скоростей для каждого слоя и величин заложения мокрых откосов.

§ 77. Правила для проектирования выправительной трассы

1. Выправленная трасса реки должна представлять собой в плане плавно изогнутую линию (в виде изгиба упругой пластинки).

2. Продольный профиль по трассе должен быть таков, чтобы дно реки имело по возможности на всем протяжении однообразный уклон.

3. Выправленная трасса должна иметь минимальную длину прокопов и общую минимальную длину.

4. Места прокопов должны приурочиваться к участкам реки с недостаточным уклоном и к наиболее глубоким залежам торфа (если они есть) и итти по тальвегам минерального дна поймы.

Прокопы ни в коем случае не должны подходить близко к коренным берегам поймы.

5. Все части реки с ничтожным уклоном, расположенные в грунте, засоренном бузой, и имеющие небольшие поперечные размеры, а также неустойчивые, в смысле размывания, участки, должны быть заменены прямолинейными (по возможности) каналами.

6. Радиусы закруглений канала по выправительной трассе не должны быть менее 100—150 м в зависимости от скоростей средних и донных; эти радиусы определяются по формуле:

$$R_{min} = \frac{2{,}23 \cos \rho \cdot \gamma}{d \cdot k\,(\gamma_1 - \gamma) \sin(\rho - \varphi)} \cdot \frac{b \cdot v^2}{2g}\ \text{м},$$

где φ — угол откоса данного грунта в градусах*;
γ_1 — удельный вес грунта;
ρ — коэфициент внутреннего трения грунта в градусах;
v — средняя скорость в метрах;
k — сила сцепления грунта, равна $\frac{N}{a^2}$; k обычно принимается от 2 до 5 кг/см²;
N — временное сопротивление грунта в килограммах на 1 см²;
a — коэфициент связности грунта (от 0,02 до 0,05);
d — эффективный диаметр частиц в сантиметрах;
b — ширина канала в метрах;
γ — удельный вес воды = 1;
g — ускорение силы тяжести.

§ 78. Формы и размеры сечений русла

Формы и размеры сечений русла по выправительной трассе определяются:

1) обычной формой существующих поперечных сечений данной реки и их размерами (необходимо выбирать наиболее часто встречающиеся поперечные сечения по реке);

2) способом производства земляных работ (делаются ли они вручную или при помощи машин и каких).

Для ручной прокопки проектирование глубоких профилей нежелательно ввиду чрезмерной трудности исполнения. Зато при ручной прокопке можно дать откосы любой формы и заложения. В настоящее время ручная прокопка при регулировании рек почти не применяется. Вручную производится лишь прочистка русел.

При механической прокопке форма и размеры поперечного сечения зависят от выбранного или имеющегося снаряда. Следующая таблица показывает зависимость формы поперечного сечения и его размеров от типа землечерпательного снаряда.

Название снаряда	Форма сечения русла	Ширина русла	Глубина русла
Многоковшовая плавучая землечерпалка	Почти прямоугольная, как при углублении существующего русла, так и при прокопах	Более ширины понтона в 1½ раза (и более)	Для каждого снаряда различна, но в увеличении глубины затруднений не встречается
Драгляйн или скреперный экскаватор на гусеничном ходу; работает с берм или оси канала	Параболическая и вообще с криволинейными очертаниями	В зависимости от выноса стрелы и числа проходов по каналу (по одной или по обеим сторонам)	Неопределенно велика

* Данные об этом — см. таблицу на стр. 545.

Название снаряда	Форма сечения русла	Ширина русла	Глубина русла
Грейферный экскаватор, плавучий или на гусеничном ходу	Любая	До одного горизонтального выноса стрелы — в каждую сторону от оси	Неопределенно велика
Одноковшовый плавучий экскаватор с береговыми упорами (американской системы)	Почти прямоугольная или в виде двух гипербол	Не более максимального раздвижения береговых упоров (раздвижение различно для каждого снаряда)	Не более глубины погружения ковша с рукоятью в воду
То же, с вертикальными упорами	Почти прямоугольная или эллиптическая	Беспредельная, но с условием отвоза земли. Без отвоза—несколько более ширины понтона	То же

§ 79. Продольный профиль по трассе

Продольный профиль по дну выправительной трассы должен быть по возможности близок к прямой линии, т. е. не иметь переломов уклона. Наилучшим профилем дна является прямая линия с одним уклоном, однако такие профили далеко не всегда достижимы. Резкие изменения уклона во всяком случае недопустимы. Необходимо наблюдать, чтобы расчетные скорости по всей длине трассы были одинаковы или же увеличивались книзу по течению.

В силу требования однообразия уклонов по трассе следует производить спрямления главным образом на тех участках реки, где уклон меньше требуемого расчетом.

По установлении в первом приближении размеров и формы сечений реки проектный уклон J по дну определяется по формуле:

$$J = \frac{v^2}{C^2 R},$$

где v — скорость, допускаемая в межень (0,3—0,5 м в секунду) или в паводки;

R — гидравлический радиус, соответствующий требуемому заполнению в межень (в зависимости от того, насколько требуется понижение горизонта) при установленном (в первом приближении) поперечном сечении потока;

C — скоростной коэфициент (Шези).

На основании определенного по последней формуле уклона и величины падения реки (H) на соответствующем участке определяется длина по выправительной трассе:

$$L = \frac{H}{J} \text{ м},$$

где H — падение горизонта реки на рассматриваемом участке в метрах;

J — проектный уклон.

Для увеличения уклона по трассе до требуемого спрямляют (судя по развернутому продольному профилю) участки с уклоном, меньшим проектного.

§ 80. Гидравлический расчет сечений

Гидравлический расчет сечений производится в следующем порядке.

1. Выбираются расчетные створы по выправительной трассе в следующих местах:

а) в самом нижнем сечении участка, подлежащего урегулированию;

б) то же в конце самого верхнего участка;

в) во всех местах ниже впадения в реку более или менее значительных по расходу притоков;

г) на нижней (по течению) границе длинных участков с разными уклонами;

д) там, где характер реки или ее поймы сильно изменяется;

е) в русле той части реки, которая служит водоприемником.

2. Определяются водосборы, соответствующие вышеуказанным створам (определение водосборов производится по картам возможно более крупного масштаба).

3. Определяются модули стока, соответствующие найденным водосборам, и соответствующие им расчетные расходы на бытовые и предпосевные воды (по фактическим водомерным данным, а за их отсутствием — по формулам).

Если имеются фактические данные (колебания горизонтов и кривые расходов) по одному или нескольким водомерным постам, то эти данные обрабатываются методом математической статистики, в результате чего получаются расходы для каждого створа с определенной обеспеченностью.

Если имеется один водомерный пост или они располагаются не в местах расчетных створов, то расчетные расходы определяются посредством интерполяции или посредством одной из принятых формул. В последнем случае полученные данные сопоставляются с фактическими.

4. До установления гидравлического расхода определяются устойчивые формы и размеры сечений, подлежащих гидравлическому расчету (форма сечений зависит от типа машин, исполняющих эти сечения).

В большинстве случаев форма сечений реки приобретает вид параболы (если грунт сыпучий) или полуэллипсиса (если верхний слой грунта связный).

5. Предварительный гидравлический расчет для параболического сечения проводится по формуле:

$$\left(\frac{Q_1}{Q_2}\right)^{0,454} = \frac{h_1}{h_2},$$

где Q_1 — расход в метрах в секунду, вычисленный для произвольного заполнения h_1 предполагаемого поперечного сечения;

Q_2 — расчетный расход в кубических метрах в секунду;

h_2 — искомое заполнение в метрах.

6. Предварительный гидравлический расчет для полуэллиптического сечения (которое определяется подбором) можно провести по формуле:

$$\left(\frac{Q \cdot m \cdot h}{1,57\, q\,(B+H)}\right)^{0,59} = \frac{BH}{h\,(B+h)},$$

где B — ширина поверху (большая полуось) полуэллиптического сечения в метрах;

Q — расчетный расход в кубометрах в секунду;

h — глубина заполнения при бытовом горизонте в метрах;

m — средний коэфициент откоса при бытовом горизонте;

q — расход при бытовом горизонте в кубических метрах в секунду;

H — глубина полуэллиптического сечения или малая полуось эллипсиса в метрах.

Сечение при бытовом горизонте в первом приближении можно считать за параболу, вследствие чего к нему применяют предыдущую формулу (см. формулу для парабол).

7. Для трапецоидального сечения определяют модуль расхода:

$$K = \frac{Q}{\sqrt{J}};$$

Задаваясь разными заполнениями h, для каждого сечения расчет производят по такой таблице:

Таблица подсчета величин для проектирования сечений

h	B	ω	χ	R	$\sqrt{R}$	C	K	Q	

Строя кривую по $k = f(h)$, определяют таким образом величину заполнения.

8. После того как найдены величины для бытового и паводкового горизонтов расчетных сечений, они наносятся (в масштабе) на схематически начерченном (в мелком горизонтальном масштабе) продольном профиле и соединяются посредством ломаных линий (различных для бытового и паводкового горизонтов). Если эти две линии будут параллельны проектному дну или несколько наклонены книзу по течению и если расстояние (вертикальное) этих линий от бровок будет более или менее соответствовать заданному понижению уровня (запасу), то на этом гидравлический расчет кончается. В том случае, если означенные ломаные линии горизонтов не параллельны проектному дну и отклонение от параллельности значительно, глубины заполнения на соответствующих створах изменяются путем изменения величины дна и отчасти формы сечения канала.

§ 81. Требования, которым должна удовлетворять сбросная часть регулируемого русла

Сбросной частью водоприемника называется та его часть, которая должна воспринимать воды со всего регулируемого участка реки.

Сбросная часть водоприемника должна удовлетворять следующим требованиям.

1. Глубина заполнения при бытовом горизонте должна быть небольшой (примерно 0,5 м), вообще близкой к критической глубине потока.

2. Скорость при том же горизонте должна быть не менее 0,25 м в секунду.

3. Берега или бровки реки, а еще лучше — общий уровень поймы, должны быть выше бытового горизонта по крайней мере на 2 м.

4. Пропускная способность сбросного участка должна превышать сумму расходов (предпосевных или летних паводковых) как части реки, подлежащей урегулированию, так и впадающих в эту часть притоков. При этом, если сбросная часть имеет неправильное русло, пропускная способность должна проверяться по формулам неравномерного движения.

Сопряжение регулируемого русла с его сбросной частью. При сопряжении регулируемой части русла с его сбросной частью необходимо соблюдать следующие правила.

1. Проектное дно должно выходить на перекат сбросной части в естественном состоянии.

2. При более или менее одинаковых живых сечениях сбросной части и проектной, скорости в сбросной части должны быть не менее проектных скоростей за любой расчетный период.

3. Отметки паводковых вод в сбросной части не должны быть выше, нежели такие же проектные отметки внизу регулируемого участка.

4. Отметки поймы в сбросной части реки должны быть выше бытового горизонта по крайней мере на 2 м.

В случае сомнений в пропускной способности сбросной части реки участок ее не менее 3 км длиною должен быть тщательно проанализирован при помощи гидравлического расчета на неравномерное движение (чтобы узнать пропускную способность сбросной части).

§ 82. Обвалование

Применение обвалования. Обвалование применяется в случаях:

1) когда пропускная способность основного русла реки меньше, чем максимальные расходы ее паводков;

2) при ограждении низких морских берегов от приливов и волнобоя;

3) в случаях отторжения от моря или рек (в естественном или подпертом состоянии) мелководий, т. е. мелко (до 1,5 м) затопленных площадей;

4) для направления водных потоков, богатых взвешенными минеральными веществами, на пониженные площади с целью кольматации этих низких площадей;

5) при образовании искусственных бассейнов (водохранилищ, сборных бассейнов, для аккумуляции поверхностных вод, кольматационных бассейнов и пр.);

6) как добавочное средство для увеличения пропускной способности рек-водоприемников.

Недостатки обвалования. Обвалование имеет следующие недостатки, которые необходимо учитывать при его проектировании.

1) Ограждаемая валами площадь постепенно понижается (по нивелировочным отметкам) относительно русла.

2) Обвалованная площадь постепенно беднеет зольными почвенными элементами.

3) Обвалование повышает паводковые горизонты.

4) Обвалование резко ухудшает условия самотечного осушения, почему нередко вызывает необходимость механического водоподъема.

5) При обваловании возникает опасность прорыва дамб паводками вследствие повышения паводкового горизонта.

6) Уменьшается аккумулятивная емкость речной долины.

7) Обвалование реки вызывает необходимость обвалования также и всех поступающих в обвалованную реку притоков или перекачки воды из них.

Обвалование требует бдительного надзора и своевременного исправления валов или дамб.

Дамбы и их конструкция. Дамбы при реках могут быть затопляемые и незатопляемые.

Затопляемые дамбы применяются в случаях защиты пойм от летних паводков, высота подъема которых значительно меньше (в реках, не вытекающих с гор), нежели у весенних паводков. Затопляемые дамбы при-

меняются значительно реже, чем незатопляемые. В случае большой разницы высот весенних и летних дамб, затопляемые дамбы по конструкции очень сложны: требуются водосливы для выпуска паводковых вод и более сильное укрепление тела дамб.

Конструкции дамб или валов зависят от высоты, от характера дамбы (затопляемые и незатопляемые дамбы имеют различия в конструкции) и типа ограждаемых местностей. На рис. 251 представлена простейшая конструкция незатопляемых дамб или валов. Затопляемые дамбы требуют укрепления каменной или фашинной одеждой. Откосы у затопляемых дамб делаются более пологими (сухие): от 1 : 4 до 1 : 6. Ширина поверху (гребня) у незатопляемых дамб должна быть не меньше 2,5—5 м, а у затопляемых она равна 1,5—3 м. Гребни незатопляемых дамб должны быть выше уровня высоких вод на величину от 0,6 до 1,5 м.

В случае возможности прибоя волн превышение дамб определяется по Стефенсону:

$$H = 1{,}5\sqrt{L} + 2{,}5\sqrt[4]{L} \text{ футов.}$$

Здесь L — длина разбега волны в милях (1 миля = 1,85 км).

Если высота дамбы превышает 1,5 м, то очертания ее сухого откоса проектируются сообразно расположению линии депрессии. Необходимо вычертить в профиле дамбы линию депрессии. Затем, исходя из условий устойчивости, дамбу следует проектировать так, чтобы линия депрессии почти полностью (за исключением подошвы откоса) распределялась в очертаниях поперечного профиля дамбы. Поэтому при высоких дамбах сухой откос необходимо снабжать банкетом *аб* (рис. 251).

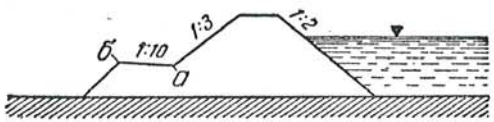


Рис. 251.

Гребень и банкет дамбы должны иметь небольшой (0,1) уклон от оси дамбы. Валы или дамбы обычно устраиваются на естественных основаниях. Для лучшего сопряжения дамб с поверхностью земли полоса, на которой они будут сооружены, распахивается и слой чернозема выбирается. При формировке дамб этот слой идет на сухой откос.

Если грунт под дамбой рыхлый и неустойчивый, то для предупреждения фильтрации под основанием дамбы делается замок из местного более непроницаемого и плотного грунта. Ширина замка должна быть не менее 1 м; основание замка доводится до более непроницаемого и плотного грунта. Если дамба возводится из рыхлого грунта, то замок по высоте продолжается до отметки расчетного горизонта.

Между валом и берегом реки оставляют полосу не менее 10 м ширины, из этой полосы берут резервы земли. Глубина резервов у дамбы — 0,6—0,8 м; в сторону от реки — до 2,5 м. Резерв должен отстоять от подошвы дамбы на расстоянии не менее $2H$, где H — высота дамбы.

Осадка дамб достигает от $^1/_8$ до $^1/_3$ их высоты, смотря по рыхлости грунта.

Переезды через дамбы устраиваются под острым углом к оси дамбы, вниз по течению, с уклоном $^1/_{10}$ — $^1/_{15}$. Ширина въездов — не менее 3 м.

Расстояние между дамбами. Расчет расстояний между дамбами производится по отдельным участкам с резко разнящимися расходами (вследствие впадения притоков). Расстояние между дамбами обычно определяется таким уравнением:

$$\frac{H}{H_1} = \sqrt[3]{\left(\frac{l_1}{l}\right)^2},$$

где H — средняя высота слоя воды в пойме в метрах;
H_1 — средняя высота слоя воды между валами в метрах;
l — ширина поймы в метрах;
l_1 — расстояние между валами в метрах.

Однако проверенная по этой формуле высота валов нередко оказывается преувеличенной. Поэтому рекомендуется производить поверку принятой высоты дамб или расстояния между ними путем построения кривой свободной поверхности по продольному профилю реки и валов (по Брессу, Бахметеву и др.).

Основное затруднение при построении кривых свободной поверхности заключается в надлежащем подборе коэфициента шероховатости. Этот коэфициент, вообще говоря, различен как для русла реки, так и для разных участков поймы. Рекомендуется определять коэфициенты шероховатости непосредственно на месте экспериментальным путем.

Трасса обвалования (см. также главу XIV «Подтопление при гидростроительстве»). Во избежание риска затопления широкой площади ценных участков поймы в результате прорыва дамб рекомендуется, кроме основных дамб, параллельных общему течению потока, возводить и поперечные дамбы. Каждая из этих последних сопрягается с основной дамбой и притеррасным склоном поймы. Здесь, так же как и в случае основного обвалования, расположение дамб приурочивается к наиболее возвышенным местам поймы.

Отверстия в дамбах. Для сброса вод с обвалованной площади в пересечениях наиболее пониженных тальвегов с дамбами устраиваются отверстия. Последние оформляются в виде шлюзов — при больших расходах и труб с клапанами — при малых расходах. Шлюзы и трубы делаются из дерева (на севере), бетона или камня (на юге). Размеры этих отверстий должны быть обоснованы обычным расчетом.

Так как труба в дамбе большей частью работает под напором, то скорость в трубе (v) равна:

$$v = \sqrt{\frac{2gH}{1{,}5 + 0{,}0197\frac{L}{d}}} \text{ м/сек.,}$$

где H — напор над центром выходного отверстия трубы в метрах;
L — длина трубы в метрах;
d — диаметр отверстия в свету в метрах.

Расход в трубе (Q) равен:

$$Q = \frac{\pi d^2}{4} \cdot v \text{ м}^3\text{/сек.}$$

ГЛАВА XII

ВЫПОЛНЕНИЕ ОСУШИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ

§ 83. Разбивка каналов на местности (перенос проекта канала в натуру)

Разбивка каналов имеет целью точно обозначить на земной поверхности очертания канала поверху. Способов разбивки два:

1) нивелировочная линия (с пикетами) принимается за ось канала;
2) нивелировочная линия идет по одной из бровок канала.

Первый способ выгоднее применять на косогорах. Его недостаток: перенос пикетов, по существу, на произвольное по высоте место.

Второй способ наиболее применим на более или менее горизонтальных местах. Достоинство его — неприкосновенность пикета. Недостаток — ось канала получается несколько изогнутой.

При первом способе у каждого пикета в обе стороны откладывают половину ширины канала поверху (из ведомости земляных работ); при втором способе от каждого пикета откладывают полную ширину канала в одну и ту же сторону. Концы промеров у каждого пикета отмечаются кольями. Между кольями вдоль канала протягивается шнур или вешится линия, которая затем отбивается заступом.

§ 84. Ручная прокопка новых каналов

Прокопка в плотном грунте. а) Если работают неопытные землекопы, то сначала по середине полосы, разбитой под канал, вырывается траншея почти с вертикальными стенками, шириной, равной ширине канала по дну, и глубиной на каждом пикете, равной проектной. Когда траншея вырыта, срезают откосы до требуемой ширины поверху.

б) При опытных землекопах производится послойная прокопка (рис. 252). Впереди работает артель, снимающая верхний слой (*abcd*), за ней, ниже по течению, другая артель снимает второй слой (*eflk*) и т. д.; последняя артель вырабатывает самый нижний слой до проектной глубины. Затем уже производится планировка откосов.

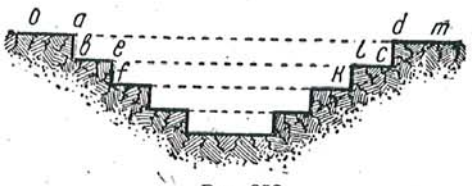


Рис. 252.

Прокопка каналов вручную при любом способе должна производиться, начиная от водоприемника вверх по течению. Прокопка каналов в более жидких грунтах возможна лишь при условии применения креплений, постоянных или временных (крепежных лесов).

Прокопка каналов в жидком грунте. Различают два случая.

Первый случай. Прокопка канала может быть осуществлена в длительный срок (1—3 года).

Сначала вдоль оси намеченного канала выкапывают узкую траншею с возможно более крутыми откосами. Прокопка производится, начиная от водоприемника (если от него нет подпора в канале). Когда траншея выкопана на глубину не менее половины проектной, производится подчистка дна для обеспечения стока воды. По истечении 1—2 месяцев, после того как грунт возле траншеи окрепнет, производится углубление и отчасти уширение траншеи с выправлением дна для лучшего стока воды.

Путем такого же повторного углубления и уширения канал доводится до проектных размеров.

Если канал широкий, то одновременно с прокопкой траншеи вдоль его осуществляется сеть боковых траншей через 5—10 м на всей полосе, предназначенной под канал. Траншеи, так же как и в предыдущем случае, постепенно углубляются.

Второй случай. Канал должен быть прокопан в короткий срок. В этом случае сначала вынимают верхний слой грунта, притом только на такую глубину, при которой канал не заполняется водой.

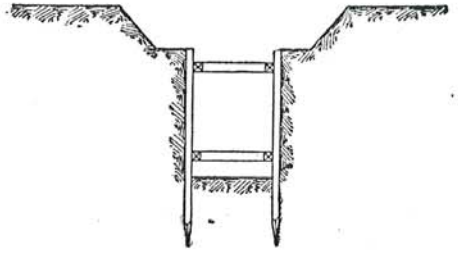
Затем забивают (на глубину 1 м) шпунтовые сваи, распираемые горизонтальной рамой (рис. 252а).

Рамы осаживают вниз вместе с углублением выемки; когда ее глубина достигнет 1 м, устанавливают верхний ряд постоянных рам. Углубление выемки продолжают, устанавливая на дне выемки новую распорную

раму, которая также осаживается по мере углубления выемки. Дно выемки должно постоянно иметь уклон для правильного стока воды.

Ручная прокопка каналов вдоль водотоков, несущих заметные расходы воды. Сначала вдоль водотока (в пределах разбитой полосы) прокапывают траншею сечением *ABCD* (рис. 253), являющуюся частью проектного сечения.

Когда сечение траншеи будет достаточно для пропуска всего расхода, прокапывают траншею *HGFE*, приближающуюся по глубине к проектной и входящую своим сечением в проектное сечение. После этого пускают воду в последнюю траншею и докапывают до проектных размеров траншею *ABCD*. Затем вынимают бровку *FECD*.


Рис. 252а.

Прокопка осушительных каналов при скоростном строительстве. В этом случае при исполнении каждого более или менее крупного канала участвует значительно большее число колхозников, нежели при обычном артельно-бригадном способе исполнения. Поэтому рабочие располагаются в данном случае равномерно по всему каналу (или его значительному участку). Все рабочие распределяются на бригады. Каждой бригаде, сообразно ее силам и возможностям, отводится определенный участок канала.

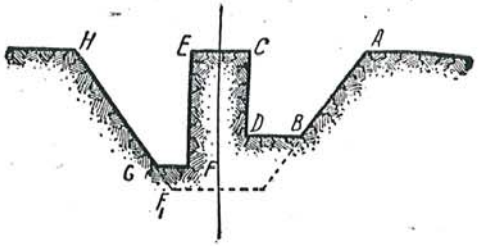


Рис. 253.

Если поверхность, где должен располагаться канал, покрыта некоторым слоем воды, то после разбивки ширины по верху канала весь участок обводится непрерывным кольцом валика. Грунт для валика берется с площади, где будет располагаться канал. После обвалования из наиболее пониженной части огражденного контура производят водоотлив и приступают к выемке грунта одним из вышеописанных методов. В результате работы каждой бригады получается «ящик», или котлован, ограниченный с торцов перемычками. Под последними понимаются массы грунта в виде дамбы, остающиеся нетронутыми в период производства выемки. Эти перемычки необходимы для предупреждения поступления в котлован грунтовых и поверхностных вод; они сносятся лишь после завершения работ по всем «ящикам», дающим в целом весь канал. В период работ водоотлив обязателен.

§ 85. Углубление и уширение существующих русел (капитальный ремонт)

Первый случай. Сечение существующего водотока невелико по сравнению с проектируемым и отличается извилистостью. В этом случае вместо существующего русла прокапывают более или менее плавно изогнутый канал, захватывающий собой русло в возможно

большей части его длины (рис. 254). Если по водотоку идет вода, то она отводится так, как указано в предыдущем параграфе, или же



Рис. 254.

посредством особого временного канала, в который включаются и старые русла. При невозможности отвода на периоды производства работ устраиваются временные перемычки, в которых должны быть отверстия для сброса воды всякий раз по окончании работ.



Рис. 255.

Второй случай. Проектное сечение канала превышает существующие сечения канала главным образом по глубине (рис. 255). В таких случаях откосы не трогают, а производят лишь углубление, причем на время работ устанавливают перемычку.

§ 86. Кавальеры и воронки

Вырытый из каналов грунт складывается на одну низовую сторону (у нагорных каналов и собирателей) или на обе стороны канала (у магистралей). Откос кавальера, обращенный в сторону канала, обделывается с заложением $^3/_4$; при этом между основанием (нижним) откоса и верхним ребром канала (бровкой) оставляют полосу (берму), ширина которой равна глубине канала в данном месте. Высота кавальера не должна превышать 1,5 м. Верх кавальера обделывается под параллельную дневной поверхности плоскость; откос кавальера, обращенный в сторону от канала, может быть оставлен без планировки. Воронки делаются только у магистральных и тальвеговых каналов; эти воронки располагаются лишь при пересечении каналом разных понижений. Уклон дна воронки — не более $^1/_{10}$; воронка при пересечении кавальера должна иметь соответствующие бермы шириною 0,2 см.

В случаях больших масс земли невыгодно прорезать кавальеры воронками. В таких случаях целесообразнее перед прокопкой канала устанавливать вместо воронки трубу (см. рис. 256, правая сторона), которая и зарывается землей из кавальера.

§ 87. Классификация машин для прокопки более крупных осушительных каналов

Все землеройные снаряды, употребляемые в осушении, по методам воздействия своих режущих орудий на грунт разделяются на несколько групп:

1) прицепные орудия, работающие по принципу плуга (например, суданский канавокопатель, КВ-3 и КВ-2, грейдеры и пр.);

2) многоковшовые экскаваторы с движением ковшей на цепи или на жестком кольце (например, многоковшовая пловучая землечерпалка, траншейный канавокопатель МК-1);

3) механические лопаты с принудительным движением ковшей (например, одноковшовый пловучий экскаватор, обратная лопата);

4) канатно-скребковые экскаваторы драгляйны;

5) храповые экскаваторы (или грейферные);

6) фрезерные канавокопатели;

7) землесосы.

По способу передвижения те же землеройные снаряды разделяются на следующие типы:

1) колесные, передвигающиеся непосредственно по грунту (ныне сняты с производства);

2) на железнодорожном ходу, опирающиеся на грунт посредством колесных скатов на рельсовой колее;

3) гусеничные, опирающиеся на грунт посредством пары гусениц;

4) шагающие, передвигающиеся посредством пары лыж;

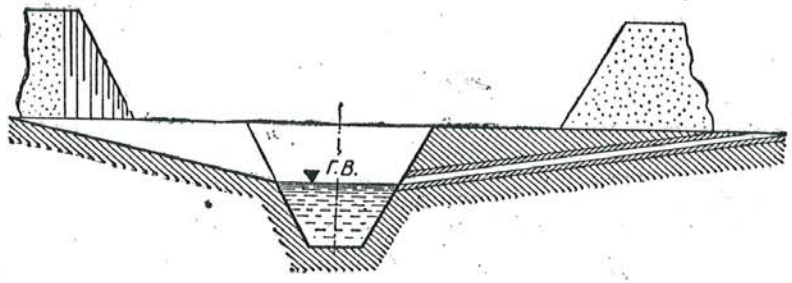


Рис. 256.

5) на салазках разной конструкции;

6) на понтонах;

7) башенные.

По силовому оборудованию землеройные машины делятся на:

1) паровые (паровые машины и турбины);

2) внутреннего сгорания (дизели, двигатели с карбюратором);

3) электрические (трехфазные и моторы постоянного тока);

4) прицепные (к тракторам или лебедкам) или приводимые в действие животными.

§ 88. Выбор машин для каналов требуемого профиля

А. Машины для урегулирования рек и прокопки крупных каналов. Выбор этих машин и их типа производится в зависимости от характера грунта, русла реки и требуемого поперечного сечения. Эти данные приведены в таблице на стр 582.

Б. Машины для прокопки небольших магистральных, собирательных каналов, картовых каналов и осушителей (дренажных траншей). Выбор производится в зависимости от тех же факторов, что и машин группы А (т. е. в зависимости от формы и размеров поперечных сечений канала и характера грунта).

Данные о главнейших размерах механических лопат, канатно-скребковых и храповых экскаваторов на гусеницах с паровым или внутреннего сгорания силовым оборудованием указаны соответственно в таблицах на стр. 394—432.

В. Машины для прокопки открытых осушителей и коллекторов в минеральных грунтах или в торфах, не содержащих пней. Основным представителем подобного рода машин является канавокопатель КВ-2, КВ-3, изготовляемые заводами дорожных машин (Николаевским и Онежским). Эти канавокопатели плужного типа на 2 колесах исполняют, при тяге трактором ЧТЗ, канавы трапецоидального сечения глубиною до 60 см (за 2—3 прохода) шириною дна 30 см и одинарными откосами. Канавокопатель КВ-3 изготовляется с гидравлическим управлением

Другие машины плужного прицепного типа («Мартин», «Сейльс Чаттин» и пр.) распространены мало и у нас почти не изготовляются.

§ 89. Понтоны

Понтоны к экскаваторам делаются металлические и деревянные. Металлические понтоны бывают квадратной (у храповых экскаваторов, предназначенных для работ по углублению широких русел) или прямоугольной формы. Те же понтоны могут быть в виде отдельных судов или же в виде 2—3 и более отдельных поплавковых звеньев, связанных между собой жесткой рамой. Каждое из таких звеньев — нормальный понтон — имеет следующие размеры: длина — 9 500 мм, ширина — 2 880 мм и высота бортов — 1 600 мм.

В СССР наибольшим распространением пользуются понтоны из дерева, которые работают не хуже металлических. Для работ по урегулированию заболоченных рек у нас применяются исключительно понтоны, имеющие в плане вид прямоугольника, вытянутого вдоль оси канала (с отношением сторон прямоугольника, равным 5 : 1 и более). В случае грейфера кабина экскаватора устанавливается таким образом, чтобы грейфер выходил за пределы передних бортов понтона по крайней мере на 2—4 м.

Осадка понтона обыкновенно допускается 0,7—1 м. Высота бортов над водой — не менее 1 м.

Размеры понтонов плавучих механических лопат американского типа указаны в таблице на стр. 587.

Механические лопаты на гусеничном ходу неприменимы для понтонов, так как имеют сравнительно небольшую длину рукоятей и стрел

§ 90. Главнейшие моменты в определении типа, размеров и числа снарядов, необходимых для исполнения заданной работы

I. Проектные данные:

1) данные о размерах и форме сечений канала и о залегающих по каналу грунтах;

2) данные о размерах и форме сечений существующего русла, входящего в трассу;

3) план и профиль реки по новой трассе;

4) сведения об устойчивости берм реки для прохода сухопутных экскаваторов;

5) сведения о магистральных каналах (их размерах и грунтах), прокапываемых одновременно с регулированием реки.

II. На основании перечисленных данных решаются вопросы: сколько кубометров выемки (отдельно по углублениям и прокопкам) потребуется для осуществления данной работы в заданный срок и каков грунт на выемках и углублениях,

Классификация грунтов по машинной их разработке

Категории грунтов	Характер грунта	Типичные породы грунтов, обладающие характерными свойствами грунтов данной группы	Коэффициент трудности разработки экскаваторами			Вес 1 м³ грунта (в тоннах) до его разрыхления
			одноковшовый 0,75		многоковшовый МК-1	
			прямая	драглайн		
1	С минимальным сцеплением частиц	Мелкий песок и рыхлый растительный грунт (I категория Единых норм)	1,00	1,06	3,00	0,60—1,40
2	Со слабой связью частиц (грунты рассыпаются на комки)	Крупный песок, растительный слой, супесок, чернозем, легкие суглинки (применительно к I категории Е. н.)	1,00	1,10	3,00	1,40—1,60
3	Грунты 1-й группы с примесью мелких частей более твердых и тяжелых пород или волокнистых веществ	Грунты 1-й группы с примесями крупного гравия или щебня (до 25%) или щепы и мелкого строительного мусора, а также мелкий гравий (применительно ко II категории Е. н.)	1,10	1,30	3,37	1,10—1,50
3	Грунты 2-й группы с такими же примесями	Грунты 2-й группы с такими же примесями, а также крупный гравий (применительно ко II категории Е. н.)	1,20	1,45	4,00	1,50—1,90
4	Пластично-вязкие грунты	Тяжелые суглинки, жирные глины (III категория Е. н.)	1,50	1,80	5,00	1,40—1,80
5	Грунты 4-й группы с примесью частей твердых и тяжелых пород (до 25%)	Жирные глины и тяжелые суглинки с примесями крупного гравия, гальки, щебня (до 25%), торф с корнями, а также крупный гравий, отвердевший лёсс и слежавшийся строительный мусор (IV категория Е. н.)	1,90	2,30	—	от 1,8 до 2,10
6	Со значительным сцеплением частиц и вязкостью	Опоки, мергель, сланцевые глины, тяжелые, (ломовые) глины (V категория Е. н.)	1,90	2,30	—	1,10—2,30
7	С большой степенью сцепления частиц	Меловые породы, мягкие известняки, мягкие песчаники (VI категория Е. н.)	2,50	3,00	—	2,00—2,50

III. Вся выемка приводится к условной единице. Под последней понимается энергия, затрачиваемая на выемку 1 м³ мелкого песка со слабой связью, средней влажности, находящегося в прокопе (т. е. канале в целом грунте). Таблица «Классификация грунтов по машинной их разработке» (см. стр. 579) содержит перечень типичных грунтов, встречаемых в осушении, приведенных по степени трудности их выемки к указанной единице.

Эти данные относятся к сплошной выемке (прокопам) без пней. Присутствие пней увеличивает коэфициент трудности до 15%. При углублении существующих русел коэфициент трудности увеличивается на 20%.

IV. Подытоживая все земляные работы по реке (с приведением их к условной единице) и деля сумму на число сезонов, предназначенных для исполнения этой работы, получают потребную производительность за сезон.

V. Определяют направление хода экскаваторов во время работы: вниз или вверх по реке. В этом отношении по техническим условиям сухопутным экскаватором почти всегда выгоднее производить работу по направлению вверх по реке, а пловучим — вниз.

VI. Определяют, какой объем работ (из общего годового объема) приходится на отдельные части подлежащего урегулированию участка реки, начиная снизу или сверху (по соображениям п. V) (распределяют годовую производительность по течению реки). При распределении возможны такие случаи:

а) по регулируемой реке имеются лишь более или менее короткие прокопы, распределенные по реке приблизительно равномерно;

б) по регулируемой реке имеются решительные спрямления в виде редко расположенных длинных и глубоких прокопов, требующих для своего выполнения значительного количества земляных работ, могущих поглотить годовую производительность обычного экскаватора.

В случае «а» полученная годовая производительность откладывается по графику работ (непрерывно по профилю реки); при этом окончание срока сезона следует приурочивать к какому-либо изменению по проекту (например, значительному увеличению площади сечения русла, началу длинного прокопа и т. д.) или же к изменениям, зависящим от характера реки (например, начало широких плесов или переход жидкого торфяного грунта в прочный суглинок и т. п.).

В случае «б» — при наличии длинных и глубоких прокопов — заболоченные и наводненные участки для работы за один сезон комбинируются так, чтобы их не разделяли указанные длинные прокопы.

Высказанные указания основываются на том положении, что на заболоченных и наводненных участках выгоднее работать пловучими экскаваторами, а глубокие прокопы лучше выполнять драгляйном.

В результате такого распределения объема работ по реке должны быть найдены участки, требующие для работы на них машин разного типа: участки должны быть выбраны так, чтобы кубатура земляных работ на них была кратна сезонной производительности экскаваторов, по своей конструкции соответствующих характеру работ на этих участках.

VII. Подбираются экскаваторы для каждого из выбранных участков; экскаваторы должны удовлетворять следующим условиям:

а) соответствовать преобладающим на участке условиям грунта;

б) наиболее легко выполнять заданный проектом поперечный профиль (конечно, этот профиль должен быть запроектирован и в соответствии с наивыгоднейшей для его исполнения машиной);

в) обладать наибольшей подвижностью и устойчивостью во время работы;

г) практическая сезонная производительность выбираемого экскаватора должна быть кратной кубатуре земляных работ всего участка. О выборе экскаваторов — см. «Таблицу для выбора типа машин» на стр. 582—585.

Сезонная производительность (Q) одноковшового экскаватора (механической лопаты, драгляйна или грейфера) приблизительно определяется по формуле:

$$Q = MD\mu VKn\eta \text{ м}^3,$$

где M — число рабочих месяцев в сезоне;
D — число рабочих суток в месяце;
μ — число рабочих часов в дне (или сутках);
V — объем ковша в кубических метрах;
K — коэфициент наполнения ковша, определяемый следующей таблицей:

Значение коэфициента наполнения ковшей

Грунт, в котором работает машина	Грейфер	Прямая лопата	Драгляйн	Многоковшовый экскаватор («мокрый»)
Песок мокрый	0,35	1,20	0,90	0,90
Глина мягкая	0,80	1,20	0,80	0,35
» сухая	0,70	1,00	0,60	0,30
Луговой торф	1,10	1,30	0,80	0,80
Мерзлый твердый грунт	0,35	0,50	0,30	0,20

n — число экскаваций в час; принимается, в зависимости от конструкции машины и расстояния свалки грунта, в пределах от 40 до 120 экскаваций в час;

η — коэфициент простоев — от 20 до 40% всего времени.

Основные размеры экскаваторов — их горизонтальный вынос, емкость ковша и пр. — указаны в соответствующих таблицах (см. стр. 394—412); при окончательном уточнении эти размеры необходимо брать из каталога заводов, где эти машины изготовляются.

Одним из важнейших элементов экскаватора, на который необходимо обратить самое серьезное внимание, является длина выноса стрелы, т. е. горизонтальное расстояние от центра вращения стрелы до горизонтальной проекции центра ковша, грейфера или скрепера. От этой величины зависит расположение кавальеров на берегах. Необходимо требовать, чтобы экскаваторы указанного вида имели достаточную длину выноса для образования между основанием кавальера и верхним ребром канала бермы не менее 1 м шириной.

Наконец, последнее, на что необходимо обратить внимание при выборе экскаваторов, — это его силовое оборудование. Наиболее подходящим двигателем в случаях осушения является паровая машина, преодолевающая значительные перегрузки, неизбежные здесь. Электромоторы постоянного тока весьма подходящи и имеют несомненные преимущества перед паровой машиной, если вблизи имеется электроэнергия. Двигатели внутреннего сгорания, как не переносящие перегрузок, недостаточно пригодны для данных условий. Несмотря на сравнительно большое число экскаваторов, оборудованных двигателями внутреннего сгорания, при тяжелых условиях работ, встречающихся в осушении, нужно избегать таких машин.

Таблица для выбора типа машин при урегулировании рек

Характер производимой выемки	Грунт	Место выгрузки грунта	Глубина выемки под водой	Высота отгрузки над бровкой	Место установки машины	Название рекомендуемого экскаватора и его краткая характеристика	Форма исполняемых откосов	Поперечный профиль выемки	Наилучшие условия для работы машины
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Магистральные каналы трапецоидальные, глубиною до 2 м, новые или капитальный ремонт таких же каналов	Сухой, минеральный, без пней и крупных камней	За экскаватор в противоположную от канала сторону	Без воды	Достаточная для приема вагонетки или платформы	На берме	Драгляйн или шаблонный, многоковшовый экскаватор на железнодорожном или гусеничном ходу	Одинарные или полуторные, в зависимости от рамы	В зависимости от формы и величины направляющей рамы или длины стрелы драгляйна	Грунт сухой и достаточно рыхлый
Прокопы и углубление русла не менее чем в 2 раза шире понтона. Размеры сечения — до 20 × 5 м	Аллювий, преимущественно песчаный	Шаландами, транспортером или наклонным лотком с промывкой	Не свыше 2—6 м, смотря по величине	Достаточная для выгрузки на шаланды или лотки	На воде	Прямая механическая лопата американского типа. Пловучая многоковшовая землечерпалка	Почти вертикальные	Прямоугольный или грубо трапецоидальный с откосами 1¼	Речной песок и глубина воды 1,5—2 м, смотря по осадке понтона
Каналы новые, шириной до 10 м. Ремонт таких же каналов или русел	Подсушенный торф чистый и с пнями. Легкие минеральные грунты	На одну из берм, а в случае узкого нового канала — по обе стороны его	До 4—5 м	В зависимости от длины стрелы и ее наклона	По одной из берм или по оси намеченного канала	Храповой на гусеничном ходу. Обратная лопата	Любая из практикуемых	Произвольной формы	Луговой торф достаточно устойчивый

Продолжение

Характер производимой выемки	Грунт	Место выгрузки грунта	Глубина выемки под водой	Высота отгрузки над бровкой	Место установки машины	Название рекомендуемого экскаватора и его краткая характеристика	Форма исполняемых откосов	Поперечный профиль выемки	Наилучшие условия для работы машины
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Углубление, уширение рек, прокопы включительно до очень глубоких	Всякий незасоренный минеральный наносный грунт без крупных пней или камней. Верхний слой, мощностью не менее 2 м, подсушен	За экскаватор в противоположную от канала сторону. При узком канале на обе стороны	То же	В зависимости от длины стрелы и ее наклона	На бровке, а в случае узкого канала — по намеченной для него оси	Драгляйна гусеничном, лыжном или железнодорожном ходу	Параболическая	Параболический	Устойчивая и сухая берма
Каналы новые большого сечения (ширина по дну — более 10 м)	Минеральный подсушенный	На авто или на платформу по дну канала	Без воды	Независимо от длины стрелы и рукоятки ковша	На дне канала	Механическая лопата на гусеничном или железнодорожном ходу	Округлая	Прямоугольный с округлыми углами	В сухом минеральном грунте
Углубление, уширение рек до 10—13 м, смотря по величине снаряда, прокопы	Всякий, включительно до пиистого и каменистого	На берму или шаланду	До 2—5 м, смотря по длине рукоятки	То же	На воде	То же на понтоне (стандартный) с телескопическими береговыми упорами	Почти прямоугольная, грубая	Прямоугольный с округлыми углами, шириной от 5 до 10—13 м	При горизонте на 0,5 м ниже бровки и на глубине воды около 1,5 м

Продолжение

Характер производимой выемки	Грунт	Место выгрузки грунта	Глубина выемки под водой	Высота отгрузки над бровкой	Место установки машины	Название рекомендуемого экскаватора и его краткая характеристика	Форма исполняемых откосов	Поперечный профиль выемки	Наилучшие условия для работы машины
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
То же, но для более широких выемок и для углубления рек неопределенно большой ширины	То же	В шаланды или на бермы близ верхнего ребра выемки	До 4—9 м, смотря по длине рукояти	То же	То же	То же на понтоне, но более широком, с вертикальными опорами	То же	То же, но более широкий	То же
Углубление существующих русел, естественных или искусственных	Песчаный, при наличии в грунте избытка воды	В сторону на 10 м и более	До 2—4 м, смотря по величине снаряда	Произвольная	То же	Плавучий землесос с рыхлителем на всасывающей трубе	То же	Прямоугольный, округлый и параболический	Речной аллювий при избытке воды
Углубление, уширение рек, неглубокие прокопы, сечение до 10 × 4 м	То же, но с водою на поверхности	На обе бровки	То же	То же, и от глубины понижения зеркала от бровок	На воде	То же	То же	То же	Луговой торф любой плотности

Таблица оля выдора типа машины при прокопке каналов и траншей

Название поперечного профиля канала	Грунт	Место выгрузки грунта	Глубина выемки	Рекомендуемый тип машины	Место прохода машины	Наилучшие условия для работы рекомендуемой машины
1	2	3	4	5	6	7
Магистральный канал параболического сечения	Устойчивый минеральный с небольшими корнями и камнями и без них	На одну или на обе стороны канала	Разная до 4 м	Драгляйн на гусеницах, емкостью до 0,75 м³	Вдоль оси канала по торцу его или по одной из бровок	Вполне устойчивый грунт без пней и крупных камней
Магистральный канал округло-прямоугольного сечения или трапецоидальный	Торф и минеральный грунт с пнями и без них с избытком воды, вязкий	На обе стороны канала	До 3 м	Небольшой плавучий экскаватор с грейфером	По каналу, заполненному водой	Низинные болота с избытком воды
То же	Минеральный грунт или торф верховых болот небольшой влажности с пнями и без них	То же	До 3 м	Шагающий экскаватор с обратной механической лопатой или грейфером (что хуже)	Вдоль оси канала в торце исполняемого канала	Верховые маловодные, но вязкие болота, где не проходит гусеница
То же	То же, но подсушенный сверху на глубину не менее 2 м	То же	До 4 м	Драгляйн	То же	Суглинок и супесь подсушенные

Продолжение

Название поперечного профиля канала	Грунт	Место выгрузки грунта	Глубина выемки	Рекомендуемый тип машины	Место прохода машины	Наилучшие условия для работы рекомендуемой машины
1	2	3	4	5	6	7
Картовые каналы и собирательные каналы, глубиной до 1 м и шириной дна около 0,3 м, трапецоидальные	Торф отчасти с пнями; разной влажности	По обе стороны	До 1,5 м	Обратная лопата 0,25 м³ на гусеничном ходу	То же	Влажный сфагновый или осоковый торф без пней
Капитальный ремонт каналов глубиной до 1,25 м	Всякий	На берму	Около 1 м	Канавоочиститель Ритчера	По одной из берм в 1—1,5 м от верхнего ребра канала	Каналы в луговом торфу с ровной и широкой бермой
Мелкие до 0,7 м каналы с одинарными откосами	Минеральный сухой, проходимый для гусеничного трактора	На обе бермы	До 0,7 м	Канавокопатель двухотвальный КВ-2 и КВ-3	По оси канала	Влажный сугинистый или супесчаный грунт
То же до 2,2 м глубиной, шириной дна 0,7 м, а также траншеи 0,7 м ширины	То же	На одну сторону по желанию	До 2,2 м	Канавокопатель многоковшовый МК-1	То же	То же

Главнейшие данные о плавучих одноковшовых экскаваторах (механическая лопата) американского типа

Емкость ковша		Длина (в метрах)		Глубина выемки под водой (в метрах)	Подъем ковша для сброса (в метрах)	Радиус выноса (в метрах)	Размеры понтонов (в метрах)		Средняя производительность в месяц (в кубических ярдах)
в кубических ярдах	в кубических метрах	стрелы	рукоятки				при телескопических береговых упорах	при вертикальных упорах	
3/8	0,28	6,09	4,27	1,83	до 2,13	до 6,09	14,63×3,05×1,22		
		6,55	4,52	2,00	» 2,43	» 6,70	14,63×3,35×1,22		
		7,62	5,18	2,20	» 2,74	» 7,62	14,63×3,66×1,22		
3/4	0,57	7,62	5,79	2,44—3,04	» 2,43	» 7,62	16,50×3,66×1,30	16,46× 5,48×1,4	
		9,14	6,4	2,74—3,66	» 3,20	» 9,45	17,07×4,27×1,30	17,07× 6,09×1,4	
		10,67	7,01— 7,62	3,35	» 3,56	» 10,67	17,07×4,88×1,30	17,07× 6,09×1,4	
1	0,76	9,14	7,31	3,04—3,96	» 3,66	» 10,36	19,81×4,27×1,52	19,81× 6,70×1,52	20 000
		10,67	7,62— 8,23	4,27	» 4,57	» 12,19	20,12×4,88×1,52	19,81× 7,10×1,52	27 000
		12,19	8,63— 9,14	4,88	» 5,18	» 13,41	21,34×5,18×1,52	21,34× 7,62×1,52	
		13,72	9,45—10,06	5,20	» 5,49	» 14,93	21,34×5,79×1,52	21,34× 8,23×1,52	37 000
		15,24	10,35	5,79	» 6,40	» 15,24	21,34×6,70×1,52	21,34× 9,14×1,52	
		16,76	11,27	6,10	» 7,31	» 16,76	24,38×7,31×1,52	24,38× 9,75×1,52	
		18,29	12,19	6,20	» 8,23	» 18,29	24,38×7,94×1,52	24,38×10,06×1,52	
1 1/2	1,14	10,67	7,92	3,35	» 4,26	» 12,19	21,94×4,88×1,52	—	
		12,19	8,53— 9,14	до 4,27	» 4,90	» 13,72	22,86×5,49×2,00	22,86× 7,92×2,0	
		13,72	9,45—10,06	» 4,88	» 5,79	» 14,93	22,86×6,10×2,00	22,86× 8,53×2,0	37 000
		15,24	10,36—10,97	» 5,18	» 6,40	» 15,54	24,38×7,32×2,00	24,38× 9,14×2,0	
		16,76	10,67—11,19	» 5,50	» 7,31	» 18,29	24,38×7,32×2,00	24,38× 9,75×2,0	
		18,29	11,52—12,19	» 6,10	» 7,92	» 19,81	35,91×6,09×2,00	25,91× 8,53×1,90	
		19,81	11,42—13,11	» 6,40	» 8,84	» 21,34			
2	1,53	12,19	8,53	» 3,96	» 3,66	» 12,19			
		13,72	9,25	» 4,30	» 4,57	» 13,72	25,91×6,70×2,00	25,91× 9,14×1,90	
		15,24	10,36—11,28	» 5,20	» 6,70	» 16,76	25,91×7,32×2,13	25,91× 9,14×2,13	
		16,76	11,28—12,19	» 5,79	» 7,60	» 18,53	25,91×7,92×2,13	25,91× 9,72×2,23	
		18,29	12,19—13,06	» 6,10	» 8,23	» 20,11	27,43×8,53×2,13	27,43×10,35×2,13	47 000
		19,81	13,06—14,02	» 6,70	» 9,10	» 21,64	27,43×9,14×2,13	27,43×10,97×2,13	
		21,34	14,02	» 6,70	» 9,10	» 21,34	30,48×9,45×2,13	30,48×12,19×2,13	
		22,86	15,85	» 7,01	» 0,06	» 22,86	30,48×10,36×2,13	30,48×13,41×2,13	

Продолжение

Емкость ковша		Длина (в метрах)		Глубина выемки под водой (в метрах)	Подъем ковша для сброса (в метрах)	Радиус выноса (в метрах)	Размеры понтонов (в метрах)		Средняя производительность в месяц (в кубических ярдах)
в кубических ярдах	в кубических метрах	стрелы	рукоятки				при телескопических береговых упорах	при вертикальных упорах	
$2^1/_2$	1,91	24,38	15,85	до 7,62	до 10,97	до 24,38	30,48×10,97×2,13	30,48×14,02×2,13	
		25,91	16,76	» 7,95	» 11,89	» 25,91	30,48×11,52×2,13	30,48×14,02×2,13	
		27,48	17,68	» 8,53	» 12,80	» 24,43	—	33,00×14,63×2,13	
		12,19	8,53	» 3,96	» 3,96	» 12,19	25,91×6,70×2,13	25,91×9,14×2,13	
		13,71	9,45	» 4,27	» 4,57	» 13,72	25,91×7,31×2,13	25,91×9,73×2,13	
		15,24	10,36	» 4,88	» 5,49	» 15,24	27,43×7,94×2,13	27,43×10,36×2,13	
		16,76	11,28	» 5,18	» 6,40	» 16,76	27,43×8,53×2,13	27,43×10,97×2,13	
		18,29	11,89—13,11	» 6,09	» 8,00	» 20,12	27,43×8,85×2,13	27,43×10,67×2,13	
		19,81	12,80—14,02	» 6,70	» 8,84	» 21,64	29,2×9,45×2,30	29,00×11,28×2,20	
		21,34	14,02—14,93	» 7,01	» 9,50	» 23,16	29,2×10,06×2,30	29,00×11,89×2,20	
		22,86	14,93—15,85	» 7,62	» 10,36	» 24,38	30,48×10,67×2,30	30,48×12,50×2,20	
		24,38	15,24—15,85	» 7,62	» 10,97	» 25,91	—	—	
		25,91	16,76	» 8,00	» 11,89	» 25,91	30,48×12,19×2,30	30,48×14,63×2,20	
		27,48	17,68	» 8,53	» 12,50	» 27,43	30,48×12,80×2,30	35,00×15,24×2,20	
3	2,29	18,29	12,19	» 6,09	» 12,80	» 19,81	27,48×8,53×2,44	27,43×11,58×2,44	
		19,81	13,11	» 6,40	» 7,31	» 23,50	27,43×9,14×2,44	27,43×11,58×2,44	
		21,34	14,02—15,24	» 7,31	» 8,23	» 25,30	30,48×10,06×2,44	27,43×11,58×2,44	
		22,86	14,93—16,15	» 7,70	» 9,75	» 26,82	30,48×10,67×2,44	30,48×11,89×2,44	
		24,38	15,85—17,07	» 8,23	» 10,50	» 28,50	30,48×12,50×2,44	30,48×12,50×2,44	
		25,90	16,76—17,98	» 8,60	» 11,28	» 27,43	32,00×11,28×2,44	33,00×13,41×2,44	
		27,43	17,68	» 8,84	» 12,68	—	34,00×12,19×2,44	35,00×14,02×2,44	
$3^1/_2$	2,67	18,29	12,19	» 6,09	» 7,31	» 18,29	34,00×12,19×2,44	45,00×14,63×2,44	
		19,81	12,80	» 6,70	» 8,23	» 19,81	27,43×9,14×2,44	27,43×11,58	
		21,34	14,02	» 7,20	» 9,14	» 21,34	27,48×9,75×2,44	27,43×12,19	
		22,86	14,93	» 7,62	» 10,06	» 22,86	30,48×10,36×2,44	30,48×12,80	
		24,38	15,85	» 8,00	» 10,97	» 24,38	30,48×10,97×2,44	30,48×13,41	
		25,91	16,85	» 8,53	» 11,89	» 25,91	30,48×11,58×2,44	30,48×14,02	
4	3,06	27,43	17,67	» 9,00	» 12,80	» 27,43	34,00×12,19×2,44	34,00×14,63	
		22,86	16,15	» 7,80	» 10,36	» 25,30	32,00×11,28×2,60	33,00×15,24	
								33,00×13,11×2,50	75 000

ГЛАВА XIII

ОСУШЕНИЕ ТЕРРИТОРИЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И КОММУНАЛЬНЫХ ХОЗЯЙСТВ

§ 91. Требования промышленных и коммунальных предприятий к водно-физическому состоянию грунтов

Ликвидация избыточного увлажнения территорий промышленных предприятий и коммунальных хозяйств производится как в период их строительства, так и при эксплоатации. Различаются и цели осушения: при строительстве они иные, чем для построенного сооружения.

Задачи осушения строительной площадки. Задачей осушения строительной площадки является создание наилучших условий для производства работ, что обычно сводится к понижению грунтовых вод при выемке котлованов и обеспечению нормального увлажнения территории самой площадки. Эти меры могут носить как временный (во время строительства), так и постоянный характер. В том случае, когда осушение самих предприятий возможно совместить с осушением в период строительства, необходимо это сделать и провести мелиоративные мероприятия до начала стройки. Отдельно следует обратить внимание на проведение дорог и кюветов перед началом развертывания строительных работ на территории площадки. Это требование следует считать обязательным, так как его выполнение улучшит поверхностный сток и обеспечит нормальную работу транспорта, строительных механизмов и т. д.

Требования промышленных и коммунальных предприятий к водно-физическому состоянию грунтов. Эти требования являются решающими для выбора способа осушения.

а) Обеспечение отвода грунтовых вод или изоляции от них для целого ряда подземных сооружений, условия работы которых не допускают присутствия воды. К таким сооружениям относятся: угольные ямы, подвалы жилых домов, низко расположенные топки, газоубежища, тоннели метро и т. д.

б) Ликвидация избыточного поверхностного увлажнения. Необходимо обеспечить отвод поверхностных вод (ливневые осадки, талые воды) в определенные сроки, как сливающихся с крыш зданий, так и непосредственно с дворов, дорог и т. д.

в) Обеспечение устойчивости сооружений. Допускаемое напряжение на грунт основания зависит , помимо других его физических свойств, от влажности. Это ясно видно из приводимых ниже (сокращенно) норм строительного проектирования (см. табл. на стр. 590).

Более точные данные могут быть получены в результате лабораторных или полевых исследований (см. т. II «Справочника»).

Зная влажность грунта в основании сооружения при различных глубинах стояния грунтовых вод, определяют допускаемые напряжения и, следовательно, устойчивые размеры сооружений. После этого выбирают наиболее выгодный вариант (большие фундаменты без понижения грунтовых вод и меньшие с понижением их).

г) Санитарные требования. Промышленно-коммунальная площадка должна удовлетворять требованиям: безопасности от заражения малярией (уничтожение мест выплода комара *Anopheles* — см. специальный раздел) и другим санитарно-техническим требованиям, согласно существующим инструкциям. Близкий к поверхности почвы уровень грунтовых вод создает благоприятные условия (температура и влажность)

Допускаемые давления (в килограммах на 1 см²) *на грунт оснований при заложении подошвы фундамента ниже поверхности земли на глубину 2 м*

№ по порядку	Род грунта	Степень влажности грунта		
		сухой и в естественном состоянии	очень влажный	мокрый, полное насыщение
1	Ил, торф, растительная земля, чернозем	1	0,5	0
2	Растительная земля, плотно слежавшаяся	2	1	—
3	Слабый глинистый грунт, слабый суглинок со включением ила	1	0,5	0—0,6
4	Глинистый грунт, суглинок средней плотности	2,5	2,0	1,5
5	Плотно слежавшаяся глина, суглинок плотный	3,0	2,25	2,0
6	Особо плотная глина, морена	5	4	3,5
7	Песок мелкий с примесью ила	1	0,75	0,5
8	Песок мелкий чистый	1,5	1	0,5
9	Песок мелкий, плотно слежавшийся	2	1,5	1,0
10	Песок средней крупности, плотно слежавшийся	2,5	2,0	1,5
11	Песок мелкий разрыхленный	1,75	1,25	0,5
12	Песок средней крупности, разрыхленный	2,0	1,5	1,0
13	Песок крупный, плотно слежавшийся	4,5	4,25	3,5
14	Гравелистый грунт	3,5	3,0	2,5
15	Галька средней крупности, плотно слежавшаяся	5,0	4,0	3,5

для развития различных бактерий. Перед осушением ставится задача — опустить горизонт грунтовых вод достаточно низко и по возможности обеспечить его стабильность.

Нормы здесь отсутствуют, но, повидимому, можно принять за достаточную для санитарно-технических целей среднюю глубину понижения уровня грунтовых вод от поверхности в 1—2 м с колебаниями от нее на 0,5 м в каждую сторону (для глинистых почв уровень грунтовых вод должен быть опущен ниже, нежели для песчаных).

§ 92. Методы осушения территорий промышленных и коммунальных предприятий при разных естественно-исторических условиях

Методы осушения этих объектов устанавливаются в зависимости от требований хозяйства (см. выше) и водных свойств грунтов, типов водного питания, геологического и гидрогеологического строения и других естественно-исторических условий. Способ осушения может быть правильно выбран лишь для данного конкретного объекта; возможно все же установить наиболее часто встречающиеся характерные условия и указать для них типовые способы осушения.

Помимо условий естественно-исторических, избыточное увлажнение территории может быть обусловлено неправильным или небрежным ведением хозяйства, а именно:

1) отсутствием канализации; вдоль канализационных труб по засыпанным траншеям возможно движение грунтовой воды, и, следовательно, канализационная сеть является своеобразным дренажом; особенно сильно сказывается отсутствие канализации при проведении водопровода;

2) течью водопроводных труб; утечка воды из водопровода содействует повышению грунтовых вод, так как создаются искусственные шапки-бугры на их поверхности;

3) наличием на площадке технической сбросной воды с необеспеченным отводом ее (мойка гравия, песка и т. д.).

Прежде чем искать естественные причины увлажнения, необходимо выяснить, не вызвано ли заболачивание указанными причинами, и устранить их.

При избыточной увлажненности, вызванной причинами естественно-исторического порядка, выбор способа осушения может быть произведен лишь после детального изучения всех условий (см. § 9 настоящего раздела). Укажем наиболее часто встречающиеся способы осушения.

а) Ускорение поверхностного стока. Этот метод, как правило, должен быть применен на всякой избыточно увлажненной территории промышленного или коммунального хозяйства в порядке благоустройства. Он особенно необходим для плохо проницаемых мощных глинистых грунтов (10—15 м), увлажняемых атмосферными осадками. Метод ускорения поверхностного стока осуществляется посредством планировки поверхности и устройства системы лотков, ливнестоков и сбросных коллекторов, обеспечивающих быстрый отвод поверхностных вод с крыш, панелей, мостовых, дворов, парков, стадионов и т. д.

б) Понижение уровня грунтовых вод посредством систематического дренажа. Наиболее подходящими условиями для применения систематического дренажа являются проницаемые фильтрующие грунты большой мощности с близким к дневной поверхности стоянием уровня грунтовых вод. Систематический дренаж в условиях осушения территорий промышленных площадок представляет собой сеть дрен, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга. При выборочном дренаже, исходя из естественных причин и условий расположения зданий, дрены проводят на различных расстояниях одна от другой. Грунтовая вода отводится системой дрен в коллекторы, а последними — в магистральные коллекторы и водоприемники. Применение систематического дренажа может быть рационально также для такого геологического строения, когда мощный фильтрующий слой грунта покрыт сверху плохо проницаемым слоем глин или суглинков малой (до 2 м) мощности, чем создается некоторая напорность грунтовых вод.

в) Выборочный (в данном случае) головной дренаж. Этот дренаж применяется в условиях осушения промышленных площадок и коммунальных предприятий при поступлении на осушаемую территорию как напорного, так и свободного грунтового потоков.

Головная дрена — это крупная (диаметром от 0,4 до 1,5 м) глубоко закладываемая дрена, понижающая на значительную глубину уровень грунтовых вод при большой дальности осушительного действия (в отдельных случаях порядка 1 км).

Применение головного дренажа обычно рационально в следующих геологических условиях:

маломощный (до 4—6 м) свободный грунтовый поток поступает на площадку по хорошо проницаемому грунту;

напорный грунтовый поток поступает на осушаемую территорию, покрытую с поверхности непроницаемым слоем небольшой мощности (2—3 м).

Применение головного дренажа возможно также и в других случаях (мощный свободный поток и т. д.), но наибольший эффект он дает в вышеприведенных условиях.

г) Осушение помощью линейной системы вертикальных колодцев. Под линейной системой понимается ряд вертикальных колодцев (больше 3), расположенных в плане по прямой линии и понижающих уровень грунтовых вод.

В зависимости от того, в каком потоке колодцы понижают уровень грунтовых вод — в напорном или безнапорном, эти колодцы называются напорными и безнапорными.

Отвод воды из колодцев может быть осуществлен посредством соединения их верхнего конца с горизонтальной дреной или трубой, куда изливается из них вода. Другим методом является отвод воды из каждого колодца в отдельности посредством сифонных трубок, соединяющихся близ поверхности в один сплошной магистральный водовод.

Отвод воды из водоводов или дрен может быть самотечный или посредством механического водоподъема. Наиболее эффективными являются линейные напорные системы самоизливающихся вертикальных колодцев Также эффективной является линейная система безнапорных колодцев с сифонным способом отвода воды. Следует отметить, что трубчатые колодцы не всегда доводятся до поверхности подстилающего водоупора, — тогда они называются несовершенными.

д) Осушение методом комбинированного дренажа. Комбинированным дренажом называется соединение одиночного дренажа и вертикальных колодцев, в него впадающих.

е) Осушение отдельных зданий. В этом случае применяется так называемый кольцевой дренаж, когда дрена окружает осушаемое здание, а вода отводится посредством коллекторов. Существуют и другие методы.

Групповая система вертикальных колодцев основана на том, что они располагаются вокруг здания в определенном порядке и более или менее равномерно понижают уровень грунтовых вод на нужную глубину.

Шпунты, забитые до водоупора, изолируют объект от грунтовых вод, преграждая им доступ.

Гидроизоляция есть прием осушения части цокольных этажей, которые располагаются ниже уровня грунтовых вод. Гидроизоляция заключается в нанесении по полу и стенам здания нескольких рядов непроницаемых прослоек (руберойда и др.) с особыми непроницаемыми мастиками. Прослойки эти располагаются близ периферии стен и пола. Прием гидроизоляции довольно несложен, если он применяется одновременно с возведением здания, и очень сложен при применении к существующим уже зданиям.

§ 93. Типы заболачивания населенных мест и заводских территорий и схемы ликвидации заболачивания

Методы осушки населенных мест и заводских территорий находятся в зависимости от поступления вод, грунтов поверхностных слоев и гидрогеологического строения. Рассмотрим наиболее характерные случаи.

А. Непроницаемые (глинистые) поверхностные грунты с глубоким заложением грунтовых вод атмосферного питания имеют исключительно поверхностный сток. В этом случае посредством планировки и устройства лотков необходимо обеспечить быстрый сток воды, поступающей как с крыш, так и с поверхности панелей, мостовых и дворов.

Для этого панели должны иметь уклон от стен не менее 0,01; мостовые должны иметь выпуклость к середине не менее 0,05 ее ширины. Дворы также должны иметь соответствующую планировку, с поперечным уклоном 0,06. В понижениях должны располагаться лотки, с уклонами не менее 0,02. Лотки поступают в дождеприемники ливневой канализации; глубина их — до 40 см, ширина поверху — до 0,5 м.

Б. Проницаемые почво-грунты с близким к дневной поверхности стоянием уровня грунтовых вод имеют грунтовое питание. В таких случаях применяется систематический дренаж. Магистральный коллектор трассируется вдоль улицы, по наибольшему скату местности и по кратчайшему направлению к водоприемнику. Коллекторы-собиратели трассируются вдоль улицы, в направлении горизонталей, и впадают в магистральный коллектор. Расстояния между собирательными коллекторами

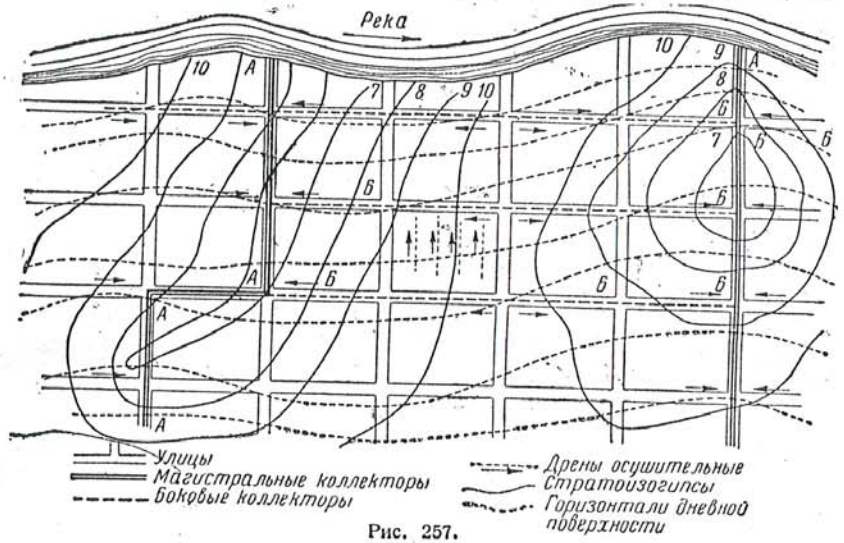


Рис. 257.

определяются шириною кварталов между улицами, по которым прокладываются собиратели (рис. 257).

Магистральные и собирательные коллекторы составляют собою первоочередные элементы осушительной системы. Во многих случаях действие их сказывается настолько благоприятно, что не требуется дальнейшего расширения сети.

Детальная сеть, если она потребуется, располагается внутри кварталов, между строениями так, как показано на рис. 257. Расстояния между дренами определяются по опыту и варьируют от 40 до 100 м.

В. Под поверхностным непроницаемым слоем небольшой мощности имеется напорный грунтовый поток. В данном случае избыточное увлажнение может сказываться в следующих направлениях:

а) в капиллярном насыщении верхнего водоупорного слоя при дополнительном увлажнении (от выпадения атмосферных осадков, утечки из водопровода и прочих причин); этот слой делается избыточно увлажненным;

б) в быстром заполнении водою всякого рода выемок и котлованов; это происходит вследствие проникновения напорных вод в такие выемки,

если непроницаемый слой в выемках не создает достаточного сопротивления поступлению напорных вод.

Действие напорного потока можно ликвидировать путем расположения головного дренажа в зоне наибольших пьезометрических напоров.

Г. Наводнение населенных мест или заводских территорий, имеющих горный водосбор, который дает по временам интенсивный ливневой сток. В этом случае предохранение площадей от наводнений может быть проведено по нескольким схемам.

1. Проводится нагорный канал, который располагается вдоль верхней границы осушаемой площади. Нагорный канал допустим лишь в том случае, если ему можно придать более или менее спокойный профиль, с правильным уклоном, обеспечивающим постоянную и достаточную (для предотвращения заиления) скорость. Заиление нагорных каналов является основной причиной, заставляющей в ряде случаев отказываться от этого метода предохранения площадей от наводнений.

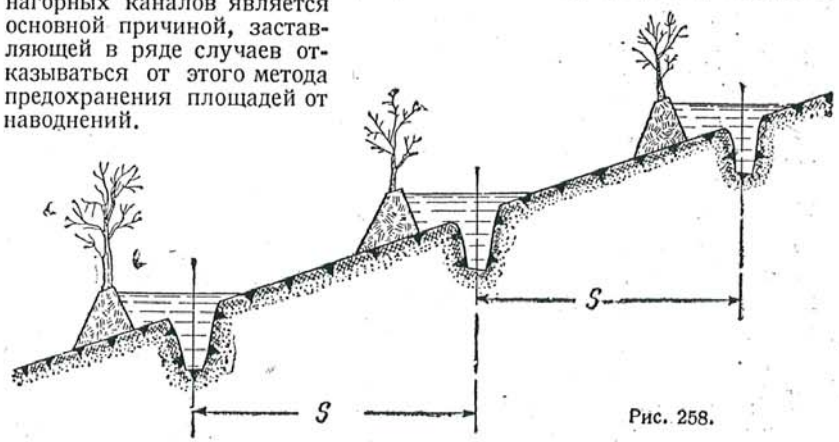


Рис. 258.

2. Террасируется водосбор. Вся поверхность горного водосбора покрывается канавами, располагаемыми вдоль горизонталей. Глубина канав зависит от мощности рыхлого слоя. Наиболее приемлема глубина бесточных канав в 0,6—0,7 м. Отвал земли происходит только на низовую сторону (см. рис. 258).

Канавы могут быть и сточными, с уклоном 0,0002; тогда они выводятся в ближайшие овраги, причем последние закрепляются. Если нет для сброса подходящих оврагов и других естественных русел, то система бесточных канав рассчитывается на поглощение максимального местного ливня за счет емкости образованных канавами и валиками террас. Расстояние между осями сточных канав определяется формулой:

$$Sh = \omega v t + \omega l,$$

где S — горизонтальное расстояние между валиками в метрах;
h — слой осадков в метрах;
ω — площадь живого сечения канавы (в квадратных метрах) с учетом заполнения с валиком;
v — средняя скорость (в метрах в секунду) по Шези при $J = 0{,}0002$;
t — продолжительность ливня в секундах;
l — длина канавы (в метрах) на единицу полосы водосбора вдоль склона.

3. Регулируется сток в верховьях водотока посредством плотин.

Д. Затопление населенных мест паводками реки. В этом случае применяется обвалование затопляемых мест земляными дамбами. Обвалование может предприниматься в виде общего регулирования реки на большом ее протяжении.

В других случаях обвалование проводится частично, причем валом окружают лишь защищаемые от затопления площадки. В большинстве случаев концы валов сопрягают с местными повышениями, причем трасса валов ведется большей частью в зависимости от границ площадки.

§ 94. Конструкции труб для глубоких дренажей

Стоимость выемки траншей для глубокого дренажа составляет значительную часть (иногда 90%) общей стоимости дренажных линий. Поэтому для глубоких дренажей рекомендуется применять трубы солидных конструкций; из них наиболее распространенными являются:

1) каменно-керамические трубы,
2) бетонные или железо-бетонные трубы,
3) деревянные трубы.

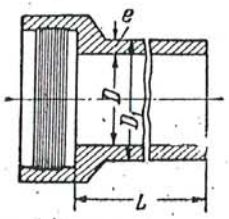


Рис. 259.

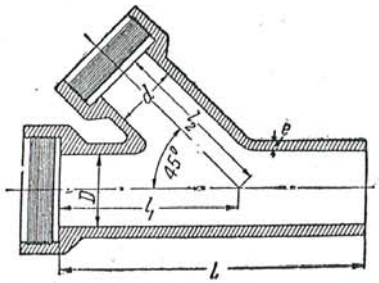


Рис. 260.

1. Каменно-керамические трубы — это водонепроницаемые обожженные трубы из кремнекислой глины. Трубы фабрикуются двух сортов:

а) с раструбами и фасонными частями; трубы покрыты снаружи и изнутри глазурью;

б) цилиндрической формы, без раструбов, покрытые глазурью. К этим трубам изготовляются муфты, свободно надевающиеся на трубы.

Поступление воды через каменно-керамические трубы обеспечивается через зазоры при стыках труб у муфт или раструбов. Эти зазоры доходят до 6 мм и заполняются войлоком. Трубы с раструбами выдерживают гидравлическое давление не выше 3—4 атмосфер.

Общесоюзный стандарт керамических труб ОСТ 69
(рис. 259)

D	e	D_1	L	D	e	D_1	L
Размеры в миллиметрах				Размеры в миллиметрах			
125	18	161	800—1 000	400	32	464	800
150	19	188	800—1 000	450	35	520	800
200	22	244	800—1 000	500	38	576	800
250	25	300	800—1 000	550	40	630	800
300	28	356	800—1 000	600	43	680	800
350	30	410	800—1 000				

Тройник в 45° ОСТ 71
(рис. 260)

Размеры в миллиметрах						Размеры в миллиметрах					
D	*d*	*e*	l_1	l_2	*L*	*D*	*d*	*e*	l_1	l_2	*L*
150	125	19	350	325	600	400	125	32	525	525	600
							150	32	550	550	600
200	125	22	400	350	600		200	32	575	550	700
	150	22	425	375	600	500	125	38	575	575	600
250	125	25	425	400	600		150	38	600	600	600
	150	25	450	425	600		200	38	650	625	700
	200	25	475	450	700	600	125	43	625	650	600
300	125	28	450	425	600		150	43	650	675	600
	150	28	475	450	600		200	43	700	725	700
	200	28	500	475	700						

2. **Бетонные трубы** изготовляются разных размеров и двух форм поперечного сечения: а) круглые, диаметром (в свету) от 7,5 до 30 см, б) круглые с плоским основанием (рис. 261) диаметром от

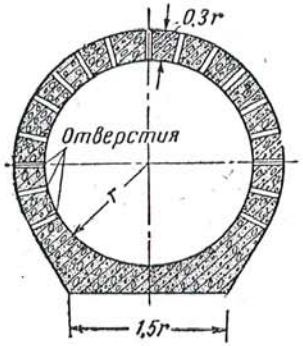


Рис. 261.

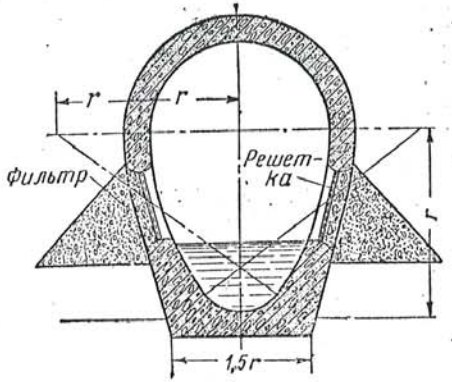


Рис. 262.

40 до 120 см; в) овоидальные (рис. 262) 67 60 × 40 см до 300 × 200 см. Бетонные трубы применимы при отсутствии агрессивных вод.

В предупреждение относительного перемещения бетонных труб торцы их снабжаются четвертями или штырями (из круглого железа или труб) диаметром от 8 до 20 мм.

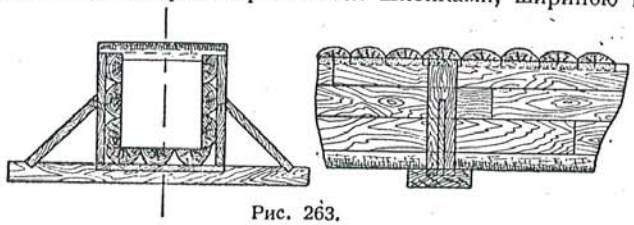
Укладка бетонных труб на место производится не ранее как через 3 месяца после их изготовления. Толщина бетонных труб берется равной 0,3 их радиуса (внутреннего). Присутствие арматуры не влияет на толщину стенок бетонных труб, так как арматура предохраняет трубу только от раскалывания при транспортировке.

Для поступления в них воды бетонные трубы снабжаются отверстиями. В круглых трубах отверстия (0,5 × 5 см) располагаются в шахматном порядке через 20 см в верхней половине трубы.

В овоидальных трубах прием воды осуществляется фильтрами с боков трубы, площадью по 0,3 × 0,3 м; фильтры устанавливаются так, как показано на рис. 262.

3. **Деревянные трубы** применяются главным образом при осушении торфов, где они могут держаться свыше 20 лет. В минеральных грунтах деревянные трубы применяются лишь как временные; при этом необходима просмолка труб за два раза или креозотирование.

Трубы из пластин (рис. 263). Дно и стенки трубы делаются из пластин (20 × 10 см), которые скрепляются шпонками, шириною не менее


Рис. 263.

15—20 см, через 1—1,5 м. Стыки пластин располагаются в перевязку. Через каждые 2—3 м по дну трубы ставится удлиненный шпоночный брусок, куда опираются подкосы от стенок. Подкосы устанавливаются в случае укладки трубы в неустойчивом грунте, где возможны перекосы трубы. Деревянные трубы всех конструкций необходимо креозотировать, или жирно смазывать за два раза смолой — пиком. Срок службы — около 20 лет.

Кроме описанных конструкций деревянных труб, существует еще ряд более новых (но менее постоянных) конструкций.

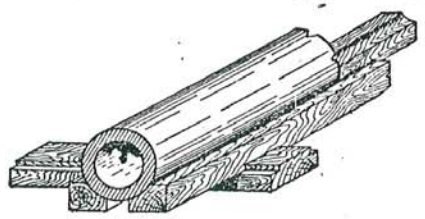
4. **Гончарные трубы** в основном применимы для с.-х. дренажей.

В СССР пока еще не установлены стандарты гончарных труб; наибольшим распространением пользуются трубы диаметром (в свету) 5 и 10 см. Обычная длина гончарных труб — 33 см.

Гончарные трубы везде изготовляются без глазури.

Основные требования приемки гончарных труб. Трубы должны:

1) иметь строго цилиндрическую форму; 2) иметь правильный обрез; 3) иметь темно-красный цвет; беловато-розовый цвет трубы показывает на недостаточный обжиг труб, а следовательно, характеризует непрочность труб; 4) не иметь трещин.


Рис. 264.

Гончарные трубы не допускается укладывать глубже 3 м; не укладывают их и под дороги — ввиду недостаточной прочности этих труб.

Подготовка оснований под дренажные трубы. При неустойчивых мягких и текучих грунтах необходимо подготовлять основание под дренажные трубы, особенно под тяжелые, диаметром более 25 см.

Основаниями под дренажные трубы могут быть:

1) наброска щебня или гравия, слоем 10—25 см, в зависимости от веса трубы; подготовка из щебня применима лишь для песчаных грунтов; в текучих грунтах щебень тонет;

2) стеллажи разной конструкции, в зависимости от состояния грунта и веса труб.

а) Для более легких труб (диаметром примерно 20 см) стеллажи изготовляются из 2 брусков (рис. 264), соединенных через 1,5—2 м шпонкой.

б) Для тяжелых труб и зыбких грунтов стеллажи устанавливаются на сваях, забитых в более прочный грунт. Конструкция таких стеллажей видна из рис. 265.

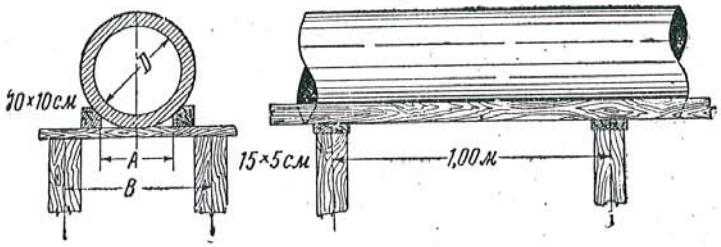


Рис. 265.

ГЛАВА XIV

ПОДТОПЛЕНИЕ ПРИ ГИДРОСТРОИТЕЛЬСТВЕ

§ 95. Основные понятия

Общим подтоплением называется изменение режима грунтовых вод, вызванное подпором воды в реке после постройки гидротехнического сооружения.

Хозяйственным подтоплением называется повышение уровня грунтовых вод, нарушающее нормальную хозяйственную деятельность человека (например, вызывающее понижение урожайности с.-х. культур, развитие малярии, ухудшение устойчивости промышленных сооружений и т. д.).

Прогнозом подтопления называется предсказание подпертого режима грунтовых вод; на основе прогноза подтопления, с учетом хозяйственной роли подтопляемых и затопляемых земель, стоимости мелиоративных работ и т. д. делается вывод о необходимости и целесообразности борьбы с подтоплением помощью осушительных методов.

Борьба с подтоплением и мелководным затоплением осуществляется помощью обвалования, головных и систематических дренажей, вертикальных колодцев и т. д., т. е. обычными осушительными средствами.

§ 96. Прогноз подтопления

Материалами для расчета «прогноза подтопления» служат: водосборная карта, общее геологическое и гидрогеологическое описание, план местности, геологические профили по расчетным створам, гидрологические и метеорологические данные.

На основании этих данных составляется полная характеристика существующего режима грунтовых вод, а именно: строятся карты гидроизогипс, отнесенные к низкому зимнему горизонту, затем к горизонту в середине снеготаяния, после паводка, летнего и осеннего. Кроме карт гидроизогипс, для характеристики существующего грунтового потока следует построить эпюру расходов, т. е. изменение расходов по длине потока.

Если направление геологического створа не совпадает с направлением линии тока (семейство кривых ортогональное к гидроизогипсам) или грунтовый поток радиален, то следует вырезать мысленно на плане гидроизогипс полосу потока, ограниченную двумя соседними линиями тока, как это показано на рис. 266 (*аа'* и *бб'*). Далее по середине этой полосы проводят центральную условную расчетную линию *о—о*, к которой и относят, на основании анализа ближайших геологических скважин, то или иное строение, затем чертят по ней геологический профиль (см. рис. 267) и наносят на него по карте гидроизогипс поверхность грунтовых вод (*z—z* на рис. 267). Далее для отдельных участков грунтового потока между створами *1—1*, *2—2*, *3—3* и т. д. подсчитывают расход по формуле:

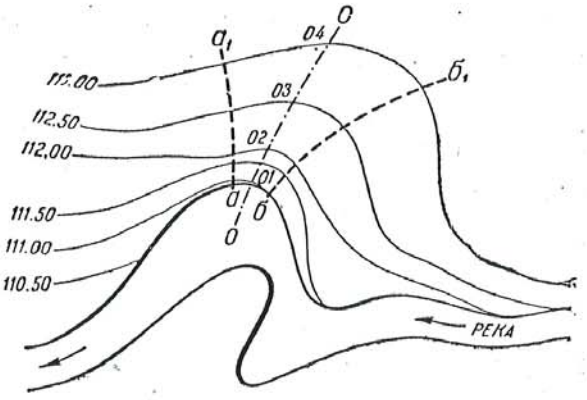


Рис. 266.

$$Q = \frac{b_1 \sum kh_1 + b_2 \sum kh_2}{b_1 + b_2} \cdot \frac{z}{L} \text{ м}^3 \text{ в секунду}, \qquad (1)$$

где Q — расход грунтового потока в кубических метрах в секунду на 1 м ширины потока;

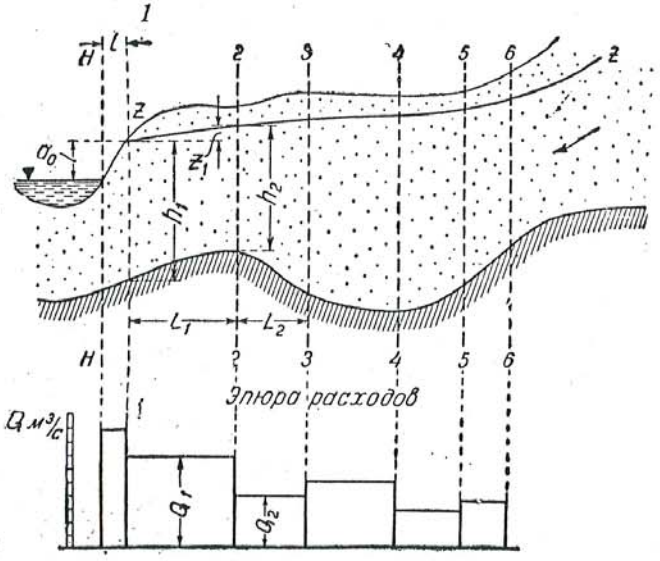


Рис. 267.

z — падение (в метрах) горизонта грунтовых вод между двумя соседними сечениями (например, *1—1* и *2—2*);
L — расстояние между этими сечениями по профилю в метрах;
b_1 — ширина полосы (в метрах) по направлению гидроизогипсы в сечении *1—1*;
b_2 — то же в сечении *2—2*;
$\sum kh_1$ — сумма произведений коэфициента фильтрации прослоек на их мощность в пределах грунтового потока для сечения *1—1* (берется из профиля рис. 267);
$\sum kh_2$ — то же для сечения *2—2*.

Значения расходов Q, найденные по формуле (1), откладывают по оси ординат, а по оси абсцисс откладывают длины. Получившуюся эпюру расходов лучше всего совместить с геологическим профилем (см. рис. 267).

Эпюра расходов дает возможность установить изменение расхода по длине потока и судить о пополнении его осадками, роли испарения, влиянии канав, озер, оврагов (резкие изменения в эпюре); иногда на основе эпюры можно установить и радиальность (при растекании потока расход его на 1 пог. м уменьшается вниз по течению).

