

**Л. А. ЧЕРНИКЕВИЧ  
П. А. ШАРОВ**

**Применение  
сборного  
железобетона  
в мелиоративном  
строительстве**



Л. А. ЧЕРНИКЕВИЧ, П. А. ШАРОВ

**применение  
сборного  
железобетона  
в мелиоративном  
строительстве**



Издательство „КОЛОС“  
МОСКВА — 1965

## ОТ ИЗДАТЕЛЬСТВА

Сборные железобетонные конструкции находят все более широкое применение в ирригационном строительстве. Книга знакомит читателя с методами конструирования, изготовления и монтажа гидросооружений из сборного и предварительно напряженного железобетона на оросительных системах. Изложены способы строительства трубчатых систем, устройства лотковой сети, облицовки крупных оросительных каналов плитами и т. п.

Отдельные разделы книги посвящены вопросам применения сборного железобетона на строительстве мелиоративных стационарных и плавучих насосных станций, осушительных систем, а также систем сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения.

Приведена методика расчета сборных конструкций и их деталей. Введение, главы III, VI, VII и заключение написаны инж. Л. А. Черниковичем; глава II — инж. П. А. Шаровым, глава IV — инж. С. А. Бегляровым, а главы I и V — совместно П. А. Шаровым и Л. А. Черниковичем.

Книга рассчитана на инженерно-технических работников водохозяйственных организаций. Она может быть использована также студентами гидромелиоративных вузов и факультетов в качестве учебного пособия.

Отзывы о книге и пожелания просим направлять по адресу: Москва, К-31, ул. Дзержинского, 4/19, издательство «Колос».

## ВВЕДЕНИЕ

Мелиоративное строительство в Советском Союзе проводится в большом объеме и на обширной территории. Основные работы, выполняемые при сооружении оросительных систем, — земляные (до 40% стоимости строительства), бетонные и железобетонные (до 45%). На осушительных объектах объем и стоимость земляных работ (в процентном отношении) соответственно увеличиваются, а бетонных и железобетонных снижаются.

Масштабы водохозяйственного и гидроэнергетического строительства в Советском Союзе требуют быстрого развития и технического совершенствования строительной индустрии и промышленности строительных материалов, максимального сокращения сроков, снижения стоимости и улучшения качества строительства путем его последовательной индустриализации и перехода на полносборные сооружения из крупноразмерных типовых железобетонных конструкций и деталей промышленного производства.

На оросительных системах с земляными каналами число массовых сооружений (включая водовыпуски во временные оросители) составляет от 140 до 170 на 1000 га орошаемой площади при общем объеме железобетонных работ 200—250 м<sup>3</sup>.

С учетом же строительства более крупных, головных и индивидуальных сетевых гидросооружений объем бетона и железобетона составляет от 0,4 до 1 м<sup>3</sup> на 1 га орошаемой площади.

Как показывает опыт строительства мелиоративных объектов, сроки их выполнения в основном зависят от сложности и темпов возведения индивидуальных и массовых гидросооружений.

Поэтому в таких специфических условиях применение сборного железобетона является основой комплексной механизации и индустриализации строительства мелиоративных систем и обеспечивает его выполнение в наиболее сжатые сроки.

В значительном объеме сборные железобетонные гидросооружения впервые в Советском Союзе были построены на Муганской оросительной системе в 1929—1930 гг. (трубы, водовыпуски, шлюзы и перегораживающие сооружения), а затем на Кубанских рисовых системах и в орошаемых районах Узбекистана.

Особо широкое применение сборные железобетонные гидросооружения нашли в послевоенный период, с 1950 г., когда начались большие работы по орошению и обводнению в низовьях Дона, на Волге, Днепре, в Средней Азии и на Северном Кавказе, а также при реконструкции оросительных систем в связи с переходом на новую систему орошения.

Однако до 1955 г. сборные конструкции занимали лишь около 2% в общем объеме бетонных и железобетонных работ на мелиоративном

строительстве. Но после выхода в августе 1954 г. Постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О развитии производства сборных железобетонных конструкций и деталей для строительства» применение сборного железобетона на мелиоративных объектах резко возросло и в 1958 г. достигло 172 тыс. м<sup>3</sup>, или 20% общего годового объема бетонных работ в этой области строительства.

В октябре 1958 г. Совет Министров СССР принял специальное постановление «О расширении применения сборных железобетонных конструкций в водохозяйственном строительстве», которое явилось новым этапом в развитии производства и применении сборного железобетона, а также определило задачи и план работ на семилетку (1959—1965 гг.). В нем предусматривалось довести производство сборного железобетона в 1965 г. до 2 млн. м<sup>3</sup> в год.

Фактический объем применения сборных конструкций в мелиоративном строительстве в 1964 г. увеличился до 809 тыс. м<sup>3</sup>, то есть почти в 5 раз по сравнению с 1958 г.

В настоящее время в Советском Союзе из сборного железобетона на мелиоративных системах строятся главным образом массовые гидросооружения с расходом до 10 м<sup>3</sup>/сек, которые составляют 98—99% их общего количества на объектах.

Кроме того, сборный железобетон используют в противофильтрационных целях при облицовке оросительных каналов плитами и для лотков различного сечения.

Применение сборного железобетона на ирригационном строительстве достигает 70%, на осушительных системах — 16%, в обводнении и сельскохозяйственном водоснабжении — 9% и в прочих сооружениях — около 5% общего объема сборных железобетонных конструкций, используемых в мелиоративном строительстве.

В крупных гидросооружениях сборный железобетон применяют в виде отдельных деталей и плит-оболочек в комбинации с монолитным бетоном.

Широкое применение сборного железобетона в мелиоративном строительстве требует максимальной типизации массовых гидросооружений, универсальности и стандартизации их деталей, с сокращением до минимума их видов и типоразмеров. Поэтому строительство сборных гидросооружений осуществляют, как правило, по типовым проектам, с использованием унифицированных деталей (труб, плит, лотков и др.).

Для всех массовых гидросооружений мелиоративного строительства разработаны типовые проекты сборных конструкций из ненапряженного, а для некоторых из них — лотков, акведуков, быстротоков и др. — из напряженного железобетона.

Применение сборных конструкций взамен монолитных в 2—3 раза сокращает потребность в рабочей силе, в связи с чем значительно уменьшается необходимость в жилых и других подсобных зданиях и сооружениях на месте работ.

При заводском изготовлении железобетонных деталей обеспечивается хороший контроль за качеством бетона и укладкой арматуры, что не может быть достигнуто в монолитных сооружениях, выполняемых на месте. Поэтому в действующих нормах СН 55-59 принято, что расчетные коэффициенты запаса прочности для железобетонных элементов в сборных сооружениях разрешается снижать на 10%, а защитный слой — до 2 см против 3—5 см в монолитных конструкциях. Изготовление железобетонных деталей в заводских условиях (с применением металлических виброформ, кассет и проката) позволяет получать элементы сооружений минимальной толщины и высокого качества. Это дает возможность в 1,5—2 раза сократить потребность в материалах, особенно в лесе для опалубочных работ, по сравнению с сооружениями, выполняемыми из монолитного железобетона.

Применение сборных конструкций устраняет сезонность в производстве работ, повышает темпы мелиоративного строительства и тем самым резко сокращает сроки его выполнения. Стоимость строительства сборных железобетонных гидросооружений, как правило, на 10—20% ниже стоимости аналогичных монолитных конструкций, хотя сметная цена 1 м<sup>3</sup> железобетона в деталях заводского изготовления несколько выше.

По действующим типовым проектам стоимость железобетонных деталей и их монтажа составляет от 50 до 70% общей стоимости сборного гидросооружения; затраты же труда на монтаж и замоноличивание железобетонных элементов занимают лишь 5—35%. Следовательно, на другие виды работ по этим сооружениям (земляные, подготовку основания, гидроизоляцию и пр.) затрачивается от 95 до 65% трудовых затрат.

В целом при строительстве массовых сборных гидросооружений из готовых деталей на 1 м<sup>3</sup> железобетона в деле затрачивается от 3 до 8 чел.-дн.

При сравнении стоимости сборных сооружений с монолитными необходимо учитывать не только их объемные показатели, но и эффективность, получаемую за счет сокращения сроков строительства по объекту в целом, а также уменьшение объема работ по подсобно-вспомогательным и жилым зданиям и сооружениям. В условиях близких грунтовых вод строительство гидросооружений с применением сборных конструкций часто упрощает водоотлив и резко сокращает его продолжительность.

На основе обобщения опыта проектирования, строительства и эксплуатации конструкции сборных гидросооружений мелиоративных систем дважды за последнее десятилетие пересматривались и унифицировались с соответствующей переработкой типовых проектов. В результате удельные затраты бетона и металла на одно сооружение и на 1 м<sup>3</sup>/сек его пропускной способности снизились на 20—50%.

Поэтому, сравнивая и анализируя динамику роста применения сборного железобетона в мелиоративном строительстве, необходимо учитывать, что количественное соотношение (в процентах) построенных сборных гидросооружений по годам значительно выше, нежели общее увеличение производства сборного железобетона по объему.

Сокращение фильтрационных потерь воды из оросительных каналов и предохранение орошаемых земель от заболачивания и засоления в последние годы обеспечивается устройством закрытых трубопроводов из асбестоцементных труб и открытых сборных лотковых каналов с использованием железобетонных лотков параболического, полукруглого и других сечений. На таких системах удельный расход сборного железобетона увеличивается в несколько раз и достигает в среднем 4—8 м<sup>3</sup> на 1 га орошаемой площади, а с учетом строительства сооружений, необходимых для освоения новых земель, возрастает еще в 1,5—2 раза.

Так как большинство построенных ранее сборных железобетонных сооружений не отвечает современному техническому уровню, ниже приводятся данные и по объектам, находящимся в стадии строительства.

Сметная стоимость сооружений, которая приводится в технико-экономических показателях, вычислена по нормам 1955 г. в масштабе цен 1961 г. для II группы строек, расположенных в I территориальном районе.

В настоящей работе авторы стремились, по возможности, дать подробную технико-экономическую оценку сборных массовых гидросооружений, а также осветить намечаемые пути унификации и совершенствования их конструкций, технологию заводского изготовления основных типов железобетонных деталей и производство строительно-монтажных работ по наиболее характерным видам сооружений, применяемым в мелиоративном строительстве нашей страны.

## СБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Сборные железобетонные гидротехнические сооружения были впервые применены на строительстве оросительных систем с каналами в земляном русле. Особенно широко они были использованы в сети для орошения 100 тыс. га земель по Нижнему Дону в Ростовской области в 1951—1952 гг. Здесь было построено до 15 тыс. различных сборных гидросооружений, что составило около 95% общего их количества на указанной системе.

В настоящее время сборный железобетон применяют на оросительных системах с лотковыми, облицованными плитами и в земляном русле каналами, а также для систем с закрытыми трубчатыми водоводами.

Некоторые системы, особенно крупные, строятся комбинированными, в зависимости от конкретных местных условий.

Конструкции гидросооружений обладают рядом особенностей, связанных с техникой полива, видом орошаемой культуры, природными условиями и пр.

Различные по назначению сборные гидросооружения на оросительных системах в целях сокращения объема работ и для удобства эксплуатации часто объединяют в специальные узлы (двойники, тройники и т. д.). При этом их компоновка в ряде случаев бывает взаимосвязанной, учитывающей гидравлическую работу отдельных сооружений.

В настоящее время на мелиоративных системах стали применять сборные гидротехнические сооружения из предварительно напряженного железобетона.

Как показывает первый опыт проектирования и строительства таких сооружений, они отличаются от конструкций из обычного железобетона, что также увеличивает число типов и типоразмеров деталей.

Таким образом, основная проблема при проектировании и строительстве сборных гидротехнических сооружений заключается в унификации конструктивных и планировочных решений для каждого вида сооружений и всего их комплекса в целом. Должны унифицироваться заводская технология изготовления железобетонных деталей, а также их формы, применяемые марки бетона и арматуры.

С уменьшением диапазона по расходам между смежными типоразмерами сборных сооружений или модуля (шага) по их длине и высоте увеличивается число типоразмеров и деталей, что позволяет снизить расход железобетона при привязке и строительстве объектов на каналах. Однако себестоимость изготовления многотипных деталей на предприятиях будет выше, а строительство сборных сооружений сложнее и дороже.

Учитывая опыт проектирования типовых сборных сооружений и себестоимость железобетонных деталей, которая на специализированных

предприятиях в среднем на 12—20% ниже, чем на неспециализированных, число типоразмеров различных гидросооружений рекомендуется назначать таким, чтобы расход железобетона по ним снижался на 20—30% (но иногда целесообразно увеличивать эту разницу).

Потребность в гидротехнических сооружениях на оросительных системах зависит от их назначения и пропускаемого расхода воды. При этом, чем меньше сооружение, тем больше его повторяемость. Так, на 1000 га орошаемой площади (под различные культуры, кроме риса) требуется 100—150 водовыпусков для временной сети, а для постоянных каналов необходимо лишь 30—50 остальных гидротехнических сооружений.

Следовательно, самые мелкие конструкции составляют до 77% общего количества всех сооружений на оросительной системе.

Повторяемость сооружений на постоянных каналах (в земляных руслах) зависит от пропускаемого расхода и для крупных оросительных систем (с площадью 25—100 тыс. га) в среднем такова (в процентах):

|            |            |       |                         |         |
|------------|------------|-------|-------------------------|---------|
| сооружения | с расходом | менее | 1,0 м <sup>3</sup> /сек | до 95   |
| »          | »          | »     | 0,8                     | » до 90 |
| »          | »          | »     | 0,5                     | » до 85 |
| »          | »          | »     | 0,4                     | » до 75 |

Следовательно, сооружения с расходом более 1 м<sup>3</sup>/сек составляют лишь около 5% общего их количества на оросительной системе.

В общем числе видов сооружений, применяемых на системах, перегородивающие сооружения (часть с переездом) занимают 16—20%, регуляторы (часть с переездом) — 18—30, перепады и быстротоки (часть из них с переездом и с регулированием расходов воды) — 30—40, мосты и трубы для переездов — 15—20, ливнепропуски и др. — 2—4, дюкеры — 1—2 и акведуки — до 1%.

Сборные железобетонные гидротехнические сооружения состоят из отдельных элементов — изделий, которые называют «детальями» или «блоками». Первый термин относится к простейшим железобетонным изделиям, изготовленным на предприятиях, без замоноличивания с другими конструкциями. «Блоком» называют совокупность нескольких изделий, соединенных на месте изготовления между собой или с металлоконструкциями (затворами и др.).

Современные гидротехнические сооружения могут быть или полностью сборными, или частично монолитными. Степень применения сборного железобетона характеризуется коэффициентом сборности —  $K_{сб}$ , который определяют как частное от деления объема сборного железобетона (в деталях) на общий объем бетона в сооружении (включая и бетонную подготовку).

## СООРУЖЕНИЯ ИЗ НАНАПРЯЖЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

В настоящее время основная часть сборных гидротехнических сооружений выполняется из ненапряженного железобетона и применяется на каналах в земляном русле.

Большинство этих сооружений работает периодически, с небольшими напорами и наполнением перед затворами или на пороге. Так, на оросительных системах первой очереди орошения 100 тыс. га в Ростовской области около 97% всех гидротехнических сооружений имели напор на пороге водослива менее 2,3 м и расход — менее 2,5 м<sup>3</sup>/сек.

Часть сооружений работает только в вегетационный период, причем многие из них используются лишь по несколько дней в месяце (водовыпуски во временную сеть и на распределителях последнего порядка).

В сборных ненапряженных конструкциях применяют бетон, как правило, марки БГТ-200, а для подготовок — марки 100.

Для массовых сборных гидросооружений эти марки были установлены на основании разработки, унификации и технико-экономического сравнения различных проектных решений, а также с учетом производственных возможностей предприятий, изготавливающих железобетонные детали для мелиоративного строительства.

Качество бетона для этих сооружений должно удовлетворять требованиям ГОСТ 4795—59 «Бетон гидротехнический» по прочности, морозостойкости и водонепроницаемости, а также по устойчивости против вредного воздействия агрессивных вод.

Марку гидротехнического бетона выбирают по одной из его основных характеристик или по их совокупности, определяемой конкретными условиями работы сооружений.

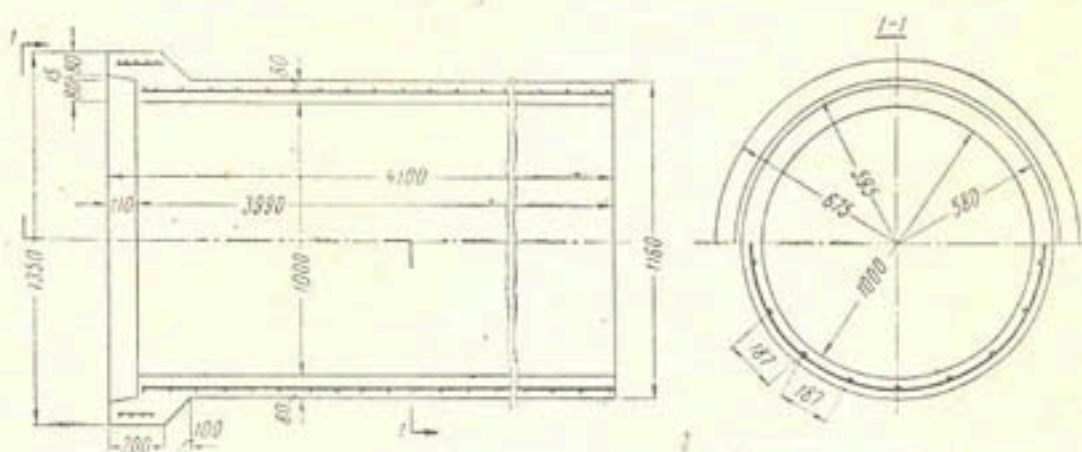


Рис. 1. Конструкция трубы диаметром 1000 и длиной 4100 мм.

Прежде чем перейти к рассмотрению сборных сооружений, применяемых на оросительных системах с каналами в земляном русле, остановимся на конструкции и характеристике основных железобетонных деталей, из которых они монтируются: раструбных труб, Г-образных и швеллерного сечения деталей, плоских и ребристых плит разных размеров и конфигурации, свай.

Кроме них, используются и другие, второстепенные детали — плиты входных оголовков, надолбы, зубья для гасителей потока в нижнем бьефе и др.

**Трубы.** Большинство сборных гидросооружений трубчатого типа (регуляторы, дюкеры, проезды, ливнепроезды и др.) выполняется из малонапорных круглых труб, объем которых в указанных сооружениях достигает 60%.

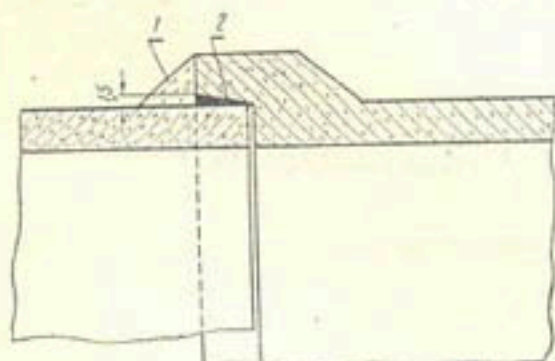


Рис. 2. Деталь стыка труб:  
1 — цементный раствор; 2 — набивка просмоленной паклей.

Типовые проекты ненапряженных труб разработаны институтом Гипроводхоз с внутренним диаметром 50, 60, 80, 100, 120 и 150 см при длине 410 и 210 см с раструбом.

Трубы диаметром 120 и 150 см армированы двойной арматурой, остальные — одиночной. В последнем случае арматура располагается не по центру сечения бетона, а ближе к внутренней образующей, что позволяет снизить

расход металла на 7—10% за счет увеличения расчетной высоты сечения.

Трубы длиной 210 см используют как комплектующие элементы трубчатых сооружений по длине.

Кроме того, в первый период освоения производства труб на отдельных стройках встречаются затруднения при изготовлении более длинных (410 см) элементов.

Конструкция труб показана на рисунке 1, их стыки — на рисунке 2, а основные их показатели приведены в таблице 1.

Таблица 1

| Марка | Внутренний диаметр, см | Длина трубы, см | Толщина стенки, см | Объем бетона, м <sup>3</sup> | Вес трубы, кг | Вес арматурной стали, кг | Содержание стали, в 1 м <sup>3</sup> бетона, кг |
|-------|------------------------|-----------------|--------------------|------------------------------|---------------|--------------------------|-------------------------------------------------|
| ТР-5  | 50                     | 410             | 5                  | 0,384                        | 960           | 22,4                     | 58                                              |
| ТР-6  | 50                     | 210             | 5                  | 0,212                        | 530           | 13,1                     | 68                                              |
| ТР-7  | 60                     | 410             | 5                  | 0,469                        | 1170          | 35,0                     | 75                                              |
| ТР-8  | 60                     | 210             | 5                  | 0,265                        | 660           | 19,7                     | 75                                              |
| ТР-9  | 80                     | 410             | 7                  | 0,859                        | 2089          | 47,4                     | 56                                              |
| ТР-10 | 80                     | 210             | 7                  | 0,456                        | 1140          | 26,1                     | 57                                              |
| ТР-11 | 100                    | 410             | 8                  | 1,174                        | 2935          | 69,1                     | 59                                              |
| ТР-12 | 100                    | 210             | 8                  | 0,634                        | 1575          | 39,5                     | 62                                              |
| ТР-13 | 120                    | 410             | 9                  | 1,586                        | 3970          | 144,8                    | 91                                              |
| ТР-14 | 120                    | 210             | 9                  | 0,860                        | 2150          | 80,6                     | 94                                              |
| ТР-15 | 150                    | 410             | 10                 | 2,185                        | 5470          | 223,0                    | 102                                             |
| ТР-16 | 150                    | 210             | 10                 | 1,170                        | 2930          | 121,0                    | 103                                             |

**Плиты.** При облицовке каналов и в сборных сооружениях (регуляторах с расходом до 1,5 м<sup>3</sup>/сек, быстротоках и др.) часто применяют ненапряженные плоские и ребристые плиты.

Типовые проекты унифицированных ребристых плит из ненапряженного железобетона для крепления нижнего и верхнего бьефов массовых гидросооружений разработаны институтом Гидроводхоз. Основные их показатели приведены в таблице 2, а конструкция — на рисунке 3.

Таблица 2

| Марка | Ширина плиты, см | Длина плиты, см | Объем бетона, м <sup>3</sup> | Вес плиты, кг | Вес арматурной стали, кг | Показатели на 1 м <sup>2</sup> плиты |                  |
|-------|------------------|-----------------|------------------------------|---------------|--------------------------|--------------------------------------|------------------|
|       |                  |                 |                              |               |                          | объем бетона, м <sup>3</sup>         | вес арматуры, кг |
| РП-1  | 50               | 100             | 0,03                         | 75            | 0,94                     | 0,060                                | 1,88             |
| РП-2  | 50               | 200             | 0,057                        | 145           | 2,53                     | 0,057                                | 2,53             |
| РП-3  | 100              | 150             | 0,082                        | 205           | 2,43                     | 0,547                                | 1,65             |
| РП-4  | 100              | 200             | 0,108                        | 271           | 2,87                     | 0,540                                | 1,43             |
| РП-5  | 100              | 300             | 0,161                        | 403           | 4,86                     | 0,537                                | 1,62             |

Эти плиты изготавливают из бетона марки БГТ-200. Ребра толщиной 11 см армируются холодноотянутой проволокой; между ними находится бетон толщиной 3,5 см, без арматуры.

Для оголовков открытых и трубчатых регуляторов, а также быстротоков с расходом до 2 м<sup>3</sup>/сек и открытых регуляторов с расходом до 10 м<sup>3</sup>/сек запроектированы ребристые и плоские плиты с отверстиями. Их конструкция и показатели отличаются от характеристик ребристых плит крепления и приводятся ниже при рассмотрении этих сооружений.

**Г-образные детали.** К третьему, распространенному виду относятся железобетонные детали Г-образного сечения. Их применяют главным образом для стен и оголовков некоторых сборных сооружений: быстротоков, регуляторов, ливнепропусков и др. Конструкция этих деталей показана на рисунке 4, а основные показатели приведены в таблице 3. Их изготавливают из бетона марки 200.

Другие, менее распространенные детали будут рассмотрены ниже при описании сооружений, где они используются.



Таблица 3

| Марка блока | Высота,<br>см | Длина,<br>см | Толщина,<br>см | Объем<br>бетона, м <sup>3</sup> | Вес арма-<br>турной ста-<br>ли, кг | Вес<br>детали, кг | Содержание<br>стали в 1 м <sup>3</sup><br>бетона, кг |
|-------------|---------------|--------------|----------------|---------------------------------|------------------------------------|-------------------|------------------------------------------------------|
| Г-0         | 100           | 400          | 10             | 0,443                           | 35,3                               | 1107              | 78,5                                                 |
| Г-1         | 130           | 400          | 10             | 0,837                           | 57,6                               | 2092              | 68,5                                                 |
| Г-2         | 160           | 400          | 10             | 0,956                           | 66,3                               | 2390              | 69,4                                                 |
| Г-4         | 220           | 300          | 12             | 1,036                           | 94,4                               | 2590              | 91,0                                                 |
| Г-8         | 250           | 300          | 15             | 1,377                           | 132,3                              | 3442              | 97,0                                                 |
| Г-9         | 280           | 300          | 18             | 1,764                           | 163,2                              | 4410              | 93,0                                                 |

## ВОДОВЫПУСКИ

Водовыпуски во временную сеть являются самыми массовыми сооружениями на оросительных системах. Каждый водовыпуск обслуживает 6—10 га орошаемой площади, и поэтому его рассчитывают на пропуск расхода до 150 л/сек.

Преимущественное распространение получили водовыпуски из асбестоцементных труб длиной до 4 м, которые различаются между собой главным образом конструкциями оголовков и затворов. Первые такие водовыпуски были построены в 1951—1962 гг. Ростовдонводстроем на оросительных системах в Ростовской области и снабжены простейшими затворами типа «хлопушка».

В последующем были созданы новые конструкции затворов, над которыми работал ряд проектных организаций и в том числе институт Азгипроводхоз, разработавший затвор с резиновым уплотнением, регулирующим подаваемые через водовыпуск расходы воды. Проект этого водовыпуска утвержден как типовой для расходов воды 50, 100 и 150 л/сек при использовании асбестоцементных труб с внутренним диаметром 29,1; 38,6 и 48,2 см, а бетонных — 30; 40 и 50 см. Такие водовыпуски вместе с затворами изготавливают и монтируют на заводе в виде одного блока, а затем устанавливают на канале.

Основной недостаток асбестоцементных водовыпусков во временную сеть — их хрупкость; они бьются при перевозках и ломаются в процессе эксплуатации при наезде на них тракторов в период выполнения основных сельскохозяйственных работ и очистки каналов.

Для забора воды из оросительных каналов с большими уклонами (от 0,01 до 0,1) институт Грузгипроводхоз в 1958 г. разработал проект трубчатых водовыпусков во временную сеть с приемными оголовками для предварительного гашения энергии потока воды, транспортируемого по распределителю. Эти водовыпуски запроектированы из бетонных труб на расходы воды от 50 до 200 л/сек при двухсторонней подаче во временные оросительные каналы (рис. 5).

Институт Гипроводхоз разработал проект водовыпуска открытого типа, представляющего собой один железобетонный блок-лоток с вертикальными ныряющими стенками и плоским затвором. Его затвор имеет прямоугольную форму, сделан из металла толщиной 2 мм, с резиновой прокладкой, которая прижимается к стенкам водовыпуска при помощи эксцентрично расположенных кулачков ручек затвора. Он обеспечивает хорошее уплотнение и регулирование расхода воды (рис. 6).

Водовыпуски во временную сеть в большинстве случаев не имеют крепления нижнего бьефа, и энергия струи гасится в воронке размыва грунта за трубой или лотком водовыпуска.

Технико-экономические показатели рассмотренных водовыпусков приведены в таблице 4.

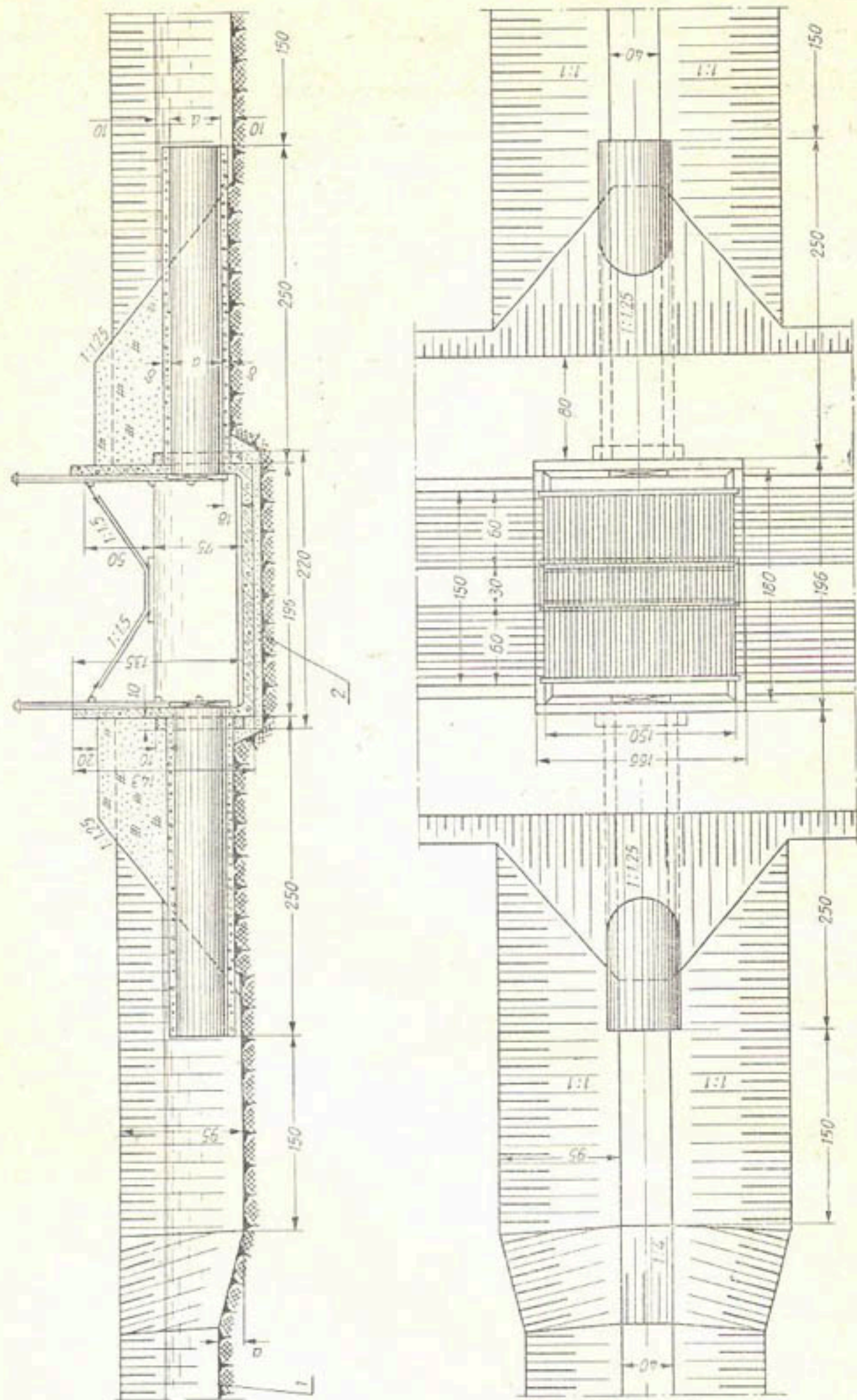


Рис. 5. Водовыпуск во временный ороситель:  
1 — временный ороситель; 2 — гравийная подготовка.





## ОТКРЫТЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ

Открытые регуляторы используют на оросительных системах преимущественно как водовыпуски из каналов и перегораживающие сооружения (с переездом и без него).

Раньше для расходов до  $1,5 \text{ м}^3/\text{сек}$  применялись сборные железобетонные открытые регуляторы лотковой конструкции по типовым проектам Укргипроводхоза, а также мелкоблочные (Узгипроводхоза) и диафрагмовые (Гипроводхоза) регуляторы с плоской вертикальной плитой.

В 1960 г. Пятигорский филиал института Южгипроводхоз разработал проекты лотковых регуляторов на расход воды от  $0,25$  до  $0,50 \text{ м}^3/\text{сек}$ , которые в основном повторяют конструкцию Укргипроводхоза, но имеют гребенку в коробке для перераспределения и гашения скоростей потока; крепление за сооружением отсутствует (рис. 8).

Технико-экономические показатели по этим регуляторам приведены в таблице 5.

Таблица 5

| Размер отверстия                         | Расход, $\text{м}^3/\text{сек}$ | Объем сборного железобетона, $\text{м}^3$ | Вес арматурной стали, кг | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ расхода |               | Сметная стоимость на $1 \text{ м}^3$ бетона в деле, руб. |
|------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------|
|                                          |                                 |                                           |                          |                         | бетон, $\text{м}^3$                                       | затраты, руб. |                                                          |
| $B \times H = 100 \times 100 \text{ см}$ | 0,42                            | 0,93                                      | 42                       | 150                     | 2,22                                                      | 358           | 163                                                      |
| $B \times H = 140 \times 100 \text{ см}$ | 0,59                            | 1,10                                      | 49                       | 170                     | 1,87                                                      | 288           | 154                                                      |

Сооружения состоят из двух типов железобетонных блоков. Подготовка предусматривается из тощего цементного раствора.

По действующим типовым проектам, разработанным институтом Гипроводхоз в 1960 г., конструкция открытых регуляторов без переезда, (рис. 7), на расход воды до  $1,5 \text{ м}^3/\text{сек}$  представляет собой вертикальную железобетонную ребристую плиту (диафрагму) с полкой сверху для прохода персонала, управляющего затворами сооружения (рис. 9).

К диафрагме, имеющей отверстие для пропуска воды, на предприятии или на месте строительства прикрепляют металлическую раму затвора. Нижний и верхний бьефы регулятора крепят часторебристыми железобетонными плитами. В концевых плитах на рисберме (в более крупных сооружениях) оставляют пустоты, которые потом заполняют камнем или крупной галькой.

Технико-экономические показатели основных открытых регуляторов приведены в таблице 6.

Таблица 6

| Шифр сооружения | Расход, $\text{м}^3/\text{сек}$ | Объем сборного железобетона, $\text{м}^3$ | Объем графитовой отсыпки, $\text{м}^3$ | Вес арматурной стали, кг | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ расхода |               | Сметная стоимость на $1 \text{ м}^3$ бетона в деле, руб. |
|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------------------|
|                 |                                 |                                           |                                        |                          |                         | бетон, $\text{м}^3$                                       | затраты, руб. |                                                          |
| РО-40×40        | 0,15                            | 0,37                                      | —                                      | 21                       | 33,9                    | 2,47                                                      | 226           | 92                                                       |
| РО-80×60        | 0,59                            | 1,21                                      | 0,5                                    | 70                       | 125,3                   | 2,06                                                      | 213           | 103                                                      |
| РО-100×100      | 1,44                            | 2,40                                      | 1,0                                    | 138                      | 241,5                   | 1,67                                                      | 168           | 100                                                      |

В каждом сооружении применяется от двух до четырех типоразмеров железобетонных деталей.

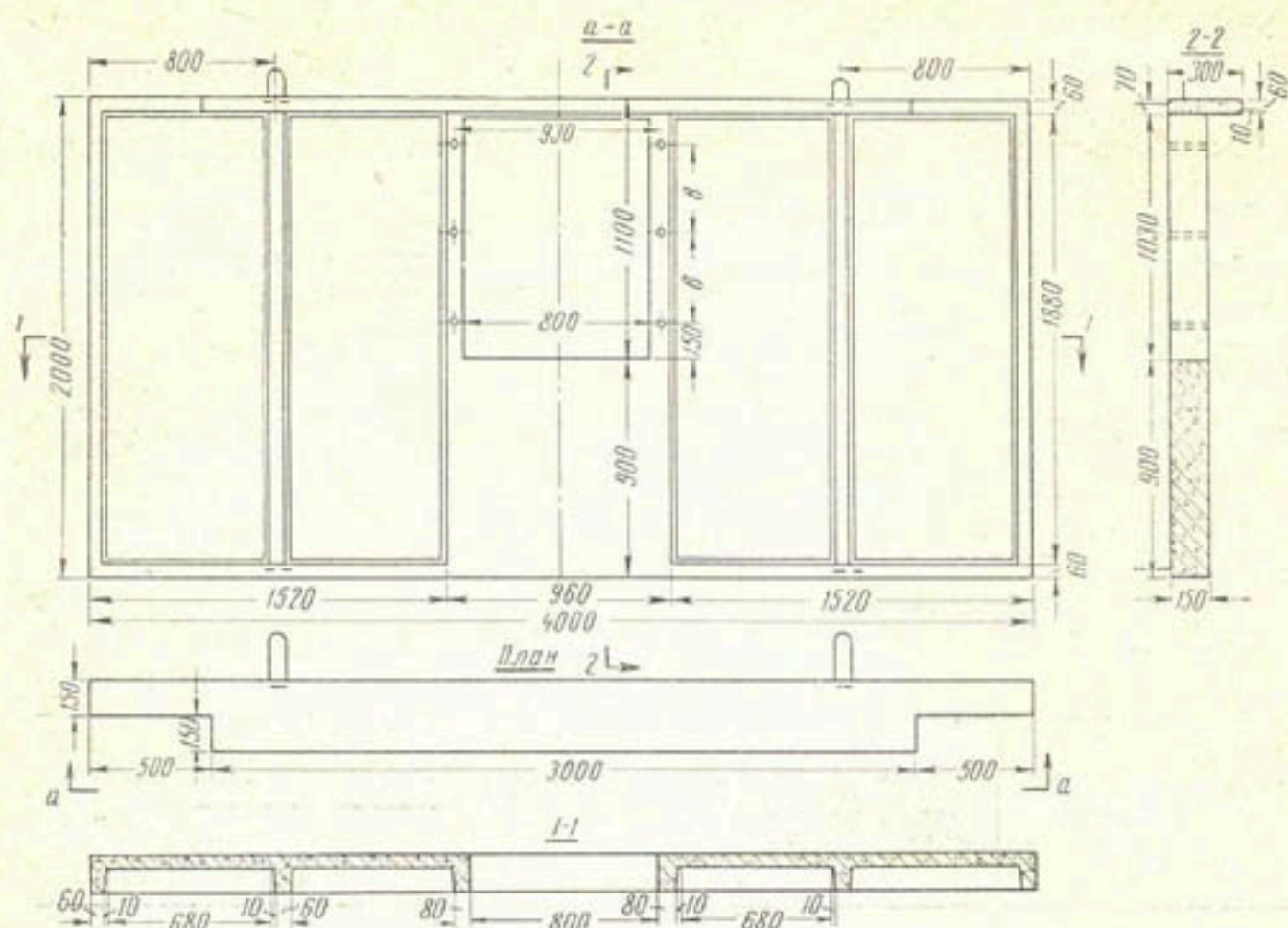


Рис. 9. Диафрагма открытого регулятора.

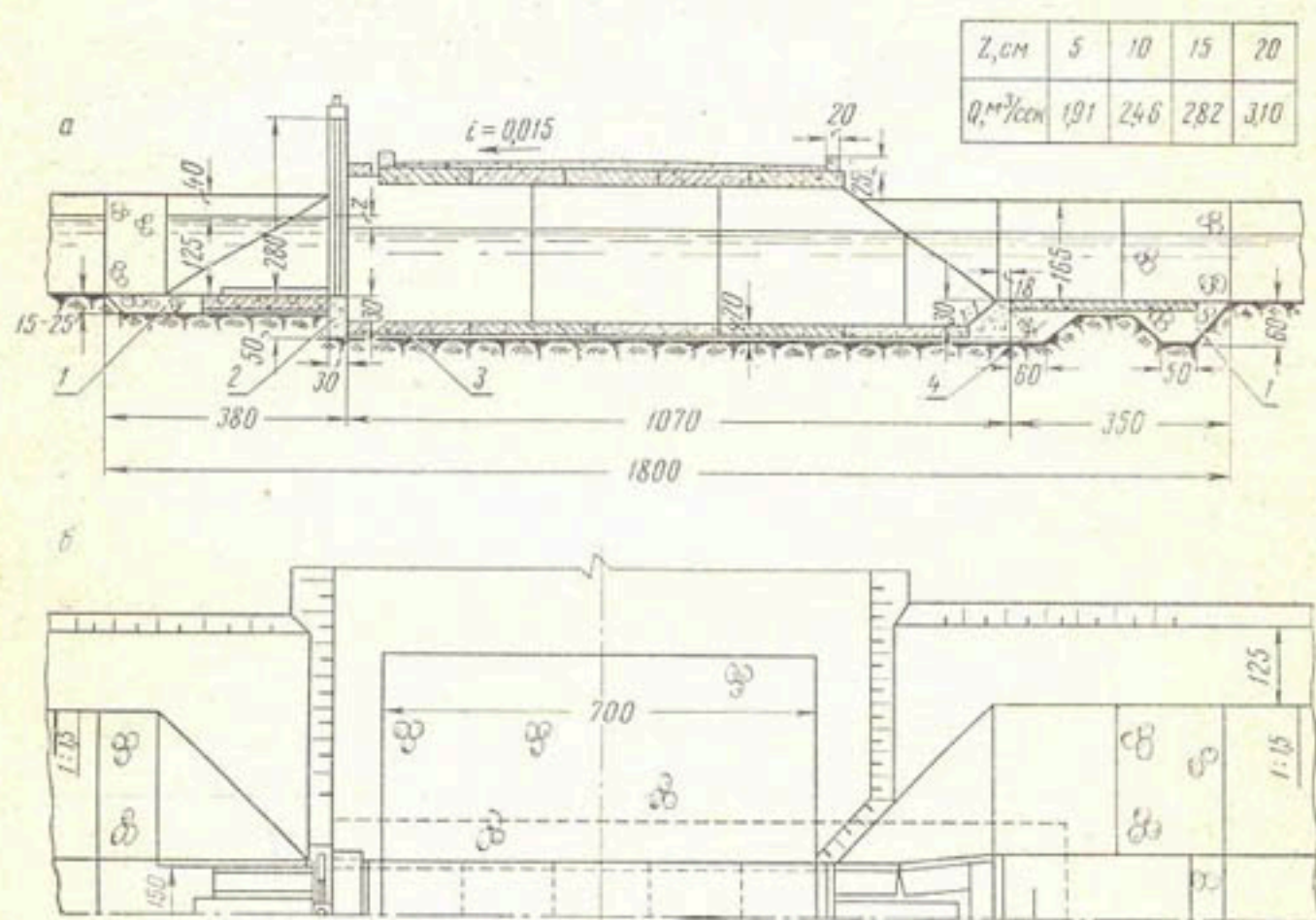


Рис. 10. Открытый регулятор с переездом на расход воды до 3,1 м³/сек (доковой конструкции):

а — продольный разрез; б — план; 1 — укладка камня; 2 — монолитный бетон; 3 — цементный раствор 3 см; 4 — гравийно-песчаный фильтр.

**Открытые регуляторы доковой конструкции.** Сооружения этого типа применяют в основном при расходах воды до  $10 \text{ м}^3/\text{сек}$  для условий, когда нельзя допускать больших потерь напора (свыше 25 см).

Действующие типовые проекты открытых регуляторов были разработаны институтом Гипроводхоз в 1961 г. Они представляют собой коробку прямоугольного сечения, стенки которой выполнены из Г-образных деталей, а входные и выходные оголовки сооружений сделаны в виде ныряющих стенок из скошенных Г-образных деталей.

В головной части сооружения устанавливают и приваривают закладную раму затворов, которую затем замоноличивают бетоном.

Крепление рисбермы и понура выполняют из ребристых плит с укладкой камня в начале и конце сооружения.

Энергия потока в нижнем бьефе сооружения (при пропуске частичных расходов воды по каналу) гасится с помощью колодцев глубиной до 30 см и различных гасителей.

В регуляторах с переездом перекрытие состоит из железобетонных плоских плит (рис. 10).

Стыки Г-образных деталей с донными плитами замоноличивают бетоном, а сами эти детали в вертикальных швах соединяют цементным раствором, заливаемым в специальные пазы.

Технико-экономические показатели основных открытых регуляторов приведены в таблице 7.

В сооружениях без переезда применяют от 6 до 7 типоразмеров, объединяющих от 21 до 28 деталей; в регуляторах с переездом число типоразмеров повышается до 8, куда входит от 29 до 41 детали. Затраты труда на  $1 \text{ м}^3$  бетона в деле для этих сооружений колеблется от 3,3 до 4,4 чел.-дн.

Коэффициент сборности  $K_{сб}$  для открытых регуляторов довольно высок: 0,81—0,86.

Таблица 7

| Шифр<br>сооружения      | Расход,<br>м³/сек | Объем сбор-<br>ного желез-<br>бетона, м³ | Объем моно-<br>литного<br>бетона, м³ | Вес арматур-<br>ной стали, кг | Сметная<br>стоимость,<br>руб. | Удельные показатели<br>на 1 м³/сек расхода |                  | Стоимость<br>1 м³ бетона<br>в деле, руб. |
|-------------------------|-------------------|------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------------------|------------------|------------------------------------------|
|                         |                   |                                          |                                      |                               |                               | бетон, м³                                  | затраты,<br>руб. |                                          |
| Регуляторы без переезда |                   |                                          |                                      |                               |                               |                                            |                  |                                          |
| РО-150×125              | 3,1               | 7,32                                     | 1,23                                 | 593                           | 792,6                         | 2,8                                        | 256              | 93                                       |
| РО-200×150              | 5,4               | 9,74                                     | 1,74                                 | 737                           | 1179,9                        | 2,1                                        | 218              | 103                                      |
| РО-2×200×150            | 10,3              | 13,92                                    | 2,94                                 | 1377                          | 1786,9                        | 1,6                                        | 174              | 106                                      |
| Регуляторы с переездом  |                   |                                          |                                      |                               |                               |                                            |                  |                                          |
| РОП-150×125             | 3,1               | 12,61                                    | 2,46                                 | 1091                          | 1299,1                        | 4,9                                        | 419              | 86                                       |
| РОП-200×150             | 5,4               | 15,01                                    | 3,16                                 | 1179                          | 1668,8                        | 3,4                                        | 309              | 92                                       |
| РОП-2×200×150           | 10,3              | 25,66                                    | 5,97                                 | 2943                          | 2810,3                        | 3,1                                        | 273              | 89                                       |

Из таблицы 7 видно, что на регуляторы с переездом расходуется бетона в 1,7 раза больше, чем без переезда, с соответствующим увеличением затрат в 1,5 раза и снижением на 12% стоимости  $1 \text{ м}^3$  бетона в деле.

В этих сооружениях применены новые типы деталей, в частности плоские плиты перекрытия для переезда (рис. 11), основные показатели которых приведены в таблице 8. Для изготовления этих деталей принят бетон марки БГТ-200.

При сравнении показателей открытых регуляторов с переездом и без него, но с трубой для переезда, установлено, что в совмещенных сооружениях расход бетона уменьшается на 6—12%, стали — на 9—26%, а стоимость строительства снижается на 1—5% при сокращении типоразмеров деталей на 27%.

| Марка детали | Основные размеры, см |        |         | Объем бетона, м³ | Вес арматурной стали, кг | Вес детали, кг | Содержание стали в 1 м³ бетона, кг |
|--------------|----------------------|--------|---------|------------------|--------------------------|----------------|------------------------------------|
|              | длина                | ширина | толщина |                  |                          |                |                                    |
| П-1          | 180,0                | 150,0  | 16,0    | 0,40             | 33                       | 1000           | 83                                 |
| П-4          | 480,0                | 125,0  | 22,0    | 1,28             | 176                      | 3188           | 138                                |

Для измерения расходов воды, пропускаемой через открытые регуляторы с верхнего и нижнего бьефов, устанавливают водомерные рейки и производят тарировку сооружений с замерами расходов гидрометрическими приборами.

В настоящее время в Голодной степи построено несколько водомерных открытых регуляторов со специальными приставками на входе и

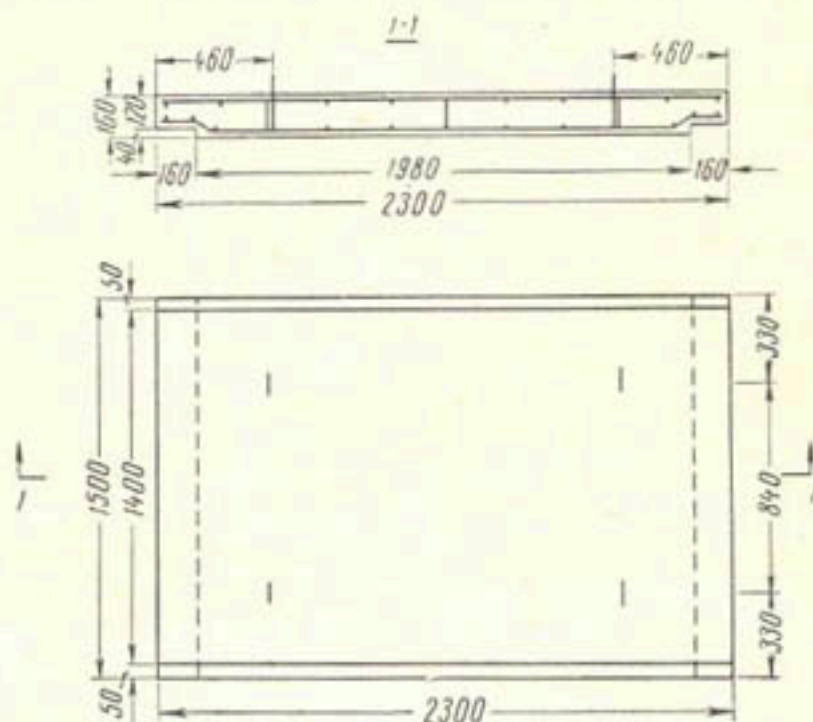


Рис. 11. Плита перекрытия для переезда через открытый регулятор.

расходомерами (конструкции Ташкентского института водных проблем и гидротехники).

Многочисленные обследования открытых регуляторов из сборного железобетона показали, что большинство из них работает удовлетворительно, но в некоторых случаях наблюдались размывы за рисбермой, которые в основном были вызваны высокой посадкой сооружений или неравномерным открытием двухочковых регуляторов, что вело к возникновению сбойности потока в нижнем бьефе.

#### ЗАКРЫТЫЕ (ТРУБЧАТЫЕ) РЕГУЛЯТОРЫ

На оросительных системах наиболее часто используют трубчатые регуляторы из сборного железобетона на расходы воды до 10 м³/сек. Их применяют при наличии повышенных напоров и колебаний горизонтов перед сооружением и, как правило, устраивают с переездом.

Типовые проекты этих регуляторов составлены Гипроводхозом на расходы воды до 10 м³/сек для напоров до 2,5 м при разности горизонтов в нижнем и верхнем бьефах до 1 м (в сооружениях с переездом) и на расходы до 1,8 м³/сек при разности уровней до 0,4 м для напоров до 1,5 м (в сооружениях без переезда).

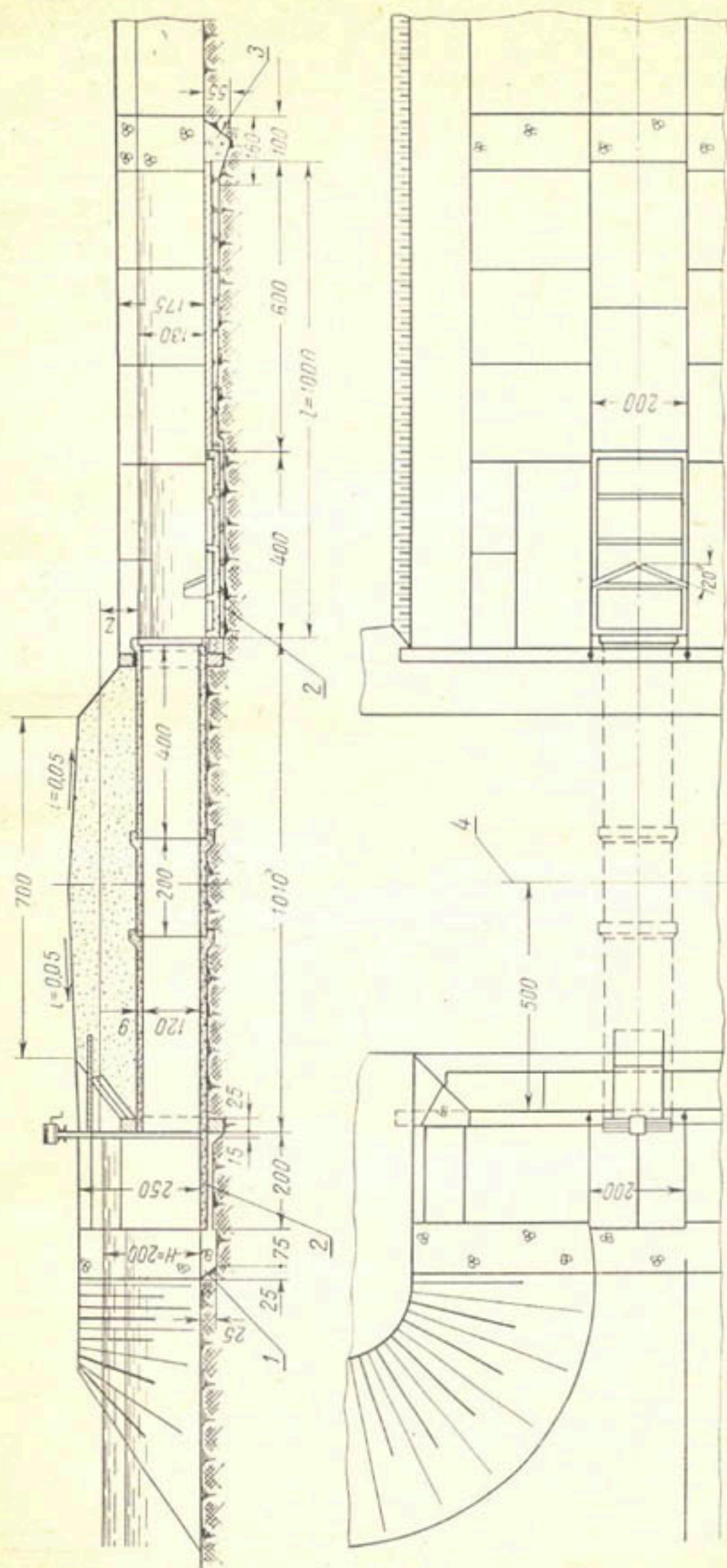


Рис. 12. Трубчатый одноотворный регулятор с переездом на расход воды до 3,5 м³/сек:  
 1 — граничная отсыпка; 2 — граничная подготовка; 3 — каменная наброска; 4 — ось проезжей части.

Наибольший интерес представляют трубчатые регуляторы с пере-  
сздом — одноочковые и двухочковые — из круглых безнапорных труб  
длиной 4,1 и 2,1 м и диаметром от 50 до 150 см. Входной и выходной  
оголовки регуляторов, а также крепление откосов выполняют из ребри-  
стых плит. Сооружения рас-  
считаны на проезд автотран-  
спорта и сельхозмашин при  
ширине проезжей части 7 м.  
Конструкция такого регуля-  
тора показана на рисунке 12.

Для лучшего гашения по-  
тока в нижнем бьефе на  
рисберме сооружений с тру-  
бами диаметром 120 и 150 см  
устанавливают под углом  
по две направляющие стен-  
ки; кроме того, во всех типо-  
размерах регуляторов пре-  
дусмотрен небольшой водо-  
бойный колодец глубиной до  
30 см. Для оголовков приме-  
няют железобетонные дета-  
ли, конструкция которых по-  
казана на рисунке 13.

Типовые проекты трубча-  
тых регуляторов разработа-  
ны и для их работы на ма-  
гистральных каналах с водо-  
забором до 2 м<sup>3</sup>/сек и напор-  
ом до 2,5 м. Такие соору-  
жения отличаются от обык-  
новенных регуляторов в основном  
конструкцией входного оголовка, который выдвинут в магистральный  
канал и представляет собой небольшую башню, оборудованную затвором  
и решеткой для защиты отверстия от засорения (рис. 14).

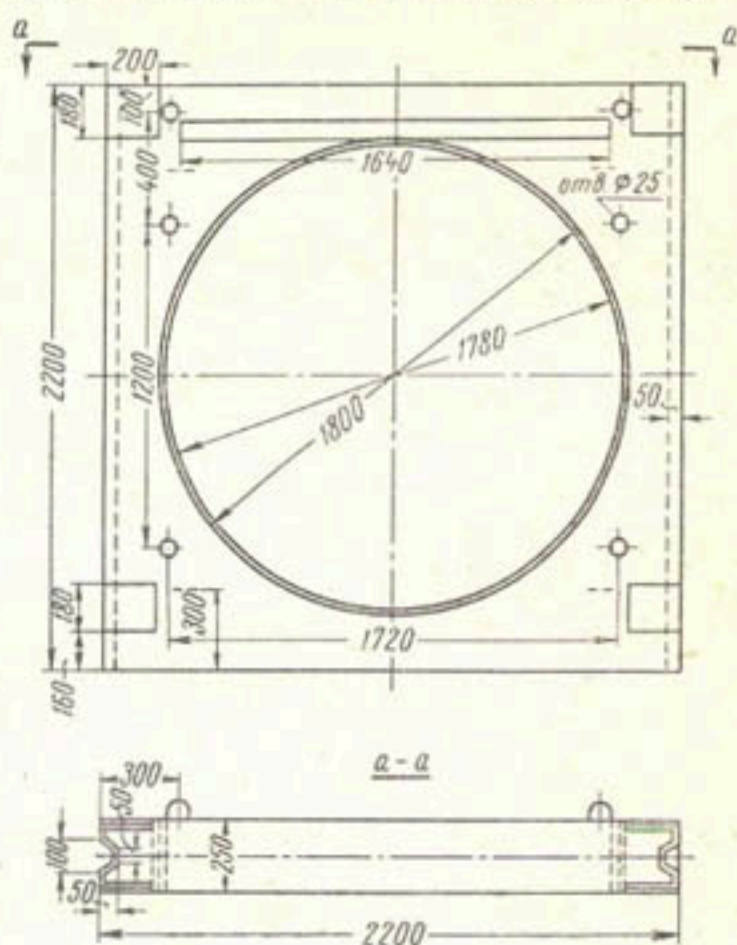


Рис. 13. Деталь входного оголовка трубчатого регулятора.

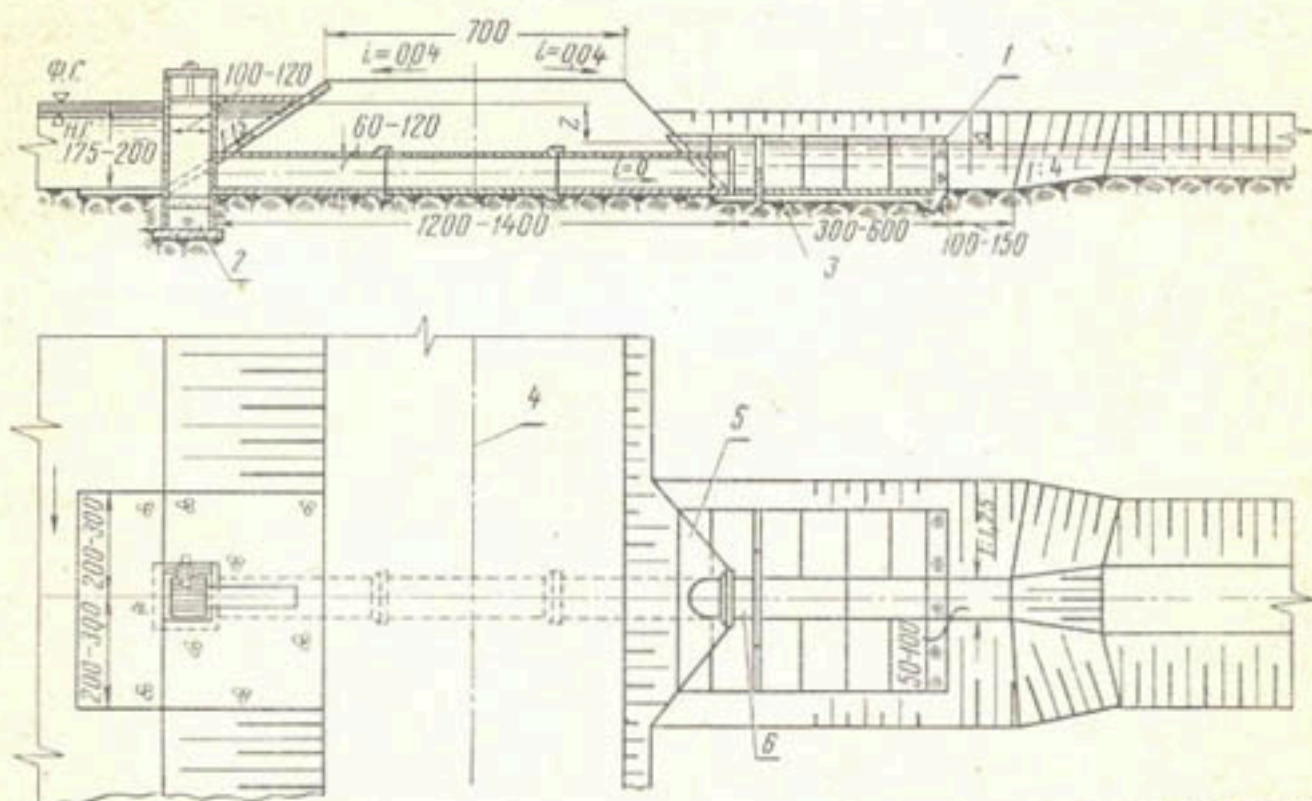


Рис. 14. Трубчатый водовыпуск из магистрального канала на расход воды до 2,5 м<sup>3</sup>/сек:  
1 — каменная отсыпка; 2 — заполнение камнем и песком; 3 — гравийная подготовка; 4 — ось соору-  
жения; 5 — каменная отсыпка на цементном растворе; 6 — монолитный бетон БГТ-100.

Технико-экономические показатели по трубчатым регуляторам для наиболее характерных типоразмеров приведены в таблице 9.

Таблица 9

| Шифр сооружения                                | Расход,<br>м³/сек | Объем<br>сборного<br>железобе-<br>тона, м³ | Объем<br>монолит-<br>ного бето-<br>на, м³ | Вес<br>арматур-<br>ной стали,<br>кг | Сметная<br>стоимость,<br>руб. | Удельные по-<br>казатели на<br>1 м³/сек<br>расхода |                    | Стои-<br>мость<br>на 1 м³<br>бетона<br>в деле,<br>руб. |
|------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------|
|                                                |                   |                                            |                                           |                                     |                               | бетон,<br>м³                                       | затра-<br>ты, руб. |                                                        |
| Трубчатые регуляторы с переездом               |                   |                                            |                                           |                                     |                               |                                                    |                    |                                                        |
| РТП-60-125                                     | 0,51              | 2,9                                        | 0,43                                      | 191                                 | 330                           | 6,48                                               | 650                | 99                                                     |
| РТП-150-250                                    | 4,70              | 22,5                                       | 0,34                                      | 2060                                | 2450                          | 4,87                                               | 520                | 107                                                    |
| РТП-2-150-250                                  | 9,30              | 33,1                                       | 0,70                                      | 3303                                | 3750                          | 3,64                                               | 400                | 111                                                    |
| Трубчатые водовыпуски из магистральных каналов |                   |                                            |                                           |                                     |                               |                                                    |                    |                                                        |
| ТВМП-1                                         | 0,85              | 3,35                                       | 0,06                                      | 216                                 | 487                           | 4,03                                               | 573                | 140                                                    |
| ТВМП-6                                         | 2,30              | 10,10                                      | 0,59                                      | 764                                 | 1284                          | 4,65                                               | 558                | 120                                                    |

Коэффициент сборности этих сооружений колеблется от 0,82 до 0,98.

Такие водовыпуски построены на Нижне-Донском и Азовском каналах в Ростовской области и на некоторых других оросительных системах.

Трубчатые регуляторы используют и как водомерные сооружения. Существуют трубчатые водомеры с коническими железобетонными насадками типа САНИИРИ, на которых установлены водомерные приборы, позволяющие измерять расходы или сток протекающей через сооружение воды. Их применяли для пропуска расходов воды менее 2 м<sup>3</sup>/сек при напорном режиме.

В 1963 г. институт Гипроводхоз разработал новые проекты трубчатых водомеров-регуляторов (рис. 15), которые состоят из трех основных частей: верхнего оголовка, водопроводящей части под земляным полотном дороги и сливной части. В соответствии с назначением сооружения верхний оголовок имеет водомерный узел и регулирующее устройство. В состав узла входят водомерная приставка с прямым входом и шахта, которая состоит из одного или двух звеньев железобетонных круглых труб общей длиной (1,5—4) D и водомерного колодца из асбестоцементной трубы диаметром 350 мм. Этот колодец сообщается с верхним бьефом и приставкой. Для измерения расходов воды (до 2 м<sup>3</sup>/сек) в колодце установлен специальный прибор марки ДРС-60, работа которого основана на перепаде давлений в колодце и трубе.

Типовые проекты трубчатых регуляторов составлены институтом Средазгипроводхлопок в 1962 г. на расходы воды до 10 м<sup>3</sup>/сек для напоров до 2,5 м при разности горизонтов воды в нижнем и верхнем бьефах до 70 см. В сооружениях использованы трубы круглого сечения длиной 2 м и диаметром 100, 120 и 150 см (без переезда и с ним) при ширине проезжей части 6,5 м (рис. 16).

Входной оголовок представляет собой колодец прямоугольного сечения с ныряющими стенками. Откосы за боковыми стенками закреплены гравийной отсыпкой на ширине 40 см. В конце водопроводящей части сооружения имеется гаситель типа САНИИРИ в виде трубчатого насадка со специальным вырезом, представляющим полуцилиндр с полукруглым бортом на конце.

Трапецеидальный слив с заложением откосов 1,75 закреплен железобетонными ребристыми плитами на длине, равной одному диаметру трубы, а по откосу — на высоту 0,5 D трубы. В конце слива устраивают зуб из гравийной отсыпки, которая сопрягается с каналом в земляном

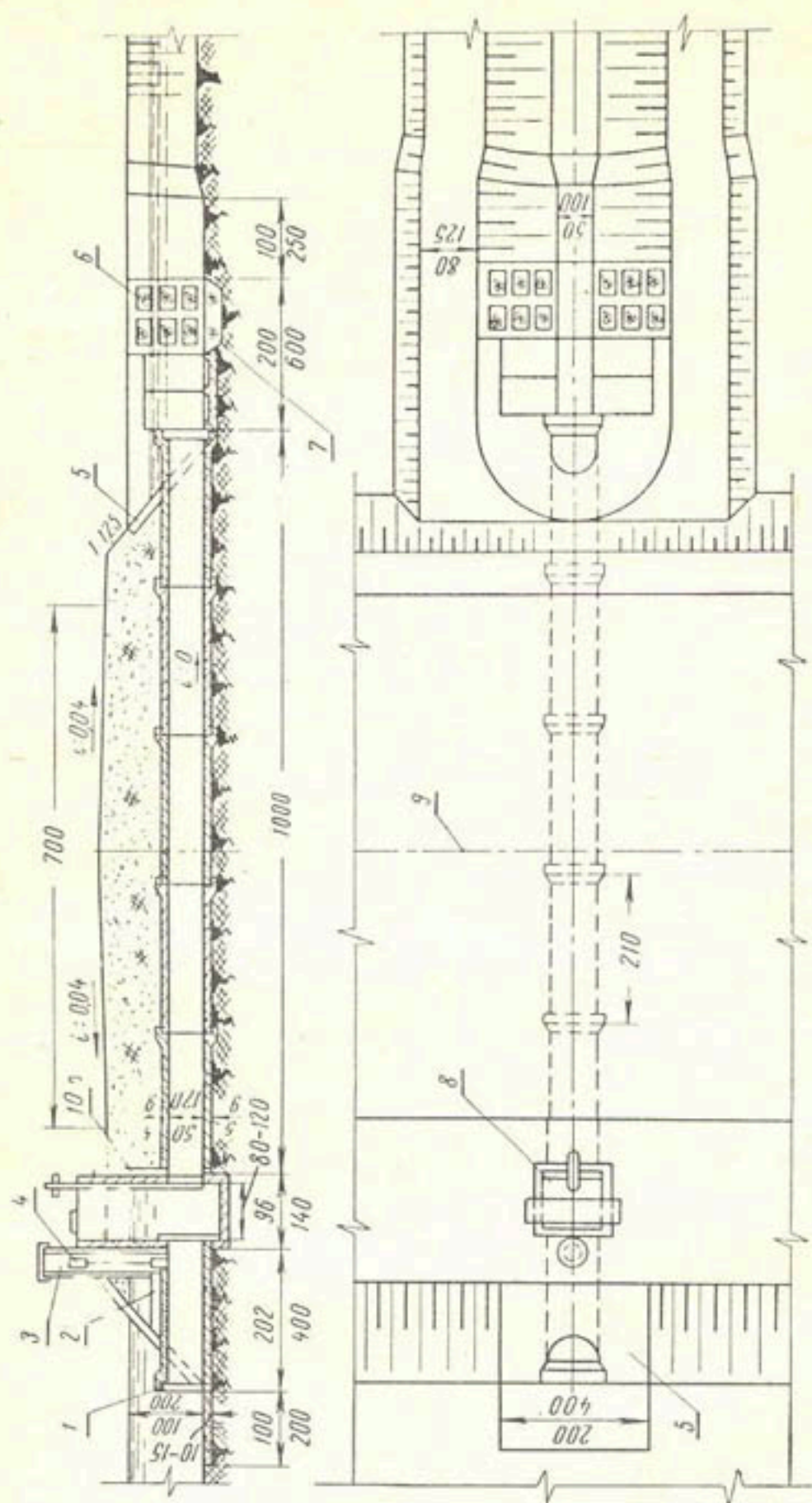


Рис. 15. Трубчатый водомер-регулятор на расход воды до  $2 \text{ м}^3/\text{сек.}$

1 — решетка; 2 — трубка  $D=10 \text{ см.}$ ; 3 — водомерный колодец; 4 — динамический расходоуказатель; 5 — гравийная отсыпка с трамбовкой, на цементном растворе; 6 — засыпка ячеек гравием; 7 — шахта; 8 — гравийная отсыпка; 9 — ось, проезжей части; 10 — аэрационная трубка.

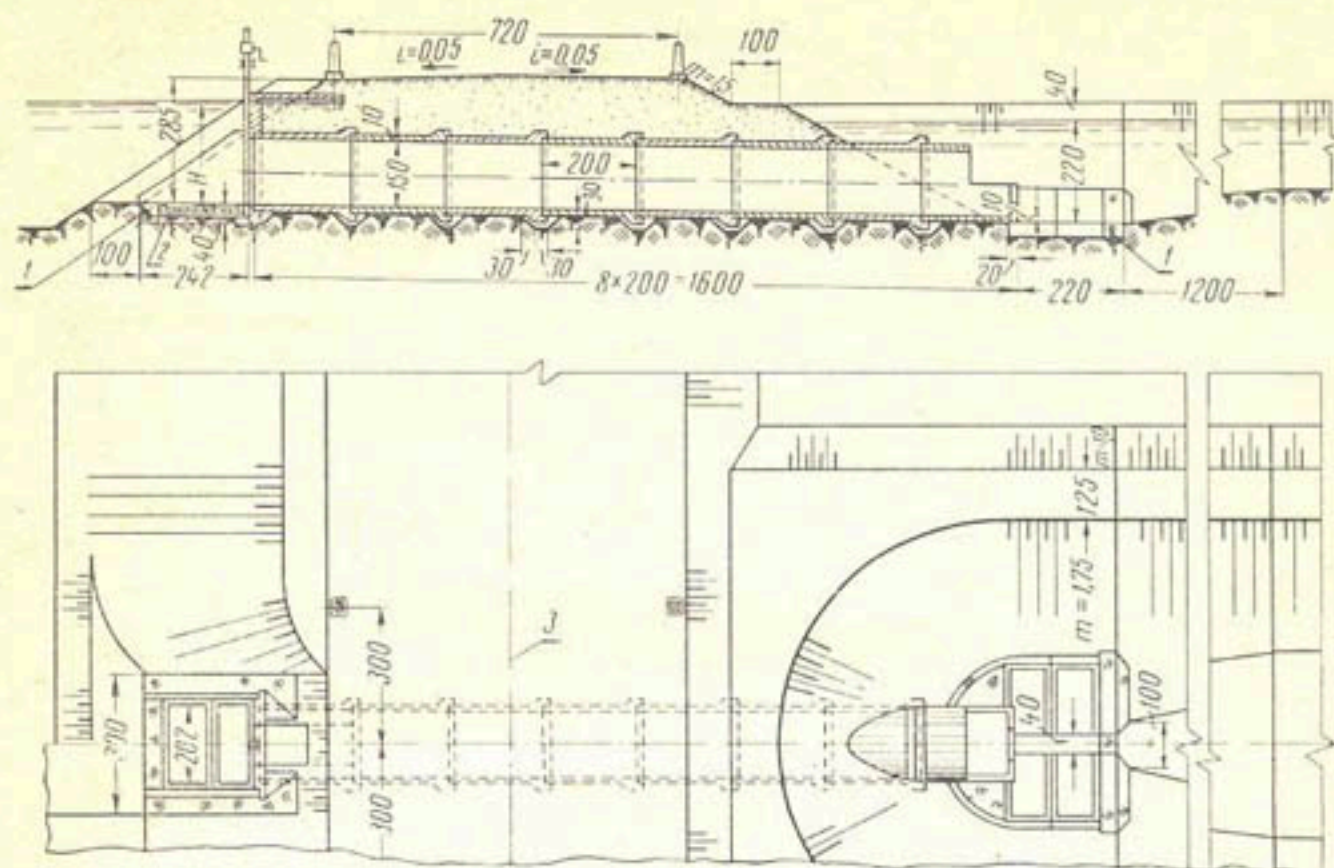


Рис. 16. Трубчатый регулятор с насадком для гашения скоростей на выходе:  
1 — гравийная отсыпка; 2 — подливка цементным раствором; 3 — ось дороги.

русле. Техничко-экономические показатели по этим регуляторам для наиболее характерных типоразмеров приведены в таблице 10.

Таблица 10

| Шифр сооружения | Расход,<br>м <sup>3</sup> /сек | Объем<br>сборного<br>железобе-<br>тона, м <sup>3</sup> | Сбъем<br>монолит-<br>ного бето-<br>на, м <sup>3</sup> | Вес арма-<br>турной<br>стали, кг | Сметная<br>стоимость,<br>руб. | Удельные по-<br>казатели на<br>1 м <sup>3</sup> /сек<br>расхода |                    | Стои-<br>мость<br>из 1 м <sup>3</sup><br>бетона<br>в деле,<br>руб. |
|-----------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                 |                                |                                                        |                                                       |                                  |                               | бетон,<br>м <sup>3</sup>                                        | затра-<br>ты, руб. |                                                                    |

#### Регуляторы трубчатые без переезда

|         |       |       |      |      |      |      |     |     |
|---------|-------|-------|------|------|------|------|-----|-----|
| РТ-1,5  | 1,53  | 2,79  | 0,10 | 160  | 392  | 1,82 | 256 | 135 |
| РТ-2,5  | 2,53  | 4,47  | 0,23 | 384  | 657  | 1,76 | 258 | 140 |
| РТ-5,0  | 5,06  | 7,14  | 0,34 | 717  | 989  | 1,41 | 196 | 132 |
| РТ-10,0 | 10,12 | 14,24 | 0,53 | 1431 | 1932 | 1,41 | 191 | 131 |

#### Регуляторы трубчатые с переездом

|          |       |       |   |      |      |      |     |     |
|----------|-------|-------|---|------|------|------|-----|-----|
| РТП-1,5  | 1,48  | 4,89  | — | 302  | 595  | 3,30 | 400 | 122 |
| РТП-2,5  | 2,49  | 6,39  | — | 568  | 835  | 2,56 | 336 | 132 |
| РТП-5,0  | 5,02  | 9,68  | — | 981  | 1236 | 1,93 | 248 | 128 |
| РТП-10,0 | 10,04 | 19,08 | — | 1937 | 2336 | 1,91 | 224 | 122 |

В регуляторах используется от четырех до шести типоразмеров, объединяющих от 7 до 39 деталей весом 205—3000 кг. Коэффициент сборности в этих регуляторах — 0,96—1.

Работа нижнего бьефа в регуляторах изучена еще недостаточно. На основании проведенных в 1962 г. наблюдений за работой нескольких таких сооружений установлено, что глубина воды на сливе должна быть не менее 1,3 и 1,5 диаметра труб выходного оголовка соответственно в обычных регуляторах и в регуляторах с перепадом.

Сравнивая проекты Гипроводхоза и Средазгипроводхлопка, можно отметить, что для последних характерны более низкая сметная стоимость и меньший расход железобетона на все сооружение и на 1 м<sup>3</sup>/сек пропускной способности. Эти качества достигнуты за счет сокращения крепления нижнего бьефа и длины проезжей части сооружения до 6,5 м.

Трубчатые регуляторы (с некоторыми небольшими конструктивными изменениями) используют и на системах лиманного орошения. Их основное отличие от регуляторов на обычных оросительных каналах состоит в том, что наполнение лиманов у сооружений невелико и требуются дополнительные конструктивные меры для гашения потока в нижнем бьефе. Типовые проекты таких сооружений были разработаны институтом Ленгипроводхоз. В них предусмотрены заглубленная посадка регуляторов и расширяющаяся рисберма. Затворы двухстороннего действия позволяют после заполнения лиманов держать отверстия сооружений закрытыми при подтоплении их с нижнего бьефа.

## ПЕРЕПАДЫ И БЫСТРОТОКИ

Для сопряжения каналов, находящихся на разных уровнях, применяют быстротоки и перепады различной конструкции. В настоящее время такие сооружения выполняют сборными, открытого и закрытого типа, с переездом и без него, на расходы воды в основном до 10 м<sup>3</sup>/сек и с падением до 5 м.

**Быстротоки открытого типа на расход воды до 1,5 м<sup>3</sup>/сек и падением до 2 м.** Эти сооружения по типовым проектам Гипроводхоза представляют собой открытый лоток, без переезда, трапецидального сечения, с одиночным заложением откосов; перед водоскатом установлена диафрагма (как в открытых регуляторах). В сооружениях, где требуется регулирование расхода или напора, эту диафрагму оборудуют металлическими затворами (рис. 17).

Понур и сливную часть сооружения крепят ребристыми плитами, часть которых на конце слива имеет между ребрами пустоты, заполненные крупной галькой и булыжником. Для улучшения гашения потока в нижнем бьефе по дну сливной части устанавливают гасители в виде специальных зубьев.

Отверстия этих сооружений шириной 40; 60; 80 и 100 см имеют перед затворами такие же напоры, а падения соответственно 0,5; 1,0; 1,5 и 2 м.

Технико-экономические показатели для трех характерных типоразмеров (на расход до 1,5 м<sup>3</sup>/сек) приведены в таблице 11.

Таблица 11

| Шифр сооружения        | Расход, м <sup>3</sup> /сек | Объем сборного железобетона, м <sup>3</sup> | Объем монолитного бетона, м <sup>3</sup> | Вес арматурной стали, кг | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на 1 м <sup>3</sup> /сек расхода |               | Стоимость на 1 м <sup>3</sup> бетона в деле, руб. |
|------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------|
|                        |                             |                                             |                                          |                          |                         | бетон, м <sup>3</sup>                                | затраты, руб. |                                                   |
| БРО-40×40<br>(P=2 м)   | 0,15                        | 1,75                                        | 0,35                                     | 72                       | 171                     | 14,0                                                 | 1140          | 81,6                                              |
| БРО-80×60<br>(P=2 м)   | 0,59                        | 3,77                                        | 0,59                                     | 132                      | 362                     | 7,4                                                  | 614           | 83,2                                              |
| БРО-100×100<br>(P=2 м) | 1,49                        | 5,53                                        | 0,57                                     | 221                      | 541                     | 4,1                                                  | 364           | 88,8                                              |

В каждое сооружение входят 5—6 типоразмеров железобетонных деталей, а общее их число колеблется от 18 до 51. Коэффициент сборности равен 0,83—0,91.

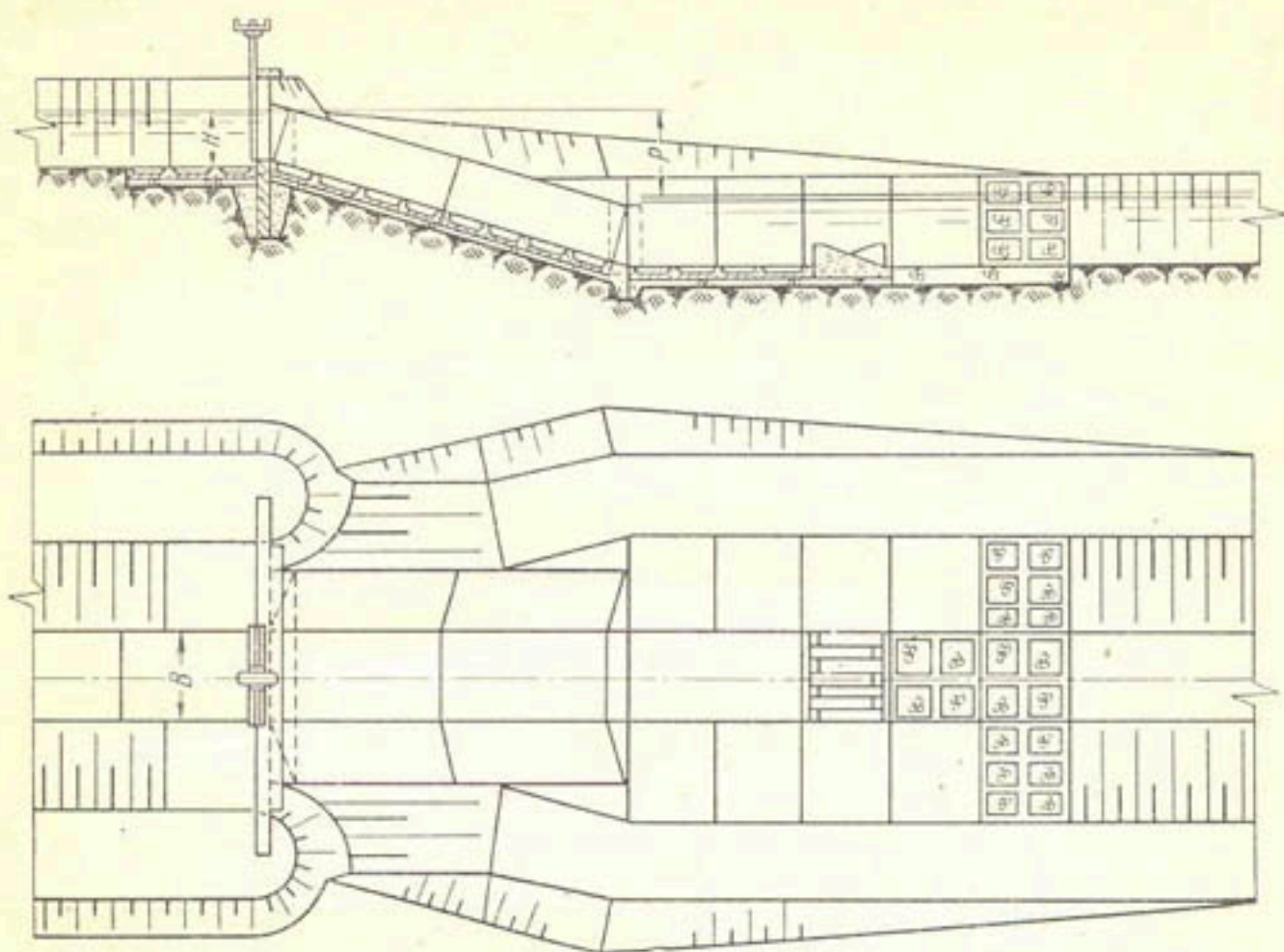


Рис. 17. Открытый быстроток из ребристых плит на расход до  $1,5 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

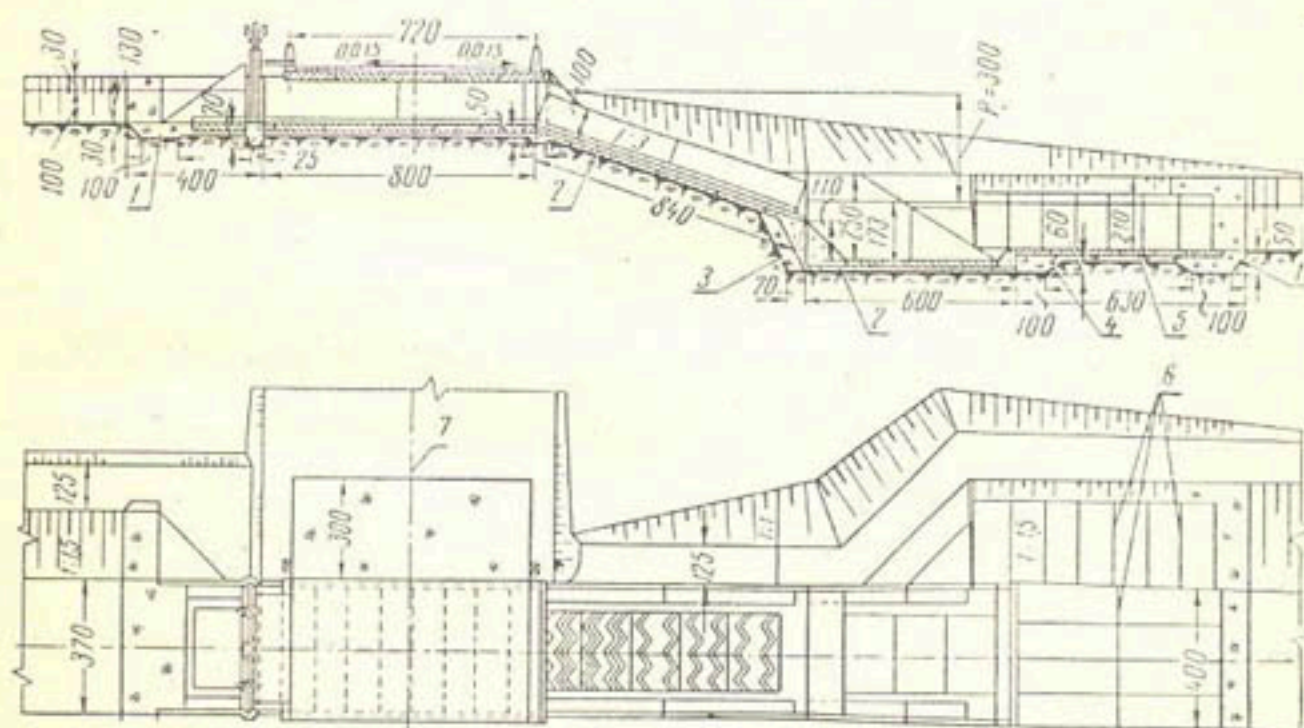


Рис. 18. Быстроток-регулятор с переездом на расход воды до  $5,5 \text{ м}^3/\text{сек}$  с падением 3 м:  
 1 — гравийная отсыпка; 2 — бетонная подготовка; 3 — гравийно-песчаная отсыпка фильтра; 4 — гравийно-песчаная отсыпка; 5 — гравийная подготовка; 6 — швы, не залитые цементным раствором;  
 7 — ось проезжей части.

Открытые быстротоки на расход воды до  $10 \text{ м}^3/\text{сек}$  с падением до 5 м. Эти сооружения (по типовым проектам института Гипроводхоз) представляют собой лотки прямоугольного сечения, стенки которых выполняются из Г-образных деталей с петлевыми выпусками арматуры, которые замоноличиваются с дном.

Входная часть запроектирована по типу ныряющих стенок. Между ее блоками в быстротоках-регуляторах замоноличивают закладную металлическую раму для затворов.

Дно водоската имеет повышенную шероховатость за счет установки специальных гасителей. Рисберму трапецеидального сечения с полукруглым заложением откосов закрепляют ребристыми плитами (рис. 18).

Отверстия этих быстротоков имеют ширину 1,5 и 2 м — для одноочковых и 3 и 4 м (с раздельной стойкой) для двухочковых сооружений. Напоры воды на пороге перед затворами принимают равными 1 и 1,25 м, а падения — 1, 2, 3, 4 и 5 м.

Технико-экономические показатели для наиболее характерных типовых размеров открытых быстротоков на расходы воды до  $10 \text{ м}^3/\text{сек}$  (с переездом) приведены в таблице 12.

Таблица 12

| Шифр сооружения                         | Расход,<br>$\text{м}^3/\text{сек}$ | Объем<br>сборного<br>железобетона,<br>$\text{м}^3$ | Объем<br>монолитного<br>бетона,<br>$\text{м}^3$ | Вес<br>арматурной<br>стали,<br>кг | Сметная<br>стоимость,<br>руб | Удельные показатели на<br>$1 \text{ м}^3/\text{сек}$ расхода |                  | Стоимость на $1 \text{ м}^3$ бетона в деле, руб. |
|-----------------------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------|--------------------------------------------------|
|                                         |                                    |                                                    |                                                 |                                   |                              | бетон,<br>$\text{м}^3$                                       | затраты,<br>руб. |                                                  |
| БРОП-150×100                            | 2,3                                | 16,1                                               | 3,7                                             | 1194                              | 1740                         | 8,6                                                          | 756              | 88,0                                             |
| БРОП-2×200×<br>×125 ( $P=1 \text{ м}$ ) | 10,0                               | 35,3                                               | 6,8                                             | 3539                              | 3500                         | 4,2                                                          | 350              | 83,3                                             |
| БРОП-150×100                            | 2,3                                | 17,2                                               | 4,4                                             | 1286                              | 1920                         | 9,4                                                          | 835              | 89,0                                             |
| БРОП-2×200×<br>×125 ( $P=3 \text{ м}$ ) | 10,0                               | 40,3                                               | 11,2                                            | 3913                              | 4200                         | 5,1                                                          | 420              | 72,7                                             |
| БРОП-150×100                            | 2,3                                | 20,5                                               | 4,5                                             | 1534                              | 2280                         | 10,8                                                         | 992              | 91,3                                             |
| БРОП-2×200×<br>×125 ( $P=5 \text{ м}$ ) | 10,0                               | 54,0                                               | 11,6                                            | 4748                              | 5280                         | 6,6                                                          | 528              | 80,6                                             |

В каждом сооружении имеется 9—10 типоразмеров и 45—81 железобетонная деталь. Затраты труда на строительство таких быстротоков составляют от 84 до 247 чел.-дн. Коэффициент сборности этих сооружений равен 0,80—0,85.

Для быстротоков-регуляторов без переезда удельные показатели по стоимости на 24—32% ниже, чем для сооружений с переездом.

Сборные быстротоки открытого типа построены на многих оросительных системах Средней Азии, Поволжья, Северного Кавказа, Украины и других районов страны.

Шахтные перепады на расход воды до  $5 \text{ м}^3/\text{сек}$  с падением до 4 м (по типовым проектам института Гипроводхоз) представляют собой прямоугольную шахту, в верхней части которой имеется сливное отверстие. К нижней части шахты примыкают одна или две круглые трубы. В конце трубы, на выходе, предусмотрен специальный трубчатый гаситель типа САНИИРИ. Рисберму крепят ребристыми плитами (рис. 19).

Сооружения запроектированы с переездом для падений 2; 3 и 4 м и напоров перед водосливом от 0,85 до 1,25 м.

Технико-экономические показатели для наиболее характерных типовых размеров шахтных перепадов приведены в таблице 13.

В каждое сооружение входит 8—9 типоразмеров, включающих от 17 до 40 железобетонных деталей. Коэффициент сборности этих сооружений равен 0,9—0,94.

| Шифр сооружения            | Расход,<br>м <sup>3</sup> /сек | Объем<br>сборного<br>железобе-<br>тона, м <sup>3</sup> | Объем<br>монолит-<br>ного бето-<br>на, м <sup>3</sup> | Вес<br>арматур-<br>ной стали,<br>кг | Сметная<br>стоимость,<br>руб. | Удельные по-<br>казатели на<br>1 м <sup>3</sup> /сек<br>расхода |                    | Стои-<br>мость<br>на 1 м <sup>3</sup><br>бетона<br>в деле,<br>руб. |
|----------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                            |                                |                                                        |                                                       |                                     |                               | бетон,<br>м <sup>3</sup>                                        | затра-<br>ты, руб. |                                                                    |
| ШПР-60-200<br>( $P=2$ м)   | 0,95                           | 5,86                                                   | 0,66                                                  | 322                                 | 791                           | 7,0                                                             | 833                | 120                                                                |
| ШПР-80-300<br>( $P=3$ м)   | 2,50                           | 10,51                                                  | 0,66                                                  | 536                                 | 1351                          | 4,5                                                             | 540                | 121                                                                |
| ШПР-2×80-400<br>( $P=4$ м) | 5,00                           | 19,69                                                  | 1,67                                                  | 1047                                | 2448                          | 4,4                                                             | 490                | 115                                                                |

Трубчатые перепады-регуляторы на расход воды до 10 м<sup>3</sup>/сек с падением до 5 м (по проектам института Средазгипроводхлопок) представляют собой сооружения, состоящие из входного оголовка, водопроводящей части и слива. Входной оголовок запроектирован в виде колодца прямоугольного сечения с ныряющими стенками.

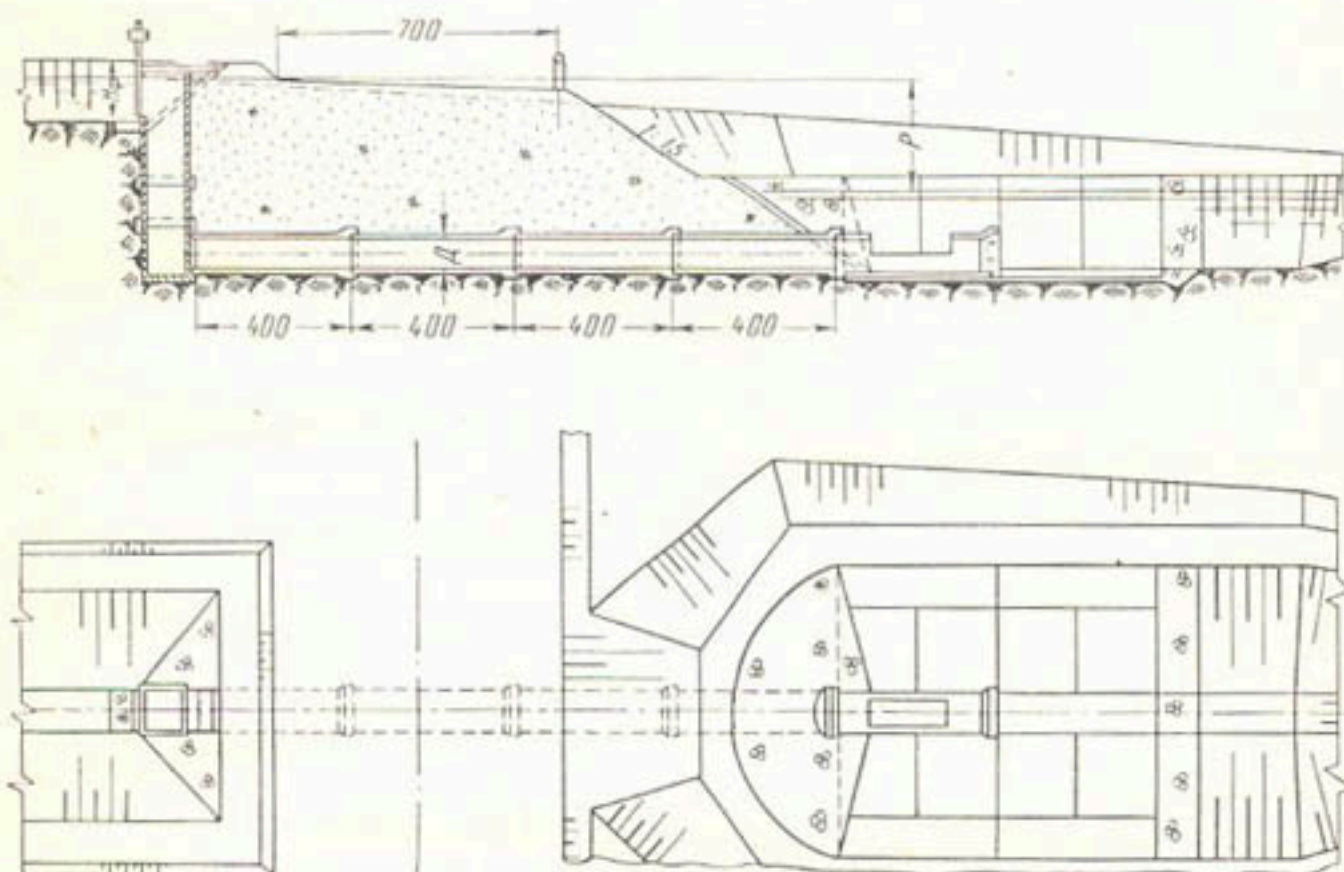


Рис. 19. Шахтный перепад-регулятор с падением до 4 м на расход воды до 5 м<sup>3</sup>/сек.

Водоскат и водобой сооружения состоят из раструбных труб круглого сечения диаметром 120 и 150 см, укладываемых на грунтовое основание без подготовки в одну или две нитки. Длина труб 200 см.

Трубы водоската сопрягаются с оголовком и трубой водобоя при помощи трубчатых колен.

Уклон водоската принят в среднем равным 0,25. В трубе водоската на стыках между ее звеньями ставят кольца диафрагмы (для повышения шероховатости). Для отвода воздуха в конце водобоя предусмотрено отверстие и установлена вертикальная труба диаметром 60 см. Водобой заканчивается трубчатым насадком типа САНИИРИ (рис. 20).

Режим работы быстротоков — полунапорный, с незатопленным входным отверстием. Сооружения запроектированы с переездом для падений до 5 м.

Технико-экономические показатели для наиболее характерных типов-размеров трубчатых перепадов конструкции института Средазгипроводхлопок приведены в таблице 14.

Таблица 14

| Шифр сооружения | Расход, $\text{м}^3/\text{сек}$ | Объем сборного железобетона, $\text{м}^3$ | Объем монолитного бетона, $\text{м}^3$ | Вес арматурной стали, кг | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ расхода |               | Стоимость на $1 \text{ м}^2$ бетона в деле, руб. |
|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|
|                 |                                 |                                           |                                        |                          |                         | бетон, $\text{м}^3$                                       | затраты, руб. |                                                  |
| РПТП-1,5        | 1,5                             | 8,06                                      | 0,59                                   | 508                      | 880                     | 5,40                                                      | 586           | 103                                              |
| РПТП-2,5        | 2,5                             | 10,52                                     | 0,60                                   | 969                      | 1204                    | 4,21                                                      | 482           | 108                                              |
| РПТП-5,0        | 5,0                             | 15,23                                     | 0,71                                   | 1565                     | 1701                    | 3,04                                                      | 340           | 107                                              |
| РПТП-10,0       | 10,0                            | 30,17                                     | 1,42                                   | 3105                     | 3245                    | 3,03                                                      | 325           | 103                                              |

Число типоразмеров в каждом сооружении составляет 6, а общее количество деталей — от 18 до 39. Коэффициент сборности этих сооружений равен 0,93—0,96.

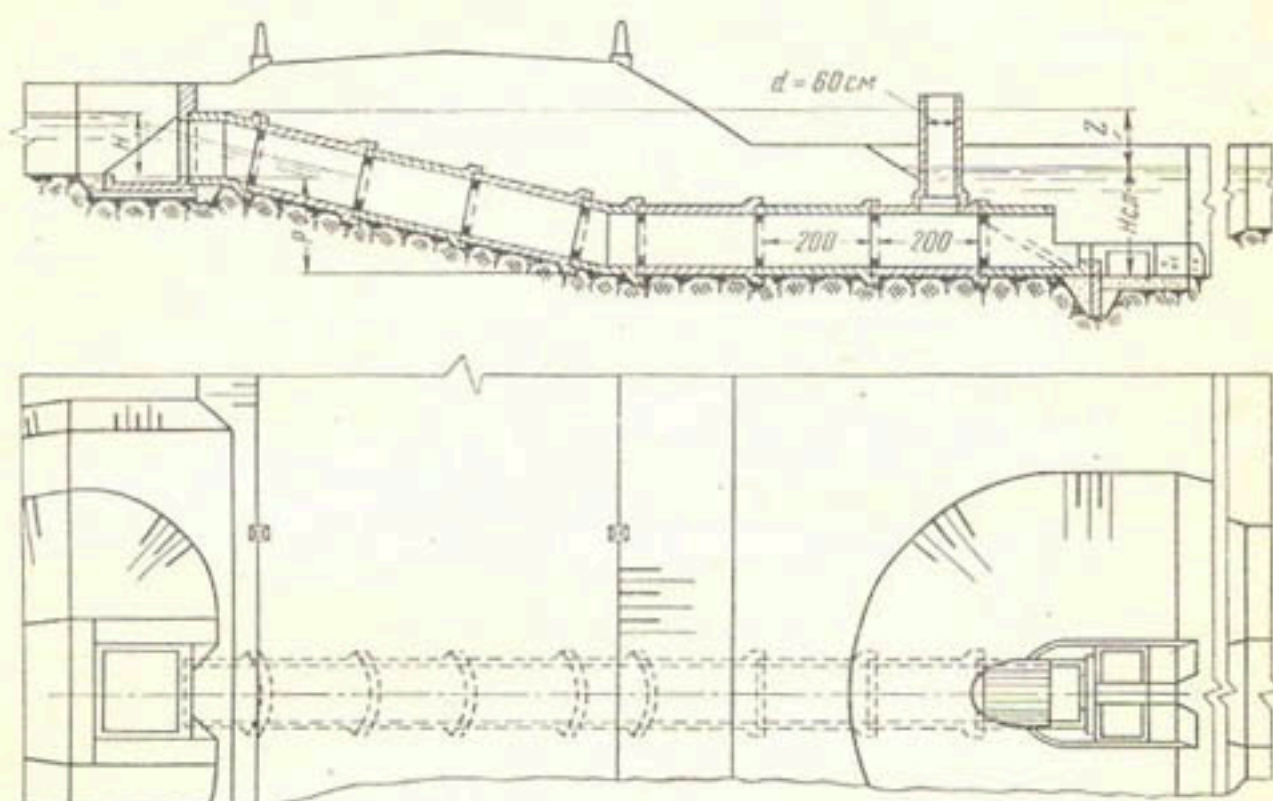


Рис. 20. Трубчатый быстроток-регулятор с повышенной шероховатостью в виде диафрагм на расход воды до  $10 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

Трубчатые быстроток-регуляторы на расход воды до  $3,7 \text{ м}^3/\text{сек}$  с падением до 5,4 м (по проектам института Южгипроводхоз). Быстроток из сборного железобетона представляет собой входной оголовок, состоящий из двух ныряющих (откосных) и донной плит, а также входной (вертикальной) стенки с отверстием для трубы водоската. Перед понуrom устроен зуб из железобетонной плиты, поставленной на ребро.

Водоскат и водобой сооружения состоят из гладких бетонных и железобетонных труб круглого сечения длиной 200 см и диаметром от 25 до 100 см.

Трубы соединяют железобетонными муфтами или при помощи металлических натяжных бандажей с подкладкой пропитанного битумом войлока или мешковины.

Выходной оголовок имеет на конце трубу большего по сравнению с водоскатом диаметра. Между ныряющими стенками на выходе уста-

навливают решетчатые (шандорные) гасители, за которыми предусмотрен слив, крепленный плитами (рис. 21).

Режим работы сооружений — напорный и полунпорный, в связи с чем очень важно обеспечить качественное выполнение стыков между звеньями труб.