При параллельноструйном потоке и при совпадении его направления с линией геологического створа имеем $b_1 = b_2$, и формула (1) переходит в следующую:

$$Q = \frac{\sum kh_1 + \sum kh_2}{2} \cdot \frac{z}{L} \text{ м}^3 \text{ в секунду;} \qquad (2)$$

все обозначения — прежние.

Грубо, приближенно:

$$Q = 10^{-9} \cdot L_x \sigma \text{ м}^3 \text{ в секунду;} \qquad (3)$$

где Q — расход грунтового потока на 1 м его ширины в расчетном сечении в кубических метрах в секунду;
L_x — расстояние этого сечения от водораздела в метрах;
10^{-9} — коэфициент размерности;
σ — модуль грунтового стока в метрах в секунду с 1 км²; этот модуль принимается равным или зимнему расходу реки, деленному на площадь бассейна грунтового питания, или же 0,2 от величины среднегодового модуля стока (по карте Кочерина).

Имея перечисленные выше данные, можно охарактеризовать полностью существующий режим грунтовых вод.

А. Способы, в которых в основу прогноза положен стабильный горизонт грунтовых вод до подпора

1. **Метод Кене.** Кладя в основу расчета замеренную до подпора естественную кривую депрессии, пишут для сечения *1—1* (рис. 268):

$$Q = k \cdot J_1 \cdot h_1 \text{ м}^3 \text{ в секунду.} \qquad (4)$$

Здесь Q — расход грунтового потока в кубических метрах в секунду на 1 пог. м ширины;
k — коэфициент фильтрации в метрах в секунду;
h_1 — мощность (в метрах) потока до подпора в сечении *1—1*;
J_1 — уклон поверхности грунтового потока там же.

Считая, что водоупор расположен достаточно близко, принимают: а) расходы до и после подпора одинаковыми, б) коэфициент фильтрации до и после подпора также равным. В этом же сечении после подпора:

$$Q' = k' \cdot h_1' \; J_1' \text{ м}^3 \text{ в секунду,} \qquad (5)$$

где буквы со значками «прим» относятся к элементам потока после подпора. В силу принятых равенств $Q = Q'$ и $k = k'$ имеют:

$$h_1 \; J_1 = h_1' J_1', \qquad (6)$$

откуда, зная h_1, J_1, h_1', находят J_1'.

Разбив геологический профиль на участки, ведут расчет по участкам от реки, в сторону водосбора, причем за первое сечение принимают вертикаль, проведенную через урез воды в реке. Переходя от участка к участку, получают подпертое положение грунтовых вод.

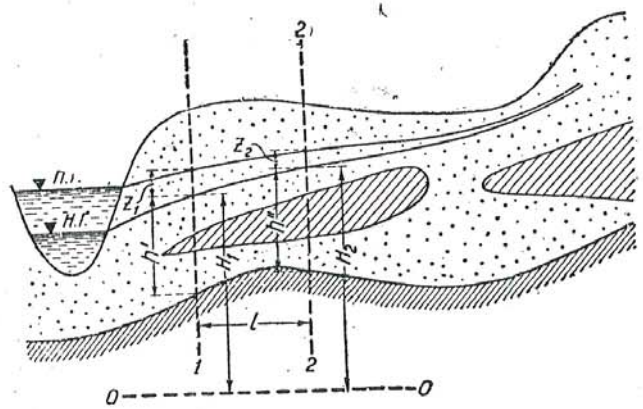


Рис. 268.

Способ Кене: 1) не учитывает изменения расхода до и после подпора, 2) принимает однородное строение грунтов ($k = k'$), 3) в основу расчета по участкам принимает формулу равномерного движения ($Q = khJ$), тогда как в природе обычно условия другие.

В силу изложенного метод Кене определения подпора грунтовых вод дает лишь грубо приблизительные данные.

2. Способ Каменского. Проф. Каменским предложен ряд формул расчета подпора грунтовых вод; все формулы основаны на следующих положениях:

а) расход грунтового потока на расчетном участке до подпора и после подпора одинаков (частный случай изменения расхода — смещение водораздела рассматривается проф. Каменским лишь для одного случая — горизонтального водоупора и однородного грунта);

б) за основную расчетную формулу принимается формула приближенного интегрирования диференциального уравнения движения грунтовых вод;

в) за исходную расчетную величину принят замеренный горизонт грунтовых вод до подпора.

Приводим наиболее общую формулу проф. Каменского, отсылая интересующихся деталями к специальной литературе. Согласно рис. 268 (в обозначениях Каменского):

$$q = \frac{\Sigma k'h' + \Sigma k''h''}{2} \cdot \frac{(H_2 - H_1)}{l_1} =$$

$$= \left[\frac{(\Sigma k'h' + z_1 k'_n) + (\Sigma k''h'' + k''_m \cdot z_2)}{2}\right] \cdot \left[\frac{(H_2 + z_2) - (H_1 + z_1)}{l_2}\right], \quad (7)$$

где q — расход грунтового потока между сечениями *1—1* и *2—2* до и после подпора в кубических метрах на 1 пог. м ширины;

$\Sigma k'h'$ — сумма произведений мощностей отдельных прослоек на их коэфициент фильтрации в пределах грунтового потока в сечении *1—1* (в кубических метрах в секунду);

$\Sigma k''h''$ — то же для сечения *2—2*;

H_1 и H_2 — отметки горизонта воды в сечениях *1—1* и *2—2* до подпора в метрах;

l_1 — расстояние между расчетными сечениями до подпора в метрах;

l_2 — то же после подпора (при смещении уреза $l_1 \neq l_2$);

z_1 — величина повышения (в метрах) горизонта грунтовых вод в результате подпора в сечении *1—1* (величина известная);

z_2 — искомое повышение горизонта грунтовых вод в сечении *2—2* в метрах;

k'_n и k''_m — коэфициенты фильтрации грунтов в пределах подпоров для сечений *1—1* и *2—2* в метрах в секунду.

Расчет подпорной кривой по этой формуле производят постепенно, идя от реки к водосбору по участкам, причем каждый раз, зная h', k', k'', h'', H_2, H_1, l_1, l_2, z_1, k'_n и k''_m, находят z_2 (подбором или решая уравнение 7). Имея z_2, считают сечение *2—2* за нижнее (уже известное) и определяют подпор для следующего участка; так поступают до тех пор, пока не определят положение всей подпорной кривой.

Способ (Каменского) определения подпорной кривой обладает следующими недостатками:

1) он не учитывает изменения расхода грунтового потока после подпора;

2) подпорная кривая, подсчитанная по этому способу, в силу сокращения расхода и невозможности учета испарения и других естественных факторов копирует кривую до подпора, сколь бы случайна она ни была.

В силу изложенного, применение формулы Каменского ограничено рядом частных случаев: узкая пойма, глубокое стояние грунтовых вод и т. д.

Б. Способы расчета подпорных кривых, исходящие из расхода грунтового потока

1. Применение формулы Форхгеймера (рис. 269):

$$JL = H_0 \ln \frac{H_0 - h_z}{H_0 - h_1} - h_1 + h_z, \quad (8)$$

где q — расход грунтового потока в кубических метрах на 1 пог. м;

k — коэфициент фильтрации в метрах в секунду;

J — уклон водоупора;

H_0 — глубина равномерного режима при уклоне J и коэфициенте k, т. е. $H_0 = \frac{q}{kJ}$;

где h_z — глубина грунтового потока в нижнем сечении (h_z — известно) в метрах;

h_1 — искомая глубина в сечении *б—б* в метрах.

Зная h_1, q, k, j, L, определяют h_1 подбором (из уравнения 8).

Значение q проф. Брудастов рекомендует находить двумя путями:

а) по геологическому разрезу ищут глубину равномерного режима на склонах коренного берега вне подпора ($H_м$) и принимают $q = kJH$, где k — коэфициент фильтрации, J — уклон водоупора;

б) по непосредственному определению расхода грунтового потока.

Определение подпорной кривой по формуле Форхгеймера ведется по участкам с одинаковыми уклонами водоупора, причем в этом случае нет надобности знать поверхность грунтовых вод до подпора (в

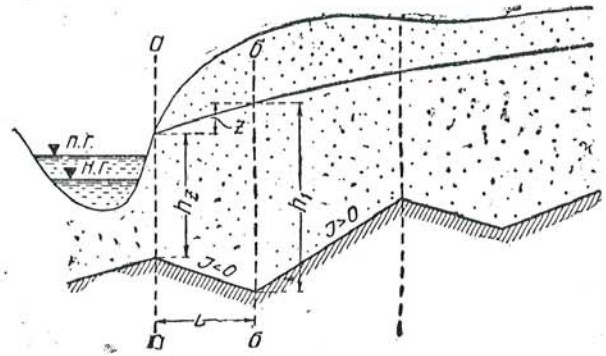


Рис. 269.

расчет она не входит). Основой этого способа является введение, в качестве переменной величины, расхода грунтового потока.

Применение формулы Форхгеймера ограничено, так как формула не учитывает разнородности грунтов, изменения расхода потока по его длине, высоты выклинивания при выходе в реку и т. д.

Формулы Форхгеймера, Павловского и Люгера для неравномерного режима грунтовых вод (с наклонным водоупором) являются идентичными; они лишь записаны в различной форме. Эти формулы были выведены еще Дюпюи, но не получили такого широкого распространения, как его формула горизонтальной фильтрации.

2. Способ «эпюры расходов» (разработан инж. Аверьяновым). Выше были указаны материалы, необходимые для полной характеристики грунтового потока до подпора (см. стр. 599). В их числе имеются и эпюры расходов, дающие возможность установить существующие значения расхода грунтового потока по его длине.

Чтобы учесть изменения эпюры расходов, вызванные подтоплением, следует определить смещение водораздела грунтовых вод. Зная смещение водораздела, уменьшают ординаты эпюры расходов пропорционально приближению водораздельной точки. Также учитывают возможное пересечение грунтовым потоком понижений, тальвегов, каналов и т. д. и уменьшение расхода вследствие этого. Уменьшение расхода можно приближенно учесть формулой Хопфа и Трефтца:

$$Q_к = Q \cdot \frac{t}{H}, \quad (9)$$

где Q_k — расход, перехватываемый канавой, тальвегом и т. д., в кубических метрах в секунду;

Q — расход грунтового потока выше канавы в кубических метрах в секунду;

t — глубина врезки канавы или понижения в грунтовый поток (в метрах);

H — мощность грунтового потока в метрах.

Расход грунтового потока после подпора уменьшится также за счет увеличения испарения после приближения уровня грунтовых вод к дневной поверхности. Это обстоятельство начинает играть решающую роль при стоянии грунтовых вод на глубине менее 1 м от поверхности.

И в и ц к и й указывает на увеличение испарения с приближением уровня грунтовых вод к дневной поверхности; он учитывает это увеличение введением (в формулу испарения) показателя A:

$$A = \frac{1}{e^{kH}} \text{ м}, \qquad (10)$$

где e — основание натуральных логарифмов;

H — глубина стояния грунтовых вод от поверхности в метрах;

k — коэфициент, равный для условий торфяных почв Минской опытной станции от 1,3 до 1,5.

Проанализировав уменьшение величины расхода, которое произойдет в результате подпора (смещение водораздела, фильтрация в понижения местности, увеличение испарения и др.), соответствующим образом изменяют эпюру расходов существующего грунтового потока; в результате получают расчетную эпюру расходов, т. е. предполагаемые после подпора значения расходов для различных участков потока.

Определение нижнего расчетного сечения

Теоретически доказано и подтверждено многочисленными наблюдениями, что при поступлении грунтового потока в реку или канал наблюдается разрыв между местом выхода кривой депрессии на откос реки или канала и горизонтом воды в них. Между самыми верхними струйками грунтового потока и урезом воды имеется участок выклинивания; он характеризуется стоком по откосу в реку просочившейся грунтовой воды в виде отдельных струек. Разница отметок между точкой выхода самых верхних струек грунтового потока (без учета капиллярных сил) на откос реки и горизонтом воды в реке называется высотой выклинивания и обозначается как a_0.

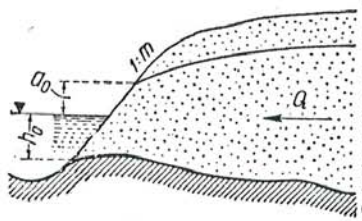


Рис. 270.

Определение высоты выклинивания для близкого водоупора (когда поверхность водоупора выше дна реки) может быть произведено по нескольким формулам.

1. Формула Павловского (рис. 270):

$$A = m \cdot \frac{Q}{k} \text{ м}, \qquad (11)$$

где m — коэфициент откоса;

Q — расход грунтового потока в кубических метрах в секунду на 1 пог. м;

k — коэфициент фильтрации в метрах в секунду.

$$A = a_0 \left(1 + 2{,}303 \lg \frac{h_0 + a_0}{a_0}\right) \text{ м}, \qquad (11')$$

где a_0 — высота выклинивания в метрах;

h_0 — глубина воды в реке над поверхностью водоупора (в месте выхода его в реку).

Так как m, Q, k и h_0 известны, то определяется a_0.

Для практического пользования приводим таблицу значения A как функции a_0 и h_0.

Таблица значений функции A в формуле Павловского для определения высоты выклинивания

a_0 \ h_0	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0,01	0,01	0,06	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,08	0,08	0,08	0,08
0,05	0,05	0,20	0,24	0,26	0,27	0,28	0,29	0,29	0,30	0,31	0,31
0,10	0,10	0,34	0,40	0,44	0,47	0,49	0,51	0,53	0,54	0,55	0,56
0,20	0,20	0,56	0,68	0,75	0,81	0,85	0,89	0,92	0,94	0,97	0,99
0,40	0,40	0,90	1,12	1,26	1,36	1,44	1,51	1,57	1,62	1,67	1,70
0,60	0,60	1,18	1,48	1,67	1,82	1,94	2,04	2,12	2,20	2,26	2,31
0,80	0,80	1,43	1,76	2,03	2,23	2,38	2,51	2,62	2,72	2,80	2,88
1,00	1,00	1,69	2,10	2,39	2,61	2,79	2,95	3,08	3,40	3,60	3,80
1,50	1,50	2,27	2,76	3,15	3,45	3,69	3,92	4,10	4,26	4,43	4,54
2,00	2,00	2,80	3,38	3,84	4,20	4,52	4,78	5,00	5,22	5,40	5,58

2. Формула Ризенкампфа применяется также для близкого водоупора при условии, что водоупор выше горизонта воды в реке:

$$a_0 = \frac{Q}{k} \cdot \frac{1}{\beta\,(1 - 0{,}44\,\beta)} \text{ м}, \qquad (12)$$

где β — угол откоса реки с горизонтом в радианах $\left(\beta = \frac{3{,}14}{180} \cdot n,\right.$ где $\left.n$ — тот же угол в градусах$\right)$.

3. Приближенная формула для глубокого водоупора (см. рис. 270).

$$a_0 = \frac{Q}{k} \cdot \frac{1}{\psi}, \qquad (12')$$

где a_0, Q и k имеют прежние обозначения.

Коэфициент ψ при широкой реке равен:

$$\frac{B}{2T} > 1,$$

где B — ширина реки; T — глубина залегания поверхности водоупора; она зависит только от отношения $\frac{l}{T}$, где l — расстояние по горизонтали от уреза воды до верхней точки выклинивания. Теоретическая формула для ψ сложна, но ψ примерно может быть взято из следующей таблицы (инж. Аверьянова):

Таблица значений коэфициента ϕ для определения высоты выклинивания

$\frac{l}{T}$	2	1,9	1,8	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,3
ϕ	0,41	0,43	0,45	0,47	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,65	0,69	0,75	0,81
$\frac{l}{T}$	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,05	0,01	0,005	0,001	0,0002	
ϕ	0,88	0,96	1,07	1,19	1,37	1,65	2,14	2,6	3,5	4,0	5,0	6,0	

Расчет по формуле (12′) ведется подбором. Задаются значением a_0 и по профилю находят соответствующее l (или если можно откос реки выразить заложением m, то $l = a_0 m$). Зная глубину залегания водоупора T и отношение $\frac{l}{T}$ (по предыдущей таблице), находят значение ϕ. Затем по формуле (12′) проверяют значение a_0, равно ли оно первоначально заданному. Если не равно, то продолжают подбор до совпадения.

По приведенным формулам, зная Q, k, m, T, и h_0, находят высоту выклинивания a_0 и, следовательно, место выхода поверхности грунтовых вод на откос реки.

За первое начальное сечение грунтового потока при расчете кривых подпора следует брать вертикаль, проходящую через точку выхода кривой депрессии на поверхность (откос реки), но не сечение, проходящее через урез воды. Установив нижнее расчетное сечение, переходят от участка к участку и определяют значения падений поверхности грунтовых вод. Расчет подпора в этом случае ведется по следующим формулам:

а) для однородного грунта:

$$Q_0 = \frac{k(h_1 + h_2)}{2} \cdot \frac{z}{L} \text{ м}^3 \text{ в секунду;} \qquad (13)$$

$$h_1 = z + h_2 \mp JL \text{ м.} \qquad (14)$$

Сравнивая формулы (13) и (14), получаем выражение для падения горизонта грунтовых вод от сечения *а—а* до *б—б* (см. выше, рис. 269).

$$z = \pm \frac{JL}{2} - h_2 + \sqrt{\left(h_2 \mp \frac{JL}{2}\right)^2 + \frac{2LQ_0}{k}} \text{ м.} \qquad (15)$$

(знак плюс в формулах 14—15 относится к прямому уклону поверхности водоупора, знак минус — к обратному).

В формуле: z — падение поверхности грунтовых вод от сечения *б—б* до сечения *а—а* в метрах;

J — уклон поверхности водоупора;

L — расстояние между сечениями в метрах;

h_2 — горизонт воды в нижнем сечении (величина известная);

Q_0 — расход грунтового потока (в кубических метрах в секунду) на данном участке, взятый с расчетной эпюры расходов (см. выше);

k — средний коэфициент фильтрации грунта.

Найдя по формуле (15) значение z, подставляют его в формулу (14) и получают глубину грунтового потока в сечении *б—б*. Далее эту глубину уже принимают как известную и переходят к следующему участку и т. д.

б) *Для разнородного строения грунтов* подсчет усложняется и ведется по формулам:

$$Q_0 = \frac{K_1 h_1 + K_2 h_2}{2} \cdot \frac{z}{L} \text{ м}^3 \text{ в секунду;} \qquad (16)$$

$$z = \pm \frac{JL}{2} - h_2\left(\frac{1+\beta}{2}\right) + \sqrt{\left[h_2\left(\frac{1+\beta}{2}\right) - \frac{JL}{2}\right]^2 + \frac{2LQ_0\beta}{K_2}}; \qquad (17)$$

$$K_1 = \frac{\Sigma(kh)_1}{h_1}; \qquad (18)$$

$$K_2 = \frac{\Sigma(kh)_2}{h_2}; \qquad (19)$$

$$\beta = \frac{K_2}{K_1}. \qquad (20)$$

Расчет по этим формулам ведется подбором. Здесь известна глубина потока в нижнем сечении — h_2; зная h_2, определяют значение K_2 по формуле (19). Далее, полагая для первого приближения, что коэфициенты фильтрации в сечении *1—1* и *2—2* одинаковы, принимают $\beta = 1$. Тогда формула (17) регрессирует в формулу (15) для однородного строения пойм, подсчет подпора z по которой весьма прост. Найдя по формуле (15) значение z, ищут значение h_1 по формуле (14). Так находится первое приближение z и h_1. Дальнейшее уточнение происходит следующим образом: для найденного по первому приближению значения h_1 подсчитывают по формуле (18) значение K_1 и по формуле (20) — величину β. После этого значение β подставляют в формулу (17), определяют z уже более точно (второе приближение) и по формуле (14) опять находят h_1.

Обычно вполне достаточно одной такой операции; подбор дальше не продолжают, хотя его можно сделать с любой степенью точности. Расчеты удобно свести в следующую таблицу:

Таблица для подсчета кривых подпора

№ участка	№ скважин	Расстояние между скважинами L м	Отметки кровли водоупора (в метрах)	JL (в метрах)	Q_0 в куб. метрах в секунду на 1 пог. м	h_2 в метрах	Первое приближение		Второе приближение			Отметка поверхности грунтовых вод
							z	h_1	β	z	h_1	

По отметкам горизонта грунтовых вод строят подпорные кривые для расчетных профилей, соответствующие расчетным эпюрам расходов. Так, если подпорные кривые относятся к меженнему времени (учитывают при этом испарение, стекание и т. д.), то и горизонт грунтовых вод будет

соответствовать этому времени. По полученным (по профилям) отметкам горизонта грунтовых вод строятся подпорные карты гидроизогипс, которые и являются основным материалом для суждения о размерах подтопления.

В. Учет колебания горизонтов грунтовых вод

Колебания горизонта грунтовых вод вызываются в естественном состоянии: 1) стеканием грунтовых вод в водоприемники, ручьи, дренажи, канавы и т. д.; 2) пополнением этих вод атмосферными осадками и убылью от испарения; 3) колебанием горизонта воды в водоприемниках и рядом других причин (изменение атмосферного давления и др.).

1) Стекание грунтовых вод в условиях длинных потоков (при подтоплении) не играет существенной роли. Подсчеты показывают, что понижение горизонта грунтовых вод за счет их «срабатывания» в условиях подтопления не превышает 0,3—0,4 м.

2) Пополнение грунтовых вод за счет атмосферных осадков и убыль от испарения. Количественно довольно трудно учесть этот фактор, но для условий недренированных потоков (динамика грунтовых вод при дренаже — см. раздел «с.-х. дренаж») можно считать изменение горизонта грунтовых вод от просочившихся осадков или испарения равным:

$$\Delta y = \frac{\sum_{T_1}^{T_2}(q - W)}{p - m}; \qquad (21)$$

где Δy — повышение или понижение горизонта грунтовых вод за интересующий нас период времени в метрах;
p — порозность грунта в процентах от его объема;
m — средняя влажность слоя грунта в процентах от его объема на глубине от поверхности земли до уровня грунтовых вод;

$\sum_{T_1}^{T_2}(q - W)$ — сумма разностей просочившейся в почву воды и испарения с поверхности почвы за время от T_1 до T_2 (за расчетный интервал) в миллиметрах.

Просочившиеся осадки могут быть приближенно подсчитаны по формуле:

$$q = (1 - \sigma) P \text{ мм}, \qquad (22)$$

где P — выпавшие атмосферные осадки в миллиметрах;
σ — коэфициент стока за тот же период.

Испарение с поверхности земли (W) может быть грубо подсчитано по данным психрометрических наблюдений и формулам Попова, Ивицкого и др. (см. выше).

Указанные расчеты, не являясь точными, все же в известной мере характеризуют колебания уровня грунтовых вод и отклонения его от среднего положения.

Г. Время достижения подпорными кривыми предельных положений

Приведенные выше методы прогноза подтопления исходят из того положения, что кривые подпора достигли своего предельного положения, т. е. что режим грунтовых вод является установившимся для подпорного

горизонта воды в реке. При этом переходный режим грунтовых вод (от нормального к подпертому) из рассмотрения выпадает; между тем этот вопрос имеет существенное значение, например, при определении сроков выхода подтопленных земель из эксплоатации и в других случаях.

Надежных способов расчета величин, характеризующих переходный режим грунтовых вод и время наступления предельного положения кривых подпора, не имеется. Существует лишь формула Лебедева, показывающая приблизительно картину распространения подпора от реки в глубь берега:

$$Z_{k+1} = Z_k + \frac{k}{\mu} \cdot \Delta t \cdot \frac{(\sigma_k - Z_k)^2}{x^2} + \frac{w}{\mu} \cdot \Delta t. \qquad (23)$$

Здесь Z_{k+1} — подпор грунтовых вод (в метрах) на расстоянии x м от реки в конце расчетного интервала времени;
Z_k — то же, но в начале расчетного интервала времени Δt секунд;
k — коэфициент фильтрации в метрах в секунду;
μ — порозность грунта в долях от объема;
σ_k — подпор воды (в метрах) в реке, соответствующий началу расчетного интервала;
w — интенсивность инфильтрации осадков в кубических метрах в секунду на 1 пог. м.

Опыт эксплоатации канала Москва — Волга показал, что за 3 года лишь по небольшой части створов подпорные поверхности грунтовых вод достигли своего предельного положения. В большинстве случаев объем грунтовых вод на канале еще происходит и режим их является пока неустановившимся.

В результате прогноза подтопления определяется необходимость и эффективность мелиоративных мероприятий в связи с нарушением нормальной деятельности хозяйств. Заключение о целесообразности борьбы с затоплением и подтоплением мелиоративными методами производится лишь после всестороннего анализа (в каждом конкретном случае) ущерба народному хозяйству.

§ 97. Борьба с последствиями подтопления

В борьбе с последствиями подтопления применяются следующие осушительные сооружения:
1) одиночный (головной) канал или дренаж;
2) систематический дренаж;
3) глубинный водоотлив;
4) кольцевые дренажи и групповые колодцы;
5) шпунты и колодцы.

1. Выборочный (головной) канал или дренаж

Выборочный довольно крупный канал располагается обычно вдоль берега реки на некотором расстоянии от уреза воды (от 10 до 500 м). Трассу канала или дрены почти всегда лучше вести по пониженным точкам местности. Назначением такого канала является главным образом понижение уровня грунтовых вод и отчасти прием поверхностных вод при осушении поймы. Обычно такой канал бывает рационален при мощной толще проницаемого грунта, но с успехом заменяется (для напорного потока) системой вертикальных колодцев (комбинированным горизонтальным дренажом).

Для канала вблизи реки расчет по обычным формулам при конечной глубине водоупора не дает вполне удовлетворительного решения; поэтому здесь следует прибегнуть к приближенному способу расчета (рис. 271).

Расход грунтовых вод, поступающий в канал с двух сторон — со стороны реки и со стороны водосбора, может быть подсчитан по нескольким формулам.

а) Расход со стороны реки по формуле Дюпюи:

$$Q_1 = \frac{k(H^2 - h_0^2)}{2L} \text{ м}^3 \text{ в секунду,} \qquad (24)$$

где k — осредненный коэфициент фильтрации в метрах в секунду:

H и h_0 — горизонты воды в реке и канале над поверхностью водоупора в метрах,

L — расстояние от реки до канала в метрах;

Q_1 — расход в канал со стороны реки в кубических метрах в секунду на 1 пог. м;

б) со стороны водосбора расход грунтового потока определяется при прогнозе подтопления (см. выше стр. 603); он может быть взят из расчетной эпюры расходов. Если он равен Q_0 м³ в секунду на 1 пог. м, то полный расход канала:

$$Q_{кан.} = Q_1 + Q_0. \qquad (25)$$

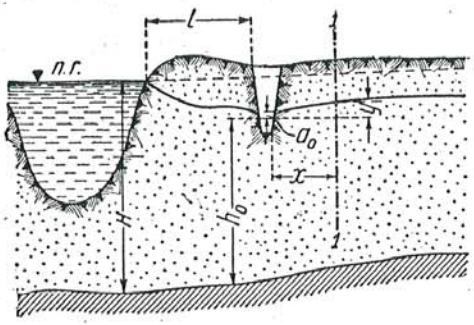


Рис. 271.

Положение горизонта воды между рекой и каналом обычно мало интересует проектировщиков, но очень важно знать горизонт воды за каналом в сторону поймы. Ввиду отсутствия точного способа приблизительный подсчет работы висячего канала может быть произведен так. Расчетами и опытами (лабораторными) доказано, что искривление струй при поступлении грунтовой воды в канал обычно сказывается на полосе в 20—50 м. Дальше от канала движение идет параллельноструйно, что позволяет применять для подсчета поверхности грунтовых вод обычные формулы прогноза подпора (см. выше). В пределах же 20—50 м от канала можно применить формулу инж. Аверьянова для работы канала при глубоком водоупоре (см. ниже). При этом можно, при наличии воды в канале, отсчитывать условно все ординаты кривой депрессии не от дна канала, а от горизонта воды в нем.

Формула Аверьянова имеет такой вид:

$$y = 0{,}733 \cdot \frac{Q}{k} \lg 5{,}436 \frac{xk}{Q} \text{ м.} \qquad (26)$$

Полагая в формуле $x = l$ и $y = S$, где S — заглубление канала в непонижженный прогнозный уровень грунтовых вод, находят подбором из формулы (26) значение $\frac{Q}{k}$, т. е. приведенный расход в канал с двух сторон. Для построения левой ветви (между каналом и рекой) кривой депрессии следует брать найденный условный расход $\frac{Q}{k}$, а для

построения правой ветви (на 20—50 м) берут значение приведенного расхода условно $\frac{Q}{2k} + \frac{Q_0}{k}$.

Далее, зная величины расходов для левой и правой ветвей кривой депрессии и задаваясь различными x, находят соответствующие y. Вычитая их из S, получают понижения, вызванные каналом на разных расстояниях от него. Откладывая понижения от прогнозной поверхности грунтовых вод, получают кривые депрессии при работе канала (между каналом и рекой и на 20 — 50 м вправо от канала).

Так находят отметку поверхности грунтовых вод в расчетном сечении *1—1*. Далее, зная уже эту отметку и считая ее известной, определяют, идя от этого сечения вверх — к водосбору — по участкам, поверхности грунтовых вод после сооружения канала (пониженная кривая депрессии уровня грунтовых вод). Определение ведут так, как это делали в прогнозе подтопления (т. е. по формулам 13—20). Выгодность применения этих формул заключается в том, что по ним возможно учесть естественные местные факторы, опускаемые обычно другими формулами (уклон водоупора, слоистость грунта и т. д.). Отметим, что при расчетах кривой депрессии на пойме по формулам (13—20) расход следует подставлять уже не Q_0, как для поверхности расчета грунтовых вод близ канала, а брать значение Q_0 с расчетной эпюры расходов.

Полученные приближенные решения можно рекомендовать ввиду отсутствия сколько-нибудь удовлетворительных более точных решений.

Согласно простому, но грубо приближенному правилу головной канал при подтоплении делают такой глубины, чтобы горизонт воды в нем стоял на 0,5 м ниже уровня грунтовой воды до подпора в месте его постройки. Этой глубины канала в большинстве случаев бывает достаточно для понижения уровня грунтовых вод до его подпорного состояния.

Сброс воды из головных каналов может быть самотечным и механическим. Самотечные каналы доводятся обычно до нижнего бьефа плотины. Самотечный канал, по условиям работы его для понижения грунтовых вод, а также в случае пересечения оврагов и др., бывает обычно глубиной до 3—6 м. При таком заглублении и небольшом расходе канала от притока грунтовых вод более рациональной формой является закрытый одиночный (головной) дренаж. При проектировании головного канала следует обратить внимание на самотечный сброс паводковой воды из притоков, тальвегов и т. д. непосредственно в водохранилище с тем, чтобы они не попадали в головной канал.

При механической откачке воды из головного канала или дрены при наличии электроэнергии выгоднее дробить число станций перекачки и ставить их в местах пересечения каналом крупных притоков. В этом случае канал приобретает меньшие глубины и более выгодный профиль. Так как насосные станции работают при сбросе паводковых вод с острым сезонным пиком, то выгоднее для их разгрузки часть мелиорируемой площади использовать под временные бассейны аккумуляции паводковых вод.

2. Глубинный водоотлив

Для этого случая имеется решение Ф. Форхгеймера (см. рис. 272).

$$Q = \frac{\pi [2q_0 b - k(h^2 - h_0^2)]}{\ln \frac{Sh\frac{\pi b}{a}}{Sh\frac{\pi r_0}{2a}}} \text{ м}^3/\text{сек,} \qquad (27)$$

где Q — расход одного колодца в кубических метрах в секунду;
q_0 — расход со стороны водосбора (берется по эпюре расходов) в кубических метрах в секунду на 1 пог. м;
b — расстояние между колодцами в метрах;
$2a$ — расстояние линейной системы от реки в метрах;
r_0 — радиус колодца в метрах;
h — горизонт воды (в метрах) в водоприемнике, отсчитанный от поверхности водоупора;
h_0 — то же в колодце;
k — коэфициент фильтрации в метрах в секунду;
Sh — гиперболический синус (см. «Справочник», том I);
ln — натуральный логарифм (см. там же).

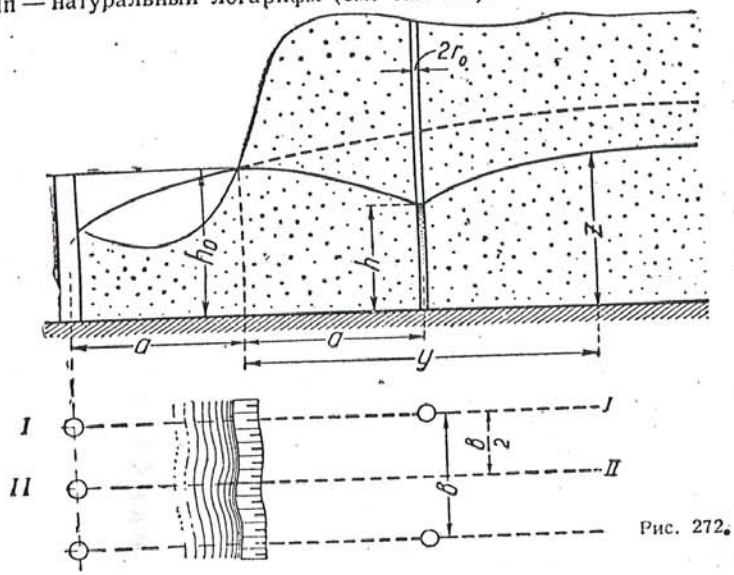


Рис. 272.

Для сечения *1—1* (см. рис. 272), проходящего через колодезь перпендикулярно к реке, действительна формула:

$$z^2 - h_0^2 = \frac{Q}{\pi k} \cdot \ln \frac{Sh\frac{\pi(y-b)}{2a}}{Sh\frac{\pi(y+b)}{2a}} + \frac{2q_0}{k} y, \qquad (28)$$

где z — превышение данной точки поверхности грунтовых вод над водоупором в метрах;
y — расстояние этой точки от реки в метрах;
Q — расход 1-го колодца, найденный по формуле (27).

Для плоскости *II—II*, проходящей перпендикулярно к реке по середине между колодцами (более высокое положение поверхности грунтовых вод), действительна формула:

$$z^2 - h_0^2 = \frac{Q}{2\pi k} \cdot \ln \frac{Ch\frac{\pi(y-b)}{a} - \cos\frac{\pi a}{b}}{Ch\frac{\pi(y+b)}{a} - \cos\frac{\pi a}{b}} + \frac{2q_0}{k} \cdot y, \qquad (29)$$

где обозначения те же, а Ch — гиперболический косинус (см. «Справочник», т. I).

Две кривые депрессии — в плоскости колодцев *I—I* (самая низкая кривая) и между ними *II—II* (самая высокая) вполне определяют поверхность грунтовых вод.

Пользуясь формулами (27), (28), (29), можно найти расстояние между колодцами, расстояние их от реки, глубину понижения грунтовых вод и т. д. Все это однако приходится делать подбором, т. е. задаваться величинами $2a$, b, h_0, r_0 и находить поверхность грунтовых вод, после чего судить о целесообразности запроектированных элементов.

3. Висячие шпунты, или замки

В некоторых частных случаях бывает выгодно устраивать на поймах висячие шпунты или замки, частично врезающиеся в грунтовый поток. Такие висячие шпунты создают подпор грунтовых вод выше себя и спад ниже. Примерная величина подпора и спада (они равны) определяется по Ризенкампфу (см. рис. 273):

$$\Delta = S \cdot \sin\beta; \qquad (30)$$

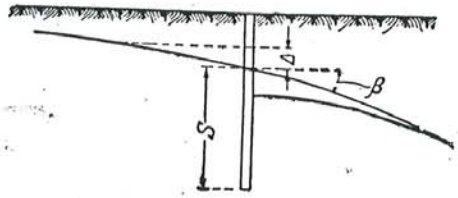


Рис. 273.

где Δ — повышение (в метрах) горизонта грунтовых вод выше шпунта и понижение ниже шпунта (относительно непонижженного уровня грунтовых вод в этом месте);
S — глубина забивки шпунта под уровень грунтовых вод в метрах;
β — угол наклона касательной кривой депрессии до сооружения шпунта в месте его забивки.

Как видно из этой формулы, применение шпунтов выгодно при крутых уклонах грунтового потока (например, близ реки) при обваловании.

§ 98. Обвалование при подтоплении

Сооружение по берегам водохранилища дамб преследует:
1) предохранение от временного паводочного затопления в прибрежных зонах; в этом случае дамбы работают лишь в период паводка;
2) ограждение от затопления мелководных участков водохранилища;
3) предохранение отдельных объектов от постоянного затопления.

При обваловании отдельных объектов и предохранении их от временного и постоянного затопления трасса дамб определяется обычно самой территорией, которую нужно оградить и на которой расположено хозяйство.

Вопрос о необходимости обвалования решается на основе требований народного хозяйства. После того как имеется решение об ограждении территории, выбирают трассу дамб, их высоту, конструкцию и т. д.

При обваловании мелководья (глубины водохранилища меньше, 1,5 м) обычно преследуют цели спасти от постоянного затопления ценные с.-х. земли и предотвратить возможность развития малярийного комара. Площадь мелководий иногда значительна (до 30—40% площади водохранилища), тогда как объем невелик (8—12% от общего объема). Поэтому в большинстве случаев, рациональна ликвидация мелководий обвалованием.

Трасса дамб при обваловании вообще должна проходить по наиболее высоким точкам поверхности земли (гривы, прирусловые валы и т. д.) и избегать пересечения глубоких понижений рельефа: речных долин, западин и т. д. Сооружение дамб на торфе возможно только после детальных исследований последнего как материала основания. При обваловании мелководья дамбы располагаются в плане примерно по линии глубины воды в водохранилище, принятой за критическую (например, 1,5 м) из условия развития малярийного комара (анофелеса); так же принимают в расчет и другие условия, как-то: емкость водохранилища, ценность ограждаемых земель и т. д.

Дамбы желательно располагать параллельно продольной оси водохранилища.

Концы дамб должны сопрягаться с естественными высокими элементами рельефа.

Отметки гребней дамб выбираются на основании водохозяйственных, гидравлических, гидрологических расчетов с учетом возможности затопления дамб и т. д. При впадении притоков последние, как правило, обваловываются аналогично основной реке, до выклинивания подпора.

Обвалование постоянных затоплений, а также мелководий должно сопровождаться водопонижающими сооружениями за дамбами. Для суждения о необходимости понижающих сооружений надо знать интенсивность фильтрации через дамбы и режим грунтовых вод на обвалованной пойме.

1. Фильтрация из обвалованной реки на пойму

Схема фильтрации из обвалованной реки на пойму может быть представлена по рис. 275 (стр. 617) как частный случай напорной фильтрации для непроницаемых дамб и свободного грунтового потока для дамб проницаемых. Для первого случая, т. е. полагая дамбы практически малопроницаемыми по сравнению с грунтом поймы, решение (при некоторой схематизации) имеется. Для случая проницаемых дамб можно принять то же самое решение, прибавив (условно) к фильтрующемуся расходу расход через тело дамбы (по рекомендации акад. Павловского).

Введем обозначения (рис. 274):

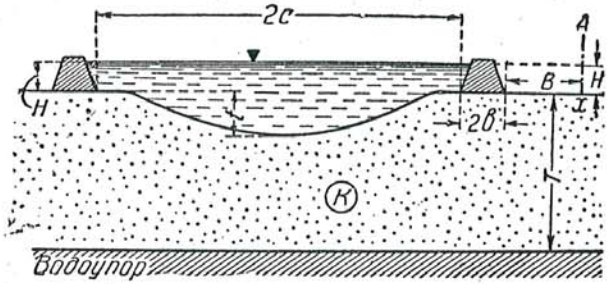


Рис. 274.

T — глубина залегания водоупора от поверхности поймы в метрах;
$2c$ — ширина реки в метрах;
$2b$ — ширина дамбы по основанию в метрах;
k — коэфициент фильтрации грунта, слагающего пойму, в метрах в секунду;

B — расстояние (в метрах) от края дамбы до точки A на поверхности поймы, в которой ищется расход;
Q — расход фильтрационной воды, фильтрующейся из реки на поверхность поймы от края дамбы до точки A в кубических метрах в секунду на 1 пог. м длины дамбы;
q — интенсивность инфильтрации расхода (скорость фильтрации) в исследуемой точке в кубических метрах в секунду на 1 м².

Дадим здесь решение (Аверьянова) для случая очень широких рек (ширина реки $2c > 200$ м). В этом случае расход на полосу поймы шириной B м равен:

$$Q = k \cdot \phi_r \cdot H \text{ м}^3 \text{ в секунду}, \tag{31}$$

а инфильтрация (подпитывание снизу) q равна:

$$q = k \cdot q_r \cdot H \text{ м}^3 \text{ в секунду}. \tag{32}$$

Здесь Q, q, k имеют указанные выше обозначения, а H — напор, т. е. разность отметок постоянного расчетного горизонта воды в водохранилище и отметки поймы.

ϕ_r и q_r — коэфициенты, зависящие от b, T, B;

$$\phi_r = \frac{1}{2K} \cdot F\left(\sqrt{1 - \frac{Sh^2 \frac{b\pi}{2T}}{Sh^2 \frac{(b+B)\pi}{2T}}};\ \beta'\right); \tag{33}$$

$$q_r = \frac{\pi Ch \frac{b\pi}{2T}}{4KT \sqrt{Sh^2 \frac{(b+B)\pi}{2T} - Sh^2 \frac{b\pi}{2T}}}. \tag{34}$$

Здесь K — полный, а $F(u, \beta')$ — обыкновенный эллиптический интегралы 1-го рода при модулях β и β',

где $\beta = Th \frac{b\pi}{2T}$; (35)

$$\beta' = \sqrt{1 - \beta^2}. \tag{36}$$

Ch, Sh, Th — гиперболические косинус, синус и тангенс (значения эллиптических интегралов и гиперболических функций приведены в «Справочнике ВНИИГиМ», т. I).

Определение ϕ_r и q_r, помимо формул (33—36), может быть произведено также по приводимым таблицам (см. таблицы значения коэфициентов ϕ_r и q_r на стр. 616).

С точностью до 10% величину расхода и интенсивность его поступления можно также вести по приближенным формулам (Аверьянов).

$$Q = \frac{kH}{\pi} arCh\left(1 + \frac{B}{b}\right); \tag{37}$$

$$q = \frac{kH}{\pi B}; \tag{38}$$

где обозначения прежние, а $arCh$ — косинус обратный гиперболическому.

По приведенным выше формулам или таблицам подсчитывается, с одной стороны (37), величина расхода Q, поступающего на полосу

поймы шириной B м и длиной (вдоль дамбы) 1 м и, с другой стороны (38), скорость фильтрации в точке A на расстоянии B м от дамбы.

Таблица значений коэфициентов ψ_r и q_r для расчета фильтрации воды на пойму при обваловании

Водоупор залегает очень глубоко $T \to \infty$

Расстояние до края дамбы (B) в метрах \ Ширина дамбы по низу ($2b$) в метрах	Значения коэфициентов					
	5		10		20	
	ψ_r	q_r	ψ_r	q_r	ψ_r	q_r
5	0,560	0,0450	0,417	0,0368	0,306	0,0285
10	0,729	0,0260	0,560	0,0225	0,417	0,0184
20	0,920	0,0142	0,729	0,0130	0,560	0,0113
50	—	0,0061	0,984	0,0058	0,729	0,0054
100	1,404	0,0031	1,190	0,0030	0,984	0,0029
200	1,620	0,0016	1,404	0,0016	1,190	0,0015

Водоупор $T = 50$ м

B \ $2b$	Значения коэфициентов					
	5		10		20	
	ψ_r	q_r	ψ_r	q_r	ψ_r	q_r
5	0,560	0,0446	0,417	0,0319	0,302	0,0277
10	0,722	0,0253	0,556	0,0207	0,410	0,0174
20	0,906	0,0131	0,715	0,0116	0,539	0,0098
50	1,128	0,0040	0,916	0,0037	0,709	0,0032
100	1,229	0,0008	1,008	0,0007	0,744	0,0006
200	1,253	0,00002	1,032	0,00002	0,807	0,00001

Водоупор $T = 20$ м

B \ $2b$	Значения коэфициентов					
	5		10		20	
	ψ_r	q_r	ψ_r	q_r	ψ_r	q_r
5	0,553	0,0429	0,407	0,0326	0,284	0,0244
10	0,705	0,0223	0,530	0,0178	0,372	0,0136
20	0,849	0,0089	0,649	0,0073	0,467	0,0056
50	0,950	0,0008	0,734	0,0007	0,522	0,0005
100	0,959	0,00001	0,743	0,00001	0,523	0,00001
200	0,959	<0,00001	0,743	<0,00001	0,523	<0,00001

По величине Q судят о потерях на фильтрацию из водохранилища и о порядке величины расхода, с которым приходится считаться при проектировании понижающих сооружений, расположенных на B м от края дамбы; по значению q можно определить, насколько интенсивно будет итти фильтрация на пойму и сколь губительно она будет влиять на растительность (в смысле заболачивания). Для ясности величину q лучше всего перевести на высоту столба воды в год и, сравнив с осадками и испарением, дать анализ водного баланса территории поймы; после этого можно сделать вывод о целесообразности постройки мелиоративных сооружений.

2. Расчет понижающего действия висячего канала на пойме при обвалования

В большинстве случаев при обваловании (от постоянного затопления) бывает необходимо понижение грунтовых вод. Такое понижение осуществляется, как правило, помощью висячего головного канала, проводимого параллельно дамбе.

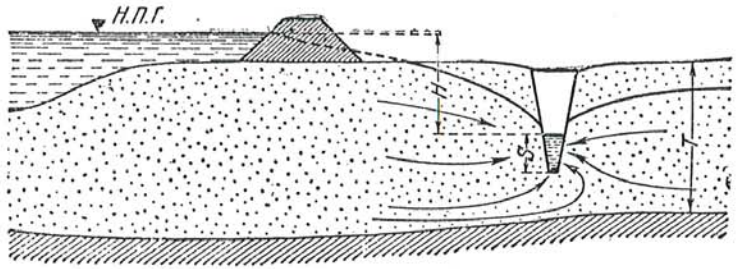


Рис. 275.

Приближенный расчет такого канала, изображенного на рис. 275, проводится следующим образом. Расход воды, поступающий в канал слева ($Q_{лев}$) — со стороны реки в кубических метрах в секунду на 1 пог. м длины дамбы, равен:

$$Q_{лев} = \psi_{лев} \cdot k \cdot H, \qquad (39)$$

где k — коэфициент фильтрации грунта поймы в метрах в секунду,

H — превышение постоянного нормального паводкового горизонта над горизонтом воды в канале.

Расход грунтового потока, поступающего из реки в канал с его правой стороны ($Q_{пр}$) (см. линии тока на рис. 275) в кубических метрах в секунду на 1 пог. м длины, равен:

$$Q_{пр} = \psi_{пр} \cdot k \cdot H + Q_0 \text{ м}^3 \text{ в секунду}. \qquad (40)$$

Здесь Q_0 — расход, поступающий со стороны водосбора к каналу (берется из эпюры расходов, составленной при прогнозе подтопления); ψ и $\psi_{пр}$ — коэфициенты расходов, взятые из таблицы на стр. 618.

Эта таблица составлена для некоторых частных значений S, $2b$, T и B.

Формулы коэфициентов $\psi_{лев}$ и $\psi_{пр}$ весьма сложны и потому не приводятся.

Таблица значений коэфициентов фильтрационных расходов, поступающих в канал слева ($\psi_{лев}$) и справа ($\psi_0 - \psi_{лев}$)

Глубина залегания водоупора $T = 50$ м

B (в метрах)		$2b = 5$ м			$2b = 10$ м			$2b = 20$ м		
		$S=0$	$S=1$	$S=2$	$S=0$	$S=1$	$S=2$	$S=0$	$S=1$	$S=2$
5	$\psi_{лев}$	0,560	0,596	0,647	0,417	0,448	0,488	0,302	0,327	0,358
	ψ_0	—	1,244	1,256	—	1,029	1,034	—	0,810	0,818
10	$\psi_{лев}$	0,722	0,752	0,780	0,556	0,579	0,603	0,410	0,428	0,448
	ψ_0	—	1,253	1,256	—	1,033	1,035	—	0,813	0,815
20	$\psi_{лев}$	0,906	0,917	0,931	0,715	0,726	0,737	0,539	0,550	0,561
	ψ_0	—	1,248	1,250	—	1,030	1,031	—	0,811	0,814

Глубина залегания водоупора $T = 20$ м

B (в метрах)		$2b = 5$ м			$2b = 10$ м			$2b = 20$ м		
		$S=0$	$S=1$	$S=2$	$S=0$	$S=1$	$S=2$	$S=0$	$S=1$	$S=2$
5	$\psi_{лев}$	0,553	0,599	0,666	0,407	0,444	0,494	0,284	0,312	0,349
	ψ_0	—	0,961	0,970	—	0,745	0,746	—	0,537	0,538
10	$\psi_{лев}$	0,705	0,730	0,771	0,530	0,549	0,582	0,372	0,392	0,416
	ψ_0	—	0,965	0,968	—	0,746	0,747	—	0,541	0,541
20	$\psi_{лев}$	0,849	0,667	0,877	0,649	0,668	0,671	0,467	0,488	0,500
	ψ_0	—	0,969	0,970	—	0,755	0,750	—	0,555	0,561

В таблице дается значение $\psi_{лев}$ и ψ_0, где ψ_0 — коэфициент полного расхода. Для получения $\psi_{пр}$ надо произвести вычитание

$$\psi_{пр} = \psi_0 - \psi_{лев}. \qquad (41)$$

Определив по формулам (39—41) расходы, поступающие в канал слева и справа, можно построить кривую депрессии как для левой, так и для правой ветвей. Вся левая ветвь кривой депрессии и правая ветвь на расстояние 20—50 м может быть построена по уравнению:

$$y = 0{,}733\frac{2Q}{k} \cdot \lg\left(5{,}436 \cdot \frac{xk}{2Q}\right); \qquad (42)$$

где y — превышение точки кривой депрессии над горизонтом воды в канале в метрах;
x — расстояние от стенки канала до расчетного сечения в метрах;
Q — расход с одной стороны канала: для левой ветви — по уравнению (39), для правой — по (40).

Полный расход грунтовой воды, поступающей в канал, равен:

$$Q = \psi_0 kH + Q_0 \text{ м}^3 \text{ в секунду}, \qquad (43)$$

где обозначения прежние.

Построение правой ветви кривой депрессии по уравнению (42) следует производить лишь на расстояние 20—50 м (см. об этом выше), а дальше уровень грунтовых вод необходимо находить по общим правилам построения подпорных кривых (см. прогноз подтопления).

Левая ветвь кривой депрессии строится до пересечения ее с поверхностью поймы; это пересечение укажет на ширину затопляемой полосы поймы между дамбой и каналом и определит необходимость приближения канала к дамбе, уширения ее или проведения небольшого дренажного канала у основания откоса дамбы.

Из таблицы видно также, что с удалением канала от реки резко растет процент перехватываемого расхода и при $B = 50$ м этот процент доходит до 90. Приближение канала к дамбе увеличивает расход его, но уменьшает процент перехвата потока. Поэтому выгодно, с точки зрения перехвата фильтрационного потока, отодвинуть канал возможно дальше от валов.

ГЛАВА XV

ОСУШЕНИЕ В АНТИМАЛЯРИЙНЫХ ЦЕЛЯХ

§ 99. Причины, вызывающие применение осушения при антималярийной борьбе

Наиболее распространенным видом малярийного комара в СССР является *Anopheles* (анофелес).

Основным условием для развития личинок анофелеса являются мелководья, под которыми понимаются площади, покрытые незначительным слоем воды — от долей миллиметра до 1,5 м (за последнее время некоторые авторы склонны увеличивать верхний предел заполнения мелководий до 2 м).

Осушение при антималярийной борьбе преследует задачу максимального сокращения площади мелководий. Те площади мелководий, которые осушить затруднительно, подвергаются периодической делярвации, т. е. искусственному покрытию поверхности воды нефтью, парижской зеленью и другими материалами, которые вызывают гибель личинок анофелеса.

Так как даже очень небольшие площади мелководий (например, углубление от копыта, заполненное водою) являются благоприятной средой для развития личинок анофелеса, то в число мероприятий противомалярийного осушения входят: понижение высокого уровня грунтовых вод и ускорение поверхностного стока.

Противомалярийное осушение отличается от сельскохозяйственного тем, что в результате его должны быть осушены все мельчайшие водоемы.

§ 100. Типы мелководий как объекты гидротехнического воздействия

Существуют следующие основные типы мелководий, с которыми приходится встречаться при антималярийном осушении:

1) неглубокие водоемы, естественные и искусственные, вода из которых может быть сброшена посредством каналов или труб самотеком и водоотливом;

2) текучие или стоячие водоемы, искусственные или естественные малые реки, имеющие очень пологие откосы русел (>1:1), вследствие чего образуются прибрежные мелководья;

3) водотоки, имеющие в меженнее время низкую скорость: 0,3—0,5 м в секунду;

4) заросшие и зарастающие водной растительностью водоемы и водотоки;

5) площади сельскохозяйственного или иного назначения, непокрытые мостовою или другой одеждой, малопроницаемые, с неровным микрорельефом и небольшими уклонами ($J<0{,}003$);

6) такие же площади, но имеющие проницаемый грунт и высокий уровень грунтовых вод или верховодок;

7) площади, периодически затопляемые (морскими приливами или речными паводками).

§ 101. Ликвидация мелководий в виде впадин

А. Мелководья, вода из которых может быть сброшена самотеком. К таким мелководьям относятся: а) естественные впадины, дно которых выше бытового горизонта ближайшего водоприемника; б) мелководья в виде окраек водохранилищ.



Рис. 276.

а) Вода из естественных впадин удаляется посредством сбросных каналов, трассируемых по кратчайшему направлению к водоприемнику,

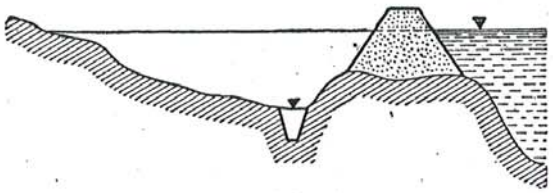


Рис. 277.

по наиболее низким отметкам. Если ликвидации подлежат мелководья нескольких впадин, то нужно стремиться объединить их посредством общего сбросного канала с отростками (см. рис. 276).

б) Мелководья от водохранилищ ликвидируются посредством обвалования дамбой по выпрямленной линии глубин в 1,5 м (рис. 277). Дамба своими концами сопрягается с естественными возвышениями. Позади дамбы по пониженным местам прокапывается самотечный канал, вода из которого поступает в нижний бьеф плотины.

Б. Мелководья, вода из которых может быть сброшена лишь посредством механического водоподъема. а) Вода из естественных впадин удаляется посредством откачки в ближайший водоприемник при помощи водовода или непосредственно.

б) После отгораживания дамбой, как и в случае самотека, вода из мелководий выкачивается посредством насосных станций за дамбу в водохранилища. Если насосные станции снабжены электромоторами, то они ставятся чаще — во всяком более или менее значительном понижении трассы дамбы. За дамбой создаются каналы с уклоном в указанные понижения (см. рис. 278), а в понижениях устанавливаются насосные станции.

В. *Засыпка мелководий.*

§ 102. Ликвидация мелких водоемов посредством поглощающих колодцев

Сброс воды из малых водоемов в нижние прослойки грунта возможен лишь в тех случаях, когда один из нижних слоев грунта имеет хорошую фильтрацию, а лежащий над ним покрытый водою слой — малопроницаем. В напорные фильтрующие горизонты спуск вод невозможен.

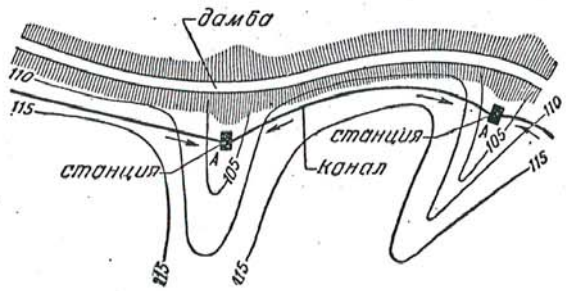


Рис. 278.

Для предупреждения заиления поглощающего грунта необходима предварительная очистка сбрасываемых вод от ила.

Сброс воды в нижние горизонты осуществляется при помощи следующего устройства.

В наиболее низком месте дна водоема ставится колодезь (рис. 279), крепленный бетонными кольцами. Забой колодца должен входить на 1 м в фильтрующий горизонт; нижнее кольцо снабжается мелкими отверстиями (10 мм). Верхний торец колодца несколько возвышается над дном водоема и снабжается решетчатой крышкой. Через решетку вода поступает сначала в отстойник *А*, затем переливается на фильтр *В* и очищенная уходит вниз.

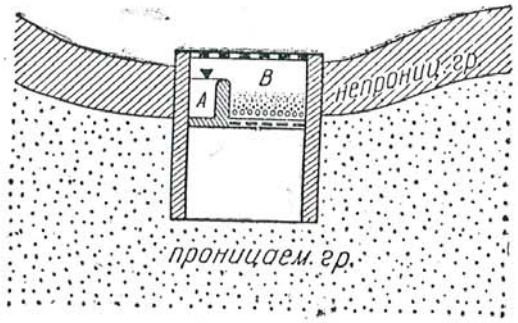


Рис. 279.

§ 103. Ликвидация мелководий при пологих откосах водоемов или русел

1. Пологий откос водоема простирается на небольшое расстояние от водоема. Это, например, бывает в руслах рек, староречьях и т. д. В этом случае нижняя зона откоса углубляется так, чтобы в водоеме получилась глубина (рис. 280) не менее допускаемой (1,5 м). Затем устанавливают подпорную стенку *А* и за нее по откосу откладывают вынутый при углублении водоема грунт.

2. Пологий откос водоема простирается на десятки и сотни метров от водоема. В этом варианте могут быть два случая:

а) площадь мелководий при пологом откосе велика и для осушения его возможен самотечный сброс; в этом случае мелководья ликвидируются так, как это было описано в § 101;

б) площадь мелководий невелика, самотечный сброс невозможен, откачку производить невыгодно; применение подпорной стенки (преды-

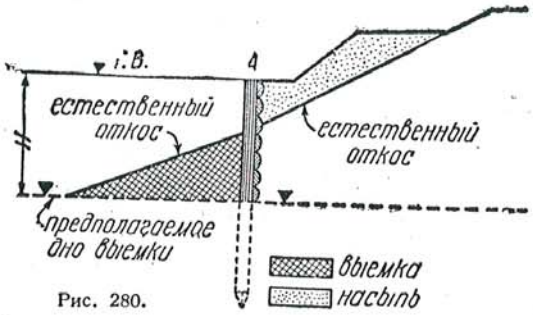


Рис. 280.

дущий случай) тоже невозможно. Для этого случая можно рекомендовать метод, изображенный на рис. 281. Верхняя часть рисунка представляет собой план мелководья; нижняя — разрез по створу *MN*. На разрезе линия *АБ* представляет собою уровень дна мелководья. В последнем делают ряд параллельных прорезей; при этом грунт из них распределяют по площадке между парой соседних прорезей так, чтобы уровень насыпного грунта был не менее как на 0,5 м

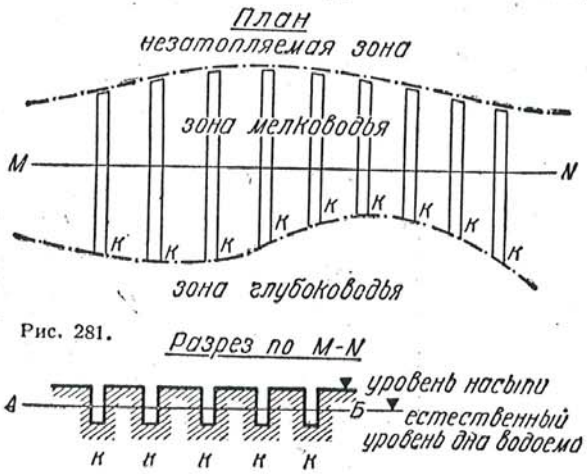


Рис. 281.

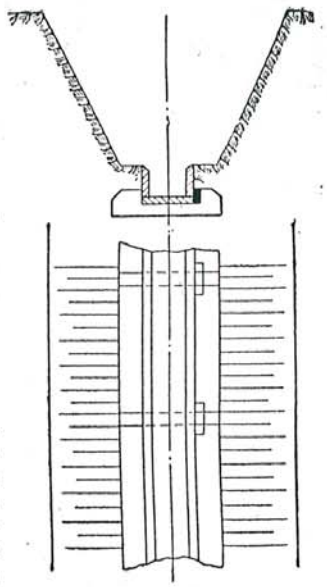
выше горизонта водоема. Дно прорезей должно быть ниже горизонта водоема не менее чем на 1,5 м.

§ 104. Увеличение бытовых скоростей в руслах

Наиболее радикальным приемом для увеличения бытовых скоростей является увеличение уклона за счет уменьшения длины водотока посредством спрямлений. Однако этот прием дорог и применим только к извилистым речкам. Более распространенным методом увеличения скорости является одновременно увеличение гидравлического радиуса и уменьшение шероховатости, а также уменьшение вязкости жидкости (нередко воды несут много илистых взвесей, увеличивающих вязкость жидкости). Указанные цели (кроме уменьшения вязкости) достигаются посредством применения так называемых саванелл — особых креплений нижней части русла.

Для канав с очень небольшими бытовыми расходами саванеллы могут иметь конструкцию, указанную на рис. 282. Как видно, на дно канала закладывают дощатый лоток. Доски (или тесины) соединяются между собой посредством хомутов из кругляков с забивкой клиньев,

Для сообщения проницаемости таким лоткам между кромками досок прокладывают соломенные жгуты или другой фильтрующий материал.


Рис. 282.

Саванеллы для более крупных расходов по своей конструкции почти аналогичны креплениям каналов в виде невысоких подпорных стенок (см. главу об устойчивости). В данном случае особенно следят за тем, чтобы стенки креплений, обращенные внутрь канала, были гладкими. (О борьбе с зарастанием русел и канав, а также окраек небольших водоемов см. § 45.)

§ 105. Осушение площадей от грунтовых или поверхностных вод

Осушение площадей с целями антималярийными не отличается от методов, применяемых для с.-х. целей. Фильтрующие почво-грунты осушаются дренажом; водоупорные — методом ускорения поверхностного стока. Разница антималярийного осушения от сельскохозяйственного должна заключаться лишь в том, что в нашем случае сеть делается чаще. Расстояния между дренажами или закрытыми собирателями должны быть равны 0,5—0,7 от расстояний, определенных для с.-х. целей. Дренажные коллекторы для антималярийных целей должны быть закрытыми.

§ 106. Ликвидация условий для развития анофелеса при намывном делювиальном водном питании

Такое питание происходит только в притеррасных частях пойм. В этих случаях нередко образуются валики и другие препятствия для стока воды. В результате получаются небольшие мелководья, для ликвидации которых необходима борьба с делювиальными наносами.

Меры борьбы: 1) укрепление оврагов, поступающих в анофелогенную зону пойм; 2) в случае развития эрозии водосбора, тяготеющего к пойме — перемена направления обработки почв на поперечное (вдоль горизонталей) и насаждение (в том же направлении) лесных полос.

§ 107. Особенности устройства гидротехнических сооружений на сети в антималярийных целях

Шлюзы, перепады и быстротоки — обычные сооружения на осушительных системах — должны конструироваться так, чтобы после сброса через них вод их бьефы были свободны даже от небольшого слоя воды. Для этого в основном необходимо: 1) придавать флютбетам и водобойным полам уклон не менее 0,01 в сторону по течению; 2) снабжать узкими отверстиями для слива воды все водобойные колодцы и другие элементы сооружений, где может застаиваться вода; 3) предупреждать появление фильтрации в обход этих сооружений; 4) на водотоках, имеющих небольшую бытовую скорость, необходимо устраивать особые автоматические шлюзы. Такие шлюзы открывают автоматически при накоплении воды в верхнем бьефе до определенной высоты. После этого выпускаемая вода развивает скорость, достаточную для уничтожения личинок;

РАЗДЕЛ III

ВОДОСНАБЖЕНИЕ, ОБВОДНЕНИЕ, МЕЛИОРАТИВНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ И НАСОСЫ

ГЛАВА I

НОРМЫ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ

§ 1. Личные потребности человека

При установлении суточной нормы потребления воды человеком целесообразно руководствоваться нормой, разработанной Парке. Эта норма (при отсутствии канализации населенного пункта) составляет:

для питья	1,5 л в сутки
» ухода за телом	22,5 » » »
» чистки жилища и утвари	13,5 » » »
» варки пищи	3,5 » » »
» стирки белья и пр.	13,5 » » »
	54,5 л в сутки

При наличии канализации эта норма может быть увеличена; с включением коммунальных и санитарных нужд, как расчетная, она может быть доведена до 100—150 л на человека в сутки.

Культурно-бытовые и санитарные потребности человека. При проектировании водоснабжения населенных пунктов сельскохозяйственного значения должен быть учтен дополнительный расход на ряд нужд, связанных с особенностями сельскохозяйственного производства и бытовыми условиями.

Для исчисления расчетных расходов при проектировании ориентировочно могут быть приняты следующие нормы:

Больница (на 1 койку)	200—300 л в сутки
Амбулатория (на 1 койку)	12—15 » » »
Баня (на 1 моющегося)	100—150 » » »
Прачечная (на 1 кг сухого белья)	40 » » »
Общественный душ (на 1 пользующегося)	25—40 » » »
Школа (на 1 учащегося)	15 » » »
Ясли (на 1 ребенка)	75 » » »
Детский сад (на 1 ребенка)	75 » » »
Столовая (на 1 обедающего)	15 » » »
Клуб (на 1 посетителя)	10 » » »
Хлебопекарня (на 1 кг хлеба)	0,6—0,5 » » »

Указанные в нормах пределы зависят от степени благоустройства коммунальных учреждений (больницы, амбулатории и т. п.), наличия в населенном пункте канализации, трудности добывания чистой воды и отвода сточных вод.

§ 2. Производственные потребности

Производственные потребности в воде определяются в каждом отдельном случае условиями с.-х. производства. В частности, производственные потребности в воде в полеводческих хозяйствах определяются главным образом наличием на полях рабочей силы и машин. В животноводческих хозяйствах потребности в воде зависят от рода животных, их возраста, условий кормления и содержания и времени года. Так, например, зоотехники (на физиологические потребности в воде различных животных) на 1 кг воздушно-сухого корма полагают:

Для овцы	2 л	Для быка	3—5 л
» лошади	3 »	» коровы	4—6 »
» мясного скота	3—4 »	» свиньи	6—8 »

Практически расчетные нормы для животных исчисляются следующими цифрами.

Для молочного крупного рогатого скота следует брать в среднем расчетные суточные нормы (на 1 голову), принятые в молочных хозяйствах в размере 75 л и состоящие из следующих оперативных норм:

На приготовление корма	2 л в сутки
» водопой	35 » » »
» подмывку вымени	9 » » »
» мытье молочной посуды	9 » » »
» содержание в чистоте тела животного	14 » » »
» уборку помещения и мытье кормушек	6 » » »

При механизированной дойке расчетная суточная норма ориентировочно может быть повышена до 166,5 л; она состоит из следующих оперативных норм:

На водопой и подмывку	79,0 л в сутки
» уборку	37,5 » » »
» промывку бидонов горячей водой	12,5 » » »
» промывку доильных агрегатов	37,5 » » »

Расчетная средняя суточная норма потребления воды для крупного рабочего рогатого скота может быть взята равной норме потребления рабочих лошадей (см. ниже).

Для лошадей расчетная средняя суточная норма водопотребления может быть взята в пределах от 60 до 75 л, причем меньшая норма относится к рабочим лошадям, а большая — к племенным лошадям.

Расчетная средняя суточная норма состоит из следующих оперативных норм:

На приготовление корма	6,0— 9,0 л в сутки
» чистку животных	12,0—15,0 » » »
» водопой	30 » » »
» уборку помещений и пр.	12,0—21,0 » » »

Для молодняка (телят и жеребят) расчетная средняя суточная норма может быть принята в 35 л и состоит из следующих оперативных норм:

На приготовление корма	1,0 л в сутки
» водопой	20,0 » »
» чистку животных	9,0 » »
» уборку помещений	5,0 » »

Расчетная средняя суточная норма водопотребления при пастбищном содержании рогатого скота и лошадей для всех категорий и возрастов ориентировочно может быть принята в 75% от расчетной средней суточной нормы при стойловом содержании, за исключением молочных коров и подсосных маток, для которых расчетные средние суточные нормы водопотребления при пастбищных и стойловых содержаниях должны быть одинаковы.

Для подсосной свиноматки с поросятами при стойловом летнем содержании расчетная средняя суточная норма водопотребления может быть доведена до 75 л и состоит, по данным научно-исследовательских работ, из следующих оперативных норм:

На приготовление корма	8 л в сутки
» мытье кормушек и посуды	7 » » »
» водопой	9 » » »
» купанье	16 » » »
» чистку помещений	35 » » »

При зимнем и пастбищном летнем содержании эта норма водопотребления может быть снижена округленно до 50—75% от нормы водопотребления для летнего стойлового содержания.

Для супоросной свиноматки расчетная средняя суточная норма водопотребления при стойловом летнем содержании составляет 60 л и состоит из следующих оперативных норм:

На приготовление корма	7 л в сутки
» мытье кормушек и посуды	4 » » »
» водопой	6 » » »
» купанье	8 » » »
» чистку помещения	35 » » »

В условиях зимнего стойлового содержания расчетная средняя суточная норма водопотребления может быть снижена до 25 л, а при пастбищном содержании до 45 л.

Для холостых свиноматок, а также для хряков 1½ лет расчетная средняя суточная норма водопотребления при летнем стойловом содержании составляет 50 л, а при зимнем содержании — 20 л и летнем пастбищном содержании — 37 л.

Для поросят в возрасте от 2 до 4, от 4 до 6 и от 6 до 8 месяцев расчетные средние суточные нормы водопотребления для летнего стойлового содержания соответственно составляют 10 л, 15 л, 20 л.

Для зимнего стойлового содержания эти нормы могут быть ориентировочно снижены до 3, 5 и 7 л, а для пастбищного содержания могут быть приняты в 7,5 л, 12 л и 15 л.

Для овец при стойловом и пастбищном содержании расчетная средняя суточная норма водопотребления может быть взята в 10 л.

Для коз расчетная средняя суточная норма водопотребления, по наблюдениям в Заволжье, превышает таковую же для овец на 25—30%.

Для мелких с.-х. животных и птицы расчетные средние суточные нормы водопотребления могут быть взяты в следующих размерах:

Для кроликов	2,00 л в сутки
» уток в птичнике	1,75 » » »
» гусей	0,75 » » »
» кур	0,75 » » »

Инструкцией по эксплоатации искусственных и естественных источников водоснабжения зерновых и животноводческих совхозов Наркомсовхозов предложено считать следующие суточные нормы потребления воды на одну голову:

Наименование животных	Стойловое содержание	Пастбищное содержание
Крупный рогатый скот	100	100
Молодняк до 2 лет	60	60
Лошадь рабочая	80	80
Овца	6	8—10
Свинья с поросятами	95	95
Свинья холостая, супоросная и хряк	50	50
Свинья на откорме	25	25
Поросята до 2 лет	13	13

В указанные нормы входит количество воды, необходимой для удовлетворения физиологических потребностей животных и для ухода за ними.

Нормы водоснабжения на случай пожаров см. в приложении к этому разделу (стр. 706).

Для автомобиля расчетная средняя суточная норма водопотребления составляет 140—200 л.

Для тракторов и комбайнов (независимо от марок, мощности, степени изношенности и характера производимой работы) следует ориентировочно принимать 120—150 л в сутки.

При проектировании водоснабжения в колхозах следует руководствоваться расчетными нормами водопотребления, указанными в следующем параграфе.

§ 3. Расчетные нормы водопотребления

(Выдержка из инструкции по проектированию сельских водопроводов Управления водного хозяйства НКЗ РСФСР, Ленинград, 1939 г., стр. 38—41).

Наименование водопотребителей	Расход воды в литрах в сутки
А. Количественные нормы водопотребления при проектировании водоснабжения в колхозах	
1. На одного человека:	
а) при наличии канализации с домовыми ответвлениями	80—90
б) без канализации, но с домовыми ответвлениями	50—60
в) водопроводы с водоразборами из колонок	40—50
г) простейшее водоснабжение без водопровода	30—40
2. Коммунальные расходы:	
а) баня на 1 моющегося	150—175
б) прачечная на 1 кг белья (или на 1 человека в среднем 8 л в сутки)	40
в) общественная столовая на 1 человека, немеханизированная	15
г) школа на 1 учащегося (при наличии душа—на 1 ученика 40 л в сутки)	15
д) амбулатория на 1 посетителя	12
е) больница на 1 койку	250
ж) детские ясли на 1 ребенка (с мытьем белья и прочий расход)	75
з) контора на одного служащего	20
и) душ на 1 человека	40

Продолжение

Наименование водопотребителей	Расход воды в литрах в сутки
3. Общий расход на 1 человека (с коммунальными расходами):	
а) при наличии канализации и домовых ответвлений	120
б) без канализации, но с домовыми ответвлениями	100
в) без канализации с колонковым водоразбором	60—70

	При наличии автопоилок (в литрах в сутки)	С водоразбором из колонок (в литрах в сутки)
4. Расход в животноводческом секторе:		
а) крупный рогатый скот	100	80
б) молочный скот (молочная ферма)	120	90
в) телки	50	45
г) лошади рабочие	80	60
молодняк	35	35
д) свиньи супоросные	—	45
подсосные	—	100
холостые	—	30
хряк	—	60
поросята	—	15
е) овцы	—	8

	Расход в литрах в сутки
5. Птицы:	
а) для кур	0,5
б) для гусей при откорме (24 дня)	1,75
в остальное время, за исключением пребывания их на воде	1,25
в) для уток при откорме (24 дня)	1,75
в остальное время, за исключением пребывания их на воде	1,25
6. Кролики	2,0

	Расход в литрах
7. Расходы на механизмы и машины:	
а) для трактора СТЗ 22/36	2,5 в час
» » » 48/60	1,75 » »
б) мастерские:	
разборка и ремонт на 1 трактор	1 500 в сутки
» » » авто	700 » »

	Расход в литрах
Мастерские на 1 станок:	
Для механической мастерской	35 в сутки
» слесарной »	80 » »
» столярной »	20 » »
» кузнечной »	40 » »
в) Двигатели внутреннего сгорания на одну лошадиную силу	15 в час
г) Для паровых котлов на одну индикаторную силу; без холодильника	25—30 в час
с холодильником	10—15 » »
д) для газовых двигателей, на 1 м³ потребного газа	30—40 » »
е) для керосиновых двигателей, на 1 л. с.-час	35—50 » »
8. Сельскохозяйственные промышленные предприятия:	
а) бойни крупного рогатого скота, на 1 голову	300
бойни мелкого скота	100
б) маслодельный завод, на 1 л молока; ручная или конно-приводная обработка:	
без пастеризации	3,5
с пастеризацией	5—8
механизированные заводы с пастеризацией	8—10
в) сыроваренные заводы на 1 л молока; ручная или конно-приводная обработка:	
без пастеризации	1—1,5
с пастеризацией	5—8
механизированные с пастеризацией	8—10
г) молочно-сметанные:	
ручная обработка с пастеризацией	5—8
механизированная с пастеризацией	8—10

Б. Коэфициенты неравномерности водопотребления

1. Коммунальный сектор:	
Коэфициент суточной неравномерности	1,3
» часовой »	2,0
2. Животноводческий сектор:	
Коэфициент суточной неравномерности	1,3
Коэфициент часовой неравномерности:	
при наличии автопоилок	2,5
без автопоилок	4

Примечание. Коэфициент часовой неравномерности в животноводческом секторе желательно уточнять по графику водопотребления, представляемому специалистами (зоотехник-животновод).

ГЛАВА II

НОРМЫ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОГО И БАКТЕРИОЛОГИЧЕСКОГО СОСТАВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

§ 4. Показатели качества питьевой воды

Хорошая питьевая вода должна обладать следующими физическими свойствами:

а) вода должна быть прозрачна, бесцветна, без запаха и постороннего вкуса;

б) вода должна обладать постоянной температурой около 10°Ц, не ниже 4° и не выше 15° Ц;

в) общая жесткость питьевой воды должна быть не свыше 40 немецких градусов *;

г) вода не должна иметь органических примесей выше определенного количества.

Количество органических примесей в чистой воде определяют способностью воды окисляться под действием на нее марганцево-калиевой соли и выражают количеством потребного марганцевокислого калия на 1 л воды в миллиграммах. Так, например, чистая вода должна иметь окисляемость 12 мг ($KMnO_4$).

По инструкции по санитарной охране качества воды, выбору источников хозяйственно-питьевого водоснабжения и методов улучшения качества воды, утвержденной Госсанинспекцией Союза ССР:

сульфатов не должно быть выше . . . . . 500 мг на 1 л
хлора хлоридов не должно быть выше . . . . . 300 » » 1 »
окиси магния » » » » . . . . . 150 » » 1 »

§ 5. Классификация воды

В СССР для степной полосы принято судить о качестве воды по содержанию в воде сухого остатка, хлора, серной кислоты и общей жесткости в немецких градусах. Следующая таблица дает цифровые выражения основных показателей качества воды.

Классификация воды (по проф. К. И. Лисицыну)

Наименование категории	Содержание веществ в миллиграммах на 1 л			Общая жесткость в немецких градусах
	сухой остаток	хлор	серная кислота	
1. Хорошая пресная питьевая вода и хорошая хозяйственная	0—600	0—100	0—200	0—20
2. Удовлетворительная пресная питьевая, плохая хозяйственная	600—1 000	100—150	200—300	20—30
3. Допустимая пресная питьевая, плохая хозяйственная, очень жесткая; там, где имеются пресные воды, эти воды кажутся солоноватыми	1 000—1 500	150—200	300—500	30—40
4. Допустимая по нужде, отчасти чуть солоноватая. Очень плохая хозяйственная	1 500—2 500	200—400	500—1 000	40—60
5. Обычно заметно солоноватая, питьевая по крайней нужде	3 000—4 000	400—800	1 000—1 500	60—150
6. Явно резко соленая, но жаждущий еще может напиться	5 000	800—1 500	2 000	200
7. Приблизительно предельная, еще годная для скота	5 000	3 000	3 000	300

* Один градус жесткости соответствует одной части окиси кальция CaO на 100 000 частей воды, т. е. на 1 л воды — 10 мг CaO или эквивалентное количество окиси магния MgO.

Бактериологические свойства воды определяют по количественному и качественному составу бактерий в 1 см³ воды.

§ 6. Нормы качественного бактериологического состава воды (нормы Miquel'a)

Качество воды	Количество бактерий в 1 см³ воды	Качество воды	Количество бактерий в 1 см³ воды
Чрезвычайно чистая .	0—10	Посредственная . . .	1 000—10 000
Весьма чистая	10—100	Загрязненная	10 000—100 000
Чистая	100—1 000	Весьма загрязненная	100 000 и более

Допустимое содержание бактерий в воде точно не установлено, но обычно непатогенных бактерий встречается в 1 см³

в ключевой и водопроводной воде . . . . . 20—50
» колодезных водах . . . . . 100—500
» фильтрованной речной воде . . . . . 50—200

§ 7. Нормы, характеризующие воду по содержанию в ней кишечной палочки (нормы Whyppl'a)

Качество воды	Объем воды в кубических сантиметрах, в котором найдена 1 кишечная палочка (титр Coli)
Здоровая	100
Достаточно здоровая	10
Сомнительная	1
Нездоровая	0,1
Совершенно нездоровая	0,01

Присутствие кишечной бактерии Coli является показателем фекального загрязнения воды.

В последнее время в ряде советских инструкций (Военно-санитарного и Военно-строительного управления КА и др.) допускают титр Coli для чистой воды до 300 см³.

§ 8. Нормы физико-химического и бактериологического состава воды, идущей на питьевые нужды животных

Хорошая водопойная вода должна обладать теми же физическими свойствами, что и для питьевых нужд человека.

Температура воды должна быть постоянной и в следующих пределах:

Для крупного рогатого скота 8—15° Ц
» лошадей . . . . . 8—15° Ц
» овец . . . . . 10—16° Ц
Для свиней . . . . . 10—12° Ц
» кроликов . . . . . 8—12° Ц
» птицы . . . . . 13—15° Ц

Минерализация воды для питья животных по нормам, разработанным Южным научно-исследовательским институтом гидротехники и мелиорации (Юж. ВНИИГиМ), может доходить до 60—150° немецких градусов жесткости (см. таблицу проф. Лисицына на стр. 630).

Для отдельных животных допустимы следующие пределы жесткости:

Для крупного рогатого скота	80° немецких	Для свиньи	80° немецких
Для лошади	40° »	» кроликов	40° »
» овцы	60° »	» птицы	60° »

В животноводческих хозяйствах минеральный состав воды, пригодной для питья животных, принимают по нормам Эсмарка, по которым в 1 л воды должно содержаться:

Сухого остатка не более	500 мг	Азотистой кислоты	следы
Хлора	200 »	Азотной кислоты	5—15 мг
Серной кислоты	60—100 мг	Жесткости не более	30° немецких
Аммиака	следы		

Бактериологический состав воды для животных должен быть безупречен, как и состав воды для людей.

§ 9. Нормы физико-химического и бактериологического состава воды для промышленных и хозяйственных надобностей

1. Молочное, маслобойное и сыроваренное производство. Вода должна быть бесцветна, прозрачна, без запаха и постороннего вкуса и иметь температуру 4—6° Ц.

Жесткость воды не свыше 20° немецких должна быть обусловлена главным образом за счет содержания известковых солей.

В воде, идущей на промывку мяса, содержание магнезии должно быть не свыше 40 мг на 1 л, содержание железа — не более 0,05 мг на 1 л.

В бактериологическом отношении вода должна быть безупречна. Особо вредной для молочного производства является *B. fluorescens*, разлагающая молочный жир, образуя при этом зелено-желтое красящее вещество с неприятным запахом.

2. Крахмальное производство. Вода, потребляемая крахмальными заводами, должна быть бесцветна, без запаха, без плавающих и гниющих растительных осадков и нитритов; соединений железа должно быть не более 0,1 мг на 1 л; соединений марганца — не более 0,05 мг на 1 л.

Жесткие воды (свыше 20° немецких) и примесь хлористомагнезиальных солей нежелательна.

В воде должны отсутствовать возбудители брожения, дрожжевые грибки, вызывающие образование молочной и масляной кислот.

3. Сахарное производство. Вода, потребляемая сахарным производством, должна быть бесцветна, прозрачна, без запаха, без вкуса, не должна содержать органических веществ, способных к гниению.

Жесткие воды (свыше 20° немецких) и примеси хлористых нитратов нежелательны.

4. Дрожжево-винокуренное производство. Вода, пригодная для дрожжево-винокуренного производства, должна быть прозрачна, без цвета и не иметь постороннего привкуса.

По химическому составу для дрожжево-винокуренного производства вода не должна содержать гипса ($CaSO_4$) более 400—500 мг на 1 л, сероводорода, солей железа и хлоридов ($NaCl$, $CaCl_2$, $MgCl_2$).

Аммиака и азотистой кислоты допустимы следы, азотной кислоты — до 30 мг на 1 л.

В микробиологическом отношении вода должна быть чистой, т. е. не содержать микроорганизмов ни в свежем состоянии, ни при хранении в течение нескольких дней.

5. Консервное производство. Вода, потребляемая консервным производством, должна быть бесцветна, прозрачна, без запаха и иметь освежающий вкус.

Растительные остатки и органические примеси недопустимы. В санитарном отношении вода должна быть безупречна.

Жесткость — до 20° немецких. В воде должны отсутствовать железо, алюминий, аммиак и азотистая кислота. Азотной кислоты допустимы следы.

6. Хлебопекарное производство. Вода должна быть прозрачна, бесцветна, без запаха, без органических веществ и безупречна в санитарном отношении. Жесткость — не свыше 30° немецких. Железа — не свыше 0,1 мг на 1 л. Марганца — не свыше 0,05 мг на 1 л.

В микробиологическом отношении вода должна быть свободна от грибков, затрудняющих брожение теста и способствующих гниению.

7. Вода для мочки лубяных культур. Вода, потребляемая для мочки лубяных культур, должна быть мягка, прозрачна и без взвешенных органических веществ.

8. Вода для прачечных. Вода для прачечных должна быть прозрачна, бесцветна, без запаха, без взвешенных наносов и мягка.

Вода не должна содержать солей железа более 0,2 мг на 1 л, марганца — не более 0,5 мг на 1 л и не должна содержать хлористого магния.

9. Вода для питания паровых котлов, двигателей внутреннего сгорания и тракторов. В воде для питания паровых котлов не должно быть механических примесей и загрязнений в форме гумусовых веществ, масла и жиров, минеральных кислот.

Допустимая жесткость воды: для паровых котлов — не свыше 12° немецких; для охлаждения тракторов — не свыше 20° немецких; для охлаждения стационарных двигателей внутреннего сгорания—до 60° немецких.

Содержание органических веществ по расходу $KMnO_4$ — не более 30 мг на 1 л и незначительное содержание гипса и кремнекислоты.

Содержание растворенного кислорода — не более 5 мг на 1 л.

Отсутствие агрессивной углекислоты и сероводорода.

Остатка при выпаривании — не более 300 мг на 1 л.

ГЛАВА III

ВЫБОР ИСТОЧНИКА ВОДОСНАБЖЕНИЯ

§ 10. Характеристика источников

Все источники, которые могут быть использованы для с.-х. водоснабжения, можно поделить на следующие группы:

1) подземные воды, к которым относятся:
   а) грунтовые воды (безнапорные),
   б) воды напорные (артезианские),
   в) ключевые воды;
2) поверхностные воды, к которым относятся:
   а) дождевые и снеговые воды,
   б) речные воды,
   в) озерные воды.

При выборе источников водоснабжения следует отдавать в основном предпочтение подземным водам; последние в большинстве случаев не требуют очистки при употреблении их для питья, по сравнению с другими водами менее подвержены порче и загрязнению, могут быть добыты в большинстве случаев простейшими сооружениями по всей производ-

ственной территории с.-х. предприятия, сохраняют в большинстве случаев одинаковую температуру и качество; расход и горизонты этих вод менее подвержены колебаниям (чем у других источников). Кроме того, они являются вполне пригодными в большинстве случаев для комплексного их использования в с.-х. производстве (подкормка растений, водопой и т. п.).

Из отдельных категорий этих вод с точки зрения с.-х. эксплоатации следует поставить на первое место грунтовые воды, требующие при добывании незначительных расходов, на второе место — артезианские воды, лучшие по качеству и постоянству дебита, но требующие значительных затрат при их эксплоатации. Из подземных вод так называемые верховодки могут иметь в с.-х. производстве только подсобное значение.