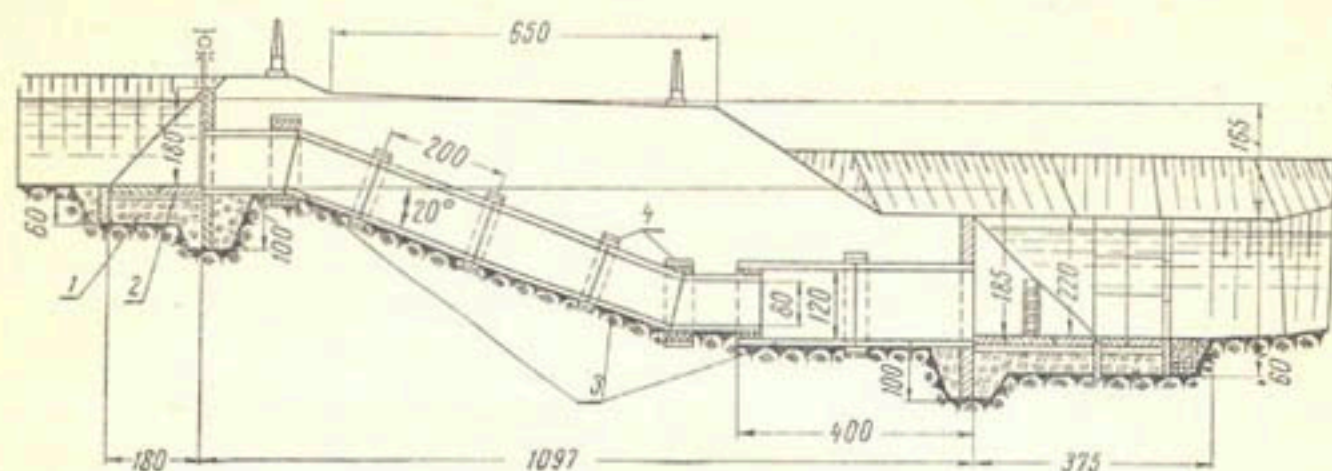


Рис. 21. Трубчатый быстроток-регулятор с напорным режимом на расход воды до  $3,7 \text{ м}^3/\text{сек}$  с падением до 5 м:

1 — уплотненный грунт; 2 — утрамбованный щебень с цементным раствором; 3 — труба; 4 — муфта.

Сооружения применяют с переездом и без него. Техничко-экономические показатели по этим быстротокам для наиболее характерных типов-размеров приведены в таблице 15.

Таблица 15

| Шифр сооружения          | Расход,<br>$\text{м}^3/\text{сек}$ | Объем<br>сборного<br>железобетона,<br>$\text{м}^3$ | Объем<br>моноконтного бето-<br>на и це-<br>ментного<br>раствора,<br>$\text{м}^3$ | Сметная<br>стоимость,<br>руб. | Удельные по-<br>казатели на<br>$1 \text{ м}^3/\text{сек}$<br>расхода |                    | Стои-<br>мость<br>на $1 \text{ м}^3$<br>бетона<br>в деле,<br>руб. |
|--------------------------|------------------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------------------------------------------------------|
|                          |                                    |                                                    |                                                                                  |                               | бетон,<br>$\text{м}^3$                                               | затра-<br>ты, руб. |                                                                   |
| РПТПЖ $\frac{800}{1,17}$ | 2,0                                | 9,57                                               | 1,4                                                                              | 767                           | 5,5                                                                  | 581                | 69,8                                                              |
| РПТПЖ $\frac{800}{3,22}$ | 3,1                                | 12,95                                              | 2,0                                                                              | 1015                          | 4,8                                                                  | 330                | 67,8                                                              |
| РПТПЖ $\frac{800}{5,28}$ | 3,7                                | 15,64                                              | 2,3                                                                              | 1285                          | 4,9                                                                  | 349                | 80,7                                                              |

Примечание. В числителе шифра дан внутренний диаметр труб водоската, а в знаменателе — падение.

В каждое сооружение входит 11 типоразмеров, объединяющих от 68 до 122 железобетонных деталей. Коэффициент сборности этих быстротоков равен 0,8—0,9.

Сооружения конструкции института Южгипроводхоз широко распространены на оросительных системах Ростовской и Волгоградской областей. Наблюдения показали, что в основном эти быстротоки работают хорошо, но часть пришлось перестраивать и ремонтировать в связи с неудовлетворительной работой нижнего бьефа или расстройством стыков деталей, а также из-за обхода потоком оголовков сооружений.

Изучение этих недостатков показало, что размывы и разрушения крепления нижнего бьефа, как правило, происходят из-за неправильной посадки типовых сооружений при привязке в проектах и переносе их

в натуру на строительстве каналов. При этом в большинстве случаев не учитываются местные грунтовые условия и допускаются завышенные скорости на сливе сооружений. Кроме того, для быстотоков и перепадов большое значение имеет качество подготовки основания под креплением сливной части.

Для супесчаных и лессовых грунтов следует при расчете глубины водобойного колодца повышать коэффициент затопления до 1,40—1,50 и не допускать завышенной посадки сооружений.

## ДЮКЕРЫ

Дюкеры применяют для переброски воды через оросительные каналы, реки, автомобильные и железные дороги, овраги и пр.

Такие сооружения встречаются почти на каждой оросительной системе и особенно часто — в условиях пересеченного рельефа.

Действующие типовые проекты дюкеров составлены институтом Гипроводхоз в 1961 г. для пересечений с оросительными каналами на расход воды до 10 м<sup>3</sup>/сек, но могут применяться также на пересечениях с оврагами и дорогами (рис. 22).

Проекты дюкеров составлены для одно- или двухочковых труб диаметром 60; 80; 100; 120 и 150 см.

Входной и выходной оголовки приняты порталного типа и конструктивно решаются аналогично входному оголовку ливнепропускных трубчатых сооружений.

Укладка труб, как правило, производится непосредственно на грунт, но при слабых грунтах, с допускаемым давлением менее 1 кг/см<sup>2</sup>, трубы диаметром 100, 120 и 150 см укладывают на бетонную подготовку. В местах поворота оси для труб диаметром 120 и 150 см устраивают опоры из монолитного бетона, а для меньшего диаметра устанавливают скошенные звенья.

Чтобы улучшить гашение энергии и растекание потока, в сооружениях с трубами диаметром 120 и 150 см предусмотрены гасители.

Дюкеры снабжены решетками и плоскими скользящими затворами с винтовыми подъемниками.

Технико-экономические показатели по дюкерам для характерных типоразмеров при длине трубы 30—35 м приведены в таблице 16.

Для строительства одного сооружения требуется 6—7 типоразмеров железобетонных деталей общим количеством от 40 до 96 шт.

Таблица 16

| Шифр сооружения | Расход, м <sup>3</sup> /сек | Объем сборного железобетона, м <sup>3</sup> | Вес арматурной стали, кг | Объем монолитного бетона и цементного раствора, м <sup>3</sup> | Сметная стоимость, тыс. руб. | Удельные показатели на 1 м <sup>3</sup> /сек расхода |               | Стоимость на 1 м <sup>3</sup> бетона в деле, руб. |
|-----------------|-----------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------|
|                 |                             |                                             |                          |                                                                |                              | бетон, м <sup>3</sup>                                | затраты, руб. |                                                   |
| Д-60            | 0,61                        | 6,11                                        | 435                      | 0,59                                                           | 0,68                         | 11,0                                                 | 1106          | 110,5                                             |
| Д-150           | 5,0                         | 32,7                                        | 3276                     | 7,0                                                            | 3,44                         | 8,0                                                  | 690           | 85,7                                              |
| 2Д-2×150        | 10,1                        | 58,7                                        | 5687                     | 14,1                                                           | 6,45                         | 7,3                                                  | 640           | 88,6                                              |

Типовые проекты дюкеров института Средазгипроводхлопок созданы в 1963 г. Входной оголовок принят с ныряющими стенками, а на выходном поставлены гасители типа САНИИРИ с креплением нижнего бьефа ребристыми плитами и гравийной отсыпкой на небольшой длине. Этим достигнуто некоторое снижение стоимости сооружения.

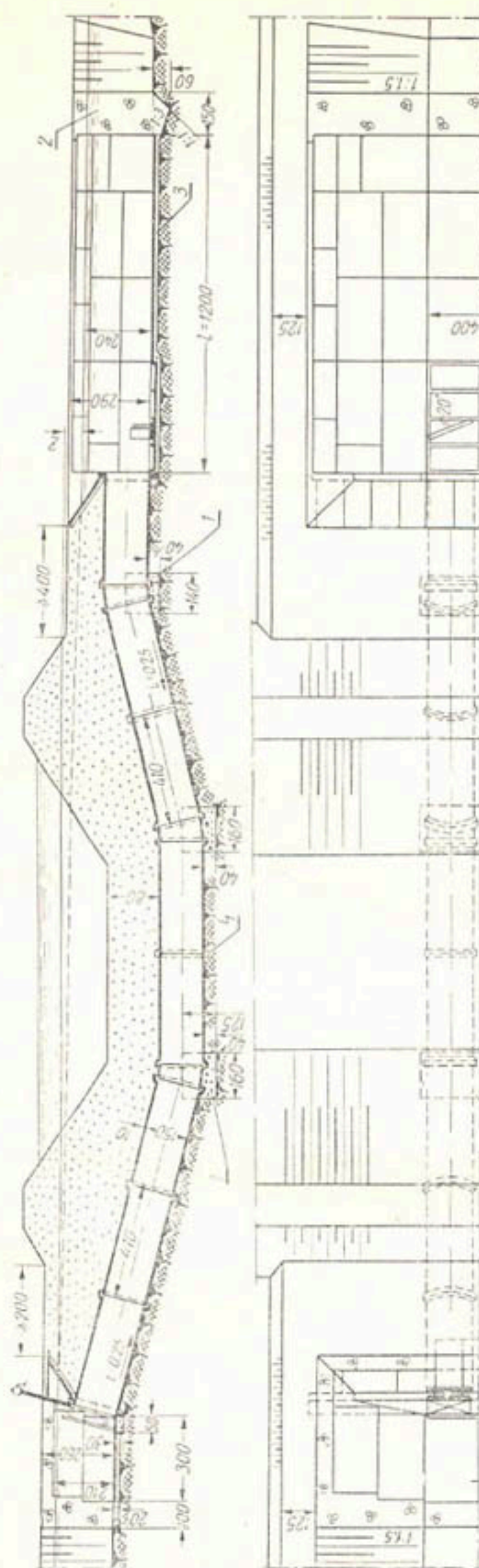


Рис 22 Двухочковый люкер под каналом:

1 — монолитный бетон; 2 — каменная наброска; 3 — гравийная подготовка; 4 — металлический бандаж.

Акведук — водопроводящее сооружение в виде лотка на опорах — используют для переброски воды через местное понижение рельефа местности — овраг, канал в выемке, русло реки и пр.

Сборные железобетонные акведуки разработаны в типовых проектах институтом Гипроводхоз в 1960 г. на расход воды до  $5 \text{ м}^3/\text{сек}$  при высоте опор до 5 м (рис. 23).

Звено лотка акведука имеет параболическое сечение глубиной от 40 до 180 см и длину 6 м. Опоры приняты рамного типа высотой 2; 3; 4 и 5 м. Каждая опора состоит из трех элементов: седла, стойки и фундамента. Внутренняя поверхность седла повторяет внешнюю поверхность лотка с учетом резиновой прокладки, обеспечивающей водонепроницаемость стыкового соединения звеньев.

Береговая опора, являющаяся одновременно обратной стенкой и противофильтрационной диафрагмой, запроектирована в виде плиты с седловидным вырезом для укладки лотка.

Откосы и дно входной и выходной частей закреплены ребристыми унифицированными плитами. Для строительства одного сооружения (при длине лотка 24 м) необходимо иметь 6—7 типоразмеров деталей с общим количеством от 27 до 88 шт.

Технико-экономические показатели для характерных типоразмеров акведуков приведены в таблице 17, а для диафрагм — в таблице 18.

Таблица 17

| Шифр сооружения | Расход, $\text{м}^3/\text{сек}$ | Объем сборного железобетона, $\text{м}^3$ | Вес арматурной стали, кг | Объем бетона на подготовку, $\text{м}^3$ | Сметная стоимость, тыс. руб. | Удельные показатели на $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ расхода |               | Стоимость на $1 \text{ м}^3$ бетона в деле, руб. |
|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|
|                 |                                 |                                           |                          |                                          |                              | бетон, $\text{м}^3$                                       | затраты, руб. |                                                  |
| Ас-1            | 0,15                            | 3,46                                      | 226                      | 1,47                                     | 0,32                         | 32,3                                                      | 2130          | 65                                               |
| Ас-5            | 2,0                             | 14,9                                      | 860                      | 4,0                                      | 1,31                         | 9,5                                                       | 655           | 69                                               |
| Ас-8            | 5,0                             | 26,9                                      | 1820                     | 6,3                                      | 2,51                         | 6,6                                                       | 502           | 75                                               |

Таблица 18

| Шифр элемента | Основные размеры, см |         |        | Объем бетона, $\text{м}^3$ | Вес арматурной стали, кг | Вес элемента, кг | Содержание стали в $1 \text{ м}^3$ бетона, кг |
|---------------|----------------------|---------|--------|----------------------------|--------------------------|------------------|-----------------------------------------------|
|               | длина                | толщина | высота |                            |                          |                  |                                               |
| Дс-1          | 150                  | 16      | 150    | 0,134                      | 12,0                     | 335              | 90,0                                          |
| Дс-3          | 350                  | 20      | 260    | 0,763                      | 44,7                     | 1908             | 58,5                                          |

Типовые проекты акведуков на расход до  $3,0 \text{ м}^3/\text{сек}$  составлены институтом Азгипроводхоз в 1959 г. Они запроектированы из цельных (в одну или две нитки) лотков прямоугольного сечения длиной 5 и 7 м, шириной 60 и 100 см, высотой 60; 80 и 100 см. Рамные опорные стойки установлены в фундаментных плитах стаканного типа.

Технико-экономические показатели акведуков для двух характерных типоразмеров при длине лотка 30 м приведены в таблице 19.

Таблица 19

| Шифр сооружения | Расход, $\text{м}^3/\text{сек}$ | Объем сборного железобетона, $\text{м}^3$ | Вес арматурной стали, кг | Объем монолитного бетона, $\text{м}^3$ | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ расхода |               | Стоимость на $1 \text{ м}^3$ бетона в деле, руб. |
|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|
|                 |                                 |                                           |                          |                                        |                         | бетон, $\text{м}^3$                                       | затраты, руб. |                                                  |
| АЛ-1-6          | 0,3                             | 17,82                                     | 1228                     | 0,78                                   | 1600                    | 62,0                                                      | 5330          | 86                                               |
| АЛ-8-6          | 3,0                             | 50,66                                     | 3324                     | 1,56                                   | 4580                    | 17,4                                                      | 1530          | 87,8                                             |

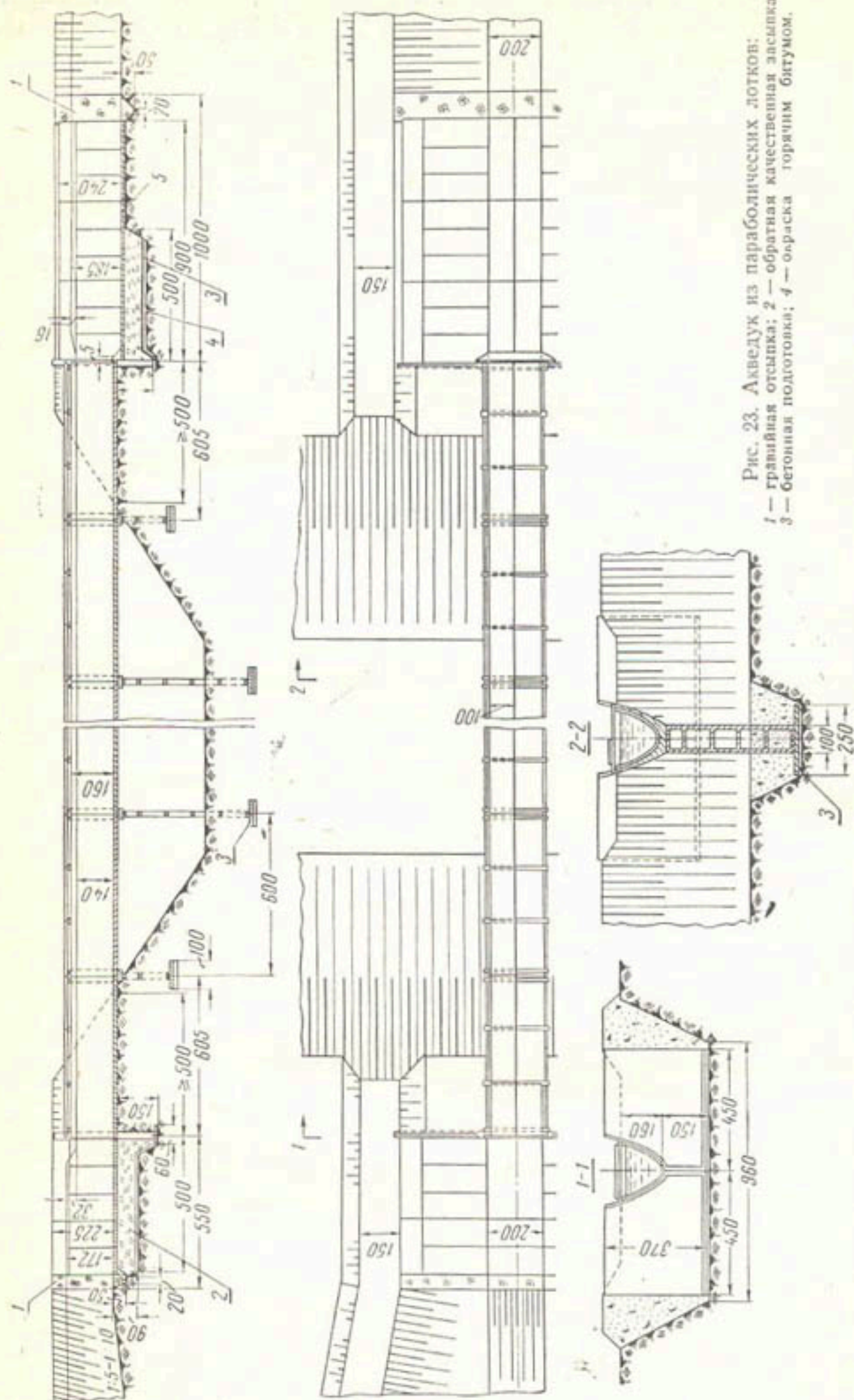


Рис. 23. Ахведук из параболических лотков:  
1 — гравийная отсыпка; 2 — обратная качественная засыпка;  
3 — бетонная подготовка; 4 — осыпка горячим битумом.

Имеются также типовые проекты акведуков, разработанные институтом Средазгипроводхлопок. Они рассмотрены ниже, при описании лотковых ливне- и селепропускных сооружений, построенных на Большом Ферганском канале.

#### ЛИВНЕСПУСКИ И СЕЛЕПРОПУСКИ

Небольшие расходы ливневых и талых вод пропускают через ливнепропускные сооружения; трубчатые — под каналом и лотковые — над ним.

Сборные трубчатые ливнепропускные сооружения применяют в мелиоративном строительстве с момента внедрения сборного железобетона.

В 1961 г. действовавшие с 1956 г. типовые проекты ливнепропускных сооружений с круглыми трубами были переработаны институтом Гипроводхоз на основе унифицированных железобетонных деталей для водохозяйственного строительства.

Эти проекты составлены на расходы до  $23 \text{ м}^3/\text{сек}$  для 10 типоразмеров сооружений, из которых 5 запроектированы для применения под каналами, проходящими в насыпи, и 5 — в полувыемке-полунасыпи (одно или двухочковыми). Конструкция сооружений показана на рисунке 24.

Входной оголовок порталного типа для диаметра 1 м состоит из одного блока в виде плиты с отверстием, объединенной со звеном трубы.

Для больших диаметров входной оголовок состоит из трех железобетонных деталей: одного блока, аналогичного блоку для диаметра 1 м, и двух ребристых плит, примыкающих своими торцами к плите первого блока. Стыковое соединение деталей оголовка осуществлено на сварке закладных частей швеллерного профиля, а уплотнение шва — путем заполнения цементным раствором шпоночных каналов.

Откосы подводящего русла закреплены перед входным оголовком плитами, а дно — монолитным бетоном. Перед плитами устраивают зуб из каменной наброски.

В сооружении приняты раструбные трубы диаметром 1; 1,2 и 1,5 м с длиной звена 4 м. Укладывают их на бетонную подготовку; максимальная высота засыпки над трубой не должна превышать 5 м. При плотных и однородных грунтах с допускаемым давлением более  $1 \text{ кг/см}^2$  трубы можно укладывать непосредственно на грунт. Поверхности железобетонных деталей, соприкасающиеся с грунтом, покрывают двумя слоями битума в бензине.

Трубы обкладываются слоем мятой глины, утрамбованной во влажном состоянии.

Выходной оголовок запроектирован на свайном основании из железобетонных свай квадратного сечения длиной 5 м. На сваи надевают железобетонные насадки, поверх которых укладывают поперечные железобетонные балки с седловидными углублениями. Трубы, уложенные на эти балки, притягивают к насадкам металлическими тяжами.

В конце трубопровода, вплотную к последнему звену, устанавливают гаситель конструкции САНИИРИ, который крепят к насадкам с помощью болтов и тяжей.

Со стороны нижнего бьефа запроектирован эксплуатационный переезд, примыкающий к дамбе канала.

Ливнепропускные сооружения под каналами, проходящими в полувыемке-полунасыпи, отличаются от ливнеспусков под каналами в насыпи только входной частью. Входной оголовок этих сооружений имеет ту же конструкцию, но трубопровод наклонен в сторону нижнего бьефа с уклоном, близким к 1:4, а далее уклон трубы равен 0,001.

В месте перелома устанавливают скошенное звено трубы, усиленное снаружи монолитным бетоном.

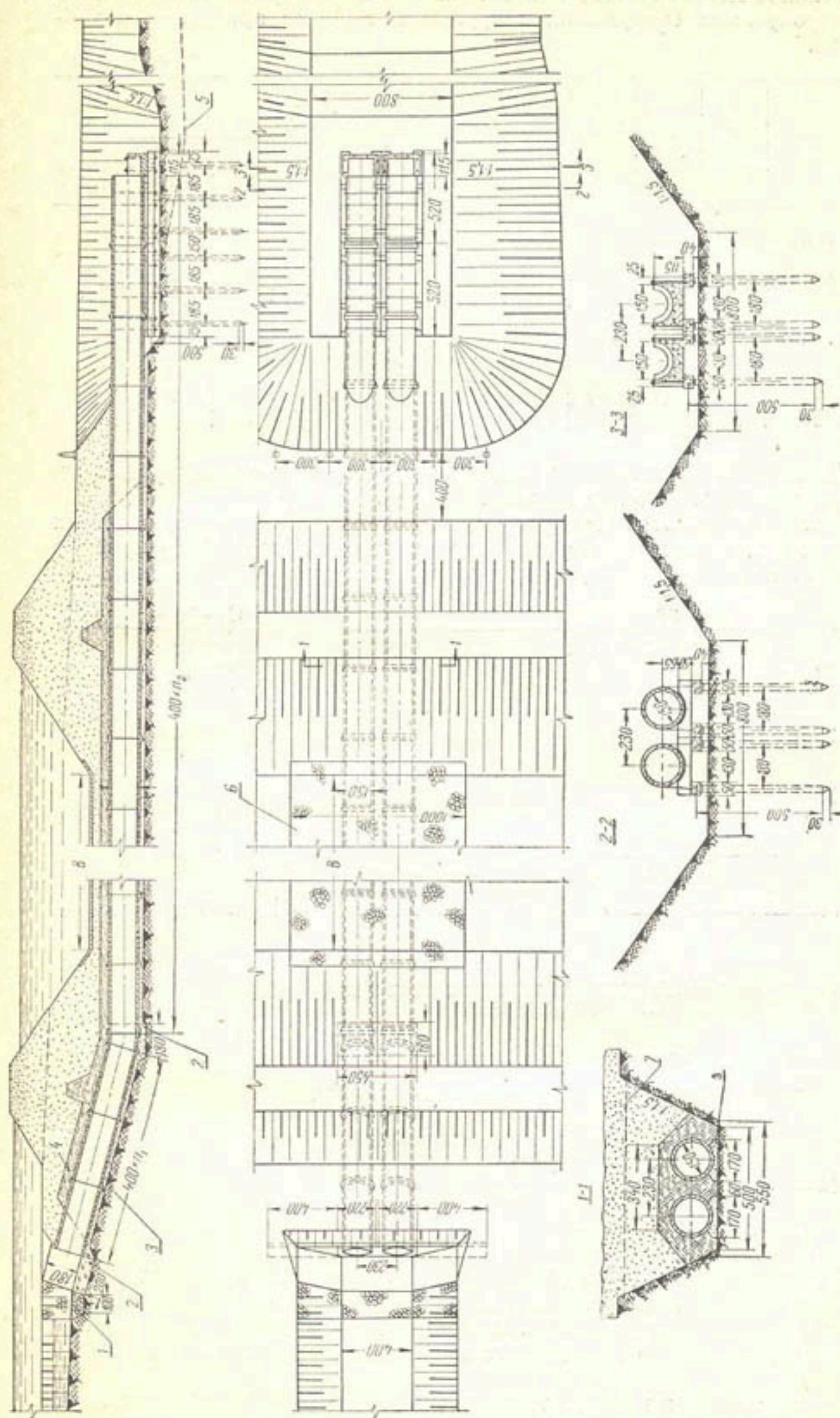


Рис. 24. Ливнепроектное трубчатое сооружение под каналом в полувыемке-полунасыпи:

1 — каменная наброска; 2 — монолитный бетон; 3 — бетонная подготовка; 4 — мягкая глина; 5 — предполагаемый контур размыта; 6 — границная отсыпка; 7 — контур глиняной диафрагмы.

Технико-экономические показатели для характерных типоразмеров ливнепропускных сооружений с круглыми трубами приведены в таблице 20.

Таблица 20

| Шифр сооружения | Напор $H$ , см | Расход, $\text{м}^3/\text{сек}$ | Объем сборного железобетона, $\text{м}^3$ | Вес арматурной стали, кг | Объем монолитного бетона (с подтопкой), $\text{м}^3$ | Вес металлических тяжей и пр., кг | Сметная стоимость, тыс. руб. | Удельные показатели на $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ расхода |               | Стоимость на $1 \text{ м}^3$ бетона в деле, руб. |
|-----------------|----------------|---------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|
|                 |                |                                 |                                           |                          |                                                      |                                   |                              | бетон, $\text{м}^3$                                       | затраты, руб. |                                                  |

Ливнеспуски под каналами в насыпи (длина трубы 68 м)

|          |     |      |     |      |    |     |       |     |     |    |
|----------|-----|------|-----|------|----|-----|-------|-----|-----|----|
| ЛН-100   | 600 | 5,25 | 31  | 2090 | 13 | 222 | 3,55  | 8,4 | 676 | 80 |
| ЛН-2-150 | 600 | 22,8 | 101 | 9840 | 60 | 532 | 10,94 | 7,0 | 480 | 68 |

Ливнеспуски под каналами в полувыемке-полунасыпи (длина трубы 56 м)

|          |     |      |    |      |    |     |       |     |     |    |
|----------|-----|------|----|------|----|-----|-------|-----|-----|----|
| ЛВ-100   | 500 | 5,13 | 27 | 1880 | 15 | 222 | 3,88  | 8,2 | 757 | 91 |
| ЛВ-2-150 | 500 | 23,0 | 88 | 8450 | 67 | 618 | 11,38 | 6,7 | 493 | 74 |

Для строительства одного сооружения требуется 8—9 типоразмеров, объединяющих от 50 до 94 сборных деталей.

Типовые проекты ливнепропускных сооружений с прямоугольными трубами составлены институтом Гипроводхоз в 1962 г. на пропускную способность от 20 до 50  $\text{м}^3/\text{сек}$  для каналов в полувыемке и насыпи.

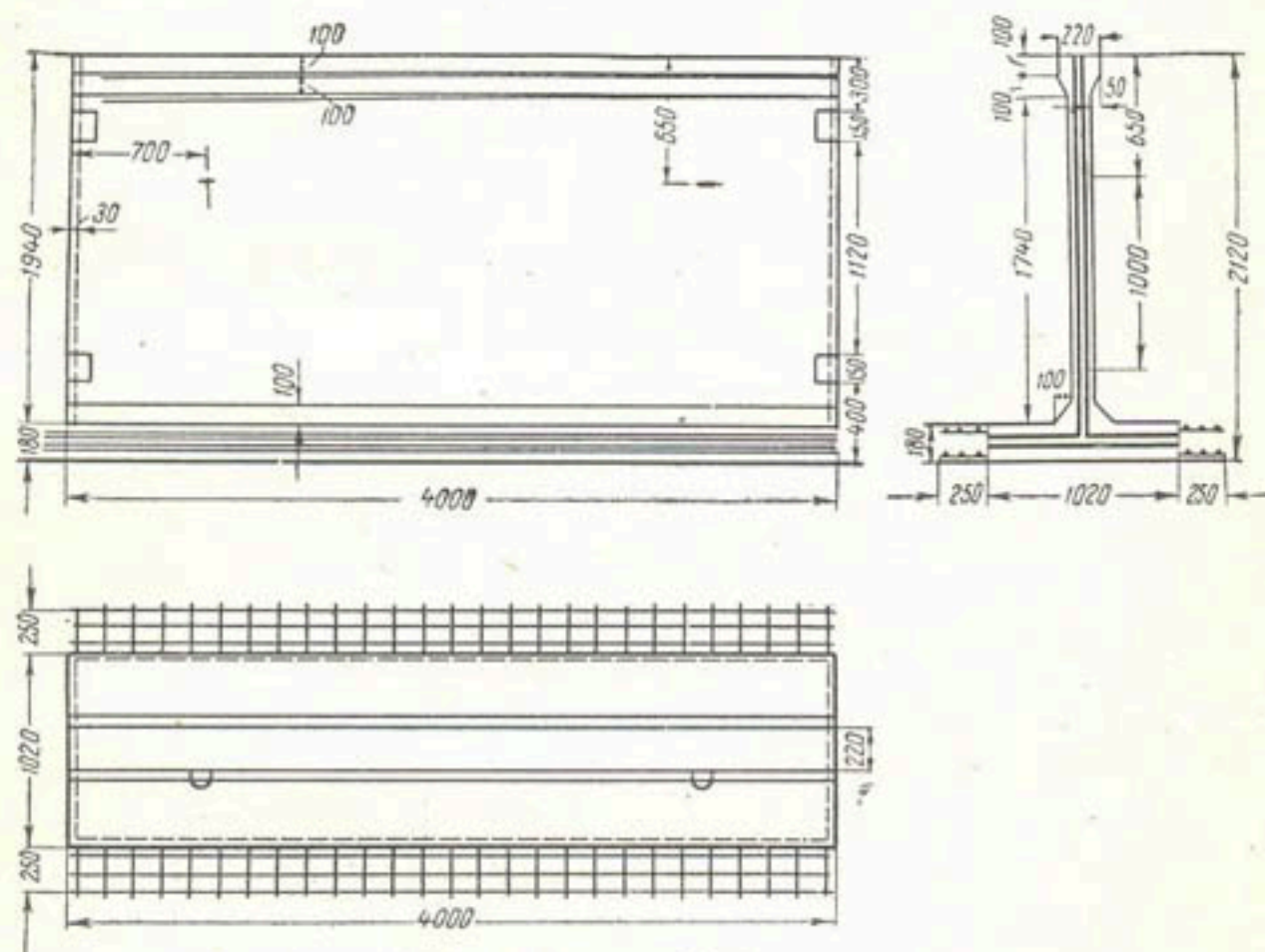


Рис. 25. Железобетонная Т-образная стенка.

Входные оголовки — порталного типа. Выходной оголовок для ливнеспуска первого типа принят в виде прямоугольной в плане водобойной стенки с переливом воды на три стороны, а для ливнеспуска в насыпи — в виде заглубленного водобойного колодца с выходом воды также на три стороны.

Боковые стенки трубы, а также стенки входного и выходного оголовков выполнены из Г-образных железобетонных деталей. Раздельная

стенка в двухочковой трубе запроектирована из железобетонной детали Т-образного профиля.

Для ливнепропускных сооружений созданы новые Т-образные железобетонные детали и плоские плиты перекрытия трубы (рис. 25). Их показатели (выборочно) приведены в таблице 21 (бетон марки 200).

Таблица 21

| Марка детали | Основные размеры, см |        |                    | Объем бетона, м³ | Вес арматурной стали, кг | Вес детали, кг | Содержание стали в 1 м³ бетона, кг |
|--------------|----------------------|--------|--------------------|------------------|--------------------------|----------------|------------------------------------|
|              | длина                | ширина | толщина или высота |                  |                          |                |                                    |
| Т-212        | 400                  | 102    | 212                | 1,75             | 279                      | 4375           | 159                                |
| Т-245        | 200                  | 102    | 245                | 1,06             | 165                      | 2650           | 156                                |
| П-170        | 400                  | 170    | 15                 | 0,99             | 107                      | 2480           | 108                                |
| П-220        | 400                  | 220    | 18                 | 1,55             | 156                      | 3875           | 100                                |

Технико-экономические показатели по характерным типоразмерам ливнеспусков из прямоугольных труб приведены в таблице 22.

Для строительства одного сооружения требуется от 6 до 8 типоразмеров железобетонных деталей общим количеством от 85 до 140 шт.

Таблица 22

| Шифр сооружения | Напор Н, см | Расход, м³/сек | Объем сборного железобетона, м³ | Вес арматурной стали, т | Объем монолитного бетона (с подтопкой), м³ | Сметная стоимость, тыс. руб. | Удельные показатели на 1 м³/сек расхода |               | Стоимость на 1 м³ бетона в деле, руб. |
|-----------------|-------------|----------------|---------------------------------|-------------------------|--------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|---------------|---------------------------------------|
|                 |             |                |                                 |                         |                                            |                              | бетон, м³                               | затраты, руб. |                                       |

Ливнеспуски под каналами в насыпи (длина трубы 48—52 м)

|               |     |      |     |      |     |       |      |       |      |
|---------------|-----|------|-----|------|-----|-------|------|-------|------|
| ЛПН-191×200   | 500 | 29,0 | 95  | 12,5 | 64  | 10,92 | 5,48 | 376,5 | 69,0 |
| ЛПН-2-157×156 | 600 | 39,8 | 114 | 18,5 | 77  | 13,08 | 4,80 | 328,6 | 68,8 |
| ЛПН-2-157×206 | 600 | 52,4 | 130 | 21,6 | 112 | 15,56 | 4,62 | 296,9 | 64,5 |

Ливнеспуски под каналами в полувыемке (длина трубы 48 м)

|               |     |      |     |      |     |       |      |       |      |
|---------------|-----|------|-----|------|-----|-------|------|-------|------|
| ЛПВ-2-157×156 | 400 | 32,6 | 114 | 17,6 | 105 | 14,67 | 6,72 | 450,0 | 64,2 |
| ЛПВ-2-157×206 | 400 | 44,2 | 140 | 21,7 | 150 | 17,43 | 6,57 | 394,3 | 58,2 |
| ЛПВ-2-191×205 | 400 | 53,5 | 161 | 22,6 | 193 | 20,47 | 6,62 | 382,6 | 56,4 |

Сборные лотковые ливнепропускные сооружения нашли массовое применение при строительстве Большого Ферганского канала в 1939—1940 гг. Они представляют собой железобетонные лотки на стоечно-рамных опорах (рис. 26).

Несущей конструкцией лотка являются его стенки, образованные из элементов Т-образного поперечного сечения с полками внизу. На полки уложены плиты (длинной стороной поперек лотка), образующие вместе со стенками лоток — одно-, двух- или трехсекционный, в зависимости от числа стенок. Меняя количество секций у лотка и его уклон, можно подобрать требуемую пропускную способность сооружения.

Сточные опоры прямоугольного поперечного сечения устанавливаются в фундаментные элементы стаканного типа и связываются при помощи насадки в рамную конструкцию, замоналичивая стыковые соединения.

Лоток укладывают на стоечно-рамные или береговые монолитные опоры. Входные и выходные оголовки закрепляют бетоном или отстойкой камня.

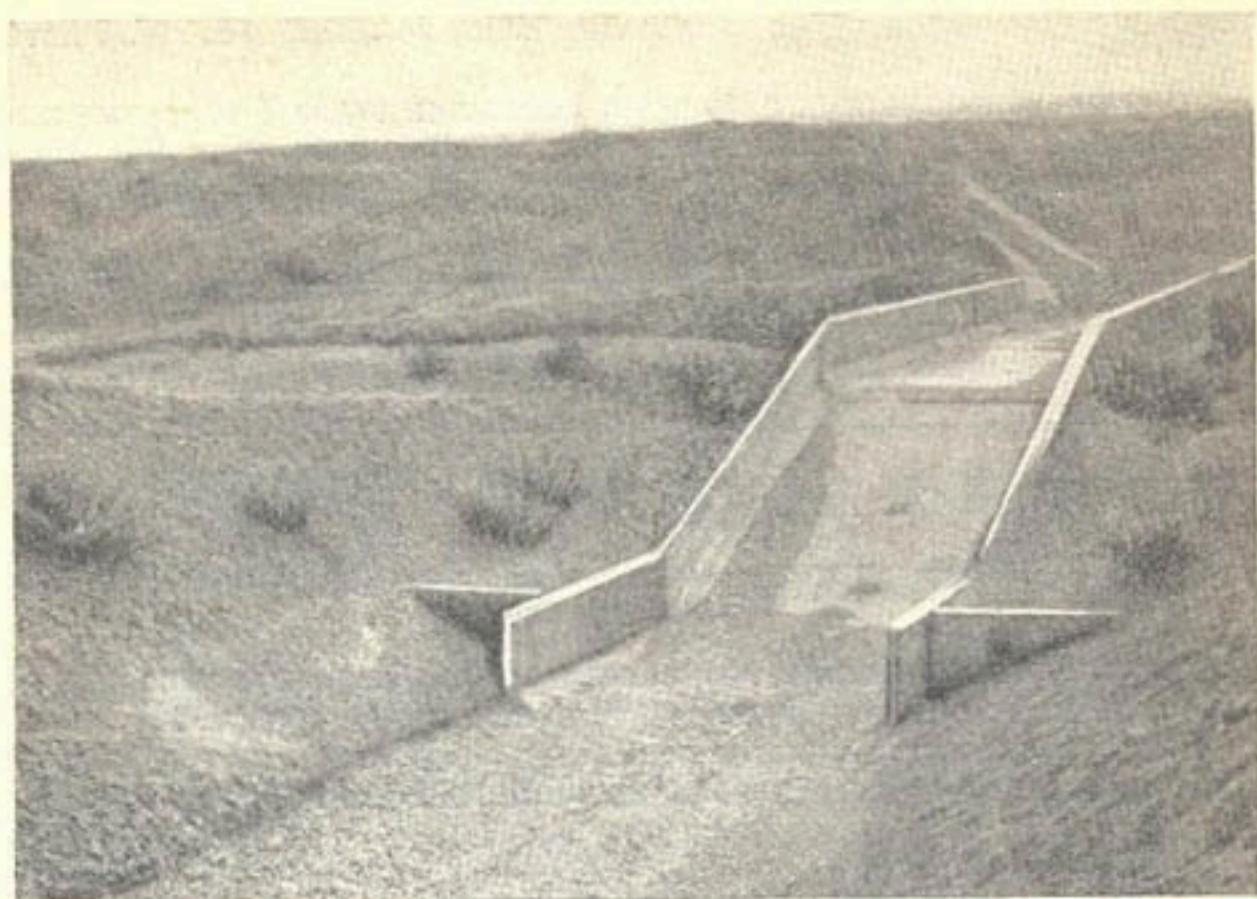


Рис. 26. Лотковое ливнепроточное сооружение на Большом Ферганском канале (вид со стороны нижнего бьефа).

Ливнепроточные лотковые сооружения параболического сечения являются разновидностью типовых проектов лотковых акведуков; разработаны они институтом Гипроводхоз в 1961 г. на расход до  $9 \text{ м}^3/\text{сек}$  (рис. 27).

Ливнепроток отличается от акведука выходным оголовком, имеющим наклонный по течению воды лоток и водобойный колодец трапецидального профиля, закрепленный ребристыми утяжеленными плитами. Лотковая часть сопрягается с трапецидальной так же, как и во входном оголовке. Сооружение имеет коэффициент сборности 0,73—0,75.

Технико-экономические показатели трех характерных типоразмеров сооружения при длине лотка 18 м и высоте опор 4 м приведены в таблице 23.

Таблица 23

| Шифр сооружения | Расход, $\text{м}^3/\text{сек}$ | Проекторный расход, $\text{м}^3/\text{сек}$ | Объем сборного железобетона, $\text{м}^3$ | Вес арматурной стали, кг | Объем монолитного железобетона (с подготовкой), $\text{м}^3$ | Сметная стоимость, тыс. руб. | Удельные показатели на $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ расхода |               | Стоимость на $1 \text{ м}^3$ бетона в деле, руб. |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|
|                 |                                 |                                             |                                           |                          |                                                              |                              | бетон, $\text{м}^3$                                       | затраты, руб. |                                                  |
| ЛЛ-140          | 3,0                             | 4,5                                         | 24,4                                      | 1980                     | 8,4                                                          | 2,487                        | 7,28                                                      | 552           | 75,6                                             |
| ЛЛ-2-140        | 6,0                             | 9,0                                         | 40,4                                      | 3315                     | 15,1                                                         | 3,968                        | 6,27                                                      | 442           | 71,8                                             |
| ЛЛ-2-180        | 9,0                             | 13,0                                        | 46,0                                      | 4404                     | 15,5                                                         | 4,532                        | 4,74                                                      | 350           | 73,4                                             |

Для строительства одного сооружения требуется 8—9 типоразмеров сборных железобетонных деталей общим количеством от 33 до 62 шт. В нем использованы детали из типовых проектов акведуков.

Сборные селепропуски в большом количестве строились по индивидуальным проектам в Таджикской ССР (рис. 28).



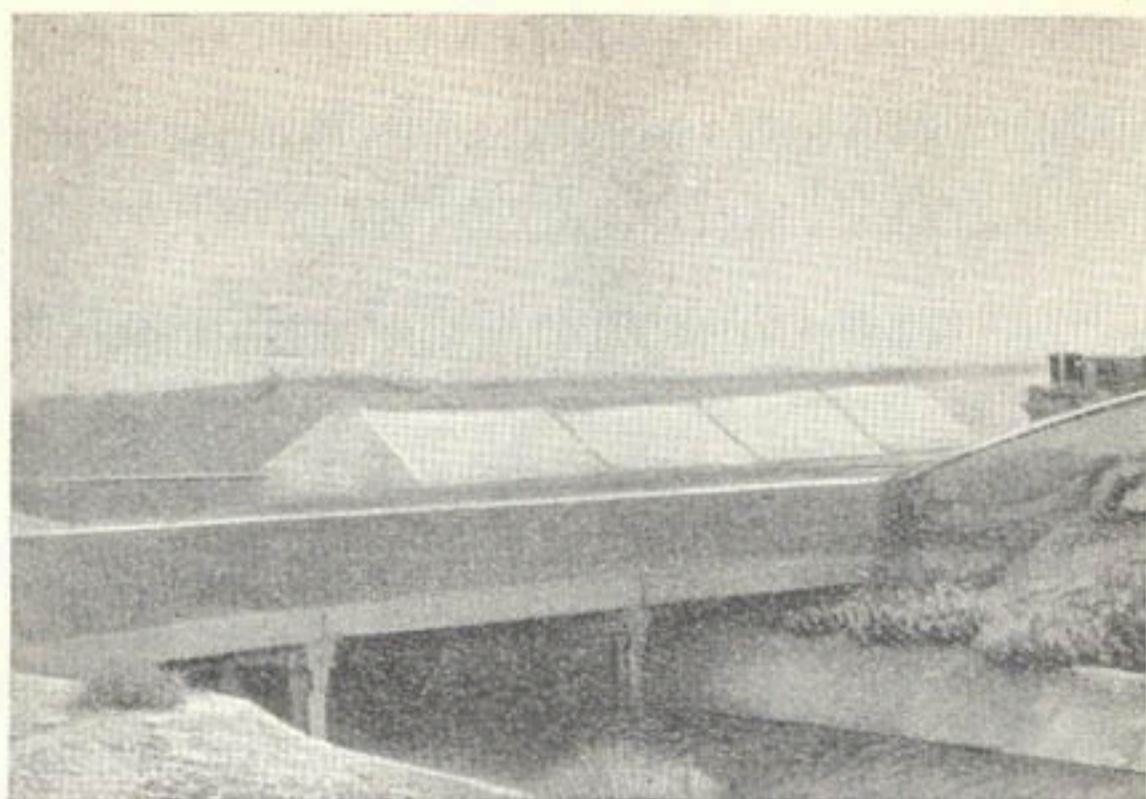


Рис. 28. Селепропуск на Большом Ферганском канале в Таджикской ССР (вид со стороны канала).

Институт Гипроводхоз в 1957 г. разработал проект ливнеспуска открытого типа, который может быть использован и как селепропуск. Вода канала проходит по трубе прямоугольного сечения, а ливневой поток идет поверх этой трубы в русле, закрепленном плитами и каменной отмосткой.

#### ЗАТВОРЫ

Затворы гидротехнических сооружений мелиоративных систем выполняются в основном из металла и отчасти из дерева. Железобетонные затворы пока еще не нашли широкого применения.

Типовые проекты этих конструкций в напряженном и ненапряженном железобетоне разработаны институтом Гипроводхоз на пропуск расхода до  $10 \text{ м}^3/\text{сек}$ . Они предназначены для трубчатых регуляторов с диаметром отверстия 60 и 100 см и для открытых регуляторов с размером отверстия  $60 \times 60$ ;  $100 \times 100$  и  $150 \times 150 \text{ см}$ .

В закрытых регуляторах затвор представляет собой плоскую железобетонную плиту; для последнего диаметра плита имеет толщину 50 мм, боковую окантовку из уголков с отверстиями, через которые проходит предварительно напряженная арматура из светлой канатной проволоки (рис. 29). Вертикальная арматура — не напряженная.

Горизонтальное уплотнение сверху и внизу осуществлено при помощи плоской резины, а боковое — по плоскостям уголков.

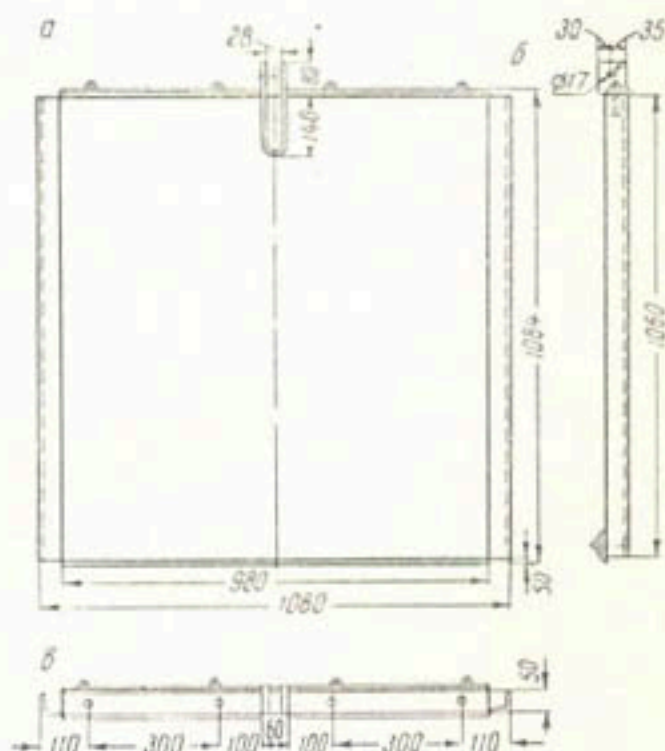


Рис. 29. Затвор из предварительно напряженного железобетона для трубчатого регулятора:

а — вид с нижнего бьефа; б — вид сбоку; в — план.

Для открытого регулятора затвор спроектирован иначе. В нем сведена к минимуму потребность в предварительно напряженной арматуре, которая расположена только в четырех горизонтальных ребрах (рис. 30). Благодаря выпуклой цилиндрической поверхности плита затвора, направленная в сторону верхнего бьефа, работает на сжатие.

Толщина плиты, армированной одиночной сеткой, принята равной 40 мм. Уплотнение выполнено так же, как и в плоском затворе для трубчатого регулятора.

Разработан также железобетонный затвор автоматического действия системы Финке (для шести типоразмеров) с пропускной способ-

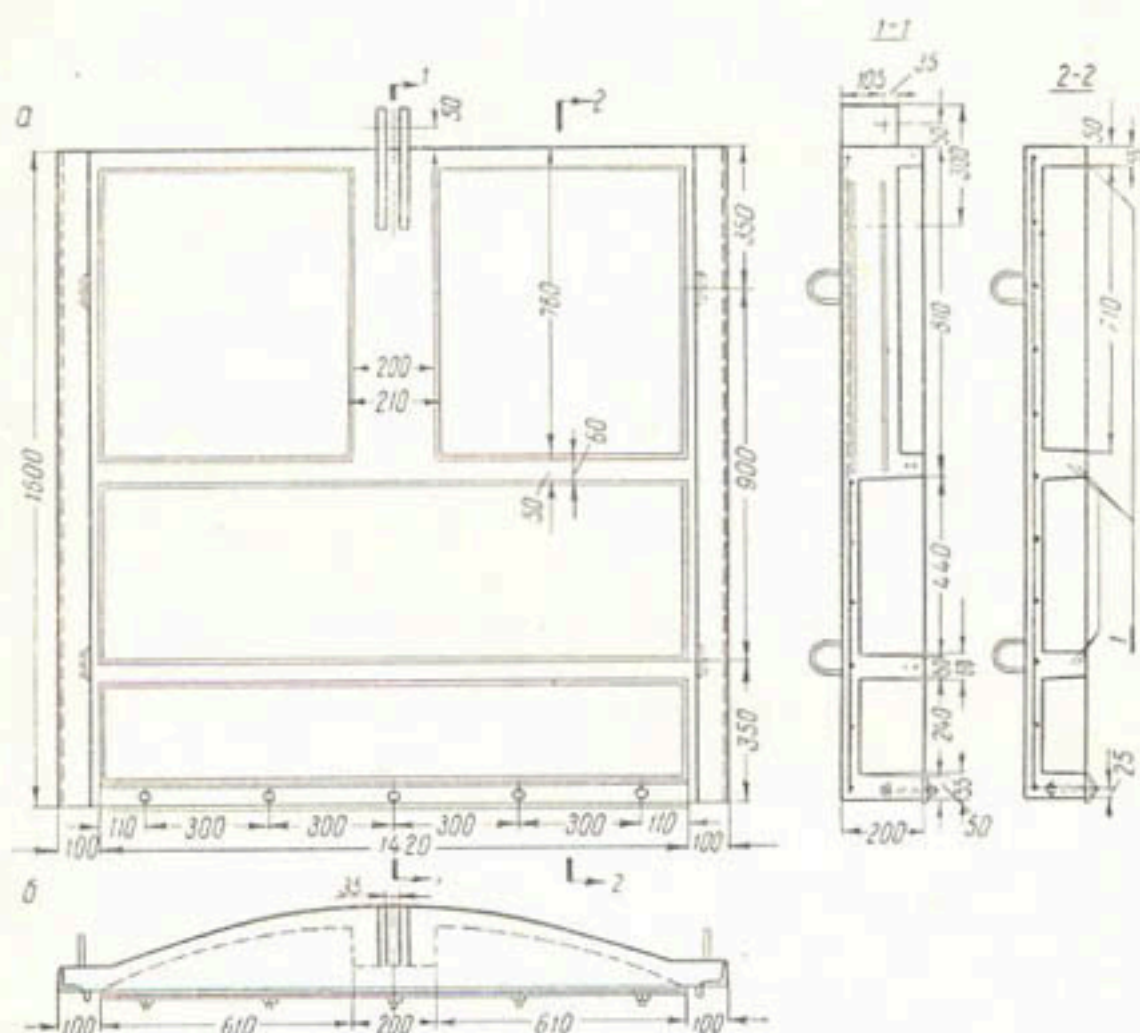


Рис. 32. Затвор из предварительно напряженного железобетона для открытого регулятора:

а — вид с нижнего бьефа; б — план; 1 — предварительно напряженная арматура.

ностью до  $14,3 \text{ м}^3/\text{сек}$  (рис. 31). Он служит для автоматического поддержания горизонта воды верхнего бьефа и может устанавливаться на перегораживающих сооружениях и катастрофических сбросах оросительных каналов в южных районах СССР. Автоматическое действие затвора обеспечивается при отсутствии подтопления горизонтом воды нижнего бьефа и основано на балансе моментов от давления воды на затвор при любом его положении и суммы моментов от веса балансира и затвора.

Надежность конструкции подтверждена многолетней работой четырех затворов, спроектированных инженером Финке и установленных на правобережном Зеравшанском канале в Самаркандской области УзССР.

Затвор, спроектированный институтом Гипроводхоз, представляет собой железобетонную конструкцию, устанавливаемую в отверстии сооружения с забальной стенкой и состоящую из щита, рамы и балансира.

Щит — плоский, прямоугольный, из железобетона, окантован прокатом, являющимся одновременно составной частью рамы. Металлическая рама состоит из двух треугольных боковых фермочек и верхней балки. Балансир — малоармированный бетонный блок — подвешен к раме на тросах.

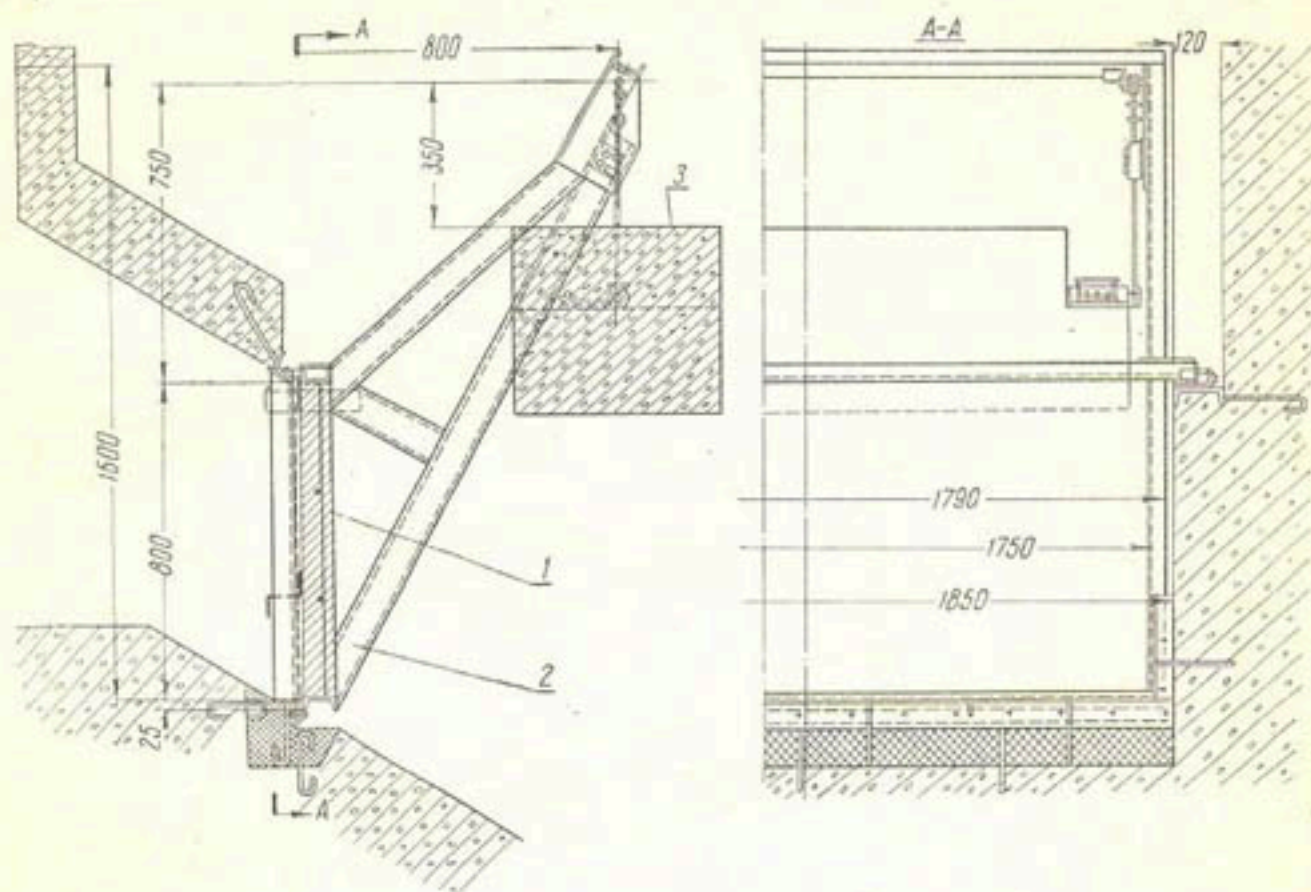


Рис. 31. Затвор автоматического действия системы Финке на расход до  $4 \text{ м}^3/\text{сек}$ :  
1 — затвор; 2 — рама затвора; 3 — балансир.

Технико-экономические показатели затворов характеризуются таблицей 24.

Таблица 24

| Тип затвора                                                                                                                                           | Расчетный напор, см | Объем бетона, $\text{м}^3$ | Вес, кг |         | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на $1 \text{ м}^2$ поверхности затвора |               |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------|---------|---------|-------------------------|------------------------------------------------------------|---------------|
|                                                                                                                                                       |                     |                            | затвора | металла |                         | металла, кг                                                | затраты, руб. |
| Затвор трубчатого регулятора из предварительно напряженного железобетона с диаметром отверстия 100 см (без подъемного механизма) . . .                | 250                 | 0,056                      | 155     | 19,1    | 100                     | 16,7                                                       | 87            |
| Затвор открытого регулятора с отверстием $150 \times 150 \text{ см}$ из предварительно напряженного железобетона (без подъемного механизма) . . . . . | 150                 | 0,176                      | 469     | 40,3    | 219                     | 15,6                                                       | 85            |
| Автоматический затвор системы Финке $175 \times 80 \text{ см}$ . . .                                                                                  | 160                 | 0,492                      | 1352    | 172     | 65                      | 123                                                        | 46            |

Железобетонный затвор ВНИИГиМ (водосливного типа) состоит из плоской железобетонной плиты, металлических упоров и специального маневрирующего механизма. Плита перекрывает отверстие в прямоугольном лотке и воспринимает гидростатическое давление со стороны

верхнего бьефа. В рабочем положении она удерживается двумя металлическими упорами, заделанными в флютбет, и двумя подвижными жесткими штангами. Ползуны, соединенные с лебедкой при помощи тросов или цепей, могут передвигаться по направляющим балочкам и тем самым перемещать штанги. При помощи штанг плита может занимать любое положение — от вертикального до горизонтального. Шарнирное соединение в затворе отсутствует.

Маневрирующий механизм объединяет в себе лебедку с червячным самотормозящимся приводом, направляющую балку с ползуном и жесткие штанги, которые шарнирно крепятся одним концом к ползунам, а другим — к верхним углам железобетонной плиты.

Следует отметить перспективность железобетонных затворов в части замены существующих металлических и деревянных конструкций на массовых гидротехнических сооружениях мелиоративных систем.

## УЗЛЫ ГИДРОСООРУЖЕНИЙ

На оросительных системах отдельные гидросооружения часто объединяют в узлы различной компоновки — вододелительный из нескольких регуляторов, с перепадом, с дюкером и др. Наиболее распространены узлы, состоящие из двух сооружений (рис. 32): перегораживающего и водовыпуска (двойники).

Реже встречаются узлы-тройники, состоящие из перегораживающего сооружения и двух водовыпусков (рис. 33). Узлы с большим числом сооружений сравнительно редки.

При расходах до  $10 \text{ м}^3/\text{сек}$  узлы в большинстве случаев состоят из сборных, отдельно расположенных или соединенных между собой типовых сооружений с применением монолитного бетона в верхнем бьефе для входной части.

В 1963 г. институтом Гипроводхоз были разработаны компоновки узлов из двух и трех сборных гидросооружений на расходы воды до  $10 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

В проектах этих узлов использованы железобетонные унифицированные и другие детали, которые применяются в отдельно расположенных типовых сооружениях.

Коэффициент сборности указанных сооружений для двойника — 0,95, для тройника — 0,89.

Компоновка сооружений в узлы позволяет сократить общее количество деталей в среднем на 7—10% и объем железобетона — до 20% по сравнению с отдельно расположенными сооружениями. Кроме того, облегчается эксплуатация и автоматизация систем, а также удешевляется их строительство.

Особенно целесообразно объединение сооружений в узлы, если упрощается подъезд к ним и совмещаются их отдельные функции (ливнепроепуск, совмещенный с водосбросом и переездом, и др.).

## МОСТЫ И ПЕРЕЕЗДЫ

Через оросительные и сбросные каналы, коллекторы, а также через периодически или постоянно действующие водотоки на оросительных системах строят мосты и трубчатые переезды сборной конструкции. Переезды на каналах выполняют по типу трубчатых регуляторов, но с упрощенным входным оголовком, без затворов. Их применяют, как правило, на оросительных и сбросных каналах и периодически действующих водотоках с расходами воды до  $10 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

При больших расходах мосты из сборного железобетона на свайных или рамных опорах более экономичны.

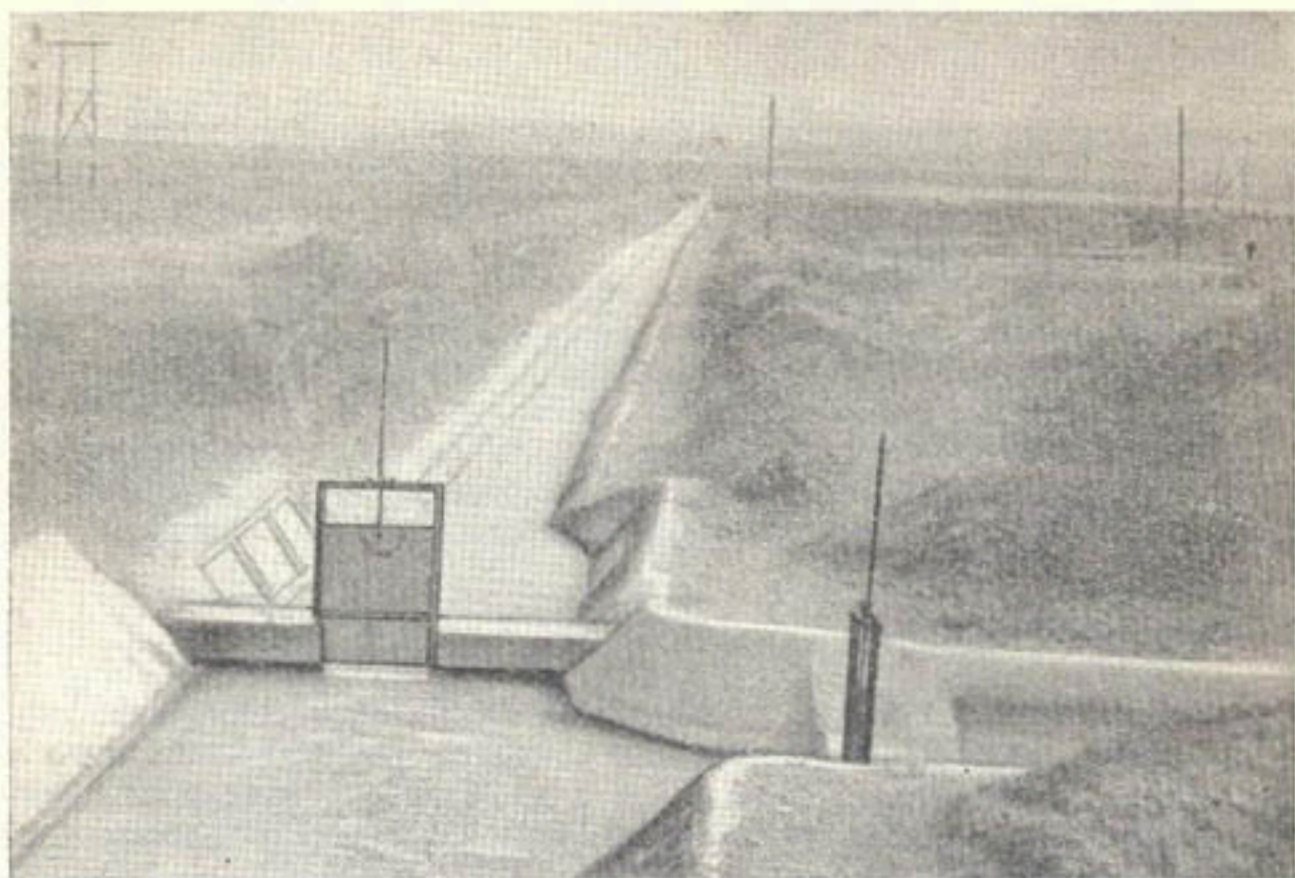


Рис. 32. Узел сооружений — двойник, состоящий из открытого регулятора и перегородаживающего сооружения.

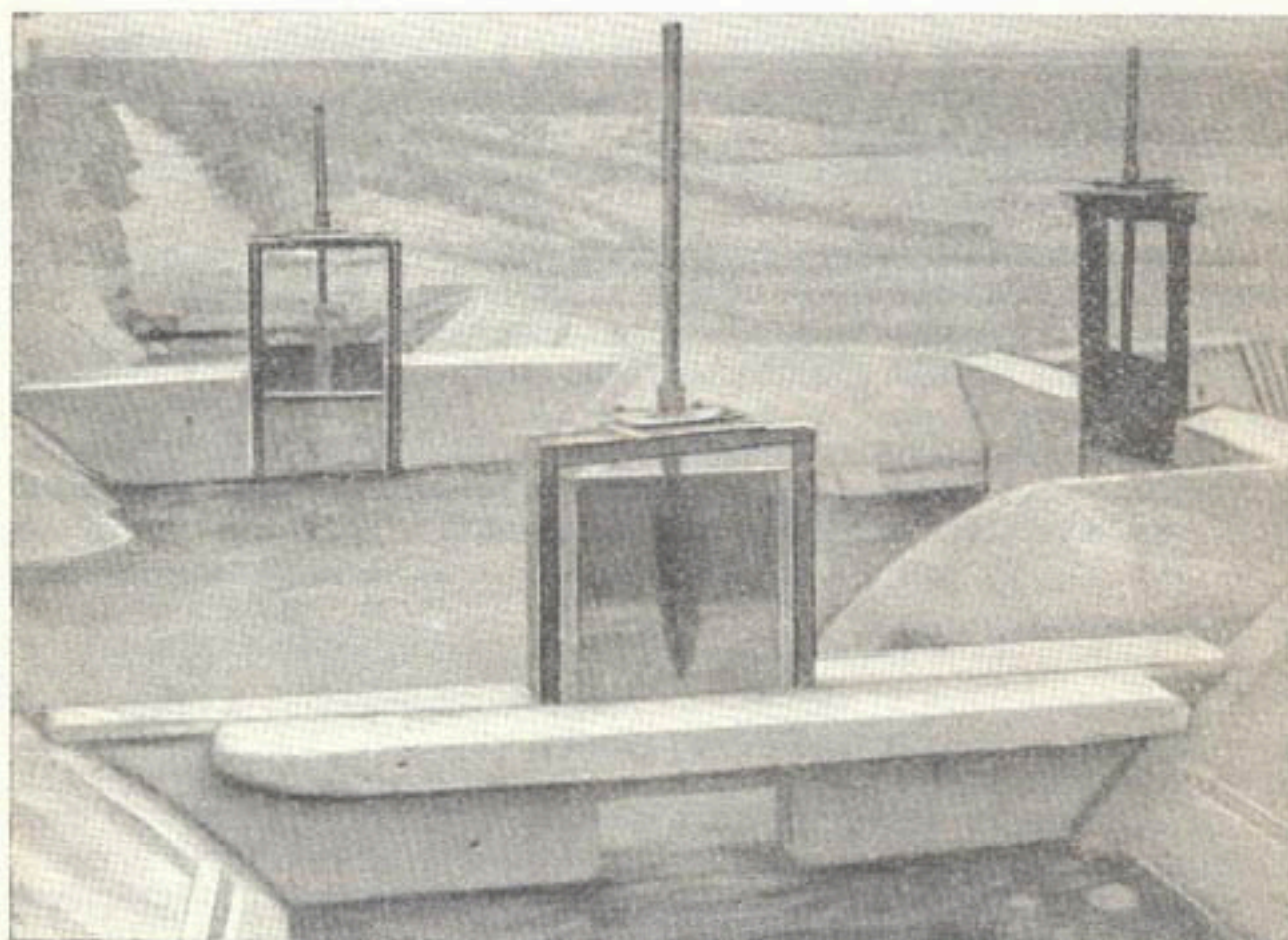


Рис. 33. Узел сооружений — тройник, состоящий из двух открытых регуляторов и перегородаживающего сооружения.

При постоянно действующем водотоке или сильном притоке грунтовых вод к основанию сооружений мосты на свайных опорах более экономичны и при расходах менее  $10 \text{ м}^3/\text{сек}$ .

Мосты могут быть одно- и многопролетными. Их строят по типовым проектам, разработанным институтом Гипроводхоз.

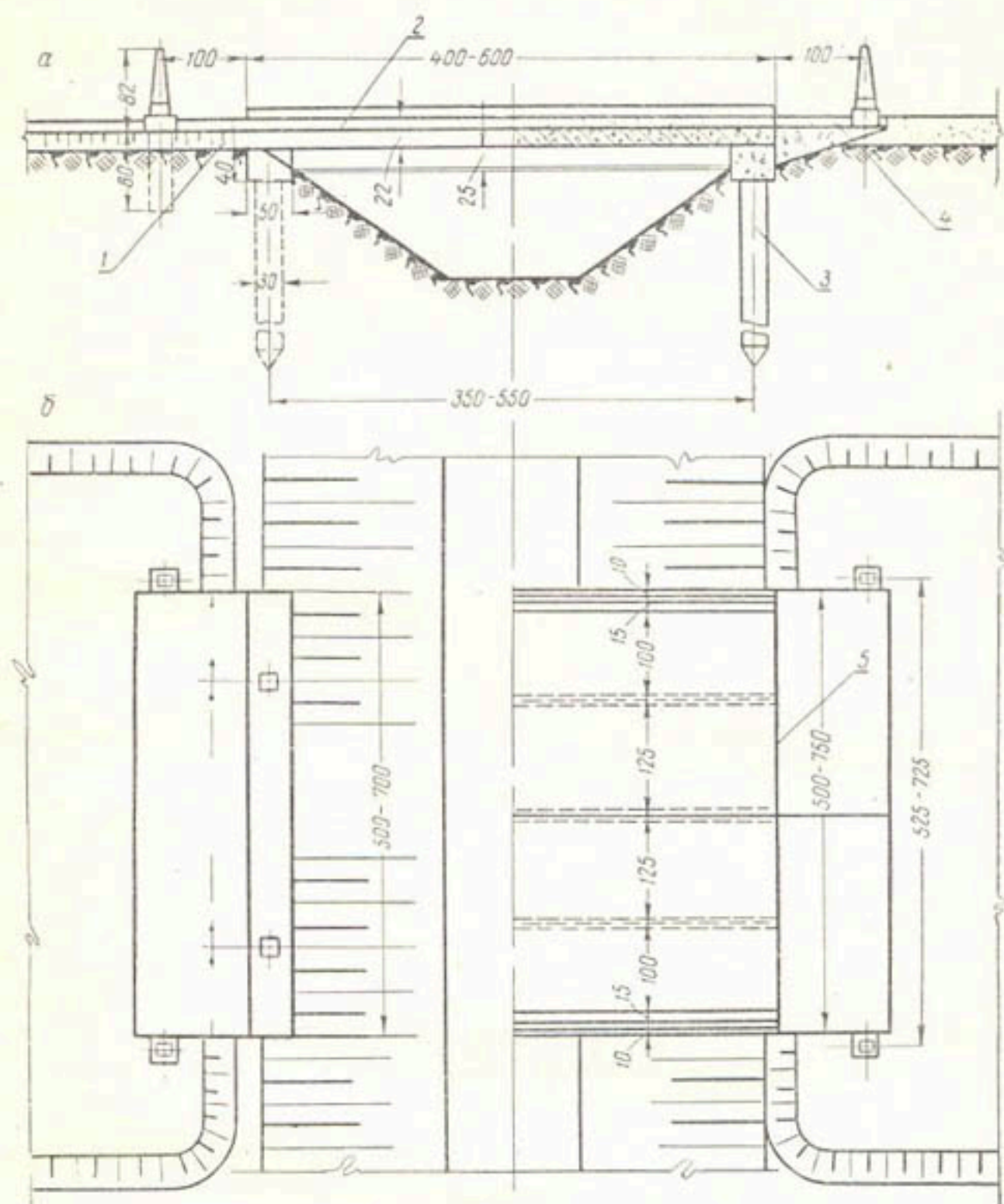


Рис. 34. Однопролетный мост из сборного железобетона:

*а* — слева от оси — фасад; справа от оси — продольный разрез; *б* — план; 1 — проливка цементным раствором; 2 — колесоотбойный брус; 3 — свая; 4 — подушка из щебня; 5 — деформационный шов.

В конструкцию однопролетного сборного моста длиной 4,5 и 6 м на сваях входят свайные опоры прямоугольного сечения  $30 \times 25 \text{ см}$  длиной 5—10 м, насадки и плоские плиты перекрытия шириной 125 см, длиной 4 и 6 м (в зависимости от расстояния между опорами) и толщиной 18—20 и 24 см (рис. 34). Марка бетона 200.

## КРЕПЛЕНИЕ КАНАЛОВ ПЛИТАМИ

В целях уменьшения фильтрационных потерь из оросительных каналов и защиты их от размыва применяют сборную облицовку из железобетонных и бетонных плит заводского изготовления.

Многолетний опыт показал, что наиболее слабым местом такого крепления являются швы стыков, конструкции которых еще несовершенны, а также сложность выполнения подготовки под плиты.

До последнего времени каналы облицовывали плоскими ненапряженными плитами различных размеров: площадью до  $10 \text{ м}^2$  и толщиной от 5 до 12 см.

Для расходов воды до  $3 \text{ м}^3/\text{сек}$  технико-экономические показатели у лотков, как правило, лучше, чем у плит, а их стыки работают надежнее, с меньшими потерями воды. При больших расходах каналов экономичнее применять облицовку из сборных железобетонных плит или монолитного армированного бетона.

В целях максимального сокращения длины швов желательно увеличивать размеры плит, увязывая их с габаритами сечения каналов.

Плиты больших размеров целесообразно изготавливать железобетонные и, как правило, с предварительно напряженной арматурой. От применения бетонных или армобетонных плит в противофильтрационных облицовках следует воздерживаться.

Выполнение гибких швов в стыковых соединениях плит является относительно сложной работой. Поэтому в последнее время начали применять жесткое замоноличивание швов между двумя-тремя смежными плитами при общей их длине 10—15 м (в зависимости от грунтовых и температурных условий).

Такие соединения на просадочных или пучинистых грунтах неприемлемы.

В последние годы сборные железобетонные облицовки получают все более широкое применение. Постепенно улучшается конструкция плит и их стыков, снижается относительный расход металла и бетона на  $1 \text{ м}^2$  облицовки, совершенствуются способы изготовления плит и их монтаж.

Для каналов Верхне-Дальверзинской системы и в Голодной степи (канал М-2) институт Средазгипроводхоз пропроектировал плиты размером  $400 \times 200 \times 8 \text{ см}$  (рис. 35).

Плита армируется одной сеткой с общим расходом стали  $17,3 \text{ кг}$ ; по периметру сетки укладываются стержни  $\phi 10 \text{ мм}$ , а вся остальная рабочая и распределительная арматура имеет диаметр 4 мм.

При стыковании плит применяли щелевидный шов, заполняемый специальной гудроно-битумной мастикой.

На строительстве обводнительного канала Северский Донец — Донбасс применялись плиты размером  $300 \times 300 \times 8 \text{ см}$  с двойной арматурной сеткой (рис. 36). Конструкция стыка плит показана на рисунке 37.

В дальнейшем стык несколько изменили: резиновую ленту покрыли полосой тканной металлической сетки с заделкой цементным раствором.

Представляет интерес конструкция «индустриального» шва, разработанная институтом Азгипроводхоз (рис. 38). Такие швы изготавливают на предприятии, которое выпускает железобетонные изделия.

После укладки железобетонных плит между ними устраивают «индустриальные» швы, выпуски арматуры приваривают к арматуре плит, а затем стыки бетонируют на месте расширяющимся цементным раствором или бетоном.

Институтом Водгео предложена и испытана конструкция шва, показанная на рисунке 39.

Несколько другой шов применен при облицовке каналов Бортнической оросительной системы на Украине, где были использованы плоские железобетонные подкладки с укладкой по ним битумных матов.

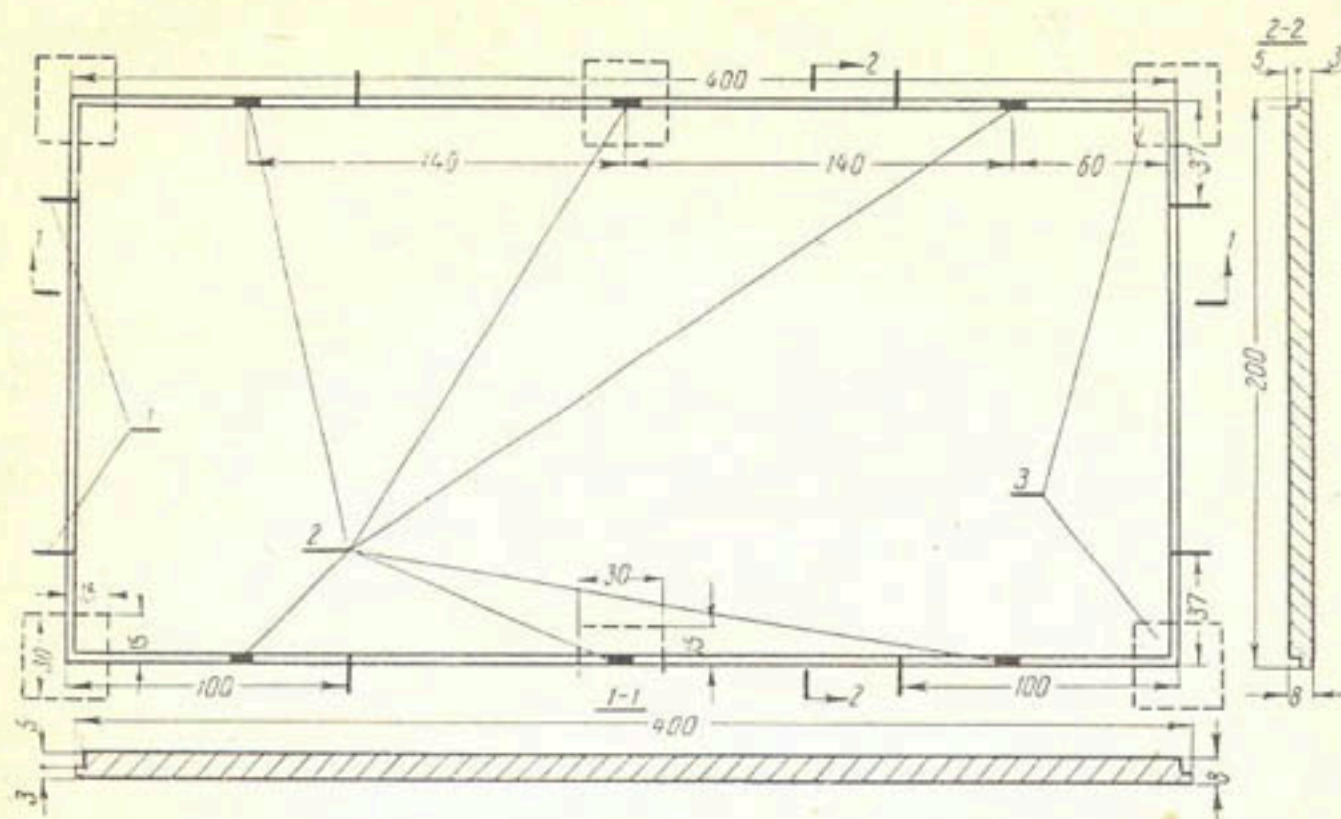


Рис. 35. Железобетонная плита для облицовки Дальверзинского канала:  
1 — выпуски арматуры для связи между плитами; 2 — петли для подъема; 3 — места опирания плит на бетонные маяки.

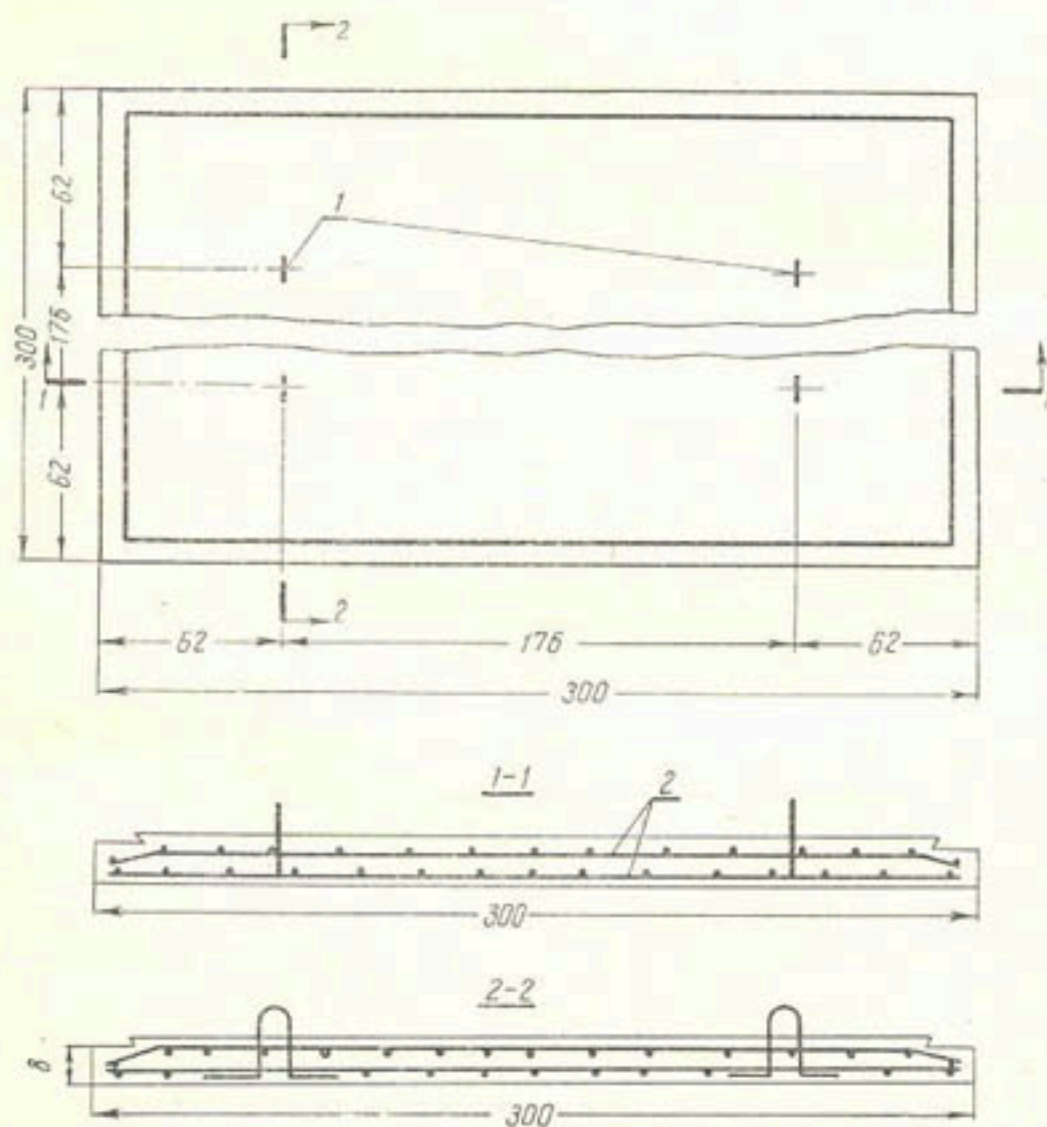


Рис. 36. Железобетонная плита для облицовки канала  
Северский Донец — Донбасс:

1 — петли для подъема; 2 — арматурные сетки  $\Phi$  6 мм.





Пруд на зиму должен быть опорожнен до отметки не менее чем на 2 м ниже НПГ во избежание разрушения входной части сооружения льдом.

В зависимости от расхода воды водосброс имеет одну, две или три нитки сифона с диаметром труб 0,8; 1 и 1,20 м. Уклон трубопровода 0,25—0,30. На входе и выходе поставлены раструбы, уменьшающие входную и выходную скорости. Верхняя кромка входного раструба заглублена под НПГ на 0,2 м, гребень сифона располагается на отметке НПГ, а нижняя кромка — на изломе выхода в нижнем бьефе ниже отметки дна водобойной части на 0,2—0,5 м.

Для гашения энергии использована водобойная стенка, а для улучшения равномерности распределения скоростей — растекатели.

Трапецеидальные сечения входа и выхода закреплены плитами и отсыпкой мелкого камня. В местах перегиба трубопровода установлены сборные железобетонные опоры.

Технико-экономические показатели для характерных типоразмеров сифонного водосброса Росгипроводхоза приведены в таблице 25.

Таблица 25

| Шифр сооружения | Диаметр трубы, м | Число ниток, шт. | Длина трубы, м | Максимальная разность бьефов, м | Расход, м³/сек | Объем бетона, м³ |          |
|-----------------|------------------|------------------|----------------|---------------------------------|----------------|------------------|----------|
|                 |                  |                  |                |                                 |                | всего            | сборного |
| BCA-1           | 0,8              | 1                | 49,4           | 4,0                             | 3,9            | 27,8             | 22,3     |
| BCA-9           | 0,8              | 3                | 66,5           | 8,0                             | 16,2           | 73,5             | 64,0     |
| BCA-24          | 1,2              | 3                | 75,5           | 8,0                             | 36,6           | 150,0            | 121,4    |

Продолжение

| Объем камня и гравия, м³ | Вес арматурной стали, кг | Сметная стоимость сооружения, тыс. руб. | Удельные показатели на 1 м³/сек расхода |               | Стоимость 1 м³ бетона в деле, руб. |
|--------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------|------------------------------------|
|                          |                          |                                         | бетон, м³                               | затраты, руб. |                                    |
| 92                       | 1160                     | 3,53                                    | 7,13                                    | 903           | 126                                |
| 160                      | 3690                     | 9,53                                    | 4,53                                    | 588           | 130                                |
| 218                      | 9630                     | 15,79                                   | 4,10                                    | 432           | 105                                |

Для строительства одного сооружения требуется четыре типоразмера деталей общим количеством от 59 до 230 шт.

Типовые трубчатые автоматические водосбросы при земляных плотинах запроектированы институтом Гипроводхоз в 1962 г. на расход воды до 30 м³/сек (рис. 42).

Водосброс имеет ковшовый входной оголовок, трубчатую часть и выходной оголовок с гасителем САНИИРИ.

Автоматичность работы сооружения достигается устройством водосливного порога в форме ковша на отметке НПГ в водоеме с переливом воды по всему периметру водослива.

Водосбросы рассчитаны на пропуск максимальных паводковых расходов с превышением горизонта воды в водохранилище над нормальным на 30—110 см.

Крепление отводящего русла в нижнем бьефе не предусматривается. Лабораторные исследования гасителя САНИИРИ на модели показали, что размыв русла нижнего бьефа незначителен и отдален от основных частей сооружения на безопасное расстояние.

Фронтальная стенка и дно входного оголовка образованы из Г-образных деталей специального профиля (применительно к форме ковша), боковые стенки — из плоских плит, задняя стенка — из полукруглых бетонных деталей.

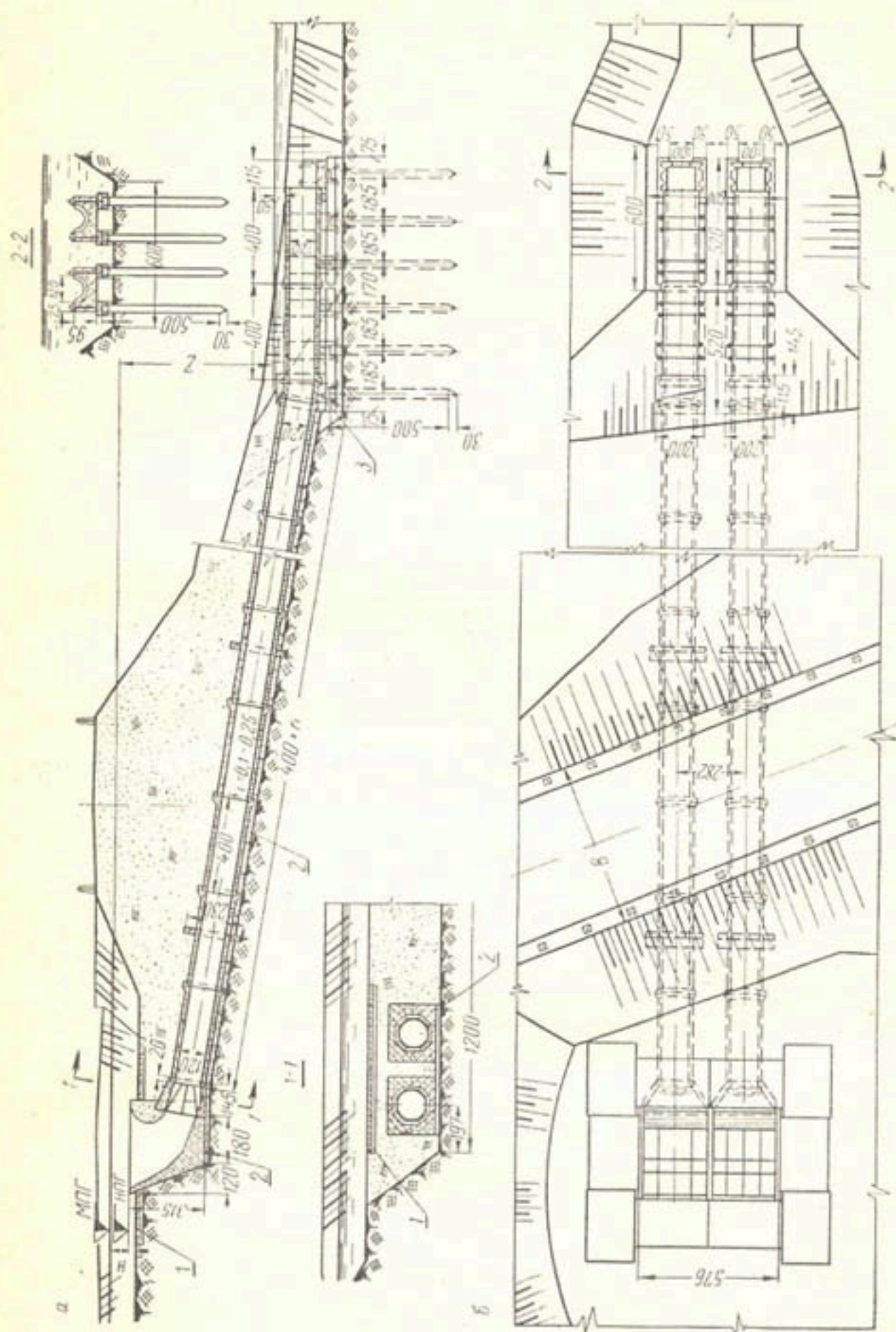


Рис. 42. Трубчатый водосбор автоматического действия с водосливом коашовой формы:  
 а — продольный разрез; б — план; 1 — гравийная подготовка; 2 — бетонная подготовка; 3 — монолитный бетон.

В данном случае применение толстостенных деталей вызвано необходимостью предохранить входной оголовок от всплывания. Оголовок соединяется с трубой звеном, форма которого обеспечивает плавный переход от прямоугольного поперечного сечения к круглому.

Одноочковый трубопровод принят круглого сечения, диаметром 100, 120 и 150 см, а двухочковый — 120 и 150 см.

Типовые унифицированные раструбные трубы с длиной звена 4 м уложены на бетонную подготовку. По длине трубопровода устанавливаются противофильтрационные сборные железобетонные диафрагмы.

Выходной оголовок запроектирован на свайном основании так же, как и в трубчатых ливнепропускных сооружениях конструкции института Гипроводхоз 1962 г.

Технико-экономические показатели для характерных типоразмеров водосбросов приведены в таблице 26.

Таблица 26

| Шифр сооружения и диаметр трубы, см | Падение, м | Расход, м³/сек | Объем сборного железобетона, м³ | Вес арматурной стали и металла для монтажа, кг | Объем монолитного бетона (с подготовкой), м³ | Сметная стоимость сооружения, тыс. руб. | Удельные показатели на 1 м³/сек расхода |               | Стоимость 1 м³ бетона в деле, руб. |
|-------------------------------------|------------|----------------|---------------------------------|------------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------|------------------------------------|
|                                     |            |                |                                 |                                                |                                              |                                         | бетон, м³                               | затраты, руб. |                                    |
| ТАВ-100                             | 8          | 7,2            | 34,5                            | 2198                                           | 9,84                                         | 3,121                                   | 6,17                                    | 434           | 70,4                               |
| ТАВ-150                             | 8          | 17,5           | 66,5                            | 5220                                           | 22,8                                         | 6,034                                   | 5,10                                    | 345           | 67,6                               |
| ТАВ-2-120                           | 8          | 21,8           | 90                              | 6840                                           | 30,1                                         | 7,688                                   | 5,50                                    | 353           | 64,0                               |
| ТАВ-2-150                           | 8          | 34,3           | 128                             | 9980                                           | 45,3                                         | 11,124                                  | 5,07                                    | 324           | 64,2                               |

Для строительства одного сооружения необходимо 12 типоразмеров, объединяющих от 49 до 123 деталей.

Для водосбросных сооружений запроектированы новые железобетонные детали: боковые стенки входного оголовка, Г-образный элемент фронтальной стенки, полуциркулярная задняя стенка, переходное соединительное звено и противофильтрационные диафрагмы.

Типовые проекты открытых автоматических водосбросов с переездом при земляных плотинах разработаны институтом Гипроводхоз в 1958 г. Они рассчитаны на расходы 10 и 20 м³/сек при разности горизонтов воды 8 м с двумя вариантами водоската: по типу струйного быстрого тока и с повышенной шероховатостью.

Сооружения запроектированы из сборных железобетонных деталей швеллерного профиля, соединенных между собой по торцам на сварке закладных частей, а в продольном направлении — на болтах. Смотровые колодцы дренажной системы выполнены из железобетонных колец.

Второй вариант водосброса — с водоскатом повышенной шероховатости — отличается от предыдущего только порядком расположения швеллерных элементов на дне лотка: здесь они размещены поперек оси сооружения полками вверх. Конструкции остальных частей не меняются.

Технико-экономические показатели водосбросов характеризуются таблицей 27.

Для строительства одного сооружения необходимо иметь 8—10 типоразмеров, объединяющих 147—185 деталей.

Типовой проект водосброса шахтного типа разработан институтом Укргипроводхоз в 1963 г. Сооружение состоит из шахты, трубы, гасителя и рисбермы. Стены и фундамент шахты сложены из Ш-образных железобетонных деталей и плит. Пустоты между замоналиченными деталями заполняют крупнозернистым песком. Для полного опорожнения пруда в шахте предусмотрено глубинное отверстие, перекрываемое плоским затвором. Трубы сооружения прямоугольного сечения размером в свету 2×2 м составлены из Г- и Т-образных деталей, перекрытых плоскими плитами.

| Шифр сооружения | Сечение трубы, м | Расход, м³/сек | Объем сборного железобетона, м³ | Вес арматурной стали и закладных частей, кг | Объем монолитного бетона (с подтопкой) и цементного раствора, м³ | Сметная стоимость сооружения, тыс. руб. | Удельные показатели на 1 м³/сек расхода |               | Стоимость 1 м³ бетона в деле, руб. |
|-----------------|------------------|----------------|---------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------|------------------------------------|
|                 |                  |                |                                 |                                             |                                                                  |                                         | бетон, м³                               | затраты, руб. |                                    |

## По типу струйного быстотока

|       |            |    |      |      |      |      |      |     |      |
|-------|------------|----|------|------|------|------|------|-----|------|
| ВОП-1 | 2 (1,45×2) | 10 | 64,9 | 6936 | 50,1 | 8,11 | 11,5 | 811 | 74,4 |
| ВОП-2 | 2 (1,65×3) | 20 | 84,5 | 9467 | 72,7 | 10,5 | 7,86 | 525 | 71   |

## С водоскатом повышенной шероховатости

|       |            |    |       |      |      |       |    |     |    |
|-------|------------|----|-------|------|------|-------|----|-----|----|
| ВОП-3 | 2 (1,45×2) | 10 | 66,14 | 7124 | 62,5 | 8,23  | 73 | 823 | 64 |
| ВОП-4 | 2 (1,65×3) | 20 | 85,3  | 9684 | 74,6 | 10,52 | 70 | 526 | 70 |

Трубы — жесткой конструкции, отделены от шахты и гасителя швами. Гаситель образован из Г-образных деталей с отверстиями в боковых стенках для слива воды. Водобойная стенка выполнена также из Г-образных деталей, а рисберма — из ребристых плит.

Технико-экономические показатели характерных типоразмеров водосброса приведены в таблице 28.

Таблица 28

| Шифр сооружения и напор, м | Число отверстий, шт. | Расход, м³/сек | Объем сборного железобетона, м³ | Объем монолитного бетона, м³ | Вес арматурной стали, кг | Вес металлических конструкций, кг | Сметная стоимость сооружения, тыс. руб. | Удельные показатели на 1 м³/сек расхода |               |
|----------------------------|----------------------|----------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|---------------|
|                            |                      |                |                                 |                              |                          |                                   |                                         | бетон, м³                               | затраты, руб. |
| ВШ-5 . . . . .             | 2                    | 30             | 220                             | 98                           | 912                      | 1247                              | 24,309                                  | 106                                     | 810           |
| ВШ-8 . . . . .             | 2                    | 50             | 306                             | 156                          | 1188                     | 1532                              | 34,765                                  | 92                                      | 695           |
| ВШ-10 . . . . .            | 3                    | 100            | 558                             | 227                          | 1589                     | 2080                              | 62,346                                  | 79                                      | 623           |

Из сопоставления удельных показателей видно, что наиболее экономичны трубчатые водосбросы института Гипроводхоз, но они неприемлемы в местах с крутыми или пологими склонами, а также при неустойчивых берегах. Здесь предпочтительнее шахтные водосбросы Укргипроводхоза.

## СООРУЖЕНИЯ НА ЗАКРЫТЫХ ВОДОВОДАХ

В закрытых системах в настоящее время применяют асбестоцементные трубы, которые относительно дефицитны, в особенности трубы больших диаметров — от 576 до 960 мм. Широкое строительство напорных оросительных систем требует массовой замены асбестоцементных труб железобетонными, главным образом предварительно напряженными.

В 1961 и 1962 гг. институтами Средазгипроводхлопок и Гипроводхоз были составлены следующие типовые проекты сооружений для закрытой сети: водозаборных сооружений из открытых и лотковых каналов; колодцев-водовыпусков и концевых сбросов; колодцев для установки арматуры закрытой сети, водомеров и воздушных колпаков; делителей статического напора; промежуточных и концевых сбросов из трубопроводов; фасонных железобетонных частей.

Некоторые из перечисленных сооружений рассмотрены ниже.

Водозаборное сооружение в трубчатый водовод из лоткового канала параболического сечения запроектировано институтом Гипроводхоз и представляет собой прямоугольный в плане железобетонный колодец размером  $1,85 \times 1,85$  м и глубиной 3 м с отверстием у дна для отводящей трубы диаметром 0,8 м. Отверстие перекрывается металлическим скользящим затвором, установленным на прислонной раме; на ней же закреплен винтовой подъемник. В колодце, состоящем из двух звеньев, верхнее звено имеет два седловидных выреза, которые служат опорами для подводящего и отводящего лотков (рис. 43).

Водозаборное сооружение с водомером из лоткового канала параболического сечения в трубчатый водовод запроектировано институтом Гипроводхоз. Оно состоит из железобетонной коробки, расположенной на опорах, к которой примыкают подводящий и отводящий лотковые каналы. В ней размещается водосливной порог с отверстиями, рассчитанными на различные расходы. С асбестоцементной трубой водовода она сопрягается металлическим коленом того же диаметра, что и труба. В коробке поддерживается постоянный горизонт воды при помощи автоматически действующего сегментного затвора, установленного на отводящем лотке конструкции Средазгипроводхлопка (рис. 44).

Железобетонную коробку собирают из пяти ребристых плит на болтовых соединениях.

Технико-экономические показатели рассмотренных сооружений приведены в таблице 29.

Т а б л и ц а 29

| Наименование сооружения                         | Расход, м <sup>3</sup> /сек | Объем сборного железобетона, м <sup>3</sup> | Вес арматурной стали, кг | Вес металлических конструкций, кг | Сметная стоимость, руб. |                                                 |
|-------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------|
|                                                 |                             |                                             |                          |                                   | общая                   | на 1 м <sup>3</sup> /сек пропускной способности |
| Водозабор из лотков параболического сечения . . | 1,0                         | 2,92                                        | 255                      | 279                               | 466                     | 466                                             |
| То же, с водомером . . .                        | 1,5                         | 6,75                                        | 643                      | 1281                              | 1092                    | 730                                             |

Водовыпуск двухстороннего действия из трубопровода в открытые оросители (рис. 45) запроектирован институтом Средазгипроводхлопок. Вода из трубопровода поступает в круглый колодец через отверстие, перекрываемое тарельчатым клапаном, а из колодца через отверстия в его стенках — в оросители. Их земляное русло у сооружения закреплено ребристыми плитами.

Смотровые колодцы на закрытых водоводах приняты институтом Средазгипроводхлопок из железобетонных колец круглого сечения. На приведенном в качестве образца рисунке 46 в одном колодце установлена металлическая задвижка с ручным приводом, перекрывающая выход воды на сбросной трубе, которая выпущена в другой водопоглощающий колодец.

Железобетонная арматура для асбестоцементных трубопроводов разработана институтом Средазгипроводхлопок и состоит из крестовины, тройника для установки стояков с гидрантами, колена и отвода.

Разработка и внедрение железобетонной арматуры для закрытых водоводов мелиоративных систем имеет большое значение в связи со значительной экономией металла, особенно на системах с малым напором воды, где стандартная металлическая арматура используется неэффективно. Но пока конструкции железобетонной арматуры несовершенны, она не получает широкого распространения.