Воды поверхностные, образующиеся за счет атмосферных осадков, для питьевого водоснабжения желательно использовать во вторую очередь. Недостатками поверхностных вод (по сравнению с подземными) являются: наличие взвешенных частиц, органическая и бактериологическая загрязненность. Воды поверхностные в большинстве случаев требуют обезвреживания и очистки. Из поверхностных вод наилучшим качеством обладает вода рек, питающихся главным образом за счет грунтовых вод, затем идут реки с поверхностно-грунтовым питанием и, наконец, реки с поверхностным питанием.

Реки по качеству воды могут быть подразделены на реки с незарегулированным и зарегулированным стоком, причем первые, при одинаковых других условиях, дают более хорошую для водоснабжения воду, чем вторые.

Воды больших озер грунтового, грунтово-поверхностного и поверхностного питания как источники водоснабжения могут быть отнесены по качеству соответственно к водам рек грунтового, поверхностно-грунтового и поверхностного питания.

Качество вод обводнительных и оросительно-обводнительных каналов как источников водоснабжения в каждом отдельном случае определяется индивидуальным подходом с учетом заселенности берегов и интенсивности использования вод для орошения и обводнения.

Пруды-водохранилища, а также копани и прудокопани по качеству воды в преобладающем большинстве случаев являются мало удовлетворительными, особенно для питьевых нужд. Вода их требует обезвреживания и очистки.

Исключением из этого перечня являются пруды-водохранилища с проточной водой.

Приведенная сравнительная характеристика различных источников водоснабжения сделана с учетом одинаковых технико-экономических показателей и одинаковой надежности и пригодности их в качественном и количественном отношении. В отдельных случаях по хозяйственным соображениям может быть произведен выбор более дорогостоящего источника водоснабжения, но дающего хозяйству воду своевременно, надлежащего качества и количества.

§ 11. Условия для выбора источников

При выборе источников водоснабжения должны быть выявлены и учтены следующие условия:

а) определено качество воды, выявлено изменение этого качества воды по времени и установлены причины, влияющие на изменение;

б) определено количество воды, могущее быть добытым из данного источника, установлено изменение этого количества по времени и причины, влияющие на это изменение;

в) установлен режим колебания уровня подземных и поверхностных источников и причины его изменения;

г) в связи с хозяйственными соображениями установлено местонахождение водоснабжающего сооружения;

д) в связи с характером и типом водоисточника и возможностью использования местных материалов выбран способ забора воды и тип водоснабжающего сооружения;

е) установлены условия и стоимость производства работ по устройству водоснабжающего сооружения;

ж) установлены условия хозяйственной и технической эксплоатации источника и определена стоимость 1 м³ воды, доставленного потребителю.

С санитарной точки зрения при выборе источников должны быть установлены:

а) степень загрязнения почво-грунтов и условия, вызывающие это загрязнение (поглощающие колодцы, выгребные ямы, уборные, кладбища и т. п.);

б) существующая и перспективная степень застройки территории и влияние ее на загрязнение почво-грунтов и почвенно-грунтовых вод;

в) эпидемиологическая характеристика водоснабжения местности и в первую очередь в части эпидемических желудочно-кишечных заболеваний (холера, брюшной тиф, дизентерия и т. п.);

г) санитарное состояние водоема, его притоков и водосборной площади;

д) оценка воды на основании материалов гидрологического и санитарного обследования и анализа воды;

е) в случае использования реки выбор места для водозабирающего сооружения должен быть проведен с учетом расположения на реке мест для купания, стирки, водопоя скота, замочки, переправ и тому подобных пунктов, загрязняющих воду;

ж) при использовании в качестве водоисточника озер или прудов должны быть учтены возможности водозабора из точек, наиболее удаленных от берега и вне сферы загрязнения;

з) при заборе воды из источника водоснабжения для водопровода необходимо иметь в виду организацию зоны охраны источников водоснабжения согласно постановлению ЦИК и СНК СССР от 17 мая 1937 г., № 96/834 (см. приложение 1 на стр. 703).

ГЛАВА IV

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАПТАЖНЫХ СООРУЖЕНИЙ

§ 12. Шахтные колодцы

Шахтными колодцами называются сооружения для добывания подземных вод, устраиваемые в виде шахты, укрепленной деревом, камнем, кирпичом, бетоном или железо-бетоном и другими материалами.

В зависимости от материала крепления стенок шахтные колодцы носят название деревянных срубовых, каменных, кирпичных, бетонных и железо-бетонных.

Шахтные колодцы служат для добывания подземных вод из водоносных горизонтов, залегающих на глубине до 30—40 м.

Шахтные колодцы в жилой зоне распределяют равномерно, чтобы радиус действия каждого колодца был не более 75—100 м.

В производственной усадебной зоне шахтные колодцы приближают к местам наибольшего водопотребления (скотные дворы, фермы, молочные,

бани, прачечные и т. п.), располагая их с разрывом от мест возможного загрязнения (скотные дворы, конюшни, уборные, помойные ямы и т. п.) не менее чем на 20—25 м.

На полевых и пастбищных угодиях шахтные колодцы располагают в зависимости от специализации хозяйства.

При среднем дебите средний радиус обслуживания одного шахтного колодца можно принимать:

Для зерновых хозяйств . . . 5 км	Для свиноводческих . . . . 2 км
» молочно-животноводческих и скотоводческих . . 3—4 км	» овцеводческих . . . . . 3,5—4 км
	» коневодческих . . . . . 4 км

Радиус обслуживания одного колодца зависит также и от дебита колодца.

Размещение колодцев по обводняемой территории и выбор расстояния между ними целесообразно намечать в зависимости от организации полевых работ и организации пастбища.

При организации полевых работ размещение источников водоснабжения приурочивают к линиям обслуживания, устраивая колодцы вблизи заправочных пунктов.

При организации пастбищных территорий размещение водоисточников согласовывают со способами пастьбы, производительностью пастбищ, скоростью передвижения животных по пастбищу.

Деревянные шахтные колодцы устраиваются чаще всего квадратного сечения и реже шести- и восьмиугольного, а каменные, кирпичные, бетонные и железо-бетонные — кругового сечения.

Размеры колодца устанавливаются в зависимости от условий рытья шахты, эксплоатации и дебита.

При квадратной форме колодца внутренние размеры обычно равны 1×1 м или $1{,}4\times1{,}4$, а в колодцах противопожарного значения внутренние размеры дают до 2×2 м.

При круглой форме шахтного колодца принимают обычно диаметр в 1 м.

При необходимости придать колодцу наиболее рациональные размеры, соответствующие гидравлическим условиям водоносной породы, диаметр определяют по следующим формулам:

а) для колодца, собирающего воду только через дно:

$$D = 1{,}13\sqrt{\frac{q}{k_2\varphi v}};$$

б) для колодца, собирающего воду только боковыми стенками:

$$D = \frac{q}{\pi k_2 f H_e \varphi v};$$

в) для колодца, собирающего воду дном и стенками:

$$D = \sqrt{4f^2H_e^2 + \frac{q}{\pi k_2 \varphi f}} - 2fH_e;$$

где D — диаметр колодца в метрах;

q — дебит колодца в кубических метрах в секунду;

$k_2 = 0{,}15—0{,}35$ — коэфициент пористости грунтов;

$\varphi = 0{,}6—0{,}4$ — практический коэфициент уменьшения скорости притекающей в колодец воды;

f — площадь отверстий в метрах на 1 м² боковой дырчатой поверхности колодца;

H_e — полезная высота боковой собирательной поверхности колодца в метрах;

v — скорость движения воды в метрах в секунду; в зависимости от диаметра зерен песка она равна:

Диаметр зерен песка (в миллиметрах)	Скорость в метрах в секунду v	Диаметр зерен песка (в миллиметрах)	Скорость в метрах в секунду v
0,25	0,04	1,25	0,13
0,50	0,07	1,50	0,15
0,75	0,09	1,75	0,17
1,00	0,11	2,00	0,18

Поперечное сечение колодца по всей глубине делается однообразным, за исключением следующих случаев, когда сечение приходится расширять:

а) при недостаточном притоке воды из водоснабжающего слоя;

б) при поступлении воды в колодец через дно;

в) при плывуне; когда расширенная нижняя часть предохраняет колодец от заплывания;

г) при необходимости иметь запас воды на случай усиленного разбора или пожара.

Такое уширение колодца носит название ш а т р а.

Размеры поперечного сечения шатра увеличиваются по сравнению со средней частью деревянного колодца на 0,5 м в каждую сторону. Высота шатра делается до 2 м.

Надземная часть колодца делается по сравнению со средней несколько суженной (до 0,7 м) в целях предохранения стенок колодца от обивания ведрами.

Глубина воды в колодце должна быть 1,5—2 м.

На дне колодца, при мелких песках, делается обратный фильтр из более крупного песка, гальки или мелкого щебня.

При водоносных породах мощностью менее 1 м в целях создания в колодце запаса воды глубиною не менее 1,5—2 м устраивается углубление сруба в подстилающую водоупорную породу, так называемый зумф.

1. Колодцы деревянные (срубовые). Деревянные колодцы квадратного сечения имеют размеры в свету 1×1 м или $1{,}4\times1{,}4$ м.

Наиболее ходовыми породами для устройства деревянных колодцев являются (в порядке пригодности): дуб, лиственница, сосна, ольха, вяз, береза и др.

Лес должен быть хорошего качества, здоровый, прямой, не зараженный грибом, без червоточин и трещин.

Для сруба берется круглый лес диаметром 13—18 см или же пластины в 11 см толщиной.

Звенья в углах соединяются в лапу с потайным шипом или без шипа.

Венцы припазовываются и соединяются между собой вставными дубовыми шипами высотой 10 см, через 0,5 м — 0,7 м.

Установка сруба в шахту производится следующими способами.

а) Сборка заранее заготовленного сруба с о д н а ш а х т ы применяется в плотных породах, при глубине шахты не свыше 10 м — без

крепления стенок шахты, а в разнородных грунтах и большей глубине шахты — с временным креплением.

б) Опускной с наращиванием венцов сверху применяется в рыхлых грунтах.

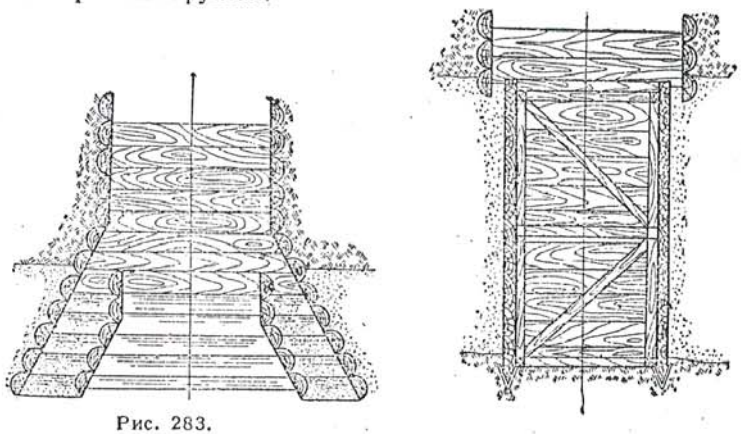


Рис. 283.

в) С наращиванием венцов снизу применяется в колодцах значительной глубины и при различных грунтах, преимущественно плотных.

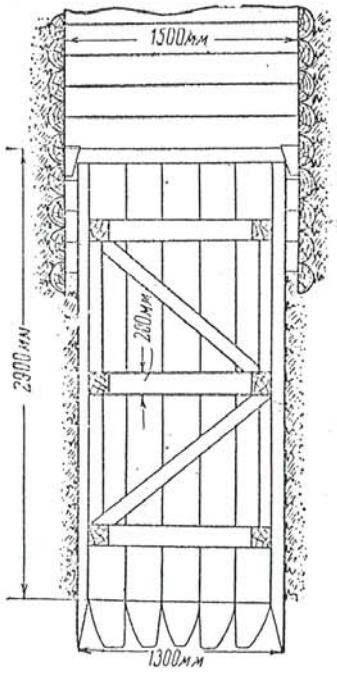


Рис. 285.

г) Кессонный—применяется при водоносных пластах незначительной мощности или плывунах при необходимости установки внутреннего сруба.

При плывунах углубление колодцев производится следующими способами.

а) Устраивают шатер квадратного сечения со стороною 2—3 м и высотою около 2 м. В этот шатер вставляют второй, так называемый внутренний, или водяной, шатер, стенки которого (от внешнего шатра) отстоят на 0,3—0,7 м. Внутренний шатер делают в виде обычного сруба. Дно внутреннего шатра при сильном напоре обделывают полом, а при слабом — засыпают слоем гравия толщиною в 15—20 см (рис. 283).

б) В плывунах мощностью не более 2 м, более жидких и с сильным напором, углубление ведут при помощи ящика из толстых 5-сантиметровых шпунтованных досок. Нижняя часть ящика снабжается режущими гранями. Внутренние размеры ящика — около 0,75×0,75 м (рис. 284).

в) В плывунах мощностью более 2 м углубление в плывун ведут при помощи шпунтового ряда из досок длиною до 2,5 м и толщиною около 5 см. Шпунтовой ряд поддерживается распорными рамами по

высоте через 0,7—1 м. Забивка шпунтовых досок производится вручную или бабой, подвешенной к канату, опирающемуся на блок, поставленный на край надземной части сруба (рис. 285).

Шпунтовыми рядами из досок также проходят плывуны и нежелательные (соленые, загрязненные) водоносные горизонты (рис. 286, *а* и *б*).

Надземную часть, особенно у неглубоких колодцев, в условиях холодного климата на севере или жаркого на юге, обделывают на высоту 0,7—0,8 м срубом меньшего размера — 0,7×0,7, обшивая в целях изоляции сруб с боков тесом, а сверху снабжая крышкой (рис. 287).

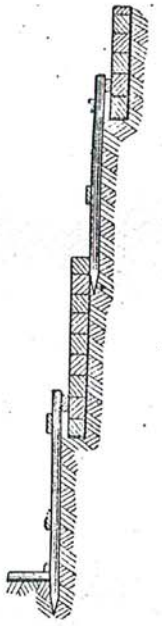


Рис. 286,*а*.

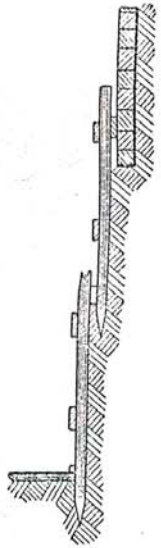


Рис. 286,*б*.

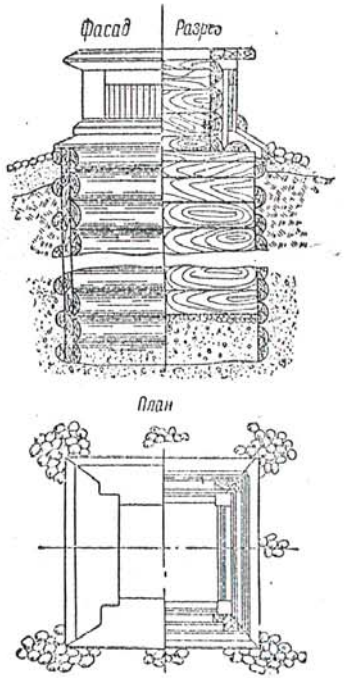


Рис. 287.

Вокруг верхней части колодца, во избежание проникновения поверхностных и почвенных вод, делают глиняный замок глубиною 1—1,4 м и шириною 1 м (рис. 288).

Для изоляции колодца от попадания в него поверхностной воды и для поддержания чистоты делают мостовую или асфальтированную площадку шириною не менее 2 м с уклоном от колодца в $^1/_{10}$; по краям такой площадки необходимо делать замощенные канавки с надежным отводом из них воды.

Целесообразно устраивать вокруг колодца ограждения из 2—3 жердей, пришитых к столбам. Сплошных заборов делать не рекомендуется.

Срок службы дубового колодца — 20—25 лет, лиственичного — 15—20 лет и соснового — 10—12 лет.

2. Колодцы шахтные кирпичные. Материалом для кирпичных колодцев является хорошо обожженный (лучше железняк) обыкновенный или

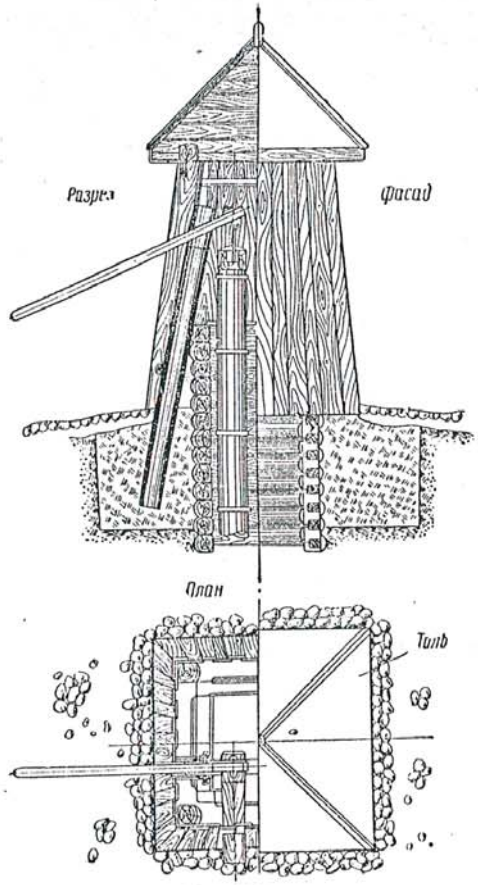


Рис. 288.

лекальный кирпич. Кладка кирпичных колодцев производится, как правило, на цементном растворе 1 : 3 или 1 : 4.

Форма сечения обычно круглая и реже квадратная и шестигранная. Внутренний диаметр (или сторона квадрата) — не менее 1 м. Толщина стенок кирпичного колодца делается не меньше чем в один кирпич и зависит от внутреннего диаметра колодца.

Зависимость толщины стенок колодца b (в сантиметрах) от внутреннего диаметра D выражается формулой:

$$b = 0{,}1D + 11,$$

где D — диаметр колодца в сантиметрах.

Внутри, по всей глубине подземной части, и снаружи, в надземной части, стенки кирпичного колодца штукатурятся цементным раствором 1 : 1.

При небольших глубинах кирпичные колодцы устраиваются в заранее вырытой шахте, на горизонтально выровненное дно которой кладется прочная основная деревянная рама.

При больших глубинах кирпичные колодцы устраивают опускным способом с наращиванием стенок сверху. В основание колодца кладут прочную деревянную раму, а при колодцах большого размера — железную раму.

В целях предупреждения разрыва кладки в нее через 1—1,5 м закладывают деревянные промежуточные рамы или железные кольца, связанные обычно 4—6 анкерами из пруткового железа толщиною 10—15 мм.

В колодцах большого диаметра число анкеров n определяют по формуле:

$$n = \frac{\pi D}{1{,}2}.$$

Площадь поперечного сечения f каждого анкера определяют по формуле:

$$f = \frac{10D}{n} \text{ см}^2,$$

где D — диаметр колодца в метрах;
n — число анкеров.

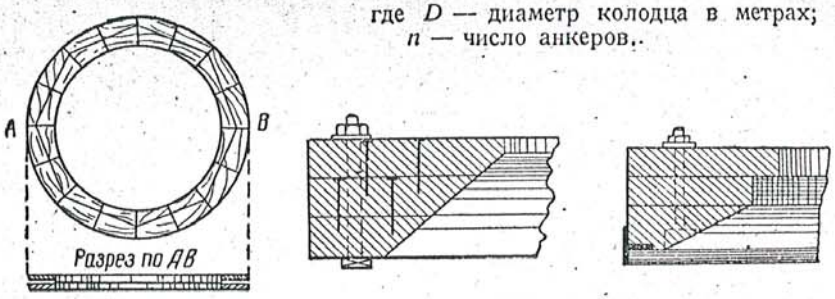


Рис. 289.

Конструкция основных деревянных рам показана на рис. 289.

Конструкция основных железных рам показана на рис. 290.

Обычно толщина железа берется в 5—10 мм; точнее она определяется по формуле:

$$S = 2D \text{ мм},$$

где S — толщина железа в миллиметрах,
D — диаметр рамы в метрах.

Ширина основной рамы обычно берется равной толщине стенок кладки, а при толщине стенки, превышающей 0,5 м, ширина рамы берется равной 0,8 толщины стенок.

Ширина равнобоких уголков для укрепления ножа должна быть не более 80 мм.

Стенки подводной части кирпичных колодцев, если вода поступает только через стенки, снабжают отверстиями. Иногда оставляют в кладке нерасшитые швы, через 2—3 ряда кладки в вертикальном направлении и через 2—3 кирпича в горизонтальном направлении, располагая их в шахматном порядке.

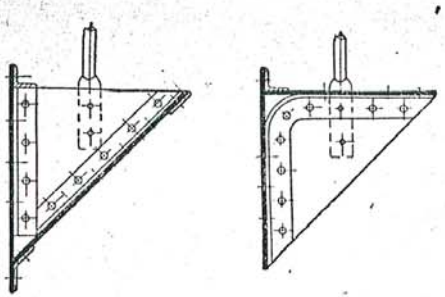


Рис. 290.

Дно колодцев засыпают слоем гравия толщиною 25—30 см.

Углубление в плывучие грунты ведут при помощи шпунтованного ящика или шпунтованного ряда, как это описано при углублении деревянных колодцев.

Один из способов такого углубления показан на рис. 291.

Кладка верхней части кирпичных колодцев (оголовок) обычная; она имеет такую же форму, как и подземная часть, но только штукатурка с внешней стороны цементным раствором делается более толстой, чем внутри.

Глиняный замок необходим у кирпичных колодцев при незначительной их глубине и сильной проницаемости почв и грунтов.

В верхней части оголовка делаются отливы шириною в 30—35 см.

Отливы делаются также и на высоте поверхности земли. Высота оголовка обычно — 0,7 м. Отмостка вокруг оголовка и водоотводные канавы такие же, как и при деревянных колодцах.

Срок службы кирпичных колодцев — 25—30 лет.

3. Колодцы шахтные каменные. Камень для крепления стенок шахты должен быть постелистым, крепким, без трещин, не должен окрашивать воду, не должен размокать и растворяться в ней и таким образом портить качество воды.

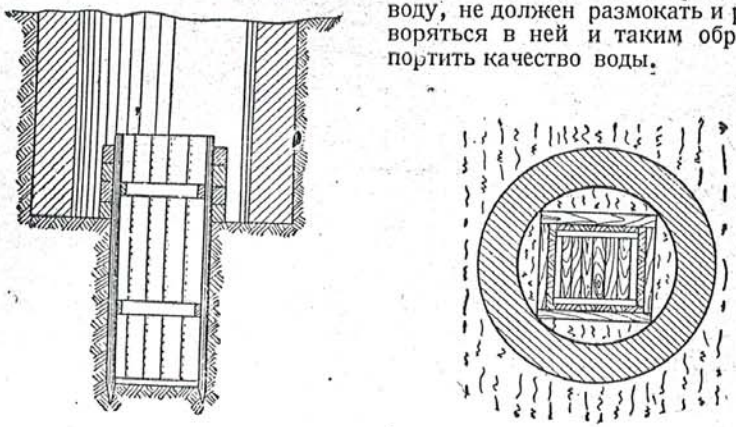


Рис. 291

Камень не должен забирать в себя воды более $^1/_{20}$ собственного веса.

Каменные колодцы делаются круглого и реже квадратного сечения. Диаметр круглого колодца обычно равен от 0,75 до 1 м, а сечение квадратного — 1×1 м и 1,25×1,25 м.

Толщина стенок — не менее 0,25 м; при колодцах большого диаметра толщина стенок зависит от диаметра колодца и может быть взята следующих размеров:

Диаметр колодца (в метрах)	Толщина стенок (в метрах)	Диаметр колодца (в метрах)	Толщина стенок (в метрах)
1,5	0,25	3,0	0,51
2,0	0,38	3,5	0,51
2,5	0,38	4,0—5,0	0,66

При глубоких колодцах кладка производится на цементном растворе 1 : 3 или 1 : 4.

При колодцах глубиною не свыше 10 м кладку на цементном растворе производят только с поверхности на глубину 1—2 м и в местах перекрытия нежелательных водоносных горизонтов; в остальной же части производят кладку насухо, но при условии тщательной работы с перевязкой и расщебенкой швов.

В остальных деталях каменные колодцы по конструкции и производству работ ничем не отличаются от кирпичных.

4. Бетонные и железо-бетонные колодцы. Материалом для устройства бетонных и железо-бетонных колодцев является бетон, приготовленный

из 1 части цемента, 2—3 частей песка и 5—7 частей гравия или щебня или из 1 части цемента и 4—5 частей песка. Цемент и песок, применяемые при строительстве бетонных и железо-бетонных колодцев, — обычные, щебень же для устройства колодца допускается из естественных камней и из кирпича-железняка.

При устройстве железо-бетонных колодцев, кроме бетона, берется арматура из проволоки толщиною в 5—10 мм для горизонтальных колец и 16—20 мм для вертикальных стержней.

Бетонные и железо-бетонные колодцы могут быть сделаны из сплошного набивного бетона или железо-бетона.

Наиболее широкое применение получили колодцы из бетонных или железо-бетонных колец внутренним диаметром 1 м, высотою 0,8 м, с толщиною стенок для бетонных колец 8—10 см, и железо-бетонных 5—9 см.

Бетонные колодцы из бетонных сегментов строятся реже.

Сегменты берутся средней длиной 30—40 см, высотой — 18 см и шириной — 10—15 см. Средняя длина сегмента зависит от внутреннего диаметра колодца и обычно берется из расчета 6—8 сегментов в ряду.

Реже встречаются колодцы из железо-бетонных пластин. Пластины берутся прямоугольного сечения размером 250×70 мм; концы пластин для сопряжения в углах обделываются в виде косой лапы.

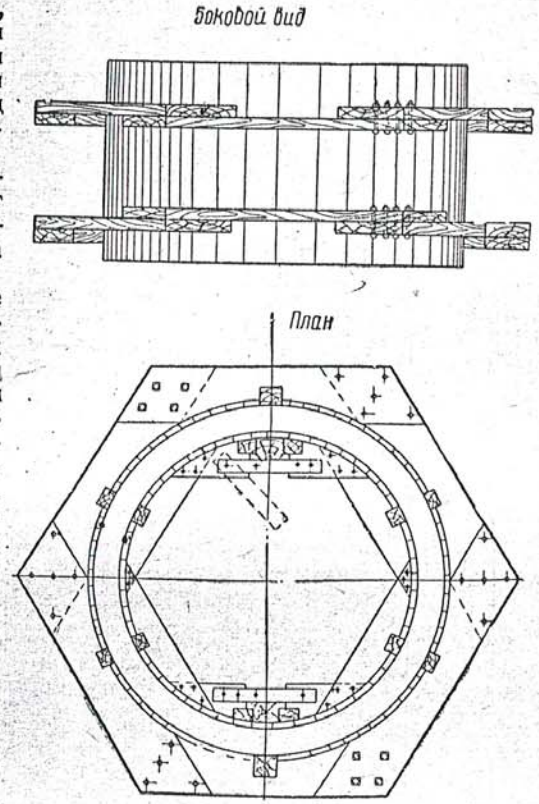


Рис. 292.

Внутри пластин закладывается арматура из трех стержней толщиною 6 мм, связанных между собой печной проволокой. Состав бетона для железо-бетонных пластин — 1 : 2 : 3. Вес пластин — около 40 кг.

Толщину стенок бетонных колодцев b (в сантиметрах) в зависимости от внутреннего диаметра D определяют по формуле:

$$b = 10D + \text{ от 5 до 10 см},$$

а для железо-бетонных:

$$b = 8D + \text{ от 5 до 10 см},$$

где D берется в метрах.

Бетонные и железо-бетонные кольца изготовляют в деревянных (рис. 292) или в металлических формах.

Приготовление бетонной массы производят машинным способом в бетоньерках, но часто и ручным способом.

Ручной способ применяется при заготовках незначительного количества колец и состоит в следующем.

Сначала смешивают насухо цемент и песок. Приготовленную смесь разравнивают на досчатом настиле в виде продолговатой и невысокой грядки с углублением посередине. Затем в середину прибавляют гравия или щебня и перелопачивают 3—4 раза. При перемешивании всю массу смачивают водой из лейки.

Приготовленная бетонная масса затем укладывается в формы слоями в 10 см и трамбуется до появления «молока».

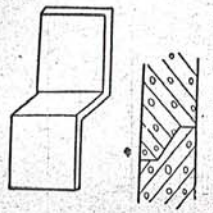


Рис. 293.

Чтобы бетон при заполнении формы не пристал к стенкам, их смазывают нефтью или олеонафтом.

Как только бетон схватится, его освобождают от формы. После снятия формы кольцо поливают 2—3 раза в день из лейки в продолжение 14—20 дней, не допуская появления мучнистого налета на поверхности.

Приготовление колец производят обязательно под навесом, укрывая их от заморозков, ветра и солнцепека рогожами, мешками и соломенными матами. Перевозка колец допустима не ранее месяца с момента их изготовления.

Количество цемента, песка, гравия или щебня на приготовление 1 м³ бетона можно определять по следующей таблице:

Количество составных частей для приготовления 1 м³ бетона

Пропорция составных частей бетона	При гравии с 45% пустот			При гравии с 50% пустот		
	Цемента (в килограммах)	Песка (в куб. метрах)	Гравия (в куб. метрах)	Цемента (в килограммах)	Песка (в куб. метрах)	Гравия (в куб. метрах)
1 : 1,5 : 2	275	0,503	0,645	492	0,520	0,667
1 : 1,5 : 3	404	0,427	0,822	421	0,445	0,857
1 : 2 : 3	365	0,515	0,741	379	0,535	0,771
1 : 2 : 4	321	0,453	0,870	336	0,474	0,910
1 : 2 : 5	287	0,405	0,972	—	—	—
1 : 2,5 : 5	267	0,470	0,901	279	0,491	0,944
1 : 3 : 4	272	0,581	0,740	284	0,604	0,768
1 : 3 : 5	248	0,528	0,839	259	0,551	0,876
1 : 3 : 6	226	0,483	0,922	238	0,507	0,966
1 : 3 : 7	210	0,446	0,922	—	—	—

Бетонные кольца соединяются между собой тремя способами:

а) впритык на цементном растворе состава 1 : 4; для предотвращения сдвигов в трех местах укладываются изогнутые в противоположные стороны под прямым углом прокладки из полосового железа толщиною в 2 мм и шириною в 50—80 мм (рис. 293, слева);

б) прямыми фальцами, представляющими вынутые четверти по внешней и внутренней кромке нижнего кольца;

в) косыми фальцами, когда ребро четверти скошено (рис. 293, справа).

Соединение фальцами производят только при толщине стенок кольца не менее 8 см, при меньшей ширине соединение делают в виде раструбов.

Установку бетонных и железо-бетонных колец в шахте производят двумя способами:

а) непосредственной установкой колец на выровненное дно шахты с креплением или без крепления стенок шахты временной крепью;

б) опускным способом с наращиванием колец сверху. Дно шахты при этом способе выравнивается, и первое снизу кольцо устанавливается на основную раму с ножом.

Кольца опускают в шахту на канате при помощи кабестана, ворота или при помощи треноги и прикрепленной к ней тали или в крайнем случае блока.

Канат одним концом прикрепляется к кольцу барабана кабестана или к валу ворота, другой конец каната состоит из трех концов с крючьями для подхватывания кольца.

При прохождении плывунов применяют шпунтованный ящик или шпунтованные ряды, описанные при устройстве деревянных колодцев.

Надземная часть бетонных и железо-бетонных колодцев возвышается над землей на 0,8 м и состоит из более массивного кольца с отливами по концам. Сверху колодец обделывают деревянной крышкой.

Вокруг колодца делается отмостка, канавки и ограда обычным способом.

Глиняный замок у бетонных колодцев применяют при наличии малой глубины и сильно проницаемых почв и грунтов.

В стенках подводной части колодца в целях увеличения притока воды делают квадратные, круглые или щелевидные отверстия, располагая их в шахматном порядке.

Дно колодца засыпают гравием на толщину 25—30 см.

Срок службы бетонных и железо-бетонных колодцев — 30—35 лет.

§ 13. Трубчатые колодцы

Трубчатые колодцы устраиваются для добывания подземных вод с глубины свыше 30 м.

Трубчатые колодцы разделяют на две группы: 1) мелкие колодцы, предназначенные для добывания грунтовых вод (безнапорных подземных вод), и 2) глубокие колодцы, использующие глубокие напорные подземные водоносные горизонты.

1. Абиссинские колодцы (мелкие трубчатые). Абиссинские колодцы служат для получения воды с глубины не больше 7—8 м.

Абиссинский колодец состоит из железной трубы диаметром 3—8 см. Труба обычно состоит из отдельных звеньев, свинчиваемых бочкообразными муфтами, затем из наконечника с фильтром и насосного всасывающего цилиндра (насосной колонки). Фильтр навинчен на последнее звено и состоит из соединительной муфты и дырчатой трубы, перекрытой снаружи латунной сеткой. Фильтр снабжен пирамидальным или винтовым наконечником.

Насосная колонка состоит из всасывающего поршневого насоса с проходным поршнем.

Насос имеет два клапана: в поршне — захлопной и в конце всасывающей трубы — шаровой.

Производительность абиссинского насоса при достаточном притоке воды из водоносной породы следующая:

Диаметр всасывающей трубы (в миллиметрах) . .	32	38	44	50
Диаметр насосного цилиндра (в миллиметрах) . .	64	75	89	100
Длина хода поршня (в миллиметрах)	200	200	200	200
Производительность при 50 ходах в минуту (в литрах)	20	32	50	65

Установка абиссинских колодцев очень проста и состоит в следующем.

На выбранном месте, обычно в долинах рек, логов и других низменностей, устанавливают треногу (рис. 294), а на вбиваемую в землю трубу надевают железный хомут, плотно притянутый к трубе болтами. Верхнюю часть трубы пропускают через кольцеобразную головку треноги, к которой прикреплены два блока. Через блоки перекинуты веревки, к одному концу которых прикреплена чугунная баба, а другие два конца служат стремянками. Поднимая и опуская бабу, забивают трубу в грунт до водоносного горизонта. В водоносный горизонт фильтр опускают на такую глубину, при которой динамический горизонт покрывает фильтр не менее 0,5 м.

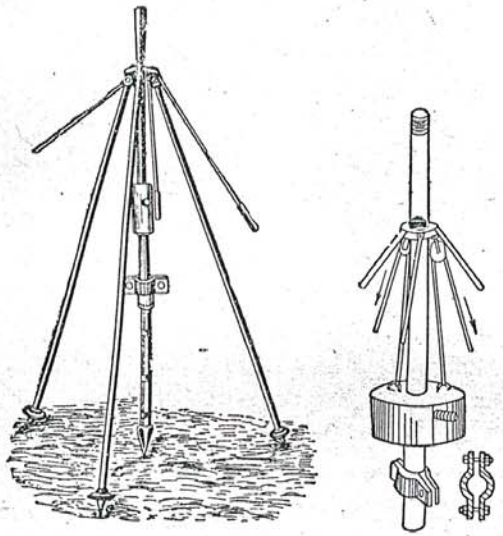


Рис. 294.

Если грунт глинистый и пирамидальным наконечником его пройти трудно, трубу не вбивают, а ввинчивают при посредстве штопорообразного наконечника.

Для успешного применения абиссинских колодцев необходимы следующие условия.

а) Водоносный горизонт должен быть не глубже 7—8 м от поверхности.

б) Водоносный горизонт должен обладать мощностью, превышающей производительность насоса.

в) Грунты должны быть мягкие и рыхлые, без каменистых включений.

г) Водоснабжение при помощи абиссинских колодцев может быть временным или для небольшого числа потребителей.

д) Водоносные горизонты, из которых получается вода, должны быть гарантированы от загрязнения.

2. Трубчатые глубокие, или артезианские, колодцы. Глубокие трубчатые колодцы делаются обычно в том случае, если глубина залегания водоносных горизонтов свыше 30—35 м. Буровые колодцы состоят из скважины, закрепленной преимущественно стальными обсадными колоннами, расположенными телескопически и составленными из труб, свинченных муфтами, и водоподъемного приспособления.

Обсадные трубы имеют длину от 2 до 7 м; они должны быть прямыми, с хорошей нарезкой.

Основные размеры обсадных труб, применяемых в СССР, показаны в следующих таблицах (см. таблицы «Обсадные трубы для неглубокого бурения» и «Обсадные трубы бакинского типа», стр. 647).

До последнего времени употреблялись трубы бакинского и грозненского типа.

С 1937 г. стали применять трубы по стандарту ГУМП-1569, а теперь разрабатывается новый стандарт.

Диаметры труб выбираются для буровых колодцев в зависимости от глубины скважины, рода грунта и метода бурения.

Обсадные трубы для неглубокого бурения с соединениями на муфтах

Наружный диаметр		Толщина стенок (в миллиметрах)	Вес 1 пог. м (в килограммах)	Наружный диаметр		Толщина стенок (в миллиметрах)	Вес 1 пог. м (в килограммах)
в дюймах	в миллиметрах			в дюймах	в миллиметрах		
2 3/4	70	5	7,21	7	178	5 1/2	23,40
3	76	5	8,75	7 1/2	191	5 1/2	25,16
3 1/4	89	5	10,65	8	203	6	29,15
3 3/4	95	5	11,10	8 1/2	216	6 1/2	33,58
4	102	5	11,96	9	229	6 1/2	35,67
4 1/4	114	5	13,44	9 1/2	241	6 1/2	37,59
5	127	5 1/2	16,48	10	254	7	42,64
5 1/4	140	5 1/2	18,24	10 1/2	267	7	44,88
6	152	5 1/2	19,87	11	270	7 1/2	50,22
6 1/2	165	5 1/2	21,63	12	305	7 1/2	55,03

Обсадные трубы бакинского типа

Диаметр		Толщина стенки (в миллиметрах)	Вес 1 пог. м (в килограммах)	Диаметр		Толщина стенки (в миллиметрах)	Вес 1 пог. м (в килограммах)
в дюймах	в миллиметрах			в дюймах	в миллиметрах		
4	114	5,5	14,92	14	377	9	90,63
6	168	6,35	27,93	14	377	10	99,44
6	168	7	30,40	16	426	10	113,40
8	219	7	40,45	16	426	11	123,38
8	219	8	45,48	18	476	10	127,29
10	273	8	57,77	18	476	11	138,51
10	273	9	64,08	20	527	11	154,29
12	325	8,5	73,43	20	527	12	166,70
12	325	9	77,22				

При разведочном бурении конечный диаметр скважины принимается в 80 мм.

В мало- и среднеустойчивых породах при ударном бурении на каждые 40—60 м глубины скважины начальный диаметр увеличивается на 50 мм.

При вращательном способе бурения с глинистой промывкой крепление стенок скважин проектируется из двух колонн—защитной и эксплоатационной, причем последняя берется такого внутреннего диаметра, который позволил бы установить в ней водоподъемное приспособление и фильтр.

Определение внутреннего диаметра эксплоатационной колонны в случае подъема воды поршневым глубоководным насосом производят, исходя из размера наружного диаметра насосного цилиндра, а также толщины муфты, соединяющей насосный цилиндр с трубами; дополнительно прибавляют 12—18 мм на зазор между наружным диаметром муфты насосного цилиндра и внутренним диаметром эксплоатационной колонны.

При определении внутреннего диаметра эксплоатационной трубы в случае подъема воды центробежными насосами, устанавливаемыми на поверхности земли или в шахте, и радиальными насосами руководствуются габаритными размерами каталогов заводов-изготовителей.

Место для артезианского глубокого колодца выбирается обычно с таким расчетом, чтобы скотные дворы, конюшни, помойные ямы и т. п. отстояли от него не менее чем на 20—25 м.

Место для артезианского колодца должно быть обеспечено отводом дождевых вод, а следовательно, предохранено от затопления и подтопления.

По конструкции различают следующие типы буровых глубоких колодцев.

а) *Колодцы, имеющие водоносный горизонт, состоящий из крупнозернистого песка, и не нуждающиеся в устройстве фильтрующей сетки.* Диаметр такого колодца берется около 100 мм. Поверхность труб в пределах водоносного горизонта снабжается вертикальными щелями размером 10 × 100 мм или же круглыми отверстиями диаметром 8—10 мм. Площадь отверстий должна составлять 20—40% всей поверхности трубы, соприкасающейся с водоносной породой.

б) *Колодцы, опущенные в водоносный пласт из среднезернистого песка,* в котором количество мелкой фракции с величиною зерен до 0,2 мм не превышает 50%, снабжаются сетчатым фильтром. Сетчатый фильтр состоит из дырчатой (диаметр дыр не меньше 8 мм) трубы, обтянутой латунной сеткой. Для того чтобы латунная сетка работала на всей длине, по поверхности трубы напаивают проволоку диаметром от 3 до 6 мм, располагая ее параллельно оси трубы через расстояние от 10 до 30 мм.

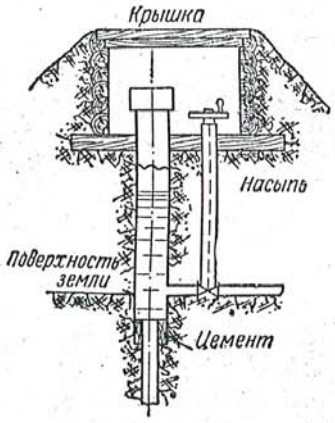


Рис. 295.

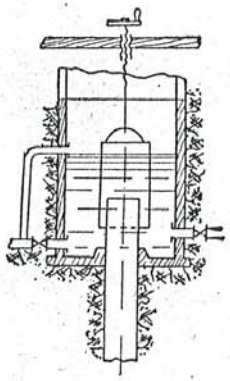


Рис. 295а.

Поверх напаянной проволоки натягивают латунную сетку, спаивая ее по шву. Отверстия в фильтровальной сетке выбирают с расчетом, чтобы в фильтрат могло проникнуть не более 40—60% материала водоносного слоя.

Считают, что нормально при крупном хряще через фильтр проникает 20—30%, при среднем — 30—40% и при песках — 40—60% материала водоносной породы.

в) *Колодцы, имеющие водоприемную часть в водоносной породе, состоящей из мелкого песка,* снабжаются гравиальными фильтрами без сетки. Такие фильтры состоят из дырчатой трубы, вокруг которой отсыпается несколько слоев зернистого материала; при этом диаметр зерен постепенно уменьшают, начиная от поверхности трубы. Обычно такой фильтр на практике состоит из двух концентрических слоев толщиною каждый около 10 см, с соотношением диаметров зерен в соседних слоях в пределах 1 : 8.

Диаметр дырчатой трубы без сетчатого фильтра определяется по формуле:

$$d = \frac{Q}{2\pi m h v},$$

где d — диаметр дырчатой трубы в метрах;
Q — расход воды из колодца в кубических метрах;
m — отношение площади отверстий на трубе к площади всей трубы (обычно от $^1/_3$ до $^1/_5$);
h — длина в метрах дырчатой части колодца ниже динамического уровня;
v — допустимая скорость поступления воды в колодец (в метрах в секунду), при которой не происходит вымывания частиц грунта.

Допустимая скорость и потребный диаметр фильтра (по Гроссу)

Диаметр зерен водоносного песка	Скорость (в метрах в секунду)	Диаметр фильтра (в миллиметрах)
60% меньше 1 мм . .	0,002	0,007
40% » 0,5 мм	0,001	0,003
40% » 0,25 мм	0,0005	0,0015

При водоподъеме из скважин наибольшим распространением пользуются штанговые насосы. Цилиндр штанговых насосов обычно подвешивается к нагнетательной трубе и снабжен (снизу) всасывающей трубой длиною 1—3 м, дающей возможность поднимать воду в случае понижения рабочего уровня.

Насосный цилиндр при отсутствии всасывающей трубы погружается под рабочий уровень не менее чем на 0,75 м. На такую же глубину погружается приемный клапан всасывающей трубы.

Для равномерной подачи воды и для смягчения ударов при необходимости подачи воды на значительную высоту применяют воздушные колпаки и диференциальные штоки (диференциальные плунжеры).

Для уравнивания работы штанговой гарнитуры рычаг снабжают противовесом.

Вес противовеса G при отсутствии диференциального плунжера определяют по формуле:

$$G = \frac{\gamma F (H_\partial + H) + 2g}{2} \cdot \frac{l_2}{l_1};$$

а при наличии диференциального плунжера по формуле:

$$G = \left[\frac{\gamma F (H_\partial + H)}{2} - \gamma f H_\partial + g \right] \frac{l_2}{l_1};$$

где γ — вес одного кубического метра воды в килограммах;
F — площадь поршня в квадратных метрах;
f — площадь сечения плунжера в квадратных метрах;
H_∂ — высота столба воды в напорном трубопроводе выше воздушного колпака, включая потери напора, в метрах;
H — высота столба воды от динамического уровня воды до воздушного колпака на нагнетательной трубе (в метрах);
G — вес штанг и поршня в килограммах;
l_1 и l_2 — длина плеч неравноплечего рычага в метрах.

Фонтанирующие скважины в целях регулирования самоизлива и более бережного использования артезианского горизонта снабжают регулирующими патрубками или регулирующими задвижками (рис. 295 и 295а).

§ 14. Вакуум-колодцы

При устройстве шахтных колодцев в водоносных пластах с слабой водоотдающей способностью увеличение диаметра колодца мало влияет на увеличение дебита. Исследованиями ВНИИГиМ установлено, что в таких колодцах целесообразнее не увеличивать размеров шахты, а лучше делать над наивысшим уровнем грунтовой воды досчатый настил с глинистым перекрытием в 0,75—0,90 м.

Такой колодец носит название вакуум-колодца; он обладает производительностью, как показали опыты, в 2—3 раза большей по сравнению с обыкновенным колодцем. Подъем воды из таких колодцев производится при помощи обычных насосов, всасывающая труба которых опускается через глиняное перекрытие и досчатый настил с соблюдением герметичности в надводной части колодца.

В вакуум-колодец может быть также превращен любой трубчатый колодец, в котором роль глиняного перекрытия играет тампон — пробка с резиновым кружком (см. рис. 296).

ГЛАВА V

КОЛОДЕЗНЫЕ ВОДОПОДЪЕМНИКИ И НАСОСЫ

§ 15. Колодезные водоподъемники

Блок. Блок устанавливают на наклонном брусе или на перекладине. Он применяется при небольших глубинах, не превышающих 10 м. Диаметр блока равен около 8 d, где d — диаметр веревки или каната.

Журавль. Журавль применяется при подъеме воды с глубины около 10 м. Расстояние от центра колодца до стойки журавля:

$$x = \sqrt{l^2 - \frac{h^2}{4}}\ \text{м},$$

а высота стойки:

$$a = \frac{h}{2} + 0{,}70\ \text{м};$$

где l — длина (в метрах) большего плеча журавля, к которому прикреплена веревка или шест с бадьей;

h — глубина колодца от крышки до уровня воды (в метрах).

Ворот с ручками. Применяется при глубине колодца до 20 м. Основные размеры ворота: диаметр вала — около 0,2—0,3 м, длина рукоятки — 0,3—0,4 м, плечо рукоятки — 0,3—0,4 м, ось ворота расположена над землей на высоте 1,2 м.

При установлении более точных размеров ворота пользуются формулой:

$$(p+P)\,\frac{d}{2} = 12{,}28\ b,$$

где p — вес бадьи или ведра в килограммах;

P — вес воды в бадье в килограммах;

d — диаметр вала в метрах;

b — длина плеча рукоятки в метрах.

Ворот с колесом. Этот ворот применяется при глубине колодца свыше 20 м. Обычные размеры установки: диаметр колеса — 2 м, ширина обода — 0,2—0,25 м.

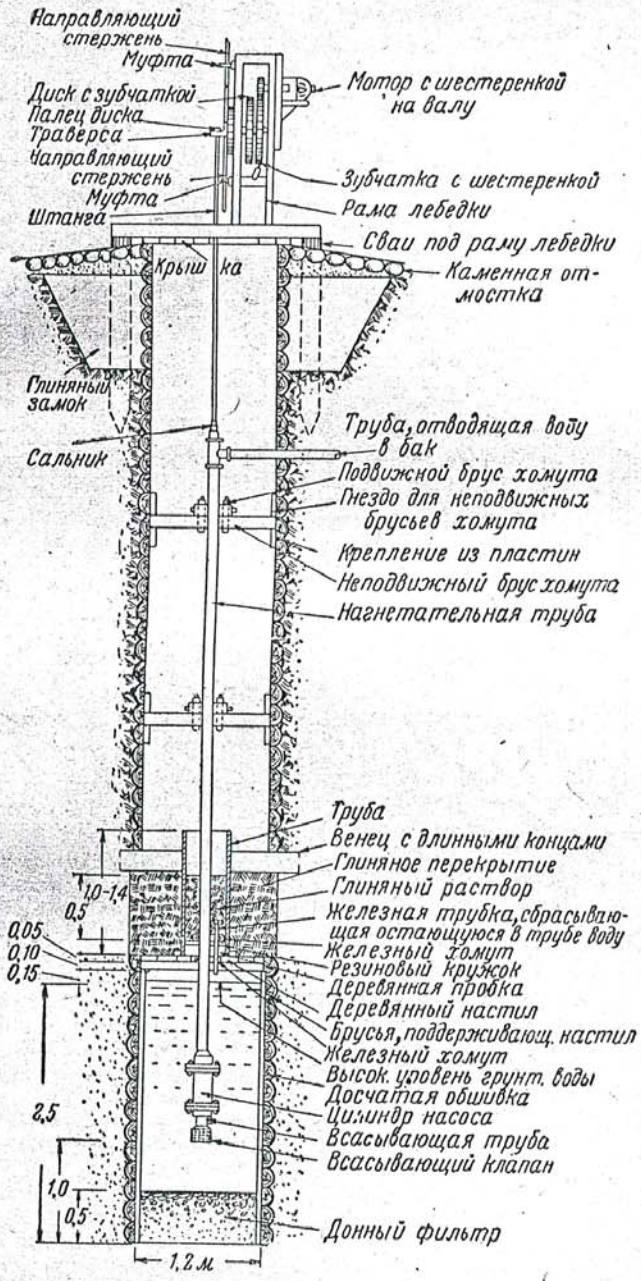


Рис. 296. Деревянный шахтный вакуум-колодец с поршневым насосом и лебедкой типа Московского метростроя.

§ 16. Насосы

Насосы поршневые, крыльчатые, гидравлические тараны и ветронасосные установки и т. п. указываются в разделе насосов.

Стоимость подъема 1 м³ воды на 1 м высоты вычисляется по формуле:

$$S = \frac{\frac{RN}{10} + b + b_1}{QH} \text{ руб.;}$$

где N — стоимость водоподъемника;
R — норма постоянных расходов (амортизация и др.);
b — расход на отопление, освещение, обслуживание и т. д. в год;
b_1 — расход на горючее, масло и пр. в рублях;
Q — объем поднятой воды в кубических метрах;
H — полная высота подъема воды в метрах.

В целях быстрого и удобного подбора водоподъемников, применяемых в с.-х. водоснабжении, в зависимости от вида водоисточника, высоты подъема и количества поднимаемой воды ВНИИГиМ разработана нижеследующая таблица (см. табл. на стр. 653—658).

ГЛАВА VI

КАПТАЖ КЛЮЧЕЙ

§ 17. Каптаж восходящих ключей

Ключами, родниками называются выходы подземных вод на дневную поверхность. Ключи могут выходить: 1) из сплошного слоя водоносной породы — слоевые ключи, 2) из жил или трещин — жильные ключи. Ключи, выходящие со склонов гор или возвышенностей и получающие питание сверху (из грунтовых вод), называются нисходящими, а ключи равнинные, получающие питание снизу (из напорных вод), называются восходящими ключами. Совокупность сооружений, служащих для сбора, хранения и водоразбора ключевых вод, называется каптажными сооружениями. В состав каптажных сооружений могут входить сооружения для собирания ключевых вод, сооружения для отстаивания и хранения воды и приспособления для водоразбора.

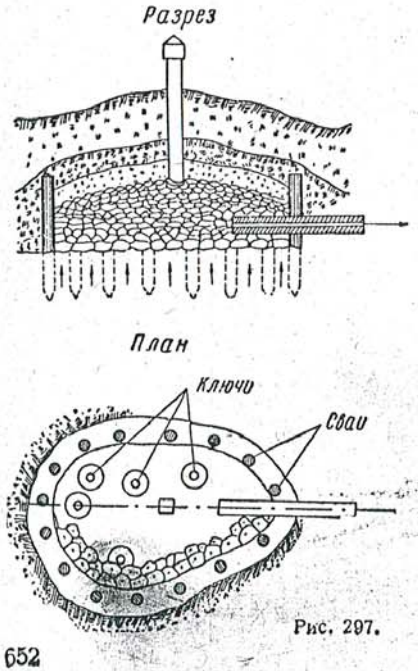


Рис. 297.

Конструкция каптажных сооружений зависит от типа ключа.

1) *Каптаж восходящего ключа с забивкой свай* (рис. 297). Он делается в том случае, если вокруг места выхода ключа можно

Таблица для выбора водоподъемников, применяемых в с.-х. водоснабжении в зависимости от вида водоисточника, высоты подъема и количества поднимаемой воды

№ по порядку	Источники водоснабжения	Полная высота подъема воды (в метрах)	Подача воды водоподъемником до 2 л в секунду		Подача воды насосом от 2 до 10 л в секунду		Подача воды насосом свыше 10 л в секунду		Примечание
			Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
I	Глубина до динамического уровня воды от поверхности земли меньше 6 м	До 6 м	1. Колонковый поршневой всасывающий насос простого действия 2. Деревянный поршневой насос со сдвоенным цилиндром 3. Ячеисто-ленточный ручной водоподъемник 4. Спирально-цепной водоподъемник «Шен-Элис»	1. Ручной подъем 2. Конный привод 3. Ветродвигатель ТВ-5	1. Одноколесный центробежный насос с горизонтальным валом 2. Поршневой насос двойного действия	1. Конный привод 2. От электромотора 3. От бензинового двигателя 4. Ветродвигатель ТВ-8	1. Одноколесный центробежный насос с горизонтальным валом	1. От электромотора 2. От двигателя внутреннего сгорания	Деревянный насос не рекомендуется устанавливать в областях с сухим климатом, так как дерево под действием жары и сухости растрескивается
	Колодцы шахтные								

Продолжение

№ по порядку	Источники водоснабжения	Полная высота подъема воды (в метрах)	Подача воды водоподъемником до 2 л в секунду		Подача воды насосом от 2 до 10 л в секунду		Подача воды насосом свыше 10 л в секунду		Примечание
			Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
II	Глубина динамического уровня воды от поверхности земли до 15 м	6—15	1. Поршневой всасывающий нагнетательный насос 2. Приводной ленточный 3. Спирально-цепной водоподъемник «Шен-Элис» 4. Деревянный сдвоенный насос 5. Подвесной одноколесный центробежный насос	1. Конный привод 2. От бензинового двигателя 3. От электромотора 4. Ветродвигатель	1. Подвесной одноколесный центробежный насос с горизонтальным валом 2. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко» 3. Поршневой насос двойного действия	1. Конный привод 2. От бензинового двигателя 3. От электромотора 4. Ветродвигатель ТВ-8	1. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко» 2. Поршневой штанговый насос 3. Подвесной центробежный насос	1. От электромотора 2. От двигателя внутреннего сгорания	
III	Глубина до динамического уровня воды от поверхности земли до 30 м	15—30	1. Спирально-цепной водоподъемник «Шен-Элис»	1. Конный привод 2. От бензинового двигателя	1. Поршневой насос двойного действия	1. От электромотора 2. От двигателя внутреннего сгорания	1. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко»	1. От электромотора 2. От двигателя внутреннего сгорания	

Продолжение

№ по порядку	Источники водоснабжения	Полная высота подъема воды (в метрах)	Подача воды водоподъемником до 2 л в секунду		Подача воды насосом от 2 до 10 л в секунду		Подача воды насосом свыше 10 л в секунду		Примечание
			Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
III	Глубина до динамического уровня воды от поверхности земли до 30 м		2. Ячеистоленточный приводной водоподъемник 3. Поршневой всасывающий и нагнетательный насос двойного действия 4. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко»	3. От электромотора 4. Ветродвигатель ТВ-5	2. Многоколесный центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко»	3. Ветродвигатель ТВ-8	2. Подвесной центробежный насос 3. Поршневой штанговый насос		
IV	Глубина до динамического уровня воды от поверхности земли до 50 м	30—50	1. Поршневой насос простого и двойного действия	1. От бензинового двигателя	1. Поршневой насос двойного действия	1. От электромотора	1. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко»	1. От электромотора 2. От двигателя внутреннего сгорания	

Продолжение

№ по порядку	Источники водоснабжения	Полная высота подъема воды (в метрах)	Подача воды водоподъемником до 2 л в секунду		Подача воды насосом от 2 до 10 л в секунду		Подача воды насосом свыше 10 л в секунду		Примечание
			Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
IV	Глубина до динамического уровня воды от поверхности земли до 50 м		2. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко»	2. От электромотора 3. Ветродвигатель ТВ-5	2. Многоколесный центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко»	2. От двигателя внутреннего сгорания 3. Ветродвигатель ТВ-8	2. Подвесной центробежный насос 3. Поршневой штанговый насос		
	Колодцы трубчатые								
V		До 6	1. Колонковый поршневой насос (всасывающий) и насос типа «Нортон» 2. Поршневые насосы типа «Новая Иматра», «Гарда» и др.	1. Ручной подъем 2. Конный привод 3. Ветродвигатель ТВ-5	1. Одноколесный центробежный насос с горизонтальным валом 2. Поршневой насос двойного действия	1. Конный привод 2. От электромотора 3. От бензинового двигателя 4. Ветродвигатель ТВ-8	1. Центробежный насос с горизонтальным валом 2. Поршневой всасывающий насос	1. От электромотора 2. От двигателя внутреннего сгорания	

Продолжение

№ по порядку	Источники водоснабжения	Полная высота подъема воды (в метрах)	Подача воды водоподъемником до 2 л в секунду		Подача воды насосом от 2 до 10 л в секунду		Подача воды насосом свыше 10 л в секунду		Примечание
			Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			3. Крыльчатый насос типа «Альвейер»						
VI		6—40	1. Артезианские поршневые насосы простого и двойного действия 2. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко» 3. Эрлифт	1. Конный привод 2. От электромотора 3. От бензинового двигателя 4. Ветродвигатель ТВ-5	1. Глубоководные поршневые штанговые насосы 2. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко» 3. Эрлифт	1. Конный привод 2. От электромотора 3. От бензинового двигателя 4. Ветродвигатель ТВ-8 5. Двигатели с компрессором	1. Центробежный насос с вертикальным валом типа «Фарко» 2. Глубоководные поршневые насосы 3. Эрлифт	1. От электромотора 2. От двигателя внутреннего сгорания 3. Двигатель с компрессором	
VII	Открытые водоемы: пруды, озера, реки и пр.		1. Центробежный насос с горизонтальным валом	1. Ручной подъем	1. Центробежный насос с горизонтальным валом	1. Ветродвигатель ТВ-8	Центробежный насос с горизонтальным валом	1. От электромотора	

Продолжение

№ по порядку	Источники водоснабжения	Полная высота подъема воды (в метрах)	Подача воды водоподъемником до 2 л в секунду		Подача воды насосом от 2 до 10 л в секунду		Подача воды насосом свыше 10 л в секунду		Примечание
			Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	Тип насоса	Привод	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
VIII	Реки, ручьи, родники, где может быть создан подпор воды от 1 м до 50 м и выше		2. Поршневые всасывающие нагнетательные насосы 3. Крыльчатый насос типа «Альвейер» 4. Спирально-цепной водоподъемник «Шен-Элис» 5. Ленточный водоподъемник Гидравлический таран	2. Конный привод 3. От бензинового двигателя 4. От электромотора 5. Электродвигатель ТВ-5	2. Поршневые всасывающие насосы	2. От электромотора 3. От двигателя внутреннего сгорания 4. Конный привод		2. От двигателя внутреннего сгорания	

Примечание 1. Под полной высотой подъема воды следует понимать суммарную высоту, включающую высоту всасывания, высоту нагнетания и потери напора.

Примечание 2. Если глубина колодца меньше указанной полной высоты подъема, то водоподъем насоса можно производить не только на поверхность земли, но и в напорный бак на остающуюся высоту.

Примечание 3. Высоту подъема воды следует измерять от динамического уровня воды в колодце, т. е. от того пониженного уровня, который устанавливается при самой интенсивной откачке воды во время эксплоатации установки.

забить круглые сваи в расстоянии друг от друга около 0,5 м. После забивки свай грунт из огороженного сваями пространства выбирается и заполняется крупным бутовым камнем.

Бутовый камень сверху перекрывается пластовым камнем, гравием и песком и засыпается грунтом. Сооружение снабжается вытяжкой и водоотводной трубой.

2. *Каптаж со сплошными шпунтовыми стенками.* В случае жидкого грунта сваи заменяются дощатым шпунтом, или же вокруг выклинивающихся ключей выкладывают стенку из глины толщиною не менее 1 м, или же делают каменную, кирпичную, бетонную или железо-бетонную стенку.

В том случае, если единичные ключи-жилы разбросаны по значительной площади, сбор воды ведут отдельными подводящими галлереями (рис. 298).

Рис. 298.

§ 18. Каптаж нисходящих ключей

1. *Каптаж ключей с водоносным слоем небольшой мощности, падающим к горизонту под небольшим углом. Водоносный слой прикрыт слоем непроницаемых пород.* Обделка ключей при такой схеме производится при помощи штольни, которую доводят до подстилающей водоупорной породы (рис. 299).

Рис. 299.

Вода поступает через стенки штольни, в которой с этой целью делается ряд отверстий. Штольням придают размеры: по высоте — 1,7 м, а по ширине — 0,7 м.

Вода сбрасывается в сборную камеру посредством желобов. Сборная камера служит одновременно отстойником и сборным резервуаром и имеет три трубы: грязевую, переливную и водоразборную.

В том случае, если водоносный пласт обладает значительной водонос-

ностью и залегает неглубоко под поверхностью земли, штольню заменяют рвом, по дну которого прокладывают дренажные трубы. Вокруг труб делают отсыпку из дренирующего материала на высоту водоносного слоя (рис. 300).

2) *Каптаж ключей с водоносным слоем небольшой мощности, падающим к горизонту под небольшим углом и занимающим большую ширину по склону.* Обделка ключей при такой схеме расположения водоносного пласта производится штольней, заложенной перпендикулярно направлению потока, или же рвом, по дну которого заложены дренажные трубы, гончарные канализационные трубы без закрытия стыков или чугунные дырчатые трубы. Трубы обычно обсыпаются дренирующим материалом, с крупными частицами ближе к трубе.

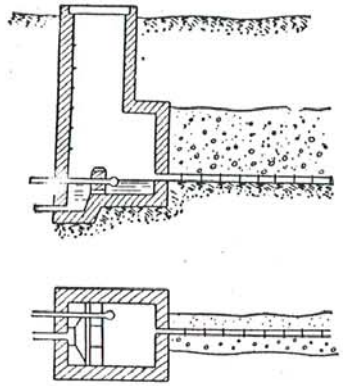


Рис. 300.

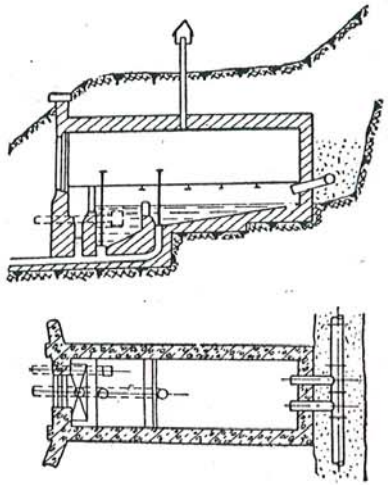


Рис. 301.

Штольни имеют размеры, соответствующие размерам водоносного слоя, но не меньше 1,7 м по высоте и 0,7 м по ширине. Дренажные рвы имеют отсыпку из дренирующего материала на высоту водоносного слоя (рис. 301).

Камера состоит из двух отстойников, одновременно служащих и сборными резервуарами. Для систематических наблюдений за работой каптажного сооружения по середине камеры имеется наблюдательный мостик (для прохода).

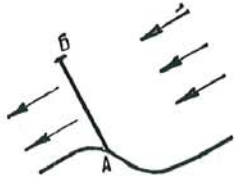


Рис. 302.

3) *Каптаж ключей с водоносным слоем, расположенным параллельно подошве склона возвышенности* (рис. 302). В таких случаях ось штольни или ось дренажного рва имеет направление, перпендикулярное направлению подземного потока. Штольня имеет такие же размеры, как и в предыдущих случаях. Поступление воды в штольню из водоносного пласта в данном случае будет одностороннее, поэтому отверстиями снабжают только одну стенку штольни, обращенную к водоносному пласту.

По конструкции каптажные сооружения для этого случая не будут ничем отличаться от типов сооружений, указанных на рис. 299—301.

4) *Каптаж ключей, получающих воду из водоносного пласта в виде отдельных, преимущественно горизонтальных жил.* В таких случаях предварительными исследованиями устанавливают направление этих водоносных жил и подводят к ним штольни, засыпая их дренирующим материалом. Один из таких типов каптажного сооружения показан на рис. 303.

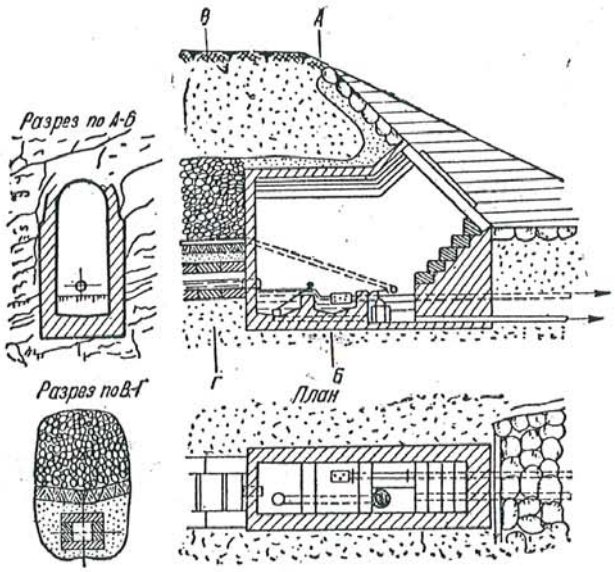


Рис. 303.

Другой тип каптажного сооружения, перехватывающего горизонтально распространенные водоносные жилы, указан на рис. 304. Пространство, на котором расположены жилы, здесь перекрыто и огорожено водоупорной оболочкой из глины или другого непроницаемого материала.

В таком перекрытом пространстве вода собирается дренажными трубами, обсыпанными дренирующим материалом. Собранная вода затем поступает в сборную шахту, дно которой разделено перемычкой на две части; в первом отделении поступаю-

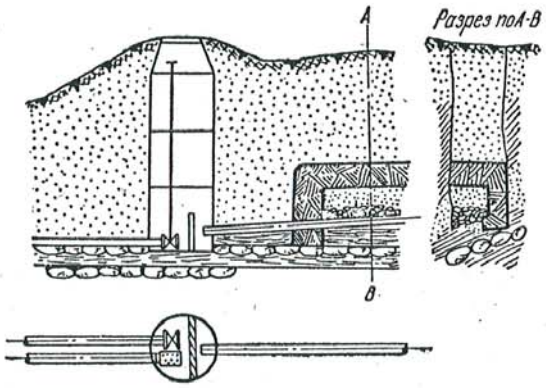


Рис. 304.

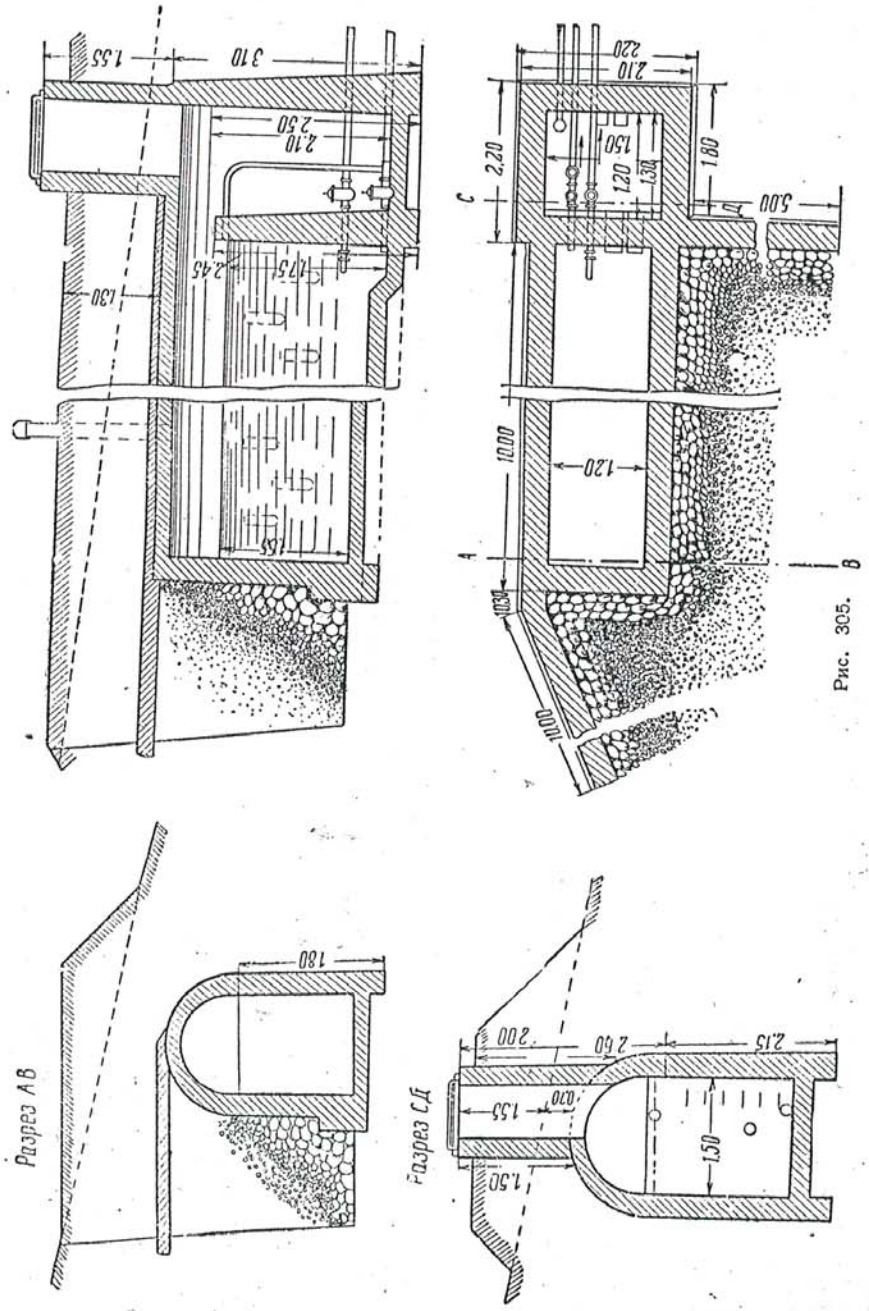
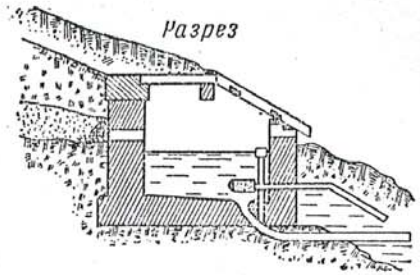


Рис. 305.

щая из труб вода освобождается от взвешенных частиц. Шахта снабжена двумя трубами — сливной и питательной.

При устройстве каптажных сооружений, особенно при каптаже маломощных ключей имеет большое значение наличие сборных резервуаров. Сборные резервуары могут быть железо-бетонные, бетонные, каменные, кирпичные и реже деревянные в виде деревянных баков. Один из таких сборных резервуаров показан на рис. 305.

На этом рисунке сборный резервуар одной длинной и одной короткой стороной соприкасается с водоносным пластом. В целях увеличения захвата водоносной породы стенки врезаются в водоносный пласт двумя открылками, длина которых зависит от топографических и гидрогеологических условий. Из пространства, соприкасающегося со стенками сборного резервуара и открылков, грунт выбран и заменен дренирующим материалом, крупность которого возрастает от периферии к стенке.



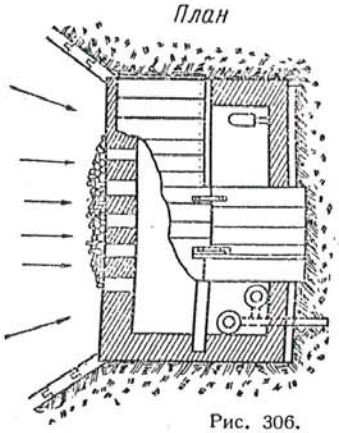
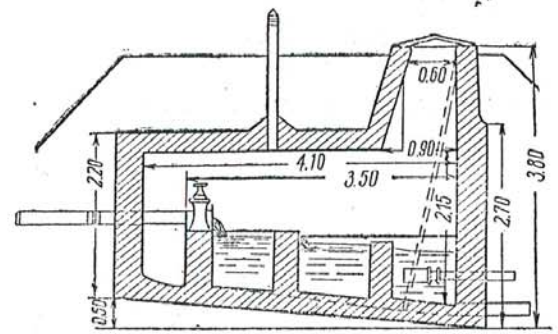


Рис. 306.



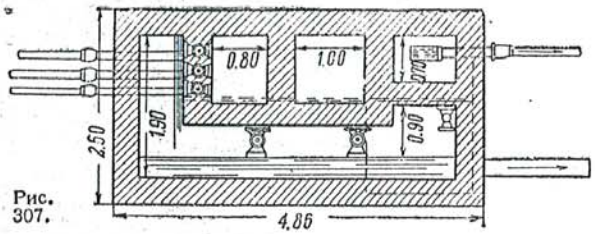


Рис. 307.

Поступление воды в каптажную камеру резервуара идет через щели. Каптажная камера имеет три трубы: питательную, сбросную и грязевую. Управление задвижками производится в особой камере — шахте, имеющей сообщение с поверхностью при помощи лаза. Два других типа каптажных сооружений показаны на рис. 306 и 307; на первом рисунке представлен однокамерный сборный резервуар, а на втором — двухкамерный.

Очень часто сборные резервуары вы-

носят в сторону от каптажного сооружения и делают их более значительного объема.

На рис. 308 показан сборный резервуар в виде круглого деревянного бака емкостью 35 м³. Бак помещен внутри сруба, опущенного наполовину в землю и сверху утепленного.

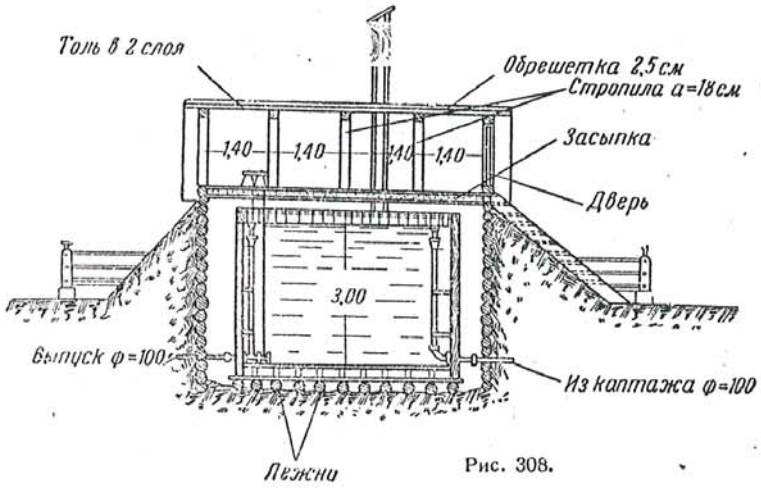


Рис. 308.

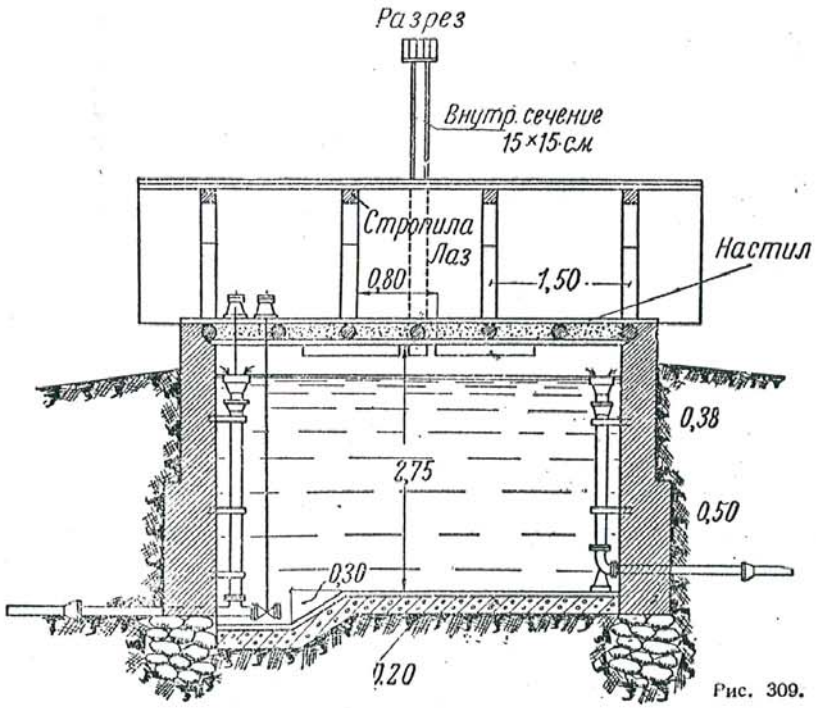


Рис. 309.

На рис. 309 показан каменный или кирпичный резервуар емкостью 38,5 м³, помещенный целиком под землю. Внутренние стенки такого резервуара должны быть цементированы и сделаны водонепроницаемыми.

На рис. 310 показан железо-бетонный резервуар емкостью 57 м³.

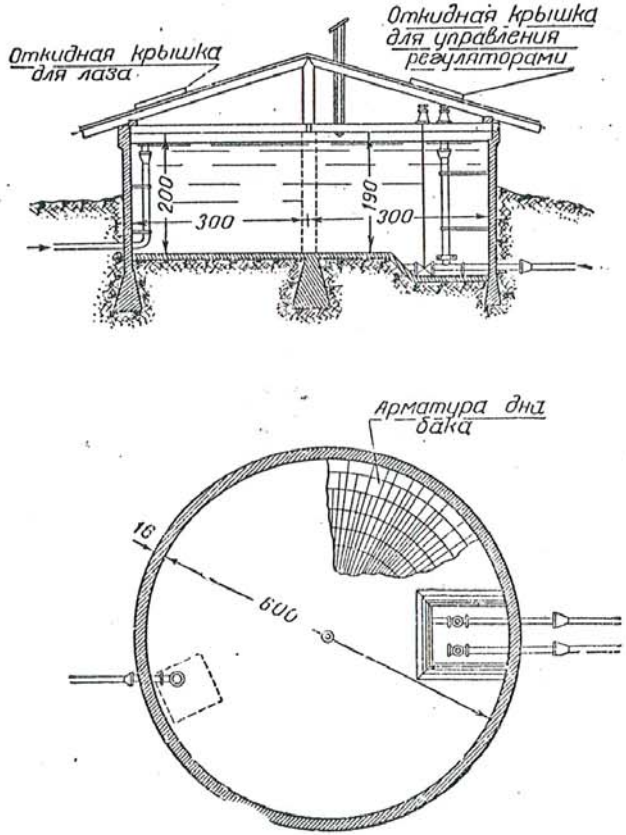


Рис. 310.

При устройстве всяких каптажных сооружений должны быть соблюдены следующие технические и санитарные требования.

1) Каптажные сооружения и каптажируемые ключи должны быть предохранены от проникновения поверхностной и почвенной воды.

2) Каптажная камера должна быть снабжена хорошей дверью (и крышкой).

3) Каптажное сооружение должно быть доступно для осмотра и ремонта.

4) Каптажное сооружение должно быть защищено от жары, мороза и загрязнения.

5) Каптажное сооружение должно иметь вентиляцию.

6) Каптажное сооружение должно иметь приспособления для удаления излишней воды, спуска грязевых вод и наносов и для опоражнивания.

ГЛАВА VII

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОХРАНИЛИЩ

§ 19. Выбор места для плотины и водохранилища

При выборе места для плотины и водохранилища руководствуются следующими условиями.

1. Водохранилище должно быть обеспечено достаточной и по возможности малораспаханной площадью питания, обеспечивающей наполнение пруда.

2. Водохранилище не должно заливать усадебных мест и ценных угодий, не должно создавать подпора грунтовых вод и заболачивания в прилегающих к пруду угодиях.

3. Плотина, образующая водохранилище, должна иметь минимальную длину и упираться концами в не слишком крутые берега балки или оврага.

4. Место для плотины не должно иметь выходов грунтовых вод.

5. В случае устройства водохранилища для нужд питьевого водоснабжения, водохранилище должно быть расположено выше населенного пункта, а в случае использования для полевого водоснабжения — в центре обслуживаемого участка, но не ниже сооружений и пунктов, загрязняющих пруд.

6. Водохранилище, в целях наименьшего зарастания, должно иметь крутые берега, но в нескольких пунктах обладать хорошими подъездами для забора воды.

7. Средняя глубина воды в пруду в летний период должна быть не менее 1,5—2 м, а в случае разведения в нем рыбы слой воды зимой под льдом должен быть не менее 0,7 м.

Определение объема воды, стекающей в водохранилище, — см. главу XVIII, «Орошение и обводнение из водохранилищ местного стока», а также том II «Справочника».

§ 20. Расчет объема водохранилища

Полный объем водохранилища в балках правильного треугольного профиля определяют по формуле:

$$W_{полн} = \frac{bhl}{6};$$

Объем водохранилища в балках параболического профиля:

$$W_{полн} = \frac{2}{9} bhl,$$

где b — длина плотины поверху (в метрах);
h — глубина воды у плотины (в метрах);
l — длина водохранилища (в метрах).

Более точно объем пруда подсчитывается по площадям поперечных сечений, параллельных друг другу, по формулам:

$$W = \frac{h}{2}(f_1 + f_2);$$

или

$$W = \frac{h}{3}(f_1 + f_2 + \sqrt{f_1 f_2}),$$

где f_1 и f_2 — площади смежных горизонтальных или вертикальных сечений (в квадратных метрах), а h — расстояние между ними (в метрах).

Годовой полезный объем водохранилища, потребный хозяйству, определяется из формулы:

$$W_{полезн} = W_{полн} - W_{исп} - W_{фильтр} - W_{лед} - W_{заил} - W_{мерт},$$

где $W_{полезн}$ — полезный объем водохранилища;
$W_{полн}$ — полный объем водохранилища;
$W_{исп}$ — объем испаряющейся воды;
$W_{фильтр}$ — объем воды на фильтрацию;
$W_{лед}$ — максимальный объем ледяного покрова;
$W_{заил}$ — объем заиления;
$W_{мерт}$ — мертвый неприкосновенный запас воды.

Все величины — в кубических метрах.

Потери воды на испарение, фильтрацию, лед и объем заиления водохранилища вычисляют следующим образом.

Потери воды из водохранилищ на испарение, при отсутствии соответствующих специальных наблюдений на метеорологических станциях, могут быть вычислены ориентировочно по формуле проф. Апполова:

$$h = \frac{(t+15)^2 + 86}{12},$$

где h — испарившийся в месяц слой воды в миллиметрах;
t — средняя месячная температура воздуха в градусах Цельсия.

Потери на фильтрацию определяют по формуле Дарси:

$$Q = \omega k i,$$

где Q — потери на фильтрацию в единицу времени (в кубических метрах);
ω — площадь, с которой определяются потери в квадратных метрах;
k — коэфициент фильтрации;
i — гидравлический уклон.

Гидравлический уклон при этом определяется по формуле:

$$i = \frac{H+h}{h},$$

где H — глубина воды в пруде в метрах;
h — расстояние от дна пруда до уровня грунтовых вод в метрах.

Для ориентировочных подсчетов годовых потерь на фильтрацию (в виде слоя воды) принимаются следующие величины:

При водонепроницаемых грунтах и близких грунтовых водах в берегах	0,5 м в год
При средних грунтах	0,5—1,0 м в год
При проницаемых неводоносных породах	1,0—2,0 м в год

Потери воды на образование льда исчисляют объемом образовавшегося льда, используя для этого данные гидрометрических станций или производя непосредственный промер толщины льда в существующих водохранилищах.

Заиление пруда слагается из ежегодных заилений и учитывается по аналогии с заилением других прудов, близких по характеру питающих их водосборных площадей.

Мертвый неприкосновенный запас должен быть равен объему воды, имеющему минимальную среднюю глубину 0,7—1 м для рыбных прудов и 1 — 2 м для питьевых прудов.

ГЛАВА VIII

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СООРУЖЕНИЙ ДЛЯ СБОРА АТМОСФЕРНЫХ ВОД

§ 21. Проектирование цистерн для сбора атмосферных вод

По типу водосбора различают: цистерны полевые, для которых водосбором служат специально устраиваемые водосборные площадки, и цистерны дворовые, поселковые, для которых водосборами служат крыши.

По конструкции и способу очистки воды различают: цистерны с заполнением песком (венецианские цистерны), цистерны с фильтром (американские) и русские цистерны в виде обычных колодцев с непроницаемым дном. Общие условия, которым должны удовлетворять цистерны:

а) цистерна должна быть расположена на достаточном расстоянии от загрязненных мест;

б) грунтовые воды должны быть ниже дна цистерны;

в) цистерна должна быть оборудована водоподъемом, гарантирующим воду от загрязнения;

г) при устройстве венецианских цистерн полезный объем составляет не более 25% от всего объема песка;

д) цистерна должна быть обеспечена грязевой и сливной трубой;

е) в американской и русской цистернах над слоем воды в цистерне должен быть слой воздуха не менее 1 м;

ж) цистерна должна быть защищена от прогревания, замерзания, пыли и света. *

Тип полевой цистерны представлен на рис. 311.

Расчет цистерн. Необходимая площадь водосбора определяется по формуле:

$$\omega = \frac{Q}{\alpha\, mH},$$

где Q — потребное количество воды в кубических метрах в год;

α — коэфициент стока; с крыш — 0,85, с искусственных водосборных площадок—0,70 и при задернованной поверхности—0,60;

m — коэфициент надежности осадков, равный частному от деления среднего количества осадков на максимальное их количество за год;

H — среднее количество годовых осадков в метрах.

Объем цистерны зависит от количества потребляемой воды и режима выпадения атмосферных осадков; он определяется путем балансирования поступления и расходования воды по отдельным периодам года или построением графика поступления и расходования воды.