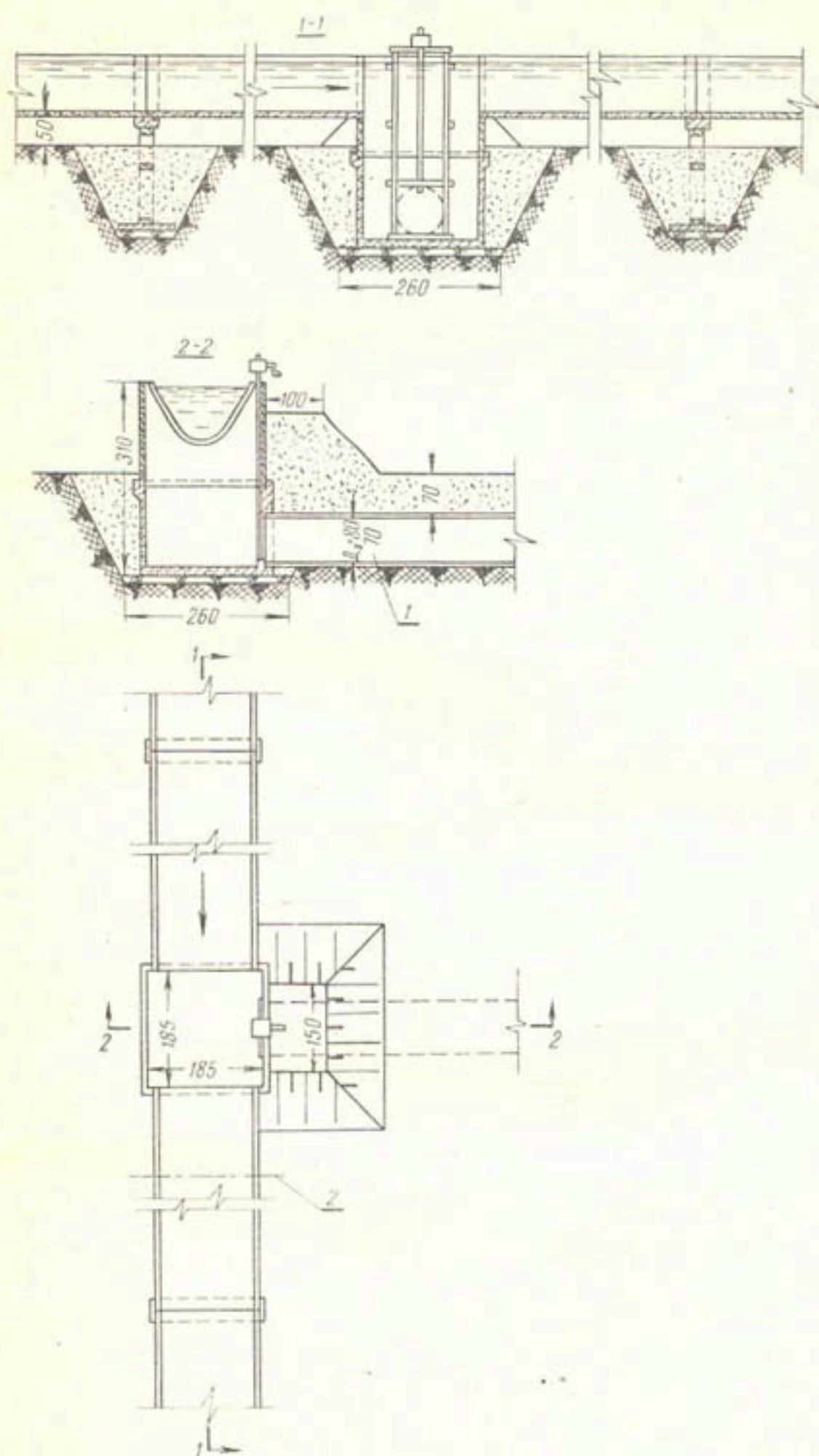


Рис. 43. Водозаборное сооружение из лоткового канала в трубчатый водовод:  
 1 — асбестоцементная труба; 2 — место установки затвора.

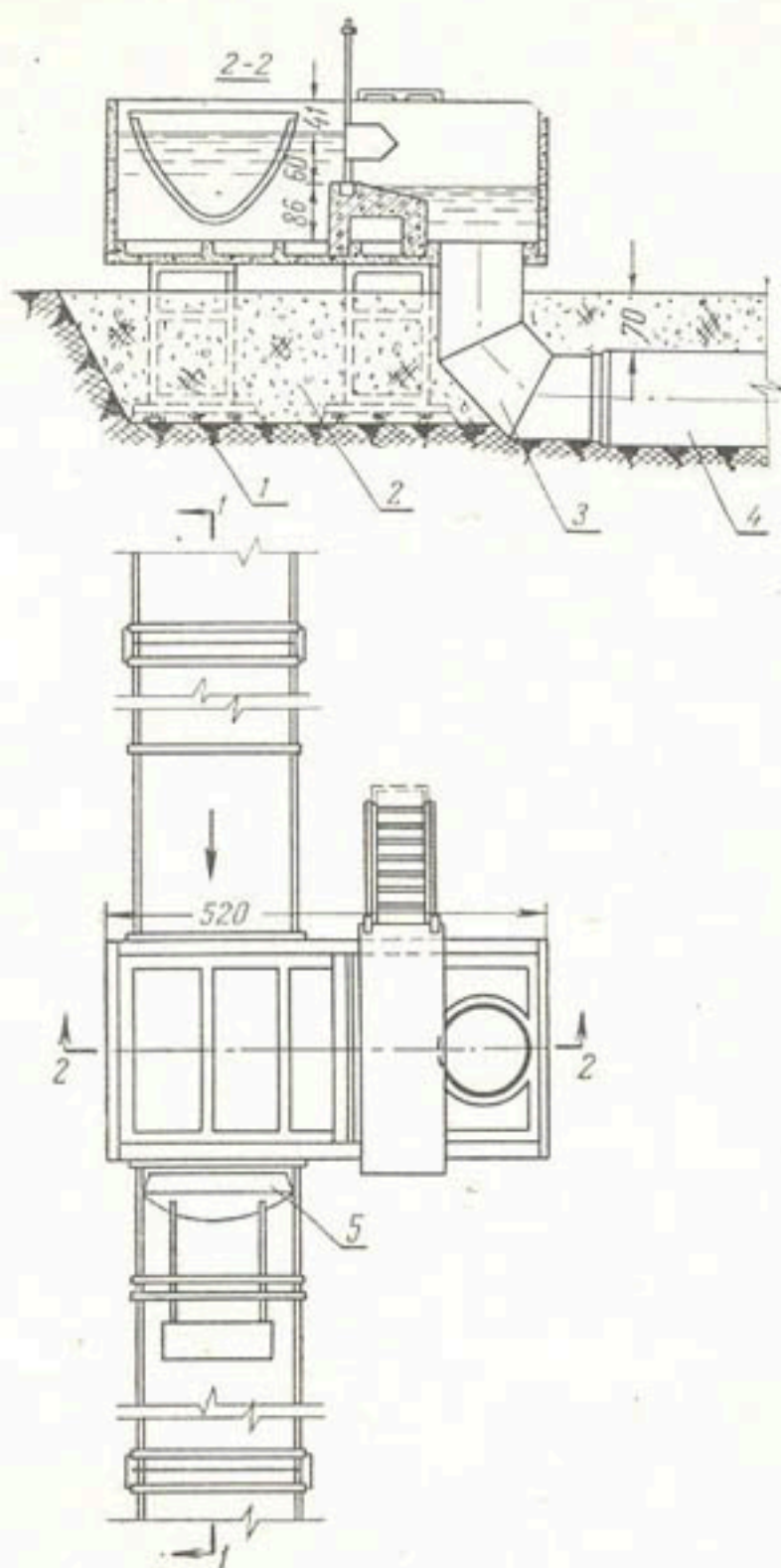


Рис. 44. Водозаборное с водомером сооружение из лотков в трубчатый водовод:

1 — гравийная подготовка; 2 — качественная засыпка;  
3 — стальное колено; 4 — асбестоцементная труба;  
5 — автомат горизонта воды.

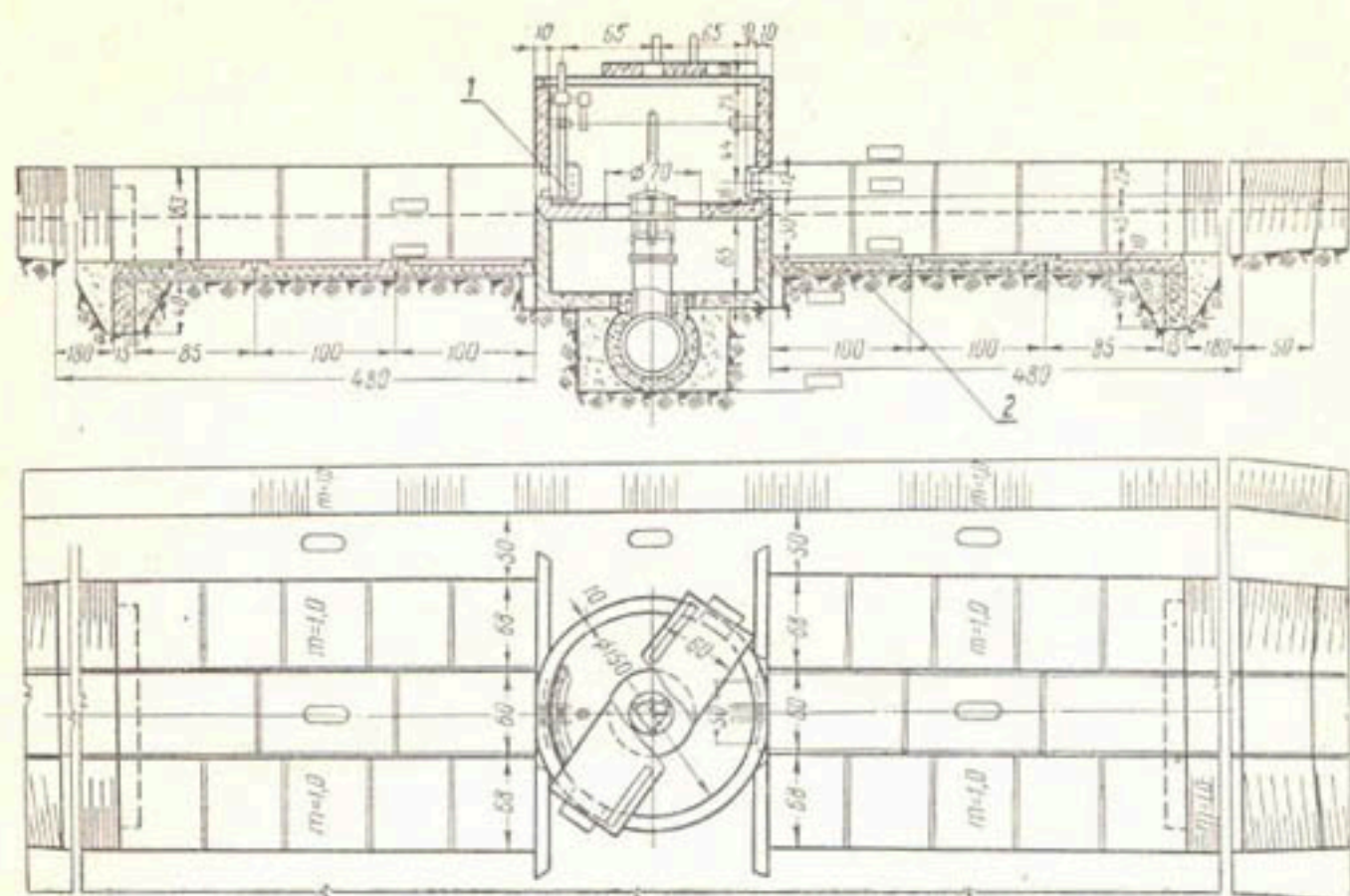


Рис 45. Двухсторонний водовыпуск с тарельчатым клапаном из трубопровода в открытые оросители:

1 — переносной затвор; 2 — подливка цементным раствором,

1-1

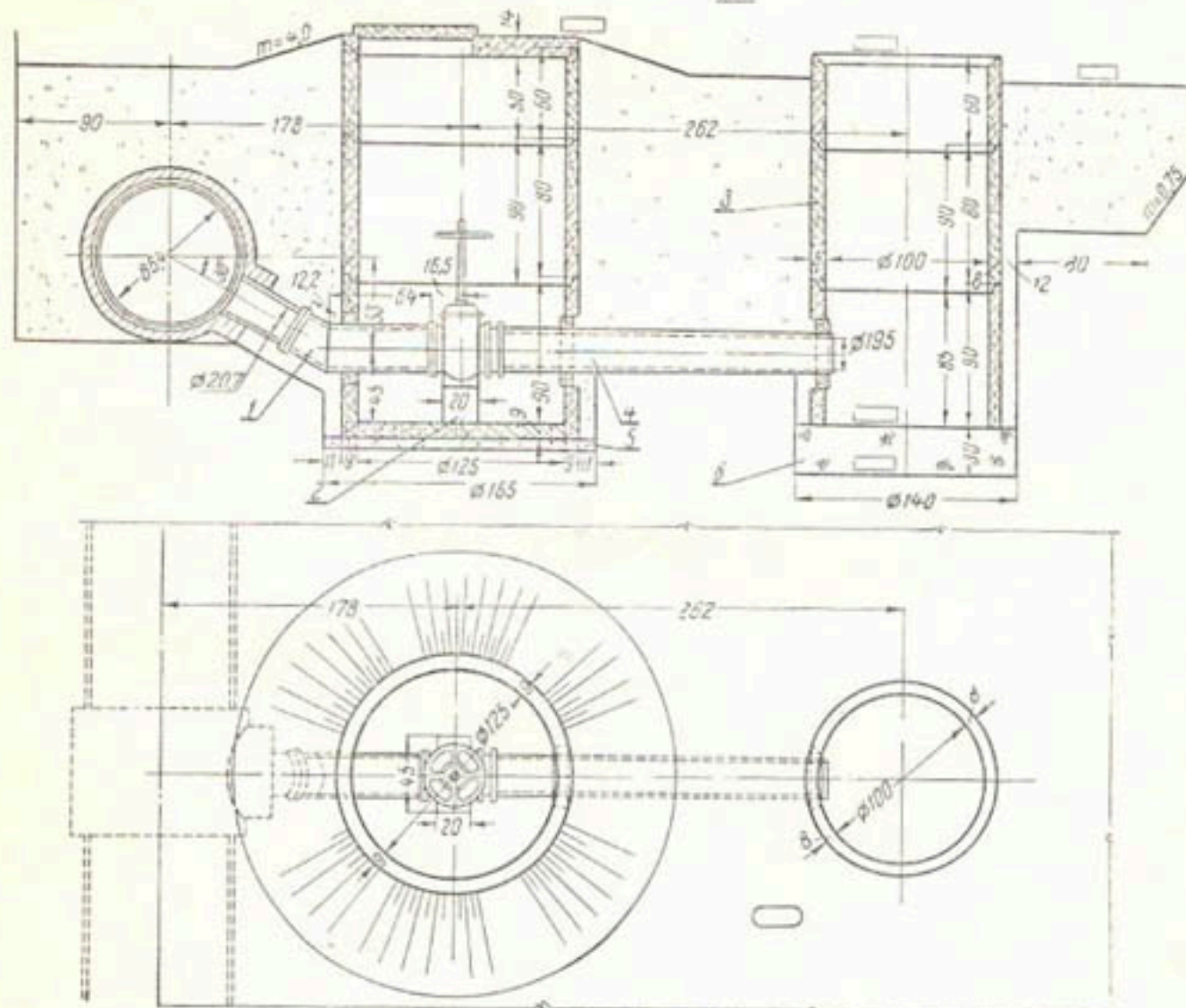


Рис. 46. Смотровой колодец и колодец промежуточного сброса воды из трубопровода:

1 — стальная труба; 2 — монолитный бетон; 3 — водопоглощающий колодец; 4 — асбестоцементная труба; 5 — втрамбованный гравий; 6 — гравийная отсыпка.

## ЛОТКИ И СООРУЖЕНИЯ НА ЛОТКОВЫХ КАНАЛАХ

В настоящее время лотковые каналы в СССР и за рубежом получили широкое распространение. С их применением разрешается одна из основных задач орошения — борьба с потерями воды на фильтрацию в грунт, повышается коэффициент полезного действия оросительных систем, а также предупреждается заболачивание и засоление орошаемых земель.

Лотковая сеть является одним из основных объектов применения сборного железобетона в ирригационном строительстве СССР. Вначале это были бетонные лотки полукруглого сечения диаметром 70 и 90 см, длиной 70 см и толщиной 6 см. Их применяли на каналах Самгорской оросительной системы в Грузинской ССР. Такая облицовка была по существу лишь защитным средством от размыва земляного русла, и только частично сокращались потери воды на фильтрацию. В последующем лотки небольшого сечения из бетона и железобетона длиной 3—5 м начали применять в Армянской и Молдавской ССР.

В настоящее время крупное строительство лотковых каналов происходит в Узбекской ССР, Грузинской ССР, Украинской ССР, Армянской ССР, Молдавской ССР, Таджикской ССР, Туркменской ССР, а также в ряде орошаемых районов РСФСР.

В Голодной степи применяют лотки длиной 6 м параболического сечения, которые укладывают на рамные или свайные опоры разной конструкции и высоты (рис. 47).

На поворотах трассы лоткового канала ставят косые лотки на опорах или специальные вставки и колодцы.

Большое распространение лотковые каналы получили в Северной Африке (Алжир, Марокко и др.), а также в Италии, Франции и других странах (в зонах с ограниченными водными ресурсами). Здесь в большинстве случаев применяют установленные на рамных опорах лотки из напряженного железобетона длиной до 7 м с гладким концом (полукруглого, параболического, оvoidального сечения и т. п.) при толщине стенок не менее 4 см.

На каналах применяют водомерные сооружения различной кон-

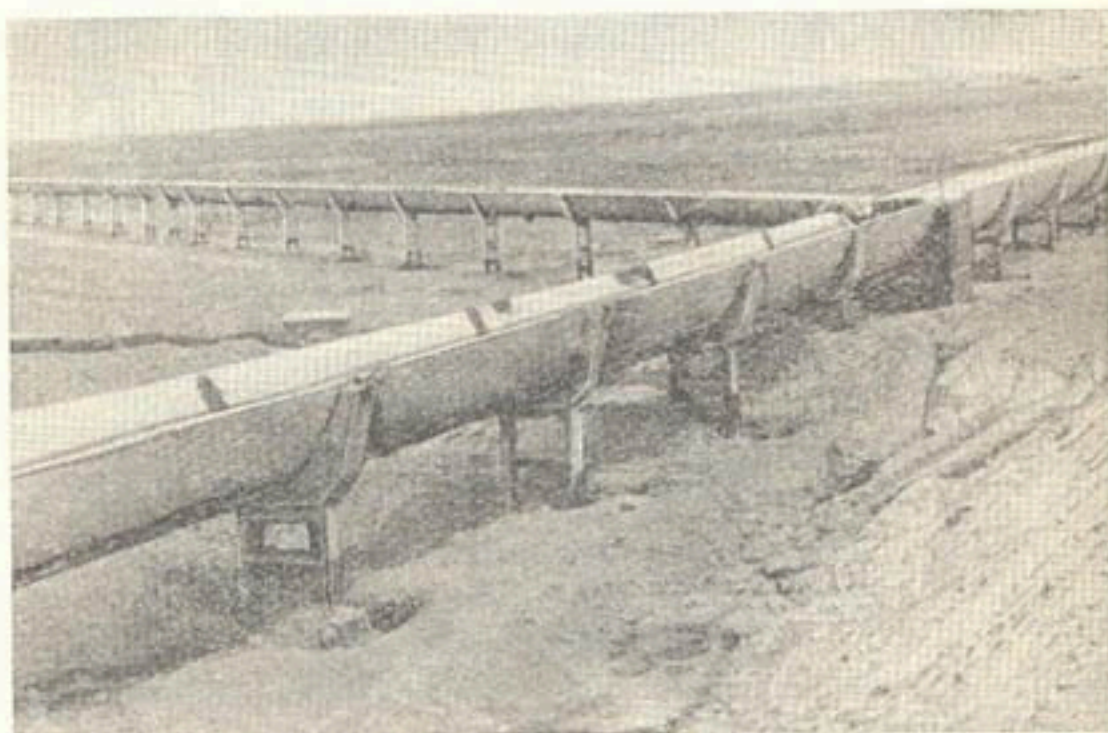


Рис. 47. Лотковые каналы в Голодной степи (глубиной до 1 м при длине звеньев 6 м).

струкции с автоматическим регулированием расхода воды. Изготавливают лотки специализированные фирмы, главным образом по стендовой технологии.

## ЛОТКИ

На строительстве оросительных систем в СССР в настоящее время применяют лотки длиной до 8 м и глубиной до 1,6 м, в основном параболического, а также полукруглого сечений.

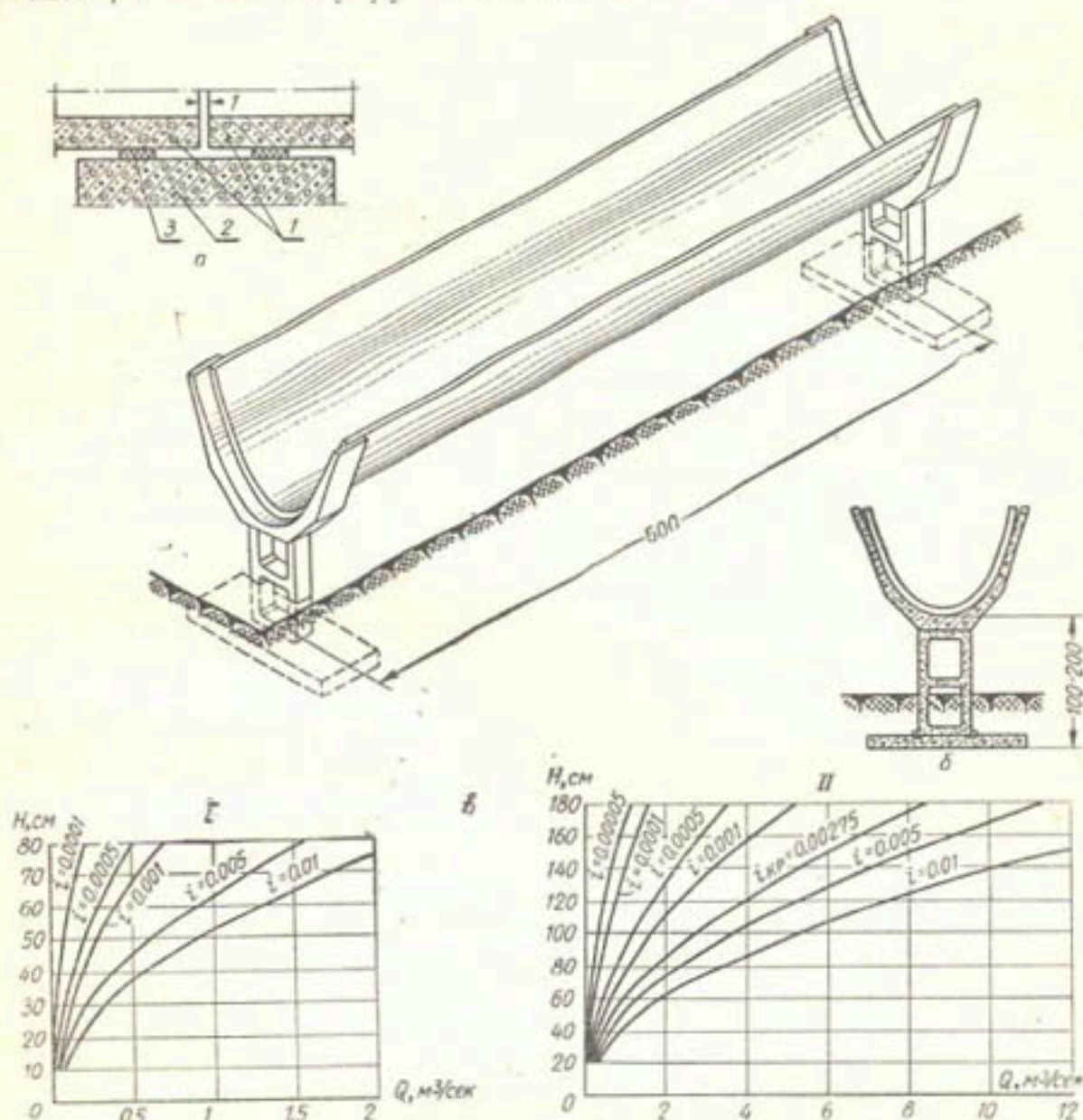


Рис. 48. Параболические лотки из ненапряженного железобетона длиной 6 м на рамных опорах:

а — деталь стыка между лотками, б — поперечное сечение лотка; в — графики пропускной способности  $Q=f(H, i)$  для лотков глубиной до 80 см (I) и 100—180 см (II); 1 — блоки лотка; 2 — седло; 3 — прокладка из резины, поронзола или пенькового каната.

Лотки изготавливают преимущественно с гладкими концами, ненапряженные, длиной до 6 м; в последнее время начато производство лотков с раструбом на одном конце и напряженных.

В 1958—1959 гг. Гипроводхоз разработал типовые проекты лотков из ненапряженного железобетона параболического сечения со строительной глубиной от 30 до 180 см при длине звена 6 м и толщине стенок 4,6; 5,6 и 8 см. При этом лотки глубиной от 100 до 180 см имеют поверху железобетонные стяжки.

Лотки, как правило, располагают на опорах, состоящих из седел, рамной стойки и фундаментной плиты. Реже их размещают на сваях или седлах, под которые создают специальную подготовку.

Конструкции гладких лотков и опор, а также уплотнений в местах стыкования элементов лотка по типовому проекту показаны на рисунках 48 и 49.

Для рамных опор фундамент разработан в двух вариантах: в виде плоской плиты, с которой стойка соединяется сваркой, и стаканного типа с замоноличиванием стойки раствором.

Продольная арматура в лотках — горячекатаная, периодического профиля, из стали марки 25Г2С (ГОСТ 5058—57); поперечная — та же и холоднокатаная проволока (ГОСТ 6727—53).

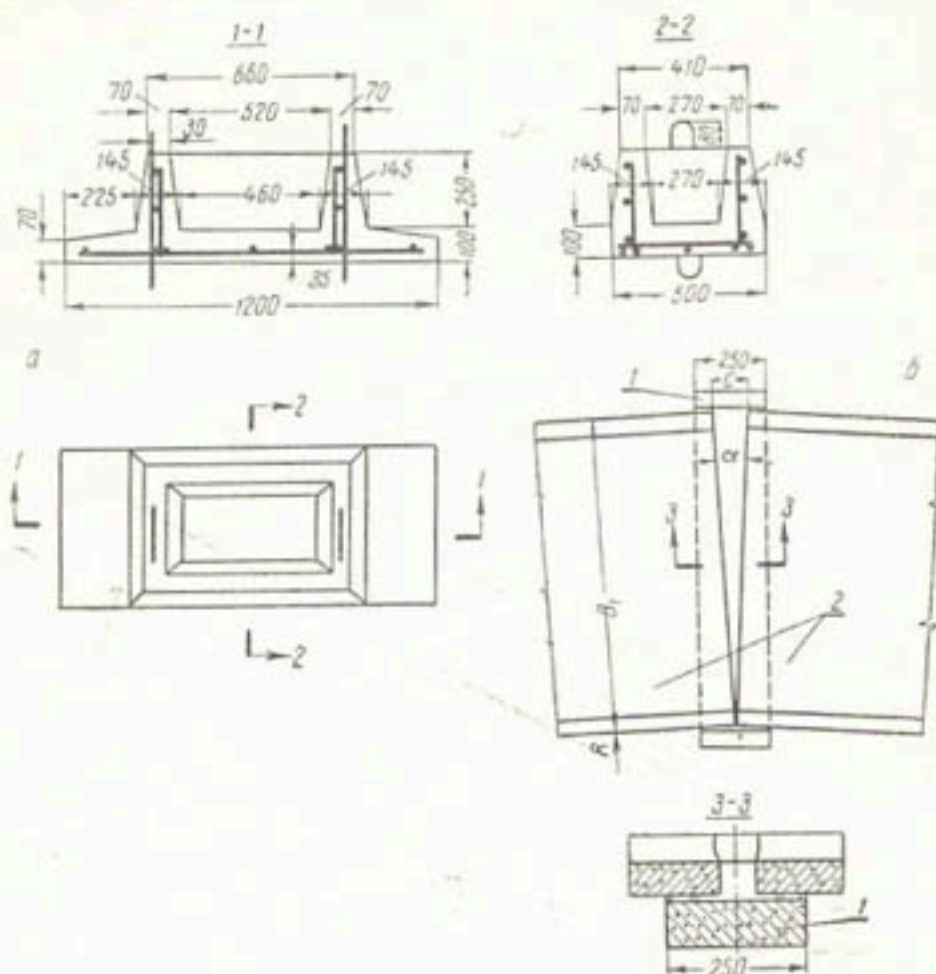


Рис. 49. Стык соединения параболических лотков с седлом на закруглениях и фундаментный «стакан»:

а — план «стакана»; б — схема стыкования лотков на закруглениях;  
1 — седло; 2 — блоки лотка.

Технико-экономические показатели по ненапряженным лотковым каналам на 1 км длины для наиболее характерных сечений приведены в таблице 30.

Таблица 30

| Глубина лотка, см | Объем бетона, м³ |                   |       | Сталь арматурная, кг |                   |        | Сметная стоимость, тыс. руб. |
|-------------------|------------------|-------------------|-------|----------------------|-------------------|--------|------------------------------|
|                   | лоток            | опора высотой 2 м | всего | лоток                | опора высотой 2 м | всего  |                              |
| 40                | 63,0             | 19,8              | 82,8  | 2 950                | 2050              | 5 000  | 6,8                          |
| 60                | 96,4             | 22,2              | 118,6 | 3 880                | 2270              | 6 150  | 8,9                          |
| 80                | 118,4            | 23,2              | 141,6 | 5 630                | 2720              | 8 350  | 11,1                         |
| 100               | 171,2            | 82,2              | 253,4 | 14 450               | 4550              | 19 000 | 18,73                        |
| 120               | 194,9            | 85,4              | 280,3 | 17 640               | 5000              | 22 640 | 22,73                        |
| 140               | 264,2            | 136,5             | 400,7 | 22 000               | 9140              | 31 140 | 31,54                        |

По этим проектам построены и строятся многие лотковые каналы в Голодной степи с глубиной 30, 40, 60, 80 и 100 см, но с опорами стаканного типа, устанавливаемыми на просадочных грунтах после замачивания и специального уплотнения основания.

В зависимости от наличия материалов стыковые соединения могут быть выполнены на круглой резине диаметром 20—25 мм или из пенькового круглосвитого жгута, пропитанного битумной эмульсией и мастикой.

Стыковые водонепроницаемые соединения лотковых каналов можно выполнять также с помощью эластичных прокладок из поронизола или гернита.

Предпочтительным является стык, устраиваемый с использованием поронизола, гернита или резины и обеспечивающий индустриализацию и наименьшую трудоемкость работ. Однако в настоящее время еще широко применяют и стыки с пеньковыми жгутами.

Для предварительной пропитки пеньковых жгутов и грунтовки поверхностей посадочного места раструба (седла) используют битумную

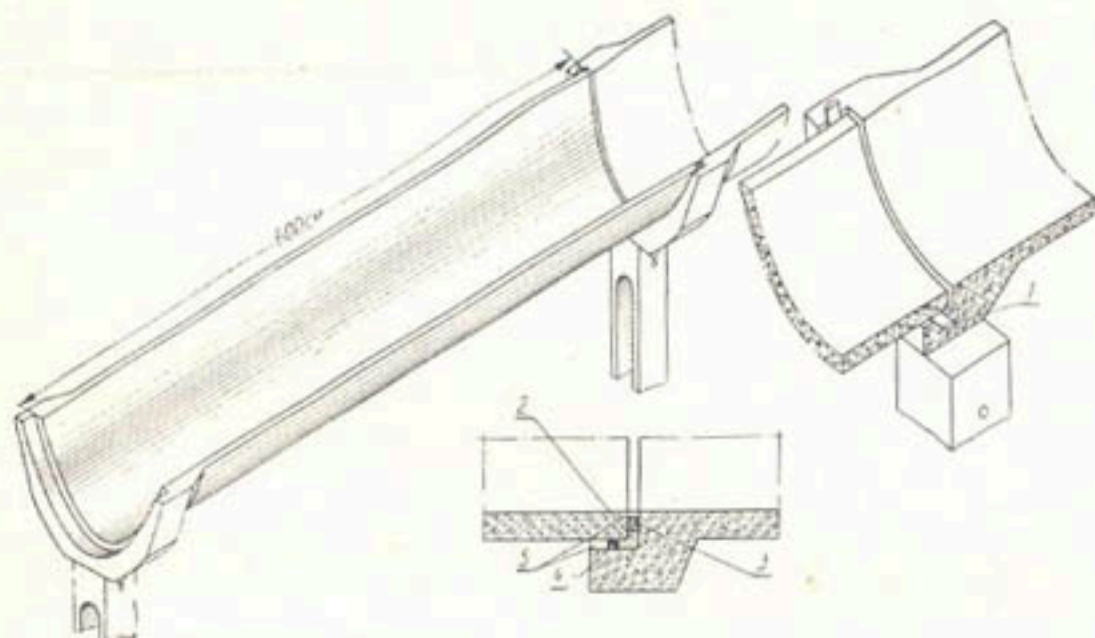


Рис. 50. Общий вид лотков раструбного типа на свайных опорах и их стыки:

1 — прокладка из резины, поронизола или пенькового жгута, пропитанного битумом; 2 — заливка битумной мастикой; 3 — зачеканка шлаковатой; 4 — пеньковый жгут, пропитанный битумной мастикой; 5 — затирка цементным раствором.

эмульсию, состоящую из битума III марки (20% по весу) и бензина (80%). Вместо бензина можно употреблять керосин или соляровое масло. После этого пеньковые жгуты пропитывают горячей битумной мастикой, но можно и холодной, которая предпочтительнее при устройстве стыков в сырые и холодные периоды года.

Четырехлетний опыт эксплуатации лотков-каналов в Голодной степи показал устойчивость и водонепроницаемость стыковых соединений, выполненных с прокладкой пеньковых жгутов. При установке лотков, имеющих отклонения в допусках на посадочных местах, с целью большей надежности соединений стыки выполняют с заливкой битумной мастикой.

В этом типе стыкового соединения, кроме прокладки пенькового жгута, внутреннюю полость стыка по всей высоте лотка заливают горячей битумной мастикой и затем покрывают цементным раствором. Чтобы горячая битумная мастика не вытекала из полости стыка, шов с внешних сторон зачеканивают шлаковатой или пенькой и затирают тонким слоем цементного раствора. Такие стыки иногда требуют ремонта в виде повторной затирки цементным раствором.

В 1963 г. Гипроводхозом были разработаны новые типовые проекты ненапряженных железобетонных раструбных лотков длиной 6 м и глубиной 40, 60, 80 и 100 см на свайных опорах (рис. 50).

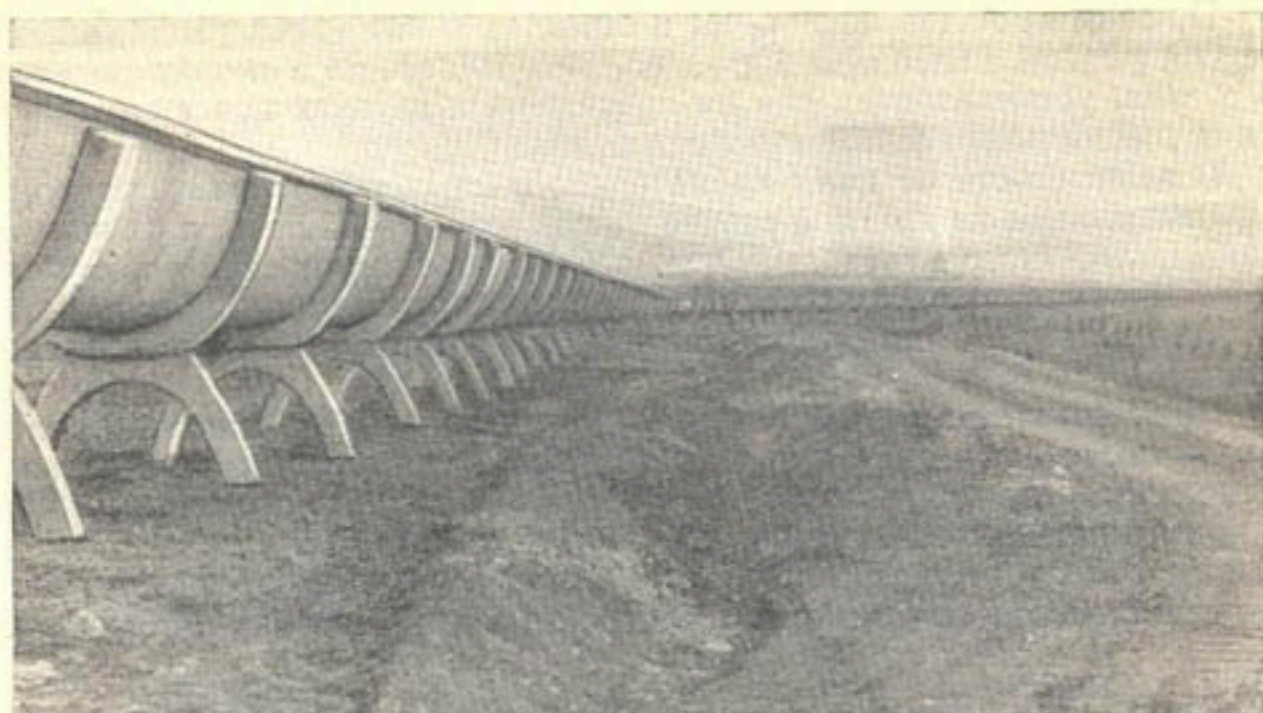


Рис. 51. Лотковый канал на Нижне-Самгорской оросительной системе.

Стык лотков на раструбах позволяет вдвое уменьшить количество прокладок на опорах и исключить седла как детали. Применение свай значительно сокращает виды работ по строительству опор.

Технико-экономические показатели по раструбным лоткам на 1 км длины канала приведены в таблице 31.

Таблица 31

| Глубина лотка, см | Объем бетона, м <sup>3</sup> |                |       | Вес арматурной стали, кг |               |        | Сметная стоимость, руб. |
|-------------------|------------------------------|----------------|-------|--------------------------|---------------|--------|-------------------------|
|                   | лоток                        | свайная опора* | всего | лоток                    | свайная опора | всего  |                         |
| 40                | 54,74                        | 26             | 100,7 | 3 219                    | 3083          | 6 202  | 6 090                   |
| 60                | 85,99                        | 26             | 112,0 | 4 164                    | 3083          | 7 247  | 7 520                   |
| 80                | 121,50                       | 26             | 147,0 | 6 603                    | 3083          | 9 686  | 9 870                   |
| 100               | 198,30                       | 52             | 250,3 | 14 620                   | 6166          | 20 786 | 17 330                  |

\* Высота опор над землей равна 1 м при общей длине свай 3,5 м, забитых на глубину 2,5 м.

В 1960 г. Грузгипроводхоз разработал типовые проекты железобетонных ненапряженных лотков с гладкими концами, полукруглого сечения, длиной 5 м для диаметров 0,6; 0,8; 1; 1,2 и 1,5 м. Опоры для этих лотков высотой  $H=0,80$ ; 1,2 и 1,7 м запроектированы на седлах (без стоек) (рис. 51).

Толщина стенок лотков принята 6 см, марка бетона 300.

Опоры во всех лотках Грузгипроводхоза одностипные, ненапряженные, криволинейной формы, устанавливаемые на фундаментной плите.

Технико-экономические показатели для основных типоразмеров на 1 км длины лоткового канала полукруглого сечения с опорами высотой 1,2 м приведены в таблице 32.

| Глубина лотка, см | Объем бетона, м³ |       |       | Вес арматурной стали, кг |       |        | Сметная стоимость, руб. |
|-------------------|------------------|-------|-------|--------------------------|-------|--------|-------------------------|
|                   | лоток            | опора | всего | лоток                    | опора | всего  |                         |
| 40                | 81               | 42    | 123   | 6 840                    | 2374  | 9 214  | 9 600                   |
| 50                | 100              | 43    | 143   | 8 178                    | 2558  | 10 736 | 11 500                  |
| 60                | 119              | 50    | 169   | 8 788                    | 2742  | 11 530 | 14 000                  |
| 75                | 147              | 53    | 200   | 10 440                   | 3018  | 13 458 | 15 900                  |

Кроме лотков из ненапряженного железобетона, в последние годы начали применять лотки с напряженной арматурой, длиной 7 и 8 м, в основном параболического сечения, по проектам институтов Грузгипроводхоз и Гипроводхоз (см. ниже).

У нас в стране и за рубежом накоплен значительный опыт по проектированию и изготовлению лотков различной конструкции и габаритов. В настоящее время ряд проектных организаций заканчивает унификацию конструктивных и планировочных решений по лоткам с учетом технологии их производства. В результате этой работы определились следующие основные направления в проектировании и изготовлении лотков. За основу принимают параболические лотки с раструбом из напряженного железобетона длиной до 8 м, изготовленные в перевернутом, нерабочем положении на виброплощадках или методом продольно-горизонтального вибрирования.

Одновременно изучается вопрос о применении полукруглых лотков, изготавливаемых по технологии производства труб, длина которых в настоящее время у нас в стране не превышает 5 м. Поэтому при использовании лотков, изготовленных по этой технологии, их длина сократится до 5 м и соответственно увеличится количество опор и стыков.

Произведенные сопоставительные расчеты для параболических лотков показывают, что при высоте опор от 0 до 2 м и расстоянии между ними (при том же сечении) 5 м расход бетона увеличивается на 3—6% по сравнению с 6-метровой длиной и на 6—8% при 8-метровой.

Лотки полукруглого сечения имеют некоторые преимущества перед параболическими в гидравлическом и статическом отношении, так как действующие в замке расчетные моменты от давления воды на борта лотка в поперечном направлении здесь меньше, особенно для лотков с большими расходами воды. Поэтому при изготовлении лотков полукруглого сечения по технологии труб перерасход бетона на сгущении опор будет компенсирован, а в отдельных случаях (для крупных лотков) может быть достигнута и экономия средств.

При изготовлении лотков в перевернутом положении на виброплощадках предпочтительнее лотки параболического сечения ввиду лучшей проходимости бетонной смеси и возможности изготовления в одной форме 2—3 типоразмеров.

Для параболических лотков, кроме того, вырезы в стенках сопрягающих и регулирующих сооружений двух или трех типоразмеров (при одной форме параболы) можно объединять.

В перспективе развития строительства лотковой сети следует ориентироваться на применение лотков полукруглого сечения, изготавливаемых по технологии производства труб, что позволит концентрировать и унифицировать технологическое оборудование и оснастку для изготовления лотков и труб.

## СООРУЖЕНИЯ НА ЛОТКОВЫХ КАНАЛАХ

Лотковые сооружения по типам и назначению делятся на следующие группы:

регулирующие — водовыпуски, вододелители, автоматические сбросы;

сооружения на пересечениях — акведуки, переезды;

сопрягающие сооружения — перепады и концевые сбросы.

Типовые проекты сборных сооружений на лотковых каналах составлены институтами Средазгипроводхлопок, Грузгипроводхоз и Гипровод-

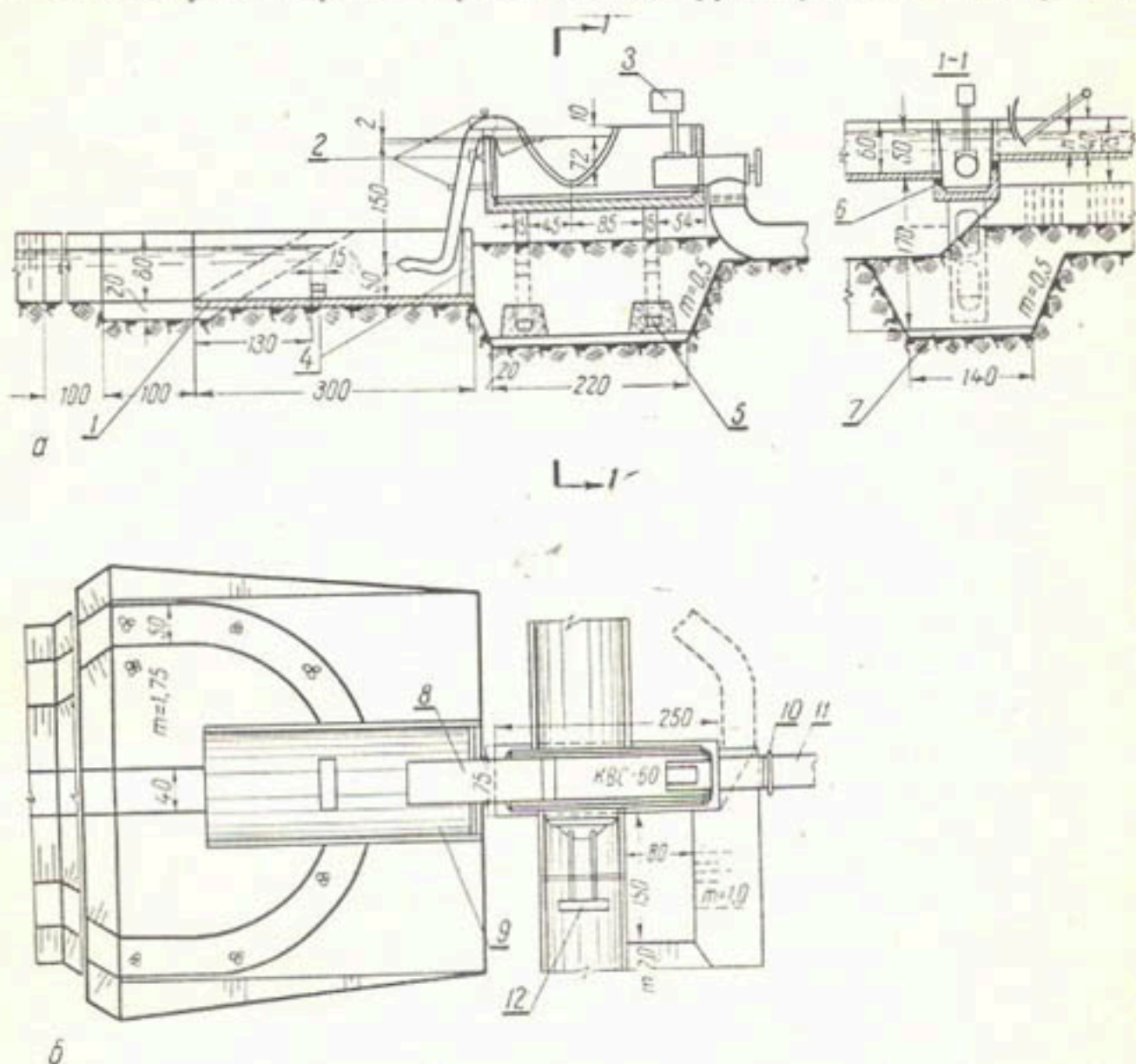


Рис. 52. Водовыпуск с водомером из лотка в гибкий трубопровод (для скоростей менее критических):

а — продольный разрез по оси; б — план; 1 — каменная отсыпка; 2 — крепление сифона к колодезю; 3 — устройство для установки прибора ДРС-60; 4 — монолитный бетон; 5 — заполнение стакана бетоном; 6 — резиновая прокладка; 7 — гравийная подготовка; 8 — сифон; 9 — бракованный лоток; 10 — вентиль; 11 — гибкий трубопровод; 12 — автомат горизонта воды.

хоз. В конструкции сооружений используются различные ненапряженные железобетонные детали.

Важным фактором, определяющим конструктивное решение лоткового сооружения, является скорость воды в верхнем бьефе. Институтом Средазгипроводхлопок запроектированы сооружения, применяемые при скоростях, менее критической, Грузгипроводхозом — для скоростей, больше критической, а институтом Гипроводхоз — для применения в том и другом случаях.

Ниже приведено описание наиболее характерных сборных сооружений для лотков параболического сечения.

## 1. Регулирующие сооружения

Водомерные водовыпуски из лотка в гибкий трубопровод на расход до 100 л/сек со сбросом и без него запроектированы институтом Средазгипроводхлопок в 1964 г. Сооружение предназначено для лотков глубиной 60 и 80 см, работающих при скоростях, менее критических.

В составе сооружения предусмотрены: распределительный колодец с примыкающими к нему подводящим и отводящим лотками, водовыпуск в гибкий трубопровод и сифонный сброс с приемным лотком и отводящим каналом в земляном русле для сбросных вод (рис. 52). Аналогично запроектировано сооружение без сифонного сброса.

Колодец — прямоугольного сечения, в его стенках имеются вырезы параболической формы для укладки лотков, отверстие для круглой трубы водовыпуска и вырез для сифона. Колодец установлен на железобетонные стойки с фундаментными плитами стаканного типа.

Труба водовыпуска — металлическая, в ее начальной части предусмотрено водомерное устройство с измерительным прибором типа ДРС-60. К трубе примыкает вентиль с металлическим патрубком для подключения гибкого шланга.

Сифонный сброс — самозаряжающийся, металлический, рассчитан на расход 100 л/сек. Вода из него сбрасывается в железобетонный лоток прямоугольного сечения, переходящий в земляное русло отводящего канала. На стыке лотка и канала предусмотрена отсыпка откосов и дна камнем.

На отводящем лотке имеется металлический поплавковый затвор, автоматически поддерживающий горизонт воды в колодце.

Технико-экономические показатели этого водовыпуска приведены в таблице 33.

Таблица 33

| Шифр сооружения | Объем сборного железобетона, м <sup>3</sup> | Вес арматурной стали, кг | Объем монолитного бетона, м <sup>3</sup> | Вес металлических конструкций, кг | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на 1 м <sup>3</sup> /сек расхода |               | Стоимость на 1 м <sup>3</sup> бетона в деле, руб. |
|-----------------|---------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|---------------|---------------------------------------------------|
|                 |                                             |                          |                                          |                                   |                         | бетон, м <sup>3</sup>                                | затраты, руб. |                                                   |
| ВГВ-60 . .      | 0,76                                        | 56,9                     | 0,02                                     | 180                               | 197                     | 7,8                                                  | 1970          | 252                                               |
| ВГВ-80 . .      | 0,88                                        | 68,7                     | 0,02                                     | 212                               | 224                     | 9,0                                                  | 2240          | 249                                               |
| ВГВС-60 .       | 1,09                                        | 72,8                     | 0,10                                     | 230                               | 230                     | 11,9                                                 | 2300          | 193                                               |
| ВГВС-80 .       | 1,21                                        | 84,8                     | 0,14                                     | 259                               | 257                     | 13,5                                                 | 2570          | 190                                               |

Для строительства одного сооружения требуется 3—4 типоразмера, объединяющих 5—6 железобетонных деталей.

Характерным блоком сооружения является колодец КВС для водовыпуска с сифонным сбросом (рис. 53) или КВ для водовыпуска без сброса. Первый колодец отличается от второго только наличием выреза в торцевой стенке для подключения сифона и монтажных приспособлений к нему, втпленных в бетон.

Показатели по железобетонному колодцу приведены в таблице 34 для двух типоразмеров (бетон марки 200).

Водовыпуски из лотковой оросительной сети в гибкие трубопроводы и временные оросители запроектированы институтом Гипроводхоз в 1960 г. для применения как при скоростях течения воды в лотках до 1,5 м/сек (до критических), так и выше (рис. 54).