Объем копани в полевых цистернах, или регулирующего бассейна при дворовых цистернах, определяется по формуле:

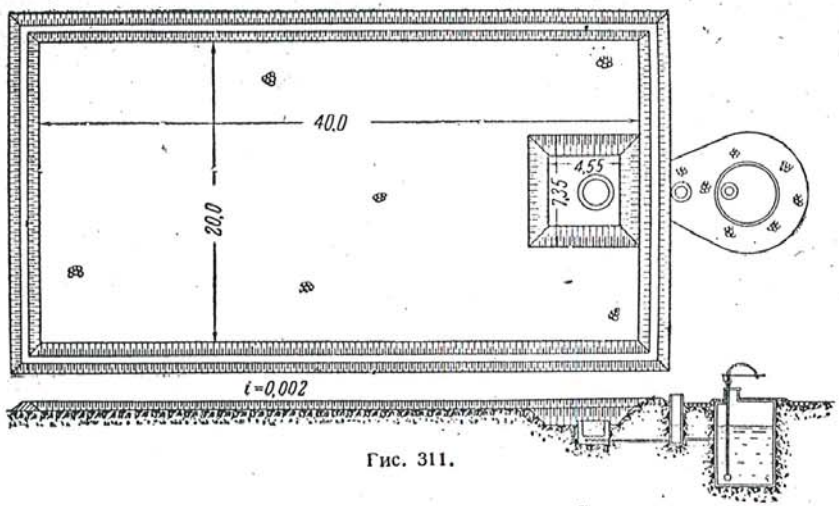
$$W = h \cdot \alpha \cdot \omega,$$

где h — суточный максимум осадков в метрах;

α — коэфициент поверхностного стока;

ω — размер водосборной площади в квадратных метрах.

* Типы дворовых цистерн описаны в книге Калабугина «Основы с.-х. обводнения и водоснабжения», Сельхозгиз, 1933 г.



Гис. 311.

§ 22. Проектирование снежников

Объем снежника W — определяется по формуле:

$$W = \alpha\beta Q,$$

где Q — потребное количество воды, которое желают получить из снежника в кубических метрах;

α — переходный коэфициент от объема воды к объему снега; для рыхлого снега α = от 10 до 13, а для утрамбованного — от 2 до 4;

β — коэфициент, учитывающий потерю на испарение и фильтрацию. В земляных снежниках β = от 1,1 до 1,5.

Основные условия при устройстве снежников:

а) обеспечение от загрязнения почвенными и недоброкачественными грунтовыми водами;

б) обеспечение отвода поверхностных вод;

в) обеспечение от проникновения воздуха в моменты, когда вода из снежника не разбирается.

ГЛАВА IX

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВОДОПРОВОДОВ

§ 23. Классификация и схемы водопроводов

Классификация. Все водопроводы по способу подачи в них воды могут быть распределены на две группы: 1) самотечные и 2) напорные.

К группе самотечных водопроводов относятся водопроводы, питающиеся из источников, расположенных выше населенного пункта. Вода, стекая самотеком по трубам или каналам, направляется в резервуары населенных пунктов, а затем в распределительную сеть или же распределяется непосредственно по распределительной сети.

Эксплоатация такого водопровода, не вызывая затрат энергии на подъем и передвижение воды по трубопроводам, требует только надзора за регулированием движения воды и состоянием водопроводных сооружений и поэтому обходится сравнительно недорого.

К группе напорных водопроводов относятся водопроводы, воду для которых приходится брать из источников водоснабжения, расположенных ниже населенного пункта.

Эксплоатация таких водопроводов по сравнению с самотечными стоит гораздо дороже.

Самотечные водопроводы при полной схеме состоят из следующих сооружений: водозахватное сооружение с резервуаром или без резервуара с приспособлением для освобождения воды от взвешенных частиц, водовод, уравнительный резервуар, магистраль, распределительная сеть, водоразборные сооружения и приборы.

Напорные водопроводы при полной схеме состоят из водозахватных сооружений, насосной станции первого подъема, водовода первого подъема, очистных сооружений, резервуара чистой воды, насосной станции второго подъема, водовода от станции второго подъема до водонапорной башни или резервуара магистрали, распределительной сети и водоразборных сооружений.

Схемы водопроводов

1. Самотечные водопроводы. Самотечные водопроводы могут питаться искусственно выведенными на поверхность земли подземными водами или естественными ключами. Они должны быть расположены выше населенного пункта настолько, чтобы это превышение было не менее суммы всех потерь в трубопроводе плюс потребный свободный напор для самой неблагоприятной точки.

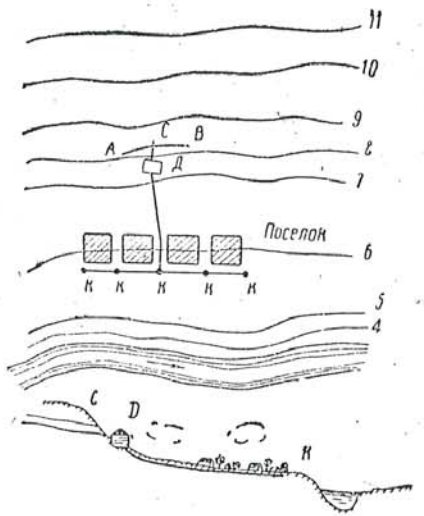


Рис. 312. Схема самотечного водопровода: *АСВ* — водосборные галлереи, *Д* — резервуар, *К* — водоразборные колонки.

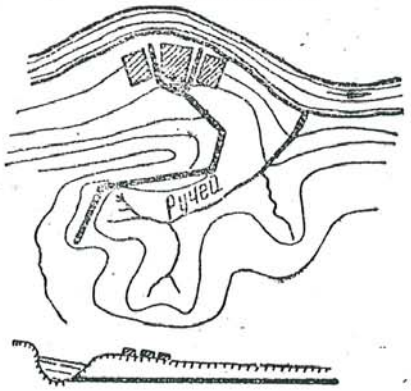


Рис. 313. Схема самотечного водопровода из каптированных ключей.

Простейшая схема самотечного водопровода из водосборной галлереи представлена на рис. 312; кроме каптажных сооружений, здесь показаны резервуар, распределительная сеть и водоразборные сооружения.

Схема самотечного водопровода из каптированных ключей, находящихся выше населенного пункта, показана на рис. 313. По такой же схеме может быть выполнен самотечный водопровод из горной реки, имеющей большое падение. Водозаборное сооружение располагают выше

населенного пункта с учетом потерь в трубопроводе и необходимого свободного напора.

Схема самотечного водопровода из водохранилища или из естественного водоема, расположенного выше населенного пункта, указана на рис. 314.

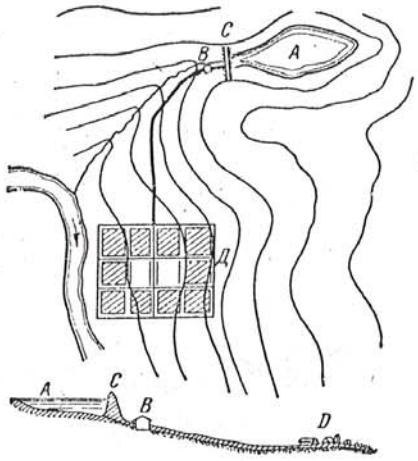


Рис. 314. Схема самотечного водопровода из водохранилища: *А* — пруд, *С*— плотина, *В* — отстойник, *ВД* — трубопровод, *Д* — поселок.

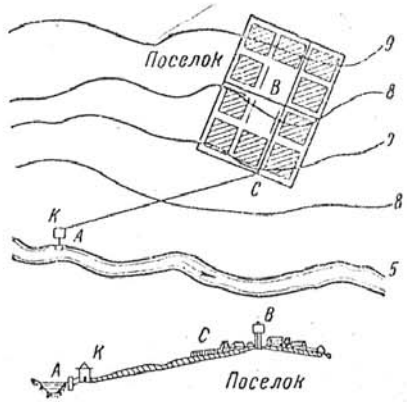


Рис. 315. Схема напорного водопровода из реки: *А* — водоприемник, *К*— насосная станция, *В* — водонапорная башня, *КСВ* — трубопровод.

2. Напорные водопроводы. Все источники с водой, пригодной для с.-х. водоснабжения, могут быть использованы при помощи напорных водопроводов.

Простейшая схема напорного водопровода из реки показана на рис. 315. По такой же схеме может быть выполнен водопровод из озера или водохранилища, расположенного ниже населенного пункта.

Простейший напорный водопровод из каптированных ключей, находящихся ниже населенного пункта, может быть выполнен по схеме рис. 316.

Схема напорного водопровода из артезианской скважины указана на рис. 317.

Схема напорного водопровода, получающего питание из фильтрационных речных вод, указана на рис. 318.

По этой схеме водозаборные сооружения отнесены от реки для того, чтобы избежать очистки и не строить нассеной станции у реки на искусственной насыпи (река весной широко заливает пойму и имеет значительный подъем).

Схема таранного водопровода, получающего воду из водохранилища, указана на рис. 319. По этой схеме таран от водохранилища должен быть расположен не ближе 7 и не дальше 100 м. Водохра-

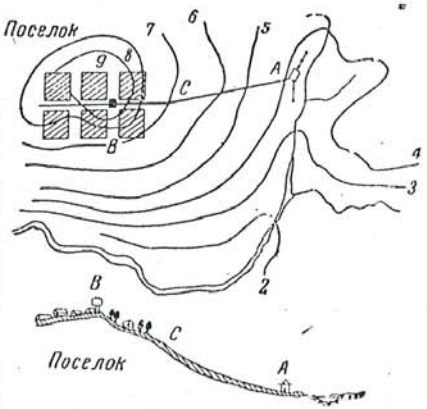


Рис. 316. Схема напорного водопровода из каптированных ключей: *А* — водоподъемная станция, *В* — водонапорная башня, *АСВ* — трубопровод.

нилище должно получать достаточное количество воды (с учетом коэфициента полезного действия тарана). Водопровод должен иметь водонапорную башню или водонапорный резервуар.

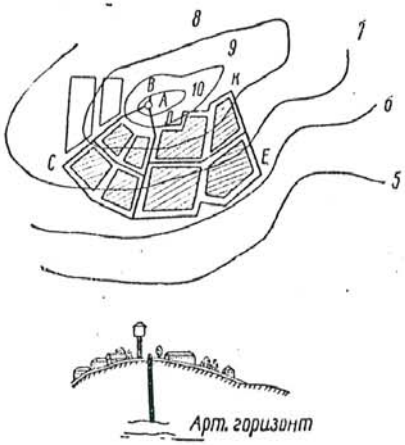


Рис. 317. Схема напорного водопровода из артезианской скважины: *А* — артезианская скважина, *В* — водонапорная башня, *СВКЕ* — трубопровод.

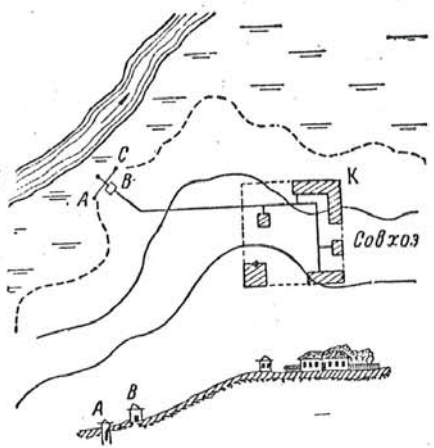


Рис. 318. Схема напорного водопровода из фильтрационных речных вод: *АС* — сборная галлерея, *В*—машинное здание, *ВК* —трубопровод.

Схема таранного водопровода на рис. 320, в отличие от предыдущей схемы, предусматривает между водоемом и таранной установкой промежуточный резервуар, находящийся от тарана на расстоянии 7—100 м.

Водонапорная башня (или водонапорный резервуар) заменена водонапорным баком в чердачном помещении высокого здания.

3. Малонапорные водопроводы. В условиях с.-х. водоснабжения иногда целесообразно устройство малонапорных водопроводов, что дает возможность избежать устройства дорогостоящей водонапорной башни. Схема таких водопроводов указана на рис. 321 и 322.



Рис. 319.

На рис. 321 показана схема малонапорного водопровода, получающего воду, например, из хорошего грунтового колодца или группы грунтовых колодцев. Водонапорный бак расположен на возвышенном месте; состоит из деревянного чана, помещенного в утепленном помещении. Водо-

разбор производится через водоразборные утепленные бассейны.

На рис. 322 указана схема малонапорного водопровода, получающего воду из источника при помощи насосной станции.

Напорный бассейн, расположенный на возвышенной точке населенного пункта, и сеть водоразборных приспособлений состоят из подземных резервуаров, хорошо изолированных от поступления поверхностных и грунтовых вод.

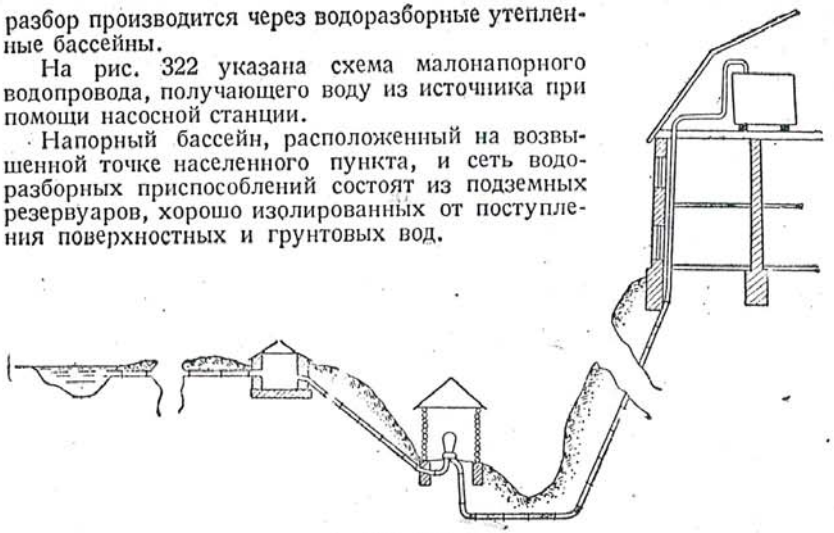


Рис. 320.

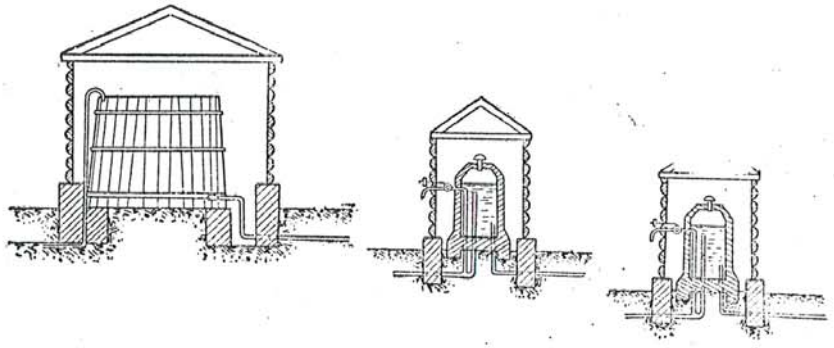


Рис. 321.

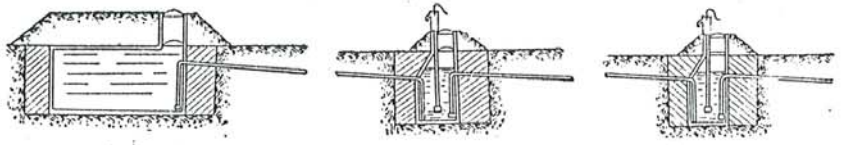


Рис. 322.

Наполнение водоразборных резервуаров обеспечивается за счет разности уровней, достаточной для работы сифонного соединяющего трубопровода. Непосредственный водоразбор производится с помощью всасывающего насоса.

§ 24. Водозаборные сооружения

Типы водозаборных сооружений выбираются в зависимости от рода источника, а при открытых источниках, т. е. реках и озерах и т. п., — в зависимости от поперечного сечения русла и берегов реки или озера, а также от характера колебания в них уровня воды.

1. Водозаборные сооружения на реках, озерах и т. п.

1. Простейшим сооружением для забора воды из реки или озера является трубопровод, опущенный на свайном ростверке на глубину ниже кромки льда реки или озера и выше дна не менее 0,25—0,5 см. Конец трубы снабжен наконечником, препятствующим проникновению крупных взвешенных частиц. Применяется на реках с неустойчивым руслом.

2. При реках с устойчивым руслом трубопровод прокладывается по дну реки (рис. 323).



Рис. 323.

Наконечник состоит из дырчатого или сетчатого колпака, опущенного под горизонт ниже самой низкой кромки льда и выше дна не менее как на 0,5 м. На сплавных реках наконечник отмечается бакеном или другим опознавательным значком. Установку наконечника на дне водоема целесообразно сделать по типу рис. 324.

3. Очень часто конец трубопровода помещают в железо-бетонном водоприемнике (рис. 325), отсыпая его каменной забросной с трех сторон в случае непосредственного примыкания водоприемника к берегу и с четырех сторон—если водоприемник вынесен ближе к стрежню потока. В водоприемниках такой конструкции весьма затруднительна очистка наброски от грязи.

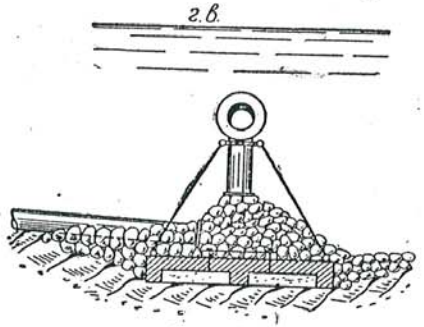


Рис. 324.

4. В реках с глубоким промерзанием и со значительным расходом под дном русла целесообразно применение водозаборных сооружений по типу рис. 326.

При данном типе водозаборного сооружения целесообразно более значительное его заглубление в дно реки и вынос ближе к середине русла.

5. Водозаборное сооружение на реках и озерах целесообразно делать в виде самотечного трубопровода или галлереи, соединяющей реку с приемным колодцем. Конец галлереи обсыпается каменной набросной (рис. 327), а в случае применения труб они обделываются одним из способов, указанных на рис. 323—326.

Реже водозаборные сооружения для с.-х. водопроводов устраиваются в виде мостовых опор, сопрягаемых с берегом реки обратными крыльями. Вода в такие водоприемники поступает из реки через окна в стенке водозаборного сооружения, соприкасающейся с водой.

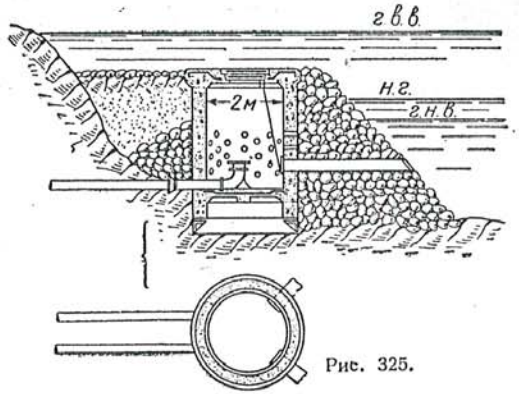


Рис. 325.

Если река имеет большой период ледохода или подвергается засорению вследствие ливневых паводков и затяжных дождей, а также в случае незначительных глубин в период межени, рационально водоприемник располагать не на реке, а в особом бассейне-ковше, соединенном с рекой коротким каналом. Такой ковш может служить и отстойником. Размеры такого ковша зависят главным образом от продолжительности периода ливневых паводков, от величины взвешенных в воде наносов и от величины потребного расхода населенного пункта. Глубина ковшей не должна быть меньше 2 м.

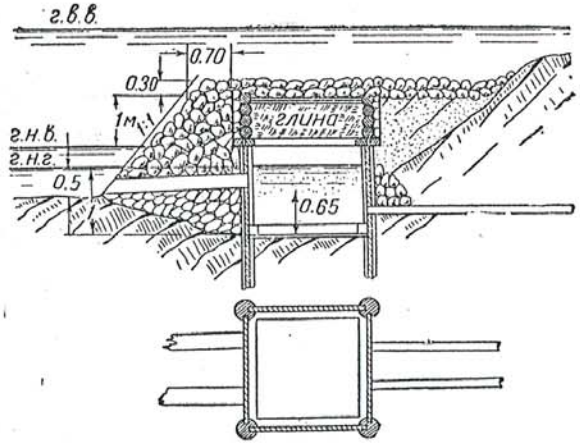


Рис. 326.

Все указанные речные водозаборные сооружения должны быть расположены по течению реки выше населенного пункта и выше мест, загрязняющих воду.

Приемник располагается у берега, не подверженного подмыву и обмелению.

Водозабор воды из озер несколько отличается от речных водозаборов. Водозаборные сооружения, особенно на мелких озерах, необходимо относить далеко от берега и в сторону от населенного пункта. Конец трубы

требует часто обделки дорогостоящими сооружениями. В этом случае такие сооружения лучше заменять фильтрующими колодцами или системой водосборных колодцев.

Водозабор воды из прудов устраивают по типу речных водозаборных сооружений,

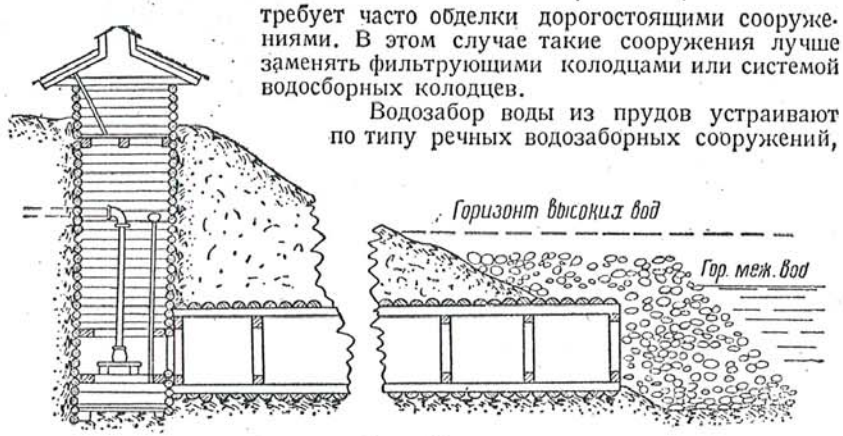


Рис. 327.

располагая их в устойчивых и крутых берегах водохранилища. Можно устраивать водозаборное сооружение и по типу трубчатого водоспуска.

2. Сооружения для забора воды из ключей

1. Водозаборное устройство при восходящих ключах обычно выполняется в виде каптажного сооружения (см. «Каптажи ключей»), но только при устройстве водопроводов эти сооружения делаются более капитальными и им предшествуют более детальные изыскания.

Каптажное водозаборное сооружение необходимо снабжать при восходящих ключах:

1) сливной трубой, обеспечивая недопущение предельного высокого динамического горизонта,

2) питательной трубой, обеспечивающей бесперебойную подачу воды без взвешенных наносов,

3) грязевой трубой, обеспечивающей периодический спуск осадка и грязевых вод при очистке сооружения,

4) задвижками на питательной и грязевой трубах.

Задвижки на этих трубах целесообразно располагать в особой камере, удобной для доступа во время осмотра и ремонта.

Дебит ключей восходящих в каждом отдельном случае определяется соответствующими полевыми исследованиями.

2. Водозаборное устройство при нисходящих ключах обычно выполняется в виде каптажных сооружений, указанных на рис. 299—302.

Дополнительное оборудование, указанное для каптажных устройств, используемых в качестве водозаборных сооружений при восходящих ключах, является необходимым при водозаборах и при каптаже нисходящих ключей.

Дебит ключей нисходящих определяется фактическими замерами расходов из пробных галлерей или по формуле Дарси:

$$Q = k\omega J,$$

где ω — живое сечение подземного потока в квадратных метрах;

k — коэфициент водопроницаемости в сантиметрах в секунду;

J — гидравлический уклон, получаемый на основании плана гидроизогипс.

Коэфициенты k по опытам Дарси приблизительно могут быть взяты:

Для мелкого песка при среднем диаметре зерен 0,25 мм	0,00025
» среднего » » » » » 1 мм	0,001
» крупного » » » » » 5 »	0,005
» хряща » » » » » 10 »	0,01

Количество воды, которое может быть захвачено из водоносного горизонта водосборным сооружением в виде галлереи, питающейся с одной стороны из песков, может быть определено по следующей формуле:

$$Q = lk\,\frac{H^2 - h^2}{2R},$$

где l — длина галлереи в метрах;

k — коэфициент водопроницаемости водоносной породы;

H — мощность слоя грунтовой воды в метрах;

h — глубина воды в водосборном сооружении в метрах;

R — радиус депрессии в метрах (см. раздел IV, т. II «Справочника по мелиорации и гидротехнике»).

В случае устройства глубокого каптажа в виде водосборных галлерей (кяризов) количество воды, даваемое галлереями, определяют по формуле:

$$Q = \frac{kl\,(H + h)}{2}\,J,$$

где Q — количество даваемой галлереей воды в кубических метрах;

J — средний уклон линии депрессии, равный:

Для наиболее проницаемых грунтов	0,003—0,006
» песков	0,006—0,020
» супесчаных почв	0,020—0,050
» суглинистых грунтов	0,05—0,10
» глинистых грунтов	0,10—0,15
» более тяжелых глин	0,15—0,20

l — длина галлереи в метрах;

H — превышение самой высокой точки линии депрессии над дном галлереи в метрах;

h — глубина воды в галлерее в метрах;

k — коэфициент водопроницаемости.

Длина водоприемной части водосбора в трещиноватой породе определяется по формуле:

$$l = \frac{Q}{q}\,\eta;$$

где l — длина водоприемной части водосбора в метрах;

Q — потребный максимальный расход в кубических метрах в сутки;

q — удельный расход грунтового потока на 1 пог. м галлерей в кубических метрах в сутки;

η — коэфициент запаса, равный 2—3.

3. Водозаборные сооружения в виде шахтных и трубчатых колодцев

Водозаборное сооружение в виде шахтных колодцев мало отличается от обычных колодцев. Разница заключается только в том, что иногда более значительные в плане габариты насосов потребуют большего диаметра шахты.

Количество воды, даваемое полным или совершенным (доведенным до водоупора) колодцем, заложенным в песчаной водоносной породе, определяется по формуле:

$$Q = 1{,}37k\frac{(H+h)(H-h)}{\lg\frac{R}{r}};$$

где Q — расход воды в кубических метрах в сутки;
k — коэфициент водопроницаемости водоносной породы в метрах в сутки;
H — мощность водоносного слоя в метрах;
h — слой воды у внешней стенки колодца, доведенного до водоупорного слоя в метрах;
r — радиус колодца в метрах;
R — радиус депрессионной воронки в метрах. Для приблизительных подсчетов R для глинистых песков — 100—120 м, для песчаных пород — 200—500 м, для крупнозернистых гравия и гальки — более 500 м.

Количество воды, даваемое несовершенным (не доведенным до водоупора) колодцем при питании через дно, определяется по формуле:

$$q = Q\sqrt{\frac{t+0{,}5r}{h}}\sqrt[4]{\frac{2h-t}{h}};$$

где q — дебит несовершенного колодца в кубических метрах;
Q — дебит колодца в кубических метрах, если бы он был углублен до водоупорного слоя;
t — мощность слоя воды в несовершенном колодце при понижении уровня при откачке (в метрах);
h — расстояние в метрах от уровня воды в колодце до водоупорного слоя, или, иначе, мощность слоя воды в колодце, если бы он был совершенным.

При этом вместо H берется H_a, под которым надо разуметь толщину такого активного слоя, который по Паркеру $= 1{,}5\ (H-h+t)$, а по Замарину при

$H-h=0{,}2\,(S+t)$	$H_a=1{,}3\ \ (H-h+t)$
$H-h=0{,}3\,(S+t)$	$H_a=1{,}5\,(H-h+t)$
$H-h=0{,}5\,(S+t)$	$H_a=1{,}7\,(H-h+t)$
$H-h=0{,}8\,(S+t)$	$H_a=1{,}85\,(H-h+t)$

где S — понижение уровня в колодце по отношению к уровню до откачки.

Количество воды, даваемое артезианской скважиной, может быть определено по следующей формуле:

$$Q = 2\pi mk\frac{(S+h_w)}{\ln R-\ln r};$$

где k — коэфициент водопроницаемости водоносного слоя;
m — мощность водоносного слоя в метрах;
S — понижение уровня воды в колодце при откачке в метрах;
h_w — сопротивление входа воды в колодец (в метрах), нормально не превышающее 0,5 м, но иногда достигающее нескольких метров;
R — радиус депрессионной воронки в метрах;
r — радиус скважины в метрах.

Водозаборные сооружения в виде трубчатых колодцев по внешнему виду отличаются от обычных трубчатых и артезианских колодцев только более значительным диаметром скважины и более мощным насосом, приводимым в движение механическим двигателем.

При использовании трубчатых и артезианских колодцев в качестве водозаборных сооружений для водопроводов должны быть проведены следующие мероприятия.

а) В местах перехода от обсадных труб большего диаметра к диаметру меньшему кольцевой зазор заделывается цементом, асфальтовым бетоном, свинцовым кольцом.

б) Верхняя пористая часть фильтра должна быть на 0,25—0,5 м ниже потолка водоносного слоя.

в) Верхняя часть трубы скважины должна возвышаться над полом шахты или насосной станции не менее чем на 0,5 м.

г) Шахта должна быть водонепроницаема.

д) Люк шахты должен возвышаться над уровнем земли не менее чем на 0,5 м и иметь плотно закрывающуюся крышку.

Если дебит одного колодца недостаточный, устраивают несколько колодцев, работающих одновременно.

При выборе места для группы колодцев соблюдают следующие условия:

а) колодцы располагают преимущественно параллельно гидроизогипсам;

б) колодцы располагают в местах, где водоносный грунт обладает большой водопроницаемостью и водоотдачей (гидроизогипсы реже и имеют правильную форму);

в) колодцы располагают вне зоны затопления и подтопления;

г) при пес грых по качеству горизонтах производят детальные изыскания.

Число колодцев n определяется по формуле:

$$n = \frac{Q}{q}+S,$$

где Q — необходимая общая производительность сборного колодца в кубических метрах;
q — производительность одного колодца (в кубических метрах);

S — при n от 2 до 7 берется 1,
» n от 8 до 13 » 2,
» n от 13 до 20 » 3.

Расстояние между колодцами иногда принимают

$$l = \text{ от } R \text{ до } 2R,$$

где R — радиус депрессионной воронки колодца.

Общая длина каптажной линии:

$$L = l\,(n-1).$$

Конструкция колодцев обычная.

Колодцы соединяются со сборным при помощи самотечно-напорных, сифонных и нагнетательно-напорных трубопроводов. Общая схема самотечно-напорного трубопровода показана на рис. 328.

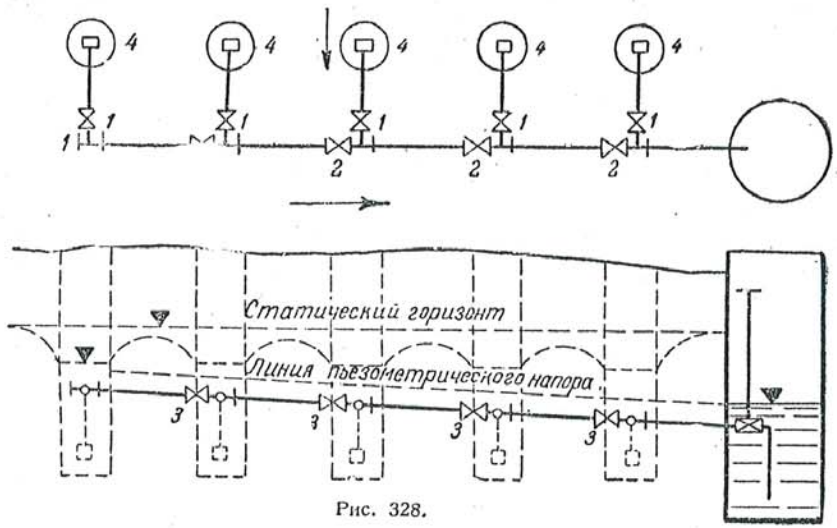


Рис. 328.

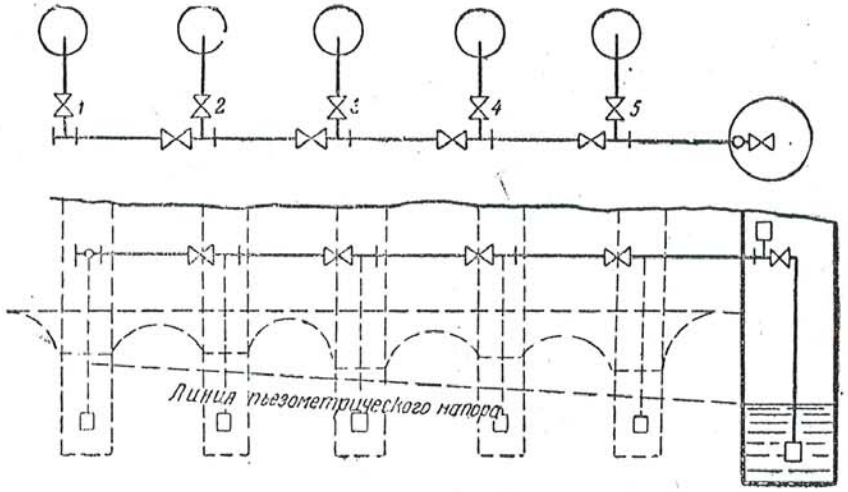


Рис. 329.

Соединительный самотечно-напорный трубопровод закладывается ниже отметок динамического уровня воды в водозаборных колодцах.

Применение самотечно-напорных трубопроводов ограничивается глубиною не свыше 6—7 м. Общая схема сифонного соединительного трубопровода показана на рис. 329.

Соединительный сифонный трубопровод закладывается выше линии гидродинамических уровней.

Превышение самых высоких точек сифонного трубопровода над самым низким динамическим горизонтом воды в колодце должно быть не более практической высоты всасывания.

Для того чтобы сифон работал, отметка уровня воды в сборном колодце β должна быть равна:

$$\beta = A - \Sigma h,$$

где Σh — общая сумма потерь напора в метрах на всей длине сифона;

A — отметка динамического уровня воды в наиболее удаленном от сборного водозаборном колодце.

Практически разность уровней в сборном колодце и в водозаборных при расчете принимается на 30—50% больше суммы всех потерь в сифоне, выраженных высотою столба воды.

Объем сборного колодца определяется (рис. 330) по формуле:

$$W = \frac{\pi D^2}{4}(S + h) = 60Qt,$$

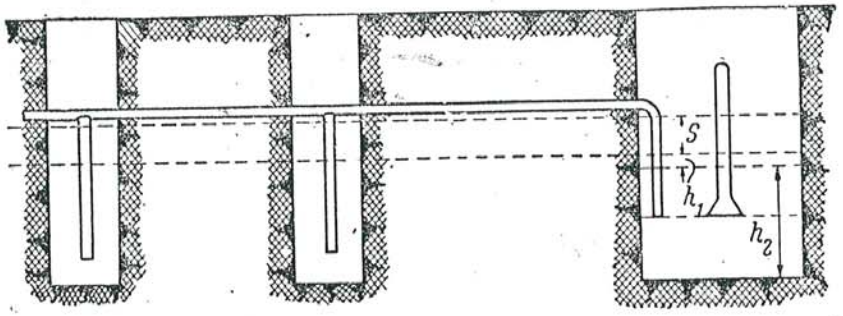


Рис. 330.

где h — потери напора в метрах, включая и все потери на гидравлические сопротивления;

S — глубина откачки из колодцев в метрах;

Q — количество воды, забираемое из сборного колодца в кубических метрах в секунду;

t — продолжительность откачки (в минутах) из сборного колодца до начала действия сифона (обычно 20 минут);

D — диаметр колодца.

Глубина воды в сборном колодце должна быть не менее 1,5—2 м.

Соединительный напорно-нагнетательный трубопровод устраивается при значительной глубине залегания грунтовых вод. Насосы, в этом случае установленные на каждом отдельном водозаборном колодце, нагнетают воду в общий соединительный трубопровод и далее в сборный резервуар.

§ 25. Водопроводная сеть

1. Общие положения

В задачу водопроводной сети входит распределение воды по населенному пункту с таким расчетом, чтобы вода доходила до верхних этажей самых отдаленных и самых высоких точек местности.

От всякой водопроводной сети требуется:

а) подать бесперебойно потребное количество воды в самые удаленные и самые высокие точки населенного пункта для хозяйственно-бытовых и технических надобностей, для чего сеть должна иметь соответствующие достаточные, но и не преувеличенные диаметры труб;

б) подать потребное количество воды на случай пожара во все точки населенного пункта;

в) иметь минимальную утечку.

Все трубы водопроводной сети можно разделить на: 1) магистральные — для подачи большого количества воды в отдельные участки населенных пунктов, и 2) разводящие — для подачи воды к отдельным зданиям.

Магистральные трубы прокладываются или в виде кольца (так называемой кольцевой сети) или в виде отдельных ветвей (так называемой тупиковой сети).

При проектировании водопроводной сети необходимо сделать гидравлический расчет. При гидравлическом расчете приходится определять одну из следующих трех величин:

1) расход воды,
2) напор в трубопроводе и
3) диаметр трубопровода.

Для определения потерь напора существуют следующие формулы:

$$h = \frac{1}{\gamma} l \frac{Q^2}{D^5},$$

$$h = \lambda \frac{l}{D} \cdot \frac{v^2}{2g},$$

$$h = \frac{l}{R} \cdot \frac{v^2}{c^2},$$

где h — потеря напора (давления) на определенной длине в метрах;
l — длина участка трубопровода в метрах;
Q — расход воды в куб. метрах в секунду;
D — диаметр трубопровода в метрах;
v — скорость движения воды в метрах;
R — гидравлический радиус $= 0{,}25$ м;
g — ускорение силы тяжести в метрах;
$\frac{1}{\gamma}$, λ и c — коэфициенты сопротивления движению воды по трубопроводам.

Для практических целей многие исследователи, определяя из опыта коэфициенты сопротивления, дали различные формулы.

Для расчета труб применяют формулу Вейсбаха:

$$h = \lambda \frac{lv^2}{D2g} \text{ м},$$

вычисляя λ по формуле Ланга:

$$\lambda = 0{,}03 + \frac{0{,}02}{d},$$

или формулу Куттера:

$$h = 1{,}621 \left(\frac{2m + \sqrt{D}}{50\sqrt{D}} \right)^2 \frac{Q^2}{D^5} l,$$

где h, D и Q имеют вышеуказанное значение;
$m = 0{,}15$ для новых труб,
$m = 0{,}25$ для бывших в употреблении,
$m = 0{,}35$ для старых труб.

Для малых труб (до 150 мм) по этой формуле получаются преувеличенные потери напора.

По формуле Лампе

$$h = 0{,}0005374 \frac{1}{D^{0{,}25} v^{0{,}198}} \cdot \frac{v^5}{D^5} \text{ м}$$

получаются несколько преувеличенные значения потерь напора; по ней произведен гидравлический расчет водопроводных сетей многих советских городов.

В настоящее время большим распространением для расчета чугунных и стальных труб, в предположении, что они работают несколько лет, пользуется формула Маннинга:

$$h = 0{,}0014825 \frac{Q^2}{D^{5{,}33}} l \text{ м}.$$

Для упрощения подсчетов по этой формуле можно пользоваться таблицей (см. том II, стр. 306).

Для деревянных труб рекомендуется пользоваться американской формулой Скобея:

$$h = 0{,}000885 \frac{v^{1{,}8}}{D^{1{,}17}} l \text{ м}.$$

Для пожарных рукавов:

$$h = A \frac{Q^2}{D^5} l \text{ м};$$

где h, Q, D и C имеют прежнее значение;
$A = 34{,}0$ — для непрорезиненных пеньковых рукавов;
$A = 26{,}0$ — для прорезиненных рукавов.

2. Проектирование водопроводной сети

Схема сети. Как правило, при проектировании водопровода следует в большинстве случаев останавливаться на магистрали в виде кольца (кольцевой сети), обеспечивающей всегда бесперебойное снабжение водой отдельных точек населенного пункта. В небольших населенных пунктах обычно закладывается одно кольцо, в более значительных—два и больше колец. От кольцевой сети идут короткие тупиковые ответвления.

Магистральная сеть трубопроводов, если местность ровная, закладывается по возможности в центре населенного пункта; если же местность имеет однообразный скат в одну сторону, то магистральное кольцо занимает более высокое положение. Кроме того, магистраль проводят ближе к пунктам с наибольшим потреблением воды.

В том случае, если территория водоснабжаемого населенного пункта холмистая, прокладку магистральных колец ведут по зонам, что дает возможность держать в сети на территории всего пункта одинаковое давление.

Определение расчетного расхода. Для определения потребного расхода воды необходимо знать количество населения, обслуживаемого водопроводом, нормы потребления воды, производственный и пожарный расход воды.

При составлении проектов с.-х. водопроводов в колхозах, совхозах и МТС расчет сети обычно ведут в предположении полного развития с.-х. производства, намеченного оргпланом или перспективным планом развития хозяйства.

Расчетное количество животных берется из оргплана хозяйства.

Во временных расчетных нормах в существующих городах и поселках предусматривались три случая определения расчетного количества жителей.

а) В существующих населенных пунктах, около которых во второй пятилетке не предполагалось развития крупной промышленности, для первой очереди принималось количество населения, равное 1,3 количества, при котором сооружение передается в эксплоатацию, и для второй очереди — 1,7.

б) Во вновь строящихся рабочих городах или поселках при промышленных предприятиях количество населения бралось равным числу рабочих и служащих, занятых в производстве и в обслуживающих предприятиях. Срок действия первой очереди — 5 лет со дня пуска водопровода в эксплоатацию.

Для второй очереди число рабочих и служащих бралось из плана развития промышленного предприятия, а срок действия исчислялся в 5 лет со дня окончания расчетного периода эксплоатации первой очереди. Если плана развития не имелось, то расчетное количество населения принималось равным 1,3 от расчетного числа жителей первой очереди.

в) В существующих населенных пунктах, при которых проектировалось значительное промышленное строительство, расчетное число жителей бралось равным числу рабочих и служащих по планам развития этих предприятий плюс существующее число жителей, умноженное для первой очереди на 1,3 и для второй — на 1,7.

Нормы потребления воды берутся согласно расчетным нормам водопотребления (см. выше стр. 627).

Все с.-х. водопроводы должны быть противопожарными, поэтому их целесообразно рассчитывать на суммарный хозяйственно-бытовой расход и пожарный.

В с.-х. водопроводах свободный напор в сети для всех точек не должен быть ниже 7 м.

3. Порядок ведения проверочного гидравлического расчета водопроводной сети

Порядок проверочного расчета таков.

1. Наносят на план водопроводную сеть.

2. Определяют максимальный секундный расход воды для всего населенного пункта по формуле:

$$Q = \frac{(NP + K)\,\alpha\beta}{86\,400};$$

где Q — максимальный секундный расход воды в кубических метрах;
N — число жителей, обслуживаемых водопроводом;
P — суточная норма потребления воды одним жителем в кубических метрах;
α — коэфициент суточной неравномерности расхода;
β — коэфициент часовой неравномерности расхода;
K — суммарная потребность производства в кубических метрах.

3. Вычисляют удельные расходы воды q_0 по формуле:

$$q_0 = \frac{Q}{L},$$

где Q — максимальный секундный расход воды в кубических метрах;
L — длина всей водопроводной сети в метрах.

4. Определяют путевые (попутные) расходы по отдельным участкам сети по формуле:

$$q_1 = q_0 l_1;$$

где q_0 — удельный расход в кубических метрах;
l_1 — длина участков водопроводной сети в метрах.

5. Определяют по отдельным участкам эквивалентные расходы, равные $0{,}55\ q_1$.

6. Задавшись направлением движения воды, определяют транзитные расходы $q_{транз}$ для отдельных участков сети; эти расходы будут составляться из суммы путевых расходов нижележащих участков.

7. Суммируя транзитный расход $q_{транз}$ с эквивалентным $= 0{,}55\ q_1$ для отдельных участков, определяют расчетный расход $q_{расч}$.

8. Задаваясь скоростью в 0,7—1 м в секунду, подбирают соответствующий диаметр труб и определяют по таблицам соответствующую этому диаметру труб потерю напора в трубах на единицу длины, потерю напора на всей длине участка кольца и потерю напора на всей ветви кольца.

9. Задаваясь отметкой статического напора, равной отметке дна бака башни или резервуара, определяют отметку гидродинамического уровня для точек на отдельных пограничных участках сети.

10. Вычитая из отметки гидродинамического уровня отметки земной поверхности, определяют свободный напор.

Вычисления расходов при тупиковой сети ведут от самой удаленной точки. При кольцевой сети вычисления ведут от так называемой нулевой точки. Нулевую точку на кольцевой сети выбирают около середины кольца, предпочтительно в точке, имеющей сосредоточенный расход. Точку выбирают с таким расчетом, чтобы вода подходила к этой точке с обеих сторон кольца с одинаковым давлением или по крайней мере невязка в потерях давления в полукольцах не превышала 0,5 м. Для того чтобы достигнуть такого равновесия, необходимо или переносить нулевую точку в ту или другую сторону, или же менять диаметры труб.

Вычисление ведут по следующей форме (см. форму на стр. 686).

Поверочный расчет производят по расходу пожарному плюс максимально-хозяйственно-бытовой и производственный; в этом случае расчетный расход равен:

$$q_{расч} = q_{транз} + 0{,}55 q_{пут};$$

Схему направления движения воды к месту пожара составляют, исходя из условий кратчайшего направления и, кроме того, по ряду параллельных трубопроводов.

За нулевую точку берут обычно точку пожара, наиболее удаленную от бака или резервуара и самую высокую. Поверочный расчет ведут при скоростях 1,5 м — 2 м в секунду.

Вычисления ведут по форме вышеуказанной таблицы с добавлением одной вертикальной графы для пожарного расхода.

§ 26. Очистные сооружения

При проектировании с.-х. водоснабжения предусматривается главным образом очистка и обезвреживание питьевых вод и реже вод, идущих для водопоя животных. Очистка и обезвреживание питьевых вод произ-

водятся путем отстаивания, фильтрации и дезинфекции.

Отстаивание от взвешенных частиц с диаметром зерен более (или равных) 0,05 мм производится в осадочных вертикальных или горизонтальных бассейнах, так называемых песколовках. В вертикальных бассейнах движение воды происходит по вертикальной линии или по линии, составляющей с горизонтом угол больше 45°, в горизонтальных движение воды происходит по горизонтальной линии или наклонной к горизонту под углом меньше 45°. Один из типов горизонтальных отстойников указан на рис. 331 и 332. Производительность отстойника зависит от площади отстойника в плане.

Расчетное время отстаивания T определяется по формуле:

$$T = K\frac{h}{3{,}6C};$$

где K — коэфициент полезного использования объема бассейна, равный при выпуске и впуске воды через дырчатые трубы 0,25, через дырчатые трубы и температурные дырчатые перегородки — 0,33 и для более усовершенствованных впусков и выпусков—0,5. Коэфициент (K) полезного использования объема круглого бассейна вертикального типа при отношении D диаметра к полезной высоте $h = 2$ принимают равным 0,5;

h— глубина песколовки в метрах; $h \leqslant 3{,}5$ м для горизонтальных каменных отстойников; $h \geqslant 3{,}5$ м для вертикальных железо-бетонных отстойников.

C 2,9 мм в секунду для горизонтальных песколовок и 0,22 мм в секунду для вертикальных песколовок.

Для осаждения частиц с диаметром менее 0,05 мм к отстаивающейся воде прибавляют коагулянт.

Форма поверочного гидравлического расчета водопроводной сети

№ точек	Длина линий	Расходы: Узловой $q_{узл}$	Расходы: Эквивалентный $0{,}55\,q_{узл}$	Расходы: Транзитный $q_{транз}$	Расходы: Расчетный $q_{расч}$	Диаметр труб d	Скорость v	Потери напора на единицу длины h_0	Потери напора на линии (участке) h_i	Потери напора на всей ветви кольца $h_1 + h_2 + \ldots + h_n$	Отметка гидравлического уклона P_0	Отметка гидравлического уклона P_1	Свободный напор в метрах H	Примечания

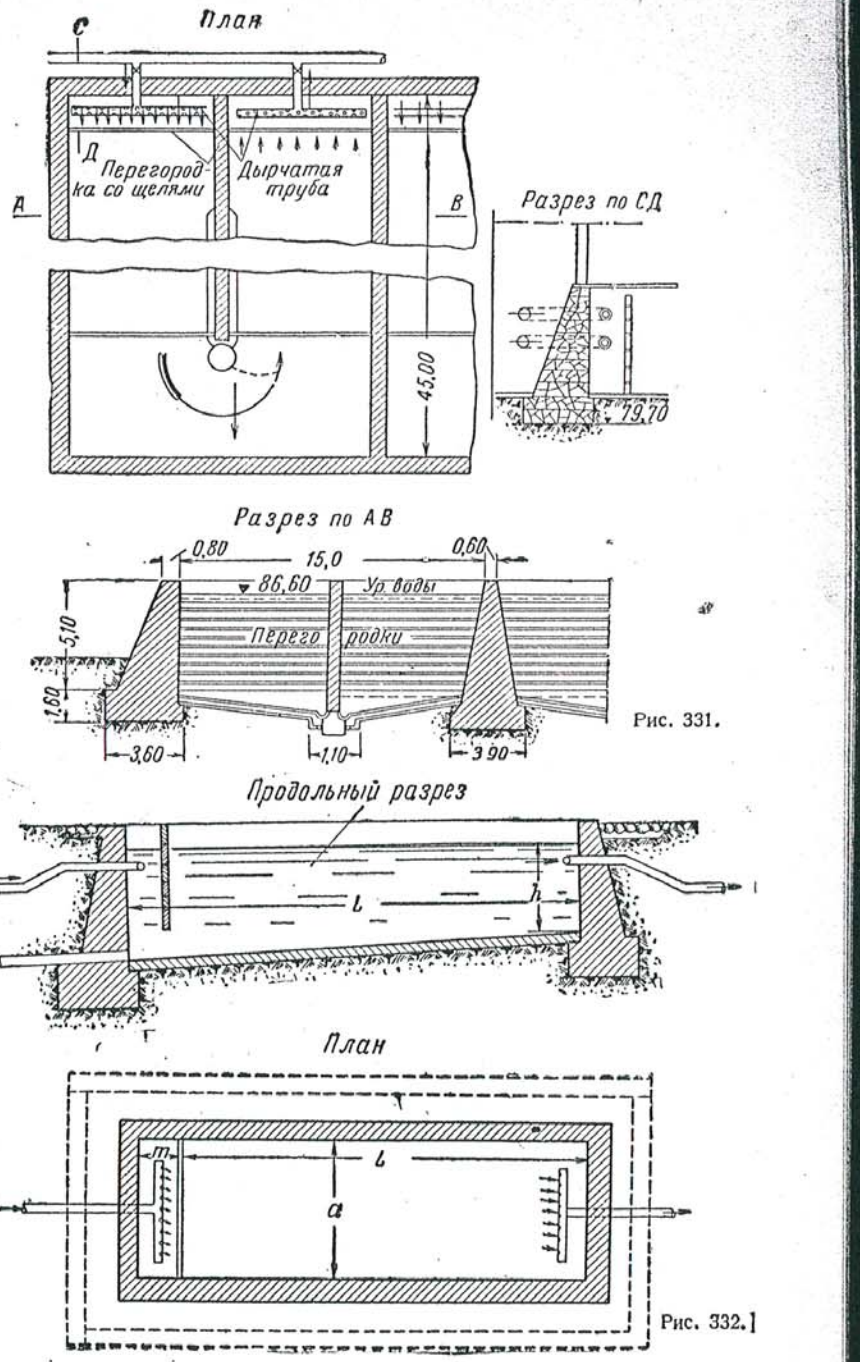


Рис. 331.

Рис. 332.

Расчетная скорость движения воды при отстаивании с коагуляцией принимается < 5 мм в секунду.

Время T, потребное на отстаивание с коагуляцией, при которой достигается осветление воды, вычисляется по формуле:

$$T = K_1 \frac{h}{3{,}6 v_0};$$

где h — полезная глубина бассейна в метрах;

K_1 — коэфициент полезного использования объема отстойника;

v_0 — 1 мм в секунду.

При горизонтальных отстойниках h берется в пределах 3,5—4 м.

В умеренном климате отстойник может быть сделан открытым в виде бассейна с одетыми стенками и дном (рис. 333).

Для быстрого удаления осадков дно прямоугольного отстойника в поперечном разрезе имеет уклон 1:10, а в продольном — не менее 0,02.

Фильтрация производится с помощью медленно действующих английских фильтров или быстродействующих американских фильтров.

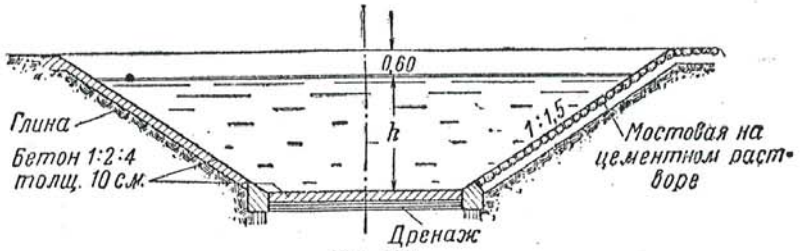


Рис. 333.

Фильтрование воды на английских фильтрах производится при скоростях 0,1—0,2 м в час, а на американских безмешалочных — 4—7 м в час.

По материалам, разработанным ЮжНИИГиМ:

а) для воды с максимальной среднемесячной мутностью в 1 000 частиц* необходимо обеспечивать скорость фильтрации от 4 до 5 м в час и необходимо построить песколовку, осветлитель с хлопьеобразователем;

б) для воды рек с мутностью до 500 частиц необходимо обеспечить скорость от 5 до 6 м в час и необходимо построить песколовку, хлопьеобразователь и осветлитель;

в) для воды с максимальной среднемесячной мутностью до 100 частиц на миллион необходимо обеспечить скорость фильтрации от 6 до 7 м в час при устройстве хлопьеобразователя и осветлителя.

При исчислении потребного напора потери напора через пленку берут в пределах от 2,5 до 3 м; последние потери слагаются из столба воды над песком от 1,2 до 1,5 м и вакуумного давления под пленкой от 1 до 1,5 м.

Потери напора на фильтре определяются по формуле:

$$h = \frac{vl}{cd_e^2} \cdot \frac{33}{t+23} \text{ см},$$

* Мутность в 1 000 частиц показывает, что вода содержит 1 000 мг взвешенных частиц на 1 л (1 000 000 мг) воды.

где h — потери напора в песке в метрах;

v — скорость фильтрации в метрах в сутки;

l — толщина слоя песка в метрах;

d_e — диаметр эффективного зерна по Газену в метрах;

t — температура воды в градусах Цельсия;

c — коэфициент, равный от 700 до 1 000 для чистого и однородного песка и 400 для старого, слежавшегося.

Регулирование напора воды на фильтрах производится при помощи регулятора Вентури или Вестона.

Мутность воды определяется количеством взвешенных частиц в миллиграммах на 1 л или на 1 000 000 весовых частиц воды.

Умягчение воды в условиях сельскохозяйственного производства производится глауконитовыми умягчителями, при пропускании через них воды со скоростью от 5 до 15 м в час, при толщине фильтруемого слоя от 1 до 2 м.

Величину расхода воды на отмывку (для регенерации) 1 м³ глауконитовых песков можно принимать в 3 м³.

Дезинфекция воды производится в большинстве случаев при помощи хлора; наиболее удобный способ хлорирования — хлорирование газообразным хлором.

Для стерилизации воды берут 0,2—1 мг активного хлора на 1 л воды.

Уничтожение запаха и привкуса, вызываемого развитием в водохранилищах мельчайших водорослей, производится путем равномерного введения в воду медного купороса от 0,1 до 1 мг на 1 л.

Следует, однако, иметь в виду, что дозы купороса больше 1,2 мг на 1 л уже усыпляют рыбу: форель — при 1,2, карпа — при 2,8 и щуку — при 3,5 мг на литр.

§ 27. Насосные станции

Типы насосной водопроводной станции определяются характером водоисточника. Различают:

1) станции для поверхностных источников с малым колебанием уровня;

2) станции для поверхностных источников с большим колебанием уровня;

3) станции для грунтовых вод;

4) станции для артезианских вод.

1. Насосные станции для поверхностных источников с малым колебанием воды. При колебании горизонтов в источнике не более 5 м пол насосной станции располагается выше наивысшего уровня на 1 м.

Одна из таких насосных станций, оборудованная центробежными насосами, приводящимися в движение электромоторами, указана на рисунке 334.

2. Насосные станции для поверхностных источников с большим колебанием уровня. При колебании горизонтов воды в источнике в пределах около 10—15 м насосы необходимо размещать в шахте не выше 5 м над наинизшим уровнем воды.

Наиболее распространенная схема в такой установке будет состоять из центробежных насосов с вертикальным валом, или из центробежных насосов с горизонтальным валом, но размещенных в шахте большего диаметра.

Электромоторы, насаженные на общий вал с насосом, размещаются над шахтой (рис. 335), а при насосах с горизонтальным валом — на дне шахты.

В таких установках, кроме центробежных насосов, могут быть применены обычные насосы для глубоких колодцев.

3. Насосные станции для подъема грунтовых вод. При положении динамического уровня грунтовых вод в 5—6 м от поверхности земли

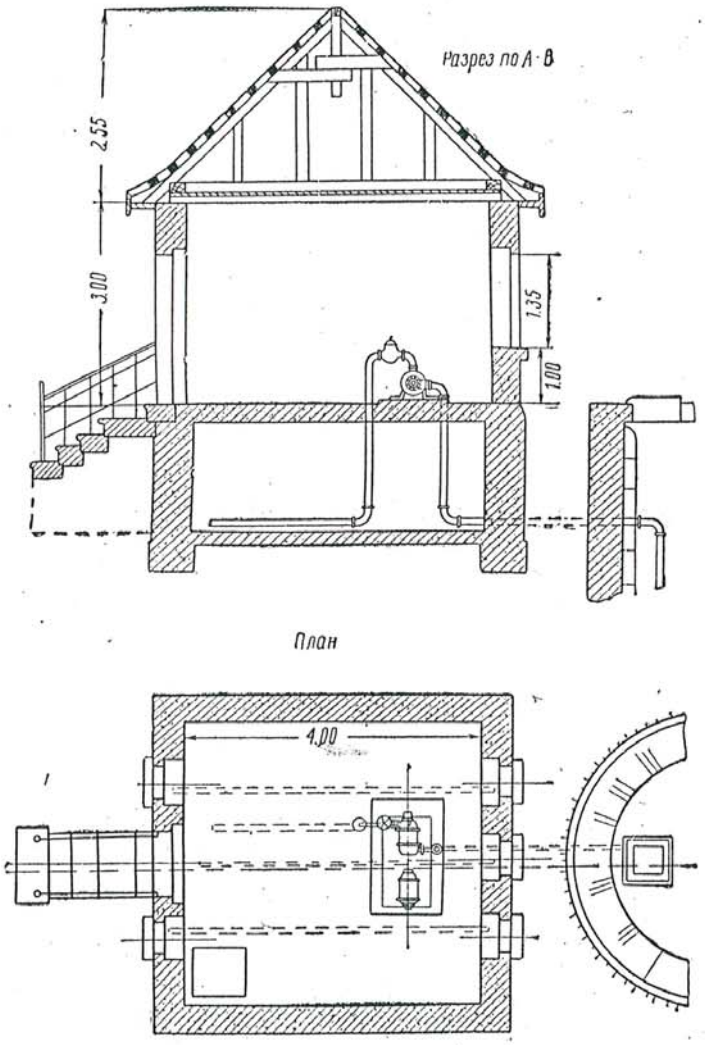


Рис. 334.

насосная станция располагается у колодца, а пол ее — на уровне поверхности земли или несколько ниже. Если дебит колодца недостаточен, насосную станцию располагают у сборного колодца; вода к сборному колодцу, обычно находящемуся на середине линии водосборных колодцев или в центре их, подводится при помощи сифонов (см. ранее, рис. 328 и 329).

Насосная станция в этом случае может быть выполнена по типу насосной станции для поверхностных источников с малым колебанием воды.

Если динамический горизонт находится от поверхности на глубине свыше 6 м, для подъема воды устанавливают центробежные насосы на вертикальном валу, размещая их отдельно в каждом колодце.

Насосные установки для водозабора из таких колодцев могут быть выполнены по типу насосных станций для поверхностных источников с большим колебанием уровня.

4. Насосные станции для подъема артезианских вод. При положении динамического уровня на небольшой глубине насосные станции делаются по типу насосных станций для подъема грунтовых вод.

При положении динамического уровня на значительной глубине применяются глубоководные штанговые насосы, эрлифты, насосы Фарко и т. п.

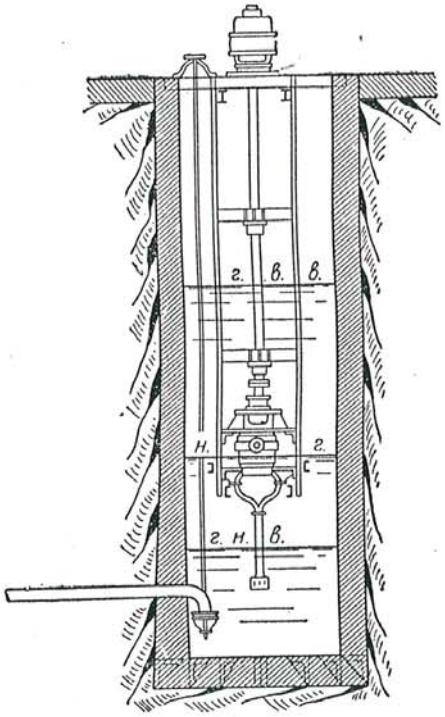


Рис. 335.

Потребная мощность насосной станции определяется по формуле:

$$N = \frac{QH}{75\eta},$$

где N — мощность в лошадиных силах;
H — полная высота подъема в метрах;
Q — объем воды, подаваемый насосом в одну секунду, в литрах;
η — общий коэфициент полезного действия всей установки.

Эксплоатационные расходы на 1 л. с. в час вычисляются по формуле:

$$l = KQ,$$

где K — стоимость топлива за килограмм,
Q — расход топлива на 1 л. с. в килограммах.

Прочий эксплоатационный расход на всю насосную установку:

$$\xi = bNe,$$

где b — число эксплоатационных часов в год;
N — мощность насосной установки в л. с.;
e — эксплоатационный расход в рублях на 1 л. с. в час.

§ 28. Водонапорные башни и резервуары

Баки на водонапорных башнях и резервуары устраиваются в целях создания соответствующего напора в сети, для хранения запасов воды на случай аварий, пожара и для уравнивания подачи воды в часы наибольшего разбора.

В практике сельскохозяйственного водоснабжения применяют главным образом кирпичные, деревянные и реже бетонные и железо-бетонные башни.

Расчет водонапорных башен производится на устойчивость, на опрокидывание и скольжение, прочность кладки стен и фундамента, давления на грунт и глубину заложения фундамента.

Устойчивость башни на опрокидывание в каком-либо сечении определяется по формуле:

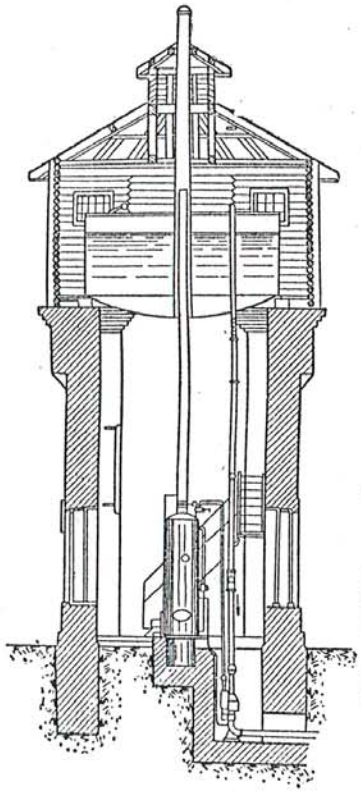


Рис. 336.

$$K = \frac{Rr}{Wv};$$

где R — равнодействующая вертикальных сил (в килограммах) для рассматриваемого сечения при отсутствии воды в баке, снега на крыше и т. п.;

r — плечо равнодействующей R относительно наружного ребра сечения (в метрах);

W — равнодействующая давления от ветра на часть башни, лежащую выше рассматриваемого сечения (в килограммах);

v — плечо равнодействующей W (в метрах).

Устойчивость башни на скольжение в какой-либо плоскости определяется по формуле:

$$K = \frac{Rf}{W};$$

где R и W имеют прежнее значение, а f — коэфициент трения материала башни о тот же материал.

Прочность стен и фундамента башни проверяется по отдельным сечениям на сжатие и растяжение по формуле:

$$\max n = \frac{\Sigma P}{\Omega} - \frac{Mz}{J},$$

$$\min n = \frac{\Sigma P}{\Omega} + \frac{Mz}{J},$$

где ΣP — наибольшая равнодействующая сил, действующих в данном сечении (в килограммах);

M — момент от внецентренности приложения равнодействующей (в килограммометрах);

Ω — площадь сечения стен башни за вычетом проемов (в метрах);

$\frac{J}{z}$ — момент сопротивления стены башни.

Тип кирпичной башни с деревянным шатром представлен на рис. 336, а деревянной башни — на рис. 337.

Условия, которым должны удовлетворять водонапорные башни, таковы.

1. При капитальном строительстве башня должна быть из несгораемых материалов.

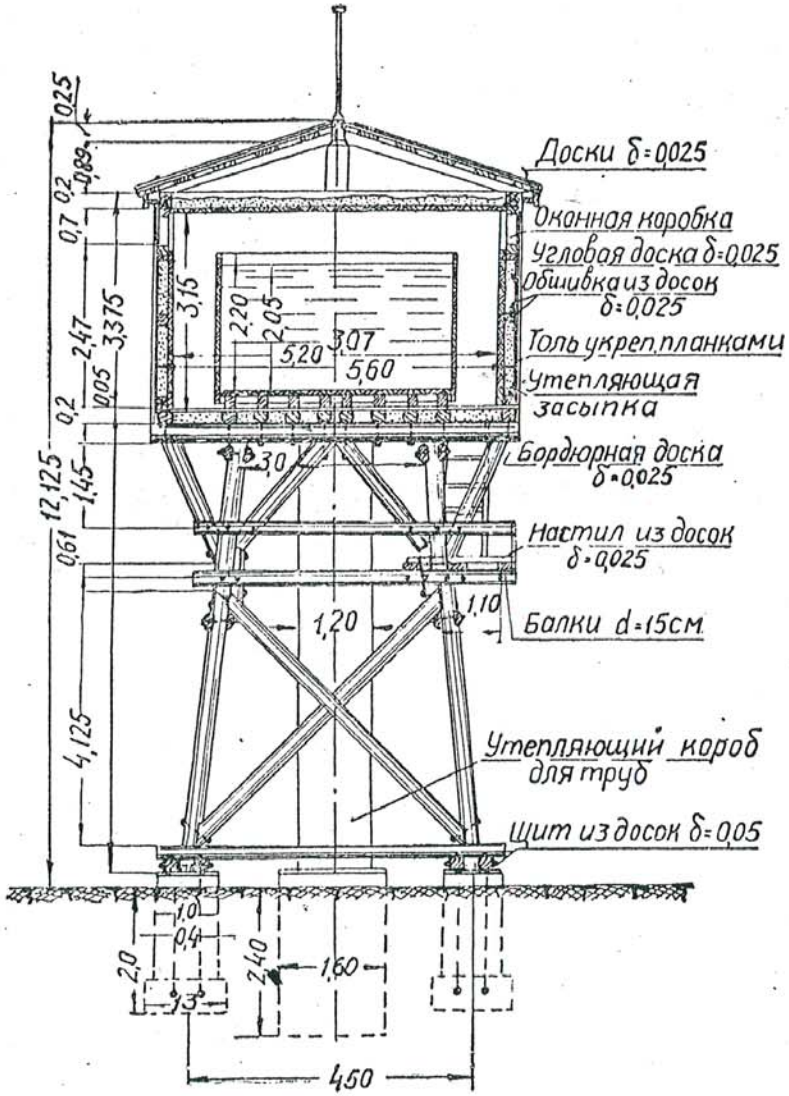


Рис. 337.

2. Между стенками башни и резервуаром должен быть проход не менее 0,85—1 м.

3. Башня должна быть снабжена лестницами и перекрытиями, допускающими осмотр и удобное управление задвижками.

4. Над баком башни должен быть запас высоты стен, обеспечивающий осмотр и доступ.

5. Конструкция стен башни и верхнего строения должна предохранять воду от чрезмерного охлаждения и прогревания.

6. Каждая башня, если она не является контррезервуаром, должна быть оборудована подающим из водовода стояком и стояком магистрали, переливной или контрольной трубой и сливной или грязевой трубой (при контррезервуаре стояк один).

В том случае, если на территории населенного пункта имеется достаточной высоты возвышенность, бак с водонапорной башней может быть заменен водонапорным резервуаром.

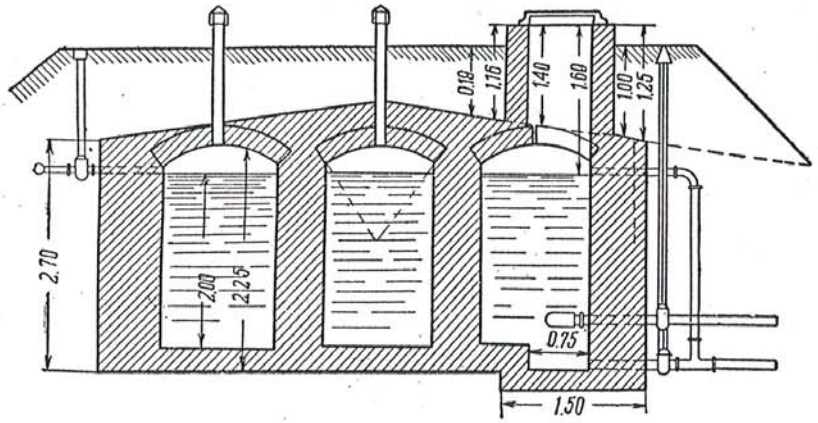


Рис. 338.

Резервуары строятся каменные или железо-бетонные и реже кирпичные. Бетон для подушек берется 1:5:10—1:4:8; для частей, соприкасающихся с водой, — 1:2:3 и для прочих частей—1:2:4.

С наружной стороны резервуар штукатурится цементным раствором 1:2 слоем в 5—8 мм, а с внутренней стороны — раствором 1:1 с железнением, слоем 10—20 мм.

Сверху резервуары обсыпаются землей на высоту большую, чем глубина промерзания. Резервуары снабжаются лазами, вентиляцией и трубопроводами: подающим, разводящим, переливным и грязевым. Пол резервуара должен иметь скат в $^1/_{100}$—$^1/_{50}$ для удобства выпуска осевших примесей.

Один из типов такого подземного резервуара представлен на рис. 338.

Объем бака водонапорных башен и резервуара зависит от продолжительности работы насосной станции, числа насосов и потребления воды в отдельные часы суток.

Для вычисления точного объема прибегают к построению графика водопотребления подачи воды.

Обычно объем бака составляет 15—33% от суточного расхода. Бак в условиях с.-х. водоснабжения должен хранить запас воды, достаточный для пожарного расхода на период времени, потребный для пуска

насосной станции, плюс запас воды на неотложные производственные нужды.

Наиболее простой формой бака водонапорной башни является цилиндрический бак с плоским дном, но большим распространением пользуется и цилиндрический бак с выпуклым дном.

Объем бака с выпуклым дном определяется по формуле:

$$W = \frac{\pi D^2}{4} \cdot h + \pi f \left(R - \frac{1}{3} f \right);$$

где D — диаметр цилиндрической части бака в метрах;
R — радиус кривизны дна в метрах;
f — стрела дна в метрах;
h — высота слоя воды в цилиндрической части бака.

Радиус кривизны дна определяют по формуле:

$$R = \frac{4f^2 + D^2}{8};$$

Высоту H цилиндрической части бака определяют из формулы:

$$H = h + (\text{от } 0{,}15 \text{ до } 0{,}2) \text{ м},$$

$$H = 0{,}6D$$

$$\frac{R}{D} = 0{,}7 - 1.$$

Толщина цилиндрической стенки бака δ в каком-либо сечении на глубине h от уровня воды определяется по формуле:

$$\delta = \delta_0 + \frac{\Delta h D}{2R \cdot 1\,000} \text{ мм},$$

где: Δ — вес одного кубического метра воды = 1 000 кг;
R — допускаемое напряжение железа на сжатие и растяжение в килограммах на 1 см^2;
D — диаметр бака в метрах;
δ_0 — 2—5 мм на изнашивание и ржавление стенок бака.

Толщина сферического дна бака δ в нижней части определяется по формуле:

$$\delta = \delta_0 + \frac{\Delta h r}{20R} \text{ мм},$$

где r — радиус кривизны дна в метрах;
h — полная высота воды в баке в метрах;
δ_0, Δ и R имеют вышеуказанное значение.

§ 29. Пневматическое водоснабжение

Необходимый напор в водопроводной сети может быть достигнут давлением сжатого воздуха на воду. Это достигается при помощи одного или нескольких герметически закрытых резервуаров при так называемом пневматическом водоснабжении.

Различают два вида пневматического водоснабжения: а) с постоянным давлением и б) с переменным давлением.

В системе переменного давления резервуар заряжается воздухом от компрессора.

Зависимость между объемом воздушной и воздушно-водяной части резервуаров определяется по формуле:

$$V = V_0 + V_1 + V_2 = \frac{K}{100} V + V_1 + V_2 = \frac{100}{100 - K} V \left(\frac{P_{min} + 10}{P_{max} + P_{min}} \right);$$

где V — общий объем резервуара в кубических метрах;

V_0 — емкость водяной части резервуара, всегда заполненного водой, равная $\frac{K}{100} V$ при $K =$ от 5 до 10;

V_1 — емкость воздушно-водяной части резервуара, определяемой по расходу воды и работе насосов,

V_2 — емкость воздушной части резервуара;

P_{max} — максимальное давление по манометру;

P_{min} — минимальное давление сжатого воздуха, определяемого расчетом сети и величиной свободного напора;

K — коэфициент, равный 5—10.

§ 30. Водопроводные трубы

1. Чугунные трубы изготовляются раструбные и фланцевые; рассчитаны на давление в 10 атм.

При прокладке в земле применяют главным образом раструбные чугунные трубы.

С 1937 г. принят новый сортамент чугунных труб (ОСТ 2523). Размер чугунных раструбных и фланцевых труб указан в таблицах на стр. 697 и 698.

При поворотах и ответвлениях водопроводных линий применяются фасонные части; эскизы, условные обозначения указаны в таблице на стр. 699.

2. Стальные трубы изготовляются цельнотянутые, клепаные и сварные.

Цельнотянутые трубы (трубы без шва) применяются для больших диаметров и больших давлений. В настоящее время на эти трубы имеется стандарт (ОСТ 5095—5098).

Клепаные трубы делаются из стальных листов в виде цилиндров с продольными и поперечными клепочными швами.

Сварные трубы небольшого диаметра изготовляются из небольших стальных полос, сваренных внакладку.

Стальные трубы имеют длину обычно 6—8 м и достигают 15 м.

В стыках стальные трубы соединяются при помощи:

а) фланцев,

б) муфтами,

в) автогенной и электрической сваркой.

Фасонные части для стальных труб ставятся литые (из чугуна и стали) и сварные.

Для присоединения фасонных частей к трубам навариваются или навинчиваются фланцы.

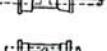
Стальные трубы дороже, чем чугунные, но более удобны в перевозке и более надежны в слабых грунтах.

3. Асбоцементные трубы изготовляются из 5 частей цемента и 1 части по весу асбеста.

Трубы рассчитаны на давление в 10 атм.

Характерные размеры раструбов различных сортаментов

Сортамент ОСТ						Сортамент V водопроводного съезда						Дюймовый сортамент					
Внутренний диаметр трубы D_0 в мм	Толщина стенки трубы a в мм	Наружный диаметр трубы D_1 в мм	Внутренний диаметр раструба D_2 в мм	Толщина заделки $б$ в мм	Глубина заделки свинцом $в$ в мм	Глубина заделки прядью $г$ в мм	Внутренний диаметр трубы D_0 в мм	Толщина стенки трубы a в мм	Наружный диаметр трубы D_1 в мм	Внутренний диаметр раструба D_2 в мм	Толщина заделки $б$ в мм	Глубина заделки свинцом $в$ в мм	Глубина заделки прядью $г$ в мм	Внутренний диаметр		Наружный диаметр трубы D_1 в мм	Внутренний диаметр раструба D_2 в мм	Толщина заделки $б$ в мм	Глубина заделки свинцом $в$ в мм	Глубина заделки прядью $г$ в мм
														в дюймах	в мм					
100	8,5	117	133	8	28	37	100	8,5	117	131	7	27	29	4	102	120	134	7	32	36
125	9	143	159	8	28	37	125	9	143	157	7	27,5	29	5	127	146	160	7	32	36
150	9,5	169	185	8	28	42	150	9,5	169	184	7,5	28	29	6	152	172	188	8	33	36
200	10,5	221	237	8	28	42	200	10,5	221	236	7,5	29	30	8	203	225	241	8	33	37
250	11,5	273	289	8	28	47	250	11,5	273	289	8	30	30	10	254	278	296	9	34	38
300	12,5	325	341	8	28	47	300	12,5	325	342	8,5	31	30	12	305	330	348	9	34	40
400	14	428	448	10	35	45	400	14	428	446	9	33	32	16	406	435	453	9	36	40
500	16	532	552	10	35	50	500	16	532	552	10	35	32	20	508	540	560	10	37	42
600	18	636	656	10	35	55	600	18	636	658	11	37	33	24	610	646	668	11	38	44
700	21	742	762	10	35	60	700	20	740	763	11,5	39	35	28	711	751	775	12	39	47
800	24	848	872	12	42	58	800	22	844	869	12,5	41	36	—	—	—	—	—	—	—
900	27	954	978	12	42	63	900	24	948	974	13	43	37	36	914	23,5	961	13	42	50
1 000	30	1 060	1 084	12	42	68	1 000	26	1 052	1 080	14	45	38	—	—	—	987	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	1 200	30	1 260	1 291	15,5	49	40	42	1 067	26	1 119	14	43	53
														48	1 219	28,5	1 276	15	45	55

Эскиз	Условное обозначение на схемах	Наименование
		Тройник фланцевый
		Тройник раструбный
		Тройник раструб — фланец
		Крест фланцевый
		Крест раструбный
		Крест раструб — фланец
		Выпуск фланцевый
		Выпуск раструбный
		Колено фланцевое
		Колено раструбное
		Колено раструб — гладкий конец
	a^0	Отвод фланцевый
	a^0	Отвод раструбный
	a^0	Отвод раструб — гладкий конец
		Переход раструбный
		Переход фланцевый
		Патрубок фланец — раструб
		Патрубок фланец — гладкий конец
		Двойной раструб
		Муфта надвижная
		Муфта свертная
		Заглушка фланцевая
		Седелка фланцевая
		Седелка с резьбой

Характерные размеры раструбов различных сортаментов

Внутренний диаметр труб D_0	Сортамент ОСТ							Сортамент V водопроводного съезда							Дюймовый сортамент							
	Внутренний диаметр трубы D_0 в мм	Диаметр фланца D_3 в мм	Толщина фланца b в мм	Диаметр круга, проходящего через центр болтов D_4 в мм	Число болтовых отверстий n в шт.	Диаметр болтовых отверстий d_1 в мм	Диаметр болтов d в дюймах	Внутренний диаметр трубы D_0 в мм	Диаметр фланца D_3 в мм	Толщина фланца b в мм	Диаметр круга, проходящего через центр болтов D_4 в мм	Число болтовых отверстий n в шт.	Диаметр болтовых отверстий d_1 в мм	Диаметр болтов d в дюймах	Внутренний диаметр труб D_0 в дюймах	Диаметр фланца D_3 в мм	Толщина фланца b в мм	Диаметр круга, проходящего через центр болтов D_4 в мм	Число болтовых отверстий n в шт.	Диаметр болтовых отверстий d_1 в мм	Диаметр болтов d в дюймах
100	220	180	22	8	18	$^5/_8$	100	235	21	185	4	22	$^3/_4$	4	102	240	22	191	4	22	$^3/_4$
125	250	210	24	8	18	$^5/_8$	125	255	22	205	8	19	$^5/_8$	5	127	265	23	216	6	22	$^3/_4$
150	285	240	24	8	22	$^3/_4$	150	280	23	230	8	19	$^5/_8$	6	152	297	23	248	6	22	$^3/_4$
200	340	295	26	8	22	$^3/_4$	200	340	25	290	8	22	$^3/_4$	8	203	357	25	298	8	22	$^3/_4$
250	395	350	28	12	22	$^3/_4$	250	395	27	345	12	22	$^3/_4$	10	254	418	27	362	8	25	$^7/_8$
300	445	400	28	12	22	$^3/_4$	300	465	29	405	12	25	$^7/_8$	12	305	467	28	413	10	25	$^7/_8$
400	565	515	32	16	25	$^7/_8$	400	570	33	510	16	25	$^7/_8$	16	406	575	31	521	10	25	$^7/_8$
500	670	620	34	20	25	$^7/_8$	500	695	37	625	16	28,5	1	20	508	677	33	622	12	25	$^7/_8$
600	780	725	36	20	30	1	600	800	41	730	24	28,5	1	24	610	790	36	730	16	29	1
700	895	840	40	24	30	1	700	930	45	850	24	32	$1^1/_8$	28	711	902	38	838	18	32	$1^1/_8$
800	1 015	950	44	24	34	$1^1/_8$	800	1 050	49	960	24	35	$1^1/_4$	—	—	—	—	—	—	—	—
900	1 115	1 050	46	28	34	$1^1/_8$	900	1 160	53	1 070	32	35	$1^1/_4$	36	914	1 150	44	1 080	24	35	$1^1/_4$
1 000	1 230	1 160	50	28	37	$1^1/_4$	1 000	1 270	57	1 180	32	35	$1^1/_4$	—	—	—	—	—	—	—	—
1 200	1 455	1 380	56	32	43	$1^1/_2$	1 200	1 510	65	1 400	32	41	$1^1/_2$	42	1 067	1 325	48	1 251	24	38	$1^3/_8$
														48	1 219	1 500	52	1 400	26	41	$1^1/_2$

Соединение труб в стыках производится при помощи муфт Жибо и Симплекс. Размеры и вес асбоцементных труб указаны в таблице.

Размеры и вес асбоцементных труб

	Внутренний диаметр							
	50	75	100	125	150	200	250	300
Толщина стенки в мм	9	9	11	12	14	16	19	23
Длина трубы в м	3	3	3	4	4	4	4	4
Вес 1 пог. м в кг	3,33	4,93	7,93	10,75	15,00	22,25	33,25	48,00

Достоинство асбоцементных труб: а) малый вес, б) отсутствие зарастания, в) малая теплопроводность, г) хорошая морозостойкость, д) легко поддаются обработке.

4. Деревянные трубы изготовляются двух типов: сверленые и клепочные. Сверленые трубы изготовляются из гладкоствольного, малосучковатого, неошкуренного и свежесрубленного леса (влажность древесины — не менее 25—30%).

Диаметр бревен D в верхнем отрубе выбирается в зависимости от внутреннего диаметра d изготовляемых труб приблизительно следующих размеров:

Диаметр d трубы в миллиметрах	50	75	100	125
Диаметр D дерева в верхнем отрубе в миллиметрах	170	220	260	310

Сверленые трубы выдерживают давление до 2,5 атм.

Клепочные трубы состоят из отдельных клепок (дощечек или брусков) шириною 75—150 мм, стянутых, подобно бочкам, железными обручами. Деревянные трубы, приготовленные на заводе машинным способом, имеют соединения: а) с помощью деревянной муфты, б) с помощью вставки конца трубы в другую трубу, в) труба стянута проволокой, муфта хомутами, г) с помощью стальной муфты.

В СССР звеновые деревянные трубы непрерывного типа изготовляются на давление от 1 до 8 атм. со следующим внутренним диаметром и толщиною стенок:

Внутренний диаметр в миллиметрах	Толщина стенок в миллиметрах
100	35
125—150	35—40
200—450	40
500—1 000	50
1 100—1 300	65
1 400—2 000	70
2 200—2 500	80
3 000—4 000	100

Достоинства деревянных труб: а) малый вес, б) простота сборки, в) большая сопротивляемость электролизу, щелочам, кислотам и изменению температуры.

Недостатки деревянных труб: а) значительная водопроницаемость, б) опасность гниения, в) затруднительность присоединения фасонных частей, г) трудность устройства крутых поворотов, д) незначительная сопротивляемость внешним усилиям.

5. Бетонные и железо-бетонные трубы. Бетонные трубы изготовляются из бетона состава 1 : 3,5 без железной арматуры и в зависимости от диаметра имеют следующую толщину стенок.

Диаметр труб в миллиметрах	150	300	500	800	1 000
Толщина стенок в миллиметрах	25	45	60	80	100

Трубы в целях предохранения от действия воды и почвы покрываются расплавленной битумной мастикой. При ручном способе изготовления длина труб не превышает 1,25—1,5 м. При машинном (центробежном) способе изготовления бетонные трубы имеют более гладкие и крепкие стенки и с более точными профилями фальцев в стыках. Бетонные трубы выдерживают давление не свыше 2 атм.

Железо-бетонные трубы имеют арматуру из колец и продольных стержней.

Железо-бетонные трубы допускают наибольшее внутреннее давление в 3 атм. и обычно имеют следующую толщину стенок при различных диаметрах труб.

Диаметр труб в миллиметрах	150	300	500	800	1 000	1 500	2 000
Толщина стенок в миллиметрах	15	25	35	45	50	60	90

К преимуществам бетонных и железо-бетонных труб обычно относят небольшую стоимость, большую сопротивляемость внешним условиям и незначительную теплопроводность. К недостаткам — непригодность труб для больших давлений, значительный вес, хрупкость и чувствительность к ударам, малую кислотоупорность и высокую потерю на трение о стенки.

§ 31. Арматура водопроводной сети

Арматура водопроводной сети состоит из задвижек, воздушных вантузов, предохранительных клапанов, обратных клапанов, водоразборных и пожарных кранов и водомеров.

1. Домовая сеть

Домовое ответвление к уличным присоединяется при посредстве тройников, укладываемых при устройстве сети, или просверливанием уличной трубы. В высверленное отверстие вставляют запорный кран и трубу ответвления. В целях удешевления над вентилем колодца не делают, а ограничиваются установкой чугунной трубы большего диаметра, обращенной раструбом вниз; в трубе помещают стержень для закрывания вентиля.

Все линии домового водопровода, идущие под землей и разводящие воду по различным службам и помещениям, должны быть снабжены запорными вентилями при входе и выходе из здания.

Основная магистральная труба должна проходить в подвальном или первом этаже, а к ней присоединяются вертикальные стояки, от которых идут ответвления, по возможности очень короткие, к домовым водопроводам. Стояки у основания снабжаются запорными вентилями, над кото-

рыми находятся отверстия, завинчиваемые пробкой, для выпуска из стояка воды во время ремонта.

Все трубы домового ответвления не должны иметь сифонов и застоев и должны быть плотно прикреплены к стенам и изолированы от замерзания.

Диаметр отдельных труб домовых ответвлений обычно берется из расчета числа кранов, питаемых ответвлением.

2. С.-х. водоразборные устройства

Общие требования для всех типов сельскохозяйственных водоразборов:

1. Водоразборы не должны загрязнять источник и ухудшать качество воды (отсутствие застаивания воды вокруг водоразбора).

2. Водоразборы должны предупреждать возможность передачи эпидемических и эпизоотических заболеваний (гладкая поверхность, отсутствие углов и щелей, отсутствие застаивания воды и т. п.).

3. По устройству они должны быть просты и легко осуществимы в условиях колхозов и совхозов и не должны требовать дефицитных материалов.

4. Забор воды потребителями должен быть простым, удобным, а в животноводческих хозяйствах обеспечивать самостоятельный забор воды отдельными животными.

Водоразборы при ручном разборе воды должны давать не менее 0,5 л в секунду и при бочечном — не менее 1,5—2 л в секунду; при подаче в водопойные корыта расход определяется количеством одновременно выпаиваемых животных и временем водопоя.

Продолжительность водопоя приблизительно может быть принята на 1 голову:

Крупный рогатый скот	7—9	минут
Овцы	8—10	»
Лошади	7—10	»
Свиньи	7—14	»

3. Полевые водоразборы из водохранилища

Эти водоразборы состоят из сооружений для регулирования напора и расхода, кранов для ведерного и бочечного разбора, водопойных площадок и, в случае плохой воды, очистных сооружений.

Южный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации рекомендует такие водоразборы устраивать следующим образом.

Вода из наиболее глубокой точки водохранилища забирается самотечной трубой или сифоном и подается в приемный колодец, располагаемый ниже плотины.

Из приемного колодца вода по трубопроводу поступает, в зависимости от отметки, или самотеком, или при помощи насосов в водоразборные краны и водопойные корыта.

Водопойная площадка, обычно замощенная, располагается ниже водохранилища с уклоном, обеспечивающим сток воды с нее.

Длина корыт, вытянутых по прямой линии, на одну голову крупного рогатого скота — 1 м, а для овец и свиней при подходе с одной стороны корыта — 0,3 м, а с двух сторон — 0,2 м.

Длина корыт, расположенных по кругу и при подходе с одной стороны, для крупного рогатого скота—0,5—0,66 м, для овец — 0,25 м и для свиней — 0,25 м.

Верхний край корыта располагается над землей для рогатого скота на 0,4 —0,6 м и для овец — на 0,3—0,4 м.

Размеры водопойных корыт (в сантиметрах)

Вид животных	Глубина	Внутренняя ширина	
		по верху	по низу
Крупный скот	35	35	25
Овцы	20	30	15
Свиньи	25	30	25

Полевой водоразбор из колодца, если последний обладает часовым дебитом меньшим, чем часовая потребность, осуществляют при помощи устройства запасного резервуара у колодца.

4. Водопойные устройства внутри помещения

Водопойные устройства внутри помещения могут быть автоматические и неавтоматические.

Неавтоматические состоят из системы обычных водопроводных кранов, размещенных на трубах внутри помещения. Вода из кранов поступает в корыта или поилки. В зимнее время для водопоя используются запасные баки, в которых вода подогревается специальной топкой до температуры 12—15 Ц. Автоматические водопойные устройства состоят из автопоилок; в СССР в настоящее время применяются главным образом автопоилки по типу американской поилки Лаудона.

Американская автопоилка по типу системы Лаудона, применяемая в ряде мясо-молочных совхозов, построена с пружинным клапаном, на который при помощи особого рычага нажимает (губами) животное, желая достать воду на дне сосуда.

Приложение I

ПОСТАНОВЛЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОГО ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО КОМИТЕТА И СОВЕТА НАРОДНЫХ КОМИССАРОВ

О санитарной охране водопроводов и источников водоснабжения

(Напечатано в «Собрании законов и распоряжений» Рабоче-Крестьянского правительства СССР, № 35, 1 июня 1937 г., отдел первый)

В целях усиления санитарной охраны водопроводов и источников водоснабжения, Центральный Исполнительный Комитет и Совет Народных Комиссаров Союза ССР постановляют:

1. В каждом населенном пункте Союза ССР, в котором имеется или строится водопровод общего пользования или водопровод для технических целей, но используемый также для обслуживания населения, обязательно устанавливается зона санитарной охраны открытых и подземных источников водоснабжения, питающих данный водопровод.

2. Зона санитарной охраны источников водоснабжения делится на три пояса, в каждом из которых устанавливается особый режим.

3. Первый пояс охватывает территорию, где находится самый источник водоснабжения, в пределах участков забора воды и расположения водопроводных сооружений. В случае необходимости, в зависимости от особых санитарных показателей и на основе специальных обследований, в первый пояс включается также территория, смежная с участками забора воды и местами расположения водопроводных сооружений.

В первом поясе запрещается проживание и временное нахождение лиц, не связанных непосредственно с работой на водопроводных сооруже-

ниях, а также какое бы то ни было строительство, за исключением связанного с техническими нуждами самого водопровода.

4. Второй пояс охватывает территорию, непосредственно окружающую источники водоснабжения и их притоки.

Во втором поясе запрещается такое использование территории или источников водоснабжения, которое может вызвать качественное или количественное ухудшение последних. В соответствии с этим, всякого рода строительство, уничтожение насаждений, проведение железнодорожных и автотранспортных путей, использование земельных участков и водоемов для сельскохозяйственных нужд, мероприятий по физкультуре, купания и т. п. допускается в пределах второго пояса только с особого разрешения органов государственной санитарной инспекции.

5. Третий пояс охватывает смежную со вторым поясом территорию, неблагополучное состояние которой может вызвать распространение инфекционных заболеваний через водопровод.

В третьем поясе органы здравоохранения производят специальный учет инфекционных заболеваний, которые могут распространяться через водопровод, и обязательно эпидемиологическое обследование каждого отдельного случая таких заболеваний.

6. Зона санитарной охраны источников водоснабжения и ее подразделение на пояса устанавливается в каждом населенном пункте решением соответствующего местного совета с утверждения:

а) советов народных комиссаров союзных республик — для столиц союзных республик и для населенных пунктов, расположенных в важнейших курортных районах (Южный берег Крыма, Кавказские Минеральные Воды, Сочи — Мацестинский район и др.), а также для краевых и областных центров и всех городов с населением свыше 200 тысяч человек;

б) советов народных комиссаров автономных республик, краевых и областных исполнительных комитетов — для прочих населенных пунктов.

При рассмотрении вопроса об установлении зоны санитарной охраны источников водоснабжения обязательно заслушивается заключение соответствующего органа государственной санитарной инспекции.

7. Границы каждой зоны санитарной охраны источников водоснабжения должны быть точно определены на карте, а границы первого пояса зоны должны быть также отмечены в натуре соответствующими знаками (столбы с надписями и т. п.).

8. Местные советы обязаны оповестить население о границах зоны санитарной охраны источников водоснабжения и ее поясов, а также о режиме, действующем в пределах этой зоны (ст. ст. 2—5).

9. В пределах зоны санитарной охраны источников водоснабжения по решениям местных советов проводятся необходимые санитарно-оздоровительные мероприятия.

10. Одновременно с проектированием каждого водопровода общего пользования или водопровода для технических целей, но предназначенного также для обслуживания населения, должны разрабатываться предложения об установлении зоны санитарной охраны соответствующих источников водоснабжения.

11. Всем без исключения предприятиям и учреждениям запрещается спускать вредные для здоровья или загрязненные сточные воды в границах зоны санитарной охраны источников водоснабжения, а также в пределах всей территории населенного пункта. Предприятия и учреждения обязаны либо спускать эти воды в общую канализацию, либо подвергать их до спуска в водоемы предварительной очистке на собственных очистных сооружениях.

Предприятиям и учреждениям, действующим ко времени издания настоящего постановления, дается шестилетний срок (с 1937 г. по 1942 г.), на протяжении которого они обязаны присоединиться к общей канализации или устроить собственные очистные сооружения.

12. Вновь строящиеся предприятия и учреждения, вводимые в действие после издания настоящего постановления, могут быть пущены лишь при условии присоединения их для спуска вредных для здоровья или загрязненных сточных вод к общей канализации или устройства собственных очистных сооружений.

Соответствующий орган государственной санитарной инспекции должен произвести необходимое обследование и удостоверить, что предприятие или учреждение может быть пущено.

13. Техническая инструкция о порядке спуска предприятиями и учреждениями сточных вод в общую канализацию издается Высшим Советом Коммунального Хозяйства по согласованию с Народным Комиссариатом Здравоохранения Союза ССР.

Санитарные правила о порядке спуска предприятиями и учреждениями сточных вод в открытые водоемы издаются Народным Комиссариатом Здравоохранения Союза ССР.

14. Нарушение инструкции или правил спуска сточных вод (ст. 13) влечет за собой наложение на виновных штрафа органами государственной санитарной инспекции, в соответствии с действующими законами, а в подлежащих случаях — привлечение виновных к уголовной ответственности.

15. Списки действующих предприятий и учреждений, которые обязаны провести указанные в ст. 11 мероприятия, а также сроки проведения этих мероприятий утверждаются ежегодно, начиная с 1938 г.:

а) по предприятиям и учреждениям союзного подчинения — Советом Народных Комиссаров Союза ССР по представлению Народного Комиссариата Здравоохранения Союза ССР;

б) по предприятиям и учреждениям республиканского подчинения — советами народных комиссаров союзных республик по представлениям народных комиссаров здравоохранения этих республик;

в) по предприятиям и учреждениям местного подчинения — советами народных комиссаров автономных республик, краевыми и областными исполнительными комитетами по представлениям соответствующих органов здравоохранения.

16. Обязать народные комиссариаты Союза ССР и советы народных комиссаров союзных республик в течение 1937 года обеспечить на предприятиях, указанных в прилагаемом списке, приступ к устройству собственных сооружений для спуска сточных вод в коммунальную канализацию.

17. Предложить Советам Народных Комиссаров РСФСР, УССР, БССР и Узбекской ССР, по принадлежности:

а) ускорить строительство основных коллекторов городской канализации и необходимых очистных сооружений с обеспечением экономически и технически целесообразных присоединений к городской канализации предприятий, спускающих вредные для здоровья или загрязненные сточные воды в городах: Ярославле, Грозном, Ростове на Дону, Таганроге, Новороссийске, Свердловске, Челябинске, Днепропетровске, Минске и Владивостоке;

б) приступить к строительству канализации с устройством необходимых очистных сооружений в городах Нижний Тагил, Керчь, Ташкент и Витебск.

Москва, Кремль, 17 мая 1937 г. № 96/834

Приложение 11

НОРМЫ ПОЖАРНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ В СЕЛЬСКИХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ (В КОЛХОЗАХ)

СОГЛАСОВАНО С ГУПО НКВД СССР 29/V 1939 г. № 1015486

Выдержки из «Инструкции по проектированию сельских водопроводов»

(Издание Народного комиссариата земледелия РСФСР, Ленинград, 1939 г., стр. 49)

1. Устройство пожарного водоснабжения в колхозах и колхозных хозяйствах должно обеспечивать наличие воды и возможность ее подачи во всякое время дня и ночи в количестве, потребном для тушения пожаров в пределах, указанных настоящими нормами.

2. В случае, если противопожарные потребности крупных сельскохозяйственных промышленных предприятий (молочные, сыроваренные заводы и пр.) не могут быть обеспечены действием сельского водопровода, то они должны быть оборудованы собственными противопожарными водопроводными устройствами, питаемыми самостоятельными источниками водоснабжения.

3. Приводимые ниже нормы пожарного водоснабжения устанавливаются для вновь проектируемых, строящихся или капитально ремонтируемых водопроводов в сельских местностях.

4. Пожарное водоснабжение при строительстве сельских водопроводов должно совмещаться с хозяйственными и, как правило, применяется низкого давления.

Устройство хозяйственно-противопожарных сельских водопроводов высокого давления, постоянного или создаваемого при помощи стационарного пожарного насоса, находящегося в насосной станции, — должно быть мотивировано специальными обстоятельствами (топографическими, экономическими и др.), требующими устройства водопроводов высокого давления.

Количество населения в тыс. человек	Предполож. число пожаров	Число пожарных струй	Продолжительность пожара в часах	Общий расход на пожар (л/сек.)
От 5 до 10 (дворов от 1 тыс. до 2 т.)	1	2	3	10
От 1 до 5 (дворов от 200 до 1 тыс.)	1	2	3	5
Менее 1 (дворов менее 200)	1	1	2	2,5

5. Расход воды для пожаротушения устанавливается в колхозном секторе в зависимости от расчетного количества населения и размера животноводческих ферм (см. табл.). Для небольших животноводческих ферм (менее 300 голов) при устройстве водопровода принимать расход на один пожар 2,5 л/сек. продолжительностью 2 часа.

6. В случае устройства сельского водопровода только на хозяйственный расход (по экономическим и другим причинам) в каждом отдельном случае должны быть намечены мероприятия по противопожарному водоснабжению путём устройства новых и использования существующих естественных и искусственных водоемов, а именно:

а) при наличии естественного водоема, расположенного вдоль села (река, пруд, озеро и пр.) и обеспечивающего требуемый для пожаротушения объем воды, устроить удобные подъезды в местах, обеспечивающих возможность забора воды в случае необходимости тушения пожара, по указанию местных УПО НКВД;

б) в случае отсутствия или недостаточности естественных водоемов необходимо запроектировать и устроить дополнительные водоемы: пруды, каналы, колодцы, резервуары, обеспечивающие потребность пожаротушения в размерах, предусмотренных в § 5.

7. Расход воды для тушения пожаров устанавливается в указанных в §§ 5 и 6 пределах, в каждом отдельном случае по согласованию с местными органами пожарной охраны НКВД (в зависимости от пожарной опасности, характера предприятия, типа и планировки селений, фермы с племенным скотом и других специальных требований).

8. На случай пожара расчет сети производится на принятый пожарный расход плюс максимальный расчетный хозяйственный расход, а для населенных пунктов с количеством жителей менее 5 000 человек расчет сети производится на пожарный расход, принятый для этих селений, плюс хозяйственный, определяемый от максимального суточного.

9. Потребный для тушения пожаров постоянный напор при максимальном расчетном или при среднечасовом хозяйственном (§ 8) расходе устанавливается:

а) для водопроводов низкого давления не должен падать ниже 7 м в любом участке сети;

б) в противопожарных водопроводах высокого давления напор во время пожара должен обеспечивать подачу струи высотой 10 м, при расположении ствола на уровне наивысшей точки наиболее высокого здания (исключая отдельных высоких частей здания — башни и пр.) и при длине непрорезиненного пенькового рукава 100 пог. м.

Расход на пожар (л/сек.)	Диаметр мундштука (мм)	Напор у начала рукава, где H — высота здания до конька крыши (м)	Высота струи м
5,0	19	$H + 24$	13,5
2,5	16	$H + 15,5$	10,0

Диаметр рукава в 63 мм и диаметр спрыска ствола в 19 мм следует применять только при расчетном расходе одной струи в 5 л/сек.

При расчетном расходе одной струи в 2,5 л/сек. следует принимать рукав диаметром 50 мм, а спрыск ствола — 16 мм.

10. В случае невозможности получения в любое время потребного для тушения пожара количества воды непосредственно от водоисточника должны быть предусмотрены резервуары с постоянным запасом воды, обеспечивающим тушение пожара в соответствии с нормами таблицы § 5.

Восстановление пожарного запаса воды в резервуарах должно начаться одновременно с его расходованием и продолжаться не более 36 часов.

Запасные резервуары должны иметь оборудование, обеспечивающее неприкосновенность пожарного запаса и постоянную циркуляцию воды.

11. Если источником водоснабжения являются грунтовые воды из буровых колодцев, то допускается, как правило, устройство одной скважины, за исключением отдельных случаев, когда при наличии штанговых насосов для полной надежности водоснабжения должна устраиваться резервная скважина.

Необходимость устройства резервной скважины определяется инстанцией, утверждающей проектное задание.

12. Насосные станции сельского водопровода должны иметь один запасный агрегат. Для небольших водопроводов (колхоз, имеющий менее

1 000 человек населения) разрешается временно в порядке очередности строительства иметь один агрегат.

13. Здания насосных станций должны быть огнестойкими или полуогнестойкими и располагаться от ближайших строений и сооружений на расстоянии от сгораемых зданий на 30 м и от остальных — 20 м.

Для колхозов с населением 1 000 человек, учитывая экономические условия, допускаются полусгораемые здания насосных станций.

Характер материала для строительства зданий насосных станций определяется инстанцией, утверждающей проектное задание.

14. Если станция работает не круглые сутки, то в часы остановки работы насосной станции в баке водонапорной башни необходимо иметь запас воды сверх хозяйственного на обеспечение тушения пожара первые $^1/_2$ часа с тем, чтобы в этот период времени включить работу насосной станции.

15. Водопроводная сеть сельских водопроводов может быть кольцевая или тупиковая, в последнем случае должны быть приняты меры против промерзания труб.

16. Диаметр магистральных труб не должен быть менее 75 мм при обеспечении пропуска хозяйственного и пожарного расхода.

17. Расстояние между гидрантами в пределах застройки должно быть не более 100 м, они должны быть защищены от замерзания и обеспечены удобными подъездами к ним.

ГЛАВА X
МЕЛИОРАТИВНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

§ 32. Типовые схемы водоподъемных сооружений

В систему оборудования и сооружений, относящихся к мелиоративной насосной станции (осуществляющей водоподъем в целях ирригации или осушения), входят: водозаборные и водоподводящие сооружения,

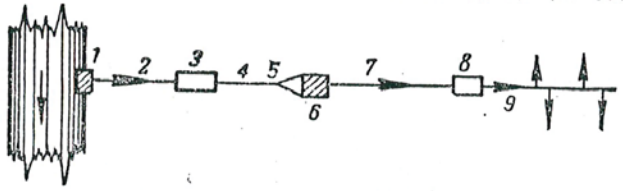


Рис. 339. Общая схема водоподъемных сооружений: *1* — водозаборное сооружение (водоприемник); *2*—подводящий канал или трубопровод; *3* — отстойник; *4* — подводящий канал или трубопровод; *5* — аванкамера (расширение канала); *6* — насосная станция; *7* — напорный трубопровод; *8* — приемное сооружение напорного трубопровода (напорный бассейн); *9* — магистральный оросительный канал.

отстойник, машинное здание насосной станции с установленными в нем агрегатами насосов и двигателей, напорные трубопроводы или иные водоотводящие сооружения, приемный бассейн в голове магистрального оросительного или осушительного канала (перечисленные водоподъемные сооружения могут объединяться термином «Гидротехнический узел машинного водоподъема»).

На рис. 339 изображена общая схема расположения сооружений, относящихся к водоподъему.

В зависимости от естественно-исторических факторов и технико-экономических соображений общая схема сооружений может видоизменяться и упрощаться.

Рис. 340 представляет схему, в которой насосная станция объединена с водоприемником и составляет одно гидротехническое сооружение; ос-

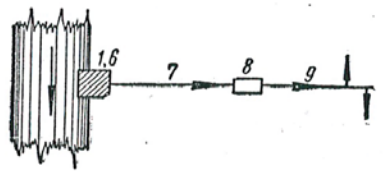


Рис. 340. Схема насосной станции, объединенной с водоприемником (обозначения см. рис. 339).

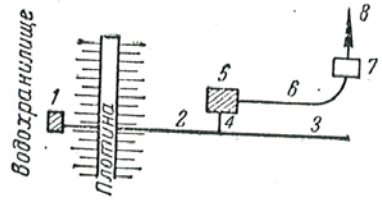


Рис. 341. Схема водоподъемных сооружений при заборе из водохранилищ: *1* — водоприемник; *2* — подводящая труба; *3* — сбросная труба; *4* — подводящая труба; *5* — машинное здание насосной станции; *6* — напорный трубопровод; *7* — напорный бассейн; *8* — магистральный оросительный канал.

тальные части сооружений или отсутствуют (например, отстойник), или также могут быть объединены с другими частями (например, отстойник объединяется с приемной частью машинного канала и т. п.). Система, где насосная станция объединяется с водозаборным сооружением, называется объединенной, в отличие от раздельной системы, изображенной на рис. 339. Объединенная система может быть стационарного или пловучего типа; в последнем случае насосная станция называется пловучей насосной станцией.



Рис. 342. Перекачивательная насосная станция (схема сооружений): *1* — подводящий канал; *2* — бассейн перед насосной станцией (аванкамера); *3* — насосная станция; *4* — щит (затвор и т. д.), шлюз и регулятор; *5* — труба для холостого сброса; *6* — напорная труба; *7* — труба, отводящая воду от насосной станции; *8* — водовыпускное сооружение.

Рис. 341 представляет схему расположения сооружений, относящихся к машинному водоподъему при заборе воды из водохранилища.

Если линия расположения насосов в плане направлена вдоль оси подводящего канала или потока, то станция называется насосной станцией с боковым водозабором; при расположении этой линии перпендикулярно к оси подводящего канала насосная станция называется насосной станцией с прямым водозабором.

К первому случаю может относиться объединенная насосная станция с водозаборным сооружением, расположенная на реке или вдоль подводящего канала. Ко второму случаю относится насосная станция с раздельной системой, как, например, изображенная на рис. 339.

Схема сооружений для водоподъема из осушительной системы, а в некоторых случаях и для перекачивания отработанных сбросных вод ирригационных систем, изображена на рис. 342.

В зависимости от естественно-исторических условий и технико-экономических соображений возможны варианты расположения насосной станции перед дамбой или в теле дамбы. Схема сооружений должна предусматривать, кроме машинного водоподъема, также и самотечный сброс воды.

§ 33. Отдельные элементы ирригационной схемы водоподъемных сооружений

1. Водозаборные сооружения

Для забора воды могут применяться обычные водопроводные типы водоприемников.

В ирригационной практике чаще всего применяется водозабор в виде открытого канала с регулирующими сооружениями или без них, а также в виде самотечных труб.

Основные положения проектирования водозаборных сооружений таковы.

1) Русло источника водоснабжения должно быть неизменяемым, в противном случае приходится прибегать к искусственному закреплению его.

2) Глубина воды в источнике орошения должна быть достаточна для того, чтобы водозабор можно было производить с глубины не менее чем на 1 м выше дна и на 1 м ниже низкого горизонта. При недостаточной глубине необходимо прибегать к искусственному повышению уровня, например, к устройству водоподпорного сооружения (предусматривая мероприятия по борьбе с отлагающимися наносами).

3) Берег реки у места расположения водоприемника должен быть удобен для рационального расположения сооружений, отводящих воду от водоприемных устройств.

4) При наличии судоходной реки необходимо учитывать требования беспрепятственного судоходства.

5) Сооружения для забора воды должны удовлетворять условиям прочности, предъявляемым теорией прочности сооружений.

6) Водоприемник должен быть доступен для осмотра и ремонта без прекращения его деятельности, для чего полезно делать водоприемник из двух независимых частей.

7) Необходимо предусмотреть устройство приспособлений для задержки плавающих в воде предметов.

8) Необходимо предусмотреть мероприятия по борьбе с донным льдом, если насосная станция работает в морозный период.

Кроме указанных общих положений, при проектировании необходимо учитывать конкретные условия водозабора: режим источника, количество и направление взвешенных наносов, скорости течения воды и т. п.

Для наиболее правильного решения вопросов проектирования рекомендуется изучение (хотя бы по литературным источникам) уже существующего и хорошо работающего в аналогичных условиях сооружения, а также и сооружения с выявившимися в эксплоатации дефектами, причины которых должны быть устранены в новом сооружении. В затруднительных случаях следует прибегать к лабораторным исследованиям с моделями в опытных лотках гидравлических лабораторий.

Существующие типы водоприемников. 1. На рис. 343 изображена насосная станция с расходом $Q = 2{,}3$ м³/сек. при колебании горизонта воды в источнике до 8,66 м. Подвод воды к колодцам осуществлен при помощи железо-бетонной штольни. Штольня разделена на каналы стенками, кото-

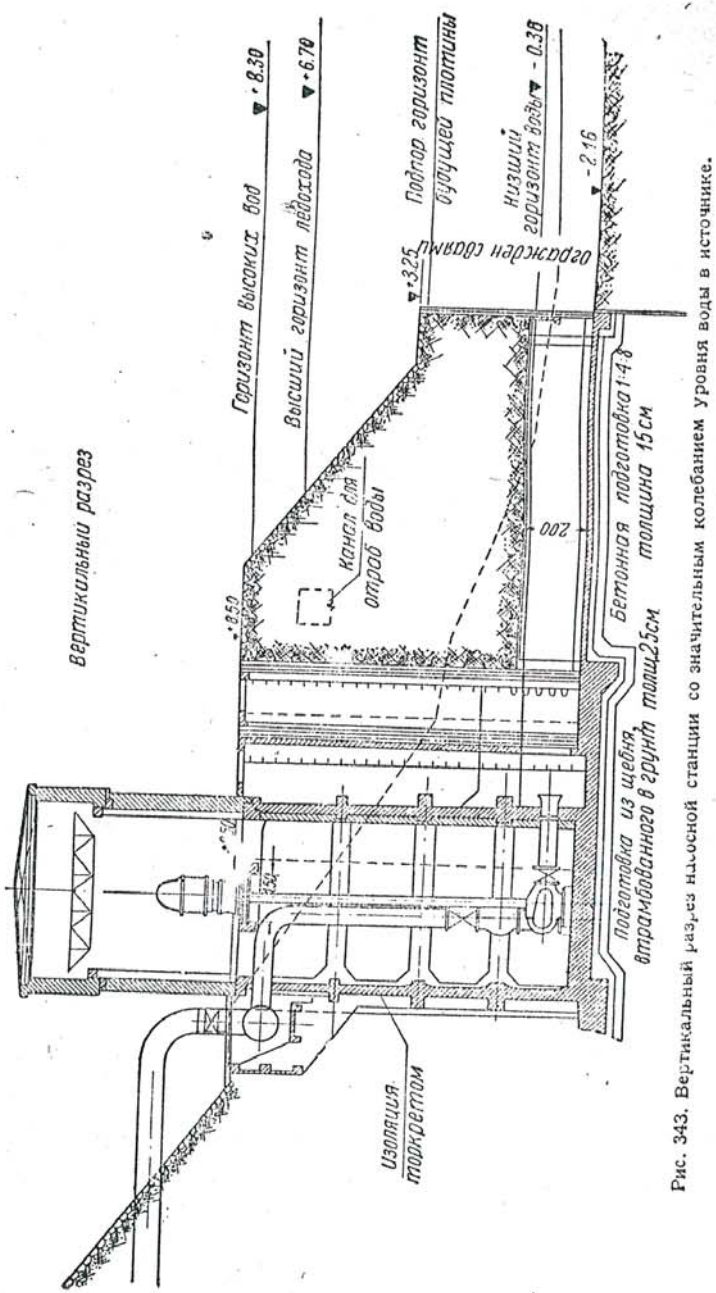


Рис. 343. Вертикальный разрез насосной станции со значительным колебанием уровня воды в источнике.

рые служат опорами для перекрытия штольни. Штольня оканчивается сеточным фильтром, причем легкие сетки опускаются по пазам в железо-бетонных стойках. При входе воды в колодец устроены пазы для сеток или щитов, опускаемых сверху; следовательно, щиты можно опустить в любое время и осушить колодец. Перед входом в штольню имеются пазы, в которых помещаются решетки, но могут быть поставлены и щиты для освобождения штольни от воды. Станция оборудована тремя вертикальными насосами. Каждая штольня состоит из двух каналов; всего для трех насосов имеется шесть каналов и три приемных колодца.

2. На рис. 344 показан план водозаборного сооружения ирригационной насосной установки для большой реки с большими колебаниями горизонтов. Ось сооружения составляет угол в 20° с линией берега. Водозаборное сооружение состоит из приемного колодца, откуда вода штольнями подводится к отстойникам. Расход $Q = 16$ м³/сек.

При заборе воды из ирригационного канала (зональная станция 2-го и выше подъемов) схема водозабора, в основном своем виде, остается как на рис. 339, за исключением отстойника (*3*), который здесь не нужен, так как наносы откладываются выше в источнике. Станция (*5*) может находиться и на самом канале. Водоприемник *(1)* в общем случае представляет обычный шлюз-регулятор ирригационного канала. Водозабор в этом случае ведется по обычным правилам проектировки водозаборных сооружений ирригационной системы.

При проектировке водоприемников всех типов рекомендуется определять общую площадь сечения входных отверстий из такого расчета, чтобы скорость поступления воды была достаточно мала и вода не могла увлекать за собой муть. Однако при больших расходах воды, во избежание значительного удорожания сооружений, входные скорости доводят до 1,5 м/сек., хотя желательно придерживаться скоростей 0,5—0,75 м/сек., а для самых малых водозаборов — 0,2—0,3 м/сек.

2. Водоподводящие сооружения

Водоподводящие сооружения (см. на рис. 339 схематические изображения *2* и *4*) бывают такие:

1) канал без крепления,
2) канал с креплением,
3) трубопровод: металлический, железо-бетонный, деревянный (круглого или прямоугольного сечения).

Выбор того или иного типа обусловливается технико-экономическими соображениями.

3. Отстойники

Проектируются на основании тех же соображений, как и отстойники гидротехнических сооружений. Иногда отстойники помещаются за насосной станцией. В этом случае необходимо стремиться к тому, чтобы подводящие сооружения и насосы подводили к отстойникам главную часть наносов. Подобное расположение отстойников встречается тогда, когда отстойник нельзя расположить перед насосной станцией по топографическим или иным условиям, но необходимо иметь всю или часть осветленной воды, например, для тепловых двигателей насосных станций.

4. Насосная станция

Насосная станция имеет следующие элементы:

1) приемный бассейн,
2) насосы, двигатели и их соединения,
3) фундаменты,

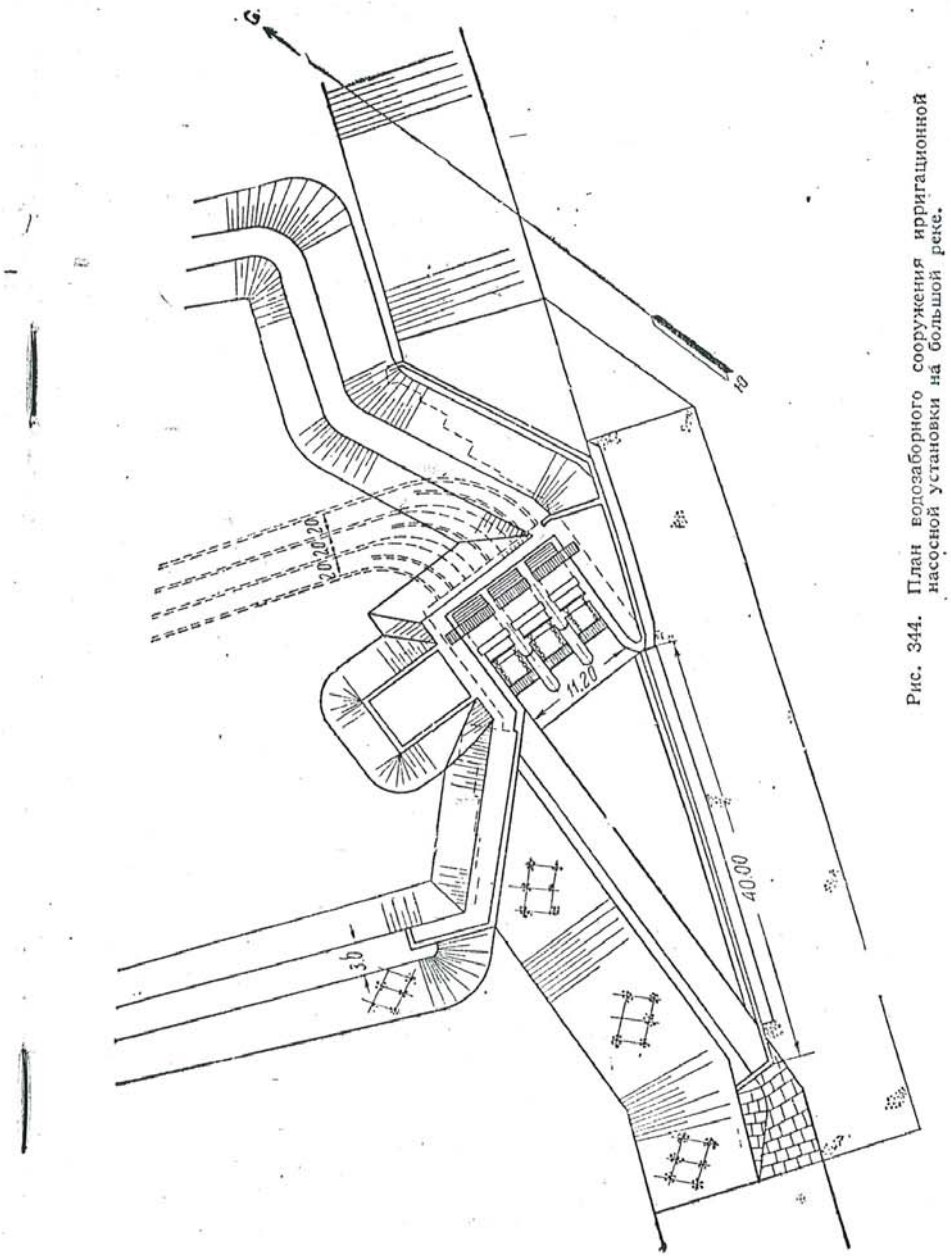


Рис. 344. План водозаборного сооружения ирригационной насосной установки на большой реке.

4) всасывающие и отводящие трубопроводы в пределах станции,
5) арматура и контрольно-измерительная аппаратура,
6) машинное здание станции.

§ 34. Типы ирригационных насосных станций

Насосные станции разделяются по числу перекачек на насосные станции 1-го подъема, 2-го подъема и т. д.

Насосные станции могут классифицироваться по конструктивной связи насосной установки с зданием станции.

1) Насосные станции блочного типа (рис. 345), в которых насосные трубы выполняются из бетона и железо-бетона как одно целое с подземной частью здания насосной станции.

2) Насосные станции камерного (иначе шахтного) типа, в которых устройство шахты для

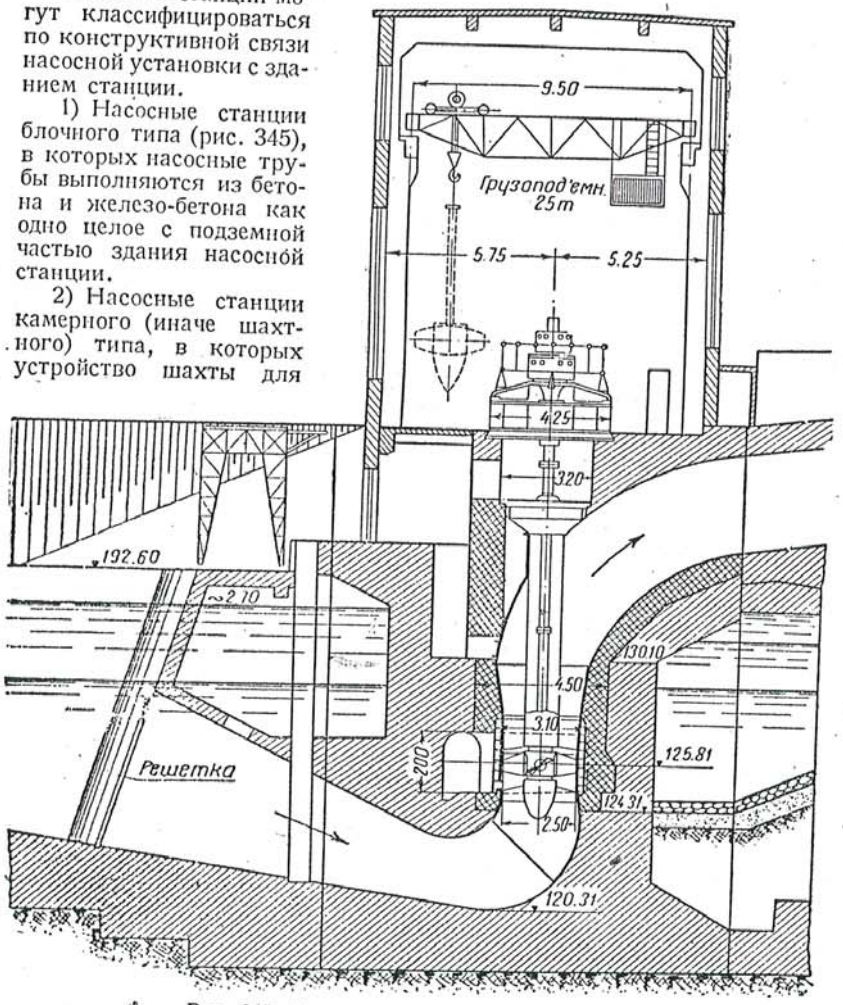


Рис. 345. Насосная станция блочного типа.

помещения в ней насосов вызывается необходимостью приблизить насосы к низкому (по сравнению с берегом) горизонту воды в источнике до величины, не превышающей предельную высоту всасывания насосов.

Камерные насосные станции в свою очередь разделяются на:

а) насосные станции с мокрой камерой (рис. 346), т. е. затопленной постоянно или при повышении горизонта воды в источнике так, что насосы в ней работают под водой;

б) насосные станции с сухой камерой (рис. 347, стр. 716), в которой насосы изолированы от затопления, что бывает необходимо, когда применяется насос и передача от двигателя такой конструкции, при которой требуется постоянный надзор и работа в сухом помещении.

3) Можно выделить группу станций, характерным отличием которых является установка насоса на отдельном фундаменте, расположенном внутри здания станции, но конструктивно с ним не связанном. Такое устройство насосной станции обычно применяется при небольших (в пределах высоты всасывания) колебаниях уровня воды в источнике, при отсутствии, следовательно, необходимости приспособлять к этим уровням здание станции и размещение в нем насосов. Такие станции встречаются в водопроводном деле, поэтому их (по М. М. Флоринскому) условно можно назвать «водопроводными» (рис. 348, стр. 717).

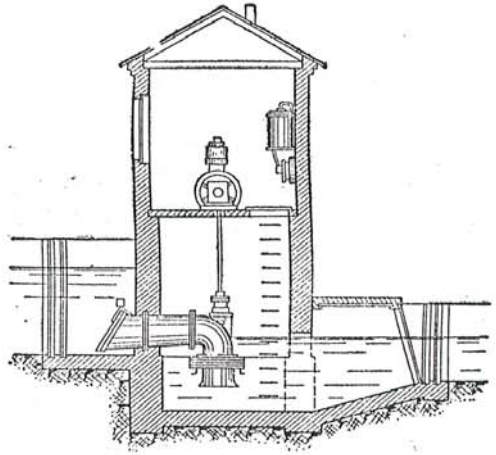


Рис. 346. Насосная станция камерного типа с мокрой камерой.

В мелиоративной практике установился термин «сифонной» насосной установки при значительных (но в пределах высоты всасывания) колебаниях уровня воды в верхнем бьефе (рис. 349, стр. 717). Установка характеризуется тем, что ось насоса располагается выше высшего горизонта воды в верхнем бьефе, а нагнетательная труба идет с понижением от насоса, заканчиваясь под низшим уровнем воды в верхнем бьефе. Таким образом из всасывающего и нагнетательного трубопроводов, соединяемых насосной камерой, получается сифон, действие которого при пониженных горизонтах воды в верхнем бьефе экономит энергию двигателя. Сифонная установка по конструктивной связи со зданием может быть блочного типа и водопроводного.

§ 35. Выбор двигателей для насосных станций

1. Типы применяемых двигателей

а) Паровые установки небольших мощностей представлены главным образом локомобилями. Применяются:

1) паровые локомобили малой мощности типа $П_1$ и $П_3$ употребляемые главным образом в сельском хозяйстве (как передвижные, так и стационарные);

2) локомобили стационарного типа Э и ЛМ с конденсацией, пароперегревом и подогревом воды.

Кроме нормального топлива — угля и дров, локомобили приспособлены для сжигания в специальных топках малоценного топлива и разных отбросов сельского хозяйства.

(Таблица локомобилей Людиновского завода приводится в каталогах «Локомобили».)

Паровые двигатели обладают следующими достоинствами:

1) допустимость большой перегрузки и возможность изменения в широких пределах числа оборотов, что весьма важно при переменном характере нагрузки;

2) возможность использования самых дешевых сортов топлива, включая и отбросы топлива.

Главные недостатки паровых двигателей:

1) низкий тепловой коэфициэнт полезного действия (для насосно-паровых установок 0,5÷2%);

2) значительные потери тепла во время остановок;

3) требуют здания большего размера и большего штата обслуживающего персонала.

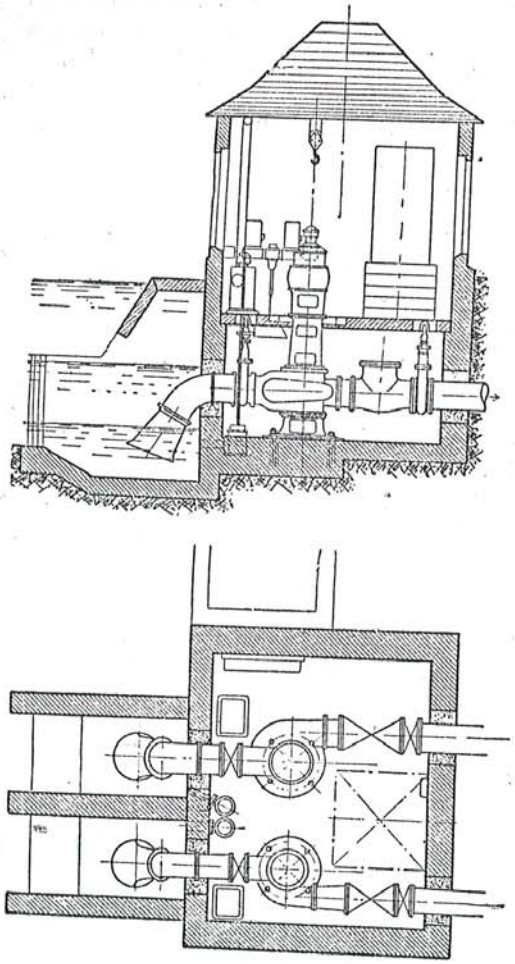


Рис. 347. Насосная станция камерного типа с сухой камерой.

б) Двигатели внутреннего сгорания применяются как стационарные, так и передвижные (главным образом тракторы).

Стационарные двигатели работают на газах, нефти и других видах топлива.

Газовые стационарные двигатели работают на газах: осветительном, доменных и коксовых печей, а также вырабатываемом специальными газогенераторами.

Преимущества газовых двигателей — малый расход топлива, высокая степень равномерности хода, а также возможность использования разных малоценных видов топлива, как опилки, бурые угли, отбросы с.-х. продукции и пр., для которых конструируются специальные газогенераторы.

Двигатели жидкого топлива работают на бензине, керосине, газолине, сырой нефти, мазуте, соляровом масле, дизельном топливе, спирте. Расход топлива в двигателях быстрого сгорания зависит от величины двигателя и нагрузки, и в нормальных условиях его можно считать равным 270—400 г на сило-час.

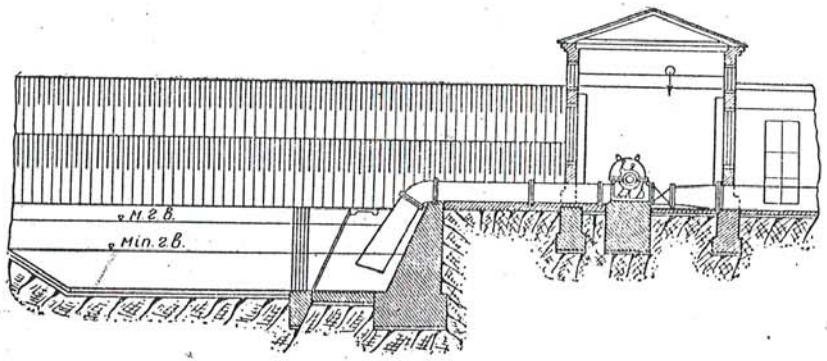


Рис. 348. Насосная станция «водопроводного» типа.

В двигателях Дизеля, четырехтактных или двухтактных, с компрессором или без компрессора, расход зависит от величины двигателя. В среднем его можно считать 180—250 г на сило-час.

(Таблицы двигателей внутреннего сгорания, изготовляемых заводами СССР, приводятся в специальных каталогах, например, треста Союздизель.)

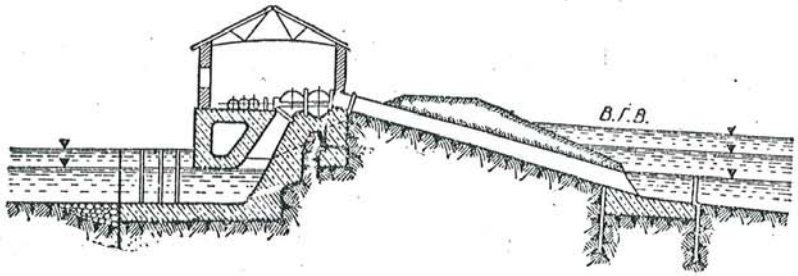


Рис. 349. Сифонная насосная установка.

в) Нормальные электромоторы делаются для постоянного тока напряжением 110, 220 и 440 вольт и трехфазного тока — напряжением 127, 220, 380, 500, 3 000 и 6 000 вольт.

При постоянном токе возможно регулирование оборотов практически без потерь путем изменения тока возбуждения шунтового двигателя (реостатом в цепи возбуждения).

Предел регулирования числа оборотов — 1:3.

Недостаток — наличие коллектора.

Постоянный ток мало употребляем в насосных станциях.

Трехфазный ток также дает возможность регулировки, но с потерями, примерно пропорциональными снижению числа оборотов, а поэтому регулировка оборотов применяется редко.

Регулировка достигается включением в ротор реостата через контакты колец.

Для 50-периодного тока синхронные числа оборотов моторов — 3 000, 1 500, 1 000, 750, 600, 500 и т. п. — определяются по формуле:

$$n_{синхр} = \frac{3000}{p} \text{ при 50 периодах в секунду,}$$

где p — число пар полюсов;

n — синхронное число оборотов (асинхронное — меньше на 2—5%).

Напряжения трехфазного тока 120, 220, 380, 500 вольт применяются для моторов от самых мелких (0,25 квт) до 760 квт, напряжения 3 000—6 000 вольт — для крупных моторов — от 200 квт и выше.

Моторы бывают: открытые, закрытые, с вентиляцией и защищенные от механических повреждений и капели.

Применение синхронных моторов выгодно при значительных мощностях, так как синхронные машины имеют обычно $\cos\varphi \approx 1$. При несколько увеличенной против потребной мощности или при недогрузке синхронные моторы могут отдавать в сеть опережающие токи, тогда как асинхронные всегда потребляют на сети запаздывающие токи, т. е. ухудшают $\cos\varphi$ сети. За улучшение $\cos\varphi$ выше 0,8 обычно устанавливаются скидки с тарифа.

2. Выбор типа двигателя для насосной станции (предварительные соображения)

Выбор двигателя зависит от тех энергетических ресурсов, которые имеются в районе расположения насосной станции. Поэтому при составлении схематического проекта необходимо произвести энергетическое обследование района согласно особой инструкции. Всякое насосно-силовое оборудование насосной станции должно быть надежно, технически целесообразно и экономически выгодно. Факторами, влияющими на выбор типа оборудования, являются как местные, так и общие условия: цены на топливо, бесперебойность снабжения, условия и стоимость их подвозки, размер капитальных и эксплоатационных расходов, наличие электроэнергии в районе и надежность ее получения, наличие квалифицированного обслуживающего персонала и т. д.

Выбор оборудования должен обосновываться конкретными технико-экономическими подсчетами и соображениями.

Энергооборудование насосных станций может быть: паровое, нефтемоторное, газогенераторное. Возможно применение ветряных двигателей. Для малых установок возможно применение гидравлического тарана и несложных двигателей.

При проектировании мелиоративных насосных станций должно быть учтено энергоснабжение объектов ирригационной системы на основе комплексного решения.

Заслуживает особого внимания постройка объединенной с насосной станцией тепловой электростанции с увязкой графика выработки электроэнергии для нужд сельского хозяйства и условий машинного водоподъема, учитывая сезонность последнего.

Для ориентировочного определения типа двигателя для насосной станции можно пользоваться следующей таблицей проф. М. М. Флоринского.

Таблица для выбора типа двигателя к центробежному насосу

Двигатель	Тип насоса и соединения	Решающие условия выбора	Где применяется
1. Локомобиль с двойным расширением пара. Сельскохозяйственные локомобили	Горизонтальный центробежный насос, пропеллерные насосы с ременной передачей	Большие колебания нагрузки, наличие местного топлива: каменный или бурый уголь, отбросы топлива или отходы сельского хозяйства	Везде, где экономически выгодно, а особенно для механического подъема воды с колебаниями расходов и высоты подъема, благодаря возможности регулирования числа оборотов
2. Паровая турбина	Центробежный насос, пропеллерный, непосредственно соединяемый с турбиной	Мощная установка в несколько сотен или тысяч лош. сил; нужна экономия места	Для питания котлов на ТЭЦ, для мощной водоподъемной станции городского водопровода, для водоподачи в сеть с применением редуктора
3. Дизельмотор 4-тактный или 2-тактный, бескомпрессорный	Центробежный насос, пропеллерный насос с ременной передачей или редуктором	Дешевая нефть, ее подвоз и снабжение обеспечены, экономия места, хороший технический надзор, надежный грунт под фундамент, однообразная нагрузка	В ирригации и осушении для механического подъема воды при отсутствии электроэнергии или при высокой ее стоимости и больших расходах воды. На крупных насосных станциях городского водопровода
4. Другие двигатели внутреннего сгорания, быстрого и медленного	Центробежный и пропеллерный насос с ременной передачей	Небольшая установка в десятки лош. сил, работа с перерывами, снабжение нефтью, керосином, бензином обеспечено	Во временных водоснабжениях на строительстве, для временного орошения, для дождевания небольших орошаемых площадей, для водоснабжения колхозов, совхозов, поселков, в передвижных водоподъемных установках
5. Электродвигатель	Центробежный и пропеллерный насос, непосредственно соединяемый с двигателем или с ременной передачей редуктором	Наличие электрических станций и дешевого тока, нужна экономия места и небольшой штат служащих	Во всех случаях водоподъема; в ирригационных установках и циркуляционном водоснабжении силовых станций

Продолжение

Двигатель	Тип насоса и соединения	Решающие условия выбора	Где применяется
6. Водяные турбины, вращающие генератор, энергия от которого передается электродвигателю, а от последнего насосу, или простые турбины — насосы	Центробежный и пропеллерный насос	Благоприятные условия для устройства гидростанции близ водоподъемной установки, перепады на каналах	В ирригации и осушении при механическом водоподъеме

§ 36. Передача энергии от двигателя к насосу

Механическая передача энергии от двигателя к насосу или компрессору осуществляется при помощи следующих родов соединений: 1) прямое соединение, 2) через муфту, 3) через зубчатые колеса, 4) через ременную передачу.

1. Прямая передача представляет собой жесткую систему соединения поршня или вала двигателя с поршнем или валом насоса. Такого рода передача устраивается в поршневых прямодействующих насосах, например, в паровых насосах системы «Вортингтон», где передача состоит из штока, наглухо соединенного общим концом с поршнем паровой машины, а другим — с поршнем насоса.

2. Соединение через муфту осуществляется в том случае, когда ось насоса должна совпадать с осью двигателя. Для поглощения возникающих при работе ударов, муфты, соединяющие валы двигателя и насоса, устраиваются обычно упругими, что достигается вставкой кожаных или резиновых прокладок между болтом и втулкой. Кроме того, возможны и другие специальные конструкции упругих муфт, применяющихся в машиностроении (например, Гука, Леблана и др.).

Соединение при помощи муфты может быть произведено лишь в том случае, когда необходимое для насоса число оборотов совпадает с числом оборотов двигателя; при этом числа оборотов должны быть не случайные, а должны соответствовать нормальной, экономически обоснованной работе как насоса, так и двигателя. Соединение муфтой допускает неограниченную передачу мощности и не дает потерь на передачу.

3. Зубчатая передача применяется для передачи вращательного движения, когда вал двигателя не совпадает с валом насоса.

В зависимости от взаимного расположения валов зубчатые колеса делятся на: цилиндрические, конические и гиперболические (червячная передача).

Зубцы цилиндрических колес делаются: прямыми, косыми и угловыми (шевронными).

Оправдывает себя в экономически-эксплоатационном отношении применение зубчатых передач с шевронными шестернями (коэфициент полезного действия передачи доходит до 0,97 и 0,98). Эти зубчатые колеса чувствительны к осевым усилиям. Устанавливаемые между редуктором и мотором или между насосом и редуктором муфты должны быть эластичными, чтобы уравновешивать продольные сдвиги.

Включенный между насосом и двигателем внутреннего сгорания редуктор может подвергаться опасности поломки при коэфициенте неравномерности двигателя $^1/_{100}$; для предотвращения поломки необходимо включение эластичных муфт.

На рис. 350 изображен насосный агрегат с двумя ступенями зубчатой передачи (переключение с 1450/410 на 1450/210).

Передача при помощи муфты, зубчатых колес и т. п. является составной частью всего агрегата из насоса и двигателя и изготовляется самими заводами; в отличие от этих видов передачи, ременная передача проектируется вместе с насосной установкой, поэтому сведения о ней у проектировщиков насосных станций должны быть более подробные (см. «Ременные передачи, иностранные стандарты и нормы с приложением стандартов СССР», 1938 г. Сборник, составил Беляев).

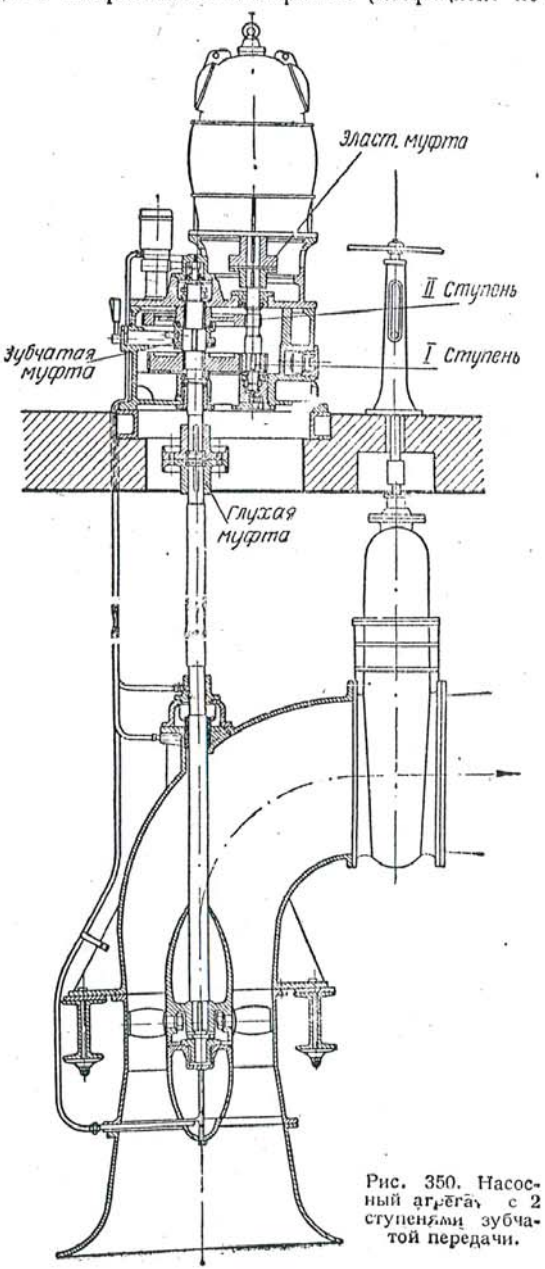


Рис. 350. Насосный агрегат с 2 ступенями зубчатой передачи.

§ 37. Ременная передача

I. Виды ременной передачи

1. Открытая передача применяется между параллельно расположенными валами, вращающимися в одном направлении (рис. 351 фиг. 1). Ведущий конец ремня необходимо пускать внизу, а ведомый — сверху. Провисание ведомого конца ремня увеличивает угол

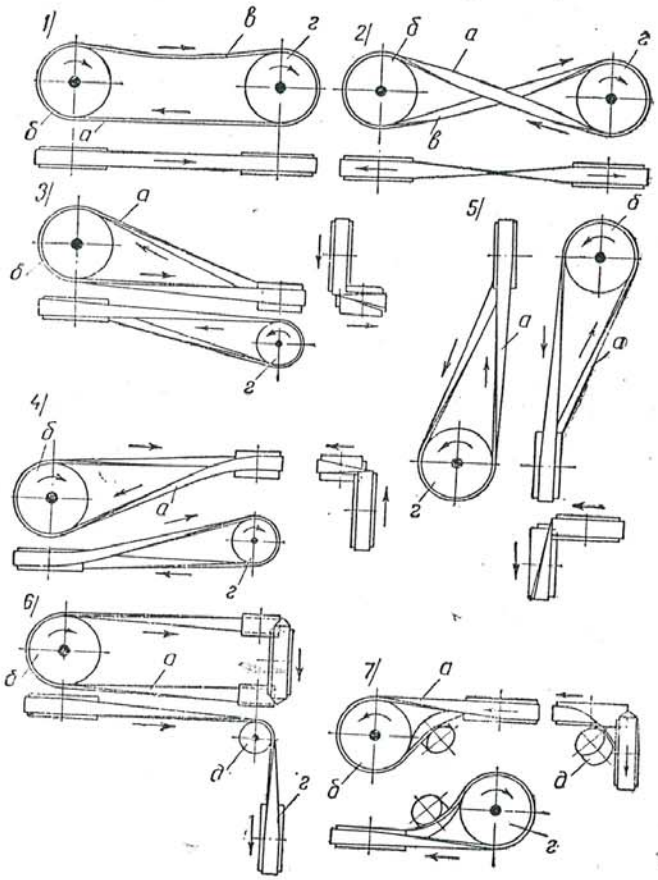


Рис. 351. Виды ременной передачи: *а* — ведущая ветвь; *б* — ведущий шкив; *в* — ведомая ветвь; *г* — ведомый шкив; *д* — натяжной ролик.

сбхвата и тем самым увеличивается передаваемая ремнем мощность. Передаточное число — не больше 5.

2. Перекрестная передача применяется между параллельными валами, вращающимися в разных направлениях (рис. 351, фиг. 2). Для быстрого хода и широких ремней перекрестная передача не допускается. Расстояние между валами берется больше 20-кратной ширины ремня, так как при малых расстояниях получается косой сход ремня,

что уменьшает эффект использования ремня. Передаточное число — не больше 6.

3. Полуперекрестная передача (рис. 351, фиг. 3—5). Набегающая ведущая часть ремня должна лежать в плоскости вращения ведущего шкива. Эта передача требует тщательного выполнения; она применяется при горизонтальном или вертикальном направлении передачи при значительных расстояниях между валами, расположенными

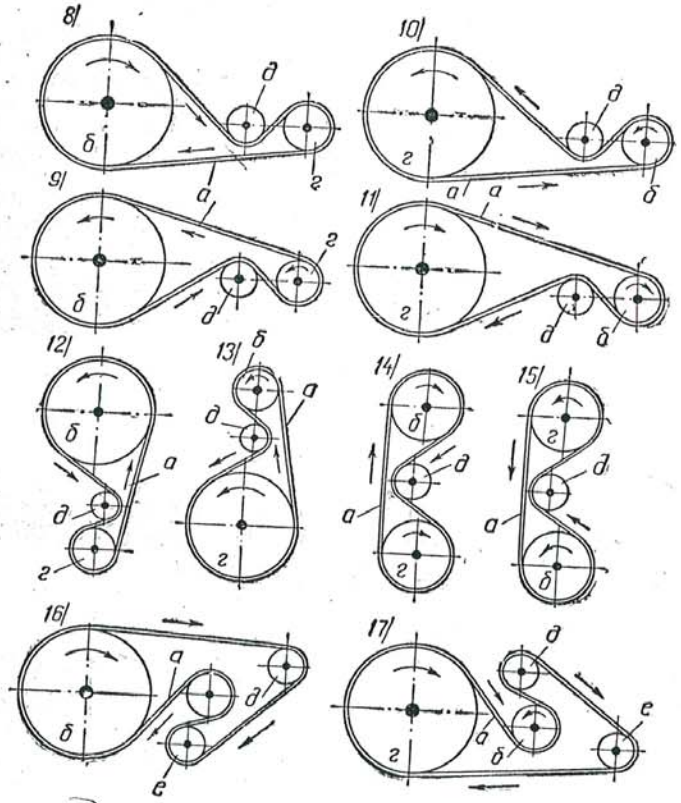


Рис. 352. Виды ременной передачи. Ременная передача с натяжным роликом: *а* — ведущая ветвь, *б* — ведущий шкив; *в* — ведомая ветвь; *г* — ведомый шкив; *д* — натяжной ролик; *е* — направляющий ролик.

непараллельно. Ведомый шкив должен быть шире ведущего. Передаточное число — не больше 3.

4. Угловая передача с направляющим роликом (рис. 351, фиг. 6—7) применяется при перпендикулярных валах, лежащих в одной плоскости или в плоскостях параллельных, незначительно удаленных друг от друга. Небольшая скорость ремня. Передаточное число — не больше 4.

5. Ременная передача с натяжным роликом (рис. 352, фиг. 8—17) применяется там, где расстояние между валами небольшое или где оно, наоборот, весьма значительно. При вертикальной передаче также можно применять передачу с натяжным роликом. Натяж-

ной ролик позволяет применять ременные передачи с передаточным числом до 15—16. Натяжные ролики устанавливаются на ведомой части ремня. Коэфициент полезного действия ременной передачи с натяжным роликом — 0,94—0,96, в наилучших установках он достигает величины 0,98.

II. Приводные ремни

В СССР изготовляются следующие пять видов стандартных ремней: 1) кожаные, 2) прорезиненные, 3) хлопчатобумажные тканые, 4) хлопчатобумажные шитые, 5) шерстяные тканые.

Ввиду дефицитности кожи наибольшее распространение имеют ремни прорезиненные и текстильные (хлопчатобумажные и шерстяные).

Кожаный ремень согласно ОСТ 5772 представляет собой «чепрак ремневый растительного дубления». Кожаные ремни изготовляются одинарные и двойные.

Прорезиненные ремни изготовляются из нескольких слоев хлопчатобумажной ткани, связанных между собою вулканизированной массой каучука с примесями (ОСТ 689).

Хлопчатобумажные цельнотканые ремни изготовляются из хлопчатобумажной пряжи в несколько слоев, пропитанной специальным составом, состоящим в основном из битума и озокерита (ОСТ 3155).

Хлопчатобумажные шитые ремни изготовляются из нескольких слоев хлопчатобумажной ткани, называемой бельтингом; слои объединяются между собой посредством продольного прошивания крученой хлопчатобумажной нитью; шитые ремни пропитываются тем же составом, что и цельнотканые (ОСТ 3156).

Шерстяные тканые ремни состоят из нескольких слоев шерстяной ткани, пропитанной специальным составом железного сурика, затертого на искусственной или растительной олифе (ОСТ 3157).

III. Типовой расчет передачи хлопчатобумажными тканными ремнями

1. Область применения. Тканые хлопчатобумажные ремни применяются при небольших и средних мощностях; они пригодны для работы при переменной неравномерной нагрузке средней интенсивности; могут работать на шкивах сравнительно небольшого диаметра. При перекрестной передаче, при шкивах с ребордами, ступенчатых шкивах и при наличии отводок хлопчатобумажные тканые ремни довольно быстро изнашиваются, и потому в указанных условиях применения этих ремней следует избегать.

2. Расчетные данные. Для проектного расчета передачи должны быть известны:

N — передаваемая мощность в лош. силах,
n_1 — число оборотов ведущего шкива в минуту,
n_2 — число оборотов ведомого шкива в минуту,
l — приблизительное межцентровое расстояние в метрах;
D — диаметр одного из шкивов в метрах. Если ни один из диаметров не известен, то можно таковым задаться в соответствии с минимально рекомендуемыми диаметрами (п. 10), габаритными и другими соображениями.

3. Диаметры шкивов. Зная один диаметр D_1, другой находят по уравнению:

$$D_2 = i \cdot D_1,$$

где $i = \frac{n_1}{n_2}$ — передаточное число;

D_1 — диаметр ведущего шкива в метрах;
D_2 — диаметр ведомого шкива в метрах.

Примечание. При выборе диаметров шкивов необходимо руководствоваться ОСТ 1655 на ременные шкивы, округляя, как правило, D_1 до ближайшего большего, а D_2 — до ближайшего меньшего значения.

4. Угол обхвата. Угол обхвата ремнем меньшего шкива может быть определен для открытой передачи по следующей приближенной (без учета провисания ремня) формуле:

$$\alpha = 180° - \frac{57(D_{max} - D_{min})}{l}.$$

Рекомендуется не применять углов обхвата α меньше 150°; для увеличения этого угла следует удлинять межцентровое расстояние l или ставить натяжной ролик. Угол обхвата для передачи с роликом лучше всего определять графически по изображению передачи в масштабе.

5. Натяжной ролик. При применении натяжного ролика диаметр его D_0 по возможности следует выбирать не меньше диаметра меньшего из шкивов. Помещать ролик следует на ведомой ветви так, чтобы угол обхвата его ремнем был не больше 120°, а центр ролика располагался от центра малого шкива на расстоянии:

$$\Delta \geqslant D_{min} + D_0.$$

6. Ширина ремня. Требуемая ширина ремня рассчитывается по формуле:

$$b = \frac{75N}{v \cdot p \cdot F \cdot k};$$

где $v = \frac{\pi D \cdot n}{60}$ — скорость ремня в метрах в секунду;

p — допустимое удельное окружное усилие в килограммах на 1 см². Значения F и k пояснены ниже.

Примечание. Ширина шкива B выбирается по ширине ремня b в соответствии с ОСТ 1655.

7. Допускаемая нагрузка. Усилие, передаваемое хлопчатобумажными тканными ремнями на единицу ширины, равно:

при толщине $\delta = 6{,}5$ мм (шестислойный)... $p = 11$ кг на 1 см
» $\delta = 8{,}5$ мм (восьмислойный)... $p = 14$ » » 1 »

Эти данные действительны для скоростей до 20 м в секунду. Для больших скоростей указанные нормы должны быть снижены:

при $v = 20 - 25$ м в секунду на 5%
» $v = 25 - 30$ » » 15%
» $v = 30 - 35$ » » 25%

К полученным нормам вводятся поправочные коэфициенты, указанные в следующих пунктах (8 и 9).

8. Поправка на угол обхвата. Нормы п. 7 относятся к углу обхвата $\alpha = 180°$, при других углах вводится поправочный коэфициент (F).

Таблица поправочных коэфициентов (F) к допускаемой норме нагрузки в зависимости от изменения угла обхвата (α)

α	F	α	F
150	0,91	200	1,06
160	0,94	210	1,09
170	0,97	220	1,12
180	1,00	230	1,15
190	1,03	240	1,18

9. Поправка на режим работы. Нормы п. 7 действительны для спокойной и равномерной нагрузки; при ином режиме работы вводится поправочный коэфициент k = от 1,0 до 0,5, применительно к условиям, указанным в таблице:

Таблица поправочных коэфициентов к нормам нагрузки в зависимости от режима работы

Класс	Характер нагрузки	Тип машины	k
I	Легкая пусковая нагрузка. Нормальная рабочая нагрузка. Отсутствие толчков и вибраций	Небольшие вентиляторы и центробежные насосы, сверлильные, токарные и тому подобные станки, ленточные транспортеры и др.	1,0
II	Пусковая нагрузка до 125% нормальной. Незначительные колебания нагрузки.	Легкие трансмиссионные приводы, фрезерные станки, поршневые насосы и компрессоры с относительно тяжелым маховиком и др.	0,9
III	Пусковая нагрузка до 200% нормальной. Сильные колебания нагрузки.	Реверсивные приводы, строгальные, долбежные и тому подобные станки, поршневые насосы и компрессоры с относительно легким маховиком и др.	0,75
IV	Весьма неравномерная нагрузка. Ударная нагрузка. Очень тяжелые условия работы.	Подъемники, драги, жерновые мельницы, бегуны, глиномялки, молоты и др.	0,5

10. Минимальные диаметры шкивов. Для хлопчатобумажных тканых ремней возможно применение следующих минимальных диаметров шкивов:

Минимальные диаметры шкивов для применения тканых хлопчатобумажных ремней

Толщина ремня	Минимальный допустимый диаметр (в миллиметрах)	Рекомендуемый минимальный диаметр (в миллиметрах)
δ = 6,5 (шестислойный) . . .	180	200
δ = 8,5 (восьмислойный) . .	280	320

Минимально допустимые диаметры можно применять лишь на второстепенных передачах.

Примечание. К второстепенным передачам относятся те, которые имеют небольшие скорости вращения ремня (до v=10 м в секунду).

IV. Типовой расчет передачи хлопчатобумажными шитыми ремнями

1. Область применения. Шитые хлопчатобумажные ремни применяются на малых, средних и относительно больших мощностях. Значительных колебаний нагрузки (по классу IV предыдущего расчета) не выдерживают. При работах на малых диаметрах шкивов ремень быстро расслаивается. Эти ремни не рекомендуется применять при скоростях v>30 м в секунду, следует избегать постановки на ступенчатые шкивы и для работы с отводкой.

Типовые расчеты и нормы совершенно одинаковы с предыдущими типовыми расчетами (III) тканых хлопчатобумажных ремней в пунктах 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9.

Отклонения от предыдущих норм и расчетов — в пунктах 7 и 10 (см. ниже).

7. Допускаемая нагрузка. Усилие, передаваемое хлопчатобумажным шитым ремням на единицу ширины:

при толщине δ = 5,6 мм (четырехслойный) . p=10 кг на 1 см
» » δ = 8,0 » (шестислойный) . . p=14 » » » »
» » δ = 11,0 » (восьмислойный) . . p=19 » » » »

Зависимость указанных норм от скоростей ремня (v) та же, что и для тканых хлопчатобумажных ремней.

10. Минимальные диаметры шкивов указаны в следующей таблице

Минимальные диаметры шкивов для применения шитых хлопчатобумажных ремней

Число слоев (толщина ремня)	Минимальный допустимый диаметр (в миллиметрах)	Рекомендуемый минимальный диаметр (в миллиметрах)
4 слоя (δ = 5,6 мм)	250	280
6 слоев (δ = 8,0 мм)	400	450
8 слоев (δ = 11,0 мм)	630	710

По такому же методу делается расчет и прорезиненных хлопчатобумажных ремней.

V. Типовой расчет передачи шерстяными тканными ремнями

1. Область применения. Применяются для средних и относительно больших мощностей; пригодны для работы с весьма неравномерной и даже ударной нагрузкой. Могут работать на шкивах сравнительно небольшого диаметра; рекомендуется применять для скоростей до 30 м в секунду; быстро изнашиваются от трения при перекрестной передаче, при шкивах с ребордами и т. п. Мало чувствительны к колебаниям влажности и температуры.

Расчетные элементы одинаковы с предыдущими в пунктах 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9.

Отклонения от предыдущих норм — в пунктах 7 и 10 (см. ниже).

7. Допускаемая нагрузка на единицу ширины ремня:

δ = 6 мм (трехслойный) . . . . . p = 8,5 кг на 1 см.
δ = 9 мм (четырехслойный) . . . . . p = 12,5 » » » »
δ = 11 мм (пятислойный) . . . . . p = 15 » » » »

Зависимость указанных норм от скоростей ремня (v) та же, что и для хлопчатобумажных ремней.

10. Минимальные диаметры шкивов указаны в следующей таблице.

Минимальные диаметры шкивов для применения шерстяных тканых ремней

Толщина ремня (в миллиметрах)	Минимально допустимый диаметр (в миллиметрах)	Рекомендуемый минимальный диаметр (в миллиметрах)
$\delta =$ 6 (трехслойный)	160	180
$\delta =$ 9 (четырехслойный) . .	280	320
$\delta =$ 11 (пятислойный)	400	450

6. Стандартные диаметры шкивов и нормальные числа оборотов

График (ОСТ 1657) (рис. 353) изображает зависимость между нормальными числами оборотов трансмиссий в минуту (n) по ОСТ 1656, диаметрами шкивов в миллиметрах (d) по ОСТ 1655 и окружными скоростями в метрах в секунду (v).

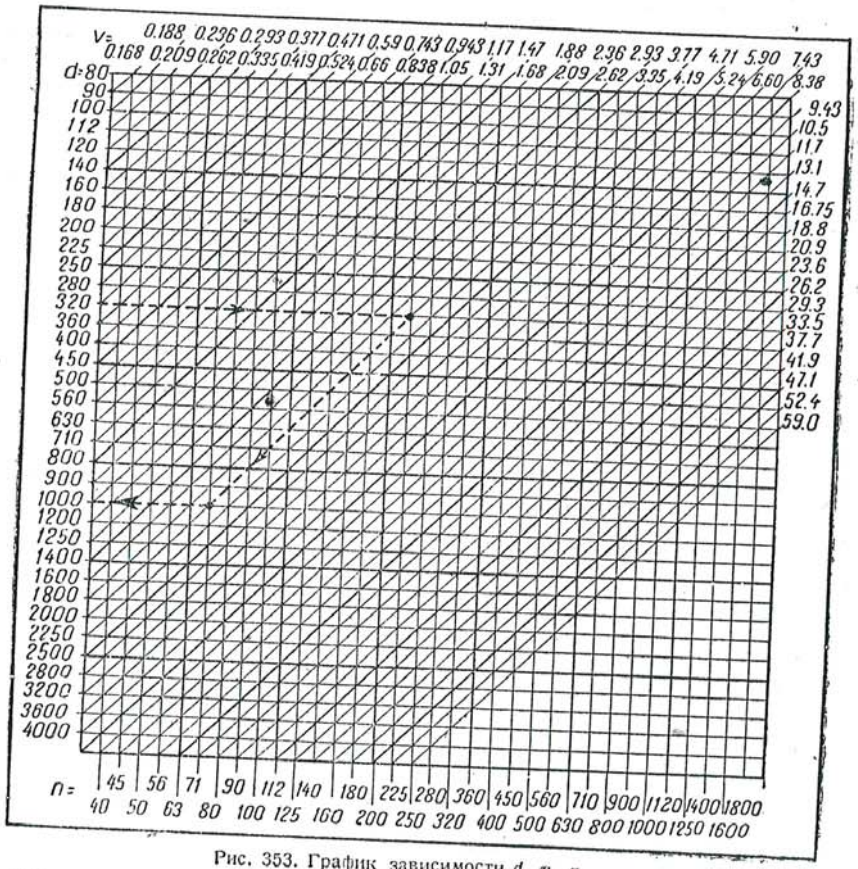


Рис. 353. График зависимости d, v, n.

Пример пользования графиком. Дано: $d = 320$ мм, $n = 225$. Найти диаметр шкива для $n = 71$.

Пересечение горизонтали $d = 320$ и вертикали $n = 225$ дает точку на наклонной линии скорости $v = 3{,}77$; пересечение этой линии (v) с вертикалью $n = 71$ дает горизонталь, показывающую $d = 1\,000$, что и требовалось найти.

§ 38. Определение напора и мощности насосной установки

Напор H проектируемой насосной установки определяют как сумму геодезической высоты подъема $H_г$ (разность отметок уровней воды: высшего в напорном приемном бассейне и наинизшего — в источнике, из которого производится забор воды всасывающими трубами насосов) и h_w — величины потерь на гидравлические сопротивления во всасывающем и напорном трубопроводах:

$$H = H_г + h_w.$$

Величина h_w при проектировании определяется по общим правилам гидравлики в зависимости: от формы труб, их размеров, шероховатости (материала), скорости течения воды, характера местных сопротивлений (см. Павловский, «Гидравлический справочник», 1937 г. или «Справочник по гидротехнике и мелиорации», т. I, стр. 299).

Полезная мощность насоса определяется из формулы:

$$N = \frac{\gamma Q H}{75} \text{ л. с.} = \frac{\gamma Q H}{102} \text{ квт},$$

где γ — вес 1 м³ воды $= 1\,000$ кг;

Q — секундный расход, подаваемый насосом в напорный трубопровод в кубических метрах в секунду;

H — полный напор насоса в метрах (высота подъема плюс потери).

Потребляемая насосом мощность, т. е. та, которая должна быть передана от двигателя на вал насоса, определяется по формуле:

$$N_e = \frac{\gamma Q H}{75\eta_н} \text{ л. с.} = \frac{\gamma Q H}{102\eta_н} \text{ квт} =$$

$$= 13{,}33\,\frac{QH}{\eta_н} \text{ л. с.} = 9{,}804\,\frac{QH}{\eta_н} \text{ квт},$$

где $\eta_н$ — коэфициент полезного действия насоса.

Мощность на валу двигателя подсчитывается по формуле:

$$N_{дв} = \frac{\gamma Q H \cdot K}{75\eta_н \cdot \eta_{пер}} \text{ л. с.} = \frac{\gamma Q H \cdot K}{102\eta_н \cdot \eta_{пер}} \text{ квт},$$

или для воды:

$$N_{дв} = 13{,}33\,\frac{QH \cdot K}{\eta_н \cdot \eta_{пер}} \text{ л. с.} = 9{,}804\,\frac{QH \cdot K}{\eta_н \cdot \eta_{пер}} \text{ квт};$$

где: K — коэфициент запаса в двигателях, принимаемый равным 1,05 для больших и до 1,5 в малых (до 5 квт) двигателях;

$\eta_н$ — коэфициент полезного действия насоса;

$\eta_{пер}$ — коэфициент полезного действия передачи — ременной, зубчатой, редуктора и т. п.

§ 39. Коэфициент полезного действия насосной установки

Коэфициент полезного дайствия (к. п. д.) насосной установки определяется как отношение полезной мощности насоса к мощности N_0, которая представляет для электронасосных установок мощность на щите насосной станции, следовательно:

$$\eta_{н.\ уст} = \frac{N}{N_0};$$

иначе

$$\eta_{н.\ уст} = \eta_e \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{пер} \cdot \eta_н;$$

где η_e — к. п. д., учитывающий потери в проводах от щита до электродвигателя;
$\eta_{дв}$ — к. п. д. двигателя;
$\eta_{пер}$ — к. п. д. передачи от двигателя к насосу;
$\eta_н$ — к. п. д. насоса.

Для насосной установки с двигателем внутреннего сгорания к. п. д. насосной установки определяется по вышеприведенной формуле, но при $\eta_e = 1$.

$$N_0 = \frac{B_r q}{632} \text{ л. с.};$$

где q — теплотворная способность топлива в кал/кг,
B_r — количество топлива, в килограммах, сжигаемого в час; B_r при проектировании насосной станции определяется по формуле:

$$B_r = b_e^н N_e^н \cdot \chi + b_e^н (1 + \chi) N_e \text{ кг в час},$$

где $b_e^н$ — расход топлива в килограммах на 1 л. с. в час при нормальной нагрузке двигателя;
$N_e^н$ — нормальная мощность двигателя в лошадиных силах;
χ — коэфициент холостого хода;
N_e — нагрузка двигателя в лошадиных силах.

Для насосной установки с паровой машиной в качестве двигателя, с учетом коэфициента полезного действия котла, $\eta_{н.\ уст}$ определяется, как

$$\eta_{н.\ уст} = \eta_{кот} \cdot \eta_{дв} \cdot \eta_{пер} \cdot \eta_н.$$

или

$$\eta_{н.\ уст} = \frac{N}{N_0};$$

где $N_0 = \frac{B_r q}{632}$;

B_r — количество топлива в килограммах, сжигаемого в час, при теплотворной способности q калорий в 1 кг.

Проектировщик и эксплоатационник насосной установки должны учитывать эффективность насосной установки в целом и стремиться к повышению коэфициентов полезного действия отдельных элементов насосной установки. Следует заметить, что ирригационная насосная станция с короткими трубопроводами преимущественно работает на статический напор $H_г$, (в отличие от многих водопроводных насосных станций, которые при длинных трубопроводах работают главным образом на гидравлические

сопротивления, так как в них h_w значительно больше чем $H_г$); поэтому полезно ввести коэфициент $\eta_{тр}$, характеризующий потери на гидравлические сопротивления в трубопроводе, и дополнить им характеристику насосной установки:

$$\eta_{тр} = \frac{H_г}{H}.$$

Тогда более общей формулой характеристики насосной установки будет:

$$\eta'_{н.\ уст} = \eta_{тр} \cdot \eta_{н.\ уст}.$$

Введение коэфициента полезного действия трубопровода ($\eta_{тр}$) дает более широкий диапазон для сравнения технико-экономических вариантов (места положения насосной станции, диаметров труб, количества напорных трубопроводов и т. д.).

§ 40. Приемная камера и всасывающие трубы насосов

На рис. 354 изображена типовая схема приемной камеры.

Размеры уширенной части подводящего к приемной камере канала можно определять, пользуясь методами, изложенными в томе I «Спра-

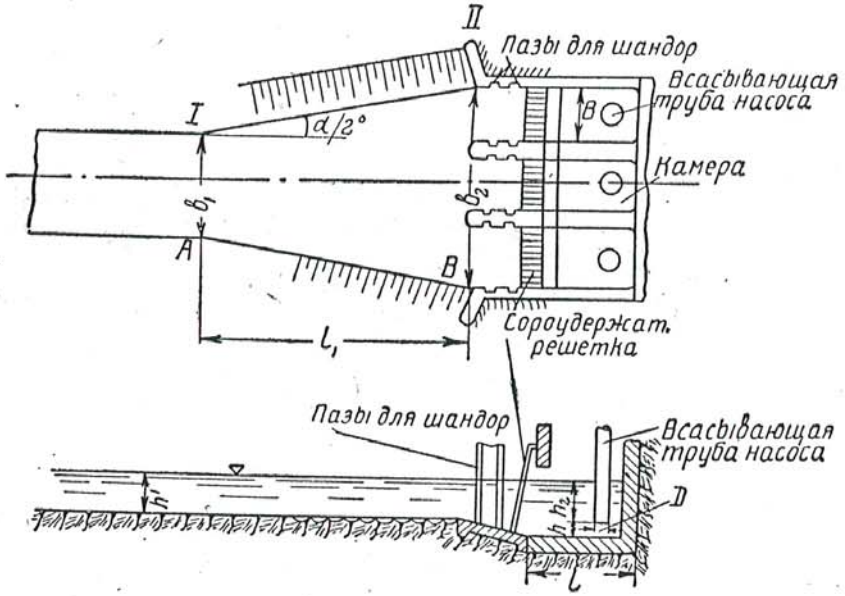


Рис. 354. Типовая схема приемной камеры.

вочника по гидротехнике и мелиорации», стр. 451 (изд. 1934 г.). Приемная камера отделяется от уширенной части канала шандорами, служащими для выключения и опорожнения камеры. Шандоры дают возможность забирать воду с верхних слоев канала, т. е. воду, более осветленную, благодаря отстаиванию перед шандорами; кроме того, при этом ослабляется возможность образования воронок в приемной камере. Сооружательная решетка служит для предохранения от попадания во всасывающие

трубы плавающих в воде предметов. Гидравлический расчет решетки производится по общим правилам гидравлики (см. Павловский, «Гидравлический справочник», 1937 г., стр. 295).

Размеры камеры для вертикальных всасывающих труб насосов можно определять так.

Ширина камеры (B) равна:

$$B = \pi D_{вх};$$

где $\pi = 3{,}14$; $D_{вх}$ — диаметр входного отверстия всасывающей трубы.

Расстояние от входного сечения всасывающей трубы до дна камеры (h_1) равно от 0,7 до 0,8 $D_{вх}$.

Обозначая объем воды в камере через V и вводя коэфициент секундного водообмена k, имеем:

$$k = \frac{V}{Q} = \text{от 11 до 14.}$$

При глубине воды в камере h высота ($h — h_1$) над входным отверстием определяется условиями кавитации — для пропеллерного насоса и отсутствия коронок — для всасывающих труб центробежных насосов.

По данным заграничных каталогов, для диаметров от 400 мм и выше $h - h_1 \geqslant 0{,}6 D_{вх}$.

Длина камеры (l) определяется из уравнения:

$$V = Bhl.$$

Рациональной формой подводящей камеры, по опытным данным для прямого водозабора, является задняя стенка полукруглой формы с радиусом $R = \frac{B}{2}$ с центром на оси трубы насоса.

Для повышения эффективности насоса (большой производительности) при ограниченных размерах камеры в каждой камере, как правило, помещается один насос или одна всасывающая труба. Лишь в отдельных случаях можно поместить две трубы (два насоса), но при условии представления опытно-экспериментального материала, определяющего размеры камеры и подтверждающего незначительность влияния водозабора на работу насосов.

При соединении камеры насосной станции с водоприемником самотечной штольней (каналом и пр.) в приемной камере насосной станции при внезапной остановке насоса может повыситься уровень воды от действия инерционных сил. Определение максимального подъема воды (X_m), отнесенного к потере напора в водоподводящем канале, можно производить по формуле инж. Лоттер:

$$X_m = \sqrt{E + \left(\frac{1+E}{2+3E}\right)^2} - \frac{1+2E}{2+3E};$$

где E — коэфициент инертности, определяемый по формуле:

$$E = \frac{L \cdot f\,(v_1^2 - v_2^2)}{g h_w^2} \cdot \frac{1}{F};$$

L — длина подводящей штольни в метрах;

f — площадь поперечного сечения подводящего канала в квадратных метрах;

g — ускорение силы тяжести (9,81 м/сек²);

v_1 — скорость воды в штольне в метрах в секунду при нормальной работе насоса;

v_2 — скорость воды в метрах в секунду при внезапном уменьшении расхода насоса (при полной остановке насоса $v_2 = 0$);

F — площадь сечения камеры в квадратных метрах;

h_w — потеря напора в подводящей штольне при нормальной скорости (в метрах).

Ввиду незначительного колебания горизонта воды в приемном колодце при пуске насоса можно пренебречь влиянием инерционных сил.

В «водопроводном» типе насосной станции при расположении ее вдоль канала (боковой водозабор) вертикальные всасывающие трубы следует располагать ближе к подпорной стенке канала (или откоса канала); при нескольких трубах их следует располагать на таком расстоянии, при котором не будет наблюдаться влияние одной трубы на другую. Погружение трубы и расстояние ее от дна следует принимать аналогично тем положениям, которые были рекомендованы для камеры. При постановке одного насоса следует располагать ось всасывающей трубы на одной линии с осью подводящего канала. Площадь входного отверстия во всасывающей трубе следует определять из условия, чтобы скорость входа была не больше 0,7 м в секунду.

Подвод воды к насосу для мелиоративной насосной станции блочного типа осуществляется трубой, форма которой должна соответствовать типу насоса. Габариты и сечения трубы даются заводами-изготовителями по представлении проектировщиками схемы насосной станции*.

Трубы, подводящие воду к насосу, в насосной станции блочного типа составляют неотъемлемую часть железо-бетонного блока подземной части станции. Каждый агрегат имеет свою трубу. Со стороны водозабора должно быть предусмотрено устройство, выключающее трубу (например, шандоры в бычках, щиты и пр.).