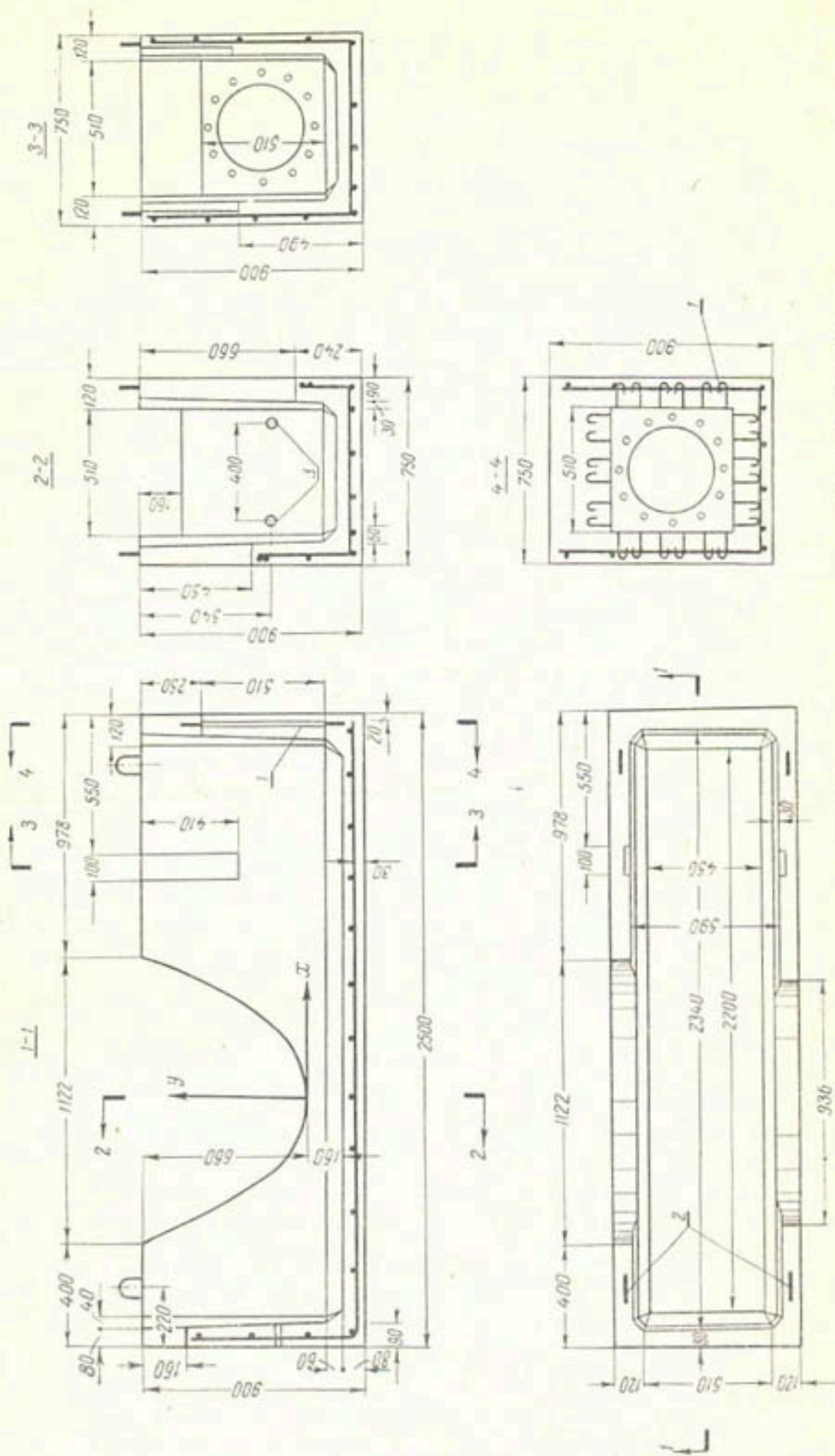


Рис. 53. Железобетонный блок КВС-60 для водовыпуска с сифонным сбором:  
1 — закладная рама; 2 — монтажные петли; 3 — отверстия  $d=30$  мм.

| Марка блока  | Основные размеры, см |        |        |         | Объем бетона, м <sup>3</sup> | Вес арматурной стали, кг | Вес блока, кг | Содержание стали в 1 м <sup>3</sup> бетона, кг |
|--------------|----------------------|--------|--------|---------|------------------------------|--------------------------|---------------|------------------------------------------------|
|              | длина                | ширина | высота | толщина |                              |                          |               |                                                |
| КВС-60 . . . | 250                  | 75     | 90     | 8—10    | 0,49                         | 39                       | 1225          | 80                                             |
| КВ-80 . . .  | 270                  | 75     | 110    | 8—10    | 0,61                         | 50                       | 1525          | 83                                             |

Водовыпуск представляет собой железобетонный блок корытообразной формы с двумя отверстиями в боковых стенках, рассчитанными на расход до 100 л/сек каждое. Отверстия перекрываются металлическими затворами.

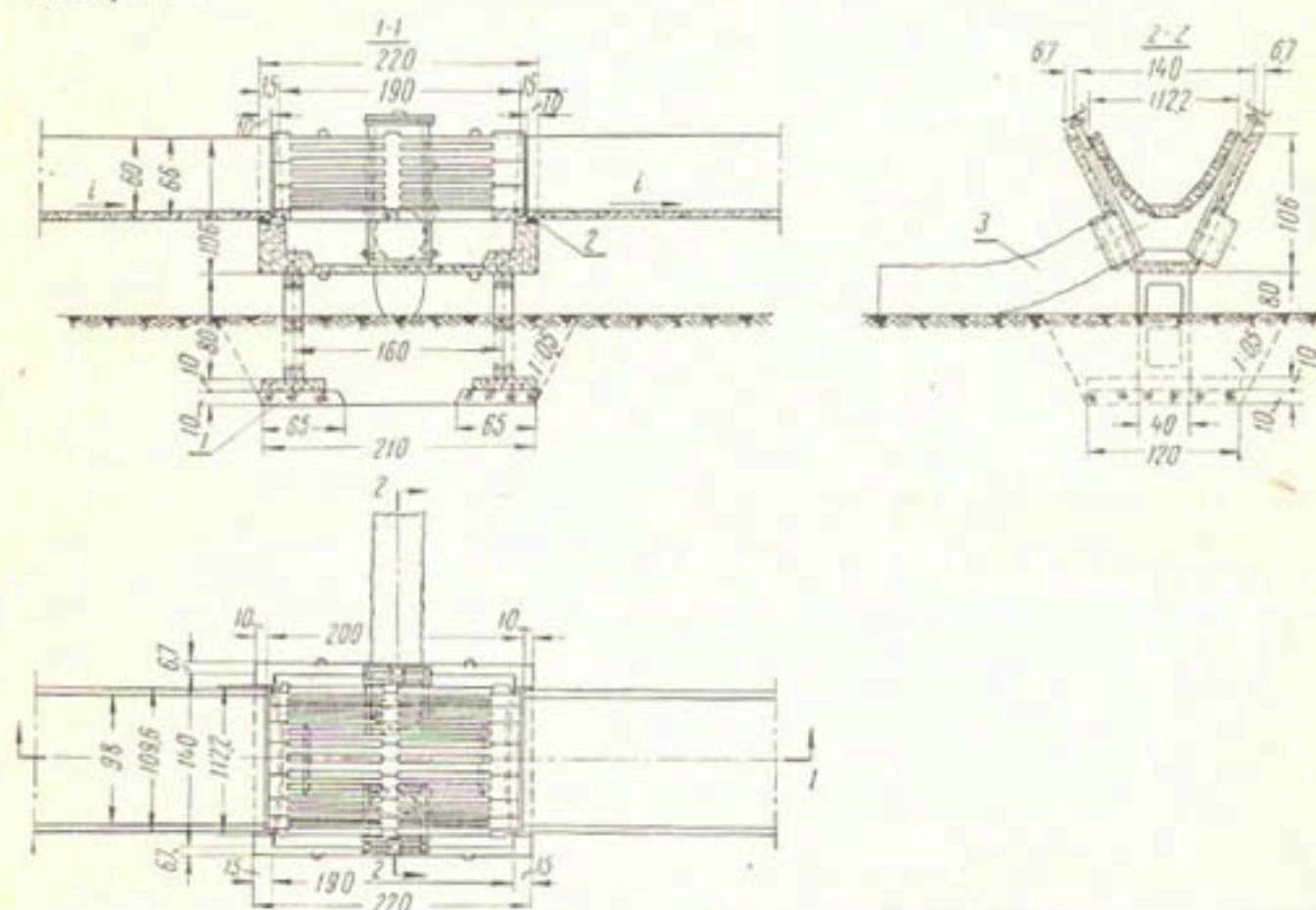


Рис. 54. Водовыпуск во временный ороситель со скоростями до 5 м/сек:

1 — гравийная подготовка; 2 — резиновый жгут; 3 — гибкий трубопровод.

В торцевых стенках лотка имеются вырезы, соответствующие наружной образующей и служащие для укладки концов лотка на уплотняющую прокладку, аналогичную принятой при сопряжении ненапряженных конструкций.

Внутри колодца предусмотрена съемная железобетонная решетка (для лотков со скоростями больше критических), укладываемая, как продолжение, по профилю лотка и служащая для сохранения плавности потока при прохождении его в пределах водовыпуска.

Гидравлическая работа сооружения проверена на модели в лаборатории. На основании этих исследований выбраны его длина, очертания и форма решетки.

Для скоростей до 1,5 м/сек водовыпуск имеет ту же конструкцию, что и первый, только его длина несколько меньше и отсутствует решетка.

Затвор водовыпуска плоский, скользящий, с ручным винтовым подъемником, установлен на прислонной раме, соединяемой с бортовой стенкой болтами. К раме приварен металлический патрубок для подсоединения к водовыпуску гибкого трубопровода оросительной сети. Шифр первого водовыпуска — ВБ, второго — ВМ.

Технико-экономические показатели для характерных типоразмеров этих сооружений приведены в таблице 35.

Таблица 35

| Шифр сооружения и размер лотка | Расход лотка, м <sup>3</sup> /сек | Расход двустороннего водовыпуска, л/сек | Объем сборного железобетона, м <sup>3</sup> | Вес арматурной стали, кг | Вес металлических затворов и подъемников, кг | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на 1 м <sup>3</sup> /сек расхода |               | Стоимость 1 м <sup>3</sup> бетона в деле, руб. |
|--------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------|
|                                |                                   |                                         |                                             |                          |                                              |                         | бетон, м <sup>3</sup>                                | затраты, руб. |                                                |
| ВБ-60 . . .                    | 0,45—1,50                         | 200                                     | 0,85                                        | 58                       | 122                                          | 109,8                   | 4,25                                                 | 549           | 129                                            |
| ВБ-100 . .                     | 1,40—4,80                         | 200                                     | 1,70                                        | 102                      | 132                                          | 177,4                   | 8,50                                                 | 887           | 104                                            |
| ВМ-60 . . .                    | До 0,45                           | 200                                     | 0,51                                        | 38                       | 122                                          | 83,9                    | 2,55                                                 | 420           | 166                                            |
| ВМ-120 . .                     | До 1,90                           | 200                                     | 1,27                                        | 78                       | 140                                          | 146,3                   | 6,35                                                 | 732           | 115                                            |

Для строительства одного сооружения типа ВБ необходимо иметь четыре типоразмера железобетонных деталей, а типа ВМ-3. Основной железобетонной деталью водовыпуска является корытный блок колодца, изображенный на рисунке 55.

Всего запроектировано девять типоразмеров колодца для лотков с глубиной до 120 см, из которых пять — для лотков со скоростью до 1,5 м/сек (шифр КМ) и четыре — до 5 м/сек (шифр КБ). Бетон принят марки 200, арматура — по ГОСТ 2590—57.

Показатели колодца характеризуются таблицей 36 для двух типоразмеров.

Таблица 36

| Шифр детали | Основные размеры, см |        |                    | Объем бетона, м <sup>3</sup> | Вес арматурной стали, кг | Вес элемента, кг | Содержание стали в 1 м <sup>3</sup> бетона, кг |
|-------------|----------------------|--------|--------------------|------------------------------|--------------------------|------------------|------------------------------------------------|
|             | длина                | ширина | толщина или высота |                              |                          |                  |                                                |
| КБ-30 . .   | 220                  | 133    | 85                 | 0,48                         | 17,2                     | 1200             | 36                                             |
| КМ-120 . .  | 190                  | 218    | 166                | 0,82                         | 41,1                     | 2050             | 50                                             |

Водовыпуск в каналы с земляным руслом на расход до 140 л/сек из лотков глубиной до 60 см с уклоном, большим критического, по типовым проектам Грузгипроводхоза 1961 г., представляет собой колодец прямоугольной формы (блок ВВП), перекрытый сверху металлическим вкладышем. Вкладыш изогнут по форме лотка и имеет донное отверстие параболической формы, предназначенное для забора воды в оросители. Ко дну колодца с помощью патрубков подсоединяются одна или две асбестоцементные трубы диаметром 291 мм, выходящие в незакрепленное русло каналов временных оросителей.

У входа в трубы установлены дроссельные затворы. Конструкция водовыпуска показана на рисунке 56, а его технико-экономические показатели приведены в таблице 37.

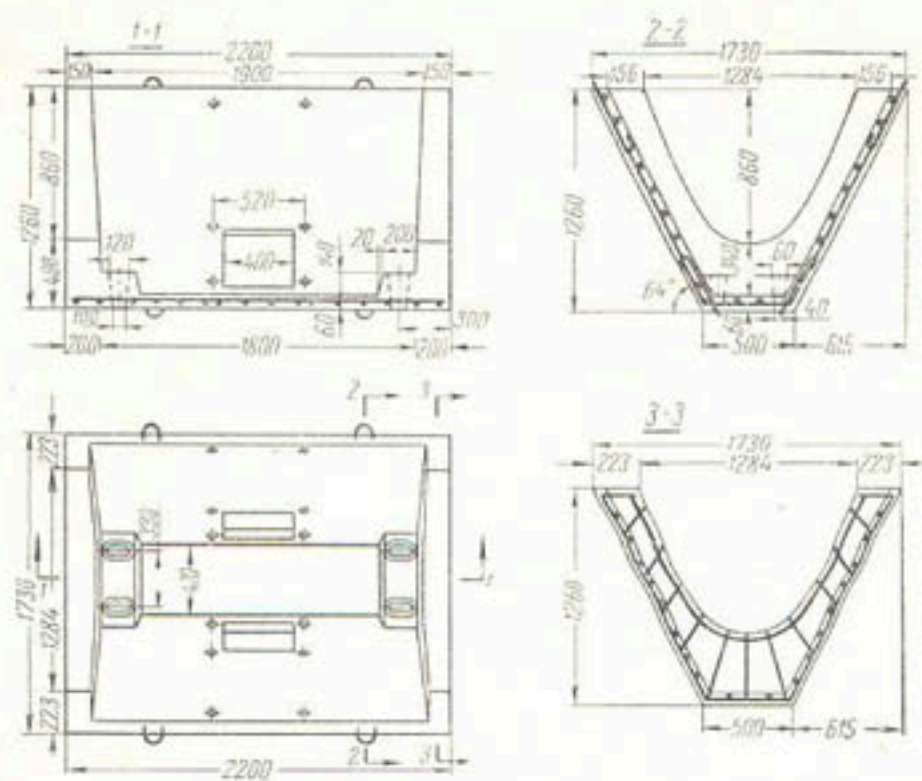


Рис. 55. Блок водовыпуска — колодец корытной формы.

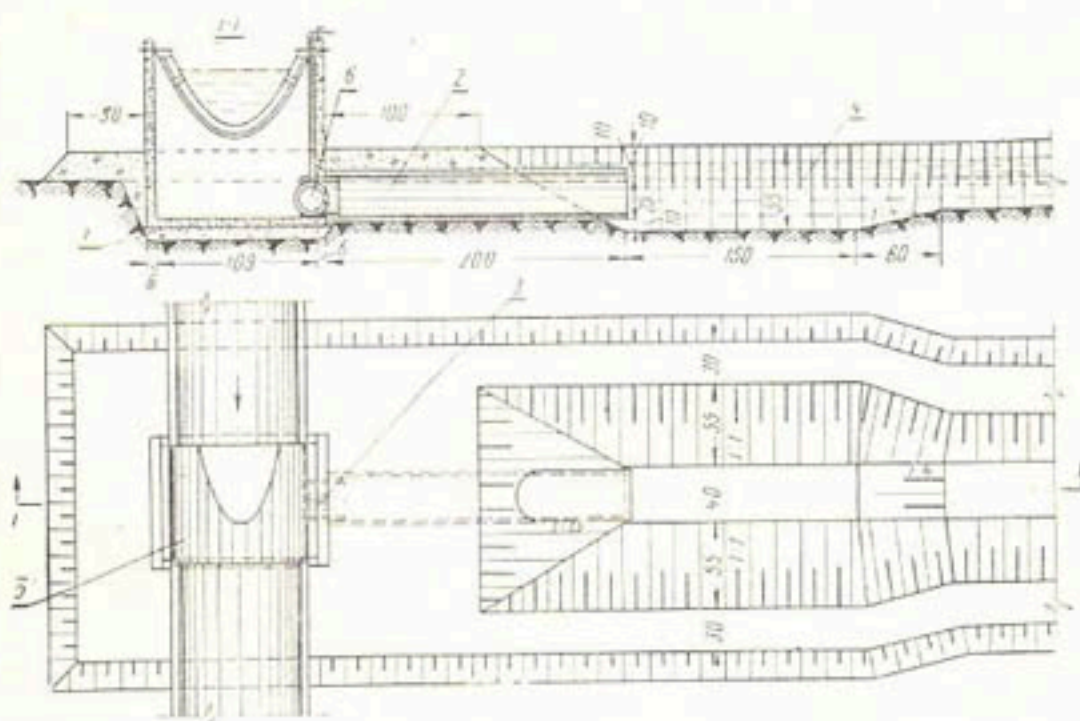


Рис. 56. Водовыпуск в канал с земляным руслом:

1 — тощий бетон; 2 — асбестоцементная труба; 3 — асбестоцементный патрубок;  
4 — линия грунта; 5 — металлический изогнутый вкладыш с вырезом; 6 — дроссельный затвор.

| Наименование сооружения         | Длина колодца, см | Расход, л/сек | Объем сборного железобетона, м³ | Вес арматурной стали и металлических конструкций, кг | Сметная стоимость, тыс. руб. | Удельные показатели на 1 м³/сек расхода |               | Стоимость 1 м³ бетона в деле, руб. |
|---------------------------------|-------------------|---------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|---------------|------------------------------------|
|                                 |                   |               |                                 |                                                      |                              | бетон, м³                               | затраты, руб. |                                    |
| Водовыпуск двух-сторонний . . . | 75                | 140           | 0,28                            | 36,32                                                | 44                           | 2,0                                     | 314           | 157                                |
| То же . . . . .                 | 100               | 140           | 0,33                            | 40,72                                                | 49                           | 2,36                                    | 350           | 145                                |

Водовыпуск и вододелитель из лотка в лоток с водомером предназначен для лотков глубиной 60, 80, 100 и 120 см при уклонах, меньше критических. Проект составлен институтом Средазгипроводхлопок в 1964 г. В состав сооружения входят: распределительный колодец с

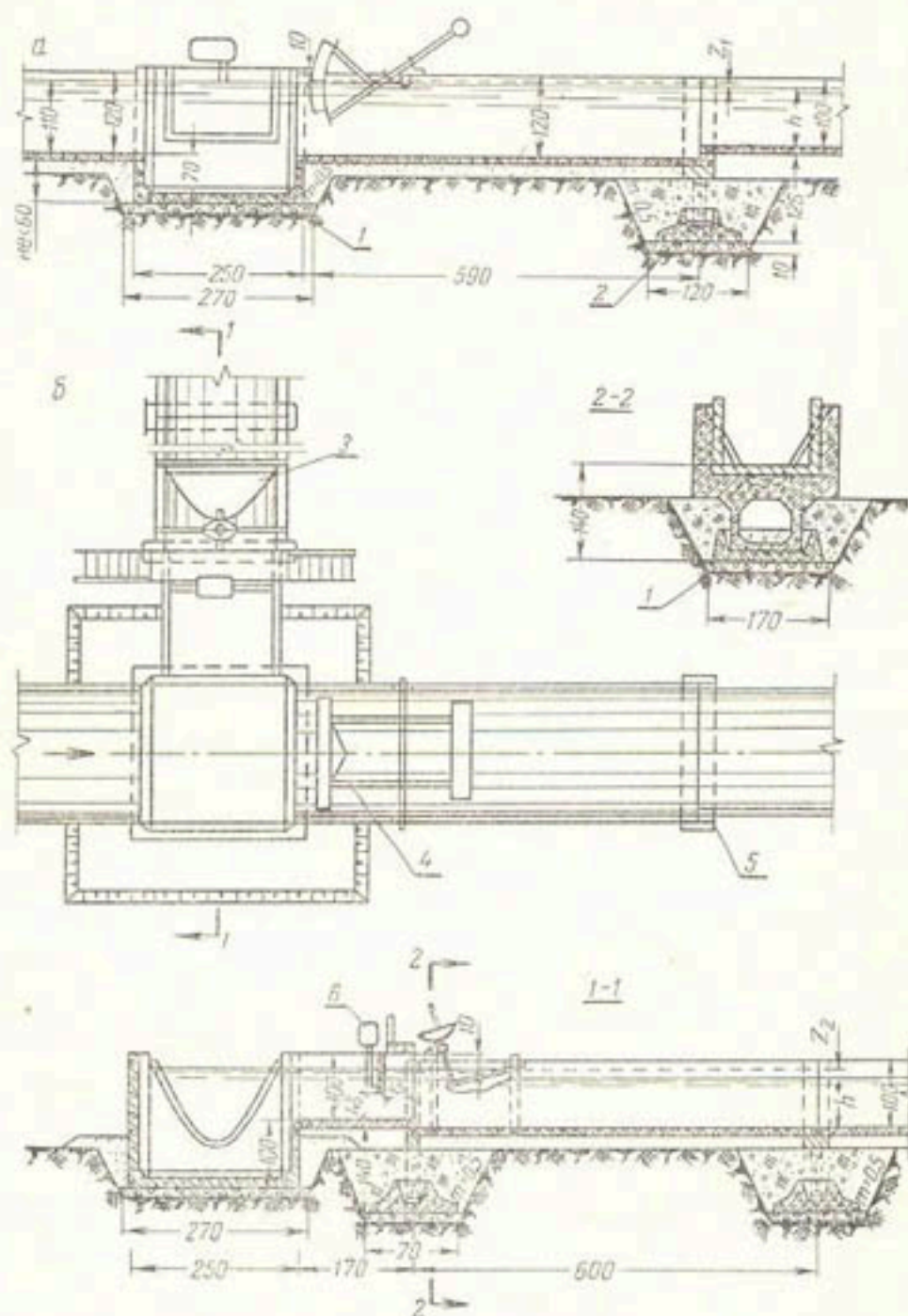


Рис. 57. Водовыпуск и вододелитель из лотка в лоток с водомером:

а — продольный разрез по оси сооружения; б — план; 1 — гравийная подготовка; 2 — заполнение стакана бетоном; 3 — клапанный затвор; 4 — автомат 110 СПА; 5 — монолитный бетон; 6 — устройство для установки прибора ДРС-60.

примыкающими к нему подводящим и отводящим лотками и водовыпуск в другой лоток.

На отводящем лотковом канале в первом звене установлен металлический затвор-автомат поплавкового типа для поддержания горизонта воды в колодце. Первое звено, как правило, имеет большую глубину, чем последующие (рис. 57).

У водовыпуска в лотки параболического сечения в начале стоит лоток небольшой длины, прямоугольного сечения, с диафрагмой в виде забральной стенки, на которой устанавливается металлическое водоизмерительное устройство с прибором ДРС-60.

К прямоугольному лотку через стойку-диафрагму с соответствующим седлом примыкает стандартный параболический лоток, а на нем предусмотрен клапанный металлический затвор с ручным винтовым качающимся подъемником.

Водовыпуск (шифр ВЛВ) конструктивно не отличается от вододелителя (шифр ДЛВ). Разница только в пропускной способности: для первого — до 200 и для второго — до 800 л/сек.

Технико-экономические показатели по сооружениям для двух типов размеров приведены в таблице 38.

Таблица 38

| Шифр сооружения | Расход, м <sup>3</sup> /сек | Объем сборного железобетона, м <sup>3</sup> | Вес арматурной стали, кг | Объем монолитного бетона, м <sup>3</sup> | Вес металлоконструкций, кг | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на 1 м <sup>3</sup> /сек расхода |               | Стоимость 1 м <sup>3</sup> бетона в деле, руб. |
|-----------------|-----------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------|----------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------|
|                 |                             |                                             |                          |                                          |                            |                         | бетон, м <sup>3</sup>                                | затраты, руб. |                                                |
| ВЛВ-60          | 0,2                         | 3,11                                        | 206                      | 0,01                                     | 459                        | 533                     | 15,6                                                 | 2670          | 171                                            |
| ДЛВ-120         | 0,80                        | 5,52                                        | 352                      | 0,20                                     | 553                        | 750                     | 7,14                                                 | 1080          | 131                                            |

Для строительства одного сооружения требуется от 6 до 10 типоразмеров железобетонных деталей общим количеством от 6 до 12 шт.

В диапазоне применения сооружений с лотками 60—120 см запроектировано 12 типоразмеров железобетонных колодцев (блок К), два — прямоугольных лотков (блок ПЛ), три — стоек-диафрагм (детали СД), два — плиты служебного мостика (деталь М) и два типоразмера водомерных диафрагм (деталь ДВ).

Из всех железобетонных элементов наиболее характерным является колодец (рис. 58).

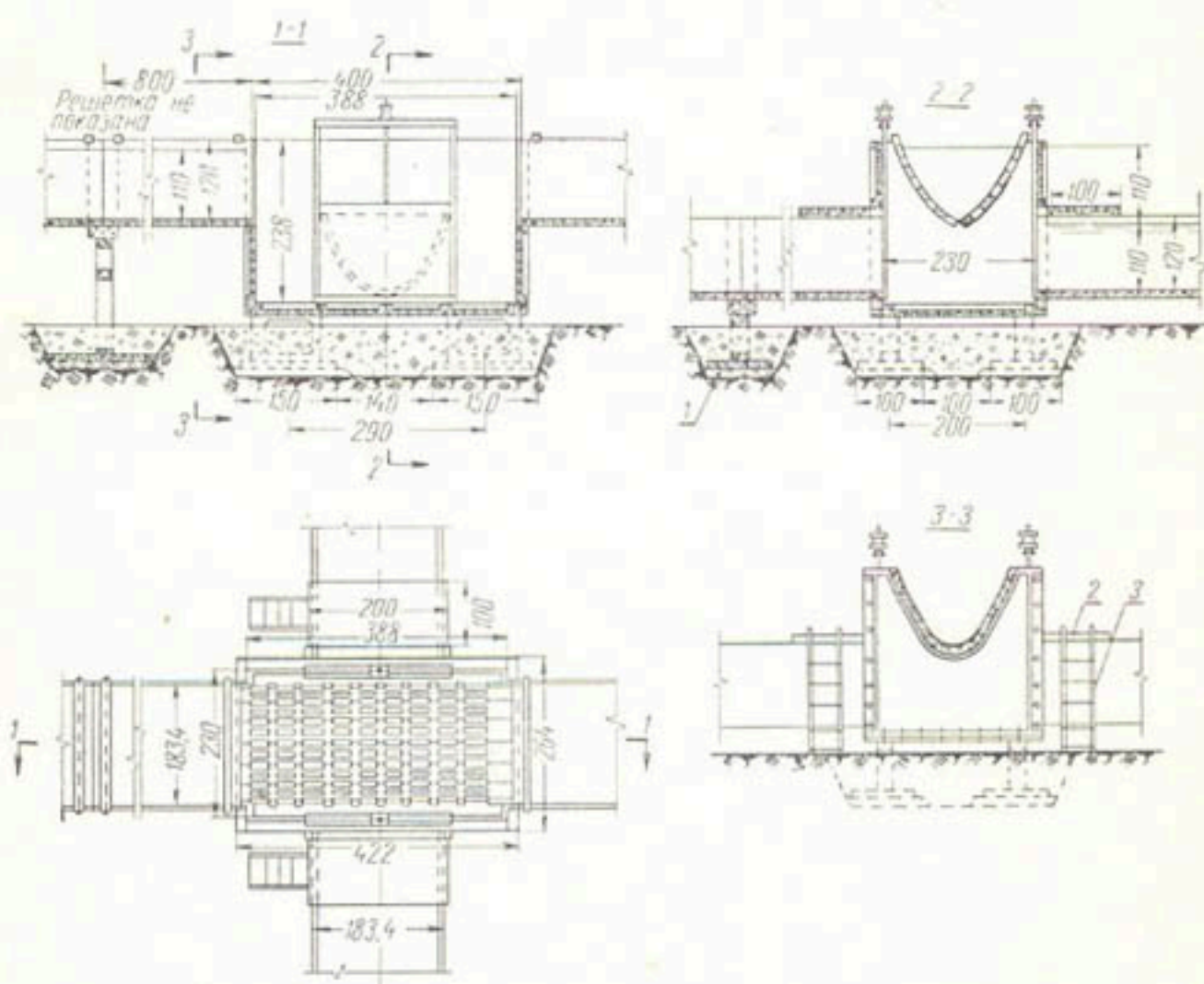
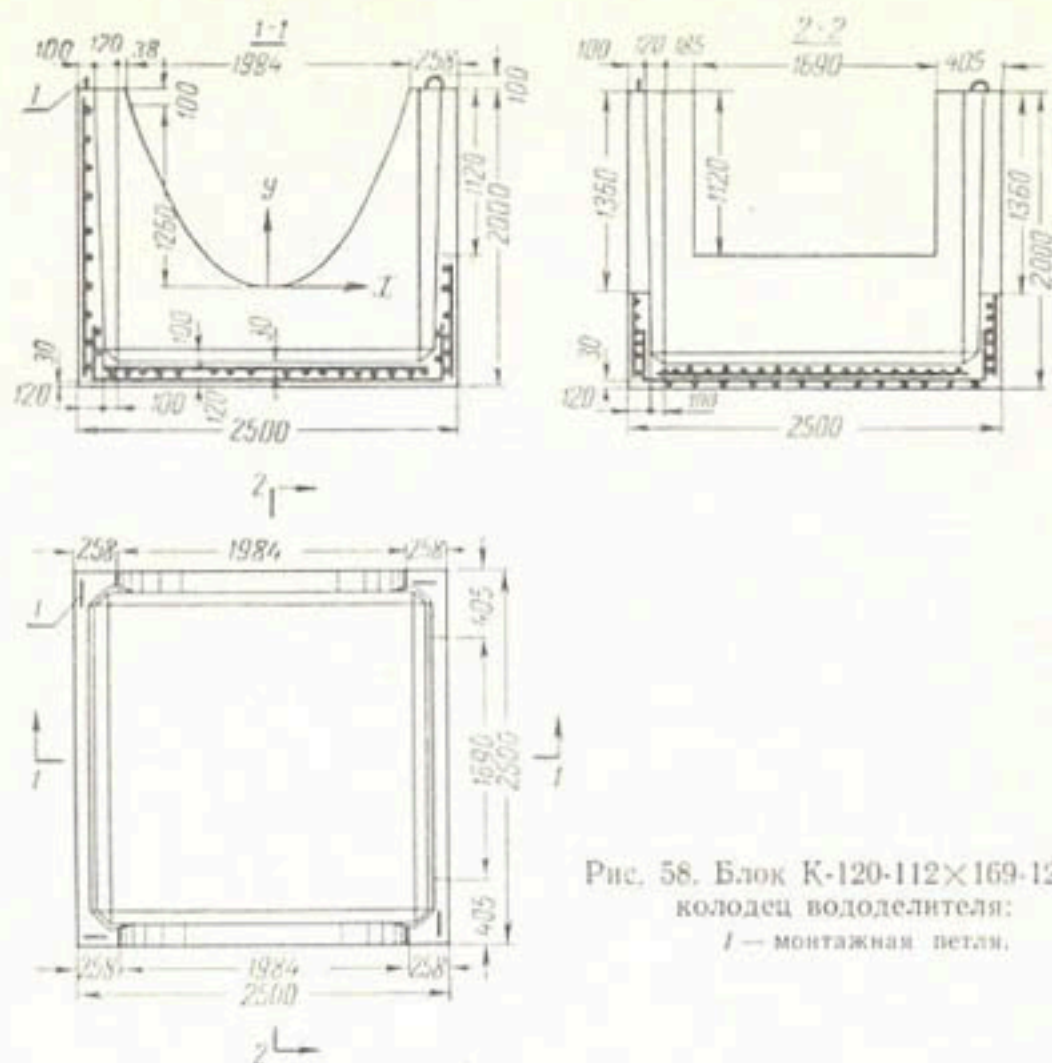
Бетон принят марки 200, арматура — сварные сетки из стали марки Ст. 3 и Ст. 35 ГС.

Вододелитель на лотковой сети конструкции института Гипроводхоз представляет собой железобетонный колодец, располагаемый на опорах, в котором вода из подводящего лотка перераспределяется в два или три отводящих канала (рис. 59).

Продольные лотки располагаются на одном уровне, а боковые — ниже продольных на 46—110 см.

Вододелители запроектированы для лотков с глубиной от 60 до 120 см при скоростях течения воды в подводящем лотке от 1 до 4 м/сек (шифр ВДБ) и до 1 м/сек (шифр ВДМ).

Максимальный расход, забираемый в боковые отводы, составляет  $\frac{2}{3}$  расхода подводящего лотка при скорости в нем не более 4 м/сек, т. е. в один отвод может быть забран расход, равный  $\frac{1}{3}$  расхода подводящего лотка.



Колодец вододелителя прямоугольного сечения выполняется из пяти железобетонных плит — днища и четырех стенок; устанавливается он на рамных стоечных опорах лотковой сети, у которых сняты седла.

Элементы соединяют на болтах с прокладкой мешковины, пропитанной битумом. Лотки опираются на стенки вододелителя через круглую резиновую упругую прокладку.

Отверстия в отводы перекрываются плоскими скользящими затворами с винтовыми подъемниками. Рама затвора крепится к стенкам болтами.

В колодце предусмотрена железобетонная решетка, состоящая из отдельных съемных секций и укладываемая по контуру поперечного профиля лотка для сохранения плавности движения потока.

Вододелитель для малых скоростей (шифр ВДМ) запроектирован аналогично первому, но имеет меньшие размеры колодца; решетка в нем отсутствует.

Технико-экономические показатели рассмотренных сооружений даны в таблице 39.

Таблица 39

| Шифр сооружения и размер лотка | Расход подводящего лотка, м <sup>3</sup> /сек | Объем сборного железобетона, м <sup>3</sup> | Вес арматурной стали, кг | Вес металлических затворов и подъемников, кг | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на 1 м <sup>3</sup> /сек расхода |               | Стоимость 1 м <sup>3</sup> бетона в деле, руб. |
|--------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------|
|                                |                                               |                                             |                          |                                              |                         | бетон, м <sup>3</sup>                                | затраты, руб. |                                                |
| ВДБ-60 . .                     | 1,20                                          | 2,56                                        | 164                      | 238                                          | 330                     | 2,13                                                 | 275           | 132                                            |
| ВДБ-120 .                      | 5,15                                          | 5,22                                        | 588                      | 1157                                         | 1062                    | 1,02                                                 | 206           | 203                                            |
| ВДМ-60 . .                     | 0,30                                          | 1,22                                        | 119                      | 442                                          | 258                     | 4,07                                                 | 860           | 211                                            |
| ВДМ-120 .                      | 1,30                                          | 2,91                                        | 265                      | 847                                          | 596                     | 2,26                                                 | 462           | 205                                            |

Для строительства одного сооружения требуется 5—7 типоразмеров железобетонных деталей общим количеством от 13 до 23 шт.

Вододелитель с переездом или без него и водовыпуском по типовому проекту Грузгипроводхоза 1961 г. представляет собой узел сооружений, включающий колодец вододелителя с выпуском в лотковый канал и в трубу под насыпью, трубчатый переезд и водовыпуск воды из трубы под насыпью автодороги в лотковый канал и в земляное русло оросителя.

В колодце вододелителя установлен металлический вкладыш для забора воды из потока в лотке и дроссельный затвор перед трубой переезда. В колодце водовыпуска (в ороситель) перед трубой установлен дроссельный затвор диаметром 243 мм.

Конструкция вододелителя с переездом и водовыпуском приведена на рисунке 60, а технико-экономические показатели узла сооружений — в таблице 40.

Таблица 40

| Наименование сооружения                         | Длина колодца, см | Расход, м <sup>3</sup> /сек | Объем железобетона, м <sup>3</sup> | Вес арматурной стали и металлических конструкций, кг | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на 1 м <sup>3</sup> /сек расхода |               | Стоимость 1 м <sup>3</sup> бетона в деле, руб. |
|-------------------------------------------------|-------------------|-----------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------|
|                                                 |                   |                             |                                    |                                                      |                         | бетон, м <sup>3</sup>                                | затраты, руб. |                                                |
| Вододелитель с переездом и водовыпуском . . . . | 120               | 0,40                        | 2,67                               | 150                                                  | 305                     | 6,9                                                  | 763           | 114                                            |
| То же . . . .                                   | 150               | 0,40                        | 2,92                               | 160                                                  | 317                     | 7,3                                                  | 793           | 127                                            |

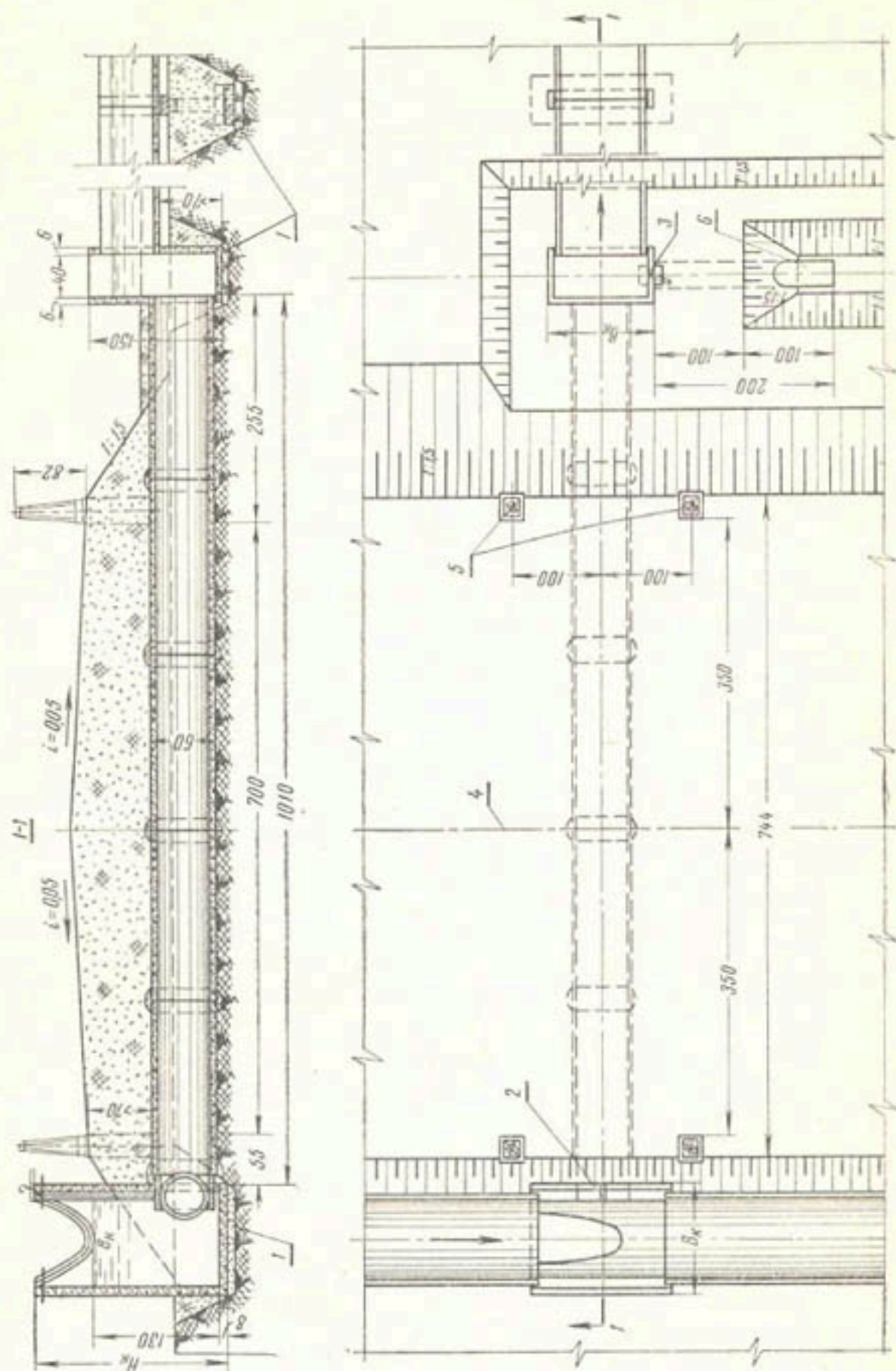


Рис. 60. Вододелитель с перепадом и водовыпуском для скоростей больше критических:

1 — тощий бетон; 2 — затвор  $d=576$  мм; 3 — затвор  $d=213$  мм; 4 — ось проезжей дороги; 5 — столбики; 6 — асбестоцементная труба.

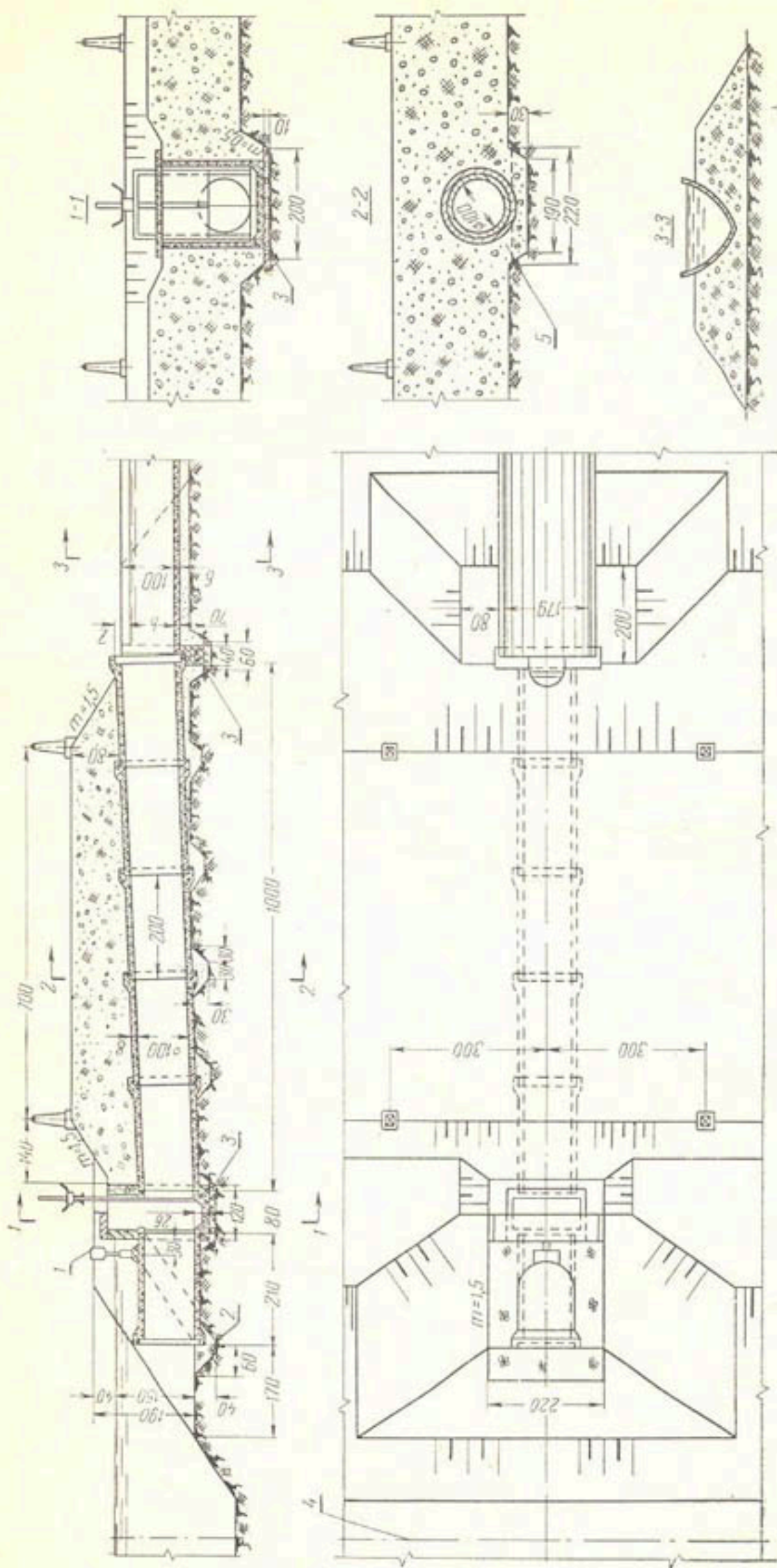


Рис. 61. Водовыпуск из земляного канала в лоток с переизломом:

1 — устройство для установки прибора ДРС-60; 2 — гравийная отсыпка; 3 — гравийная отсыпка; 4 — ось канала; 5 — подбивка пазах грунтом с уплотнением.

Водовыпуски из земляных каналов в лотки глубиной 60, 80, 100 и 120 см с водомером запроектированы институтом Сред-азгипроводхлопок в 1964 г. для применения при уклонах, менее критических. В составе сооружения предусмотрен проезд с шириной проезжей части 7 м (рис. 61).

Входная часть сооружения принята в виде трубы, которая выпущена из откоса, закрепленного отсыпкой гравия. В конце трубы, примыкающей к шахтному колодцу, устанавливается водомерное устройство с прибором типа ДРС-60.

Расход водовыпуска регулируется плоским металлическим затвором, установленным в шахте перед входом в трубу.

Технико-экономические показатели сооружения приведены в таблице 41 для двух типоразмеров.

Таблица 41

| Шифр сооружения | Расход, $\text{м}^3/\text{сек}$ | Объем сборного железобетона, $\text{м}^3$ | Вес арматурной стали, кг | Вес металлоконструкций, кг | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ расхода |               | Стоимость на $1 \text{ м}^3$ бетона в деле, руб. |
|-----------------|---------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|
|                 |                                 |                                           |                          |                            |                         | бетон, $\text{м}^3$                                       | затраты, руб. |                                                  |
| ВКЛВ-60         | 0,4                             | 3,05                                      | 207                      | 144                        | 449                     | 7,63                                                      | 1122          | 148                                              |
| ВКЛВ-120        | 2,05                            | 1,69                                      | 665                      | 349                        | 899                     | 3,76                                                      | 439           | 117                                              |

Для строительства одного сооружения требуется пять типоразмеров, объединяющих 13 деталей.

Сбросное сооружение по типовому проекту Грузгипроводхоза 1961 г. предназначено для автоматического сброса излишней воды в местах изменения пропускной способности лотковых каналов с уклоном более критического. Оно состоит из двух звеньев лотков с пониженными бортовыми стенками (детали ЛСП), примыкающих друг к другу соответствующими торцами на седловидной опоре. На поперечные железобетонные балочки деталей ЛСП уложены одно или два перевернутых звена лотка нормального профиля, прикрепленных к первым металлическими хомутами и служащих для защиты прилегающей территории от брызг при бурном режиме потока; поперечные балочки усиливают слив воды из лотка.

Водоприемный колодец, куда сливается излишняя вода из лотка, закреплен плоскими малогабаритными плитами.

Конструкция сброса приведена на рисунке 62, а технико-экономические показатели сооружения — в таблице 42 для двух типоразмеров.

Таблица 42

| Глубина лотка, см | Расход, $\text{м}^3/\text{сек}$ | Объем железобетона, $\text{м}^3$ | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ расхода |               | Стоимость $1 \text{ м}^3$ бетона в деле, руб. |
|-------------------|---------------------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------|
|                   |                                 |                                  |                         | бетон, $\text{м}^3$                                       | затраты, руб. |                                               |
| 45/30             | 0,46                            | 1,185                            | 224                     | 2,58                                                      | 486           | 189                                           |
| 100/75            | 2,00                            | 1,864                            | 298                     | 0,93                                                      | 150           | 160                                           |

## 2. Сооружения на пересечениях

Акведуки лотковых каналов запроектированы институтом Сред-азгипроводхлопок в 1963 г. для каналов с глубиной лотка от 40 до 100 см и применяются на пересечениях лотком земляных каналов (коллекторов), оврагов и других водотоков.

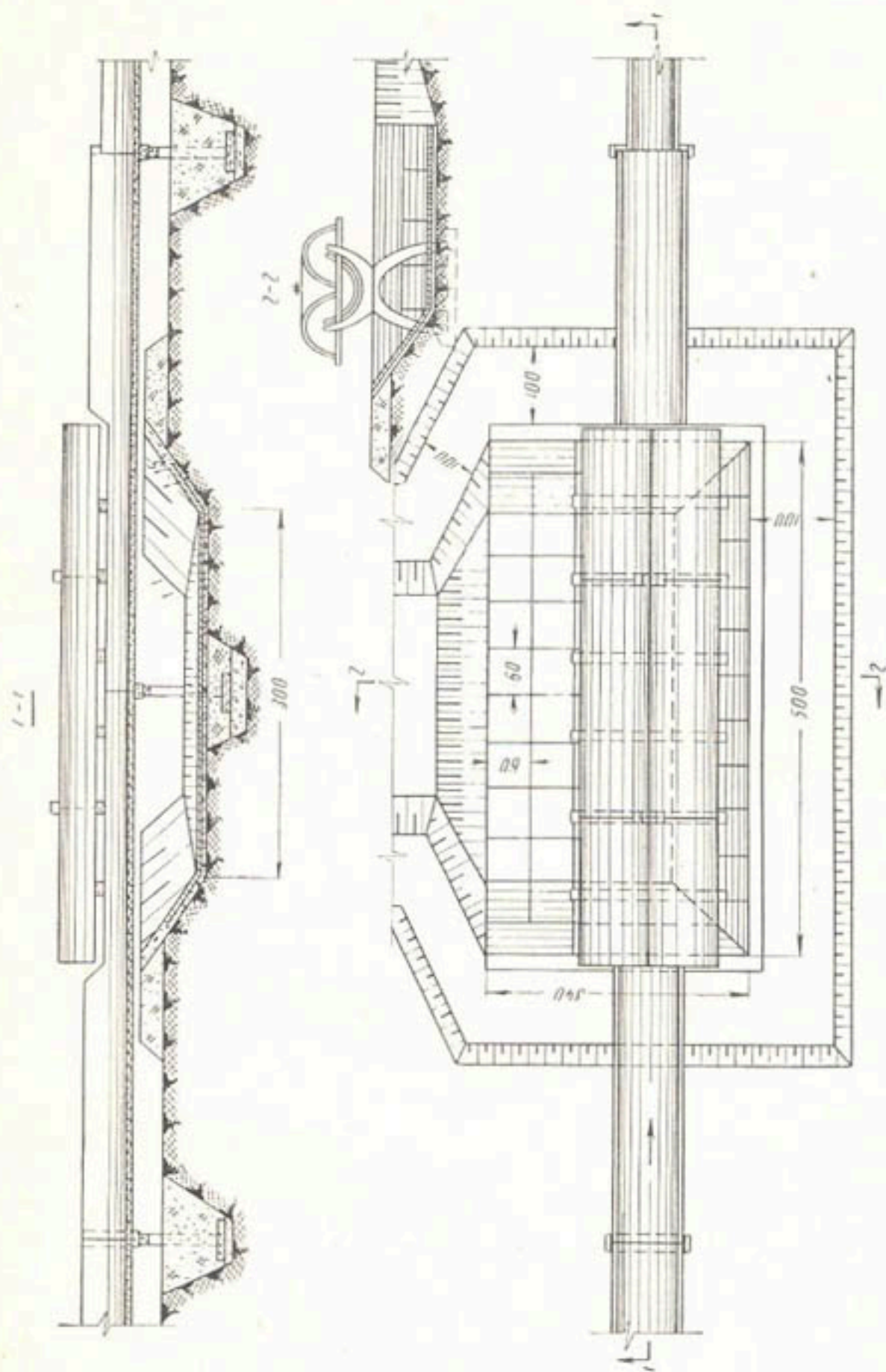


Рис. 62. Сбросное сооружение для скоростей, больше критических.

Опорами акведуков служат железобетонные сваи, одиночные при высоте опор до 3 м и спаренные — при большей высоте. В последних сваи соединяются вверху насадкой в рамную конструкцию. Лотки акведука — ненапряженные, приняты по типовому проекту Гипроводхоза.

Для проезда транспорта через лотки-каналы институтом Гипроводхоз запроектированы трубчатые переезды двух типов: для лотков, укладываемых на опоры и на грунт; первый — в виде дюкера, второй — в виде трубы, уложенной под насыпью (рис. 63).

Сооружения применимы при скоростях течения воды в лотках глубиной до 140 см — до 4 м/сек.