В насосных станциях «водопроводного» типа всасывающие трубы делаются обычно постоянного сечения (за исключением входа в трубу и подвода к насосу). Диаметр всасывающих труб подбирается из условия, чтобы скорость не превышала 1,25 м в секунду; при аварийных случаях, когда два или несколько агрегатов питаются одной всасывающей трубой, расчетная скорость воды всасывающей трубы устанавливается не свыше 1,5 м в секунду. Как правило, каждый насос должен иметь отдельную всасывающую трубу.

Всасывающую трубу рекомендуется делать возможно короче (во избежание потерь на гидравлические сопротивления) и с некоторым подъемом к насосу ($i \geqslant 0{,}01$), чтобы в трубе не скоплялся воздух.

Всасывающая труба не должна иметь перегибов кверху, так как последние способствуют образованию воздушных мешков.

При переходе с большего диаметра на меньший рекомендуется устраивать косой переход взамен прямого.

Стыки всасывающего трубопровода должны быть непроницаемы для воздуха; рекомендуется делать фланцевые стыки или сварной трубопровод.

При отрицательной высоте всасывания и при необходимости отклонения всасывающего трубопровода на последнем устанавливаются задвижки, имеющие резервуарчики с водой под сальниками, чтобы последние при высыхании не пропускали воздуха. Задвижки на всасывающем трубопроводе лучше ставить горизонтально, а не вертикально, во избежание скопления воздуха в верхней части задвижки.

* В схематическом проекте насосной станции допускается построение формы трубы по методу, изложенному в книге проф. М. Я. Чернышева «Мелиоративные насосные станции», Сельхозгиз, 1933 г., стр. 116, рис. 92.

§ 41. Напорные трубопроводы и их арматура

Напорные трубопроводы в ирригационных насосных станциях (характеризующихся большими расходами воды) планируются в основном по тому же принципу, как у больших насосных станций для целей водоснабжения. Вопрос о напорных трубах внутри здания насосной станции должен быть решен на основе экономических соображений; при этом трубы могут быть проложены: 1) под полом станции, 2) внутри здания станции, 3) по верху насосной станции. Необходимо учитывать недостатки расположения трубопровода внутри насосной станции: затрудняется передвижение внутри станции, происходит потение труб, возникает возможность затопления насосной станции при аварии трубопровода и т. п.

В целях уменьшения потерь на гидравлические сопротивления в трубопроводах необходимо учитывать экономически-эксплоатационный диаметр труб внутри здания станции. Величина диаметра при этом соответствует скорости движения воды, равной около 1 м в секунду.

С уменьшением диаметра трубопровода 1) уменьшаются диаметры задвижек, затворов, 2) ускоряется закрывание задвижек; но при этом скорость воды в трубопроводе увеличивается до 2—5 м в секунду, отчего увеличиваются: а) гидравлические сопротивления в трубопроводе, б) изнашиваемость труб от нефильтрованной воды.

Окончательное решение вопроса о диаметре напорного трубопровода внутри насосной станции решается технико-экономическими соображениями.

В ирригационной насосной станции (с большими расходами воды) соединения трубопроводов и переключения удобнее производить вне здания станции, благодаря чему уменьшаются размеры насосной станции. Так как насосная станция работает преимущественно летом, то ее эксплоатация при этом не усложняется.

При проектировании необходимо стремиться к тому, чтобы вес труб не передавался на насос, особенно при боковых патрубках, дабы не было перекоса.

Трубы должны опираться на особые опоры, кронштейны. Температурные напряжения выводов не должны передаваться на насос. Необходимо предусматривать постановку компенсаторов, устраивать резиновые стыки или стык Жибо.

В насосной станции небольшой и средней производительности (например, с диаметром труб до 400 мм) ставятся в последовательном порядке от насоса на напорном трубопроводе: водомер (обычно системы Вольтмана), обратный клапан и задвижка. Наиболее близкий к действительности результат в показаниях водомера будет, по опытам проф. Сурина, давать постановка водомеров Вольтмана в вертикальном отрезке трубы при движении воды снизу вверх. При установке водомера Вольтмана, в случае отсутствия в нем струенаправителя, перед водомером должен быть прямой участок трубы длиной не менее 10 диаметров трубы (в крайнем случае не менее 1 м); за водомером необходимо иметь участок трубы в 0,5—1,5 м.

Для обычных водопроводных насосных станций, для ответственных целей водоснабжения при проектировании трассы напорных трубопроводов внутри насосной станции необходимо предусмотреть следующие условия работы:

1) допускать выделение любого насоса, задвижки и участка трубопровода без ослабления подачи воды;

2) допускать подачу воды любым насосом в любой водовод или по крайней мере допускать возможно большую гибкость в этом отношении;

3) допускать быстрое оперирование задвижками; особенно в случае аварии;

4) обеспечить надежные и дублированные соединения для водоснабжения насосной станции.

При больших трубопроводах ($d>400$ мм) в практике ирригационных насосных станций следует ставить водомеры Вентури (рис. 355) или вставки Вентури. Эти водомеры конструируются так, чтобы переход давления (h) в конически сходящемся конусе был равен 2—6 м, а потери на гидравлические сопротивления (h_w) были не больше 0,1—0,2 м. Водомер Вентури выносится из здания насосной станции.

Область учета водомеров характеризуется отношением наименьшего количества воды к наибольшему ее количеству, проходящему через водомер, при котором сохраняется требуемая точность учета.

При разнице давления водяного столба (в метрах)	1	2	3	6
Область учета водомера Вентури равна (приблизительно) отношению	1:5	1:7	1:9	1:13

Водомер Вентури имеет преимущество перед водомером Вольтмана: внутри трубы первого нет никаких частей и механизмов, и потому в нем меньше теряется напора на гидравлические сопротивления, и он не боится засорений.

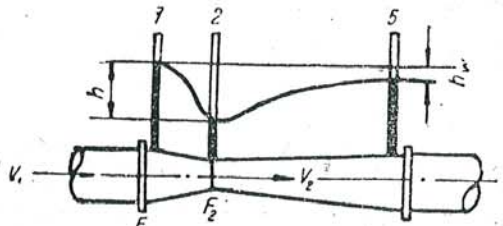


Рис. 355. Схема водомера Вентури.

Недостатки водомера Вентури: сравнительно небольшая область учета, значительная длина регистрирующих приборов и большой расход ртути (до 7 кг на один прибор). Выбор водомеров производится по каталогам заводов-изготовителей.

Очень часто в практике ирригационных насосных станций измерение расхода производится в протарированном участке машинного канала путем постановки самозаписывающего указателя уровня.

В качестве водомера можно применять и конические переходы, если область учета их соответствует эксплоатационным условиям работы насосной станции.

Применяемые на насосной станции задвижки могут быть: с ручным приводом, с гидравлическим приводом, непосредственно соединенные с электромотором. При больших диаметрах и напорах (15—45 м) может быть дроссельный затвор, а при больших напорах — затвор Джонсона и т. д. При больших диаметрах труб задвижки затвора иногда ставятся в особое помещение при насосной станции, называемое камерой задвижек. В случае коротких трубопроводов и работы насоса при постоянном Q и H можно не ставить задвижек (например, насосные станции канала Волга—Москва, проект насосной станции 3-й перекачки Энгельсской оросительной системы).

В последнем случае необходимо предусмотреть мероприятия по выключению трубопровода со стороны напорной части в виде установки автоматических затворов, щитов, клапанов на выходной части напорного трубопровода и т. д.

§ 42. Определение экономического диаметра напорных водоводов

При определении экономического диаметра напорного трубопровода необходимо по графику водоподачи определить величину приведенного расхода по формуле:

$$q_{ср} = \sqrt[3]{\frac{\Sigma q^3 \cdot \Delta t}{\Sigma \Delta t}},$$

где q — расход, соответствующий периоду его Δt.

Экономический диаметр рассчитывается по методу определения минимума эксплоатационных расходов на оплату энергии и амортизацию (капитальных вложений)*. Для предварительных подсчетов можно пользоваться формулой инж. В. Г Лобачева:

$$d_{эк} = kQ^{0,41},$$

где Q — расход в кубических метрах в секунду;
$d_{эк}$ — экономический диаметр в метрах;
k — коэфициент.

Можно принять для железо-бетонных труб $k=1$, для металлических $k=1—1,2$.

Проектирование напорных трубопроводов можно производить по стандартам, нормам и техническим условиям Гидроэнергопроекта.

§ 43. Определение эксплоатационных показателей работы насосной станции

Средний расход насоса определяется по формуле:

$$Q_{ср.\ взв} = \frac{\Sigma(Qt)}{\Sigma t},$$

где Q — расход, соответствующий определенному времени;
Σt — время работы насоса за поливной период.

Средний напор насоса определяется по формуле:

$$H_{ср.\ взв} = \frac{\Sigma(Ht)}{\Sigma t}.$$

Величина H определяется как сумма геодезической высоты и потерь на гидравлические сопротивления в трубопроводах. Предварительно расход насоса определяется графиком водоподачи и числом агрегатов насосной станции; при этом следует стремиться к одинаковым и однотипным агрегатам, подбирать насосы, соответствующие номенклатуре завода-изготовителя. Рекомендуется ставить не меньше двух агрегатов. При большом числе агрегатов следует предусматривать резерв не свыше 25—35% от общей производительности насосной станции. Окончательный выбор числа агрегатов определяется путем сравнения стоимости эксплоатационных расходов насосных станций с различным числом агрегатов; кроме того, выбранное число агрегатов должно соответствовать удобному маневрированию работы насосной станции и полной обеспеченности водоподачи.

При многоступенчатой водоподаче должен быть составлен водохозяйственный расчет работы подводящих каналов и насосных станций.

* См. Чернышев, «Мелиоративные насосные станции», 1933 г., стр. 161—166.

Кроме стоимости 1 м³ поднятой воды (на 1 м высоты) и кроме эксплоатационных расходов на 1 га орошаемой площади, для определения эксплоатационных показателей работы насосной станции полезно определить еще эксплоатационные коэфициенты. Пусть нормальная мощность станции равна $N_н$; определяем ее среднюю рабочую мощность:

$$N_{ср} = \frac{A}{t},$$

где A — произведенная работа в лошадиных силочасах за год,
t — число часов работы за год.

Далее будем иметь:

коэфициент рабочего времени:

$$k_{р.\ вр} = \frac{t}{8760};$$

коэфициент нагрузки:

$$k_{нагр} = \frac{N_{ср}}{N_н};$$

коэфициент эксплоатации:

$$k_э = k_{р.\ вр} \cdot k_{нагр}.$$

§ 44. Перекачивательные насосные станции

Перекачивательная насосная станция служит для перекачки сбросных вод в водоприемник. На рис. 342 (стр. 709) дана схема расположения сооружений перекачивательной станции. Число агрегатов выбирают согласно методическим указаниям, относящимся к проектированию ирригационных насосных станций при допущении неодинаковых агрегатов. Особенность этого вида насосных станций заключается в том, что они обычно имеют бассейн перед насосной станцией для обеспечения возможности периодической работы насосов. Если бассейн соорудить нельзя, то необходимо предусмотреть возможность использования запасной емкости коллектора или канала, подводящего воду к насосной станции. При наличии электроэнергии необходимо предусмотреть автоматизацию пуска и остановки насосов.

Для неавтоматической насосной станции, обозначая период наполнения и опорожнения бассейна через t (минут), производительность насоса через Q (кубометров в минуту), объем бассейна определяют по формуле:

$$V = \frac{Qt}{4};$$

при допущении, что приток

$$Q_0 = \frac{Q}{2}.$$

При автоматической насосной станции емкость бассейна:

$$V = \frac{Qn}{4k},$$

где Q — расход в определенный промежуток времени работы насоса в кубических метрах;
n — число работающих насосов;
k — число включений насоса в период t.

§ 45. Выбор типа насосной станции и насосов

При проектировании насосных станций проектировщику необходимо выбрать схему расположения гидротехнических сооружений для машинного водоподъема, а также выбрать тип насосной станции. При большой производительности наилучшее решение даст вертикальный насос, соединенный непосредственно с электродвигателем (а через редуктор — и с двигателем внутреннего сгорания) и электромотором повышенной быстроходности.

Установка вертикального насоса имеет ряд преимуществ по сравнению с установкой горизонтального. Благодаря тому что насосное помещение занимает обычно нижний этаж, а моторы помещаются в верхнем этаже, получается экономия в полезной площади насосной станции. Электродвигатели помещаются в сухом, хорошо вентилируемом помещении. Напорные трубопроводы помещаются в насосном помещении и при аварии их избегается затопление электрооборудования.

С другой стороны, установка с горизонтальными насосами и двигателями дает преимущества при эксплоатации насосной установки, так как насосы и двигатели помещаются внутри здания насосной станции и легко доступны для осмотра как во время работы, так и при авариях. При горизонтальном насосе и «водопроводном» типе насосной станции здание насосной станции заглубления не требует, хотя оно и бо́льшего размера, чем при вертикальном типе насоса. Фундамент под машины отделяется от здания станции и располагается на более прочных грунтах; кроме того, здание может быть облегченного типа.

При автоматическом управлении насосной станцией преимущества в эксплоатации горизонтального типа насоса перед вертикальным не являются существенными.

Окончательный выбор типа насоса (горизонтального или вертикального) определяется технико-экономическими соображениями.

При водозаборе из рек с большим колебанием горизонта воды (порядка 10—20 м) возможны следующие типы насосной станции на большие производительности:

1) блочный тип с вертикальными насосами; водоприемное сооружение отделено от здания насосной станции штольней;

2) блочный тип насосной станции, объединенной с водоприемником в одно сооружение;

3) пловучая насосная станция;

4) камерный тип насосной станции, объединенной с водоприемником или отделенной от водоприемника штольней.

Если вода из реки подводится к насосной станции открытым каналом, то станция может быть блочного, камерного типа или пловучая. Подведение воды открытым каналом возможно при условии незаиления канала (т е. при небольших эксплоатационных расходах на его очистку), при отсутствии значительных грунтовых вод и оползней. В этом случае достигается уменьшение длины напорного трубопровода, удобное сообщение с насосной станцией и облегченная подводка электроэнергии к насосной станции.

При незначительных колебаниях уровня воды в реке вода к насосной станции подводится каналом или насосная станция устраивается на берегу. Возможные типы насосной станции: блочный, камерный и «водопроводный». Решающим фактором схемы узла сооружений машинного водоподъема является выбор места расположения насосной станции. При насосной станции 2-го подъема и выше (при водозаборе из канала с небольшими колебаниями горизонтов) наиболее рациональное (в отношении водозабора) решение вопроса получается при расположении насосной

станции перпендикулярно к оси подводящего канала (при тупиковом канале). На канале возможны все три конструктивных типа насосной станции. При транзитном расходе воды в канале допустима насосная станция любого типа; при этом она может быть поставлена или вдоль транзитного канала с непосредственным водозабором, или на отдельном канале, отводящем воду от главного канала.

При водохранилище, как источнике орошения, насосную станцию можно поместить вне зоны затопления в стороне от водохранилища; вода в этом случае подводится к насосной станции каналом. Насосную станцию можно расположить и за плотиной, используя донный водоспуск как напорную штольню для подвода воды к станции. Наконец, можно расположить насосную станцию и в зоне подтопления около плотины. В зависимости от расположения тип насосной станции при водохранилище будет аналогичен типам, применяемым при речном и канальном водозаборе. Выбор того или иного варианта расположения узла сооружений для всех рассмотренных случаев зависит от естественно-исторических условий места и определяется на основе сравнения технико-экономических вариантов с учетом условий работы аналогичных сооружений, находящихся в данный момент в эксплоатации.

Для расходов воды, соответствующих по величине обычным для условий городского и промышленного водоснабжения, ирригационный узел машинного водоподъема проектируется по аналогичным схемам водоснабжения и утвержденным для них нормам. Следует учитывать обычно сезонную работу насосной станции для ирригации. Повышая эффективность насосной установки, необходимо стремиться к удешевлению капитальных вложений.

Типы насосных станций с пропеллерными насосами таковы:

1) блочный с вертикальным насосом;

2) камерный с мокрой камерой и затопленным вертикальным насосом;

3) камерный с сухой камерой и горизонтальным насосом (может быть применен и вертикальный насос, но из-за условий подвода воды наилучшее решение дает блочный тип с всасывающей трубой переменного сечения);

4) в особых случаях (например, при расположении отметки оси насоса выше отметки верхнего бьефа) применима сифонная установка.

При напорах свыше 12 м тип насоса, а следовательно, и тип станции, определяется допустимой величиной коэфициента быстроходности n_s, соответствующей данному H, и высотой всасывания H_s, определяемой из условий кавитации.

Здание насосной станции и распределительных устройств проектируется по соответствующим нормам гидротехнических сооружений и зданий. Пловучие насосные станции проектируются на основе норм регистра Наркомвода СССР.

§ 46. Примеры оросительных насосных станций

1. На рис. 356 изображена насосная станция для перекачки воды из водохранилища в оросительный канал. На станции расположены две группы насосов: 1) четыре пропеллерных горизонтальных насоса с производительностью каждого $Q = 2{,}25$ м³ в секунду и $H =$ до 4,85 м; насосы соединены непосредственно с электромотором; 2) два циркуляционных насоса производительностью каждый 0,8 м³ в секунду с колебаниями напоров от 10,15 до 17 м. Циркуляционные насосы подают воду через напорный трубопровод в другой оросительный канал.

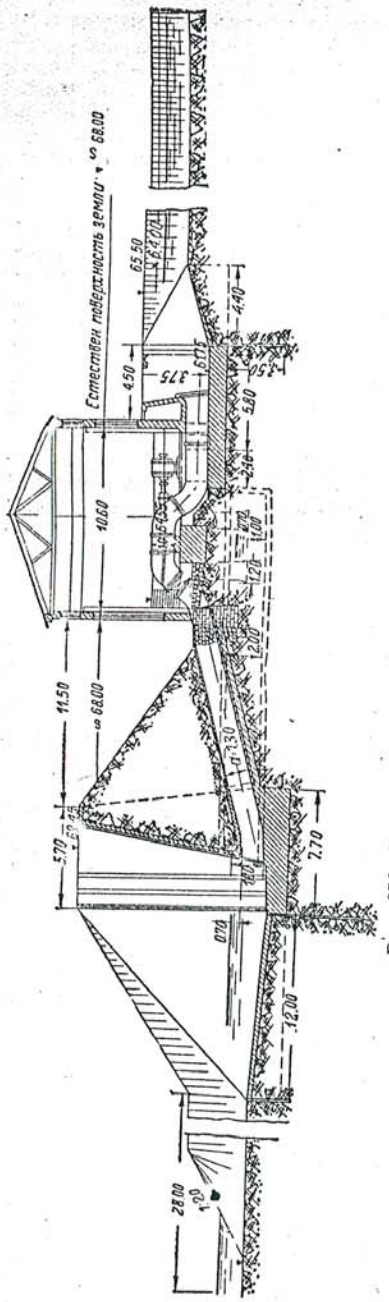


Рис. 356. Насосная станция с водозабором из водохранилища.

2. На рис. 357 представлен разрез станции с затопленным вертикальным пропеллерным насосом. Производительность насоса — 4 м³ в секунду, напор — 5 м. Ввиду переменных условий работы насоса (расход изменяется от 1 до 4 м³ в секунду) необходимо ставить насос с поворотными лопатками, так как иначе будет низок коэфициент полезного действия.

3. На рис. 358 изображена насосная станция с четырьмя вертикальными консольными насосами с напором $H = 20$—26 м и общим расходом 8 м³ в секунду; расход одного насоса — 2 м³ в секунду.

4. На рис. 359 представлен разрез насосной станции с вертикальными насосами; $Q = 4{,}5$ м³ в секунду, $H = 55$ м, n_s (коэфициент быстроходности) $= 150$. Насосы затопленные. Подводящая труба имеет прямоугольное сечение.

5. На рис. 360 показана зональная насосная станция, качающая воду в разные каналы. Два насоса подают по 1 м³ в секунду каждый при $H_2 = 10$ м, $n = 360$ оборотов в минуту, $N = 150$ квт. Другие два насоса подают воду на высоту 20 м при расходе каждого насоса 2,5 м³ в секунду при $N = 700$ квт и $n = 485$ оборотов в минуту. Насосная станция — тупиковая, с прямым водозабором; к каждому насосу запроектирована отдельная подводящая труба. Насосы консольного типа. За насосной станцией видны колодцы для вставок Вентури. Тип насосной станции аналогичен изображенному на рис. 359.

На рис. 361 изображена в плане схема расположения частей крупной насосной установки. На станции имеется семь насосов (средний — резервный) производительностью каждый 3,7 м³ в секунду при $H = 42$ м. Возможна параллельная работа насосов. Насосы

вертикального типа помещаются в бетонных камерах. Бычки, разделяющие насосные камеры, имеют толщину 1,5 м; они армированы и продолжены в сторону подводящего канала на 7 м; бычки образуют между собой подводящую камеру, в которой расположены металлические шандоры, вертикальные решетки и щитовые затворы. Над подводящими камерами расположены служебные мостики для управления. Насосные камеры имеют железо-бетонные перекрытия, служащие полом для верхнего этажа — электромашинного зала. К внешним стенкам крайних приемных камер примыкают береговые бетонные подпорные стенки, образуя таким образом береговые устои машинного здания. При выборе расположения приемных насосных камер, шандор и др. предусмотрено предохранение насосных камер от засорения. Для уменьшения потерь

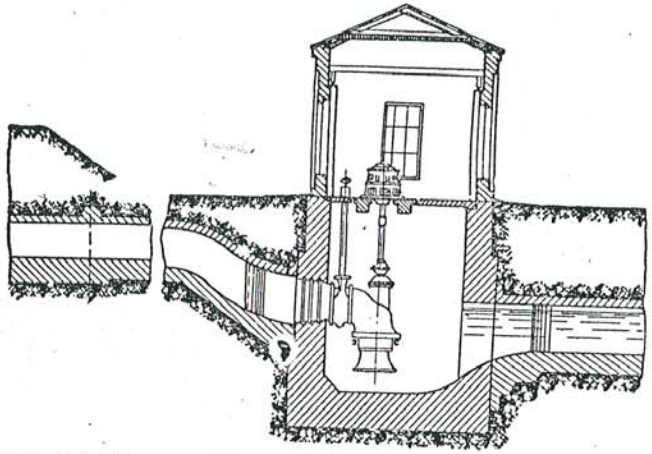


Рис. 357. Насосная станция с затопленным вертикальным пропеллерным насосом.

напора по длине (10 м) от подводящего канала до всасывающих патрубков насоса скорости приняты равными 1 м в секунду. Предусмотрена возможность ремонта и осмотра насоса на месте; для борьбы с наносами перед решеткой установлены шандоры.

При входе в насосные камеры установлены двойные щиты Стонея для изоляции этих камер при ремонте.

Каждый насос имеет задвижки.

Все напорные трубопроводы от насосов соединяются общим трубопроводом, от которого идут два напорных водовода в приемный бассейн. Поставлены воздушные клапаны и дроссельные затворы (клапаны).

Дроссельный клапан поворотный, служит для пуска в ход и выключения.

Клапан имеет ручное управление. Он должен автоматически закрываться при внезапном прекращении электроэнергии, чтобы предотвратить обратный ток воды. Путем ручного прикрывания клапана можно также регулировать подачу При перерыве тока клапан автоматическим действием сервомотора, работающего маслом под давлением, закрывается приблизительно в 15 секунд; при этом увеличение давления для труб неопасно. Таких клапанов два — в начале и конце напорного водовода. Резервный насос приключается при помощи вилкообразной системы

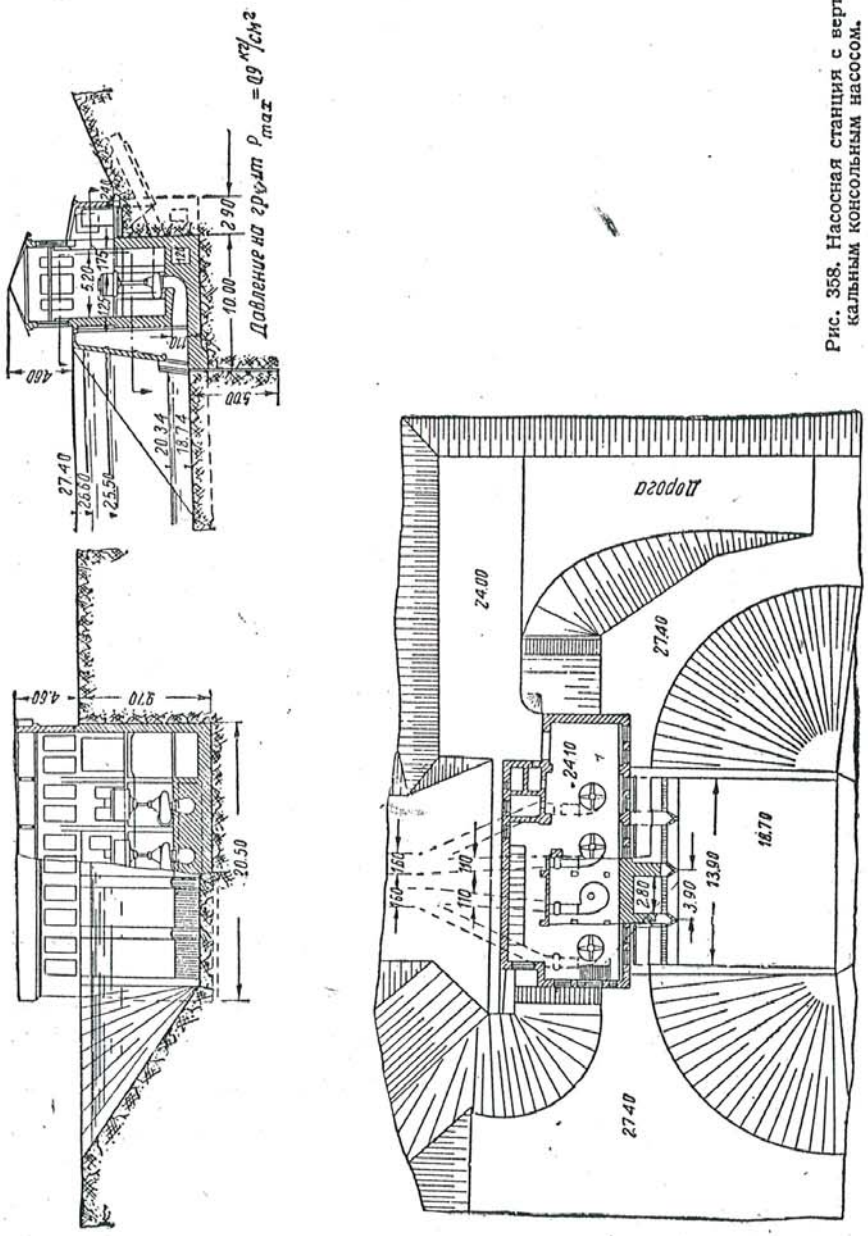


Рис. 358. Насосная станция с вертикальным консольным насосом.

труб к обоим водоводам; на вилке имеются две задвижки (d =1 000 мм), служащие для переключения насоса на любой водовод. Задвижка имеет привод от электромотора постоянного тока (110 в) с последовательным возбуждением. N = 3,4 л. с., n = 900.

Пуск в ход этого мотора производится с пульта, устанавливаемого около мотора.

Пульт оборудован рубильником-переключателем (движение задвижки вверх или вниз), пусковым реостатом, автоматически вводимым в цепь мотора и автоматически выводимым первыми оборотами мотора, указателем положения задвижки в виде круглого прибора со стрелкой и шкалой.

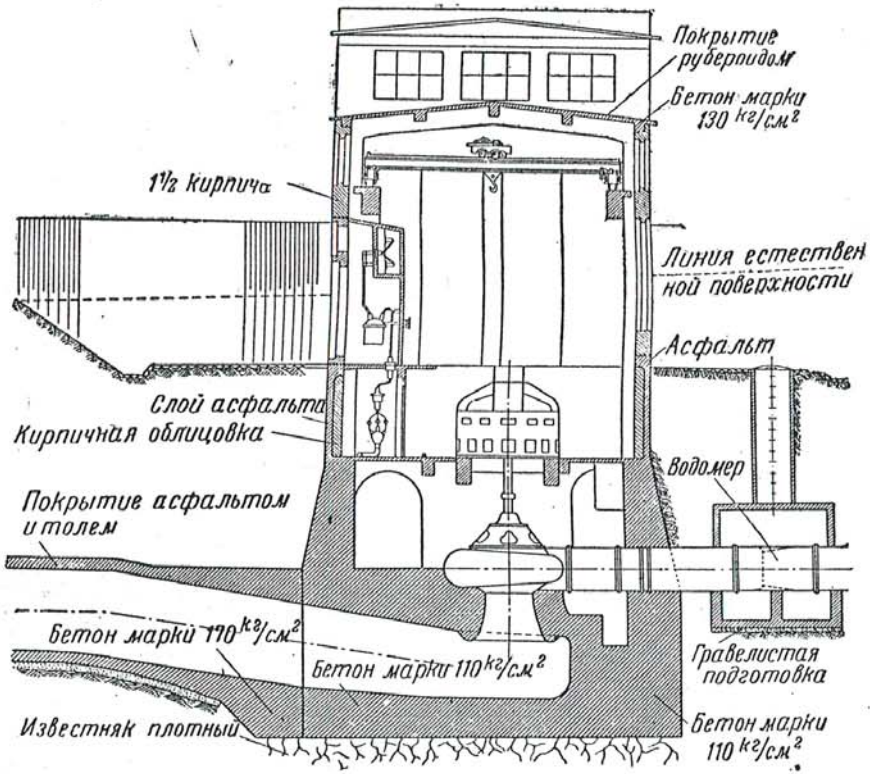


Рис. 359. Насосная станция с затопленным вертикальным насосом.

Для опоражнивания приемных камер имеется вспомогательный центробежный насос (на рисунке не показан) и система трубопроводов для всех камер.

Для опоражнивания водоводов, а также для облегчения работы с дросселем при пуске насоса в ход в металлическом конусе напорной трубы, расположенной за клапаном, имеется трубопровод с задвижкой, соединяющей напорную трубу с насосной камерой в обход дросселя и насоса. На водоводах установлены водомеры Вентури для учета воды.

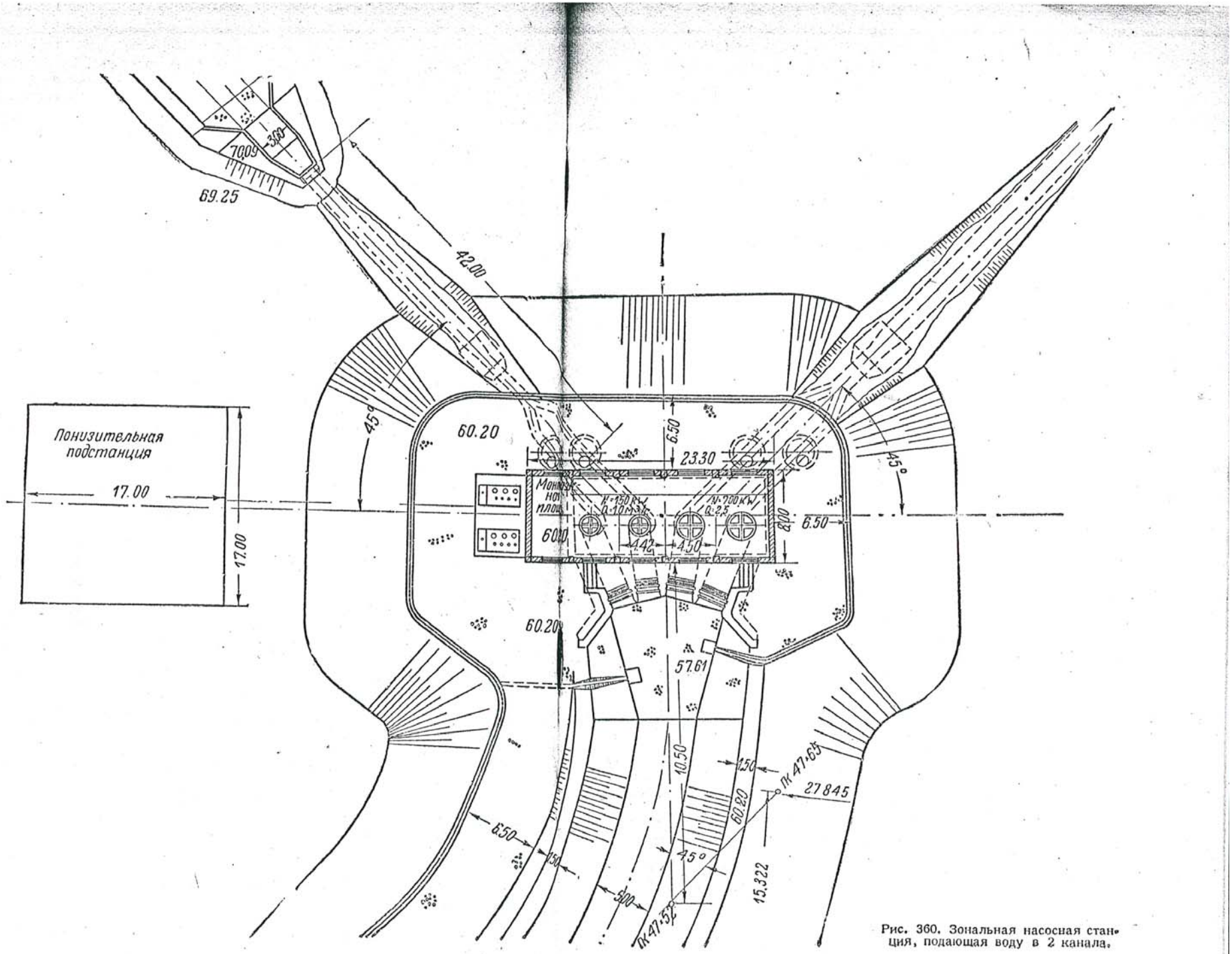


Рис. 360. Зональная насосная станция, подающая воду в 2 канала.

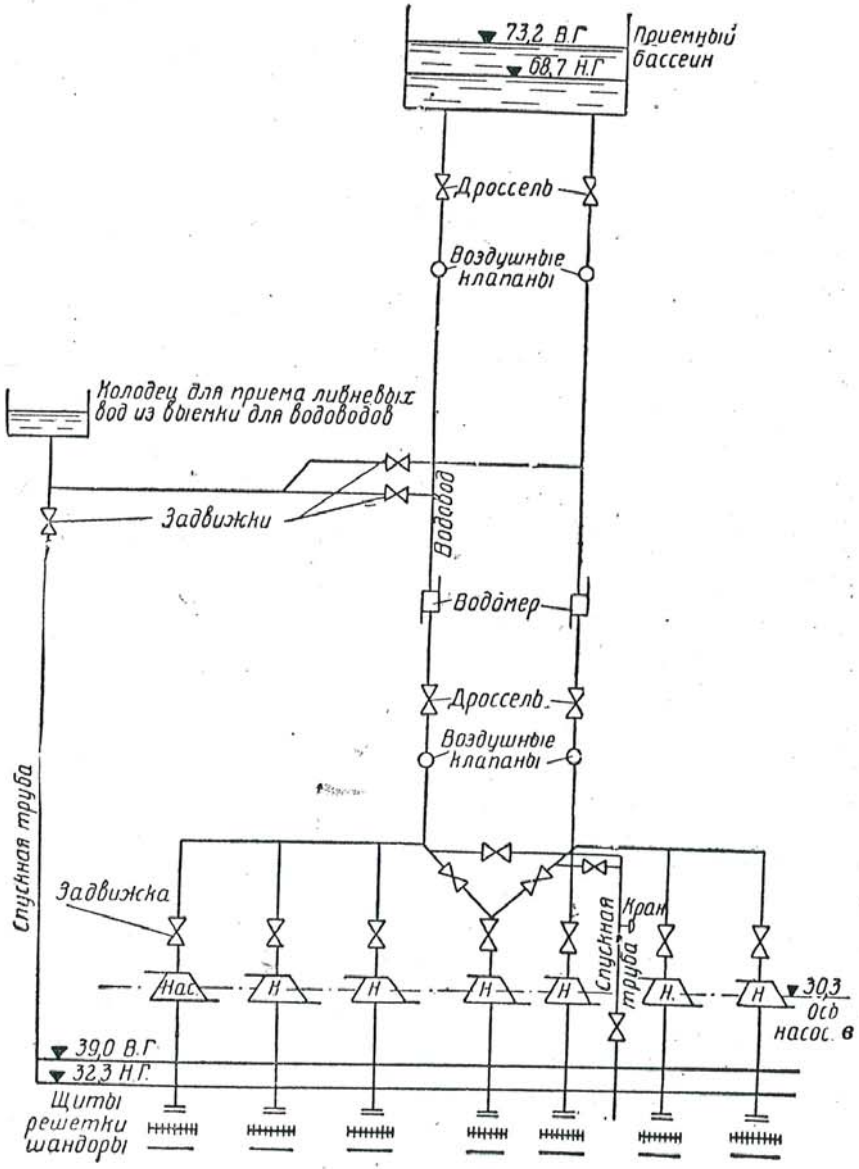


Рис. 361. Схема крупной насосной станции.

На рис. 362 представлена схема насосной станции ирригационного типа для небольшой производительности каждого насоса; $Q = 250$ л в секунду, $H = 12—14$ м, насосы циркуляционные (НЦ-16) завода им. Калинина. Установлены задвижка насоса и обратный клапан на конце

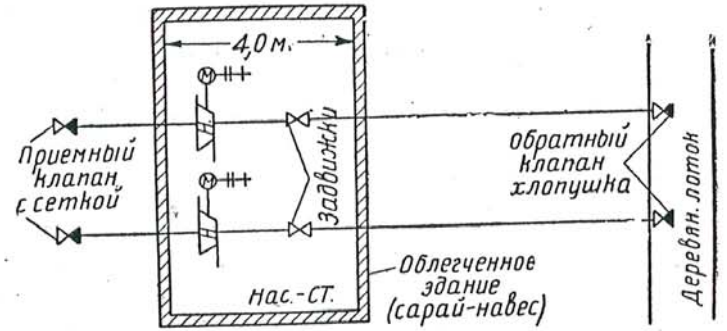


Рис. 362. Схема ирригационной насосной станции небольшой производительности.

трубопровода; водомер отсутствует; вместо него протарирован участок лотка, установлена рейка, регистрирующая уровень воды в лотке. Для опоражнивания водовода запроектирован отвод в приемную камеру всасывающей трубы.

Вместо водомерных реек можно (при той же схеме) поставить водомеры Вольтмана на нагнетательных трубопроводах.

§ 47. Осушительные насосные станции

1. Классификация

Схема насосной станции изображена на рис. 342 (стр. 709), где обозначены: осушительный магистральный канал (*1*), открытый сбросной резервуар (*2*) перед насосной станцией (*3*), от которой через дамбу в водоприемник идет напорный трубопровод (*6*, *7*). При высокой воде в магистральном канале иногда бывает возможно самотеком сбросить воду через трубу или канал (*5*) в водоприемник. На сбросном канале находится шлюз-регулятор (*4*). Представленная схема изображает общий случай осушительной насосной установки. Возможны отклонения от этого случая; так, например, станция (*3*) может помещаться в дамбе (*7*). Если уровень воды в водоприемнике всегда выше уровня в резервуаре (*2*), то шлюз (*4*) и сбросной канал (*5*) не делаются.

Проф. Шульце-Пиллот классифицирует осушительные насосные станции по расположению относительно дамб:

1) *раздельные станции* (рис. 363), когда станция находится вне тела дамбы; насосная установка состоит из отдельного всасывающего трубопровода, здания станции и напорного трубопровода, укладываемого в тело дамбы или сверх гребня дамбы;

2) *объединенные станции*, когда внутренний бьеф станции и внешний бьеф представляют конструктивно одно сооружение, находящееся в теле дамбы (рис. 364 и 365);

3) *промежуточная конструкция* между объединенными и раздельными типами станций, как показано на рис. 366.

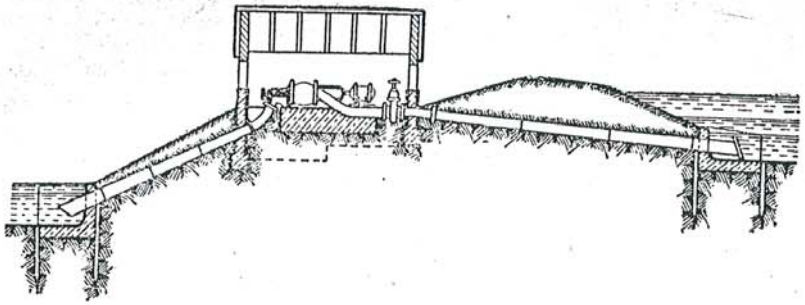


Рис. 363. Насосная станция вне тела дамбы.

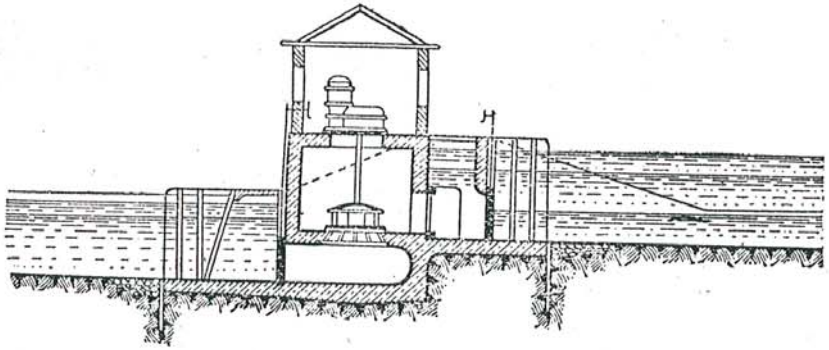


Рис. 364. Насосная станция в теле дамбы.

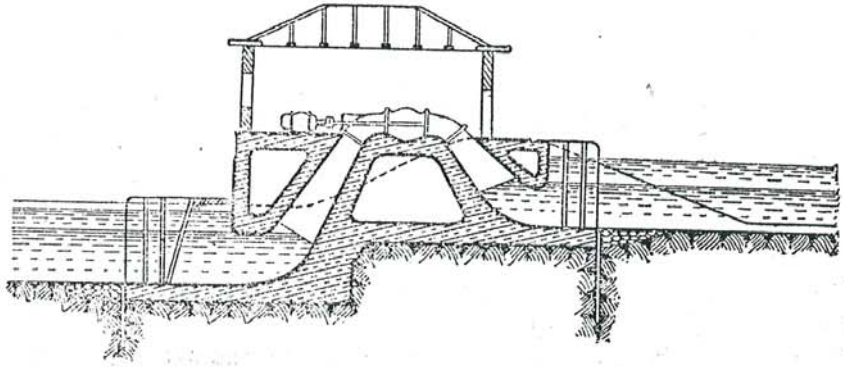


Рис. 365. Насосная станция в теле дамбы.

Насосные установки, кроме того, классифицируются как затопленные и сифонные аналогично с ирригационными.

Из рассмотренных указанных типов осушительных насосных установок следует, что эта установка представляет низконапорную насосную станцию; поэтому все, что сказано ранее о выборе насоса и двигателя для ирригационных станций с напором до 6 м, остается в силе и для осушительных насосных станций, за исключением следующих особенностей.

а) Если в ирригационных станциях приемный бассейн обусловливается конструктивными соображениями (для постановки тупиковой насосной станции перпендикулярно оси подводящего канала), то в осушительной насосной станции резервуар имеет специальное назначение. Он позволяет: уменьшить мощность насосной установки, сделав работу ее более равномерной при разном количестве притекающей по магистральному каналу воды; следовательно, роль резервуара в осушительных

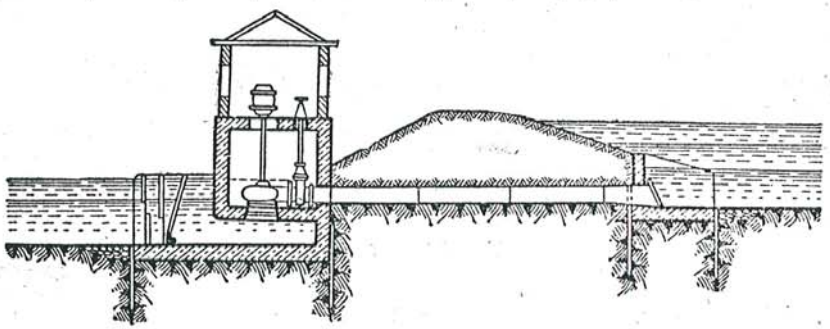


Рис. 366. Насосная станция промежуточного типа.

насосных станциях аналогична роли резервуара в канализационных насосных станциях.

б) В ирригационных насосных станциях перекачка производится по укомплектованному графику гидромодуля с учетом особенностей работы насосов, в осушительных же насосных станциях график откачки зависит от климатических особенностей местности, возможности откачки ливневых вод и пр. Поэтому выбор числа насосных агрегатов представляет здесь более трудную задачу. В осушительных насосных станциях часто ставятся разнотипные агрегаты, имеющие различную производительность, с разными напорами у насосов.

в) Особое отличие от ирригационных насосных станций представляют сооружения дамб, прокладка труб через дамбы, сбросные шлюзы.

При проектировании осушительных насосных станций должно быть обращено особое внимание на гидрологические факторы, обусловливающие приток воды к станции.

2. Сборные резервуары

Сборный резервуар представляет расширение устья магистрального канала в виде особого бассейна, ковша, пруда внутри обвалованного пространства перед насосной станцией.

В резервуаре скопляется определенное количество воды за время остановки насосной станции или за время превышения притока воды над ее откачкой. Если периодически возможен самотечный сток отводимой (с осушаемой площади) воды в реку, то станция работает с перерывами.

Насосная станция на осушаемой площади, не имеющей постоянного стока воды в водоприемник, должна быть такой мощности, чтобы обеспечить откачку без допущения вредного затопления осушительной сети при определенном объеме сборного резервуара, при максимальном притоке в него воды и при наивысшем уровне воды в водоприемнике.

Сборный резервуар является в то же время и отстойником; чтобы не получилось изменения его полезного объема от отложившихся наносов, полезно отметку дна запроектировать на 0,5—1 м ниже отметки, полученной по гидравлическому расчету для нижнего участка канала.

Нижняя часть сечения осушительных канав, подводящих воду к сборному резервуару, до отметки расчетного горизонта воды в сборном резервуаре может нести функции сборного резервуара и является в этом случае запасной емкостью канав.

При определении потребного объема сборного резервуара она должна приниматься в расчет с учетом возможности частичного заиления канав.

Устройство резервуара обходится обычно дорого; поэтому надо стремиться использовать естественные углубления староречья, вымоины, карьеры.

Объем резервуара для насосной станции подсчитывается так. Пусть средний сток с осушаемой площади будет Q_1, а время стока — t_1; производительность насосной станции $Q<Q_1$. Тогда объем резервуара V определится из уравнения:

$$V=(Q_1-Q)\,t_1,$$

а время работы насосной станции:

$$t=t_1+\frac{V}{Q}=\frac{V}{Q_1-Q}+\frac{V}{Q}=\frac{VQ_1}{Q(Q_1-Q)}=\frac{t_1Q_1}{Q}.$$

Из первого уравнения видно, что чем больше производительность (Q) насосной станции, тем меньшего объема (V) требуется регулирующий резервуар; при $Q=Q_1$ насосы будут успевать за время t_1 откачивать всю притекающую воду без ее скопления ($V=0$). Поэтому отношение $\frac{Q}{Q_1}$ берется тем ближе к единице, чем: 1) выше стоимость устройства резервуара, приходящаяся на 1 м³ его объема, 2) чем больше затапливаемая при скоплении воды земельная площадь и 3) чем ценнее произрастающие на ней культуры.

Так как в течение года приток воды к станции изменяется в довольно значительных пределах, то в периоды маловодья станция будет работать с перерывами и с неполной нагрузкой; неравномерность работы будет тем больше, чем меньше объем сборного резервуара. В предвидении этого устанавливают не один, а несколько насосных агрегатов. Общая их производительность должна соответствовать максимальному расчетному притоку воды, а производительность агрегата, меньшей по сравнению с остальными мощности,—меженнему притоку. Часто принимают при двух агрегатах отношение их мощностей 1 : 2, три насоса ставят одинаковой производительности.

Проф. Пикельс для различных осушаемых площадей при модулях стока $q_{max}=0{,}85$ л в секунду с 1 га и $q_{ср}=0{,}28$ л в секунду приводит следующие данные о числе и размерах насосов при осушении (при скорости в патрубке насоса 3 м в секунду):

Число и размер насосов в зависимости от величины площади (по Пикельсу)

Осушаемая площадь (в гектарах)	Общая производительность насосной установки (в куб. метрах в секунду)	Число насосов и приблизительные диаметры патрубков (в сантиметрах)	Осушаемая площадь (в гектарах)	Общая производительность насосной установки (в куб. метрах в секунду)	Число насосов и приблизительные диаметры патрубков (в сантиметрах)
400	0,4	1—38,1	3 600	3,2	1—66,5 и 1—99,0 или 3 по 66,6
800	0,7	2 по 38,1			
1 200	1,1	1—38,1 и 1—55,9	4 000	3,5	1—71,1 и 1—99,0 или 3 по 71,1
1 600	1,4	1—45,7 и 1—61,0			
2 000	1,8	1—50,8 и 1—71,1	4 800	4,2	3 по 76,2
2 400	2,1	1—55,9 и 1—76,2	5 600	4,9	3 по 81,2
2 800	2,5	1—61,0 и 1—81,2	6 400	5,6	3 по 91,4
3 200	2,8	1—61,0 и 1—91,4 или 3 по 61,0	7 200	6,4	3 по 91,4 или 4 по 81,2
			8 000	7,1	3 по 99,0 или 4 по 91,4

На эту таблицу надо смотреть как на первое приближение к выбору числа агрегатов. При выборе числа насосов необходимо учитывать также и технико-экономические показатели вариантов с различными объемами резервуаров и с различными типами насосов.

3. Примеры осушительных насосных станций

1. Рис. 367 изображает временную насосную станцию с горизонтальным пропеллерным насосом, укрепленным вместе с мотором на сваях.

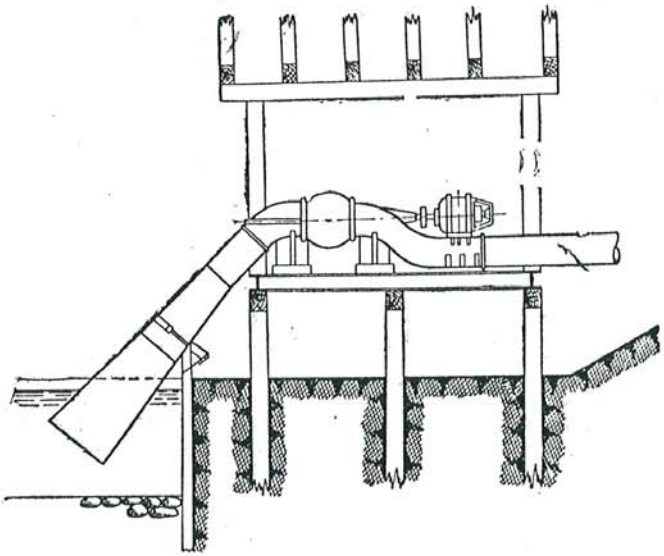


Рис. 367. Временная насосная станция.

2. На рис. 368 показана насосная станция, работающая при небольших колебаниях уровня воды в подводящем канале (2—3 м). Эта насосная станция обслуживает торфяное хозяйство Гидроторфа и подает воду под напором H =30 м.

3. На рис. 369 показана типовая осушительная насосная станция с быстроходными пропеллерными насосами.

Для понижения уровня грунтовых вод в осушении применяется система откачки воды из колодцев, дающая возможность точно регулировать уровень грунтовых вод. В этом случае обычно на каждом колодце ставится насосный агрегат, но возможно и применение способов групповой откачки, принятых в водоснабжении (общий сифон, компрессорная установка с эрлифтами).

Аналогичный метод понижения грунтовых вод откачкой воды из колодца применяется и в орошении в целях борьбы с засолением почв; для этой цели часто устраивают так называемые калифорнийские колодцы.

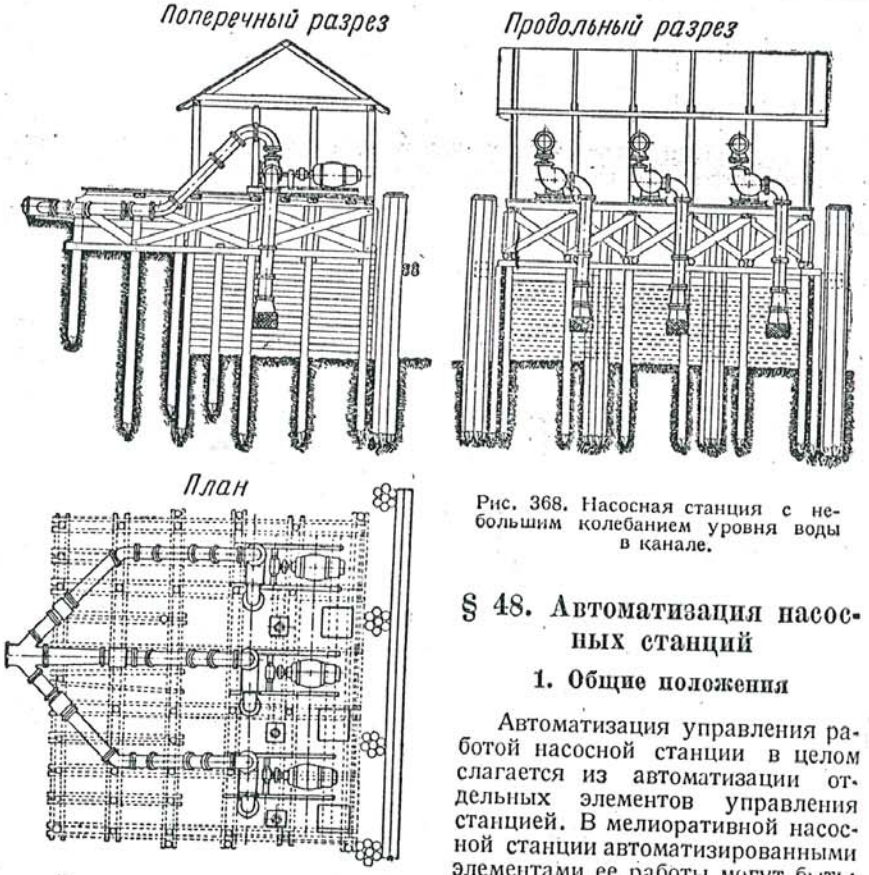


Рис. 368. Насосная станция с небольшим колебанием уровня воды в канале.

§ 48. Автоматизация насосных станций

1. Общие положения

Автоматизация управления работой насосной станции в целом слагается из автоматизации отдельных элементов управления станцией. В мелиоративной насосной станции автоматизированными элементами ее работы могут быть:

1) пуск и остановка насосного агрегата,
2) заливка и пуск центробежного насоса,
3) управление задвижками,
4) сигнализация и защита оборудования при авариях;

5) контроль и измерение характерных величин.

В зависимости от потребностей возможны и дополнительные элементы автоматизации; возможно также и исключение части указанных элементов.

Наблюдение за работой отдельных элементов станции или нескольких станций может быть централизовано в одном диспетчерском пункте, из которого ведется дистанционное (кнопочное) управление одной или несколькими станциями. Дистанционное управление автоматической станцией осуществляется диспетчером при помощи специальных кнопок, смонтированных на щите (пульте).

Для возможности дистанционного управления необходимо иметь передачу на щит (пульт) соответствующих показателей работы станции. Такая передача показаний различных приборов осуществляется при помощи телемеханики. Возможно и управление на расстоянии при помощи телемеханики (телеуправление), но ввиду дороговизны его оно в насосных станциях обычно не применяется, а телемеханика используется только для телеизмерений (телеконтроля).

В зависимости от степени автоматизации управления насосные станции разделяются на: 1) неавтоматические, 2) полностью автоматические, в которых все процессы управления автоматизированы так, что совсем не требуется постоянного обслуживающего персонала, и 3) полуавтоматические, в которых автоматизирована лишь часть процессов управления; для них обслуживающий персонал требуется, но в меньшем количестве, чем для станций с неавтоматическим управлением.

Автоматические насосные станции имеют следующие преимущества в эксплоатации: 1) сокращаются расходы на содержание штата служащих, 2) увеличивается надежность и бесперебойность работы станции, 3) увеличивается точность регулирования, 4) уменьшается аварийность, 5) увеличивается срок службы оборудования

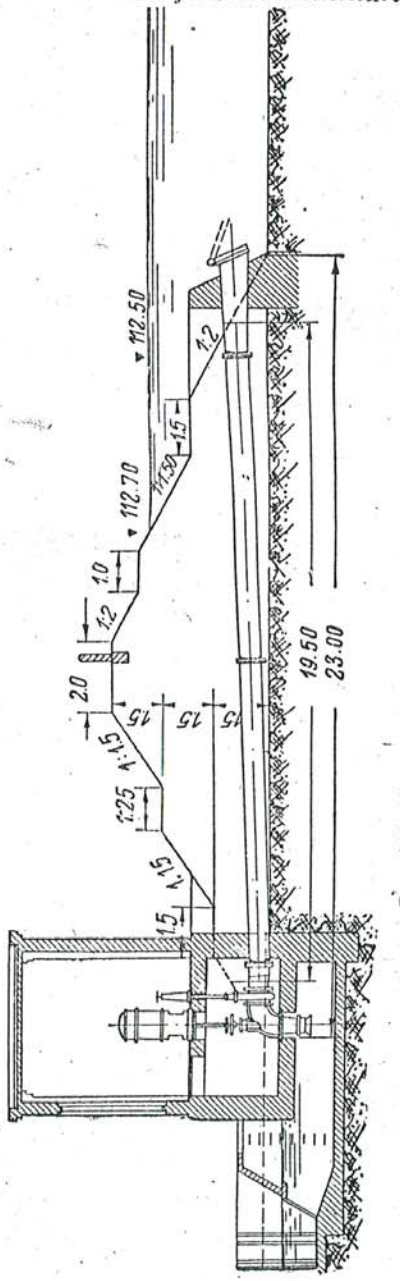


Рис. 369. Типовая осушительная насосная станция.

благодаря независимости его от разных случайностей и качества обслуживания.

В первоначальных строительных затратах автоматизация насосной станции дает экономию в следующем:

1) уменьшается потребная кубатура здания насосной станции, так как нормы расстояний для расположения оборудования и нормы высоты здания допускаются уменьшенные;

2) уменьшается расход на строительство жилых помещений для служащих;

3) благодаря более точной и более чувствительной регулировке представляется возможность. уменьшения числа насосов за счет увеличения их мощности, уменьшения резервной мощности агрегата и объема регулирующего резервуара.

Затраты на дополнительное оборудование для автоматизации обычно превышают экономию на строительных расходах, но с течением времени разница в первоначальных затратах окупается экономией на эксплоатационных расходах.

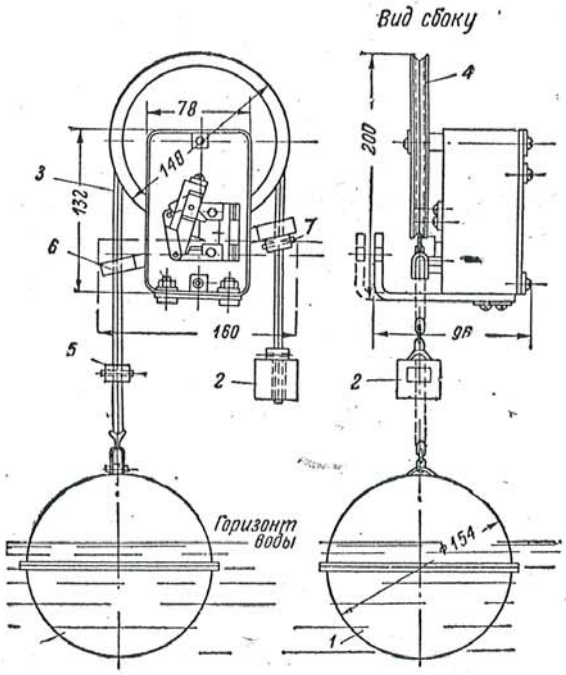


Рис. 370. Схема поплавкового реле.

Размер экономии в конечном результате зависит: от степени автоматизации, от принятой схемы управления, от типа основного оборудования, от интенсивности работы станции (сезонность и прерывистость работы в течение суток удлиняют срок окупаемости дополнительных затрат на автоматизацию).

Автоматические насосные станции имеют наибольшее применение в Америке. У нас в СССР также существуют автоматизированные насосные станции, преимущественно водопроводные и канализационные.

Устройство автоматизированных насосных станций в мелиорации должно получить развитие в связи с электрификацией сельского хозяйства.

2. Основные элементы автоматизации

Автоматическое управление насосной станцией осуществляется при помощи различных приборов, связанных в своей работе в определенную систему общего управления станцией.

А) Главные типы приборов, служащих для автоматического пуска и

остановки агрегата, это: 1) реле давления, которое включает или выключает двигатель в зависимости от высоты манометрического давления в трубопроводе; 2) реле времени с часовым механизмом, дающим замыкание и размыкание контакта в определенные промежутки времени; 3) поплавковое реле (контактор), дающее замыкание и размыкание контакта в зависимости от уровня воды в резервуаре.

При автоматизации мелиоративной насосной станции пуск в действие и остановка насосов обычно связываются с уровнем воды в канале (осушительном или оросительном). Эта связь осуществляется при помощи поплавкового реле.

На рис. 370 показана схема устройства поплавкового реле ХЭТЗ (Харьковский электротехнический завод). Сущность устройства этого реле такова: через блок (*4*) перекинут трос (*3*), к одному концу которого прикреплен поплавок (*1*), к другому — противовес (*2*); контактное устройство укреплено на одной оси с блоком. При повышении горизонта воды в канале поплавок поднимается вместе с прикрепленным к тросу зажимным упором (*5*), который по достижении определенной отметки уровня соединяется с концом рычага (*6*) и перемещает его вверх, в результате чего происходит замыкание контактов. При понижении горизонта воды поплавок опускается, а поднимается конец троса с противовесом (*2*) и с упором (*7*), который, нажимая на другой конец рычага (*6*), вращает его в обратном направлении; в результате происходит размыкание контактов.

На станциях малой мощности применяются главным образом асинхронные моторы с короткозамкнутым ротором. Синхронные моторы применяются преимущественно на станциях большой и средней мощности. Запуск синхронных электромоторов часто весьма сложен и производится различными способами: при помощи пускового компенсатора, с помощью реле скольжения и др. Харьковский электротехнический завод разработал целый ряд схем для пуска синхронного мотора, учитывая необходимость внедрения этого типа двигателя как наиболее экономического в эксплоатации.

Б) Автоматизация насосной станции требует специальных устройств для заливки насосов. Наиболее распространен способ заливки с помощью водокольцевого вакуум-насоса типа «Эльмо» (см. главу XI).

Вакуум-насос и рабочий насос приводятся в действие от одного импульса — уровня воды в резервуаре или давления в напорном трубопроводе; при этом обе операции производятся в определенной последовательности:

а) сначала автоматически включается вакуум-насос;

б) по заполнении водой рабочего насоса и всасывающего трубопровода автоматически пускается в ход рабочий насос, а вакуум-насос выключается;

в) открывается задвижка на напорном трубопроводе.

Кроме вакуум-насоса, для автоматической заливки центробежных насосов применяются и другие устройства: например, залив водой из напорного трубопровода или из специального бака, наполняемого водой заранее в предшествующий период работы насоса.

Существуют также приспособления для всасывания воды, основанные на стремлении избежать применения дополнительных приборов, как вакуум-насос и др., усложняющих операцию пуска насоса.

Одно из таких устройств показано на рис. 371. Обозначения по чертежу: *1* — центробежный насос, *2* — колено всасывающей трубы, *3* и *4* — эжекторы, *5* — сепаратор, *6* — нагнетательный трубопровод, *7* — клапан. Насос и сепаратор заполняются один раз водой до уровня верхней части колена (*2*). При пуске насоса эта вода начинает циркулировать

в направлении, показанном на рисунке (*а*) стрелками, одновременно подсасывая воздух при помощи эжектора (*3*) из всасывающей трубы и поднимая в ней воду. Когда вся всасывающая труба будет заполнена водой, дальнейший приток воды к насосу будет происходить через колено (*2*), минуя эжектор (*3*), работа которого прекращается обратным действием эжектора (*4*).

Отрицательными сторонами, тормозящими замену вакуум-насосов такого рода устройствами, являются главным образом: 1) их громоздкость, 2) нередко меньшая надежность в работе и 3) увеличение потерь напора вследствие появления дополнительных изгибов труб и сечений разного диаметра.

В) Для насосных станций с переменной величиной водопотребления или с сильно меняющимся уровнем воды в источнике, влияющим на производительность станции, весьма важное значение имеет выбор наиболее рационального способа регулирования водоподачи.

Существующие способы регулирования расхода воды отдельного насоса сводятся к двум: 1) изменению пропускной способности трубопровода путем применения задвижек и 2) изменению числа оборотов насоса.

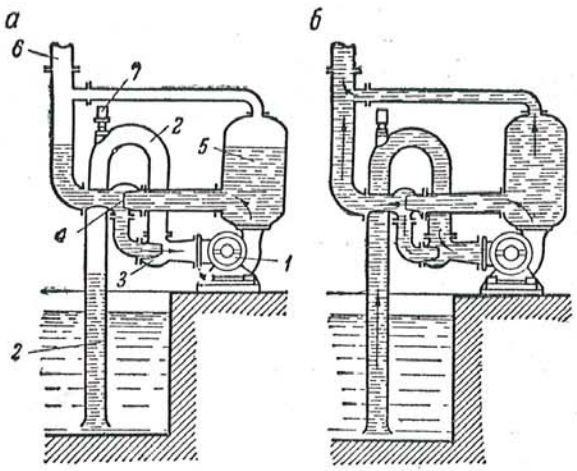


Рис. 371. Устройство для автоматической заливки насоса: *а* — насос в момент пуска; *б* — насос в работе.

Применение первого способа ведет к большим потерям напора и потому по возможности избегается.

Регулирование числа оборотов насоса достигается изменением числа оборотов двигателя или применением в качестве передаточного механизма гидравлической муфты.

Применяемый обычно трехфазный ток допускает изменение числа оборотов при условии включения реостата в цепь ротора, что сильно снижает коэфициент полезного действия, и потому такой способ регулирования применяется редко.

Коллекторные моторы трехфазного тока мощностью примерно до 100 квт допускают изменение числа оборотов, но такие моторы стоят значительно дороже асинхронных.

Гидравлическая муфта дает возможность при неизменном числе оборотов двигателя менять в любых пределах число оборотов насоса, при этом к. п. д. мотора остается почти одинаковым, а к. п. д. гидромуфты доходит до 0,97—0,98.

Сущность устройства и принцип действия гидравлической муфты заключаются в следующем. На вал мотора насажено специальной конструкции центробежное колесо, на вал насоса насажено другое колесо, работающее, как гидравлическая турбина. Оба колеса окружены общим кожухом; вал мотора и вал насоса механически не соединены между собою и могут вращаться отдельно. В пространство между колесами вводится

масло, которое при вращении центробежного колеса подсасывается к его центру и затем выбрасывается центробежной силой на периферию; оттуда масло переходит на периферию турбинного колеса и передает ему давление на лопатки, направляясь по ним к центру турбины. Лопатки, воспринимая давление масла, приводят колесо, а вместе с ним и вал насоса, во вращательное действие.

От центра турбины масло снова всасывается центробежным колесом и циркулирует таким образом в течение всей работы мотора. Конструкция гидромуфты предусматривает автоматическое охлаждение масла. Изменение скорости вращения турбинного колеса, а следовательно, и вала насоса, достигается путем изменения количества масла, циркулирующего в колесах. При помощи так называемой черпательной трубки и поршня можно устанавливать насос на любое число оборотов.

3. Общие схемы работы автоматизированных насосных агрегатов

Выполнение таких схем может быть весьма различным в зависимости от принятых способов: пуска насоса, заливки его, пуска электропривода к насосу, регулирования и т. д. На рис. 372 приведен один из возможных вариантов общей схемы автоматизированного насосного агрегата (условные обозначения по ХЭТЗ). При построении схем придерживаются общепринятых условных изображений отдельных элементов схемы и взаимодействия автоматической аппаратуры.

Стандартизированных обозначений в СССР пока нет, но наибольшим распространением пользуются условные обозначения, выработанные Харьковским электротехническим заводом, который вполне освоил изготовление автоматической аппаратуры и выпускает сложные системы автоматического управления, оправдавшие себя на практике.

4. Выбор насосов и пример автоматической насосной станции

1. При выборе насосов для автоматической работы станции необходимо стремиться к их однотипности по конструкции и производительности.

Неавтоматические насосные станции, применяясь к переменному графику водопотребления, часто вынуждены иметь насосы, диференцированные по производительности, во избежание неудобства маневрирования (с частыми пусками и остановками агрегатов). В автоматической насосной станции это обстоятельство значения не имеет, и благодаря автоматичности пуска и остановок возможно укрупнение насосных агрегатов, что упрощает и удешевляет эксплоатацию насосной станции.

Однотипность насосов автоматической насосной станции имеет особенно важное значение в отношении резервного агрегата. В этом случае любой из насосов может быть резервным и чередоваться в работе с другими; в случае аварии одного из агрегатов замена его другим резервным осуществляется без затруднений и не вызывает никаких изменений в режиме работы станции.

2. На рис. 373 дан продольный разрез одной автоматической насосной станции мелиоративного типа большой производительности.

Станция имеет четыре пропеллерных насоса с поворотными лопатками, из них один резервный.

Для маневрирования шандорами, решетками и сороочистительными машинами устраивается портальный кран. Подвод воды к насосу осуществляется всасывающей трубой коленчатого типа, а отвод воды от насоса — при помощи диффузора.

Для создания безнапорного типа насосного здания устраивается потерна, уравнивающая горизонты воды по обе стороны насосного здания.

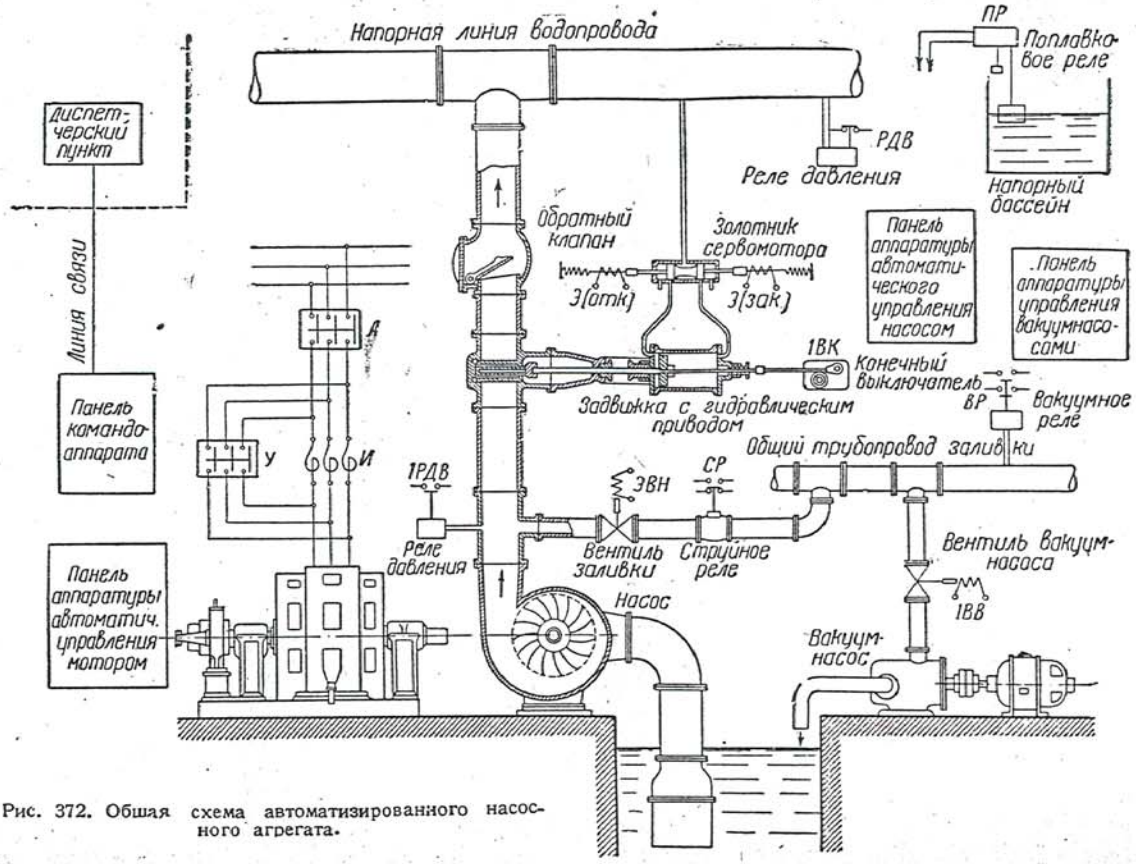


Рис. 372. Общая схема автоматизированного насосного агрегата.

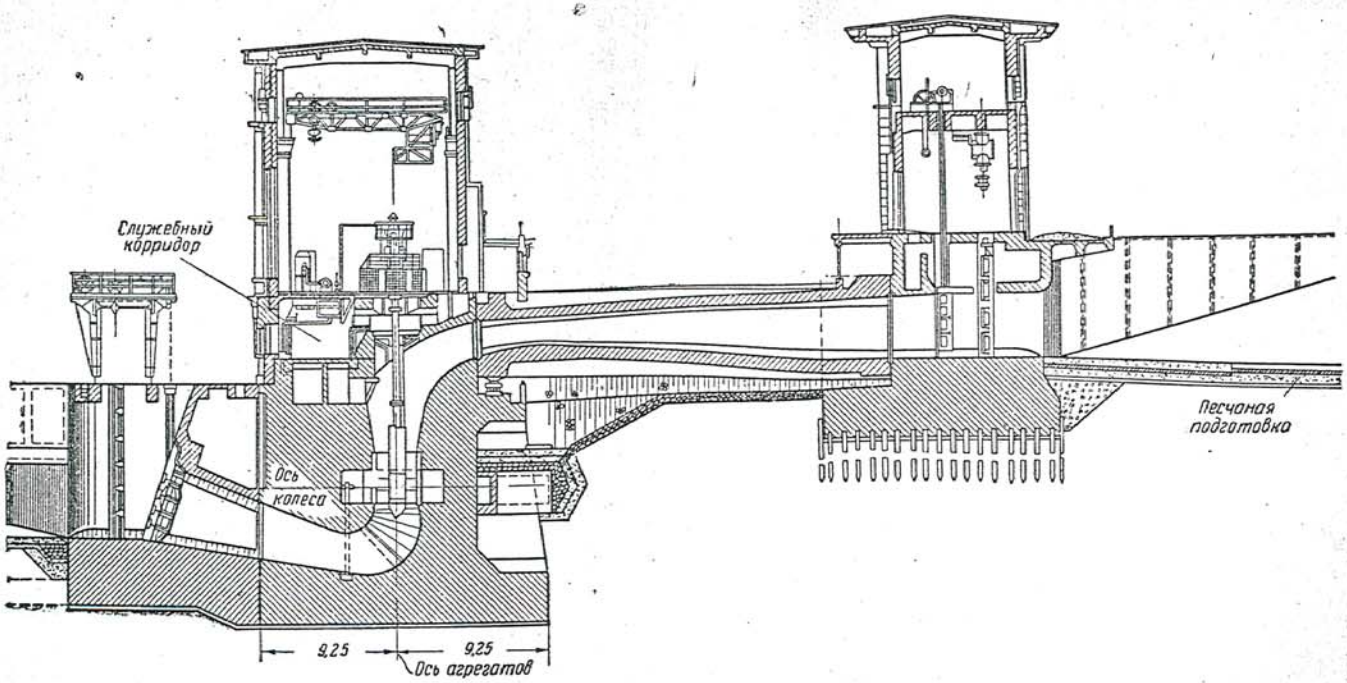


Рис. 373. Разрез автоматизированной насосной станции.

Сопряжение диффузора с водоприемником сделано при посредстве акведука. Водоприемник снабжен щитами, могущими быстро падать при остановке насосов и тем предотвращать обратный сток через насосы, что достигается путем устройства автоматической блокировки. Импульсы пуска и остановки агрегатов передаются из диспетчерского пункта. Насосный агрегат пускается, когда угол поворота лопастей достигнет положения, при котором момент запуска будет наиболее экономным. Одновременно с пуском масляной системы включается синхронный мотор; по достижении им номинального числа оборотов специальный контактор дает импульс, заставляющий лопасти насосов повернуться в рабочее положение.

Когда давление на щит со стороны трубопровода и со стороны верхнего бьефа выравняется, импульс передается на систему управления лебедкой для подъема щита.

§ 49. Насосные станции для забора подземных вод

Насосные станции для забора подземных вод отличаются от станций с водозабором из открытых источников главным образом по характеру водоприемных устройств (в зависимости от глубины динамического уровня воды в колодце).

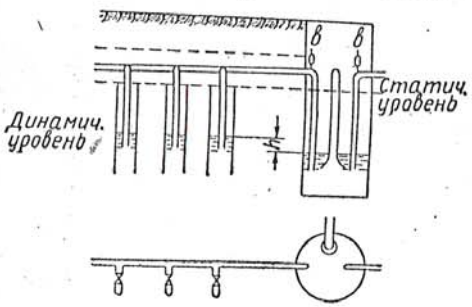


Рис. 374. Схема сифонного водозабора из группы колодцев.

1) Если динамический горизонт воды в колодце находится на глубине до 5—7 м, так что принятый тип насоса допускает всасывание без кавитации с поверхности земли или с незначительным заглублением, то тип насосной станции соответствующей производительности остается таким же, как и при использовании открытых водоемов. В этом случае буровая скважина (или шахтный колодец) проектируется для удобства ремонта отдельно от станции. Преобладающим насосом будет центробежный с горизонтальным валом; всасывающая труба насоса проходит непосредственно в скважину.

2) При динамическом уровне воды на расстоянии от поверхности земли 7—12 м необходимо устроить шахту, на дне которой может быть установлен горизонтальный центробежный насос. Дно шахты определяется допустимой высотой всасывания насоса. Возможна постановка и вертикального насоса непосредственно в скважину; тогда двигатель устанавливается на поверхности земли. Применение того или иного типа насосной станции определяется сравнением технико-экономических вариантов.

3) Если при том же динамическом уровне (7—12 м) водозабор осуществляется из ряда колодцев (для увеличения притока воды), то устраивается сифон с ответвлениями от общей его линии в каждый колодец. Сифон подает воду в центральный сборный колодец, откуда вода всасывается трубами насосной станции; в сборном колодце создается пониженный против приемных колодцев горизонт воды (рис. 374).

Сифон перед работой должен заполняться водой, что наиболее удобно достигается при помощи водокольцевого вакуум-насоса, всасывающая труба которого присоединяется через посредство воздушного колпака (*в*) к высшей точке сифона (у изгиба сифона в сборном колодце).

Трубам сифона придается подъем к сборному колодцу, обычно не менее 0,005.

Разность динамических уровней воды (h) в приемном и сборном колодцах представляет собой действующий напор сифона и входит в расчеты при определении производительности сифона по общим правилам гидравлики.

Вертикальное расстояние (с учетом гидравлических потерь напора) от низшего динамического уровня воды в приемных колодцах до высшей точки сифона не должно превышать предельную вакуумметрическую высоту всасывания сифона (обычно до 7 м). Этим условием определяется минимальная глубина заложения общей линии сифона.

Заглубление здания насосной станции обусловливается предельной вакуумметрической высотой насоса (считая от динамического уровня воды в сборном колодце). Тип насоса — преимущественно центробежный с горизонтальным валом. Приемные колодцы при устройстве сифона могут быть как шахтные, так и буровые. Сборный колодец делается обычно железо-бетонный; размер колодца должен быть достаточен для установки труб и арматуры и для производства внутреннего ремонта. Сборный колодец может иметь открытые или закрытые для притока грунтовой воды дно и стенки. В первом случае он служит и водоприемным колодцем.

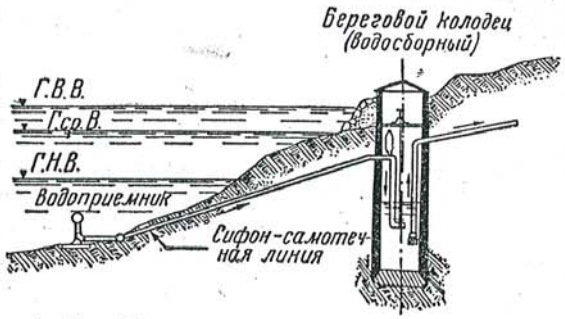


Рис. 375. Схема сифонного водозабора из реки.

Сифонный водозабор может устраиваться и в случае открытого источника водоснабжения, например, когда заглубление в грунт для устройства самотечного водовода представляет большие трудности: большой объем земляных работ, наличие плывуна и т. п. В этом случае трубы закладываются от поверхности земли на глубине, определяемой лишь условиями промерзания, что приводит к возвышению части труб над уровнем воды в источнике, т. е. приводит к образованию сифона (рис. 375), заменяющего самотечную линию труб. В отдельные периоды горизонт воды в том же источнике может быть выше сифона и тогда он работает как обычный самотечный водовод, требующий лишь, как и в сифоне, устранения скоплений воздуха в высшей точке (на перегибе).

4) При динамическом горизонте на глубине от 12 до 20 м водоподъем осуществляется в условиях, переходных к глубоководному. При сравнении вариантов может иногда оказаться целесообразным устройство шахты глубиной 8—15 м с буровой скважиной в дне. Насос тогда устанавливается на дне шахты, а всасывающая труба опускается в скважину.

При указанной глубине чаще устраивают скважину с поверхности земли и в ней устанавливают или центробежный насос с вертикальным валом, или поршневой насос (включая быстроходные), или эрлифт, если глубина воды для него достаточна.

Для группы колодцев устройство сифона обошлось бы в этом случае слишком дорого, поэтому насосы ставятся в каждый колодец отдельно.

5) Когда динамический уровень находится на глубине большей 20 м,

то в этом случае устраивают буровые скважины, в которых устанавливают глубоководные насосы: центробежные (типа Фарко), штанговые, эрлифты. Тип насосной станции при таком водозаборе — обычный водопроводный.

Здание насосной станции, с буровой скважиной в нем, должно быть приспособлено для выемки штанг в целях ремонта, для чего иногда делают специальную вышку над скважиной с подвешенными в ней блоками (рис. 376), или делают люк в крыше здания и используют треногу, которая была при бурении.

При устройстве станции с подвальным этажом вышка или совсем не требуется, или делается значительно меньшей высоты.

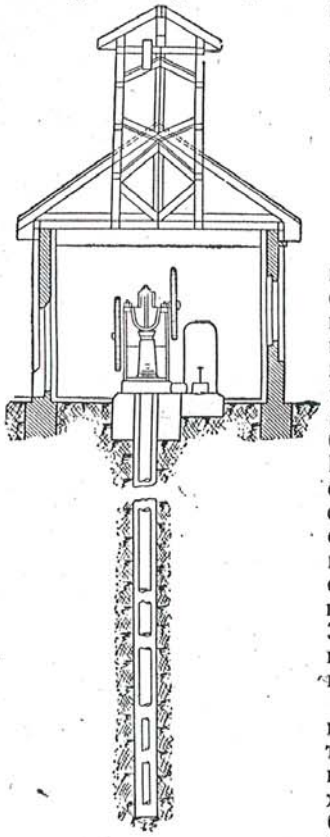


Рис. 376. Насосная станция с поршневым насосом и буровой скважиной внутри здания.

§ 50. Примеры насосных станций с подземными источниками водоснабжения

Рис. 377 изображает обычную схему установки этого вида. Как видно из схемы, насосная станция при горизонтальном типе насоса представляет заглубленную шахту, на дно которой поставлены насосные агрегаты. Положение оси насоса определяется расстоянием ее от динамического уровня воды в шахте. На конце всасывающей трубы установлен обратный клапан с сеткой. Расстояние от всасывающего колодца до насоса определяется предельной длиной всасывающей трубы (l_s), а эта длина в свою очередь определяется из условий допустимой вакуумметрической высоты всасывания при определенной скорости воды во всасывающей трубе. Не рекомендуется l_s делать более 30 м. Всасывающая труба должна иметь неизменный подъем к насосу, дабы не скоплялся воздух.

Для небольших расходов размеры всасывающего колодца определяются конструктивными соображениями, в основу которых кладется свободное размещение труб, задвижек и возможность вести монтажные работы на мостике. При больших расходах следует считаться с необходимым объемом воды в колодце для равномерности ее подачи.

На рис. 378 изображен продольный профиль сифонного трубопровода, причем сифоны имеют вертикальные падения в том месте, где трубопровод разделяется на два. Этим достигается удаление из трубопроводов воздуха. В этом водопроводе применен метод инж. Линдлея, по которому выполнен водозабор и на водопроводе в Баку.

Рис. 379 изображает план насосной станции 1-го подъема. В сборный колодец идут системы сифонов диаметром 500 мм от колодцев *I—VIII* и диаметром 300 и 400 мм — от колодцев *X* и *XII*.

От сборного колодца в насосную станцию идут две всасывающие трубы диаметром 500 мм. На рисунке видна сбросная труба сборного

колодца диаметром 300 мм. Из станции идет один напорный водовод диаметром 700 мм в главную насосную станцию.

Здание насосной станции изображено на рис. 380; установлены три электронасоса и оставлено одно место для насоса при увеличении мощности водопровода. Характеристика насосов представлена следующими данными (см. таблицу справа).

№ насоса	Расход: в литрах в секунду	Расход: в куб. метрах в сутки	Напор (в метрах)
1	145	12 600	24,90
2	166	14 300	25,60
3	203	17 600	26,40

На станции установлен компрессор для накачивания воздуха в напорный колпак; последний соединен трубопроводом диаметром 400 мм с напорным трубопроводом, подающим воду на главную насосную станцию. Для запуска насосов и сифонов установлен вакуум-насос с

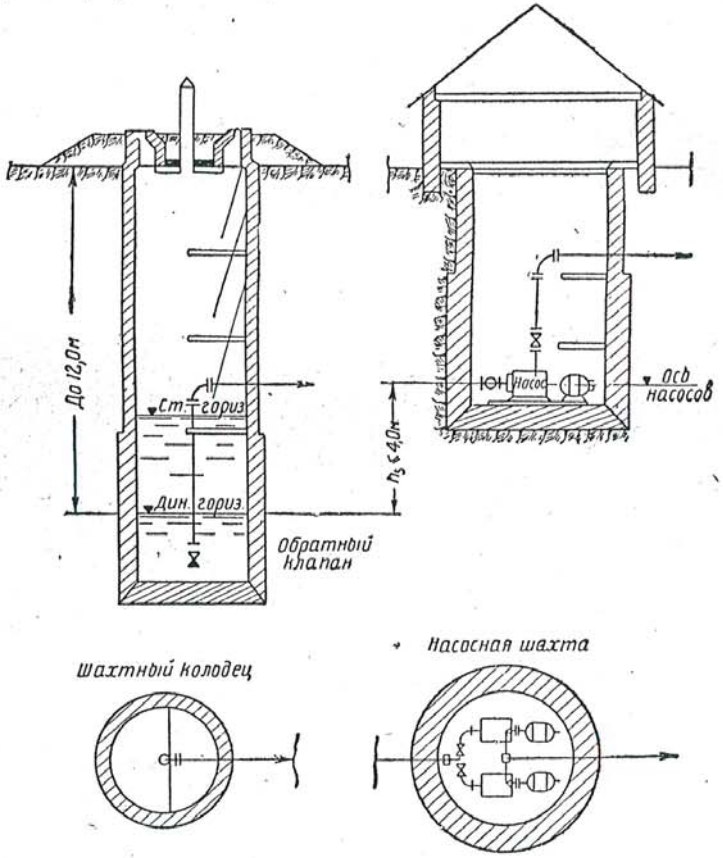


Рис. 377. Схема насосной установки с водозабором из подземных источников.