Входной и выходной оголовки переезда запроектированы с применением специального переходного элемента, сопрягающего лоток с трубой. Его поперечное сечение постепенно и плавно изменяется от лоткового к трубчатому. В местах перелома осей трубопровода в раструбы соседних труб вставляются скошенные звенья, обеспечивающие поворот трубопровода на 12—16°. Трубы в переездах — раструбные, длиной 2—4 м. Их стыки зачеканивают цементным раствором с минеральной ватой, пропитанной битумом, а затем тем же раствором обмазывают снаружи.

Технико-экономические показатели этих сооружений для двух типов-размеров приведены в таблице 43.

Таблица 43

| Шифр сооружения и размер лотка | Расход, м <sup>3</sup> /сек | Объем сборного железобетона, м <sup>3</sup> | Объем монолитного бетона, м <sup>3</sup> | Вес арматурной стали, кг | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на 1 м <sup>3</sup> /сек расхода |               | Стоимость 1 м <sup>3</sup> бетона в деле, руб. |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------|
|                                |                             |                                             |                                          |                          |                         | бетон, м <sup>3</sup>                                | затраты, руб. |                                                |
| ТПЛО-40                        | 0,56                        | 2,95                                        | 0,19                                     | 218                      | 290                     | 5,6                                                  | 518           | 92,8                                           |
| ТПЛО-140                       | 5,80                        | 20,01                                       | 1,70                                     | 2084                     | 1810                    | 3,75                                                 | 312           | 83,2                                           |

Для строительства одного сооружения требуется шесть типоразмеров элементов, объединяющих 17—19 деталей.

Входной и выходной оголовки переезда с трубой под насыпью запроектированы так же, как и в первом типе. В переезде допускается скорость до 5 м/сек, а пропускная способность изменяется от 0,7 до 7,35 м<sup>3</sup>/сек. Сооружение применяется для лотков глубиной от 40 до 140 см.

### 3. Сопрягающие сооружения

В местах резкого изменения высотного положения лотков оросительной сети устанавливают перепады. Типовые проекты этих сооружений созданы в 1961 г. институтом Гипроводхоз. Их применяют при расходах воды от 0,56 до 4,5 м<sup>3</sup>/сек для лотков глубиной 40—120 см и на падение 3 м (рис. 64).

Перепад запроектирован трубчатым, с применением унифицированных раструбных труб диаметром 50—120 см.

Эти типовые проекты можно использовать, если уклон на отводящем канале больше критического (во избежание образования прыжка в трубе или в лотке нижнего бьефа). Максимальные допустимые скорости в подводящем канале не должны превышать 4 м/сек.

Переходные элементы от сечения лотка к сечению трубы установлены как в верхнем, так и в нижнем бьефе. В местах перегиба профиля трубы в раструбные уширения вставлено скошенное звено, обеспечивающее поворот трубопровода на 12—16°. Верхний конец звена устанавли-

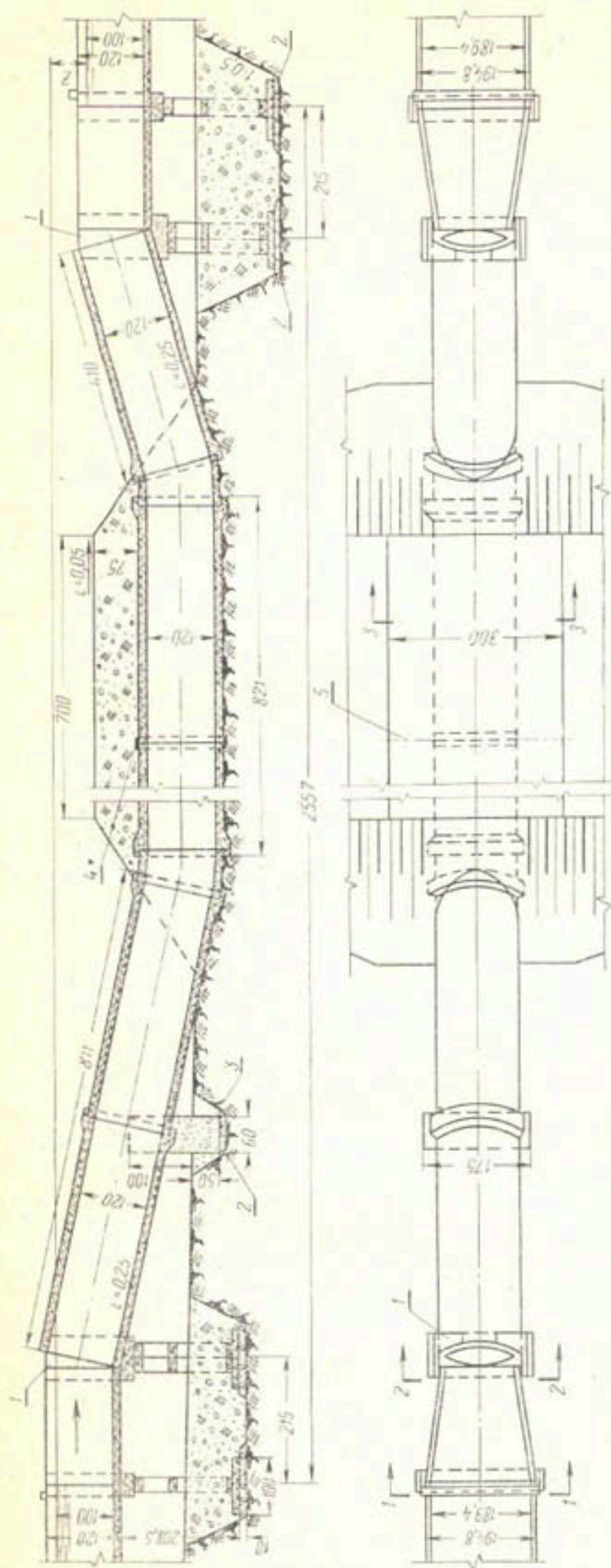
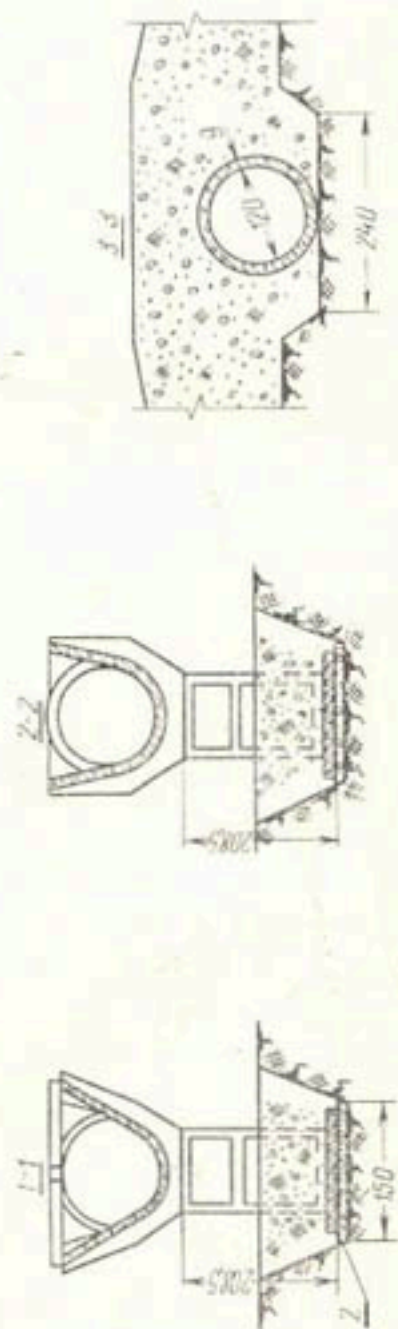
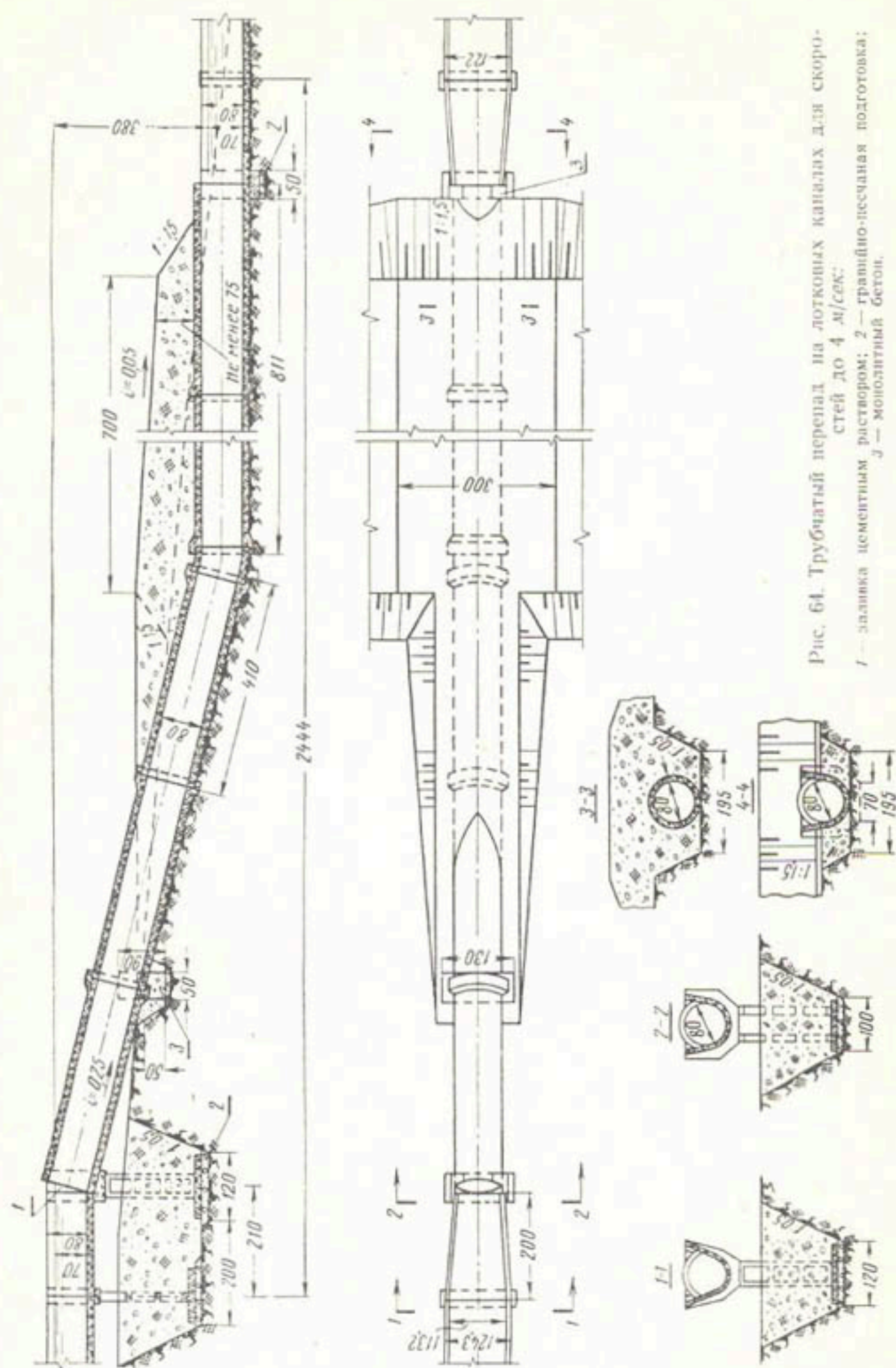


Рис. 63. Трубчатый переезд-дюкер для скоростей до 4 м/сек;  
1 — заливка цементным раствором; 2 — гранитно-песчаная подготовка; 3 — монолитный бетон; 4 — металлический бандаж; 5 — ось проезжей части.





вается на стоечных лотковых опорах и стыкуется на нем с переходным элементом. Уплотнение осуществляется при помощи круглой резины аналогично уплотнению на стыках лотков.

Технико-экономические показатели сооружения для двух типоразмеров приведены в таблице 44.

Таблица 44

| Шифр сооружения и размер лотка | Расход, $\text{м}^3/\text{сек}$ | Объем сборного железобетона, $\text{м}^3$ | Объем монолитного бетона, $\text{м}^3$ | Вес арматурной стали, $\text{кг}$ | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на 1 $\text{м}^3/\text{сек}$ расхода |               | Стоимость 1 $\text{м}^3$ бетона в деле, руб. |
|--------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|----------------------------------------------------------|---------------|----------------------------------------------|
|                                |                                 |                                           |                                        |                                   |                         | бетон, $\text{м}^3$                                      | затраты, руб. |                                              |
| ПЛП-40                         | 0,56                            | 2,77                                      | 0,19                                   | 184                               | 280                     | 5,28                                                     | 500           | 96                                           |
| ПЛП-120                        | 4,5                             | 10,86                                     | 0,94                                   | 949                               | 1020                    | 2,62                                                     | 227           | 86                                           |

Для строительства одного сооружения требуется шесть типоразмеров железобетонных элементов, объединяющих 13—14 деталей.

Разнообразие природных условий, новизна применения и отсутствие достаточного опыта эксплуатации требуют дальнейшего изучения и усовершенствования лотковых сооружений с учетом автоматизации их работы.

Необходимо всемерно стремиться к созданию унифицированных однотипных конструкций и железобетонных деталей, пригодных к использованию в условиях как бурного, так и спокойного режима потока.

В настоящее время в качестве первого этапа на пути к дальнейшему усовершенствованию конструкций применяют проекты сооружений, составленные институтами Грузгипроводхоз и Средазгипроводхлопк для скоростей воды в лотке, больше и меньше критической.

## СООРУЖЕНИЯ ИЗ ПРЕДВАРИТЕЛЬНО НАПРЯЖЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

В период эксплуатации большая часть гидротехнических сооружений находится под постоянным напором воды и в зимнее время подвержена повторяющимся процессам замораживания и оттаивания. Ряд сооружений приходится строить в местах с агрессивными водами.

С течением времени под воздействием указанных факторов прочность бетона снижается, сокращается долговечность конструкции. Практика эксплуатации гидротехнических сооружений показала, что наиболее интенсивно разрушаются наружные слои бетона, на которых имеются трещины.

Характерной особенностью обычного железобетона является его малая несущая способность на растяжение и неполное использование прочности бетона на сжатие при изгибе.

Более прогрессивно и полно используются свойства бетона в предварительно напряженных конструкциях — исключается образование трещин в растянутой зоне, повышается использование высокого сопротивления бетона сжатию и арматуры растяжению.

Предварительное напряжение в бетоне создается через арматуру еще до момента приложения к конструкции внешних нагрузок.

В настоящее время составлены типовые проекты на лотки-каналы, открытые регуляторы (проектное задание), открытые быстротоки, акведуки, дюкеры и мосты через каналы и овраги.

Ниже приведено краткое описание некоторых из упомянутых сооружений и их основных железобетонных деталей.

Лотковые сборные каналы из предварительно напряженного железобетона являются разновидностью описанных ранее, ненапряженных. Условия и место их применения остаются неизменными; строительство начинает развиваться в основном по типовым проектам Грузгипроводхоза (рис. 65).

Проектирование предварительно напряженных лотков выполняли многие проектные и научно-исследовательские институты. В результате проделанной работы в 1959 г. институтом Гипроводхоз были составлены типовые проекты таких лотков параболического сечения со строительной глубиной от 30 до 180 см и длиной звена 8 м (рис. 66).

Лотки запроектированы двух видов — открытые для глубины 30, 40, 60 и 80 см и с железобетонными стяжками для глубины 100, 120, 140, 160 и 180 см. Их можно укладывать на опоры или на грунт с засыпкой грунтом не менее чем на половину высоты лотка. При глубокой укладке лотков на уровне их верха устраивают берму шириной не менее 1 м.

Опорные железобетонные детали к напряженным лоткам приняты теми же, что и для лотков из ненапряженного железобетона, стыковые соединения также не изменились.

Технико-экономические показатели таких лотковых каналов на 1 км их длины для характерных типоразмеров при высоте опор 1 м приведены в таблице 45.

Лотки запроектированы с натяжением арматуры на упоры из бетона марки БГТ-300. Предварительно напряженная арматура — только одного направления (продольная), из холодноотянутой высокопрочной стальной проволоки периодического профиля. Ненапряженная арматура — из стали 25Г2С, а также из стальной низкоуглеродистой холодноотянутой проволоки.

Конструкция лотка института Гипроводхоз показана на рисунке 67, а показатели для двух типоразмеров приведены в таблице 46.

Для строительства лоткового канала из предварительно напряженного железобетона (по сравнению с каналом из ненапряженного железобетона, имеющим те же длины и общие размеры) требуется меньше:

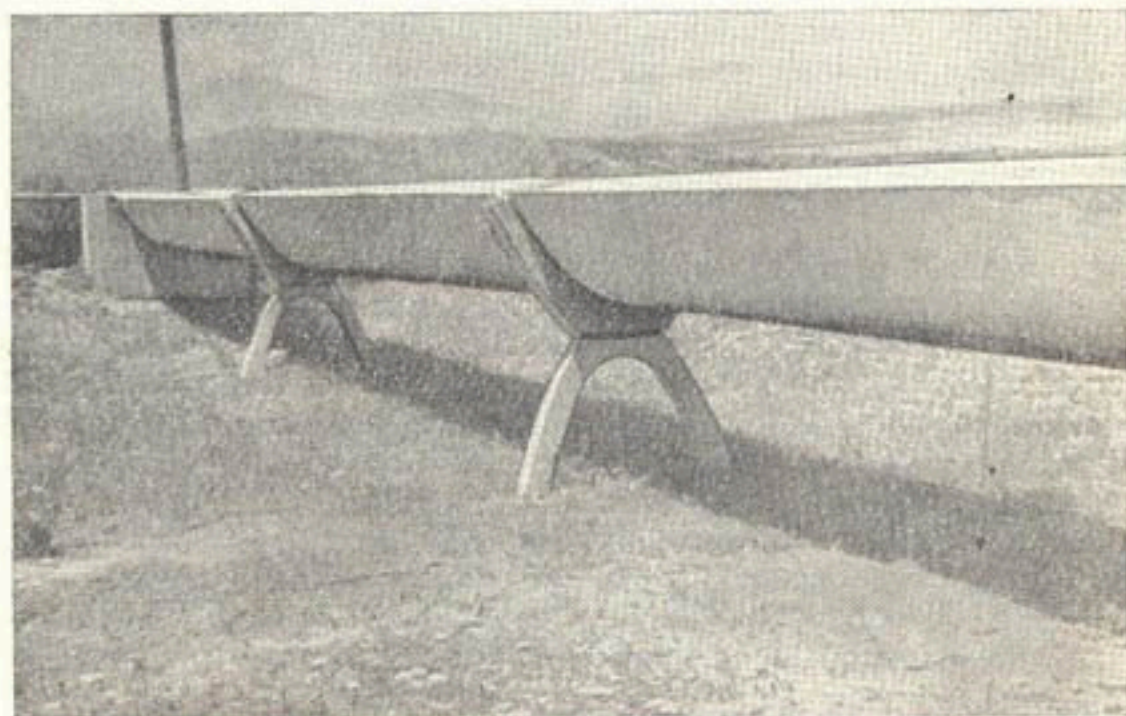


Рис. 65. Лотковый канал из предварительно напряженных железобетонных звеньев (Грузинская ССР).



| Глубина,<br>см               | Бетон, м³ |       |       | Сталь арматурная, т |       |       | Сметная<br>стоимость,<br>тыс. руб. |
|------------------------------|-----------|-------|-------|---------------------|-------|-------|------------------------------------|
|                              | лоток     | опора | всего | лоток               | опора | всего |                                    |
| Лотковые каналы Гипроводхоза |           |       |       |                     |       |       |                                    |
| 40                           | 63        | 15,1  | 78,1  | 2,22                | 1,56  | 3,78  | 5,840                              |
| 80                           | 118       | 17,5  | 136   | 4,23                | 2,06  | 6,29  | 9,440                              |
| 120                          | 192       | 64,5  | 256   | 13,23               | 3,78  | 17,01 | 18,980                             |
| 160                          | 287       | 106   | 392   | 20,99               | 7,68  | 28,77 | 30,080                             |

## Раструбные лотки Гипроводхоза

|    |      |      |       |      |      |      |       |
|----|------|------|-------|------|------|------|-------|
| 40 | 63,1 | 14,9 | 78    | 1,96 | 1,68 | 3,64 | 5,726 |
| 60 | 82,5 | 14,9 | 97,4  | 2,35 | 1,68 | 4,03 | 7,073 |
| 80 | 101  | 14,9 | 115,9 | 2,84 | 1,68 | 4,52 | 8,252 |

## Лотковые каналы Грузгипроводхоза

|     |      |      |     |      |      |      |        |
|-----|------|------|-----|------|------|------|--------|
| 30  | 41,5 | 28,6 | 70  | 1,44 | 2,20 | 3,64 | 4,884  |
| 60  | 77   | 30,6 | 108 | 1,97 | 2,53 | 4,50 | 7,300  |
| 100 | 150  | 36   | 186 | 2,26 | 2,87 | 5,53 | 12,138 |

Таблица 46

| Шифр<br>детали | Основные размеры, см |              |                   | Объем<br>бетона,<br>м³ | Вес арматурной<br>стали, кг |                                                     | Вес<br>детали,<br>кг | Содержание<br>стали в 1 м³<br>бетона, кг |
|----------------|----------------------|--------------|-------------------|------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------------|
|                | длина                | глуби-<br>на | толщина<br>стенок |                        | всего                       | в том числе<br>предваритель-<br>но напряжен-<br>ной |                      |                                          |
| ЛН-60          | 800                  | 60           | 5—6               | 0,766                  | 23,3                        | 10,2                                                | 1915                 | 30                                       |
| ЛН-180         | 800                  | 180          | 6—8               | 2,499                  | 219,5                       | 30,4                                                | 6248                 | 88                                       |

железобетонных деталей (по количеству) на 25%, бетона на 4—11, арматуры на 18—25%. Стоимость первых каналов меньше на 10%.

В 1960 г. институтом Гипроводхоз были разработаны аналогичные ненапряженным проектам предварительно напряженных раструбных параболических лотков глубиной 40, 60 и 80 см с длиной звена 8 м и разреженной поперечной арматурой. Их устанавливают на свайные опоры. Техничко-экономические показатели этих лотков приведены в таблице 45.

Грузгипроводхоз в 1960 г. на основании экспериментальных испытаний и теоретических расчетов составил типовые проекты железобетонных лотков параболического сечения без поперечной арматуры для глубин 30, 45, 60, 75 и 100 см при длине звена 7 м.

Высота опор принята в трех вариантах — 0,8, 1,2 и 1,7 м. Их общий вид иллюстрируется рисунком 68.

Техничко-экономические показатели лотковых каналов Грузгипроводхоза на 1 лог. км длины канала при высоте опор 1,2 м приведены в таблице 45 для трех характерных типоразмеров.

Лотки запроектированы с натяжением арматуры на упоры, из бетона марки 300. Арматура — высокопрочная, витая стальная проволока (ГОСТ УТ-2766—51).

Конструкция лотка показана на рисунке 68, а показатели для двух типоразмеров приведены в таблице 47.

Конструкции седла, стойки и плиты опор приняты аналогично таким же деталям из ненапряженного железобетона для полукруглых лотков.

| Шифр детали | Основные размеры, см |         |                | Объем бетона, м³ | Вес арматурной стали, кг | Вес детали, кг | Содержание стали в 1 м³ бетона, кг |
|-------------|----------------------|---------|----------------|------------------|--------------------------|----------------|------------------------------------|
|             | длина                | глубина | толщина стенок |                  |                          |                |                                    |
| Л-30        | 700                  | 30      | 4              | 0,291            | 10,0                     | 728            | 34                                 |
| Л-100       | 700                  | 100     | 5—6            | 1,040            | 18,53                    | 2600           | 18                                 |

### БЫСТРОТОКИ-РЕГУЛЯТОРЫ

Быстротоки-регуляторы из сборного предварительно напряженного железобетона с переездом или без него запроектированы институтом Гипроводхоз в 1959 г. Они предназначены для каналов, проходящих в земляном русле, при расходе до 10 м³/сек и сосредоточенном падении до 5 м.

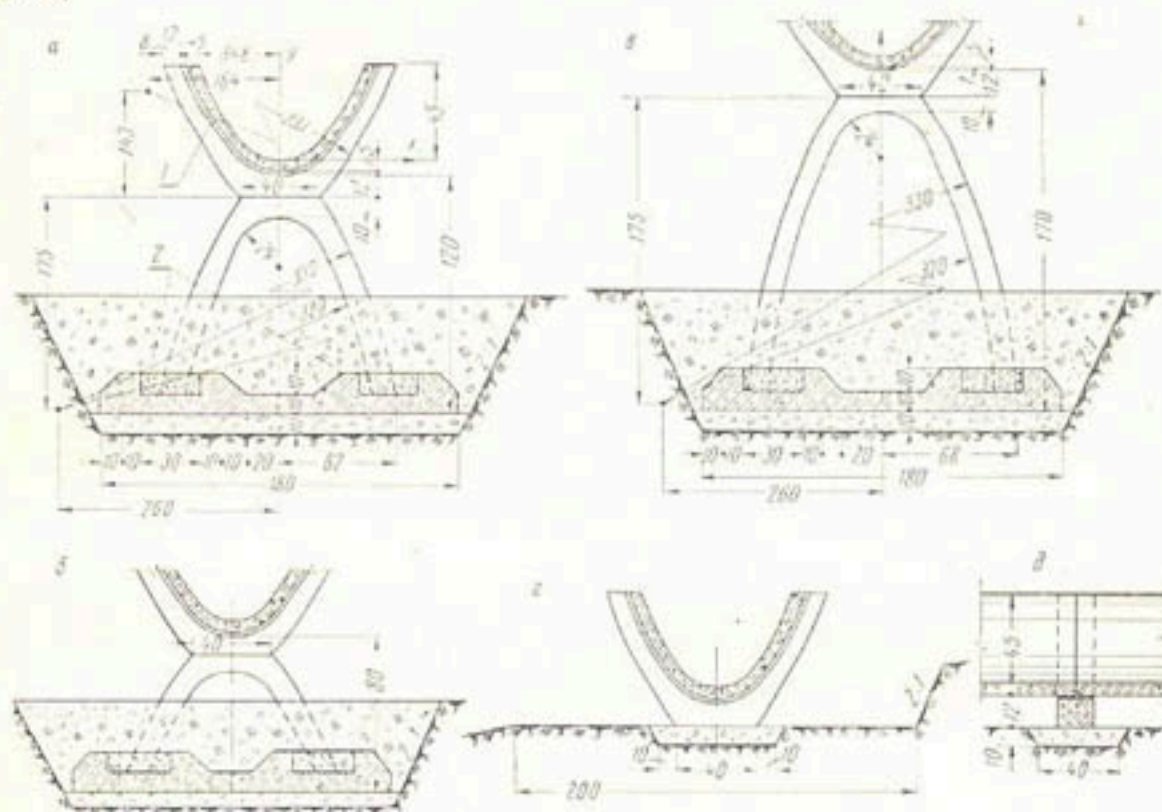


Рис. 68. Опорные стойки (для предварительно напряженных лотков параболического сечения) высотой 120 (а), 80 (б), 170 (в) и 12 (г) см; д — разрез по оси канала:

1 — резиновые валики; 2 — заливка расширяющимся цементным раствором.

Быстроток принят открытого типа с водоскатом и водобойным колодцем. В конце последнего имеется водобойный уступ, а в начале рисбермы поставлены гасители. Сопряжение лотка с рисбермой осуществлено обратными стенками.

Пролетное строение моста и боковые стенки лотка водоската выполнены из железобетонных деталей швеллерного сечения с напряженными продольными ребрами. Вертикальные и обратные стенки моста, боковые и обратные стенки водобойного колодца образованы из железобетонных деталей Г-образного сечения, вертикальная грань которых со стороны земли ребристая, с расположением напряженной арматуры в ребрах.

Технико-экономические показатели сооружения для характерных типоразмеров приведены в таблице 48.

Для строительства одного сооружения требуется 6—9 типоразмеров железобетонных деталей общим количеством от 49 до 104 шт. Наиболее характерная деталь — Г-образного профиля (шифр ГН) — изображена на рисунке 69. Технико-экономические показатели для двух типоразмеров приведены в таблице 49. Бетон принят марки 300.

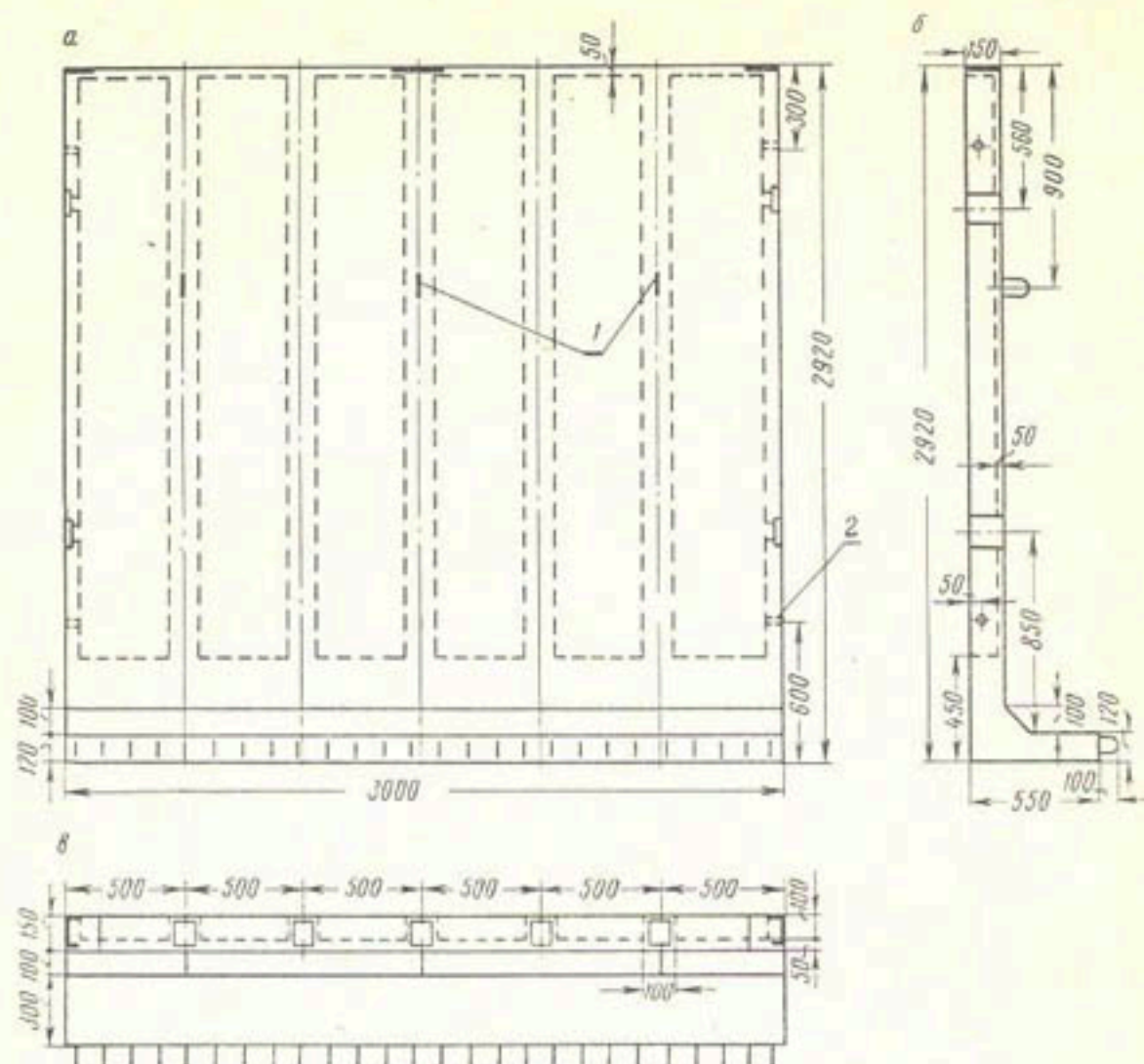


Рис. 69. Железобетонная деталь «Гн»:

а — фасад; б — вид сбоку; в — план; г — монтажные петли; 2 — гипсовая пробка.

Таблица 48

| Шифр сооружения | Расчетный расход, м³/сек | Гидравлический перепад, м | Объем сборного железобетона, м³ | Объем монолитного бетона с подготовкой, м³ | Вес арматурной стали, кг | Вес металлических конструкций, кг | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на 1 м³/сек расхода |               | Сметная стоимость на 1 м³ бетона и железобетона в деле, руб. |
|-----------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------|
|                 |                          |                           |                                 |                                            |                          |                                   |                         | бетон, м³                               | затраты, руб. |                                                              |
| БРН-1           | 5,54                     | 1,0                       | 17,39                           | 4,81                                       | 1207                     | 604                               | 1970                    | 4,0                                     | 356           | 91                                                           |
| БРН-4           | 10,30                    | 5,0                       | 34,02                           | 20,63                                      | 2277                     | 715                               | 3840                    | 5,4                                     | 373           | 70                                                           |
| БРПН-1          | 5,54                     | 1,0                       | 22,42                           | 6,95                                       | 1848                     | 604                               | 2550                    | 5,3                                     | 460           | 88                                                           |
| БРПН-4          | 10,30                    | 5,0                       | 43,12                           | 25,04                                      | 3279                     | 715                               | 4740                    | 6,7                                     | 460           | 70                                                           |

Таблица 49

| Шифр детали    | Основные размеры, см |        |        |                | Объем бетона, м³ | Вес арматурной стали, кг | Вес элемента, кг | Содержание стали в 1 м³ бетона, кг |                         |
|----------------|----------------------|--------|--------|----------------|------------------|--------------------------|------------------|------------------------------------|-------------------------|
|                | длина                | ширина | высота | толщина стенок |                  |                          |                  | всего                              | в том числе напряженной |
| ГН-6           | 300                  | 55     | 292    | 5              | 0,88             | 71,2                     | 2200             | 81                                 | 12,5                    |
| Р6Н-150-16-500 | 500                  | 16     | 150    | 6              | 0,548            | 27,3                     | 1370             | 50                                 | 12,6                    |

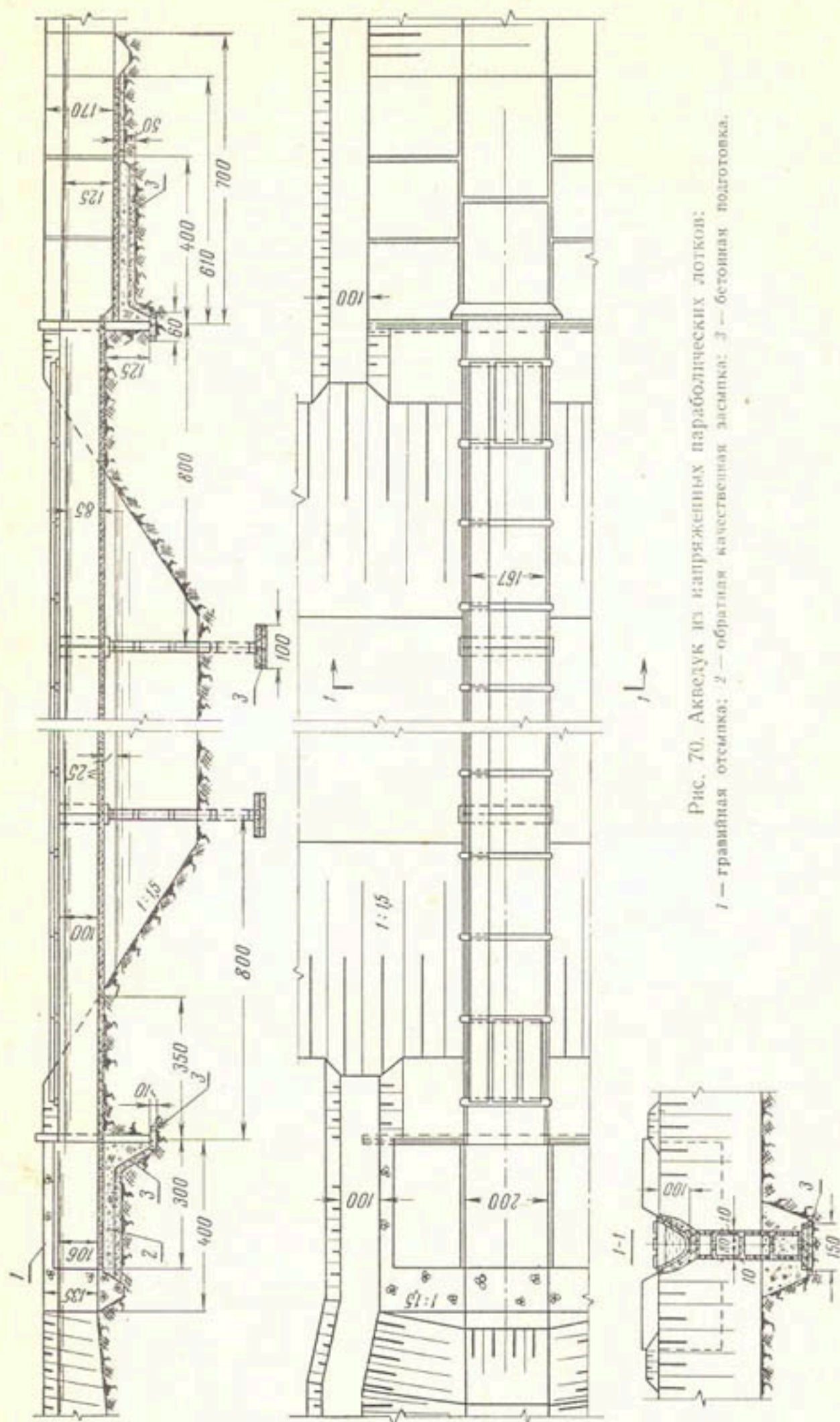


Рис. 70. Акведук из напряженных параболических лотков:  
1 — гравийная отсыпка; 2 — обратная качественная засыпка; 3 — бетонная подготовка.

## АКВЕДУКИ

В 1960 г. институтом Гипроводхоз были составлены типовые проекты акведуков из напряженного железобетона на расход воды до  $5 \text{ м}^3/\text{сек}$  при высоте опор до 5 м (рис. 70).

Вода канала пропускается в акведуке по лотку, поддерживаемому стоечно-рамными опорами, расстояние между осями которых равно 8 м.

Лотки с длиной звена 8 м параболической формы те же, что и в лотковых каналах.

Береговые опоры запроектированы в виде напряженной ребристой плиты с седловидным вырезом для посадки лотка акведука. Они являются одновременно и противофильтрационными диафрагмами, и элементами сопряжения с трапецидальным закрепленным руслом понура или водобоя. Крепление водобоя и понура осуществлено ребристыми ненапряженными (для акведуков с расходом до  $0,8 \text{ м}^3/\text{сек}$ ) и плоскими напряженными плитами (при больших расходах).

Всего запроектировано восемь типоразмеров акведуков; для строительства одного сооружения необходимо иметь 6—7 типоразмеров железобетонных деталей общим количеством от 24 до 57 шт. при лотке длиной 24 м.

Технико-экономические показатели (выборочно для трех акведуков из преднапряженного железобетона) характеризуются таблицей 50.

Сравнение средних удельных показателей стоимости на  $1 \text{ м}^3/\text{сек}$  расхода воды акведуков из ненапряженного и напряженного железобетона показывает, что последние экономичнее по железобетону на 5,2%, арматуре — на 12, а по стоимости — на 6%.

Таблица 50

| Шифр сооружения | Пропускная способность, $\text{м}^3/\text{сек}$ | Глубина лотка, см | Объем сборного железобетона, $\text{м}^3$ | Вес арматурной стали, кг | Объем монолитного бетона с подготовкой, $\text{м}^3$ | Сметная стоимость, тыс. руб. | Удельные показатели на $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ расхода |               | Стоимость на $1 \text{ м}^3$ бетона в деле, руб. |
|-----------------|-------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------|
|                 |                                                 |                   |                                           |                          |                                                      |                              | бетон, $\text{м}^3$                                       | затраты, руб. |                                                  |
| АН-1            | 0,15                                            | 40                | 3,28                                      | 195                      | 1,59                                                 | 0,31                         | 32,4                                                      | 2060          | 64                                               |
| АН-5            | 2,0                                             | 120               | 12,64                                     | 861                      | 4,39                                                 | 1,21                         | 8,5                                                       | 605           | 71                                               |
| АН-8            | 5,0                                             | 180               | 22,95                                     | 1649                     | 7,03                                                 | 2,28                         | 6,0                                                       | 456           | 76                                               |

В акведуках из предварительно напряженного железобетона использованы элементы, применяемые в других сооружениях, и вновь запроектированные железобетонные преднапряженные диафрагмы с шифром ДН. Диафрагма представляет собой ребристую плиту с параболическим вырезом. Ее показатели характеризуются таблицей 51. Бетон принят марки 300.

Таблица 51

| Шифр<br>элемента | Основные размеры, см |             |                          | Объем<br>бетона,<br>м <sup>3</sup> | Вес арматурной<br>стали, кг |                                     | Вес<br>элемента,<br>кг | Содержа-<br>ние стали<br>в 1 м <sup>3</sup> бе-<br>тона, кг |
|------------------|----------------------|-------------|--------------------------|------------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------|
|                  | длина                | шири-<br>на | толщина<br>или<br>высота |                                    | всего                       | в том числе<br>преднапря-<br>женной |                        |                                                             |
|                  |                      |             |                          |                                    |                             |                                     |                        |                                                             |
| ДН-1 . . .       | 250                  | 20          | 220                      | 0,317                              | 22,7                        | 3,45                                | 792                    | 72                                                          |
| ДН-2 . . .       | 350                  | 20          | 280                      | 0,608                              | 41,2                        | 13,66                               | 1520                   | 68                                                          |
| ДН-3 . . .       | 450                  | 20          | 370                      | 1,277                              | 75,2                        | 35,1                                | 3193                   | 59                                                          |

## ДЮКЕРЫ

Типовые проекты дюкеров из сборного предварительно напряженного железобетона на расход воды до 10 и до  $30 \text{ м}^3/\text{сек}$  с напором до 50 м составлены институтом Гипроводхоз в 1963 г. (рис. 71 и 72).



В проектах использованы преднапряженные железобетонные рас-  
трубные трубы с внутренним диаметром 1, 1,2 и 1,5 м при длине звена  
5 м. Они запроектированы институтом Водоканалпроект в 1962 г. для  
водоводов с рабочим давлением до 5—10 ат. Их можно укладывать на  
глубину 1—3 м на бетонную подготовку.

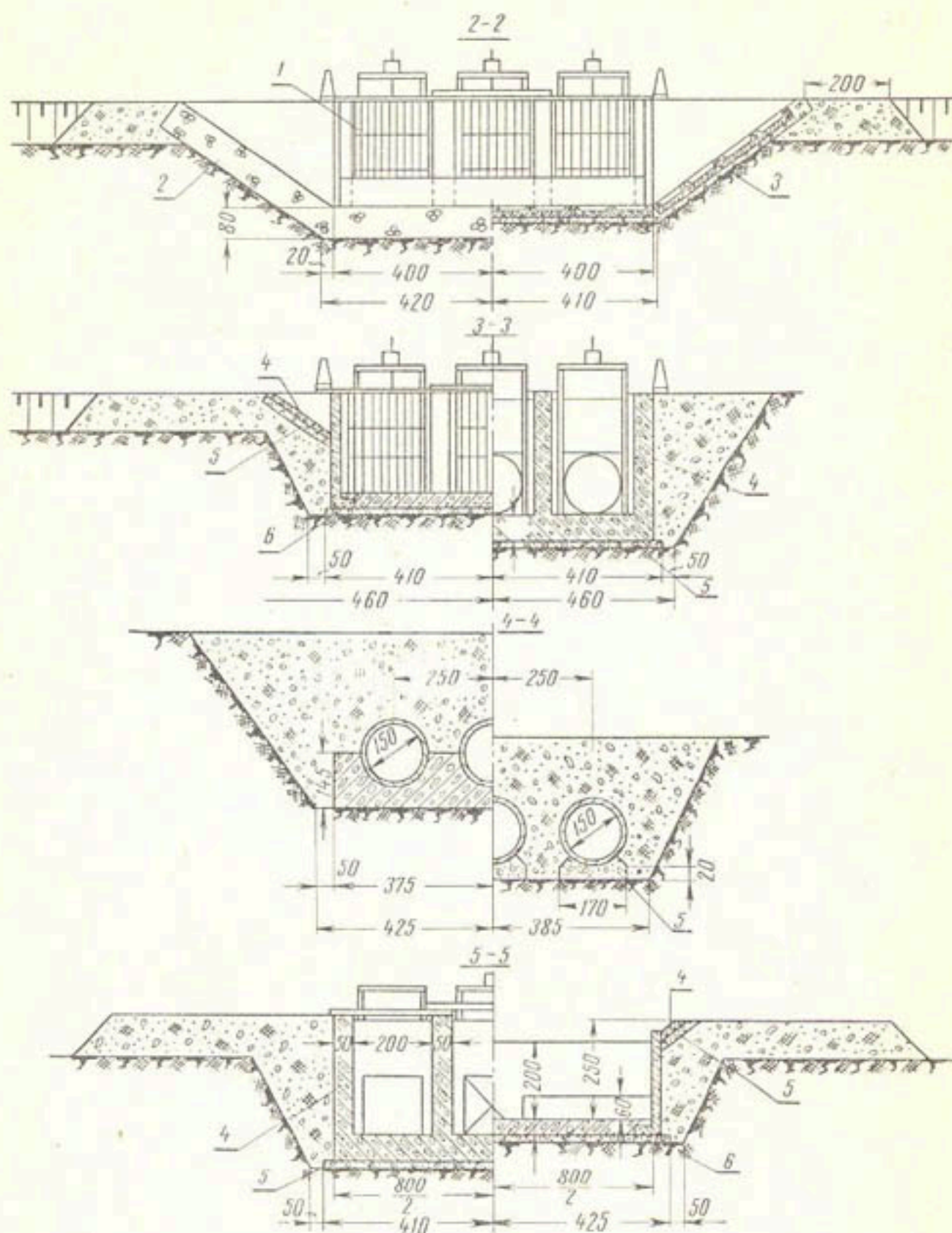


Рис. 72. Поперечные разрезы к рисунку 71:

1 — сороудерживающая решетка; 2 — каменная наброска; 3 — гравийная подготовка; 4 — моно-  
литный железобетон; 5 — бетонная подготовка; 6 — подливка цементным раствором.

Раструбные стыки труб уплотняют путем закатки резинового коль-  
ца. На переломах уклона трубопровода устанавливают монолитные же-  
лезобетонные муфты-опоры.

Входной и выходной оголовки запроектированы с ныряющими стен-  
ками, образованными из элементов Г-образного сечения, и имеют кон-

струкцию, аналогичную таким же элементам из других трубчатых сооружений.

Технико-экономические показатели для двух типоразмеров дюкеров из предварительно напряженного железобетона с длиной трубопровода 500 м характеризуются таблицей 52.

Для строительства одного сооружения требуется 7—8 типоразмеров сборных элементов с общим количеством деталей от 362 до 705 шт.

Таблица 52

| Шифр сооружения и размер входного отверстия | Пронусная способность, м <sup>3</sup> /сек | Гидравлический перепад, см | Объем сборного железобетона, м <sup>3</sup> | Объем монолитного железобетона, м <sup>3</sup> | Вес арматурной стали, т | Объем монолитного бетона с подгонкой, м <sup>3</sup> | Сметная стоимость, тыс. руб. | Удельные показатели на 1 м <sup>3</sup> /сек расхода |                    | Стоимость на 1 м <sup>3</sup> бетона в деле, руб. |
|---------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------|
|                                             |                                            |                            |                                             |                                                |                         |                                                      |                              | бетон, м <sup>3</sup>                                | затраты, тыс. руб. |                                                   |
| НЗ-150 . . . . .                            | 12,7                                       | 190                        | 961                                         | 194                                            | 167,7                   | 698                                                  | 143,3                        | 146                                                  | 11,3               | 77,3                                              |
| Н6-150 . . . . .                            | 25,5                                       | 190                        | 1926                                        | 431                                            | 340,9                   | 1401                                                 | 275,4                        | 147                                                  | 10,8               | 73,3                                              |

В проектах дюкеров используются железобетонные детали, примененные в других сооружениях, и следующие вновь запроектированные: труба раструбная напорная предварительно напряженная (три типоразмера), шифр ТНР;

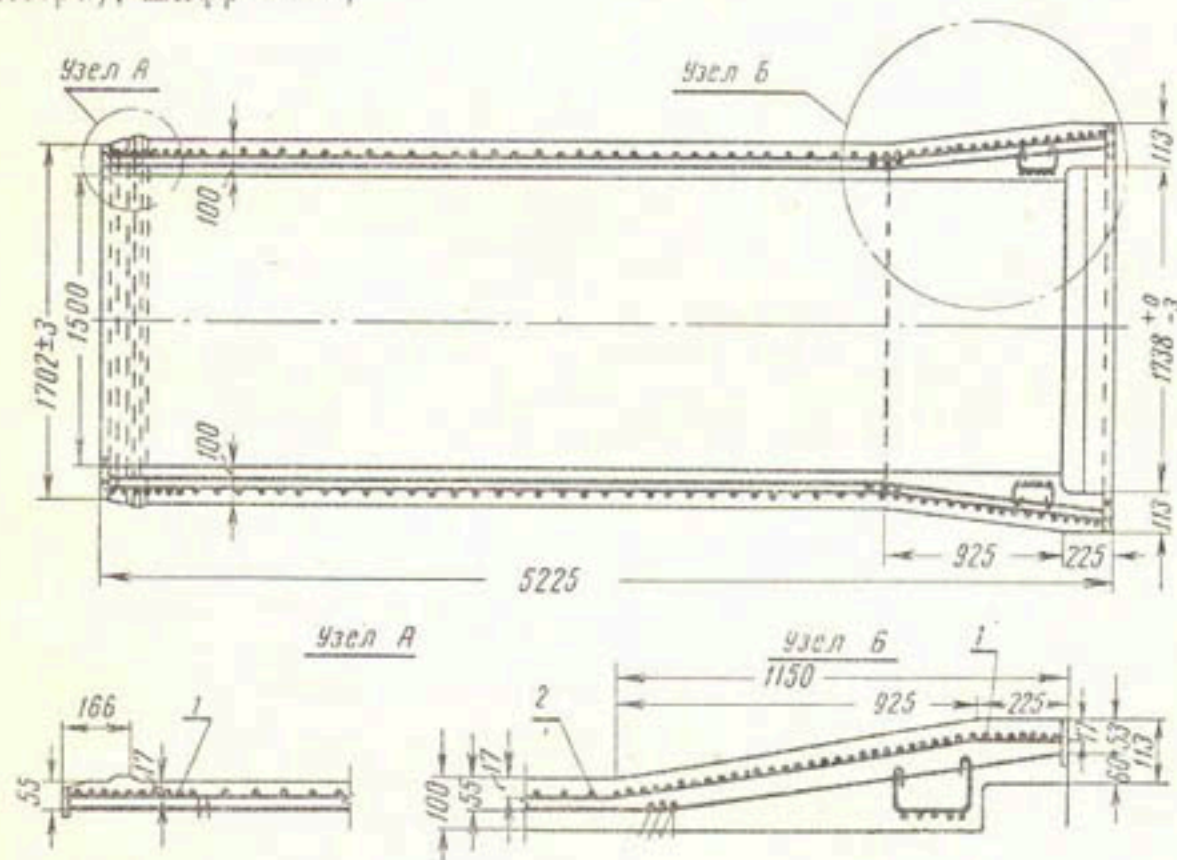


Рис. 73. Железобетонная деталь «ТНР-150» — труба из напряженного железобетона диаметром 1500 мм:

1 — спиральная арматура  $\varnothing 5$ , шаг спирали 8,9 мм; 2 — спиральная арматура  $\varnothing 5$ , шаг спирали 10,5 мм.

оголовок (три типоразмера), шифр О;

плита ребристая (один типоразмер), шифр РП1.

Конструкция трубы приведена на рисунке 73. Бетон принят марки 500.