колпаком. Станция заглублена в землю и изолирована от проникновения грунтовых вод. Недостатком насосной станции является наличие

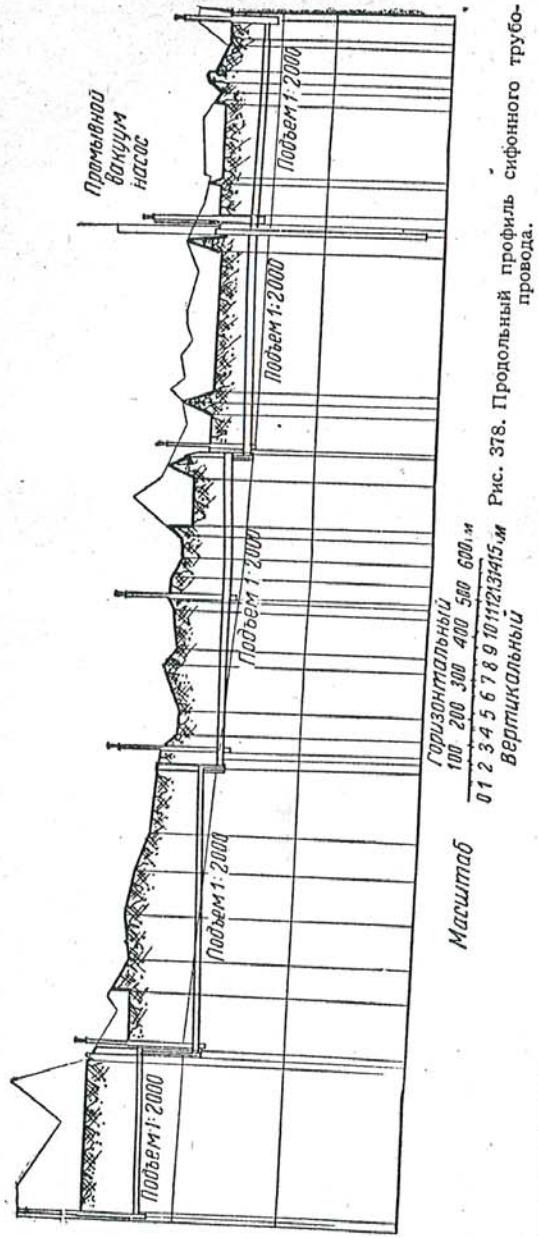


Рис. 378. Продольный профиль сифонного трубопровода.

одного напорного трубопровода в здании станции; при ремонте задвижек, водомеров на напорной линии и присоединений выключается вся станция.

Рис. 381 представляет подземную насосную станцию с вертикальными моторами и быстроходным насосом.

Водоприемный колодец помещен внизу, сюда подведены два сифонных трубопровода.

Напорные трубы насосов соединяются оригинальной вставкой в один трубопровод диаметром 750 мм, который затем разделяется на два по 600 мм.

Рис. 382 изображает конструкцию здания этой насосной станции.

На рис. 383 изображена насосная станция подземного типа; водоприемник отделен от насосной станции. Из водоприемника вода тремя трубами подводится к насосам.

Обычная схема водопроводной станции большой производительности приближается по конструкции к типу мелиоративной насосной станции.

Схемы водозабора из скважин

I схема. При горизонте динамического уровня воды в скважине не более 5—7 м до поверхности земли насосная станция может представлять раздельную систему со скважиной, как это изображено на рис. 384.

Здание станции заглубляется по отношению к уровню земли. Расстояние от скважины до насосной станции не рекомендуется делать свыше 30 м.

Рекомендуется для бесперебойного обеспечения делать две скважины,

из которых одна резервная. Такая станция допускает применение любого двигателя.

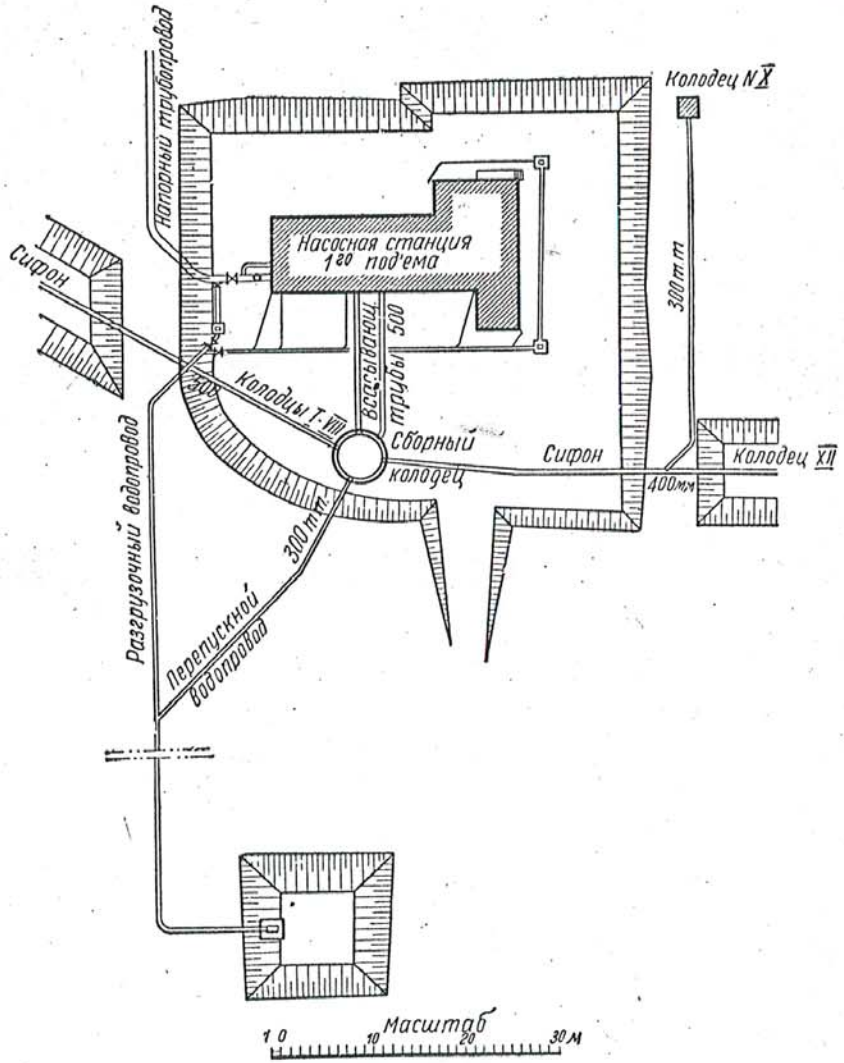


Рис. 379. План насосной станции с сифонным водозабором.

II схема. Рис. 385 изображает насосную установку с горизонтальным центробежным насосом, расположенным в шахте, в которой находится и скважина. Динамический горизонт воды расположен ниже поверхности земли на расстоянии 7—12 м. Отметка оси насоса выбирается из условия допустимой величины всасывания насосов h_s, в зависимости от чего проектируется и глубина шахты. Шахта должна быть водонепрони-

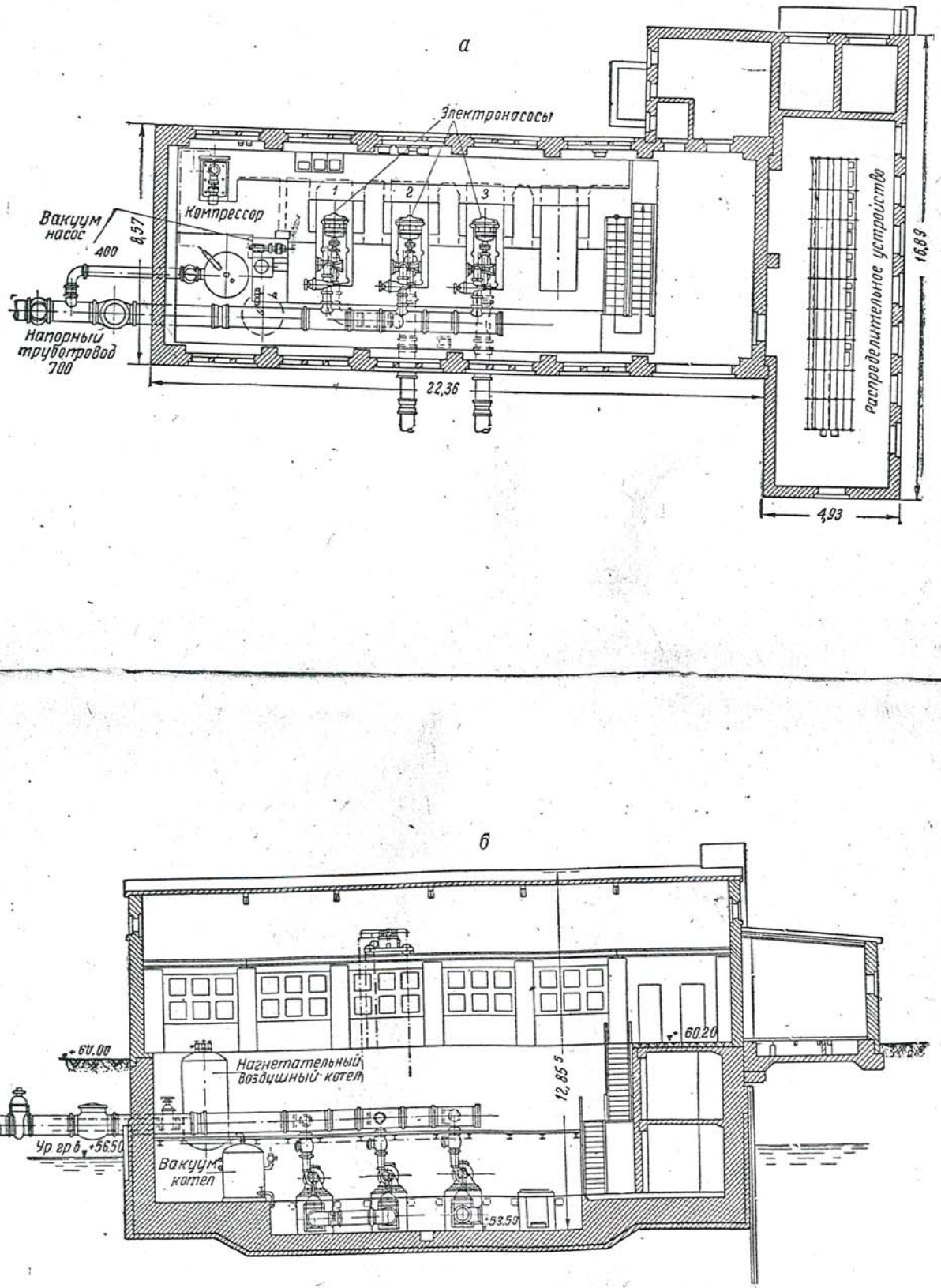


Рис. 380. Здание насосной станции с сифонным водозабором (и оборудованием) в плане *(а)* и в разрезе *(б)*.

цаемая. Поперечные размеры шахты были бы значительно меньше при применении вертикального шахтного насоса или при применении установки согласно рис. 386; отсутствие подобного типа насосов заставляет применять приведенную на рис. 385 схему.

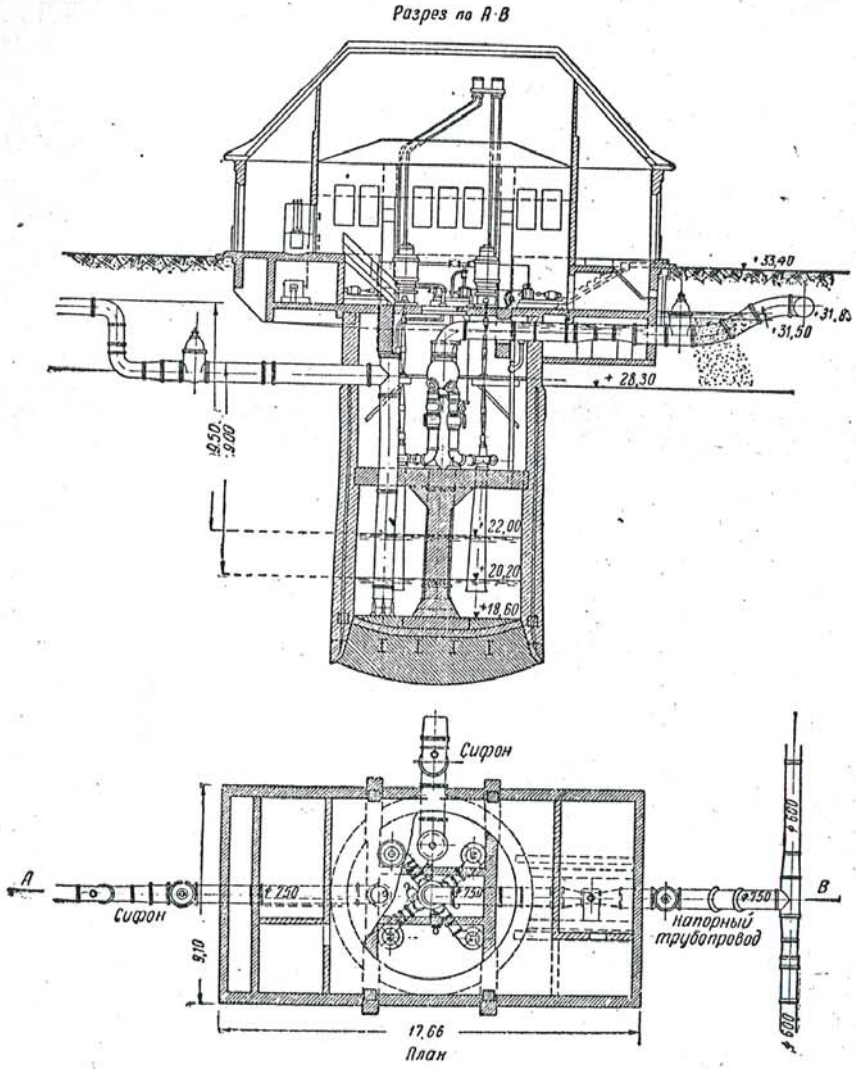


Рис. 381. Подземная насосная станция.

III схема. При значительной глубине залегания динамического уровня возможно применение артезианского центробежного насоса. Такая насосная станция изображена на рис. 386. Для подъема насоса в крыше устраивается люк, над которым устанавливается ферма. Подобная

насосная установка, несмотря на компактность, обладает рядом недостатков, заключающихся: 1) в трудности монтажа и демонтажа установки, 2) при горизонтальных сдвигах скважины возможен перекос ее и расстройство укреплений вала насоса в скважине. Все эти недостатки устраняются при применении подводных насосов, заключенных с мотором в непроницаемый металлический цилиндр (см. насосы, гл. XI).

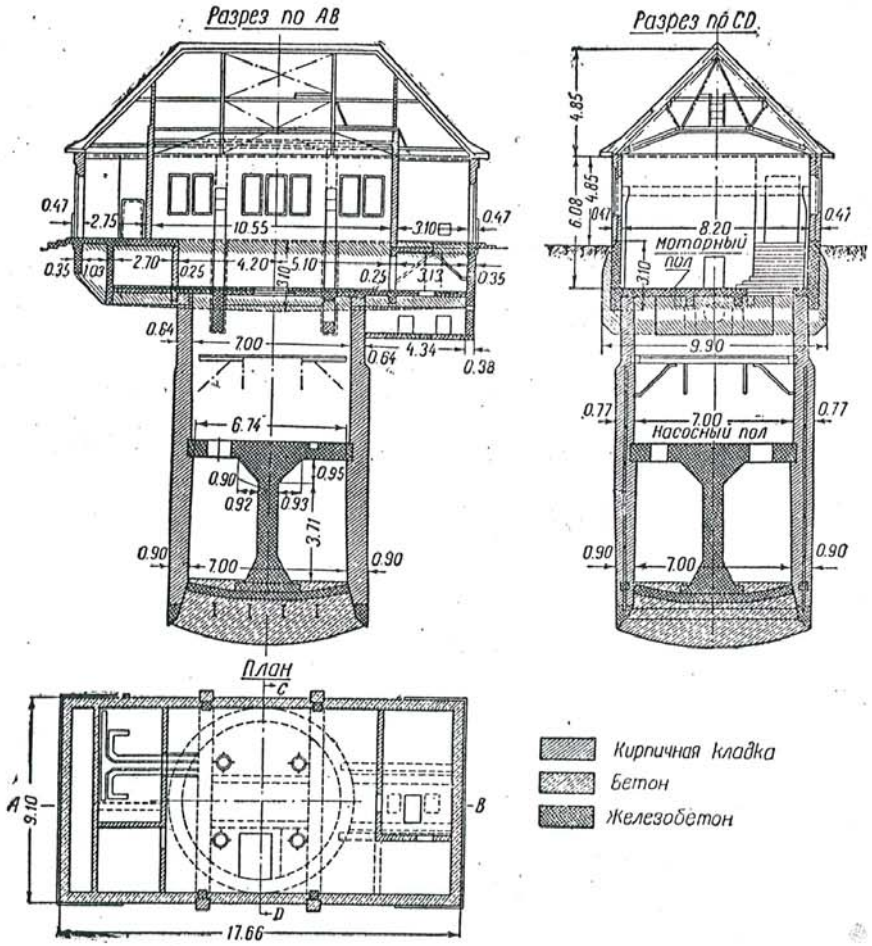


Рис. 382. Здание подземной насосной станции.

При сравнительно небольших расходах воды возможна установка штангового поршневого насоса.

При большой глубине воды в скважине возможно применение эрлифта. При наличии нескольких скважин можно иметь центральную насосную станцию с компрессором, откуда и подается сжатый воздух во все скважины.

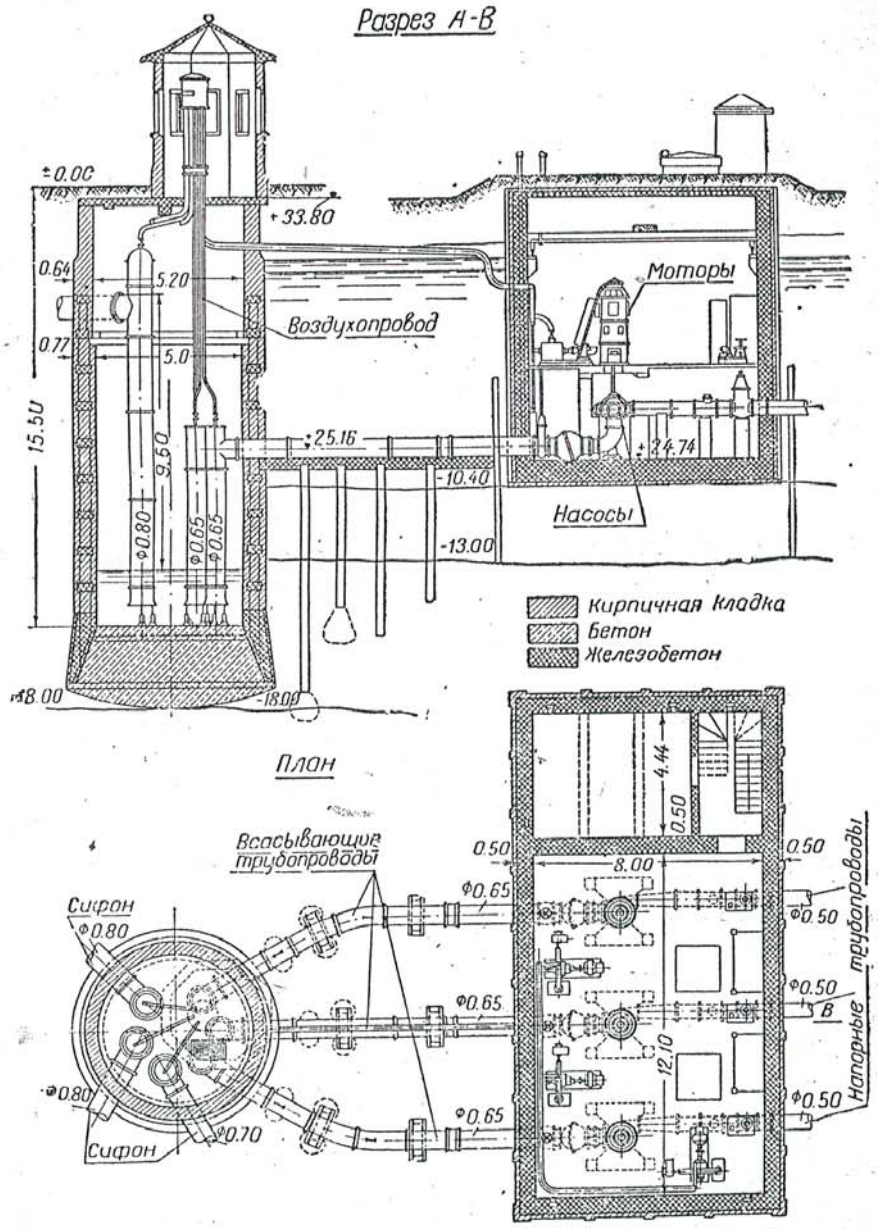
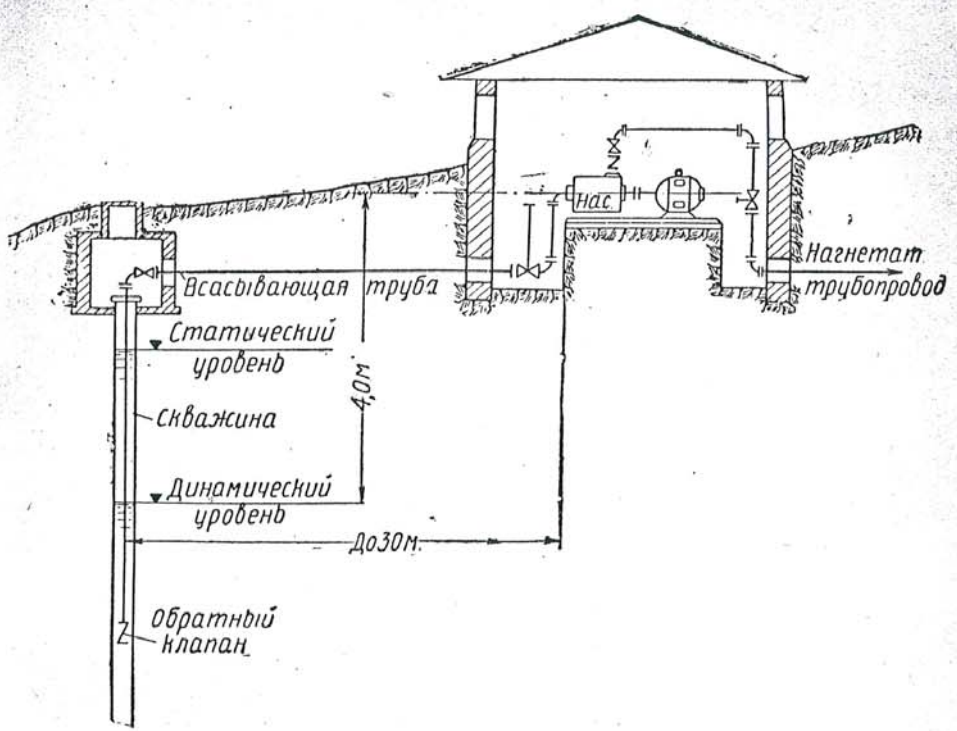


Рис. 383. Подземная насосная станция раздельного типа с водоприемником.



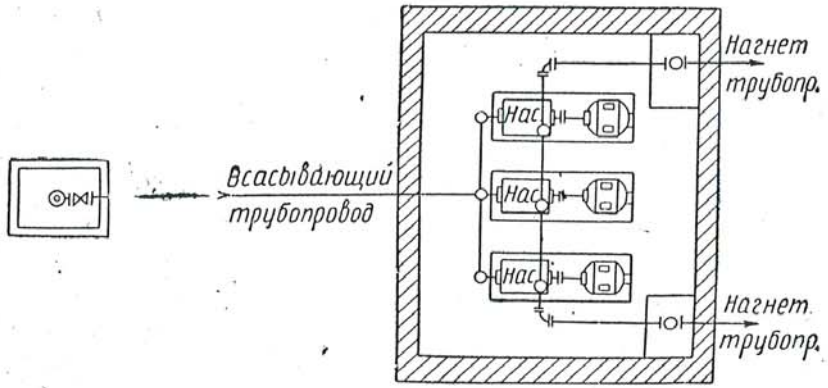


Рис. 384. Схема насосной станции с раздельной системой водозабора.

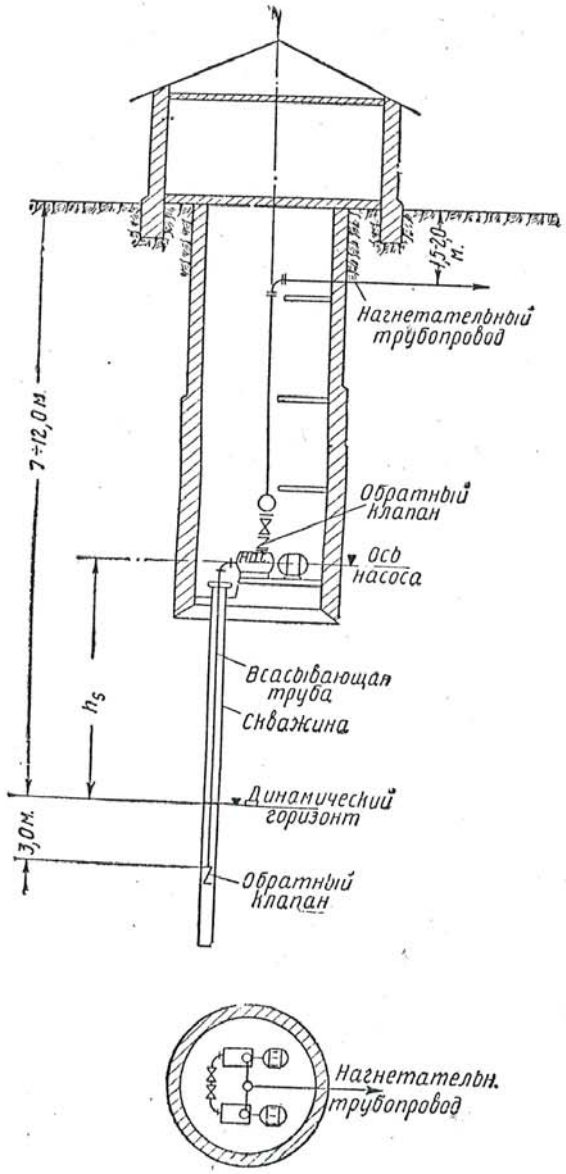
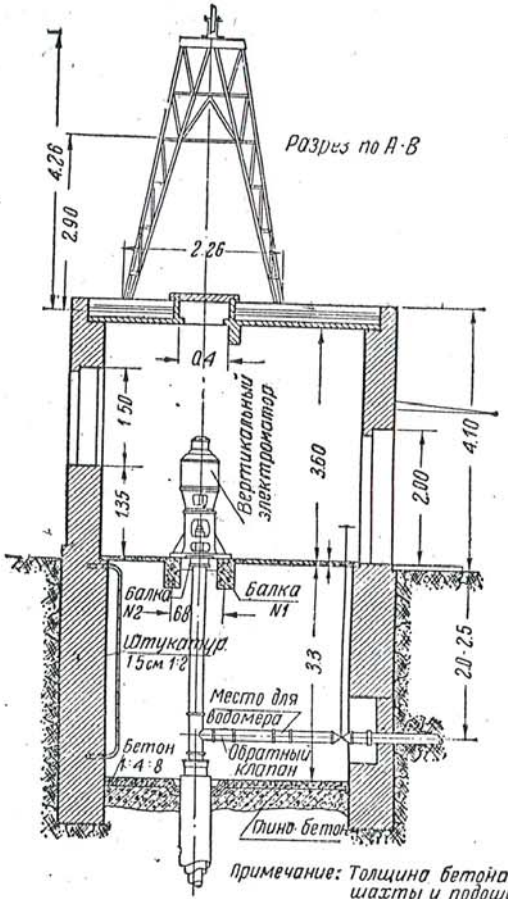


Рис. 385. Насосная установка с горизонтальным центробежным насосом в шахте.



Примечание: Толщина бетона пола шахты и подошвы фундамента должна отвечать качеству грунта

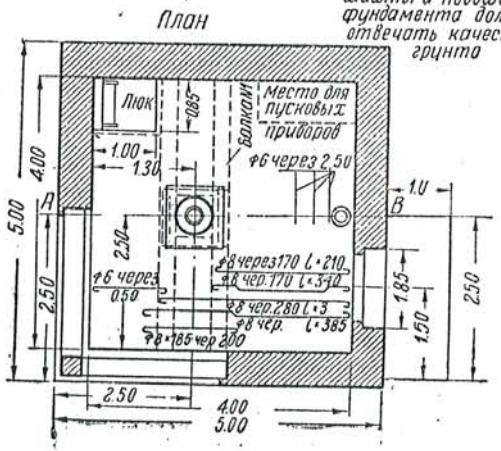


Рис. 386 Насосная станция с вертикальным центробежным насосом в скважине.

§ 51. Краткая методика проектирования водопроводных насосных станций

Водопроводные насосные станции разделяют на:

насосные станции 1-го подъема, забирающие воду из источника водоснабжения и подающие на очистные сооружения, и *насосные станции 2-го подъема*, нагнетающие очищенную воду в разводящую сеть и водонапорную башню.

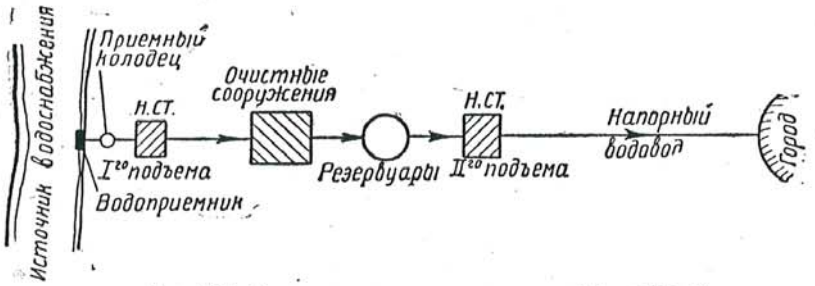


Рис. 387. Схема водопроводных сооружений (вариант I).

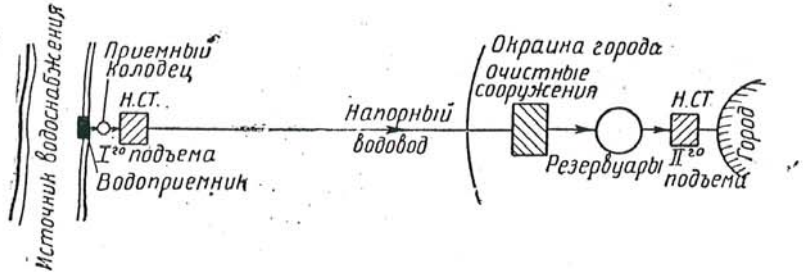


Рис. 387а. Схема водопроводных сооружений (вариант II).

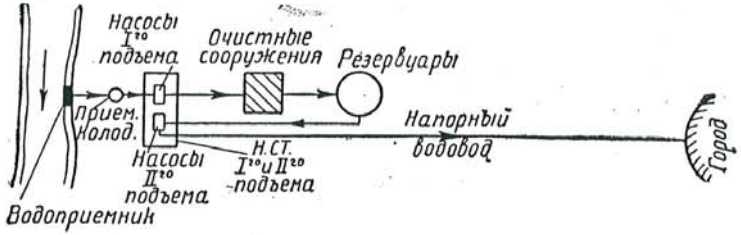


Рис. 387б. Схема водопроводных сооружений (вариант III).

Могут быть насосные станции последующей перекачки, например, при зональном водоснабжении и при неблагоприятном рельефе устраивают насосные станции 3-го, 4-го и выше подъемов.

Расположение насосных станций, очистных сооружений можно видеть на помещаемых схемах. Рис. 387 представляет первую схему; здесь насосные станции 1-го и 2-го подъемов представляют два самостоятельных здания, между которыми помещаются очистные сооружения и резервуары.

Рис. 387а представляет вторую схему, при которой очистные сооружения, резервуары и насосная станция 2-го подъема отнесены к месту разводящей сети.

Рис. 387б (схема III) представляет схему I с устройством общего здания насосных станций 1-го и 2-го подъемов.

Преимущества II схемы по сравнению с I и III заключаются в следующем: насосы 1-го подъема обычно работают равномерно, благодаря чему

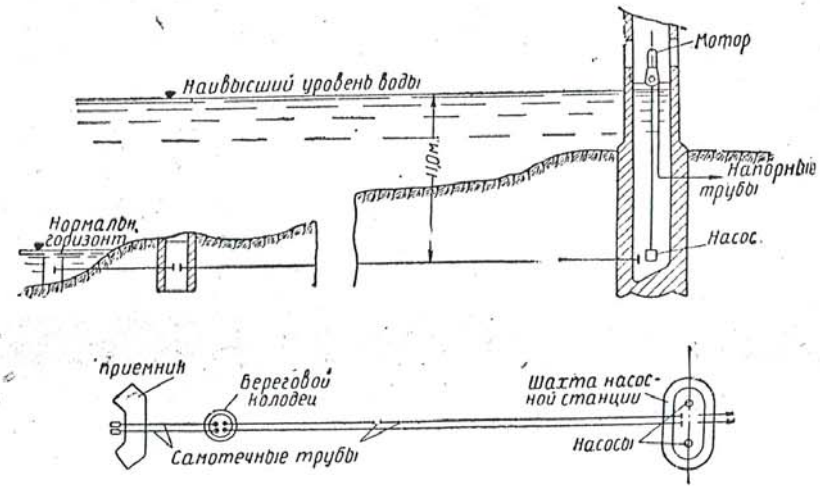


Рис. 388. Схема водопроводных сооружений из источника с большими колебаниями уровня воды.

уменьшаются размеры диаметра напорного водовода; сборные резервуары располагаются вблизи разводящей сети, благодаря чему достигается лучшая обеспеченность населенного пункта в воде.

К недостаткам II схемы относятся: сооружение двух насосных станций вместо одной, как в III схеме; необходимость излишней перекачки воды для промывки фильтров, излишние эксплоатационные расходы на

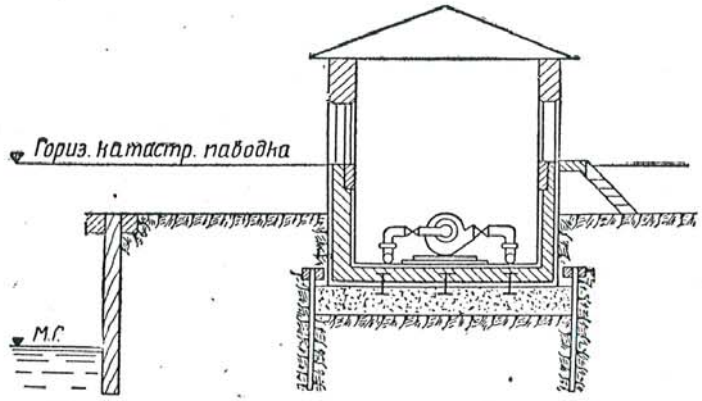


Рис. 389. Схема насосной станции, затапливаемой паводковыми водами.

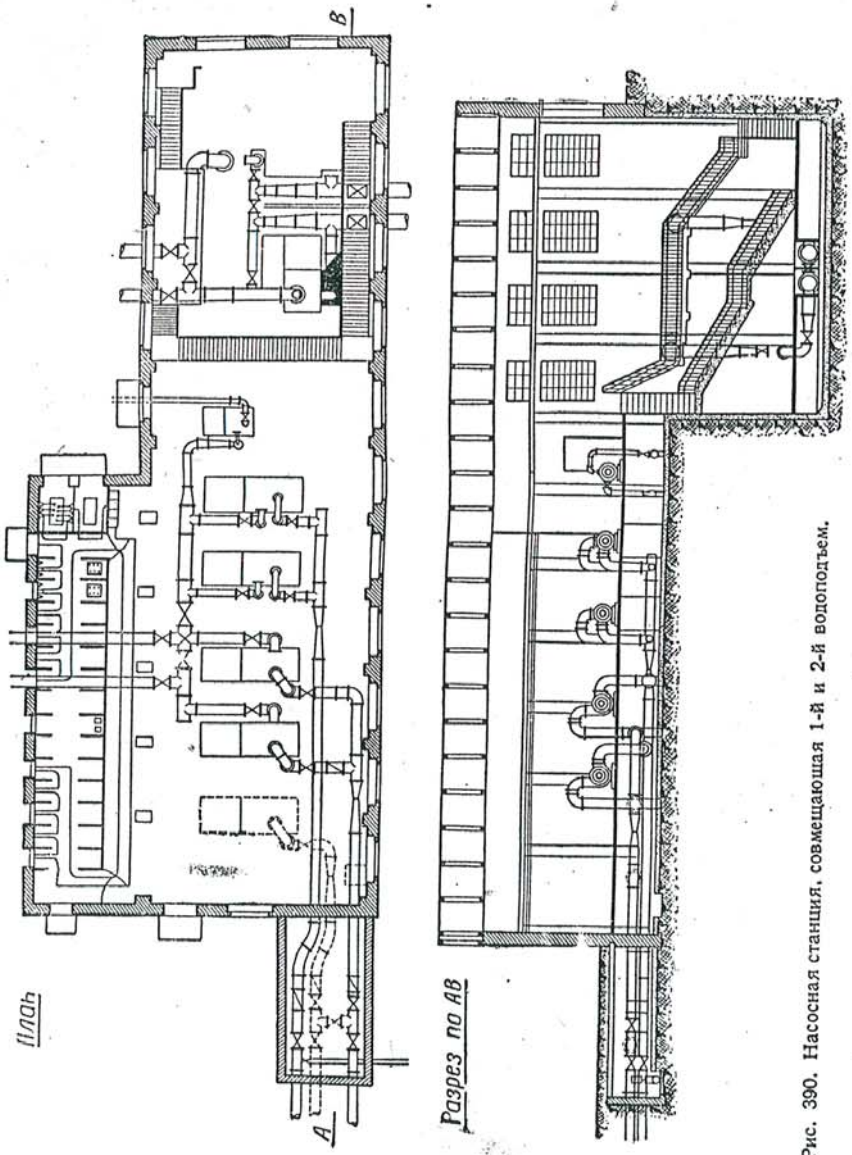


Рис. 390. Насосная станция, совмещающая 1-й и 2-й водоподъем.

персонал двух насосных станций. Окончательное решение выбора схемы получается после сопоставлений технико-экономических показателей различных схем.

Рис. 388 изображает насосную станцию с большим колебанием горизонта источника водоснабжения.

Рис. 389 показывает расположение насосной станции при условии заливания ее паводковыми водами в особо катастрофические годы (в обычное время насосная станция паводком не затопляется).

Выбор производительности и числа насосных агрегатов производится в зависимости главным образом от величины расходов воды и степени неравномерности водоподачи; при этом предусматривается добавление резервных агрегатов и последующее расширение станции. Насосы рекомендуется устанавливать однотипные, учитывая их преимущества в эксплоатации.

При наличии регулирующих резервуаров в широких пределах используется возможность изменения продолжительности работы насосов в течение суток.

При расположении насосов и напорных трубопроводов внутри насосной станции следует обратить особое внимание на возможность:

1) выделения любого насоса, задвижки и участка трубопровода без ослабления подачи воды;

2) подачи воды любым насосом в любой водовод или, по крайней мере, большой гибкости в этом отношении;

3) быстрого оперирования задвижками, особенно в случае аварии;

4) свободного доступа для осмотра и ремонта задвижек и соединительных частей.

Должны быть также обеспечены надежные и дублированные соединения для водоснабжения самой насосной станции.

Отступление от этих правил возможно лишь в том случае, когда остановка станции не вызовет особых последствий при водоснабжении благодаря наличию резервуаров, башен и пр.

При проектировке должно быть обращено особое внимание на расположение внутри здания стационарных труб, соединений, постановку водомеров, обратных клапанов, задвижек.

На рис. 390 показана насосная станция двух подъемов согласно III схеме.

ГЛАВА XI
НАСОСЫ

В гидротехнических мелиорациях (включая и с.-х. водоснабжение) применяются самые разнообразные конструкции водоподъемников; из них наибольшее распространение имеют центробежные насосы, а в области грунтового водоснабжения — также и поршневые.

А. ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ НАСОСЫ

§ 52. Устройство и принцип действия центробежных насосов

1. На рис. 391 и 392 показаны схемы установок с горизонтальными центробежными насосами. Основное различие схем заключается в расположении нагнетательных труб и их опорах. В схеме I (рис. 391) нагнетательные трубы передают свое весовое давление непосредственно на на-

сос; в схеме II (рис. 392) нагнетательные трубы имеют свои бетонные опоры, устраняющие передачу веса на насос, что имеет большие преимущества, в особенности в крупных установках. Установка по схеме I применяется при относительно небольшой высоте напора, при необходимости экономии средств на постройку помещения и фундаментов. Вообще же, как правило, нагнетательный трубопровод должен иметь свои опоры.

2. Центробежный насос состоит из следующих основных частей: 1) рабочего колеса, насаженного на вал, вращаемый двигателем, и 2) кор-

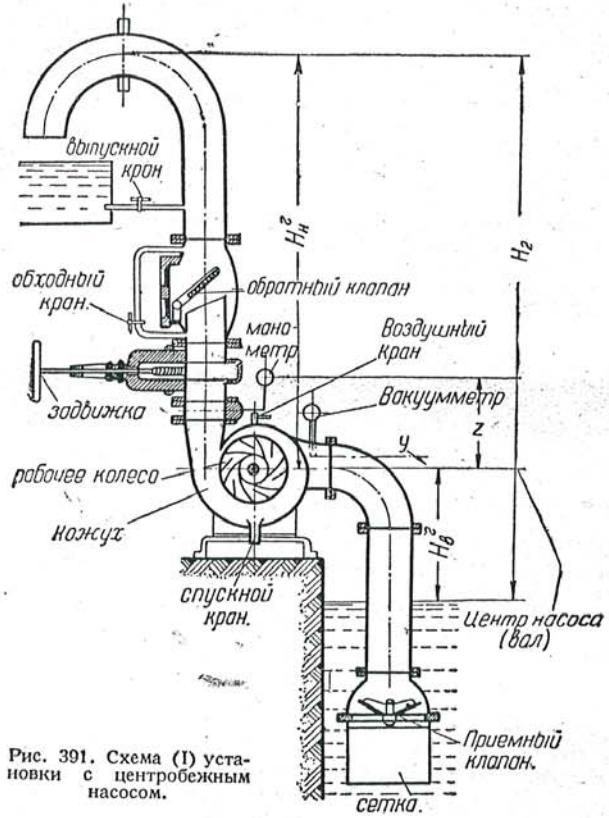


Рис. 391. Схема (I) установки с центробежным насосом.

пуса или кожуха (в виде улитки или спирали), в который заключено рабочее колесо.

Рабочее колесо состоит из двух дисков и расположенных между ними лопаток, так что диски и лопатки образуют каналы, по которым во время работы движется вода. Один диск делается в виде сплошного круга со втулкой, насаживаемой на вал насоса, другой — в виде кольца со свободным пространством в центре для входа воды. Лопатки и диски представляют собой большей частью одно целое литье, обычно из чугуна или бронзы.

3. Вода вступает в колесо в направлении его оси и затем поворачивает в направлении радиуса (радиальные насосы). Для создания плав-

ного движения воды диски на поворотах выполняются с соответственными закруглениями. Корпус насоса со стороны входа воды имеет всасывающий патрубок, со стороны выхода — нагнетательный. Всасывающий

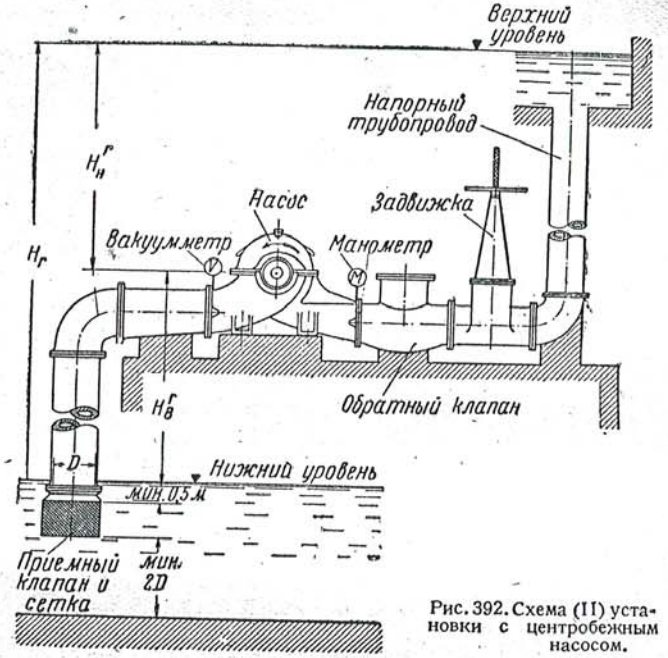


Рис. 392. Схема (II) установки с центробежным насосом.

патрубок одним концом примыкает (с небольшим зазором) к центральной части рабочего колеса, образуя с ней общий канал; другим концом он плотно соединяется при помощи фланцев и болтов со всасывающей трубой, идущей от водоисточника. Нагнетательный патрубок служит для соединения насоса с нагнетательной трубой; если он делается коническим, то выполняет роль диффузора, служащего для преобразования кинетической энергии воды в давление.

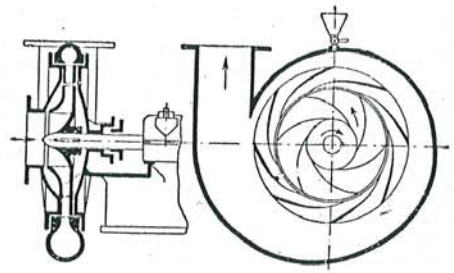


Рис. 393. Одноколесный центробежный насос с направляющим аппаратом.

В одних насосах вода поступает из всех каналов рабочего колеса непосредственно в кожух (улитку, спираль), в других она сначала попадает в каналы направляющего аппарата (рис. 393), назначение которого — создать плавный переход воды из рабочего колеса в камеру насоса. Лопатки направляющего аппарата делаются обычно неподвижными; в последнее время стали изготовлять большие насосы и с подвижными

(поворотными) лопатками, применяемыми главным образом в насосах для питания гидравлических аккумуляторов.

Кроме того, делаются и безлопаточные направляющие аппараты; такой направляющий аппарат носит название кольцевого диффузора.

4. Центробежный насос может начать работу только в том случае, когда он и всасывающая труба заполнены водой. При быстром вращении рабочего колеса насоса находящаяся в его каналах вода приобретает центробежную силу; под действием этой силы вода приходит в движение от центра колеса к его периферии. В результате такого движения воды: 1) в центре колеса образуется вакуум (разрежение), вызывающий приток сюда воды из всасывающей трубы под действием атмосферного давления на воду в источнике, 2) на периферии колеса выходящая из него с большою скоростью вода замедляет течение при переходе в кожух, что, как это следует из уравнения Бернулли, ведет к преобразованию кинетической энергии движения воды в энергию давления; тому же способствуют направляющий аппарат и диффузор, если они имеются.

§ 53. Коэфициент полезного действия (к. п. д.) центробежного насоса

Общий коэфициент полезного действия насоса:

$$\eta_н = \frac{N_п}{N_в}; \quad N_п = \frac{\gamma Q H}{75} \text{ л. с.} = \frac{\gamma Q H}{102} \text{ квт},$$

где $N_п$ — полезная мощность насоса в поднятой воде;
$N_в$ — мощность на валу насоса в лошадиных силах или киловаттах;
γ — 1 000 кг — вес 1 м³ воды;
Q — секундный расход насоса в кубических метрах;
H — полный (манометрический) напор насоса (в метрах).

$$\eta_н = \eta_{об} \cdot \eta_м \cdot \eta_г;$$

Произведение $\eta_г \cdot \eta_{об}$ составляет так называемый индикаторный коэфициент полезного действия насоса (η_i):

$$\eta_i = \eta_г \cdot \eta_{об};$$

$\eta_{об}$ — объемный коэфициент полезного действия насоса, учитывающий щелевые потери и циркуляцию воды вокруг кольцевого диска рабочего колеса;

$\eta_м$ — механический коэфициент полезного действия, учитывающий потери энергии, вызываемые главным образом трением дисков рабочего колеса о воду, находящуюся между колесом и корпусом насоса (дисковые потери), а также потери от трения в подшипниках, сальниках и в разгрузочных устройствах;

$\eta_г$ — гидравлический к. п. д., учитывающий потери энергии на трение и местные сопротивления при движении жидкости в рабочем колесе, в направляющем аппарате, в спирали и в диффузоре.

Объемный к. п. д. ($\eta_{об}$) равен:

$$\eta_{об} = \frac{Q}{Q + Q_щ};$$

где Q — замеренный расход насоса непосредственно за напорным патрубком в кубических метрах в секунду;
$Q_щ$ — утечка через уплотнения и через разгрузочный диск, если он имеется, в кубических метрах в секунду.

Величина щелевых потерь зависит: от величины зазора, формы применяемых уплотнений между колесом и корпусом насоса и от разности давлений на сторонах уплотнений. Наибольшая величина утечки в современных насосах малого размера и высокого напора допускается не свыше 5%.

Механический коэфициент полезного действия ($\eta_м$) равен:

$$\eta_м = \frac{N_в - N_м}{N_в};$$

где $N_в$ — мощность на валу насоса;
$N_м$ — мощность, потерянная на механическое трение.

Величина дисковых потерь на одно колесо выражается зависимостью:

$$N_д = An^3 D_2^5,$$

где $N_д$ — мощность в лошадиных силах, затраченная на дисковое трение;
A — постоянная, зависящая от коэфициента трения;
n — число оборотов в минуту;
D_2 — внешний диаметр рабочего колеса в метрах.

Из формулы видно, что уменьшение диаметра за счет увеличения числа оборотов снижает дисковые потери.

Гидравлический коэфициент полезного действия $\eta_г$ равен:

$$\eta_г = \frac{H_t - h_г}{H_t};$$

где H_t — теоретический напор в метрах при конечном числе лопаток;
$h_г$ — напор в метрах, теряемый на сопротивления при движении жидкости от входа в насос до выхода из него.

Уменьшению гидравлических потерь способствует плавность движения воды на поворотах, медленное изменение скоростей течения внутри насоса и меньшая шероховатость стенок каналов.

Из сказанного о коэфициенте полезного действия центробежного насоса следует, что для повышения $\eta_н$ необходимо повышать его составляющие: $\eta_{об}$, $\eta_м$, $\eta_г$.

§ 54. Высота напора центробежного насоса

Если вода нагнетается под уровень, то вертикальное расстояние между нижним и верхним уровнями ($H_г$) называется геодезической (или геометрической) высотой подъема (рис. 392).

Если вода имеет свободный излив, то геодезической высотой подъема ($H_г$) будет называться вертикальное расстояние от нижнего уровня до центра сечения трубы на излив (рис. 391).

Геодезическая высота подъема в центре насоса делится на геодезическую высоту нагнетания ($H_н^г$) и геодезическую высоту всасывания ($H_в^г$) (рис. 391 и 392):

$$H_г = H_н^г + H_в^г$$

($H_в^г$ может быть отрицательной величиной, если центр насоса находится ниже уровня в источнике).

Полной высотой напора насоса (H)* называется сумма геодезической высоты ($H_г$) и потери напора (h_w) во всасывающей и нагнетательной трубах:

$$H = H_г + h_w;$$

или

$$H = (H_в^г + h_s) + (H_н^г + h_d);$$

где h_s — потеря напора во всасывающей трубе.

h_d — потеря напора в нагнетательной трубе.

Сумма $H_в^г + h_s = h_{vac}$ называется вакуумметрической высотой всасывания.

Сумма $H_н^г + h_d = h_{man}$ называется манометрической высотой нагнетания.

Так как при измерении H по манометру и вакуумметру величины h_{vac} и h_{man} должны относиться к центру насоса, а показания этих приборов в действительности соответствуют: в манометре (заполнен водой) — центру манометра, в вакуумметре (не заполнен водой) — концу его трубки в воде, то в показания манометра и вакуумметра вносятся поправки, обозначенные на рис. 391 буквами z и y.

Кроме того, в измерения по манометру и вакуумметру вносятся поправки на величину скоростных напоров в местах соединения трубок приборов с трубами насоса.

При скорости течения воды в трубе у места присоединения манометра v_1 и скорости течения воды у вакуумметра v_2 поправки соответственно будут равны:

$$\left(+\frac{v_1^2}{2g}\right) \text{ и } \left(-\frac{v_2^2}{2g}\right).$$

Обозначив показание манометра в метрах водяного столба через $H_{ман}$ и показание вакуумметра — через $H_{вак}$, получим:

$$H = H_{ман} + H_{вак} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} \pm z \mp y.$$

Знак (+) или (—) при z и y берется в зависимости от того, выше или ниже центра насоса находятся центр манометра и конец трубки вакуумметра. По рис. 391 полная высота напора насоса будет равна:

$$H = H_{ман} + H_{вак} + \frac{v_1^2 - v_2^2}{2g} + z - y.$$

Для предварительных расчетов при проектировании полная высота напора определяется по формуле $H = H_г + h_w$, при этом потери напора (h_w) определяются по общим правилам гидравлики (см. «Гидравлический справочник» акад. Павловского, изд. 1937 г., и «Справочник по гидротехнике и мелиорации», т. I, стр. 299—308).

* Часто эта высота (H) называется манометрической высотой напора.

§ 55. Основное уравнение работы центробежного насоса

Основное теоретическое уравнение работы центробежного насоса имеет вид:

$$H_{t\infty} = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2 - u_1 c_1 \cos \alpha_1}{g},$$

где $H_{t\infty}$ — теоретическая высота напора, создаваемая рабочим колесом насоса при бесконечном числе лопаток;

g — ускорение силы тяжести (9,81 м/сек.²), остальные обозначения — по рисунку 394;

u_2 — окружная скорость вращения колеса по внешнему диаметру;

c_2 — абсолютная скорость выхода воды из колеса;

α_2 — угол между c_2 и u_2;

u_1, c_1, d_1 — аналогичные обозначения, относящиеся ко входу воды в колесо.

Уравнение упрощается, если учесть, что обычно (при отсутствии направляющего аппарата перед входом) вода вступает в колесо почти по направлению радиуса и, следовательно, скорости c_1 и u_1 составляют между собою угол $\alpha_1 \cong 90°$, при котором $\cos \alpha_1 = 0$. Тогда окончательная форма теоретического уравнения работы насоса будет:

$$H_{t\infty} = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g}.$$

Это уравнение служит исходным в расчетах центробежных насосов.

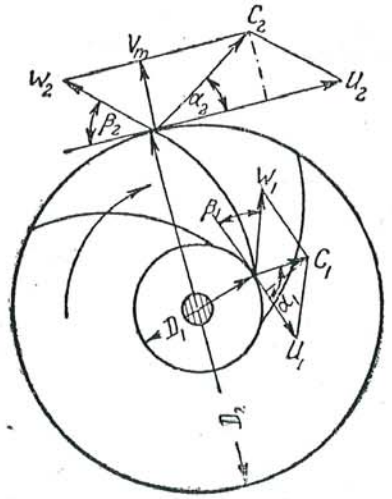


Рис. 394. Диаграмма скоростей движения воды в рабочем колесе.

Для перехода от теоретического уравнения работы насоса к уравнению, характеризующему его действительную работу, в теоретическое уравнение вводятся поправки: 1) на конечное число лопаток и 2) на гидравлические сопротивления в насосе. При конечном числе лопаток сказывается влияние циркуляции жидкости, выражающееся в некотором смещении направления скоростей в выходном параллелограмме, в результате чего поправка в теоретическом уравнении выразится коэфициентом смещения (циркуляции):

$$\lambda = \frac{c_2' \cos \alpha_2'}{c_2 \cos \alpha_2}.$$

Насосно-турбинный завод № 3 им. М. И. Калинина для определения λ рекомендует формулу:

$$\lambda = 0{,}61\,(z - 3)^{0{,}18},$$

где z — число рабочих лопаток колеса.

Гидравлические потери в насосе (на удар и на трение) учитываются гидравлическим коэфициентом полезного действия ($\eta_г$):

$$\eta_г = \frac{H}{H_t} = \frac{H_t - h_г}{H_t};$$

где H — действительный напор насоса;
H_t — теоретический напор насоса при конечном числе лопаток;
$h_г$ — гидравлические потери в насосе (в рабочем колесе, направляющем аппарате, спирали).

Гидравлический к. п. д. ($\eta_г$) обычно определяется опытным путем; при предварительных расчетах возможно применение формулы Рючи:

$$\eta_г = \frac{\eta_{г\infty}}{1 + \frac{0{,}25}{\sqrt{Q}}},$$

где $\eta_{г\infty}$ — гидравлический к. п. д. при бесконечном числе лопаток; для насосов без направляющего аппарата $\eta_{г\infty} = 0{,}945$, для насосов с направляющим аппаратом $\eta_{г\infty} = 0{,}905$;
Q — расход насоса в литрах в секунду.

С учетом коэфициентов λ и $\eta_г$ получим действительное основное уравнение работы насоса

$$H = \eta_г \cdot \lambda \cdot \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g};$$

по умножении и делении на $2u_2$ можно написать:

$$H = \eta_г \lambda \frac{2c_2 \cos \alpha_2}{u_2} \cdot \frac{u_2^2}{2g},$$

или, обозначив $\eta_г \lambda \frac{2c_2 \cos \alpha_2}{u_2}$ через R, будем иметь для одноступенчатого насоса:

$$H = R \frac{u_2^2}{2g};$$

где R — коэфициент напора.

По Пфлейдереру, при предварительных расчетах для радиальных насосов нормальных размеров обычной конструкции можно принять (в метрической системе):
для насосов без направляющего аппарата $R = 0{,}7 \div 1{,}0$,
для насосов с направляющим аппаратом $R = 0{,}93 \div 1{,}1$.

Ту же формулу для определения напора (H) можно представить, на основании равенства $u_2 = \frac{\pi D_2 n}{60}$, так:

$$H = \delta n^2 D_2^2,$$

где коэфициент δ, по Пфлейдереру, будет равен:
для насосов без направляющего аппарата $\delta = 0{,}0001 \div 0{,}00014$;
для насосов с направляющим аппаратом $\delta = 0{,}00013 \div 0{,}00015$;
D_2 — внешний диаметр;
n — число оборотов в минуту.

§ 56. Рабочая характеристика центробежного насоса

1. Рабочей характеристикой центробежного насоса называется графическое изображение зависимости (при постоянном числе оборотов) между производительностью (Q), напором (H), мощностью (N) и коэфициентом полезного действия (η). Основной рабочей характеристикой называется зависимость между Q и H (обозначается: «$Q - H$»).

Теоретическое уравнение основной рабочей характеристики может быть получено из основного теоретического уравнения работы насоса:

$$H_{t\infty} = \frac{u_2 c_2 \cos \alpha_2}{g};$$

Подставляя в это уравнение вместо $c_2 \cos \alpha_2$ его значение из выходного параллелограмма скоростей (рис. 394):

$$c_2 \cos \alpha_2 = u_2 - v_m \operatorname{ctg} \beta_2;$$

и заменяя

$$v_m = \frac{Q}{\pi D_2 b_2}; \quad u_2 = \frac{\pi D_2 n}{60};$$

после преобразования получим:

$$H_{t\infty} = \frac{\pi^2 D_2^2}{3\,600\,g} n^2 - \frac{\operatorname{ctg} \beta_2}{60 g b_2} nQ,$$

где v_m — меридианальная (в плоскости чертежа — радиальная) скорость течения воды в колесе;
b_2 — ширина колеса на выходе (расстояние между дисками).

Остальные обозначения прежние.

Полученное уравнение является теоретическим уравнением основной характеристики насоса при переменном числе оборотов (n); его можно представить в общем виде, заменив постоянные величины значениями A и B:

$$H_{t\infty} = An^2 - BnQ.$$

Уравнение при постоянном числе оборотов ($n = \text{const.}$) получим заменив:

$$An^2 = A_1; \quad Bn = B_1.$$

Тогда:

$$H_{t\infty} = A_1 - B_1 Q.$$

Это теоретическое уравнение основной рабочей характеристики ($Q - H_{t\infty}$) при $n = \text{const.}$ представляет собою прямую линию, направление которой в системе координат (Q, H) зависит от величины угла β_2. На рис. 395 изображены теоретические характеристики ($Q - H_{t\infty}$) при различных углах β_2.

Из теоретического уравнения видно, что напор насоса увеличивается с увеличением β_2; следовательно, конструкции насосов с радиальными ($\beta_2 = 90°$) лопатками и тем более с загнутыми вперед ($\beta_2 > 90°$) лопатками должны создавать больший напор (при одинаковом диаметре и числе оборотов), чем насосы с загнутыми назад ($\beta_2 < 90°$) лопатками. Но, как видно из выходного параллелограмма скоростей, с увеличением β_2 уменьшается α_2 и увеличивается (при том же u_2) скорость c_2, что ведет к увеличению гидравлических потерь и к снижению гидравлического к. п. д. Кроме того, колеса с загнутыми вперед лопат-

ками дают менее устойчивую характеристику ($Q-H$) и, как показывает опыт, меньший общий к. п. д. насоса.

Поэтому в настоящее время делаются (почти исключительно) центробежные насосы с загнутыми назад лопатками, с углами β_2 обычно от 15 до 36° (меньший угол β_2 соответствует насосам более быстроходным, больший угол β_2 — менее быстроходным).

2. Увеличения напора на одно колесо насоса можно достигнуть (вместо увеличения β_2) увеличением окружной скорости колеса (u_2) путем увеличения диаметра (D_2) или числа оборотов (n). Это следует из уравнений:

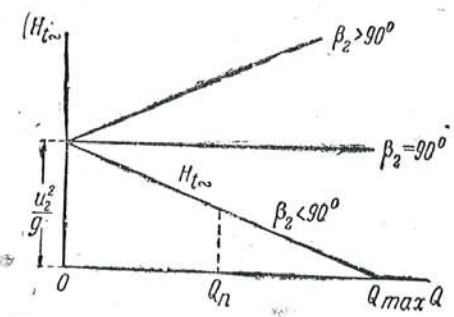


Рис. 395. Теоретические характеристики центробежных насосов с различными углами β_2.

$$H=\delta n^2 D_2^2 \text{ и } u_2=\frac{\pi D_2 n}{60};$$

которые показывают также, что

$$\frac{H}{H_1}=\frac{u_2^2}{u_{21}^2}=\frac{n^2}{n_1^2}=\frac{D_2^2}{D_{21}^2};$$

т. е. показывают пропорциональность напора: квадрату окружной скорости (u_2), квадрату числа оборотов (n) и квадрату диаметра (D_2).

Наибольшая допустимая окружная скорость колеса (u_2) зависит от материала, из которого сделано колесо.

Хорошего качества оловянистые бронзы при допускаемом напряжении на растяжение 600 кг/см² выдерживают окружную скорость u_2 до 80—85 м в секунду. Рабочее колесо, отлитое из чугуна, допускает предельную скорость u_2 до 35—40 м в секунду и потому применяется при меньших напорах, чем колесо из бронзы. В настоящее время входят в употребление сплавы из менее дефицитных металлов, а также более прочные и более устойчивые против коррозии, например, алюминиевая бронза, кремнистый чугун и др.

3. Действительная рабочая характеристика ($Q-H$) строится на основе теоретической характеристики ($Q-H_{t\infty}$), от высотных координат которой вычитаются потери напора на конечное число лопаток и на гидравлические сопротивления. На рис. 396 изображена схема построения действительной рабочей характеристики насоса (линия H_0MC) при постоянном числе оборотов и угле $\beta_2<90°$.

В гидравлических потерях ($h_z=h_f+h_s$) потери на удар обозначены на рис. 396 буквою h_s; точкою M обозначено место нормальной производительности насоса, соответствующей безударному течению жидкости. От величины h_s при малых Q (в левой части чертежа) зависит размер так называемой неустойчивой зоны, в пределах которой могут быть срывы в работе насоса. Это обстоятельство имеет важное значение как при выборе насоса, так и при назначении пределов регулирования его при переменном режиме.

Полная графическая характеристика насоса имеет, кроме кривой ($Q-H$), также соответствующие ей кривую мощности (N), кривую коэфициента полезного действия (η); в последнее время некоторые из наших заводов стали вводить еще кривую предельных высот всасывания и кривую ($Q-H$) для предельно обрезанных колес (уменьшенного диаметра).

Из-за невозможности достаточно точного определения (теоретическим путем) всех гидравлических сопротивлений в насосе рабочие характеристики для практического использования строятся по данным испытания насоса и обычно даются заводами, изготовляющими насосы (см. рис. 414—421).

4. Для удобства сравнения работы насоса при разном числе оборотов и для анализа работы насоса строится так называемая универсальная характеристика насоса.

Построение такой характеристики заключается в том, что по данной характеристике при некотором числе оборотов (n) определяются на той же диаграмме координаты точек другой характеристики при другом числе оборотов (n_1), затем — при числе оборотов n_2 и т. д. Соединение полученных точек (при новом числе оборотов) плавной линией дает новую кривую характеристики.

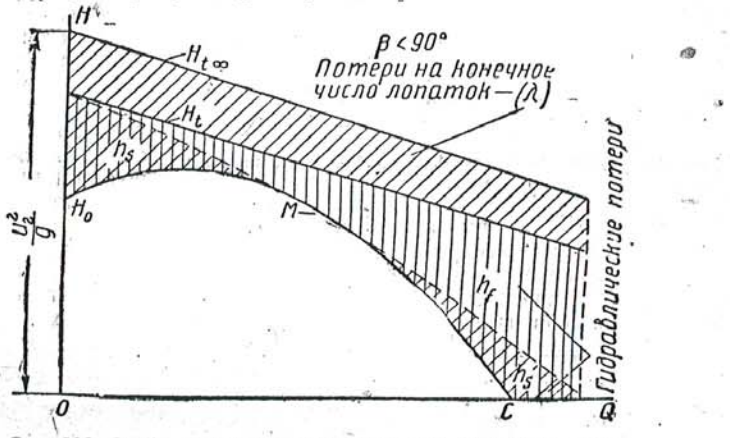


Рис. 396. Схема построения действительной рабочей характеристики центробежного насоса.

Определение координат точек каждой новой кривой ($Q-H$) производят, исходя из соотношений:

$$\frac{Q}{Q_1}=\frac{n}{n_1} \text{ и } \frac{H}{H_1}=\frac{n^2}{n_1^2};$$

дающих координаты точки:

$$Q_1=Q\frac{n_1}{n};\quad H_1=H\frac{n_1^2}{n^2};$$

Кривые мощности (N) на диаграмме универсальной характеристики строятся по координатам точек, вычисленным по формуле:

$$N_1=N\frac{n_1^3}{n^3};$$

которая вытекает из отношения:

$$\frac{N}{N_1}=\frac{QH}{Q_1H_1}=\frac{n^3}{n_1^3}.$$

§ 57. Многоколесные центробежные насосы

1. В простейших насосах вода поступает с одной стороны колеса (односторонний впуск). В таких насосах просочившаяся через зазоры в нерабочее пространство между колесом и корпусом насоса вода передает давление на диски колеса, действуя в одном направлении с равнодействующей по оси, направленной в сторону всасывания (вследствие главным образом разности площадей этих дисков). Осевой сдвиг колеса усложняет работу насоса, вызывая нагрев подшипников вала, истирание колеса и т. д. Против осевого сдвига (в особенности в насосах с большим напором) устраиваются разного рода приспособления, которые в основном сводятся: 1) к гидравлическим приспособлениям для уравновешения осевого давления (разгрузочные отверстия и т. п.) и 2) к упорам, принимающим на себя избыток давления (шариковая пята и др.).

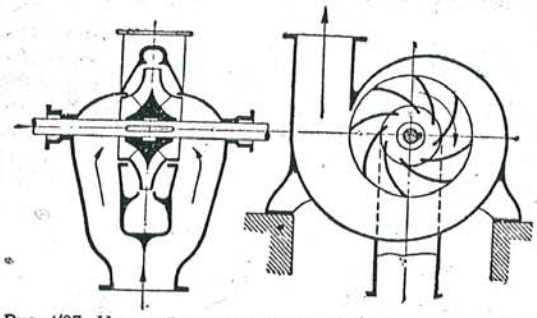


Рис. 397. Центробежный насос с двусторонним впуском воды.

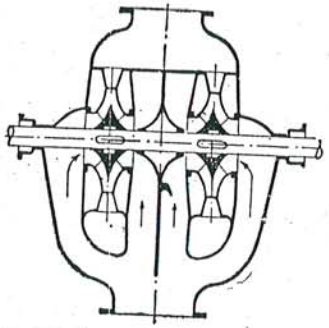


Рис. 398. Многоколесный центробежный насос с параллельным соединением колес.

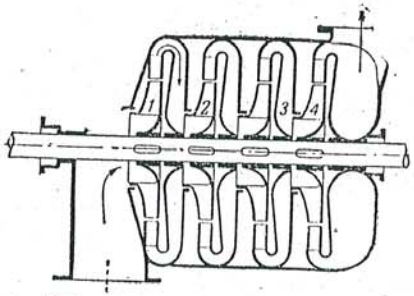


Рис. 399. Многоколесный центробежный насос с последовательным соединением колес.

2. Насосы с двусторонним впуском воды делаются в целях устранения главной причины осевого сдвига — неравенства противоположных давлений на диски и в целях увеличения производительности насоса (рис. 397). В рабочем колесе такого насоса лопатки и кольцевой диск со стороны всасывания располагаются симметрично по обе стороны от сплошного диска со втулкой, прикрепленной к валу; поэтому такое колесо является двойным по сравнению с обыкновенным колесом, и, следовательно, работа насоса с двусторонним впуском по расходу воды равна работе насоса с двумя колесами.

3. Для увеличения производительности делаются также насосы с несколькими двойными колесами (рис. 398). В таком насосе вода от общей всасывающей трубы до общей нагнетательной трубы проходит отдельными потоками через каждое одиночное колесо; при этом каждое такое колесо работает независимо, параллельно одно другому. Такие насосы называются многоколесными с параллельным соединением колес.

4. Многоколесные, или многоступенчатые, насосы с последовательным соединением колес делаются для увеличения напора (рис. 399).

В таком насосе общий поток воды проходит последовательно от одного колеса к другому так, что к напору, создаваемому одним колесом, прибавляется напор всех предыдущих колес. При равных диаметрах рабочих колес напор пропорционален числу колес (ступеней); величина напора каждого колеса и коэфициент полезного действия всего насоса принимаются равными напору и коэфициенту полезного действия такого же размера одноколесного насоса при одинаковом с ним числе (n) оборотов в минуту.

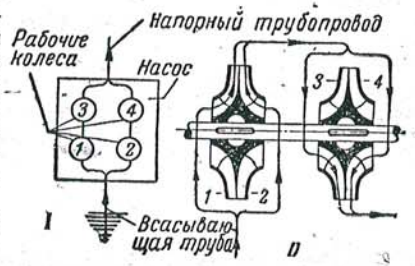


Рис. 400. Центробежный насос с параллельно-последовательным соединением колес.

По условиям главным образом прочности вала число колес в многоступенчатом насосе не делается больше 10—12, а при надобности иметь больший напор переходят к последовательному соединению нескольких насосов.

Для одновременного увеличения расхода и напора изготовляются насосы с параллельно-последовательным соединением колес по схеме, изображенной на рис. 400.

§ 58. Корпус насоса

Центробежные насосы делаются с разъемом корпуса вертикальным (нормально к оси) или горизонтальным (вдоль оси). Многоколесные насосы с вертикальным разъемом обычно состоят из отдельных (соответственно числу колес) секций, скрепляемых между собою болтами. Такой насос показан на рис. 401.

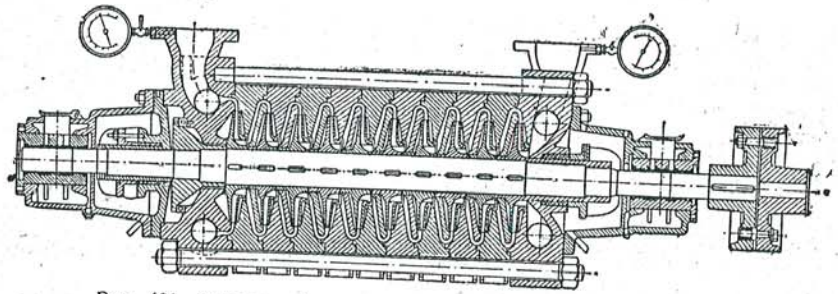


Рис. 401. Секционный центробежный насос (вертикальный разрез).

Насос с горизонтальным разъемом (двухколесный) показан на рис. 402.

Каждый из указанных типов насосов имеет свои преимущества. Секционный насос легче в разборке, лучше сопротивляется внутреннему давлению, допускает серийное изготовление секций, смену их и увеличение числа ступеней (при условии смены вала).

Насос с горизонтальным разъемом (иначе — кожуховый) доступнее для осмотра внутренних частей, допускает разборку с оставлением на месте кожуха и примыкающих к нему трубопроводов, не требуя дополнительной, по сравнению с секционным насосом, выверки всей установки.

В последнее время в Европе предпочитают изготовление секционных насосов, в США — кожуховых.

В многоступенчатых насосах вода от одного колеса к другому может направляться по переточным каналам, иногда располагаемым вне корпуса насоса.

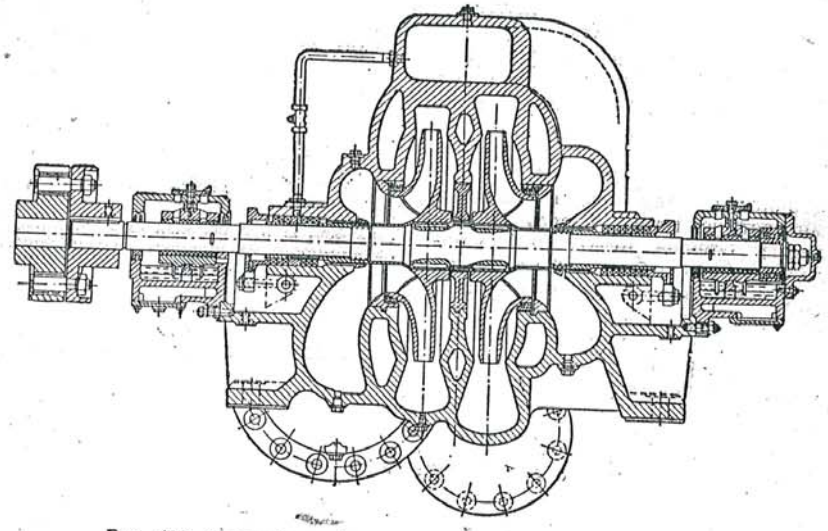


Рис. 402. Центробежный насос с горизонтальным разъемом.

§ 59. Основные отличительные особенности новейших конструкций центробежных насосов США

1. В целях уравновешения осевого давления предпочитают насосы: а) с двусторонним впуском воды в одноступенчатых насосах (в Америке это осуществляется для насосов диаметром свыше 100 мм), б) с парным взаимно противоположным расположением колес в многоступенчатых насосах.

2. Направляющие аппараты отсутствуют; устанавливается специальной формы спираль (volute).

3. Для уменьшения гидравлических потерь напора применяются:

а) камера плавной полуспиральной формы перед входом воды в рабочее колесо;

б) стенки рабочего колеса и корпуса насоса наиболее плавной формы и наиболее гладкие.

4. Уменьшают диаметр рабочих колес в целях уменьшения дисковых

потерь напора от трения их о воду при одновременном увеличении быстроходности насоса (последнее обстоятельство привело к уменьшению допустимой высоты всасывания).

5. Не ставят уплотняющих колец на внешней окружности рабочего колеса, оставляя вместо них зазор размером в среднем 3% от диаметра рабочего колеса.

6. Устраивают горизонтальный разъем корпуса насоса (вдоль вала).

Новейшие конструкции насосов дают значительные преимущества перед старыми в отношении повышения коэфициента полезного действия (до 0,92) и удобства в эксплоатации. Завод им. Калинина и ряд других заводов СССР перешли к освоению и серийному изготовлению насосов новых конструкций по образцу американских *.

§ 60. Быстроходность насосов

Работа насоса может характеризоваться его коэфициентом быстроходности n_s (удельное число оборотов). Коэфициентом быстроходности (n_s) данного насоса называется число оборотов геометрически подобного ему насоса, потребляющего мощность в 1 л. с. при напоре в 1 м:

$$n_s = 3{,}65\,\frac{n\sqrt{Q}}{\sqrt[4]{H^3}},$$

где n — число оборотов данного насоса в минуту,

Q — его расход в куб. метрах в секунду,

H — полный напор в метрах.

В случае многоступенчатого насоса по указанной формуле определяют n_s для одного колеса, принимая Q и H, относящиеся только к одному колесу.

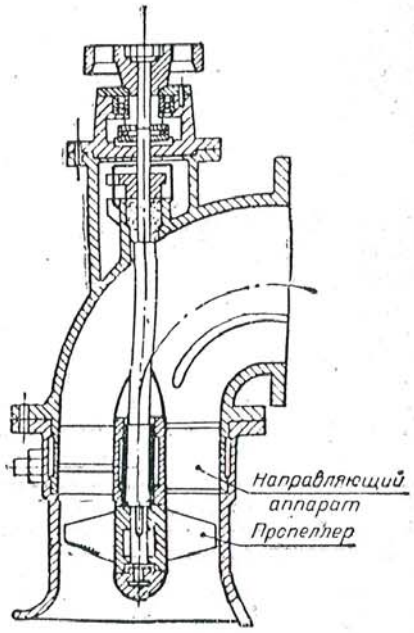


Рис. 403. Пропеллерный насос с вертикальным валом (продольный разрез).

Из формулы следует, что чем больше производительность и число оборотов и чем меньше напор, тем больше быстроходность насоса. С увеличением быстроходности колеса уменьшается отношение диаметров рабочего колеса внешнего к внутреннему $\frac{D_2}{D_1}$. Движение воды в колесе в соответствии с расположением и формой лопаток обычно имеет (при быстроходности для одного колеса):

при $n_s < 300$ — радиальное направление,

при $n_s =$ от 300 до 600 — диагональное и

при $n_s > 600$ — осевое направление.

Так как при $n_s > 300$ центробежная сила или совсем не участвует в сообщении кинетической энергии воде или участвует лишь частично,

* См. ниже § 70, и каталоги Главхиммаша 1938 и 1939 гг., также каталог 1939 г, завода № 3 им. М. И. Калинина.

то и насосы, характеризующиеся таким числом оборотов, уже не относятся к собственно центробежным.

Насосы с направлением течения воды в рабочем колесе вдоль оси называются осевыми или аксиальными; к ним принадлежат пропеллерные насосы.

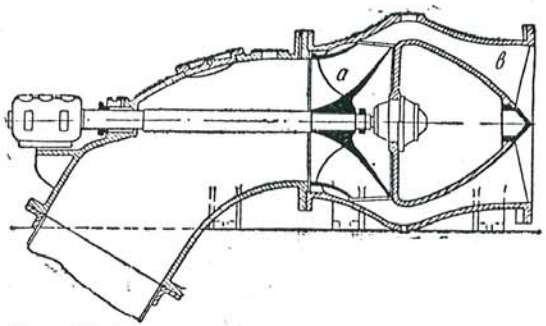


Рис. 404. Винтовой насос с горизонтальным валом.

Насосы с наклонным по отношению к оси направлением течения называются диагональными, полуосевыми или полуаксиальными; сюда относятся винтовые насосы.

Пропеллерный насос с вертикальным валом показан на рис. 403. Винтовой насос с горизонтальным валом показан на рис. 404, где буквою *а* обозначено рабочее колесо, *б* — направляющий аппарат.

Насосы центробежные, диагональные и осевые часто объединяются одним общим названием «вращательно-лопастных».

Классификация вращательно - лопастных насосов по быстроходности приведена на рис. 405, где через n_{s1} обозначен коэфициент быстроходности для одного колеса, на рисунке также показано увеличение ширины колеса (b_2) с увеличением n_s:

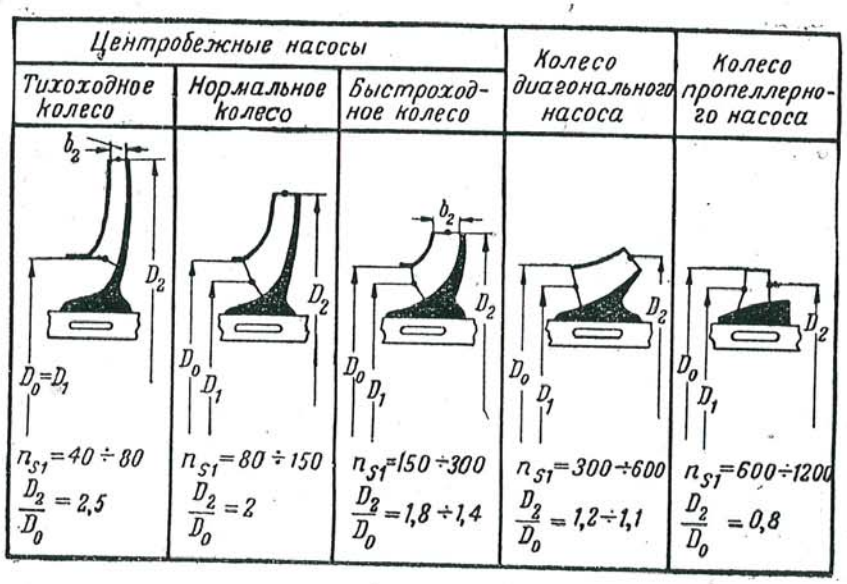


Рис. 405. Классификация насосов по быстроходности.

§ 61. Классификация вращательно-лопастных насосов

Общая классификация вращательно-лопастных насосов производится обычно по следующим признакам.

1. По конструктивным особенностям:

а) одноколесные и многоколесные (с параллельным соединением, последовательным соединением и комбинированные);

б) с направляющим аппаратом и без направляющего аппарата;

в) с горизонтальным валом и вертикальным валом.

2. По направлению струи в рабочем колесе:

а) центробежные (радиальные),

б) диагональные,

в) осевые.

3. По высоте напора.

Твердо установленного разграничения по этому признаку нет. Существующие варианты:

Высоконапорные	Средненапорные	Низконапорные
1. Напор $H > 50$ м	Напор $H = 15$—50 м	Напор $H < 15$—20 м
2. Многоступенчатые	Одноступенчатые с направляющим аппаратом	Одноступенчатые без направляющего аппарата
3. $n_s < 100$	$n_s =$ от 100 до 200	$n_s > 200$
4. Последовательное соединение колес	Параллельно-последовательное соединение колес	Параллельное соединение колес

В настоящее время входят в употребление названия насосов по их назначению. Низконапорный насос на большую производительность для ирригационных водоподъемных установок носит название «ирригационный насос». Насосы для питания мощных паровых котлов горячей водой на тепловых станциях называются «питательными» насосами. Насосы с паротурбинными приводами называются «турбонасосами». Насосы, устанавливаемые на гидростанциях совместно с турбинами для аккумулирования гидравлической энергии, называются «аккумулирующими». Насосы, устанавливаемые для поднятия воды из шахт, называются «шахтными», для подъема воды из артезианских скважин называются «артезианскими» насосами.

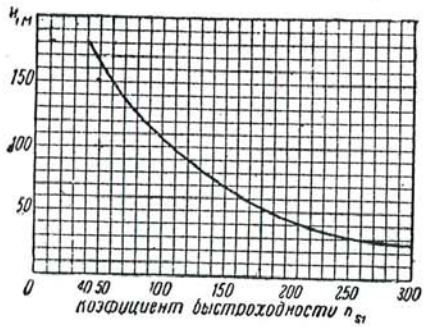


Рис. 406. Диаграмма для определения предельного напора на одну ступень центробежного насоса.

Выше приводится диаграмма для определения предельного напора на одну ступень центробежного насоса в зависимости от n_s (по И. И. Куколевскому) (рис. 406).

Улучшенные конструкции насосов и применение высококачественных материалов дают возможность повысить допустимые напоры против указанных в диаграмме.

§ 62. Диагональные и пропеллерные насосы

Диагональные и пропеллерные насосы предназначаются для перекачки больших количеств воды с малым напором; они имеют большое значение в ирригации и осушении при небольших подъемах воды. Благодаря большим проходным сечениям эти насосы пригодны для перемещения загрязненных жидкостей.

Коэфициент полезного действия винтовых и пропеллерных насосов доходит до 0,87.

В последнее время применение пропеллерных насосов сильно возрастает, в связи с чем заводы-изготовители стремятся к расширению для них пределов n_s; отдельные (не серийные) пропеллерные насосы имеют нижний предел n_s, близкий к 500, и верхний — около 2 000.

Пропеллерные насосы при одинаковых Q и H имеют преимущества перед центробежными и частично перед диагональными насосами в отношении: большей компактности установки и простоты конструкции, меньшей затраты металла, меньшей строительной стоимости, возможности регулирования насосного агрегата при наличии поворотных лопаток в рабочем колесе, большей быстроходности, позволяющей применять двигатели с наибольшим коэфициентом полезного действия.

Обычные вертикальные пропеллерные насосы требуют заглубления рабочего колеса под уровень перекачиваемой жидкости; поэтому в предварительной заливке перед пуском они не нуждаются. Для пропеллерных насосов с горизонтальным валом необходим специальный вакуум-насос, создающий разрежение во всасывающей трубе перед пуском насоса в работу (см. § 63).

§ 63. Приспособления для заливки центробежных насосов

1. Для пуска в действие центробежного насоса необходимо, чтобы он вместе со всасывающей трубой предварительно был заполнен водой.

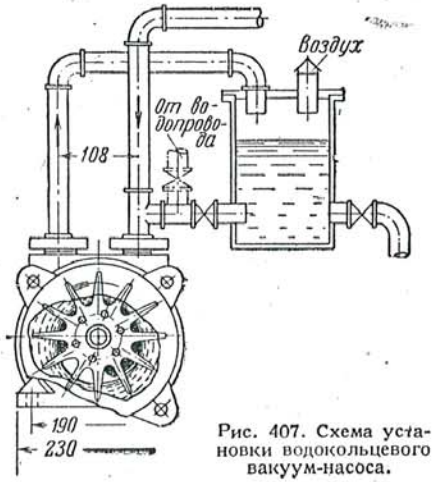


Рис. 407. Схема установки водокольцевого вакуум-насоса.

Пуск насоса обычно производится при закрытой задвижке на напорной трубе. Насос сначала заливают, а затем дают ему полное число оборотов, после чего постепенно открывают задвижку. При заливке насоса вытекание из него воды предотвращается приемным клапаном во всасывающей трубе; этот клапан по существу является обратным клапаном. Во время работы насоса приемный клапан находится в приподнятом положении.

Наличие приемного клапана во всасывающей трубе вызывает дополнительные потери напора, величина которых зависит от скорости течения воды, от конструкции и размеров клапана.

В крупных насосных станциях, в особенности при большом числе агрегатов, вместо приемных клапанов целесообразно применять вакуум-насосы.

2. В настоящее время наибольшее распространение получают водокольцевые вакуум-насосы «Эльмо» (рис. 407). Такой насос состоит (в основном) из цилиндрического корпуса и эксцентрично расположенных в нем вала и крыльчатого колеса.

Свободное пространство в цилиндре частично заполнено водой, которая при вращении колеса прижимается центробежной силой к стенкам цилиндра, образуя концентрическое (по отношению к ним) водяное кольцо.

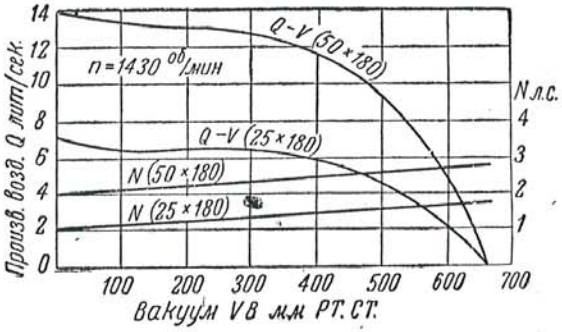


Рис. 408. Характеристика вакуум-насоса «Эльмо».

Объем воздуха, занимающего остальное пространство в цилиндре между водою и колесом, благодаря эксцентричности колеса при вращении то расширяется, то уменьшается почти до нуля. То место цилиндра, где происходит расширение воздуха, соединяется со всасывающей трубой, место же, где происходит сжатие воздуха, снабжается отверстием для выбрасывания его наружу. Таким образом производится выкачивание воздуха из всасывающей трубы насоса.

Насосом «Эльмо» можно достигнуть высокого вакуума — до 98%. Он может служить и в качестве водяного всасывающе-нагнетательного насоса.

Насос «Эльмо» обычно монтируется на одном валу с электромотором, но иногда приводится в движение и с помощью ременной передачи.

Водокольцевые вакуум-насосы изготовляются:

1) на заводе им. Фрунзе — марка РМК для потребных мощностей от 1,5 до 70 квт (по каталогу Главхиммаша 1938 г.);

2) на заводе «Красный факел» — марка ЭВН. На рис. 408 приведена графическая характеристика вакуум-насоса «Эльмо» двух размеров:

1) ЭВН-8, размер ротора — 50×180 мм,

2) ЭВН-4, размер ротора — 25×180 мм.

§ 64. Вертикальные центробежные насосы для шахтных колодцев

Эти насосы бывают двух типов — стационарные и подвесные.

а) Стационарные насосы монтируются в железной раме, в которой проходит вал, направляемый подшипниками, расположенными на расстоянии 1,5—2 м один от другого по всей высоте рамы. Размеры шахты должны быть таковы, чтобы насос был доступен для осмотра и мелкого ремонта без подъема его на поверхность (рис. 409).

б) Подвесные центробежные насосы монтируются вместе с мотором в висячей железной раме, могущей передвигаться вниз и вверх в зависимости от уровня воды в шахте. Преимущество насоса — в отсутствии длинного вала, соединяющего мотор с насосом. Такие насосы изготовляются

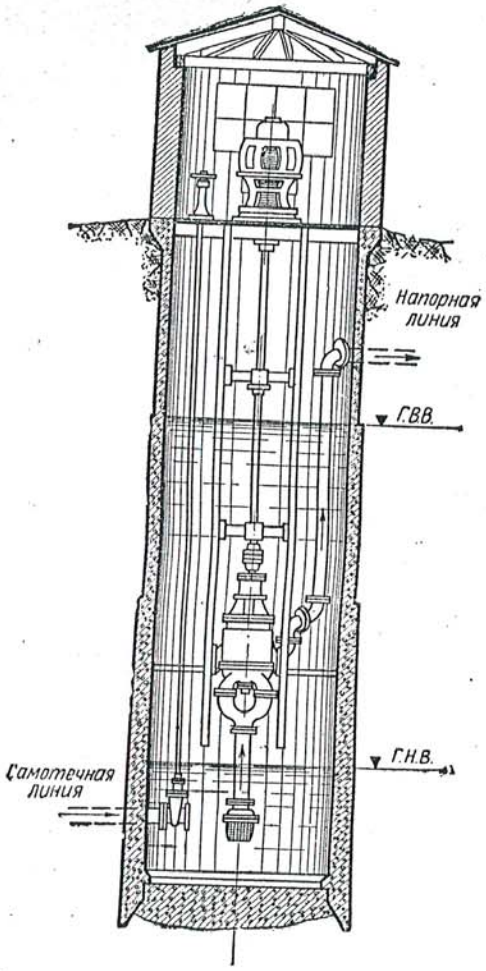


Рис. 409. Схема установки шахтного центробежного насоса.



Рис. 410. Подвесной центробежный насос.

в СССР для производительностей от 25 до 100 м³ в час и для напоров от 100 до 420 м при 2 950 оборотах в минуту (рис. 410).

§ 65. Вертикальные насосы для буровых скважин: центробежные (радиальные), диагональные и пропеллерные

1. Основные характеристики этих насосов определяются приведенной на стр. 797 таблицей проф. Сурина, из которой следует, что радиальные насосы требуют скважин большего диаметра, чем полуаксиальные и аксиальные. Последние являются поэтому наиболее приспособленными для работы в узких скважинах, приблизительно 100 мм диаметром.

Тип насоса	Конструкция	Отношение $\frac{D_{нас}}{D_2}$
Радиальный	Нормальный	1,8
Радиальный	Сжатый снаружи	1,5
Полуаксиальный	Нормальный	1,3
Аксиальный	Нормальный	1,1

$D_{нас}$ — внешний диаметр насоса.

D_2 — внешний диаметр рабочего колеса.

Глубоководные конструкции представляют собой многоступенчатые насосы с приводом от электромотора, расположенного у поверхности земли. Их отличительные особенности заключаются обычно в конструкции подшипников и системе смазки. На некоторых американских заводах вал насоса делается из нержавеющей стали, подшипники резиновые, смазка от воды. При неизбежности колебаний и небольших перекосов длинного вала эластичные резиновые подшипники имеют большие преимущества перед металлическими.

Схема установки вертикального двухступенчатого насоса с диагональными колесами показана на рис. 411.

2. Вертикальный подводный электронасос, погружаемый вместе с мотором в воду, изготовляется за границей, где существует много различных конструкций этого насоса для буровых скважин; различны и размеры насоса отдельных марок.

Механизм насоса сложный, но насос удобен, компактен; работа его не зависит от колебаний уровня воды в скважине; главное его преимущество — отсутствие длинного вертикального вала. Недостатки: трудность обеспечения полной герметичности корпуса мотора и надежной изоляции кабеля.

Многоступенчатые подводные насосы Сименса изготовляются диаметром от 240 до 370 мм для обсадных труб диаметром от 275 до 400 мм; имеют производительность до 50 л/сек. при высоте подъема до 200 м.

Одноступенчатые подводные электронасосы («Reda») изготовляются диаметром от 210 до 320 мм, производительностью от 1,6 до 40 л/сек.; мощность мотора — от 1,1 до 7,4 квт; высота подъема — до 50 м, число оборотов — 2 900 в минуту.

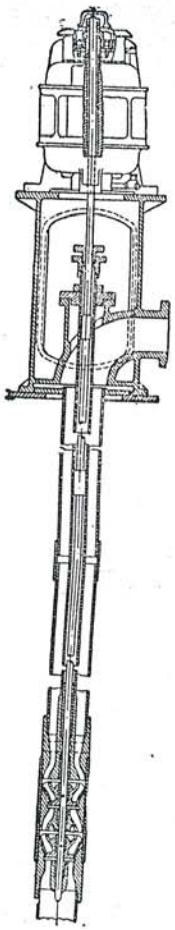


Рис. 411. Схема установки в буровой скважине вертикального двухступенчатого насоса с диагональными колесами.

§ 66. Высота всасывания центробежных насосов

Максимально допустимая высота всасывания насоса при колесах обычной быстроходности (n_s =от 50 до 200), как правило, не должна превы-

шать 5 м; для быстроходных насосов высоту всасывания (h_s) можно ориентировочно определить по формуле:

$$h_s = H_a - \sigma H,$$

где H_a — высота водяного столба в метрах, соответствующая давлению атмосферы;

h_s — высота всасывания в метрах, включая потери напора;

σ — кавитационный коэфициент, наибольшая величина которого берется из следующей таблицы:

а) Значение σ для радиальных центробежных насосов

$n_s =$	80	100	200	300
$\sigma =$	0,04	0,08	0,10	0,17

б) Значение σ для диагональных насосов

$n_s =$	350	400	460	520
$\sigma =$	0,2	0,28	0,38	0,5

в) Значение σ для пропеллерных насосов

$n_s =$	580	640	700	760	820	880	930	1 000	1 100
$\sigma =$	0,25	0,33	0,45	0,6	0,73	0,86	1,00	1,13	1,41

Действительная величина h_s не должна превышать вычисленную по формуле во избежание появления кавитации.

В СССР предельная высота всасывания (h_s) центробежных насосов часто определяется по формуле инж. С. С. Руднева:

$$h_s = H_a - h_n - \frac{n\sqrt[3]{nQ^2}}{867},$$

где h_s — предельная высота всасывания в метрах;

H_a — барометрическое давление в данном месте в метрах водяного столба;

h_n — давление водяных паров (в метрах водяного столба) при наибольшей температуре перекачиваемой жидкости *;

n — число оборотов насоса в минуту;

Q — расход воды в кубических метрах в секунду.

Для эксплоатационных условий полученное предельное значение h_s следует уменьшать приблизительно на 25 — 30%.

Для пропеллерных насосов окончательная величина h_s определяется заводами-изготовителями насосов.

* Можно принять:

для температуры воды	20°	давление	$h_n = 0{,}20$ м
» »	30°	»	$h_n = 0{,}35$ »
» »	40°	»	$h_n = 0{,}70$ »
» »	50°	»	$h_n = 1{,}20$ »
» »	60°	»	$h_n = 2{,}0$ »

§ 67. Ориентировочное определение основных размеров рабочего колеса центробежного насоса

Для предварительных определений размеров рабочего колеса в крупных насосных установках (при отсутствии стандартных насосов, изготовляемых промышленностью) проектировщик может пользоваться следующими формулами:

скорость входа воды на колесо:

$$v_1 = k_{v_1}\sqrt{2gH};$$

окружная скорость на внешней окружности:

$$u_2 = k_{u_2}\sqrt{2gH};$$

при ϕ — коэфициенте стеснения входа воды на колесо, расход определяется из формулы:

$$(\text{от } 1{,}02 \text{ до } 1{,}05)\, Q = \frac{\pi D_1^2}{4} \cdot s\,\phi\, k_{v_1}\sqrt{2gH},$$

где значение s для насоса с односторонним входом воды на колесо равно 1, а при двустороннем s равно 2; при заданном n_s из формулы можно определить D_1; так как $\frac{D_2}{D_1} = f(n_s)$, то далее можно определить D_2, а следовательно, и $n_s = \frac{60u_2}{\pi D_2}$. Значения k_{v_1} и k_{u_2} можно брать из таблицы:

Таблица значений k_{v_1} и k_{u_2}

n_s	k_{v_1}	k_{u_2}	$\frac{D_2}{D_1}$	n_s	k_{v_1}	k_{u_2}	$\frac{D_2}{D_1}$
100	0,10	1,01	2,2	400	0,36	1,13	1,2
150	0,14	1,015	1,8	450	0,40	1,16	1,1
200	0,18	1,03	1,65	500	0,43	1,21	1,05
250	0,22	1,05	1,5	550	0,46	1,26	1,0
300	0,30	1,06	1,37	600	0,48	1,34	0,9
350	0,33	1,09	1,3	700	0,55	1,58	0,8
				800	0,60	2,07	0,7

§ 68. Определение условий работы центробежных насосов

Для анализа работы центробежных насосов при различной производительности и напоре, отличающихся от нормальных условий работы, необходимо иметь опытные характеристики насосов или их моделей:

а) кривые $H = f(Q)$,

б) кривые $N = f(Q)$,

в) кривые $\eta = f(Q)$ при нормальном числе оборотов.

Для определения возможной производительности насоса необходимо построить кривую, называемую характеристикой трубопровода.

$$H = H_г + kQ^2,$$

где $H_г$ — геодезическая высота подъема;

k — величина, характеризующая гидравлическое сопротивление трубопровода при полном открытии задвижки.

Пересечение характеристики трубопровода с характеристикой насоса дает рабочую точку.

При изменении числа оборотов для построения новых характеристических кривых можно пользоваться законом динамического подобия:

$$\frac{n_1}{n}=\frac{Q_1}{Q}=\sqrt{\frac{H_1}{H}}=\sqrt[3]{\frac{N_1}{N}};$$

При пользовании законом динамического подобия необходимо иметь в виду, что с изменением n одновременно изменяются и Q, H, N.

Метод перерасчета по закону подобия может не дать достаточных гарантий точности в следующих случаях:

а) когда число оборотов при испытании значительно отличается от расчетного (в 1,5—2 раза);

б) при работе насоса в условиях, близких к его максимальной производительности и во всех случаях, где имеется опасность кавитации (на границе допускаемой высоты всасывания).

§ 69. Параллельная работа насосов

По экономическим соображениям насосы приходится часто включать в один напорный трубопровод.

Такая работа насосов называется параллельной.

На рис. 412 показана характеристика совместной работы двух одинаковых насосов.

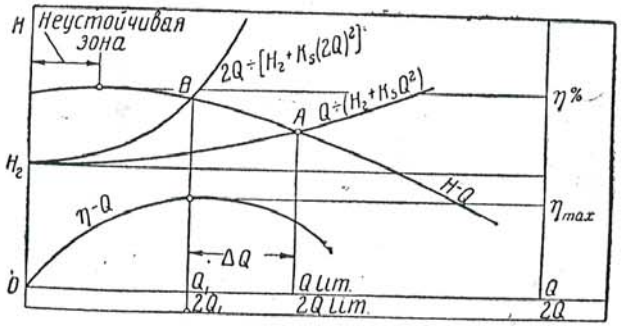
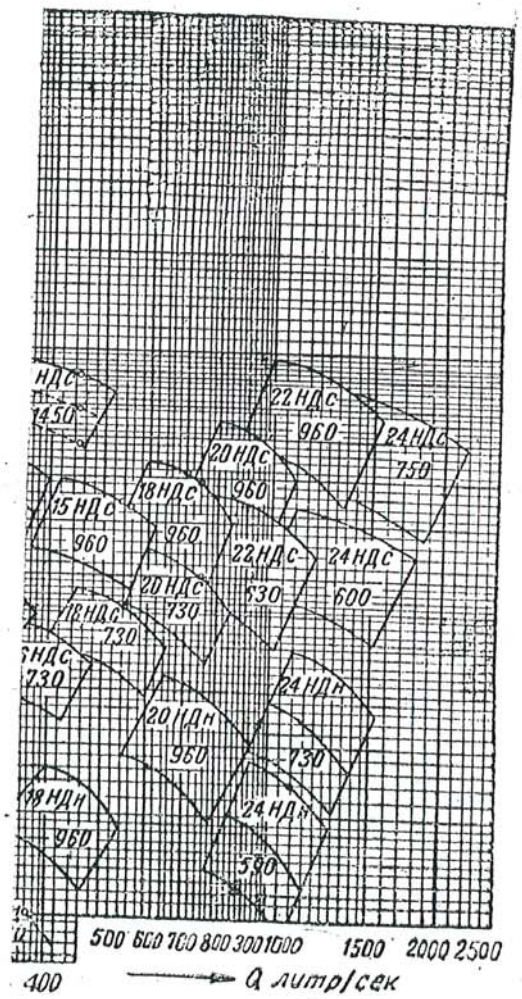


Рис. 412. Характеристика параллельной работы двух насосов.

Пересечение кривой сопротивления трубопровода $Q=f(H_г+K_sQ^2)$ с кривой $Q=f(H)$ дает рабочую точку A, соответствующую расходу Q; при параллельной работе кривая сопротивления трубопровода $Q=f[H_г+K_s(2Q)^2]$ с кривой $Q=f(H)$ дает точку пересечения B, соответствующую расходу Q_1 и, следовательно, 2 насоса дадут $2Q_1$. Если бы два насоса работали каждый на отдельный трубопровод, то расход составлял бы $2Q$. Уменьшение подачи воды при параллельной работе составляет:

$$\Delta Q=2Q-2Q_1.$$



насосов новых

На графике рамками ограничены поля покрытия каждым насосом производительности (Q) и напора (H) в нормальных условиях работы. В каждой рамке верхняя надпись означает марку насоса, нижняя —

где $H_г$
k
трубоп
Пер
соса да
При
ческих

При
в виду,
Мет
рантий
а) к
расчетн
б) п
водител
границе

По э
в один
Така
На р
ковых н

Перес
с кривой
при па
$Q=f[H_г$
ствующи
два насо
ставлял
ставляет:

$$\Delta Q=2Q-2Q_1.$$

Очень важно для экономичной работы, чтобы каждый насос работал при максимальном коэфициенте полезного действия, для чего необходимо, чтобы η_{max} лежал на одной вертикали с Q_1.

Примечание. Не при всяком виде кривой возможна параллельная работа насосов; например если диапазон неустойчивой зоны велик, может случиться, что каждый из насосов будет работать при Q, соответствующем расходу неустойчивой зоны; тогда параллельная работа невозможна.

При различных характеристиках $Q=f(H)$ двух центробежных насосов, работающих на общий напорный трубопровод, можно построить кривую $Q=f(H)$ совместной работы двух насосов; абсциссы этой кривой определяют сумму расходов двух насосов, а ординаты — их общий напор.

Кривая $Q=f(H)$ для двух насосов пересекается с кривой сопротивления трубопровода $Q=f(H_г+K_sQ^2)$ в точке A; подача каждого насоса будет: первого Q_1 и второго Q_2.

Насосы должны быть подобраны так, чтобы их кривые $\eta=f(Q)$ имели максимум соответствующих Q_1 и Q_2.

Примечание. Аналогично можно определить и условия работы 3 насосов на общий напорный трубопровод.

§ 70. Сведения для выбора центробежных и пропеллерных насосов

1. Центробежные насосы

Правильный выбор центробежного насоса непосредственно по имеющимся в каталоге таблицам, содержащим, как обычно, точки характеристик лишь при работе насоса с максимальным коэфициентом полезного действия, затруднителен или совсем невозможен; во-первых, потребный расход или напор могут оказаться в значительном интервале между табличными цифрами; во-вторых, работа насоса часто происходит в переменных условиях напора или расхода, и тогда без дополнительных сведений о насосах будут неизвестны результаты этой работы в отношении зависимых друг от друга элементов: напора, расхода, затрачиваемой мощности, коэфициента полезного действия и высоты всасывания.

Правильный выбор насоса требует, чтобы его применение отвечало требуемым условиям работы, не выходя за пределы свойственного данному насосу нормального режима при достаточно высоком коэфициенте полезного действия.

Нельзя, например, для основной работы ориентироваться при выборе насоса на применение задвижки, учитывая, что это снижает коэфициент полезного действия установки; нельзя рассчитывать на увеличение напора путем увеличения числа оборотов без учета снижения при этом допустимой высоты всасывания и т. д.

Весьма ценными при выборе насосов являются графические характеристики; необходимо также знание конструктивных особенностей насосов и вообще знание свойств насоса, вытекающих из теории его работы.

На рис. 413 приведен сводный график характеристик центробежных насосов новых конструкций, к серийному изготовлению которых с 1939 г. перешли наши заводы.

На графике рамками ограничены поля покрытия каждым насосом производительности (Q) и напора (H) в нормальных условиях работы. В каждой рамке верхняя надпись означает марку насоса, нижняя —



Фиг. 413. Сводный график характеристик центробежных насосов новых конструкций

На графике рамками отмечены

нормальное число оборотов колеса в минуту, соответствующее предназначенному для него типу электродвигателя.

Марка насоса включает в себя условные обозначения некоторых данных о насосе: передняя цифра показывает диаметр напорного патрубка в дюймах, задняя цифра — число колес (ступеней) в насосе; буква *Д* означает двустороннее всасывание; буква *К* — консольный насос (рабочее колесо расположено консолью на конце вала); индексы *н*, *с*, *в*, *у* соответственно значат: низконапорный (по быстроходности), средненапорный, высоконапорный и увеличенный.

Пример. В рамке помечено:

$$\frac{2^1/_2\,НМКу \times 2}{2\,950}.$$

Это значит, что насос 2½-дюймовый (по нагнетательному патрубку), консольный, увеличенного напора, двухколесный, с числом оборотов 2 950 в минуту.

Пользуясь таким графиком, можно наметить к выбору насосы, подходящие (в первом приближении) к требуемым условиям работы. Дальнейшее уточнение выбора можно получить, сравнивая характеристики насосов.

На рис. 414—421 приведены графические характеристики насосов новых конструкций с напором до 100 м из числа изготовляемых насосо-турбинным заводом № 3 им. М. И. Калинина.

№ рисунка	Марка насоса	Диаметр нормального колеса, мм	№ рисунка	Марка насоса	Диаметр нормального колеса, мм
414	3 НК	210	418	16 НДн	410
415	2½ НК	178	419	24 НДн	615
416	5 НК	255	420	5 НДв	350
417	8 НДв	525	421	6 НДс	242

При пользовании графическими характеристиками следует иметь в виду:

1. На рисунках сплошные кривые линии относятся к основной характеристике насоса, пунктирные — к тому же насосу с предельно обрезанным колесом.

2. Рекомендуемые условия применения насоса ограничены на кривых (*Q*—*H*) волнистыми линиями.

3. Допустимая высота всасывания показана двумя линиями, из которых нижняя $Q - H_{вс}^{пг}$ соответствует обозначению h_s в формулах § 66 и является расчетной. Допустимая высота всасывания от обрезки колес не изменяется.

4. Путем обрезки колес, производимой на заводе, для каждого насоса можно получить несколько характеристик между сплошной и пунктирной линиями (*Q*—*H*); обрезка может понадобиться, когда паспортная характеристика насоса не совпадает ни с одной из кривых (*Q*—*H*), изображенных на рисунке.

Для построения новой характеристики надо нанести на ту же диаграмму точку с паспортным значением (*Q*, *H*) и через нее провести кривую, параллельную ближайшей сплошной или пунктирной линии. Остальные кривые новой характеристики (*Q*—η, *Q*—*N*) строятся по интерполяции между имеющимися на диаграмме соответствующими кривыми.

5. При изменении числа оборотов новая характеристика (*Q*—*H*) тоже расположится параллельно изображенной (*Q*—*H*), проведенной че-

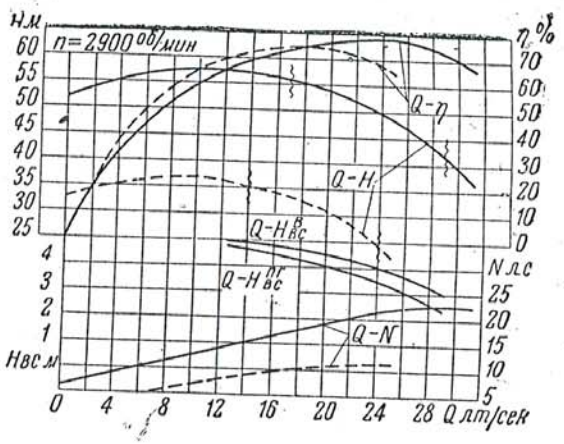


Рис. 414. Характеристика насоса 3НК.

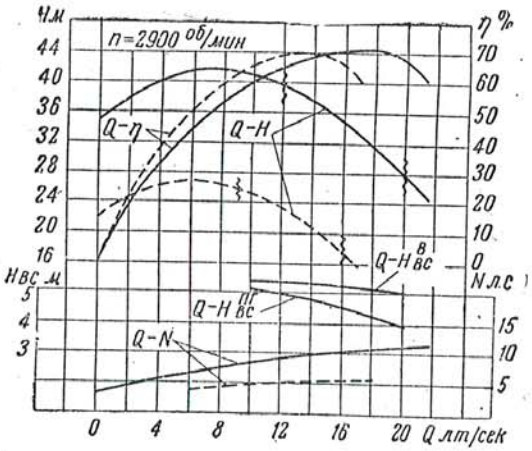


Рис. 415. Характеристика насоса 2½ НК.

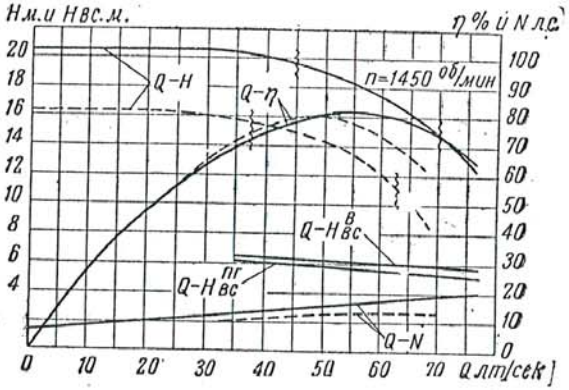


Рис. 416. Характеристика насоса 5НК.

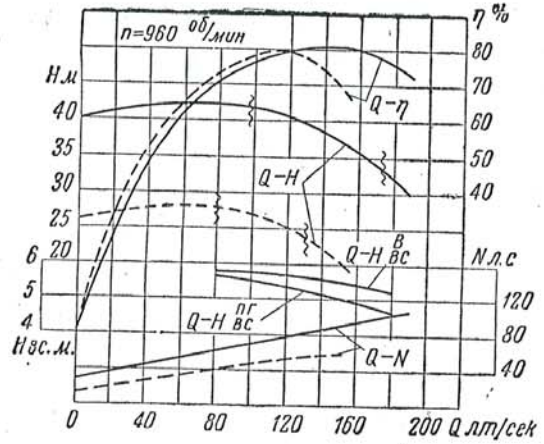


Рис. 417. Характеристика насоса 8НДв.

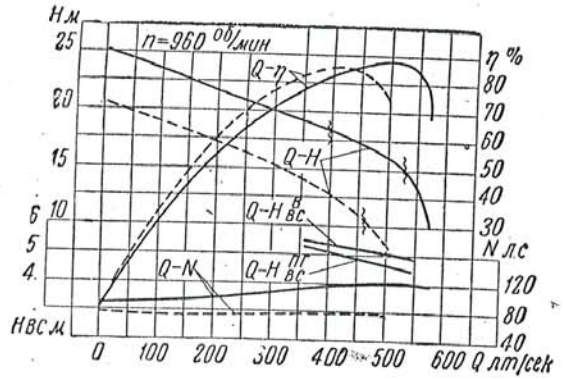


Рис. 418. Характеристика насоса 16НДн.

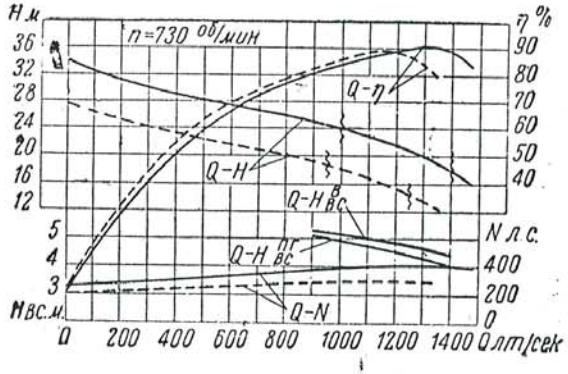


Рис. 419. Характеристика насоса 24НДн.

рез точку (Q, H) требуемого напора, а новое число оборотов при этом определяется из соотношения $\frac{H}{H_1} = \frac{n^2}{n_1^2}$:

6. Следует обращать внимание на относительную крутизну характеристики (Q—H) в пределах применимых напоров и расходов. Эта крутизна может быть выражена отношением:

$$к_{кр} = \frac{H_1 - H_2}{H_2},$$

где H_1 — наибольший из применимых напоров;

H_2 — наименьший из применимых напоров.

Крутая характеристика выгоднее, когда изменяется напор при желательности сохранения неизменным расхода; например, падение горизонта воды в источнике слабее уменьшает производительность при крутой характеристике.

Пологая характеристика выгоднее, когда при постоянном напоре расход регулируется задвижкой.

7. Насосы, относящиеся к приведенным на рисунках характеристикам, делаются с горизонтальным валом и горизонтальным разъемом корпуса; соединение с электромотором на одном валу; для мощностей, примерно, до 300 л. с. заводом может быть осуществлена ременная передача при помощи отдельного контрпривода.

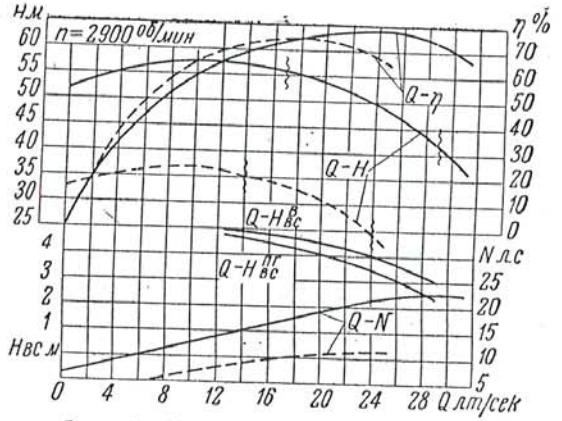


Рис. 420. Характеристика насоса 5НДв.

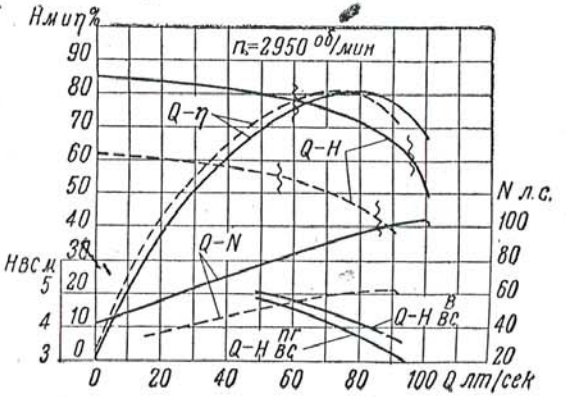


Рис. 421. Характеристика насоса 6НДс.

2. Пропеллерные насосы

Пропеллерные насосы изготовляются серийно на заводе «Брец».

Ниже приводится таблица с техническими данными об изготовляемых на этом заводе вертикальных пропеллерных насосах (по сведениям 1940 г.).

Технические данные насосов \ Пропеллерные насосы	Марки насосов			
	ВП-50	ВП-60	ВП-70	ВП-90
Производительность Q (в литрах в секунду)	600	940	2 000	3 500
Манометрический напор H (в метрах)	5,7	6	8	9,7
Число оборотов (n) в минуту	730	730	730	600
Диаметр рабочего колеса и нагнетательного патрубка (в миллиметрах)	500	600	700	900
Мощность электромотора (в киловаттах)	50	80	240	450

§ 71. Технические условия на поставку центробежных насосов

В технические условия на поставку насосов должны входить следующие пункты:

1. Общая характеристика насоса:

а) производительность насоса Q в кубических метрах в час;

б) полный (манометрический) напор, включая всасывание и потери, в метрах водяного столба;

в) наибольшая допускаемая высота всасывания, измеренная по вакуумметру у всасывающего патрубка насоса в метрах водяного столба или соответствующая высота подпора в тех же единицах;

г) мощность на валу насоса в лошадиных силах;

д) рабочая характеристика насоса;

е) гарантированный коэфициент полезного действия насоса (необходимо оговорить также метод определения коэфициента полезного действия при сдаточных испытаниях).

2. Конструктивные данные насоса:

а) тип насоса;

б) диаметры всасывающего и напорного патрубков;

в) тип подшипников и способ смазки;

г) способ уравновешивания осевого давления;

д) прочие наиболее важные конструктивные особенности данного типа насоса.

3. Способ привода насоса:

а) род двигателя;

б) мощность и число оборотов двигателя;

в) способ соединения насоса с двигателем: при ременной передаче — размеры шкивов двигателя, при зубчатой передаче — тип редуктора.

4. Материалы, из которых сделан насос:

а) род материала, из которого изготовляются основные детали насоса (корпус, рабочее колесо, направляющие аппараты, вал);

б) пробное гидравлическое давление корпуса насоса.

Примечание 1. В случае жидкости, разъедающей обычный чугун или бронзу, должны быть оговорены специальные материалы, имеющие достаточную сопротивляемость разъеданию.

Примечание 2. В случае, если по типу насоса материалы подвергаются значительным напряжениям, близко подходящим к предельно допускаемым (например, насосы с большим числом оборотов — свыше 3 000—4 000 в минуту), могут быть оговорены марки стали для вала, а также временное сопротивление и относительное удлинение для бронзы.

5. Свойства жидкости, перекачиваемой насосом:

а) температура;

б) удельный вес, если он заметно отличается от единицы;

в) количество взвешенных наносов в воде;

г) химический состав воды.

6. Условия гарантии работы насоса:

а) плавность работы насоса при отсутствии резких ударов и вибраций;

б) допускаемый нагрев подшипников;

в) пропуск воды через сальник;

г) степень допустимости износа частей при эксплоатации;

д) способ регулирования насоса, особенно в тех специальных случаях, когда насос снабжен автоматическим регулятором скорости и давления;

е) способ испытания и сдачи насоса.

Б. ПОРШНЕВЫЕ НАСОСЫ

§ 72. Классификация поршневых насосов

I. По форме поршня насосы делятся на:

1) поршневые с дисковым поршнем; они могут быть с проходным поршнем и с непроходным,

2) плунжерные (скальчатые).

II. По числу всасываний и нагнетаний, производимых одним поршнем в цилиндре за один двойной (вперед и обратно) ход поршня:

1) насосы одиночного (простого) действия, 2) насосы двойного действия, 3) насосы диференциальные.

III. По числу одновременно работающих в насосе цилиндров:

1) одноцилиндровые («симплекс»), 2) двухцилиндровые («дуплекс»), 3) трехцилиндровые («триплекс»).

IV. По направлению движения поршня:

1) горизонтальные, 2) вертикальные.

V. По числу двойных ходов поршня в минуту:

1) тихоходные (40÷60 оборотов в минуту), 2) нормальные (60÷100 оборотов в минуту), 3) быстроходные (100÷300 оборотов в минуту).

VI. По способу передачи силы от двигателя к насосу:

1) приводные, 2) прямодействующие.

§ 73. Производительность поршневых насосов

При предварительных расчетах принимается:

коэфициент полезного действия нового поршневого насоса в зависимости от качества изготовления равным 0,7÷0,9;

коэфициент наполнения новых, хороших конструкций насосов средних размеров равным 0,9—0,95.

Производительность поршневых насосов определяется по формулам:

1) для насоса одиночного (простого) действия и насоса диференциального:

$$Q = \alpha \cdot F \cdot S \cdot \frac{n}{60} \cdot i;$$

2) для насоса двойного действия и насоса с двумя поршнями:

$$Q = \alpha\,(2F - f)\,S \cdot \frac{n}{60} \cdot i,$$

где Q — объем воды, подаваемый в одну секунду;
α — коэфициент наполнения, или объемный коэфициент полезного действия насоса; в зависимости от качества насоса α=от 0,85 до 0,99;
F — площадь сечения поршня (или плунжера);
S — длина хода поршня;
n — число двойных (вперед и обратно) ходов поршня;
f — площадь поперечного сечения штока поршня (или плунжера);
i — число одновременно работающих цилиндров в насосе.

§ 74. Высота всасывания и высота нагнетания поршневых насосов

Высота нагнетания поршневых насосов зависит исключительно от их прочности.

Насосы с дисковыми поршнями применяются для напоров примерно до 60 м, плунжерные — обычно для напоров свыше 60 м.

Высота всасывания зависит главным образом от температуры воды и от числа ходов поршня в минуту. Следующая таблица показывает эту зависимость.

Высота всасывания в метрах в зависимости от числа ходов поршня и температуры воды

Число оборотов в минуту \ Температура в градусах Цельсия	0	20	30	40	50	60
50	7,0	6,5	6,0	5,5	4,0	2,5
60	6,5	6,0	5,5	5,0	3,5	2,0
90	5,5	5,0	4,5	4,0	2,5	1,0
120	4,5	4,0	3,5	3,0	1,5	0,5
150	3,5	3,0	2,5	2,0	0,5	0
180	2,5	2,0	1,5	1,0	0	0

Примечание. Увеличением равномерности движения воды и уменьшением сопротивлений в клапанах в специальных конструкциях доводят высоту всасывания для быстроходных насосов до 5—6 м при температуре воды до 20° Ц.

Число оборотов поршня в минуту, во избежание кавитации, не должно превышать некоторой предельной величины. Наибольшее допустимое число оборотов можно определить по формуле:

$$n_{max} = 30 \sqrt{\frac{F_s}{F} \cdot \frac{A - A_t - H_s - h'}{l_s r\left(1 + \frac{r}{l}\right)}},$$

где F_s — площадь сечения всасывающей трубы в квадратных метрах;
F — площадь сечения поршня или плунжера в квадратных метрах;
A — атмосферное давление, выраженное высотой водяного столба, в метрах;
H_s — геометрическая высота всасывания в метрах;
h' — суммарные потери напора по длине трубы, во всасывающем клапане и др. в метрах;

A_t — упругость паров при температуре $t°$ в метрах водяного столба;
l_s — длина всасывающей трубы от всасывающего воздушного колпака до всасывающего клапана или длина всей всасывающей трубы при отсутствии всасывающего колпака (в метрах);
r — радиус кривошипа (равняется половине длины хода поршня) в метрах;
l — длина шатуна в метрах $\left(\text{обычно } \frac{r}{l} \leqslant 1/5\right)$.

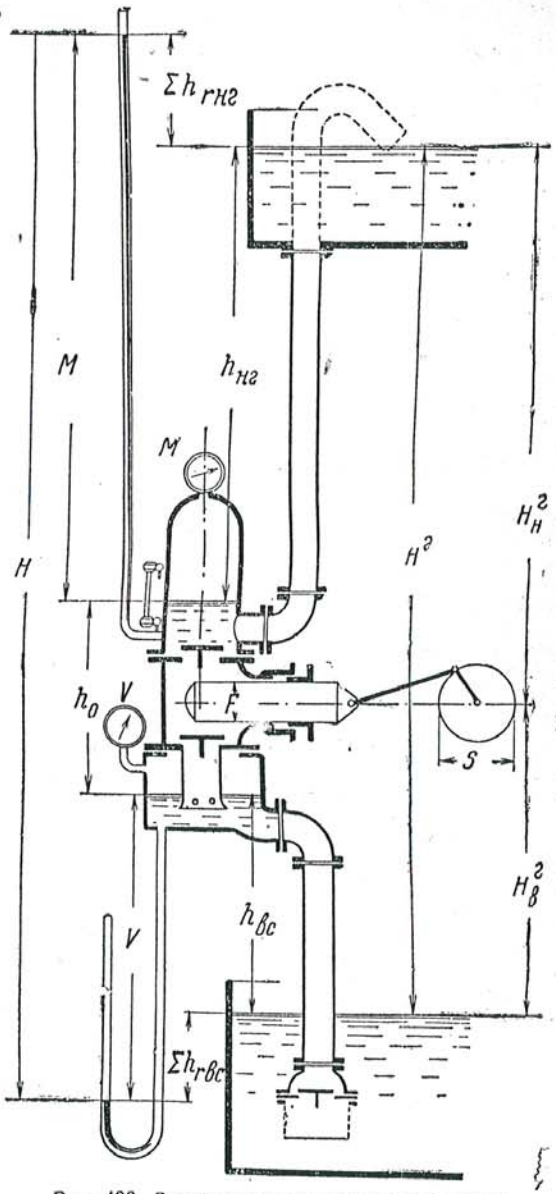


Рис. 422. Схема установки поршневого насоса.

§ 75. Воздушные колпаки в поршневых насосах

1. Поршень насоса, обычно приводимый в движение кривошипным механизмом, движется неравномерно, имея максимум скорости в средине хода и минимумы, равные нулю, в крайних своих положениях. Соответственно такому движению поршня и движение воды в трубах (всасывающей и нагнетательной) происходит неравномерно. Наибольшая неравномерность наблюдается в насосах одиночного (простого) действия. Увеличивая число цилиндров

в насосе и располагая приводные кривошипы их под углом $\frac{360°}{i}$ (где i — число цилиндров), можно уменьшить неравномерность движения воды. Большая равномерность подачи воды достигается при нечетном числе цилиндров.

Неравномерное движение воды создает ряд неблагоприятных условий в работе насосной установки, а именно: требуется большая затрата мощности на преодоление сил инерции, увеличивается опасность отрыва жидкости от всасывающей поверхности поршня, увеличивается неравномерность давления на поршень, увеличиваются потери напора на сопротивления и т. п.

Применение воздушных колпаков на всасывающей и нагнетательной линиях поршневых насосов имеет целью создать наиболее равномерное движение воды в трубах.

Схему расположения и принцип действия всасывающего и нагнетательного колпаков можно видеть на рис. 422.

При наличии всасывающего и нагнетательного колпаков неравномерное движение жидкости сохраняется только на коротких участках труб между рабочей камерой насоса и колпаками; поэтому воздушные колпаки должны располагаться возможно ближе к насосу.

Устранение неравномерности движения жидкости при помощи воздушных колпаков считается практически достаточным, если оно соответствует колебанию давления в воздушных колпаках от 1 до 5%.

При наличии воздушных колпаков облегчается пуск насоса без перегрузки двигателя, появляется возможность увеличения числа оборотов насоса и двигателя или возможность увеличения высоты всасывания.

Средний объем воздуха в колпаках (V) часто берется (по опыту) кратным рабочему объему (FS) насосного цилиндра (F — площадь поршня, S — длина его хода):

во всасывающем колпаке насоса простого действия — $V \leqq$ от 5 до 10 FS;

во всасывающем колпаке насоса двойного действия — $V \leqq$ от 2 до 5 FS;

в нагнетательном колпаке объем воздуха для насоса простого действия $\leqq 8\ FS$;

при длинных трубопроводах на нагнетательной линии ставится второй воздушный колпак значительно больших размеров (см. ниже).

2. В предварительных расчетах средний объем воздуха (V) в колпаках для насоса простого действия можно определять по эмпирическим данным Бетмана, пользуясь формулой: $V = kFS$.

а) Для всасывающего колпака значение k берется в зависимости от высоты всасывания ($h_{вс}$) и числа поворотов (колен) во всасывающей трубе по таблице:

Таблица значений k для всасывающего колпака

$h_{вс}$	5	6	7	8
k	5—8	8—12	12—16	16—20

Бо́льшие значения k при одинаковой высоте всасывания соответствуют большему числу колен.

Временно задерживающийся объем воды во всасывающем колпаке для насоса простого действия равен $\backsim 0{,}5\ FS$, для насоса двойного действия $\backsim 0{,}2\ FS$.

б) Для нагнетательного колпака значение k берется в зависимости от давления (M) в нагнетательном колпаке (в метрах), длины нагнетательной линии (L — в метрах) и числа колен по таблице:

Таблица значений k для нагнетательного колпака

$M+L$ метров	20	50	100	500	1 000	2 000
k	4—6	5—7	6—9	9—13	12—16	16—20

Величина колебания объема воздуха в нагнетательном колпаке приблизительно равна:

для насоса простого действия . . . . . 0,5 FS,
для насоса двойного действия . . . . . 0,2 FS.

3. При длинных напорных трубопроводах, когда требуется большого объема колпак, установка которого на насосе неудобна, устраивается (отдельно от насоса) на нагнетательной линии второй (большего размера) воздушный колпак, часто называемый главным или напорным котлом. В этом случае воздушный колпак, устанавливаемый на насосе, рассчитывается на длину нагнетательной линии только до большого котла.

Необходимый объем воздуха в напорном котле, во избежание очень большой перегрузки двигателя, должен быть тем больше, чем меньше допустимая разница в числах оборотов двигателя при нормальной работе и при пуске (например, для электромотора, особенно трехфазного тока, и для двигателя внутреннего сгорания объем должен быть больше, чем для парового двигателя и т. п.).

Объем воздуха в напорном воздушном котле должен быть проверен на достаточность его для преодоления сил инерции воды в трубопроводе. Проверить это можно по формуле:

$$V = \frac{LQ^2}{19{,}62 h_0 \cdot f \cdot a};$$

где V — наименьший объем воздуха в нагнетательном котле в кубических метрах;
L — длина напорюго трубопровода в метрах;
Q — подача насоса в кубических метрах при пуске в работу или средний секундный расход воды при нормальной работе, если пуск происходит сразу на полную производительность насоса;
h_0 — абсолютное давление (в метрах водяного столба) в воздушном котле перед пуском насоса; $h_0 = H_a + h_{нг}$; H_a — атмосферное давление (в метрах водяного столба); $h_{нг}$ — вертикальное расстояние (в метрах) от уровня воды в котле до сливного отверстия (см. рис. 422).

Величина a определяется по формуле:

$$a = ln \frac{h_{max}}{h_0} + \frac{h_0}{h_{max}} - 1,$$

где h_{max} — максимальное давление (в метрах водяного столба) в воздушном котле; принимается в зависимости от допускаемого для двигателя давления при пуске.

Вычисленное значение a приведено в таблице.

Таблица значений a

$\frac{h_{max}}{h_0}$	a	$\frac{h_{max}}{h_0}$	a	$\frac{h_{max}}{h_0}$	a
1,00	0,0000	1,35	0,0408	1,70	0,1177
1,05	0,0012	1,40	0,0508	1,75	0,1310
1,10	0,0044	1,45	0,0612	1,80	0,1436
1,15	0,0093	1,50	0,0721	1,85	0,1608
1,20	0,0156	1,55	0,0834	1,90	0,1684
1,25	0,0231	1,60	0,0950	1,95	0,1807
1,30	0,0316	1,65	0,1070	2,00	0,1932

4. Во время работы насоса давление в воздушном колпаке (котле) не остается неизменным, и уровень воды в нем подвержен небольшим колебаниям. Скорости движения воды в трубах вследствие этого не вполне равномерны. Периоды колебаний воды (от толчков, передаваемых поршнем) могут совпадать по времени, создавая тем самым явление резонанса, при котором амплитуды колебания уровней и давление в колпаках возрастают, а установившееся течение воды в трубах нарушается. При резонансе давление в насосе, колпаках и трубах может в несколько раз превысить нормальное рабочее давление с вредными для насосной установки последствиями. Для устранения явлений резонанса рекомендуется производить поверку достаточности объема воздуха в напорном котле по формулам, учитывающим условия возникновения резонанса. При этом можно пользоваться следующей формулой:

$$V = 2\left(\frac{3000}{z}\right)^2 \cdot \frac{\omega p}{L},$$

где коэфициент 2 введен в запас устойчивости движения воды.

Обозначения:

V — средний объем воздуха в котле в кубических метрах;

z — число ходов поршня; для насосов простого действия $z=n$, для насосов двойного действия $z=2n$;

ω — площадь сечения нагнетательного трубопровода (в квадратных метрах) от насоса до воздушного котла;

p — максимальное абсолютное давление жидкости в килограммах на квадратный сантиметр;

L — приведенная длина напорного трубопровода:

$$L = l + l_1 \cdot \frac{\omega}{\omega_1} + l_2 \frac{\omega}{\omega_2},$$

где l — длина напорного трубопровода в метрах;

l_1 и l_2 — высоты (в метрах) столбов жидкости в первом и втором нагнетательных колпаках;

ω_1 и ω_2 — площади сечений тех же колпаков (в квадратных метрах).

§ 76. Высота напора поршневого насоса

Полной (манометрической) высотой напора (H) поршневого насоса называется сумма геодезической (геометрической, статической) высоты напора ($H_г$) и потерь напора ($\Sigma h_г$) на гидравлические сопротивления во

всасывающей и нагнетательной линиях (в трубах и воздушных колпаках).

За геодезическую высоту всасывания насоса с горизонтальным поршнем обычно принимается вертикальное расстояние от нижнего горизонта воды до оси поршня; по рисунку 422 имеем:

$$H = H_в^г + H_н^г = h_{вс} + h_{нг} + h_0,$$

где h_0 — расстояние между уровнями воды в воздушных колпаках.

Для насоса с вертикальным поршнем геодезической высотой всасывания является вертикальное расстояние от нижнего горизонта воды до нижней поверхности поршня в верхнем его положении (или до седла нагнетательного клапана, если он расположен выше); геодезической высотой нагнетания здесь будет вертикальное расстояние от нижнего положения поршня до высшей точки подачи; тогда

$$H_г = H_в^г + H_н^г - S.$$

Учитывая незначительную практическую разницу (S) в отношении высоты нагнетания, для насоса (как с горизонтальным, так и с вертикальным поршнем) за общую границу между высотой всасывания и высотой нагнетания часто принимают седло нагнетательного клапана.

Для определения полной высоты напора (H) при проектировании установки гидравлические потери во всасывающих и нагнетательных трубах подсчитываются по общим правилам гидравлики (см. § 54).

По изображенному на рисунке 422:

$$H = H_г + \sum h_{гвс} + \sum h_{гнг},$$

где $\sum h_{гвс}$ — разность уровней в пьезометре и в приемном колодце;

$\sum h_{гнг}$ — разность уровней в пьезометре и в сливном резервуаре.

В готовых насосных установках H определяется по показаниям манометра и вакуумметра с учетом вертикального расстояния между ними и разности скоростных напоров в местах присоединения приборов к трубам; тогда:

$$H = V + M + h_0 + \frac{v_{нг}^2 - v_{вс}^2}{2g}.$$

Если манометр и вакуумметр присоединены к воздушным колпакам (как изображено на рис. 422), то, принимая скоростные напоры в воздушных колпаках равными нулю, будем иметь:

$$H = V + M + h_0.$$

§ 77. Коэфициент полезного действия (к. п. д.) поршневого насоса

Общим коэфициентом полезного действия насоса ($\eta_н$) называется отношение

$$\eta_н = \frac{N_п}{N_в},$$

где $N_п = \frac{\gamma QH}{75}$ л. с. $= \frac{\gamma QH}{102}$ квт — полезная мощность насоса в поднятой воде;

$\gamma = 1\,000$ кг — вес 1 м³ воды;

Q — секундный расход насоса в кубических метрах;

H — полная (манометрическая) высота напора в метрах;

$N_в$ — мощность, переданная двигателем поршню насоса.

Общий к. п. д. насоса:

$$\eta_н = \eta_м \cdot \eta_{об} \cdot \eta_г.$$

Произведение $\eta_г \cdot \eta_{об} = \eta_i$ составляет индикаторный к. п. д. насоса.

$\eta_м$ — механический к. п. д. насоса, учитывающий потери мощности на трение поршня о стенки цилиндра и на трение штока поршня в сальнике;

$\eta_г$ — гидравлический к. п. д. насоса, учитывающий потери напора (и мощности) на гидравлические сопротивления при прохождении жидкости через рабочую камеру и через клапанные отверстия;

$\eta_{об}$ — объемный к. п. д. поршневого насоса (называемый иногда коэфициентом наполнения, коэфициентом производительности), учитывающий уменьшение подачи воды (Q) по сравнению с теоретической производительностью (Q_t) насоса:

$$\eta_{об} = \frac{Q}{Q_t}; \quad Q_t = FS,$$

где FS — произведение площади поршня на его ход.

Уменьшение производительности поршневого насоса происходит: 1) от проникновения воздуха в рабочую камеру насоса через неплотности в соединениях (сальники и пр.) и путем выделения пузырьков газа из воды при вакууме в рабочей камере; 2) от запаздывания закрытия клапанов, допускающего частично обратный ток воды.

Для устранения обратного течения воды из нагнетательной трубы в рабочую камеру и из рабочей камеры во всасывающую трубу необходимо, чтобы конструкция клапанов соответствовала нормальному числу оборотов поршня в минуту. Запаздывание посадки клапана в седло увеличивается с увеличением числа оборотов поршня против нормального, что весьма важно иметь в виду при проектировании и эксплоатации насосной установки во избежание значительного уменьшения ее коэфициента полезного действия. В зависимости от максимально допустимого числа оборотов поршня конструкции клапанов можно разделить на:

1) весовые с числом оборотов 60÷80 в минуту;

2) с принудительной посадкой, применяемой преимущественно в больших насосах с числом оборотов поршня 60÷200 в минуту (принудительная посадка осуществляется связью поршня с клапаном);

3) пружинные с числом оборотов 130—250;

4) специальные конструкции для числа оборотов поршня 300÷500.

§ 78. Паровые насосы

Паровые насосы принадлежат к прямодействующим поршневым (скальчатым) насосам, так как усилие парового поршня передается от двигателя непосредственно поршню водяного насоса.

На рис. 423 дан разрез горизонтального парового насоса (плунжерного типа) «Вортингтон» № 4 (по номенклатуре 1936 г.) завода «Пролетарий».

Максимально допустимое давление в водяном цилиндре этого насоса — 12 атм., производительность насоса — до 15 м³ в час, число оборотов поршня в минуту — 165, диаметр плунжера — 88 мм, ход плунжера — 127 мм. Паровые насосы марки «Вортингтон» изготовляются нашими заводами: горизонтальные — производительностью до 185 м³ в час, вертикальные — до 30 м³ в час.

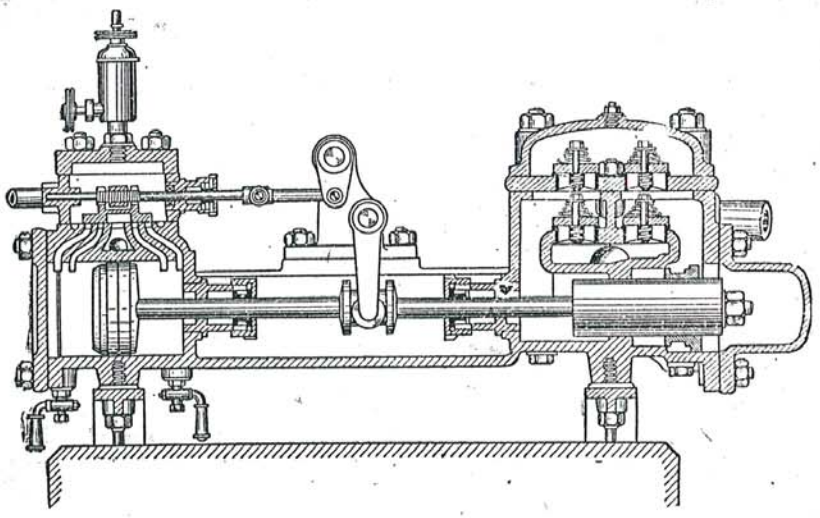


Рис. 423. Паровой насос «Вортингтон» № 4 (вертикальный разрез).

На стр. 816 приводится таблица с характеристиками некоторых типов паровых насосов, изготовлявшихся, по данным 1939 г., на заводах, объединенных трестом Главхиммаш.

§ 79. Приводные поршневые насосы

Приводные поршневые насосы изготовляются следующих типов:

1) горизонтального типа: одноцилиндровые (двойного действия), двухцилиндровые (сдвоенные двойного действия, или четырехкратного действия), трехцилиндровые (строенные одиночного действия) — трехкратного действия;

2) вертикального типа: одноцилиндровые простого действия, двухцилиндровые (сдвоенные насосы одиночного действия), трехцилиндровые (триплекс — строенные насосы одиночного действия).

На рис. 424 показан горизонтальный приводной одноцилиндровый поршневой насос двойного действия (марки П-2 1936 г.).

См. на стр. 816 таблицу с характеристиками некоторых типов приводных поршневых насосов.

§ 80. Ручные поршневые насосы

1. Насосы «Иматра» двойного действия (рис. 425) пригодны для всяких жидкостей — холодных и горячих, для воды, нефти, керосина, масла. Манжеты поршня допускают перекачивание загрязненных жидкостей без вреда для цилиндра. Для жидкостей, разъедающих кожу, например,

Таблица с характеристиками паровых насосов

Производительность (в куб. метрах в час)	Наибольшая манометрическая высота напора воды (в метрах)	Число двойных ходов поршня в минуту	Диаметр поршня насоса (в миллиметрах)	Ход поршня (в миллиметрах)	Диаметр труб (в миллиметрах)		Габариты (в миллиметрах)			Вес (в килограммах)	Марка или фирма	Завод-изготовитель
					всасывающих	нагнетательных	ширина	длина	высота			
14—40	200	20—58	130	250	100	75	675	1 890	628	700	НПВ-1	«Красный молот»
36—60	100	38—63	150	250	125	100	1 090	1 880	1 510	1 320	3	«Пролетарий»
40—110	200	18—50	200	350	150	125	1 200	2 960	995	3 600	НПВ-2	«Красный молот»

Таблица с характеристиками приводных поршневых насосов

Производительность (в куб. метрах в час)	Полная высота напора (в метрах)	Число двойных ходов поршня (в минуту)	Потребная мощность двигателя (в киловаттах)	Диаметр поршня (в миллиметрах)	Ход поршня (в миллиметрах)	Число цилиндров	Размеры шкивов (в миллиметрах)		Диаметр труб (в миллиметрах)		Габариты (в миллиметрах)			Вес (в килограммах)	Марка	Завод-изготовитель
							диаметр	ширина	всасывающих	нагнетательных	ширина	длина	высота			
6	30	50	2,2	100	150	1	370	76	50	50	585	1 150	745	175	К-18	«Ирбитский подшипник»
16	45	100	3,7	150	200	1	710	90	75	75	693	1 405	1 110	425	К-20	»
10	220		11	85	120	3	—	—	75	75	1 313	1 090	1 379	900	10Н-1	Им. Петровского »

для нефти, поршень вместо кожаных манжет снабжается металлическими пружинными кольцами. Насосы изготовляются на наших заводах для напоров до 30 м, производительностью: № 1 — 17 л в минуту, № 2 — 27 л в минуту, № 4 — 67 л в минуту (завод «Красный факел»).

Рис. 424. Приводной поршневой насос (вертикальный разрез).

2. Насосы «Альвейер» — крыльчатые, двухкратного и четырехкратного действия для напоров до 10 м (рис. 426). Насосы пригодны для воды, нефти, керосина и других жидкостей, холодных и горячих. Производительность насосов двухкратного действия № 0—18 л в минуту, № 1 — 30 л, № 2 — 36 л, № 3 — 56 л, № 4 — 66 л, № 6 — 106 л, № 10 — 270 л в минуту.

Рис. 425. Ручной насос «Иматра».

Рис. 426. Ручной насос «Альвейер».

Рис. 427. Диафрагмовый насос.

Производительность насосов четырехкратного действия: № 0—25 л в минуту, № 1 — 36 л, № 2 — 46 л, № 3 — 68 л, № 4 — 90 л, № 6 — 125 л, № 10 — 360 л в минуту (заводы «Красный факел», «Знамя труда»).

3. Насосы диафрагмовые изготовляются с резиновой диафрагмой; пригодны для перекачки грязной воды с примесью песка, ила и т. п. Диафрагмовые насосы делаются всасывающие, с высотой всасывания до 6,5 м, и всасывающе-нагнетательные, с общей высотой подъема до 12 м (рис. 427). Производительность тех и других при 30 качаниях в минуту:

при диаметре всасывающих и нагнетательных труб 75 мм — 300 л в минуту, при диаметре труб 100 мм — 400 л в минуту (завод «Знамя труда»).

4. Насосы «Летестю» (рис. 428) — поршневые двухцилиндровые, пригодны для грязной воды с разными примесями. Изготовляются на наших заводах с диаметрами цилиндров от 150 до 300 мм, ходом поршня 250 мм, производительностью при 40 качаниях от 320 до 1 300 л в минуту; высота всасывания — до 6,5 м (завод «Знамя труда»).

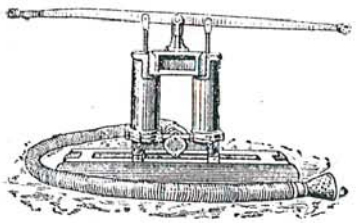


Рис. 428. Насос «Летестю.»

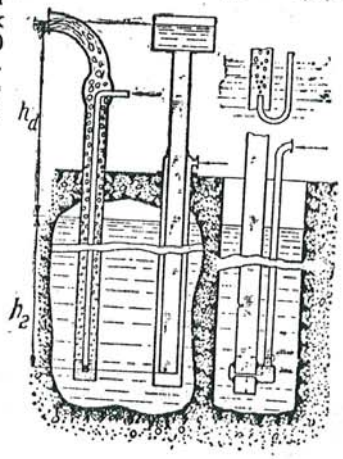


Рис. 429. Схемы эрлифта.

В. ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ, КАПИЛЛЯРНЫЕ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ВОДОПОДЪЕМНИКИ

§ 81. Эрлифты

1. Эрлифты применяются для подъема воды из глубоководных буровых скважин (рис. 429).

Следующая таблица, составленная по опытным данным американской фирмы Сулливан, показывает числовую зависимость между основными элементами работы эрлифта:

Характеристика работы эрлифта

Высота подъема (в метрах)	15	30	60	90	120
Процент погружения	65—70	55—65	50—55	45—50	40—45
Подача воды в литрах в минуту на 1 см² сечения трубы	16—17,5	15	10,3—12	9—10,3	9
Потребный объем воздуха на 1 объем поднимаемой воды	2—1,8	3,6—2,9	5,85—5,35	8,6—7,9	11,2—10,5

Потребный объем воздуха для подачи воды можно определять по формуле Рикс-Абрамса:

$$V = \frac{H}{c \cdot \lg \frac{H_1 + 10}{10}};$$

где V — потребный объем воздуха в кубических метрах в минуту на 1 м³ поднимаемой воды в нормальных условиях давления и температуры ($p = 1{,}033$ кг/см², $t = 15{,}6°$Ц).

H — высота подъема воды (в метрах) от динамического уровня до излива;

H_1 — глубина погружения башмака под динамический уровень (в метрах);

c — коэфициент, зависящий от H; определяется или по формуле:

$$c = 10 - 0{,}012\ H - 0{,}00003\ H^2,$$

или по таблице:

Таблица значений коэфициента c в формуле Рикс-Абрамса

H (от — до в метрах)	3—20	21—60	61—150	151—200
c	9,8	9,4	8,7	7,5

2. Зависимость между размерами труб и производительностью видна из следующих таблиц.

а) Зависимость между размерами труб и производительностью для параллельной системы труб

Диаметр подъемной трубы (в миллиметрах)	Диаметр воздушной трубки (в миллиметрах)	Подача воды (в литрах в секунду)	Наименьший диаметр обсадных труб (в миллиметрах)
50	12—20	2—3	100
75	35—30	6—9	150
100	30—38	12—18	200
150	50—63	30—45	300
200	63—75	60—75	350

б) Зависимость между размерами труб и производительностью для системы расположения воздушной трубки внутри подъемной трубы

Диаметр подъемной трубы (в миллиметрах)	Диаметр воздушной трубки (в миллиметрах)	Подача воды (в литрах в секунду)	Наименьший диаметр обсадных труб (в миллиметрах)
52	12,5	2—3	75
75	25	4,5—6	100
100	30	9—12	150
150	50	18—27	200
200	75	36—43	250

Коэфициент полезного действия эрлифтов — в среднем 0,25—0,35.

Подача воды эрлифтом должна быть строго согласована с дебитом скважины, так как понижение уровня в скважине против расчетного сильно снижает к. п. д. установки.

Количество поднимаемой эрлифтом воды возрастает с увеличением подачи воздуха, но до известного предела, после которого начинается уменьшение подачи воды.

К. п. д. эрлифта с увеличением подачи воздуха тоже возрастает до некоторого предела, причем максимальный к. п. д. получается раньше, чем наступит максимальная производительность.

При необходимости отвода воды из подъемной трубы эрлифта по горизонтальному направлению водно-воздушная смесь должна быть предварительно пропущена через воздухоотделитель (сепаратор).

3. Подача воздуха в эрлифты осуществляется компрессорами, преимущественно поршневыми и ротационными.

Размеры и мощность компрессора и двигателя к нему выбираются по каталогам заводов-изготовителей (см., например, прейскурант Главхиммаша 1939 г.).

а) При отсутствии точных данных мощность двигателя к компрессору для предварительных соображений можно определить по формуле:

$$N_{дв} = \frac{QH}{75\,\eta_{уст}} \text{ л. с.;}$$

где Q — количество поднимаемой воды в литрах в секунду;
H — высота подъема воды от динамического уровня в скважине до излива (в метрах);
$\eta_{уст}$ — коэфициент полезного действия всей установки, принимаемый в среднем за 0,15 — 0,20;

$$[\eta_{уст} = \eta_{эрл} \cdot \eta_{комп} \cdot \eta_{пер} \cdot \eta_{дв}].$$

б) Мощность компрессора можно определять по теоретической формуле:

$$N_k = \frac{Qp_0k \cdot 10\,000}{60 \cdot 75 \cdot \eta \cdot (k-1)} \left[\left(\frac{p}{p_0} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right] \text{л. с.;}$$

где Q — расход воздуха в кубических метрах в минуту;
p — рабочее давление в компрессоре в абсолютных атмосферах;
k — отношение теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме; принимается (при адиабатическом сжатии) $k=1,4$;
η — механический коэфициент полезного действия компрессора, равный 0,85—0,75;
p_0 — атмосферное давление.

Компрессоры устанавливаются с запасом мощности 10—15%.

Чаще для определения мощности на валу компрессора пользуются следующей эмпирической формулой:

$$N_k = \varepsilon \cdot \alpha \cdot V \frac{10\,000\,(p_2 - 1)}{75} \text{ л. с.;}$$

где ε — коэфициент, зависящий от качества и состояния компрессора и равный 1,35—1,50;
V — объем подаваемого компрессором воздуха в кубических метрах в секунду при 0° и 760 мм давления;

p_2 — конечное давление, создаваемое компрессором, в атмосферах;
α — коэфициент, зависящий от давления и охлаждения; определяется по таблице:

Таблица значений коэфициента α в формуле для определения мощности компрессора

При наличии охлаждения	p_2 кг/см²	3		4		5		6		7		8		9
	α	0,61		0,53		0,48		0,43		0,40		0,37		0,34
Без охлаждения	p_2 кг/см²	1,05	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	2	2,5	3	4	5	6	7
	α	0,99	0,97	0,94	0,91	0,88	0,86	0,77	0,7	0,65	0,57	0,52	0,47	0,44

Для приводного компрессора вводят еще коэфициент полезного действия передачи и запас мощности 15—20%.

Одноступенчатые компрессоры обычно применяют для давлений до 5—8 атм. Для больших давлений применяют многоступенчатые компрессоры.

4. Расчетное рабочее давление в компрессоре определяется глубиной погружения эрлифта под динамический (рабочий) уровень воды. Потребное же давление при пуске будет больше на разницу между статическим и динамическим уровнями; этот избыток давления, ввиду его кратковременности, допускается покрывать за счет перегрузки машины.

В тех случаях, когда разница между статическим и динамическим уровнями в скважине настолько велика, что превышает запас мощности компрессора, прибегают к устройству ступенчатого впуска воздуха в подъемную трубу с ручным или автоматическим выключением верхних ступеней после пуска.

Воздух из компрессора обычно поступает сначала в рессивер — резервуар для выравнивания давления. Объем рессивера определяется по формуле:

$$W = \sqrt{KV},$$

Для эрлифтов $K=0,3—0,5$ (K увеличивается с уменьшением V).

V — объем засасываемого компрессором воздуха в кубических метрах в минуту.

Скорость движения воздуха в газовых трубах принимается от 2 до 8 м в секунду. Потерю давления (Δp) в воздухопроводе можно определять по формуле Фрицше:

$$\Delta p = \frac{\alpha\, pv^2 l}{29,2 \cdot T \cdot d};$$

где p — давление в воздухопроводе в абсолютных атмосферах;
T — абсолютная температура воздуха $= 273° + t°$Ц;
v — средняя скорость движения воздуха в трубе в метрах в секунду;
d — внутренний диаметр воздухопровода в миллиметрах;
l — длина воздухопровода в метрах;
α — коэфициент, зависящий от веса воздуха (G), проходящего по воздухопроводу (в килограммах в 1 час), определяется по таблице:

Таблица значений коэфициента α в формуле Фрицше

G	10	40	100	400	1 000	10 000	100 000
α	2,03	1,66	1,45	1,18	1,03	0,73	0,52

Вес 1 м³ воздуха при давлении p можно определять по формуле:

$$\gamma_1 = 342 \frac{p}{T}.$$

При заборе воды эрлифтами из группы скважин делается общая для них компрессорная установка. При этом эрлифты погружаются под динамический уровень приблизительно на одинаковую глубину во всех скважинах.

При необходимости поднимать воду выше поверхности земли подача воды эрлифтами производится только до поверхности земли в резервуар, из которого она нагнетается на требуемую высоту насосами 2-го подъема.

§ 82. Сравнительная характеристика глубоководных насосов

1. Поршневые насосы

Достоинства:

а) наиболее высокий по сравнению с другими насосами коэфициент полезного действия (0,7—0,9), не уменьшающийся с увеличением высоты подъема;

б) возможность поднимать воду не только на поверхность земли, но и в напорные резервуары;

в) возможность установки одноцилиндровых насосов в скважинах малого диаметра;

г) независимость производительности от создаваемого напора.

Недостатки:

а) меньшая производительность небыстроходных насосов по сравнению с другими (одинакового диаметра) насосами;

б) более сложная передача от быстроходных двигателей;

в) требуют строго вертикальных скважин без местных искривлений;

г) быстро портятся при попадании песка в цилиндр;

д) громоздкость штанг и возможность их обрыва.

2. Вертикальные центробежные насосы

Достоинства:

а) высокий коэфициент полезного действия (0,6—0,7) насосов с большой производительностью;

б) большая по сравнению с поршневыми насосами производительность при одинаковом диаметре скважины;

в) удобство передачи от быстроходных двигателей (электромоторов), имеющих более высокий коэфициент полезного действия;

г) возможность нагнетания воды непосредственно в напорные резервуары или в сеть;

д) равномерность движения воды без дополнительных устройств в отличие от поршневых насосов, в особенности насосов одиночного действия.

Недостатки:

а) уменьшение (до 0,4—0,5) коэфициента полезного действия для малых расходов воды;

б) уменьшение коэфициента полезного действия с увеличением глубины скважины вследствие увеличения трения вала о подшипники и воду;

в) требуют строго вертикальных скважин без местных искривлений;

г) легко изнашиваются при подъеме воды с песком;

д) затруднительность использования буровых скважин диаметром меньше 100—150 мм радиальными центробежными насосами.

3. Эрлифты

Достоинства:

а) простота и надежность устройства благодаря отсутствию движущихся частей в скважине;

б) высокая производительность по сравнению с поршневыми насосами;

в) возможность установки в скважинах меньших диаметров (до 75 мм) по сравнению с вертикальными центробежными насосами;

г) возможность централизованного обслуживания одной компрессорной станцией группы значительно удаленных одна от другой скважин, легкость автоматизации работы станции;

д) безвредность подъема грязной воды с примесью песка; более легкий, по сравнению с центробежными и поршневыми насосами, вынос песка из насоса на поверхность благодаря большей скорости движения воды и ускорению этого движения кверху в подъемной трубе;

е) могут работать в наклонных и искривленных скважинах.

Недостатки:

а) малый коэфициент полезного действия самого водоподъемника (0,25—0,35) и большой вследствие этого расход энергии;

б) уменьшение по сравнению с поршневыми и центробежными насосами коэфициента полезного действия всей установки при заборе воды из одной скважины благодаря наличию промежуточного механизма — компрессора;

в) часто требуется дополнительное по сравнению с другими насосами углубление скважины для достаточного погружения эрлифта в воду;

г) невозможность нагнетания непосредственно в сеть и невыгодность подачи выше поверхности земли непосредственно в водонапорный резервуар; необходимость вследствие этого установки насосов 2-го подъема;

д) образование осадков на стенках водоподъемных труб при наличии в воде солей, в особенности железистых; потребность очистки труб в этих случаях во избежание быстрого разрушения труб и закупорки входных отверстий.

§ 83. Капиллярные насосы

1. Прототипом служит насос проф. Н. Е. Жуковского, состоящий из бесконечной нити или веревки, перекинутой через два желобчатых шкива: верхний, получающий вращение при помощи рукоятки, и нижний натяжной, погруженный в воду. Жидкость смачивает нить и держится на ней вследствие прилипания, при набегании же нити на верхний шкив, вследствие развивающейся центробежной силы, она отбрасывается от нити на

стенки приемника, кожуха, закрывающего верхний шкив, а затем стекает через отверстие с патрубком.

Такой примитивный насос давал до 2,6 л в секунду на высоту до 13 м при 260 оборотах.

2. Насос второго типа, изобретенный во Франции Besonnet-Favre и названный Chaine-helice (цепь-винт), известен у нас под названием «Шен-Элис»; он отличается от насоса Жуковского формой цепи. Цепь делается из мягкой оцинкованной стали и состоит из круглых или удлиненных звеньев; в зависимости от требующейся производительности она обвивается снаружи одним или несколькими рядами спирали из такой же стальной оцинкованной проволоки; спираль прикрепляется (через промежутки в 20—30 см) к цепи. Наружный диаметр одиночной спирали — 25—28 мм, а сложной — от 35 до 82 мм. Назначение спиралей — создать большую поверхность прилипания; вода захватывается всем пространством между проволоками спирали и увлекается на большую высоту (до 60 м). Скорость цепи должна быть не меньше 6 м в секунду, вследствие чего при ручном приводе требуется передача. Коэфициент полезного действия — меньше 0,5.

3. Третий тип — английский насос, видоизмененный Лабораторией гидравлических установок (ЛАГУ МИИВХ); у этого насоса бесконечная цепь заменена стальной лентой, на которой укреплены на известных расстояниях друг от друга ячейки в форме трапеции, образованные из стальной же ленты.

Эти водоподъемники характеризуются следующими данными:

	ЛАГУ-1				ЛАГУ-2		
Число оборотов вала в минуту	118	135	152	169	136	152	169
Производительность (в литрах в минуту) .	48	56	65	75	95	106	115
Расход мощности (в лошадиных силах) при высоте подъема 10 м	0,17	0,20	0,24	0,28	0,35	0,40	0,43
20 м	0,30	0,33	0,41	0,48	0,60	0,67	0,73
30 м	0,40	0,46	0,54	0,63	0,79	0,87	0,96

Водоподъемники системы ЛАГУ изготовляются двух размеров:

ЛАГУ-1 имеет ширину ячеек 50 мм, а размеры трапецоидального их сечения $8 \times 3 \times 15$ мм с двумя отверстиями размером $4 \times 17{,}5$ мм;

ЛАГУ-2 имеет ширину ячеек 60 мм, а сечение $8 \times 3 \times 25$ мм с такими же отверстиями, как и у № 1.

Так как число оборотов вала водоподъемника должно лежать в пределах от 450 до 600, то необходима передача как для ручного привода, так и для механического.

Коэфициент полезного действия водоподъемника равен 0,6 до 0,8 и зависит от высоты подъема и скорости ленты.

Эти водоподъемники выливают поднятую из колодца воду на поверхность земли; если требуется подать воду на некоторую высоту над уровнем земли, приходится прибегать к дополнительной насосной установке. Фирмы Бессоне-Фавр и Каруэлль с этой целью изготовляют комбинированные установки; они состоят из расположенных вместе (на одной фундаментной плите) насоса 2-го подъема (например, центробежного или поршневого) и электромотора или двигателя внутреннего сгорания, приводящего в движение одновременно и капиллярный насос.

§ 84. Гидравлические тараны

Гидравлические тараны основаны на использовании для водоподъема силы гидравлического удара в трубах. Гидравлические удары в подводящей (силовой) трубе тарана создаются прерывистым движением воды в ней, осуществляемым при помощи автоматически открывающегося и закрывающегося ударного клапана (рис. 430 и рис. 431).

Размер (номер) тарана определяется диаметром (D) его водоподводящей трубы, от которой зависит пропускная способность (Q) тарана; при этом учитывается, что такого же диаметра делается и выходное отверстие в коробке ударного клапана.

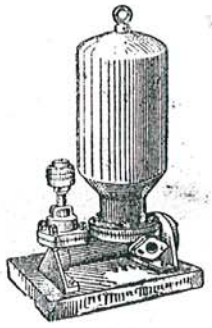


Рис. 430. Гидравлический таран, общий вид.

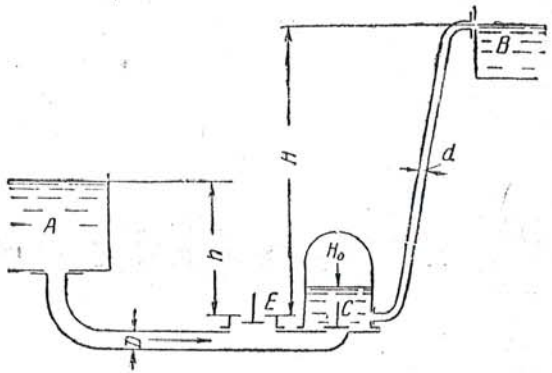


Рис. 431. Схема установки тарана.

Производительность тарана (q), т. е. секундная подача воды по нагнетательной трубе, при проектировании может определяться из уравнения работы тарана:

$$q = \eta Q \frac{h}{H}; \qquad (1)$$

где h — высота падения воды, измеряемая от уровня воды в источнике до выходного отверстия в коробке ударного клапана;

H — манометрическая высота нагнетания;

η — коэфициент полезного действия тарана, который в предварительных расчетах может быть принят, по Эйтельвейну,

$\eta = 1{,}12 - 0{,}2 \cdot \sqrt{\frac{H}{h}}$, а в существующих установках определяется из формулы (1).

Пропускная способность тарана выражается формулой:

$$Q = \alpha Q_0 = \alpha \frac{\pi D^2}{4} \sqrt{\frac{2gh}{1 + \lambda \frac{l}{D} + \Sigma\zeta}} \qquad (2)$$

где Q_0 — расход при установившемся движении воды в подводящей трубе при открытом ударном клапане (в кубических метрах);

l — длина подводящей трубы в метрах;

$\lambda \frac{l}{D}$ — потери напора по длине подводящей трубы; коэфициент λ берется как для обычных водопроводных труб;

$\Sigma\zeta$ — сумма коэфициентов потерь напора на местные сопротивления; для тарана $\Sigma\zeta \cong$ от 5 до 10, в среднем около 8, в зависимости от обтекаемости ударного клапана;

α — коэфициент расхода воды; в среднем $\alpha \cong 0{,}4$.

Величину α — можно изменить в таране регулированием числа ударов клапана в минуту путем изменения веса ударного клапана (нагрузки на него) и длины хода.

Практически целесообразно изменение величины α в пределах от 0,2 до 0,6.

Если источник дает ограниченное количество воды, то величину α следует приближать к 0,2, так как при этом получается наибольшая производительность (q) за счет уменьшения количества сбросной воды и, следовательно, получается наибольший коэфициент полезного действия тарана.

Если же источник имеет избыточный дебит, то величину α следует приблизить к 0,6, т. е. увеличить пропускную способность тарана; этим будет достигнуто абсолютное увеличение подачи (q) воды тараном, хотя относительная подача и коэфициент полезного действия тарана при этом снизятся.

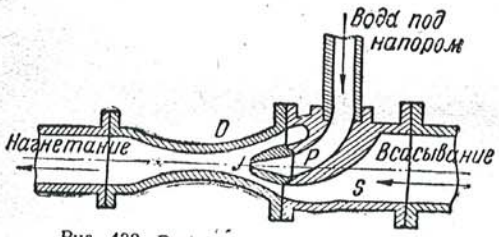


Рис. 432. Водоструйный насос.

Длину подводящей трубы тарана следует брать не меньше 10 м, так как при меньшей длине получаются непрямые гидравлические удары, снижающие коэфициент полезного действия тарана. Наивыгоднейшая длина подводящей трубы должна удовлетворять значению l в формуле (2), откуда и может быть получена (при известных D и Q).

Выходное отверстие в таране для нагнетательной трубы изготовляется заводами обычно диаметром (d) вдвое меньше, чем подводящая труба.

Необязательно укладывать нагнетательную трубу такого же диаметра, как выходное отверстие, — можно выбрать диаметр ее, исходя из средней скорости движения воды, сообразуясь с потерями напора по длине трубы, стоимостью труб и требуемой производительностью, как и при выборе коэфициента α. В существующих установках скорости в нагнетательных трубах в среднем равны от 0,3 до 0,5 м в секунду.

В обычных таранах подводящая труба бывает диаметром от 25 до 100 мм; высота падения воды (h) в существующих установках — большею частью от 1 до 10 м;высота нагнетания (H) воды такими таранами доходит до 100 м. Тараны диаметром D больше 100—150 мм изготовляются более прочных конструкций со специальными ударными клапанами (пружинными и т. д.).

Если тараны имеют недостаточную производительность, то устанавливают группу параллельно работающих таранов с общей нагнетательной трубой.

При экономическом сравнении таранов с неавтоматическими водоподъемниками следует брать суточную (не секундную) производительность тех и других, учитывая зависимость неавтоматических водоподъемников от числа смен обслуживающего персонала.

При ограниченности воды в источнике и при большом отношении $\frac{H}{h} > 15$—20, когда один таран может работать только с очень низким коэфициентом полезного действия, применяется последовательная установка двух или нескольких таранов (многоступенчатая); такая установка дает значительное повышение коэфициента полезного действия, а следовательно, и большую производительность при том же расходе воды в источнике.

§ 85. Водоструйные насосы

Водоструйные насосы (гидроэлеваторы, эжекторы) могут применяться для откачивания как чистой, так и грязной воды с илом и песком, например, из отстойных камер, колодцев и т. п. (рис. 432).

По данным завода Кертинг, работа эжектора может характеризоваться следующей таблицей:

Отношение рабочего подъема воды к общему подъему	1	3	4	6	9	12	20	30	50	75
Подача воды на единицу объема рабочей воды . . .	0,3	0,7	1,0	1,4	2,0	2,5	3,3	4,4	6,0	7,5
Коэфициент полезного действия	0,15	0,23	0,25	0,23	0,22	0,20	0,17	0,15	0,12	0,10

На строительстве канала Москва—Волга применялись гидроэлеваторы усовершенствованных конструкций, изготовлявшиеся на заводах того же строительства, производительностью от 150 л в секунду до 1 200 л в секунду при высоте подъема (H) от 6 до 12 м. При этом коэфициент полезного действия гидроэлеватора, повышаясь с уменьшением высоты всасывания, доходил (по данным строительства) до 0,36.

Σ — су

α —

Вели
ров клас
на него
Прак
0,2 до 0
Если
следует
водител
вательн
Если
прибли
будет д



нейша
форму
Вы
завода
Не
как в
ней с
трубь
выбор
тател
В
100 м
часть
до 10
проч
ными
Е
лива
ной
Г
емни
и др
числ
Г

$\frac{H}{h} >$

Редактор *И. М. Скворцов.*

*

Подписано в печать 19/XII 1944 г. Л 85645. 52 3/4 печ. л. + вклейка 1/4 печ. л. 65,65 уч.-изд. л. Тираж 3 000 экз. Заказ № 67. Цена книги в переплете 35 руб.

*

Отпечатано с матриц в 1-й тип. Трансжелдориздата НКПС.

1-я тип. Трансжелдориздата НКПС

При пользовании томом III Справочника по мелиорации и гидротехнике необходимо внести следующие исправления:

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
31	21-я снизу	$lg\frac{\sqrt{n}}{\sqrt{m}}$	$lg\frac{V_n}{V_m}$
31	18-я снизу	где $\sqrt{n}$ и $\sqrt{m}$	где V_n и V_m
156	12-я сверху	$Q^{брутто}_{макс.} = Q^{брутто}_{норм.}$	$Q^{брутто}_{макс.} = Q^{брутто}_{норм.} K$,
171	8-я снизу (головка таблицы, 7-й столбец)	Откосы 1:1	Откосы 1:1 B
266	12-я сверху (цифры вверху рис. 134)	—4 86	—6 86
349	4-я снизу	a—площадь бассейна	ω—площадь бассейна
355	22-я сверху	$\left(k\frac{H^2}{2l} + k\frac{HT}{S}\right)$	$\left(k\frac{H^2}{2l} + k_1\frac{HT}{S}\right)$
363	17-я сверху	$z = q_0(\alpha - k), S_0$	$z = q_0(\alpha - k)$,
365	5-я снизу	$z'_{мног} = [(\alpha - K^n) -$	$Z'_{мног} = [(\alpha - K^n)n -$
365	2-я снизу (головка табл. 3)	$-\alpha(1 - m_n)n$	$-\alpha(1 - m'_n)n$
374	22-я снизу	Выражение $\frac{1}{\gamma}$	Выражение $\frac{1}{\gamma_1}$
390	2-я снизу	$N = \{\omega H - [\omega_1(H - H_1)]\}$	$N = \{\omega H - [\omega_1(H - H_1)]\}k$,
398	18-я снизу	дрегляйна, грейдера и крана	дрегляйна, грейфера и крана
409	6-я и 7-я сверху (цифры в таблице)	30 25	34,5 29
418	12-я и 13-я сверху	с трактором «Миами» (в количестве до 1 500 штук) по проекту НИИПС. Ремонтно-	с трактором Фордзон (в количестве до 1 500 штук). По проекту НИИПС ремонтно-
451	4-я снизу	«Марион»;	«Марион—7»;

Страница	Строка	Напечатано	Должно быть
484	1-я снизу (4-я колонка таблица)	$q_m = P_2 \frac{35,0}{F^{0,30}}$	$q_m = P_1 \frac{35,0}{F^{0,30}}$
500	15-я сверху	закрытого (QR и NP)	закрытого (QR и mP)
536	20-я сверху	(на 0,6 см в среднем)	(на 0,6 м в среднем)
606	10-я и 11-я сверху	(знак плюс в формулах 14 — 15 относится к прямому уклону поверхности водоупора, знак минус — к обратному).	(верхний знак в формулах 14 — 15 относится к прямому уклону поверхности водоупора, нижний знак — к обратному).
607	8-я сверху	$\sqrt{\left[h_2\left(\frac{1+\beta}{2}\right) - \frac{JL}{2}\right]^2}$	$\sqrt{\left[h_2\left(\frac{1+\beta}{2}\right) \mp \frac{JL}{2}\right]^2}$
612	7-я сверху	h — горизонт воды	h_0 — горизонт воды
612	9-я сверху	h_0 — то же в колодце	h — то же в колодце;
677	15-я снизу	глинистых грунтов... 0,10—5	глинистых грунтов... 0,10—0,15

В рисунке 131 на стр. 263 не отпечаталась арабская цифра 1, которая должна стоять в правом нижнем углу рисунка.