## МОСТЫ

Типовые проекты мостов из предварительно напряженного сборного железобетона для дорог внутрихозяйственного значения на мелиоративных системах разработаны институтом Гипроводхоз.

Мосты запроектированы одно- и двухпролетными. Длина первых 4, 5, 6 и 8 м, вторых —  $2 \times 4$ ,  $2 \times 5$ ,  $2 \times 6$  и  $2 \times 8$  м. Однопролетные мосты приняты свайного и рамного типов, двухпролетные — только свайного. Конструктивное решение сооружений характеризуется рисунком 74. Все мосты имеют балочную конструкцию.

Пролетное строение запроектировано однотипно и выполняется из элементов, имеющих форму ребристой плиты с расположением ребер вниз, длиной 4, 5, 6 и 8 м и шириной 94 см. Плиты по торцам имеют диафрагмы жесткости, служащие одновременно местом их опирания на насадки свай или на ригели рамных опор, а также местом размещения

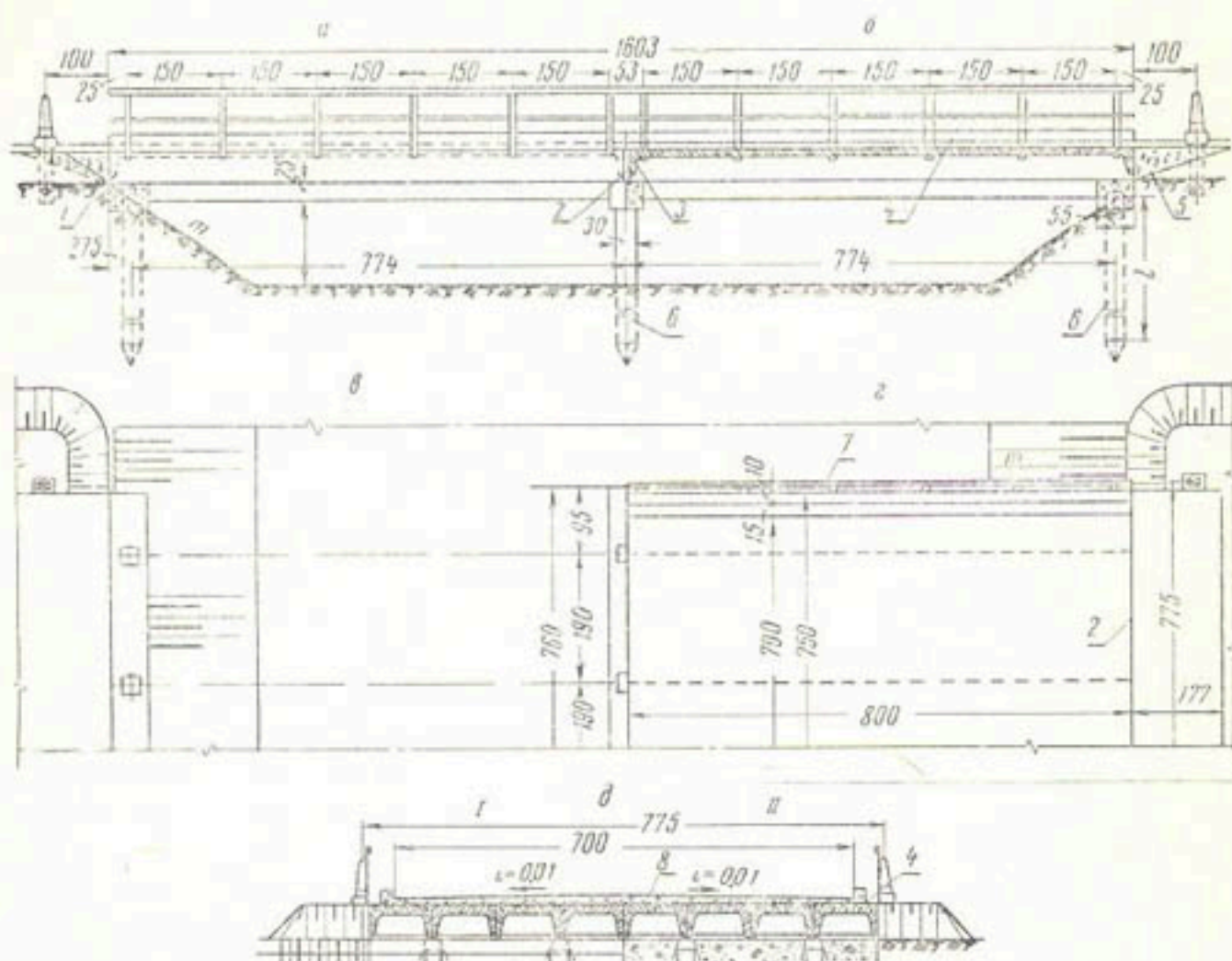


Рис. 74. Двухпролетный мост на сваях:

а — фасад; б — продольный разрез; в — план опор (блоки пролетного строения не показаны); г — план проезжей части; д — поперечный разрез (I — по пролету; II — по оси свай); I — проливка цементным раствором; 2 — деформационный шов; 3 — ребро жесткости; 4 — колесоотбойный брус; 5 — подушка из щебня; 6 — свая; 7 — перила; 8 — цементобетонное покрытие.

штырей, служащих для предупреждения продольного смещения плит. Штыри при опускании плиты на место укладки входят в пазы на насадке или ригеле рамы, которые заранее заполнены раствором.

Опорами пролетного строения моста служат свайные с насадками или рамные ряды. Сваи приняты прямоугольного сечения размером  $0,3 \times 0,25$  м и длиной 5, 6, 8 и 10 м. Их применяют на слабых основаниях и просадочных грунтах, а также при высоком стоянии уровня грунтовых вод. В одном ряду забивают четыре сваи с использованием кондуктора и наголовника.

Рамную четырехстоечную опору устанавливают на щебеночной подготовке и зарывают на глубину 2 м.

Проезжая часть моста имеет защитное бетонное покрытие с толщиной 8 см у оси и 4 см у колесоотбойного бруса.

В мостах с длиной пролетного строения более 8 м предусмотрены перила из уголковой стали. Шифр моста свайной конструкции — МНС, рамной — МНР.

Технико-экономические показатели мостов из предварительно напряженного железобетона (выборочно) характеризуются таблицей 53.

Таблица 53

| Шифр сооружения | Длина моста, м | Объем сборного железобетона, м <sup>3</sup> | Объем монолитного бетона и раствора, м <sup>3</sup> | Вес арматурной стали, кг | Сметная стоимость, тыс. руб. | Удельные показатели на 1 пог. м длины моста |                    | Стоимость на 1 м <sup>3</sup> бетона в деле, руб. |
|-----------------|----------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|---------------------------------------------|--------------------|---------------------------------------------------|
|                 |                |                                             |                                                     |                          |                              | бетон, м <sup>3</sup>                       | затраты, тыс. руб. |                                                   |
| МНС-4 . . . . . | 4              | 10,9                                        | 3,3                                                 | 1278                     | 0,872                        | 2,74                                        | 218                | 79,4                                              |
| МНР-6 . . . . . | 6              | 11,0                                        | 4,6                                                 | 1350                     | 1,073                        | 1,83                                        | 178                | 97,9                                              |

Для строительства одного свайного моста требуется 4—5 типоразмеров железобетонных деталей общим количеством 22—35 шт., для рамного — три типоразмера (14 шт.).

Мосты с применением предварительно напряженной арматуры экономичнее мостов, запроектированных из ненапряженного железобетона, в среднем на 13 %, бетона требуется на 21 % меньше, а стали на 30 %.

Для строительства мостов запроектированы следующие железобетонные детали из напряженного железобетона: плита пролетного строения (четыре типоразмера), шифр РБН; рама (один типоразмер), шифр РМН.

Конструкция основной железобетонной детали — ребристой плиты — аналогична такой же плите в быстротоках-регуляторах. Бетон напряженных элементов принят марки 400.

Имеются также типовые проекты гидротехнических сооружений осушительных мелиоративных систем, составленные Росгипроводхозом, с использованием предварительно напряженного железобетона:

плотинные плотины на малых реках на расход 50—100 м<sup>3</sup>/сек и напор до 3,5 м;

то же, без переезда;

шлюзы-регуляторы двухстороннего действия без переезда на расход до 47 м<sup>3</sup>/сек и напор до 3,5 м;

то же, с переездом;

устьевые сопрягающие сооружения на расход до 5 м<sup>3</sup>/сек и падении до 2 м.

В этих объектах конструкции железобетонных деталей и самих сооружений оставлены такими же, как и при ненапряженном железобетоне. Марка бетона принята 300, арматура — горячекатаная, периодического профиля, из низколегированной стали Ст. 30Г2С. Напряжение предусмотрено выполнять при помощи электронагрева. Снижение количественных показателей по сравнению с ненапряженными конструкциями имеется только по арматуре и составляет всего 3—11 %.

## СБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ НА ОСУШИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Широкое применение сборных сооружений на оросительных каналах способствовало их внедрению и распространению на осушительных системах.

Основными сборными гидротехническими сооружениями объектов осушения являются:

для открытых систем — регуляторы, в том числе двухстороннего действия; сопрягающие сооружения, переезды, а также мосты;

для закрытых систем — устья, колодцы различного назначения (перепады, поглотители, отстойники и др.).

Иногда сборный железобетон применяют на магистральных каналах и водоприемниках в крупных перегораживающих сооружениях для устройства подпорных стенок, бычков, мостового пролетного строения и в трубах под дамбами обвалования.

Следует отметить, что часть сооружений осушительных и оросительных систем имеет одинаковую номенклатуру и назначение. Различия в их конструкции сравнительно невелики и обусловлены специфическими природными особенностями, присущими объектам осушения, а также особенности их строительства и эксплуатации.

Многие объекты осушения в период прохождения весеннего половодья подвергаются затоплению, во время которого часть территории у гидротехнических сооружений размывается. Поэтому в отдельных случаях возникает необходимость в защите сооружения от размыва.

Высокое стояние уровня грунтовых вод и минеральные грунты в основании, представленные достаточно часто мелкозернистыми песками с признаками плавучести, усложняют строительство этих сооружений и устройство подготовки оснований. Работы часто проводятся с применением водоотлива.

По тем же причинам приходится развивать подземный контур, устанавливать шпунтовые ряды, усиливать крепление нижнего бьефа.

Регулирующие сооружения осушительных систем часто устраивают с пропуском воды как в сторону водоприемника, так и обратно — от водоприемника к осушаемому полю, если необходимо увлажнять территорию осушения.

Агрессивные воды требуют применения специальных составов бетона и производства дополнительных гидроизоляционных работ с целью защиты тонкостенных железобетонных деталей от преждевременного разрушения.

В основании сборных железобетонных сооружений, как правило, должны лежать прочные грунты. Если же на отметке заложения фундамента и ниже ее находятся торфы, их следует заменить местными минеральными грунтами с тщательным уплотнением.



## ТРУБЧАТЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ

**Регуляторы двухстороннего действия с переездом.** Сооружение располагают на водосборном канале в месте пересечения его дамбой обвалования с проездом по гребню. Оно служит для сброса из осушительной системы или для подачи воды из водоприемника на обвалованную территорию (рис. 75).

Типовые проекты железобетонных трубчатых регуляторов двухстороннего действия разработаны институтом Росгипроводхоз на расходы до 25,8 м<sup>3</sup>/сек в диапазоне напоров 2,5; 3,5 и 4,5 м. Они бывают одно-, двух- и трехочковыми из круглых труб диаметром 1,5 м.

На осушительных системах, находящихся в затопляемых поймах, сооружения располагают в местах, защищенных от ледохода. Ширина дамбы поверху равна 6,5 м.

Регуляторы строят из унифицированных круглых раструбных труб длиной 4 м, укладываемых на монолитную подготовку из бетона марки 100. Затвор с винтовым подъемником устанавливают со стороны водоприемника, а шандоры — со стороны осушительной системы.

Водобойные части имеют прямоугольное (доковое) сечение. Обратные стенки состоят из Г-образных деталей и плоских плит. Откосы дамбы, примыкающие к отверстию, защищены ребристыми плитами.

Рисбермы закреплены от размыва связанными между собой гибкой связью ребристыми плитами, уложенными на гравийно-песчаную подготовку, и заканчиваются зубом из гравия.

Маневрирование затвором и шандорами осуществляется со служебных мостиков, выполненных из ребристых плит и Г-образных деталей.

Технико-экономические показатели нескольких регуляторов приведены в таблице 54.

Таблица 54

| Шифр сооружения | Напор, м | Число пилот труб | Расход, м <sup>3</sup> /сек | Объем сборного железобетона, м <sup>3</sup> | Объем монолитного бетона, м <sup>3</sup> | Вес арматурной стали, кг | Сметная стоимость, тыс. руб. | Удельные показатели на 1 м <sup>3</sup> /сек расхода |                    | Стоимость 1 м <sup>3</sup> бетона в деле, руб. |
|-----------------|----------|------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|------------------------------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------|
|                 |          |                  |                             |                                             |                                          |                          |                              | бетон, м <sup>3</sup>                                | затраты, тыс. руб. |                                                |
| РТДП-1 . . .    | 2,5      | 1                | 5,7                         | 49,6                                        | 26,5                                     | 5 880                    | 6,907                        | 13,4                                                 | 1,21               | 91                                             |
| РТДП-4 . . .    | 2,5      | 2                | 11,4                        | 65,6                                        | 40,1                                     | 7 486                    | 9,294                        | 9,27                                                 | 0,82               | 88                                             |
| РТДП-9 . . .    | 4,5      | 3                | 25,8                        | 107,8                                       | 74,1                                     | 12 156                   | 15,74                        | 7,05                                                 | 0,61               | 87                                             |

Для строительства регулятора требуется шесть типоразмеров железобетонных элементов, включающих от 124 до 251 шт.

Оголовки выполняют из железобетонных деталей марки ОГ. Такая деталь представляет собой прямоугольную плиту с отверстием и пазом для сопряжения со звеном трубы и вторым пазом для закладки шандор или замоноличивания рамы затвора.

Конструкция оголовка показана на рисунке 76, бетон принят марки 200, арматура — круглая, горячекатаная, по ГОСТ 2590—57.

**Трубчатые регуляторы** института Укргипроводхоз запроектированы на расход до 10 м<sup>3</sup>/сек из круглых унифицированных труб диаметром 1,2 и 1,5 м, а также из прямоугольных сечением 2×2 м (рис. 77).

## ОТКРЫТЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ

**Открытые регуляторы двухстороннего действия** предназначены для тех же целей, что и трубчатые.

Для расходов до 47 м<sup>3</sup>/сек институтом Росгипроводхоз запроектированы сооружения из сборного железобетона с переездом и без него:

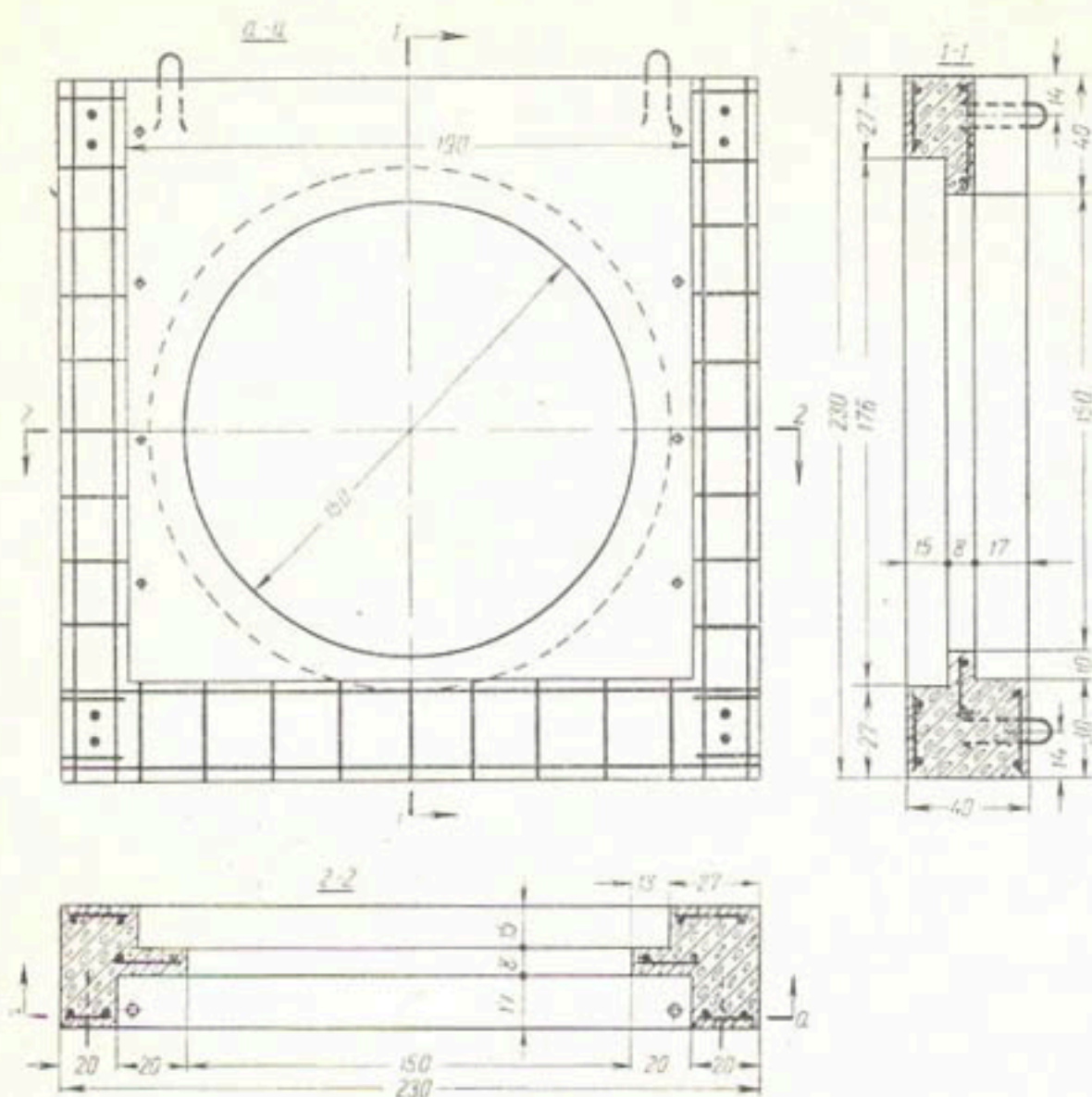


Рис. 76. Железобетонная деталь — оголовок.

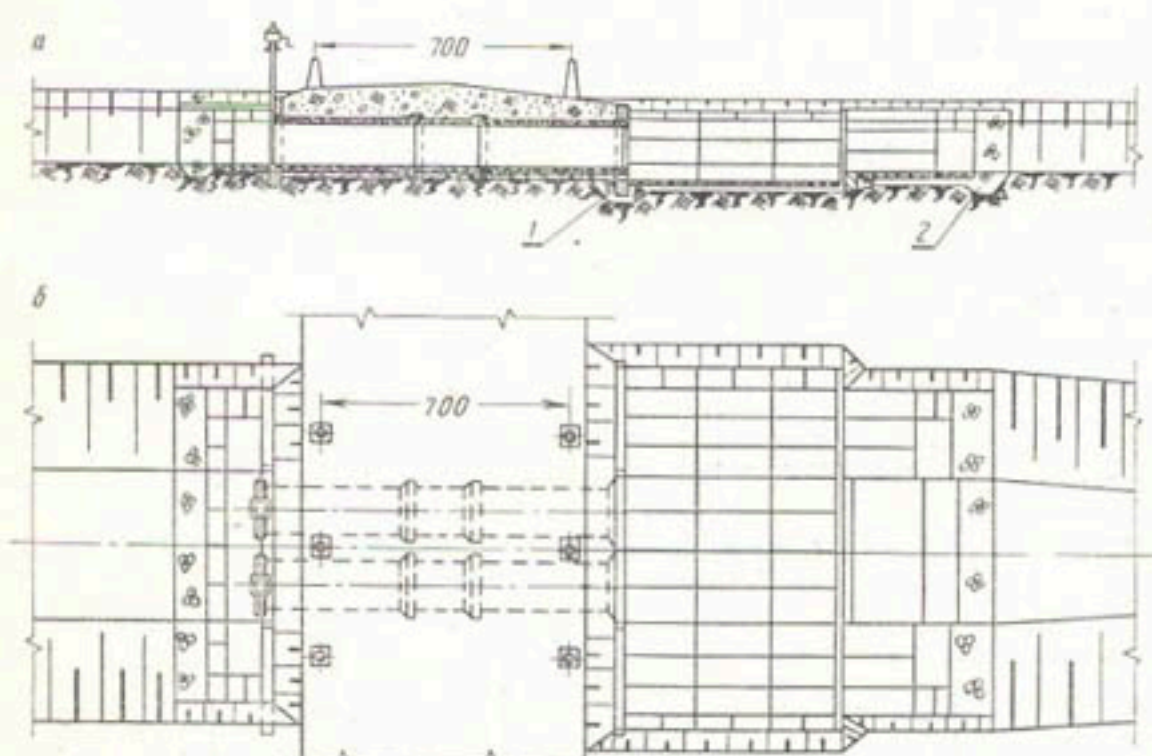


Рис. 77. Трубчатый шлюз-регулятор:

а — разрез по оси сооружения; б — план; 1 — обратный фильтр; 2 — отсыпка щебнем.

при напоре 2,5 и 3,5 м — однопролетные и при напоре 2,5 м — двухпролетные.

Центральная водопроводящая часть регулятора имеет доковое поперечное сечение шириной 4,3 м с вертикальными стенками и перекрыта мостовыми плитами для проезда.

Входная часть регулятора разбита промежуточной стойкой рамы затвора на два отверстия шириной в свету по 2 м, перекрываемые сдвоенными плоскими скользящими затворами с винтовыми подъемниками ручного действия.

К центральной части с двух сторон примыкают водобойные колодцы; сооружение начинается и заканчивается зубьями из мелкого камня.

Доковую часть водослива и обратные стенки монтируют из Г-образных деталей и плоских плит, соединенных между собой бетонным петлевым стыком.

Водобойные колодцы закреплены по дну плоскими замоноличенными, а откосы — ребристыми плитами, уложенными на бетонную подготовку. Рисбермы покрыты также ребристыми плитами, скрепленными гибкими связями и уложенными на гравийно-песчаную подготовку.

Технико-экономические показатели по этим сооружениям приведены в таблице 55.

Таблица 55

| Шифр сооружения        | Напор, м | Число пролетов | Расход, м³/сек | Объем сборного железобетона, м³ | Объем монолитного железобетона, м³ | Вес арматурной стали, кг | Сметная стоимость, тыс. руб. | Удельные показатели на 1 м³/сек расхода |                    | Стоимость 1 м³ бетона в деле, руб. |
|------------------------|----------|----------------|----------------|---------------------------------|------------------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|--------------------|------------------------------------|
|                        |          |                |                |                                 |                                    |                          |                              | бетон, м³                               | затраты, тыс. руб. |                                    |
| Регулятор с переездом  |          |                |                |                                 |                                    |                          |                              |                                         |                    |                                    |
| РОДП-1 . . . .         | 2,5      | 1              | 23,5           | 114,5                           | 59,9                               | 7,67                     | 15,93                        | 7,43                                    | 0,678              | 91                                 |
| РОДП-2 . . . .         | 2,5      | 2              | 47,0           | 160,5                           | 86,9                               | 10,8                     | 23,10                        | 5,27                                    | 0,492              | 93                                 |
| РОДП-3 . . . .         | 3,5      | 1              | 37,5           | 135,3                           | 70,9                               | 16,5                     | 19,64                        | 5,50                                    | 0,524              | 95                                 |
| Регулятор без переезда |          |                |                |                                 |                                    |                          |                              |                                         |                    |                                    |
| РОД-1 . . . . .        | 2,5      | 1              | 23,5           | 96,3                            | 53,4                               | 6,56                     | 14,15                        | 6,37                                    | 0,602              | 95                                 |
| РОД-2 . . . . .        | 2,5      | 2              | 47,0           | 130,0                           | 77,1                               | 8,84                     | 20,29                        | 4,42                                    | 0,432              | 98                                 |
| РОД-3 . . . . .        | 3,5      | 1              | 37,5           | 124,7                           | 64,8                               | 15,5                     | 18,39                        | 5,05                                    | 0,490              | 97                                 |

Для строительства одного сооружения требуется 4—5 типоразмеров железобетонных деталей общим количеством от 160 до 232 шт.

Ниже дано описание основных железобетонных деталей открытого регулятора и приведены их отличительные особенности в сравнении с элементами оросительных систем.

Г-образная железобетонная деталь используется в открытых регуляторах института Росгипроводхоз. В отличие от подпорных стенок оросительных систем имеет большую высоту и петлевые выпуски арматуры у донной плиты. Бетон принят марки 300.

Плоская плита с выпущенной из торцов петлевой арматурой применяется для крепления дна, откосов, понура и флютбета при создании докового сечения сооружения. Она имеет показатели, приведенные в таблице 56.

Таблица 56

| Шифр детали    | Основные размеры, см |        |         | Объем бетона, м³ | Вес арматурной стали, кг | Вес детали, кг | Содержание стали в 1 м³ бетона, кг |
|----------------|----------------------|--------|---------|------------------|--------------------------|----------------|------------------------------------|
|                | длина                | ширина | толщина |                  |                          |                |                                    |
| ПП-4 . . . . . | 280                  | 110    | 30      | 0,92             | 50                       | 2300           | 54                                 |
| МН-5 . . . . . | 470                  | 119    | 26      | 1,13             | 50                       | 2825           | 44                                 |

Ребристая плита отличается от подобной, используемой в оросительных системах, лишь выпущенной из углов арматурой для связки плит в гибкий тьюфак.

Плита мостового перекрытия запроектирована из предварительно напряженного железобетона марки 300 в виде полого многпустотного элемента с круглыми отверстиями. Ее конструкция аналогична плитам, используемым в жилищном строительстве.

Показатели для одного типоразмера такой плиты приведены в таблице 56.

**Открытые подпорные сооружения** института Ленгипроводхоз запроектированы на расход до  $25 \text{ м}^3/\text{сек}$  при напоре до 3 м с проезжим мостом или без него. Водопропускные отверстия перекрываются шандорами или плоскими металлическими затворами. Водосливная часть представлена в виде прямоугольного лотка с распорками; стены выполнены из ребристых плит; днище монолитное или из ребристых плит.

Конструкция сооружения с переездом показана на рисунке 78.

**Открытые шлюзы-регуляторы** института Укргипроводхоз пролетом 5 и 10 м на расход до  $63,5 \text{ м}^3/\text{сек}$  и для напора 2,5 м запроектированы аналогично предыдущим регуляторам; только ребристые плиты стенок с распорками заменены стенками из деталей Г-образного очертания. Сопряжение лотковой части с трапецидальными понуром и рисбермой принято в виде обратных стенок из тех же Г-образных деталей. Конструкция сооружения приведена на рисунке 79.

## СОПРЯГАЮЩИЕ СООРУЖЕНИЯ

**Сопрягающие сооружения**, совмещенные с регулятором или без него, запроектированы институтом Росгипроводхоз на расход до  $29,2 \text{ м}^3/\text{сек}$  при перепаде до 4 м. Напор перед затворами принят от 1,7 до 2,2 м.

Водослив, водоскат и водобой доковой конструкции выполнены из вертикальных стенок Г-образного профиля и плоских плит для флютбета, замоноличенных с Г-образными деталями. Крепление понура и рисбермы осуществлено ребристыми плитами (рис. 80).

Технико-экономические показатели сопрягающего сооружения с затвором для падения 2 и 4 м приведены в таблице 57.

Таблица 57

| Шифр сооружения  | Расход, $\text{м}^3/\text{сек}$ | Перепад, м | Объем сборного железобетона, $\text{м}^3$ | Объем монолитного бетона, $\text{м}^3$ | Вес арматурной стали и металлоконструкций, кг | Объем бетонной подготовки, $\text{м}^3$ | Сметная стоимость, тыс. руб. | Удельные показатели на $1 \text{ м}^3/\text{сек}$ расхода |               | Стоимость $1 \text{ м}^3$ бетона в деле, руб. |
|------------------|---------------------------------|------------|-------------------------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|---------------|-----------------------------------------------|
|                  |                                 |            |                                           |                                        |                                               |                                         |                              | бетон, $\text{м}^3$                                       | затраты, руб. |                                               |
| ССОР-1 . . . . . | 9,92                            | 2,0        | 58,4                                      | 33,9                                   | 9 940                                         | 24,1                                    | 10,03                        | 9,3                                                       | 1010          | 109                                           |
| ССОР-3 . . . . . | 29,2                            | 2,0        | 123,7                                     | 58,1                                   | 22 900                                        | 44,7                                    | 20,68                        | 6,2                                                       | 708           | 114                                           |
| ССОР-4 . . . . . | 9,92                            | 4,0        | 83,2                                      | 39,8                                   | 12 800                                        | 33,3                                    | 13,04                        | 12,4                                                      | 1315          | 106                                           |
| ССОР-6 . . . . . | 29,2                            | 4,0        | 166,8                                     | 65,0                                   | 28 700                                        | 56,4                                    | 24,73                        | 7,9                                                       | 847           | 107                                           |

Для строительства одного сооружения требуется семь типоразмеров деталей.

**Быстротоки** института Латгипроводхоз запроектированы на расход до  $10 \text{ м}^3/\text{сек}$  и падение до 2 м. Их применяют в минеральных грунтах на каналах осушительной сети. Быстротоки имеют трапецидальное сечение понура, водоската, водобоя и рисбермы, закрепленное сборными плитами, и вертикальную железобетонную стенку с отверстием для пропуска воды. Служебный мостик и затвор отсутствуют. На монтаж одного сооружения требуется 8—10 типоразмеров железобетонных деталей. Конструкция быстротока показана на рисунке 81.

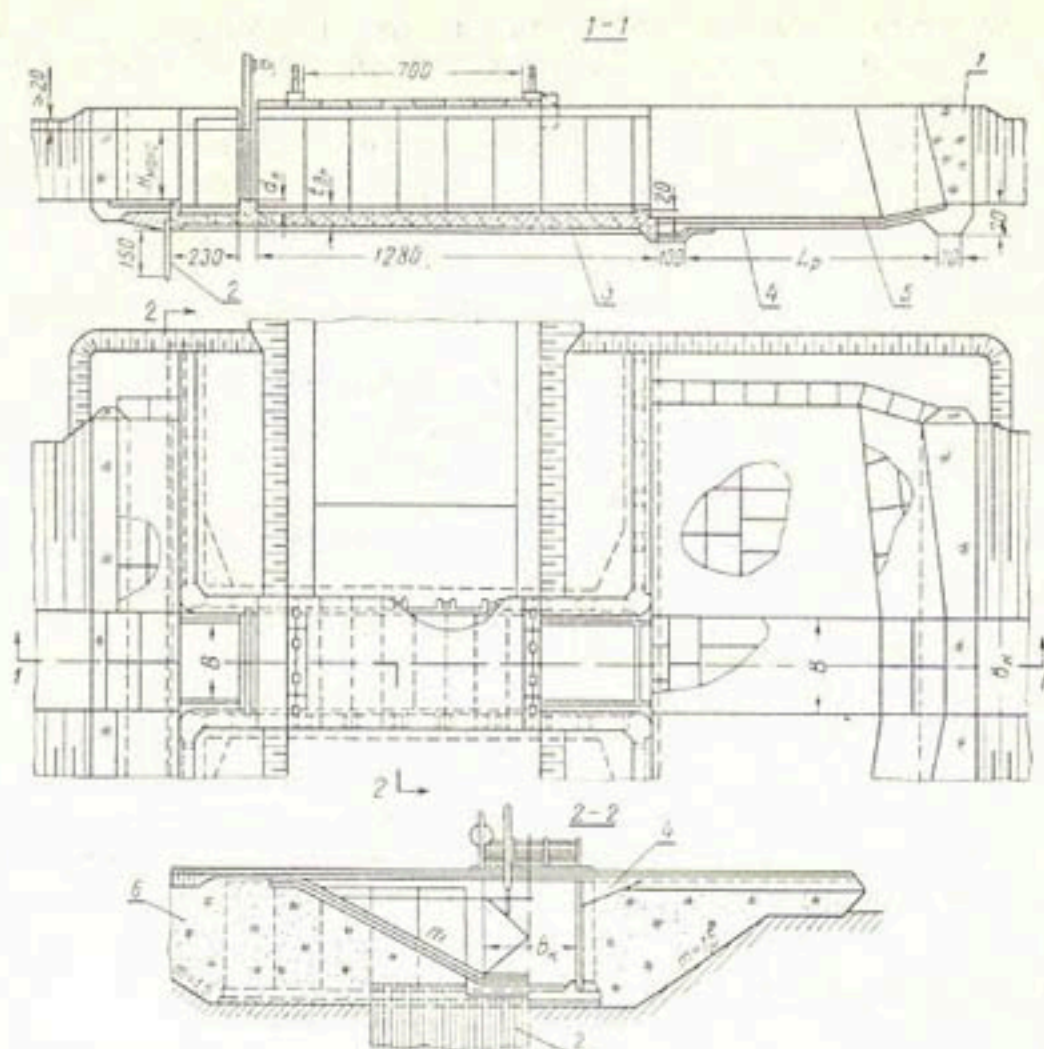


Рис. 78. Открытое подпорное сооружение с мостом:  
 1 — каменная отсыпка; 2 — деревянный шпунт; 3 — монолитный железобетон;  
 4 — песчано-гравийная подготовка; 5 — железобетонные плиты; 6 — засыпка  
 минеральным грунтом или смесью торфа с песком.

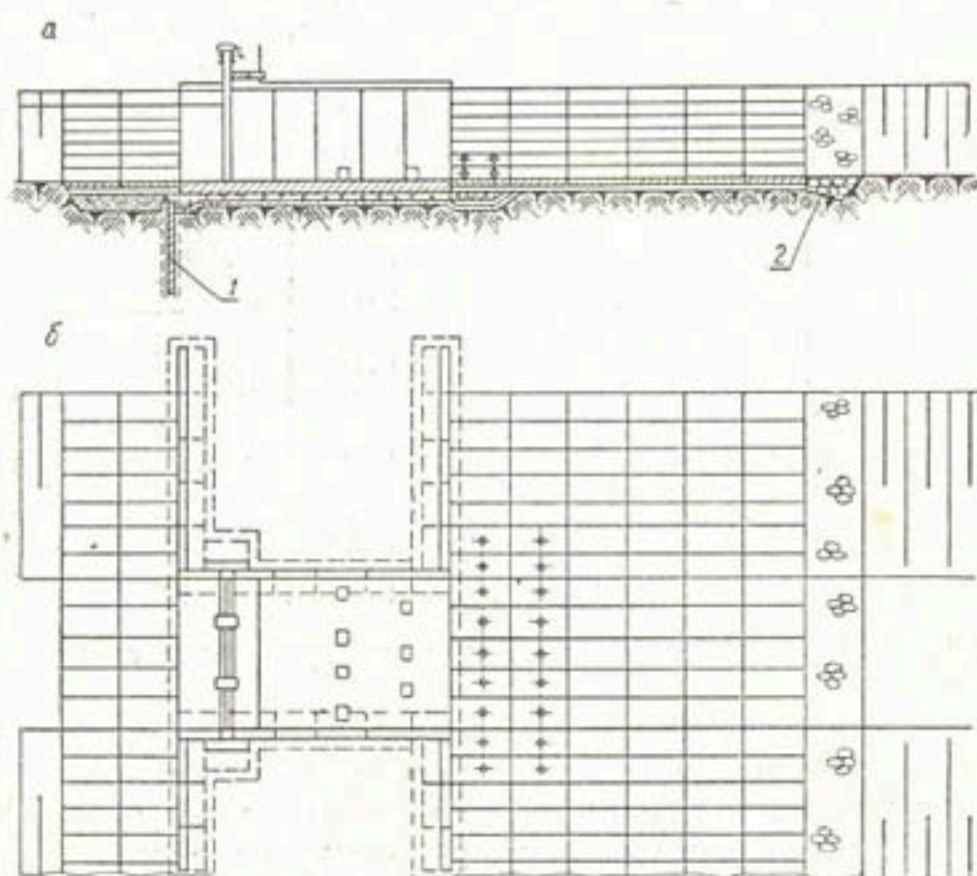


Рис. 79. Открытый шлюз-регулятор из Г-образных деталей:  
 а — разрез по оси сооружения; б — план; 1 — деревянный шпунт;  
 2 — каменная отсыпка.

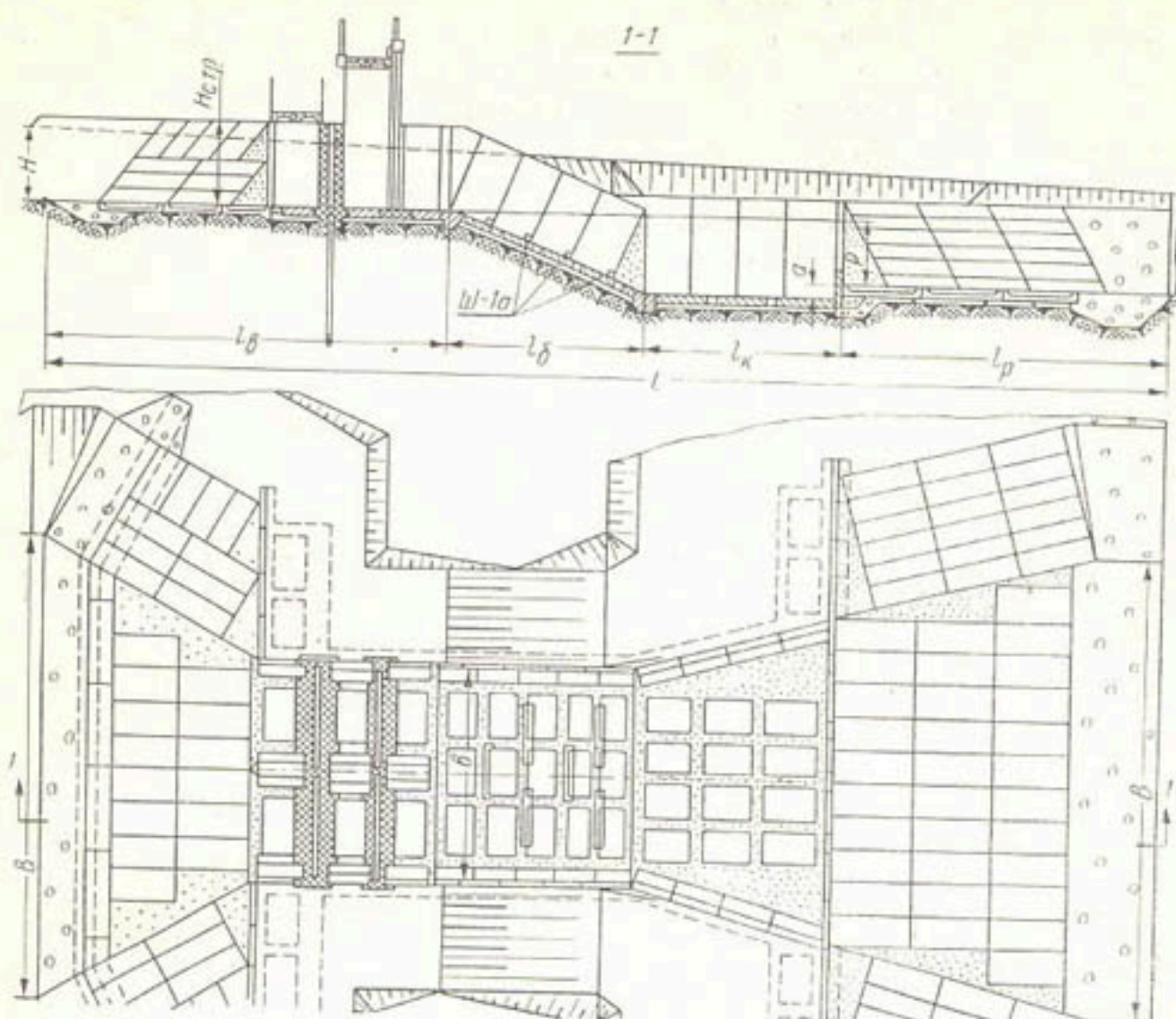


Рис. 80. Сопрягающее сооружение.

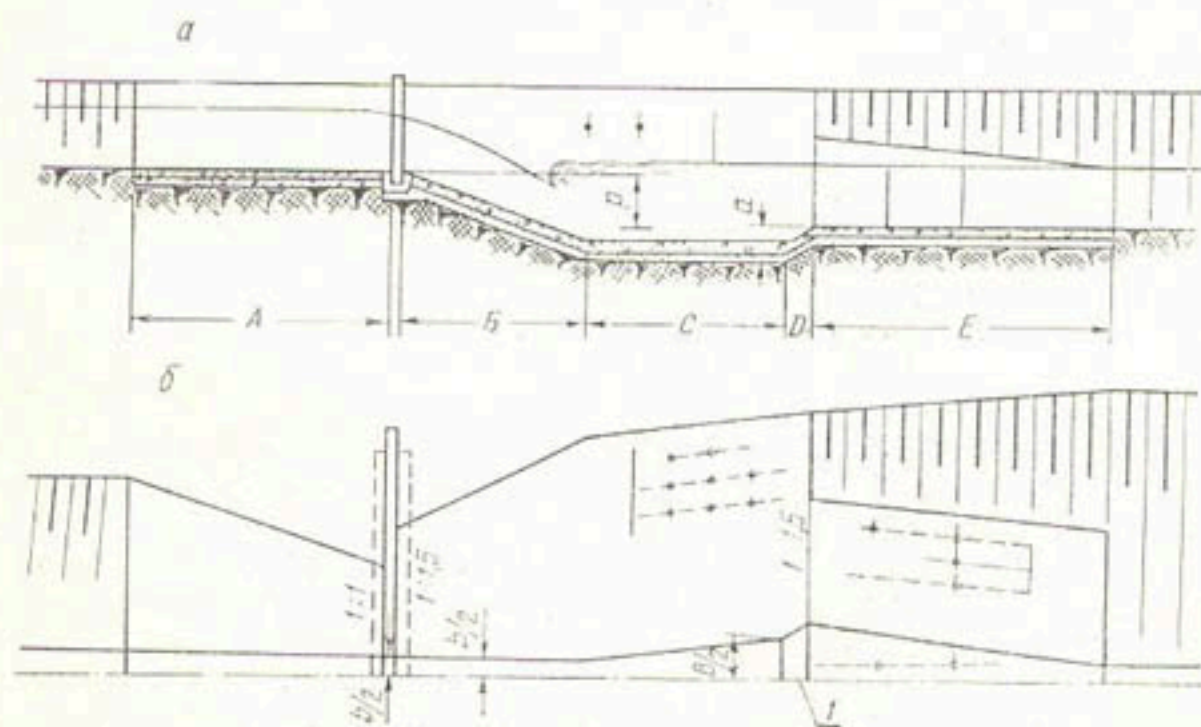


Рис. 81. Быстроток:  
а — продольный разрез; б — план; I — ось симметрии.

Устьевые сопрягающие сооружения применяют довольно часто на осушительных каналах, в местах их впадения в водоприемник или в старший канал с перепадом в отметках дна.

Проектным институтом Росгипроводхоз разработаны типовые сооружения с переездом на расход до  $6,5 \text{ м}^3/\text{сек}$  при перепадах до 2 м. Они представляют собой шахтные трубчатые перепады-регуляторы сборной конструкции из труб диаметром 0,6 и 0,8 м с падением 0,5; 1 и 1,5 м и диаметром 1 и 1,2 м с падением 1—2 м.

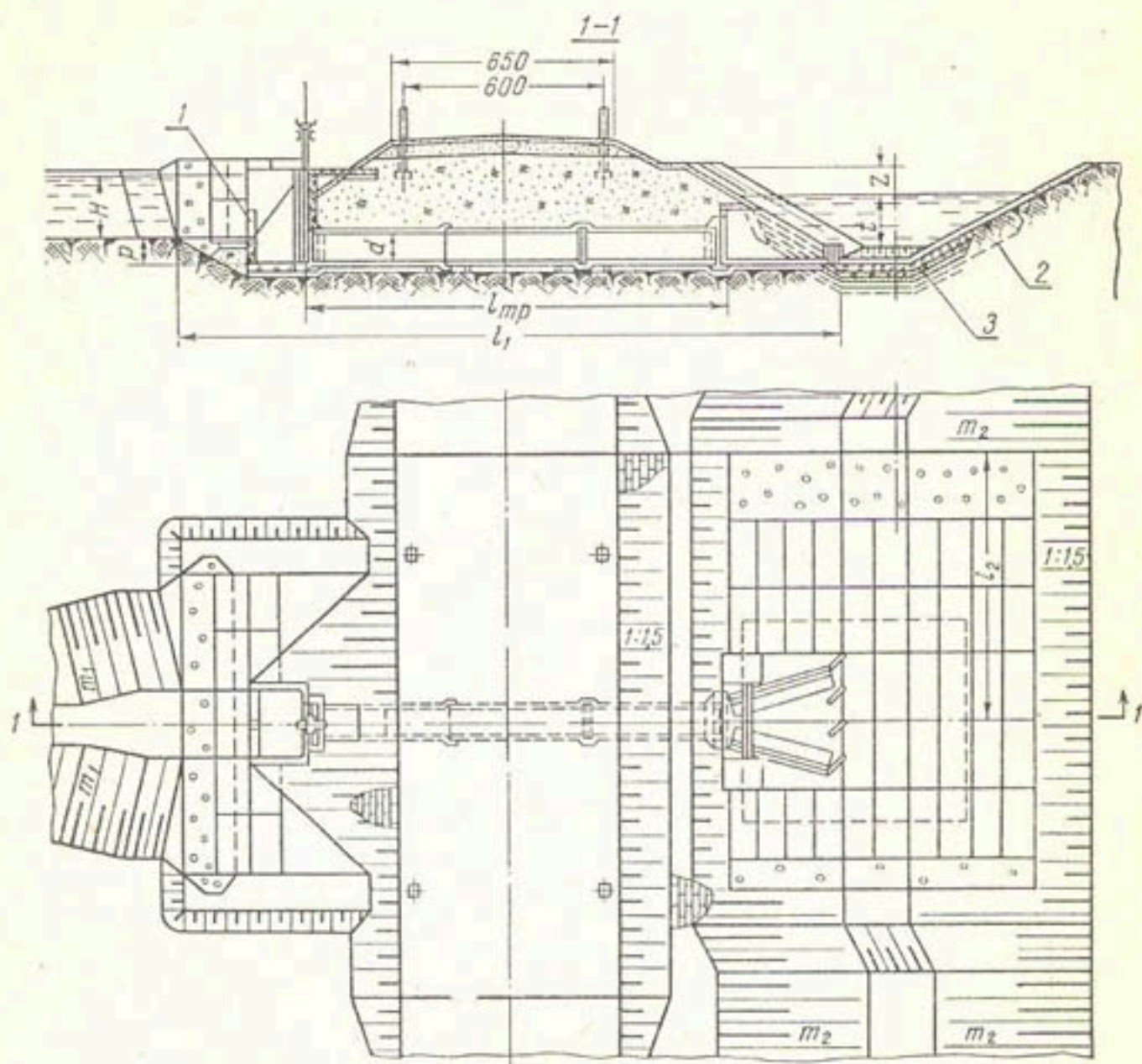


Рис. 82. Устьевое сопрягающее сооружение с переездом:  
1 — щелевое отверстие; 2 — контур отсыпки; 3 — обратный фильтр.

Конструкция устьевого сопрягающего сооружения с переездом показана на рисунке 82. Ширина гребня дамбы равна 6,5 м. В основании приняты минеральные грунты.

Сооружения состоят из одной нитки трубопровода, смонтированного из унифицированных звеньев круглых раструбных труб, уложенных на подготовку из тощего бетона.

Входная шахта сборно-монолитной конструкции, выполненная из ныряющих Г-образных стенок и прямоугольная в плане, имеет в передней стенке щелевое (трапецеидальное) водопропускное отверстие, предупреждающее резкий спад уровня воды перед перепадом.

Водобой — доковой конструкции с расширяющимися в плане боковыми ныряющими стенками — выполнен из Г-образных ныряющих элементов.

Понур и рисберма закреплены ребристыми железобетонными плитами, уложенными на гравийно-песчаную подготовку.

В начале понура и в конце рисбермы предусмотрена отсыпка гравийной призмы. За водобоем под плитами уложен обратный фильтр.

При использовании сооружения в качестве шлюза-регулятора входной оголовок оборудуют рамно-щитовым устройством с винтовыми подъемниками ручного действия.

Технико-экономические показатели для характерных типоразмеров устьевых сооружений приведены в таблице 58.

Таблица 58

| Шифр сооружения | Диаметр трубы, м | Падение, м | Расход, м³/сек | Объем сборного железобетона, м³ | Объем монолитного бетона, м³ | Вес арматурной стали, кг | Сметная стоимость, тыс. руб. | Удельные показатели на 1 м³/сек расхода |                    | Стоимость 1 м³ бетона в деле, руб. |
|-----------------|------------------|------------|----------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------------------|--------------------|------------------------------------|
|                 |                  |            |                |                                 |                              |                          |                              | бетон, м³                               | затраты, тыс. руб. |                                    |
| УПТП-1 . . .    | 0,6              | 0,5        | 0,90           | 8,9                             | 6,5                          | 703                      | 1,75                         | 17,1                                    | 1,95               | 114                                |
| УПТП-3 . . .    | 0,6              | 1,5        | 1,40           | 15,6                            | 9,0                          | 925                      | 2,71                         | 17,6                                    | 1,94               | 110                                |
| УПТП-4 . . .    | 0,8              | 0,5        | 1,90           | 9,8                             | 6,9                          | 751                      | 2,07                         | 8,8                                     | 1,09               | 124                                |
| УПТП-6 . . .    | 0,8              | 1,5        | 2,65           | 16,9                            | 9,6                          | 992                      | 3,38                         | 10,0                                    | 1,27               | 128                                |
| УПТП-7 . . .    | 1,0              | 1,0        | 3,40           | 19,5                            | 11,8                         | 1308                     | 3,21                         | 9,2                                     | 0,94               | 103                                |
| УПТП-10 . . .   | 1,0              | 2,0        | 4,60           | 23,8                            | 18,3                         | 1471                     | 4,40                         | 9,2                                     | 0,96               | 105                                |
| УПТП-12 . . .   | 1,2              | 1,0        | 5,50           | 22,2                            | 14,9                         | 1683                     | 4,78                         | 6,7                                     | 0,86               | 129                                |
| УПТП-14 . . .   | 1,2              | 2,0        | 6,50           | 25,4                            | 19,9                         | 1859                     | 5,71                         | 7,0                                     | 0,88               | 126                                |

Для одного сооружения требуется пять типоразмеров железобетонных деталей общим количеством от 57 до 92 шт.

Сопоставляя проекты сооружений для осушительных и оросительных систем, можно заметить, что общими для них в основном являются унифицированные железобетонные звенья круглых раструбных труб, Г-образные стеновые детали, ребристые плиты крепления и мостовые пролетные плиты.

Дополнительные железобетонные детали, которые применяют в этих сооружениях, подлежат дальнейшей унификации, которая и проводится в настоящее время.

## СБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ОБВОДНЕНИЯ ПАСТБИЩ

В нашей стране проводятся большие работы по строительству различных сооружений с применением сборного железобетона для снабжения питьевой и хозяйственной водой совхозов и колхозов, их ферм и водопойных пунктов на пастбищах.

Наиболее массовыми сборными сооружениями являются шахтные колодцы, запасные резервуары для воды и водонапорные башни, смотровые колодцы, водозаборы из каналов и рек, каптажные сооружения, наземные помещения для водоподъемных установок и насосных станций и др.

Применение железобетонных труб и лотков для водоводов сельскохозяйственного назначения пока весьма ограничено в связи с недостаточным их производством.

Показательным примером в этом отношении может служить строительство крупнейших межхозяйственных групповых водопроводов в Целинном крае Казахской ССР — Ишимского (протяженность трубопроводов до 1780 км), Булаевского (750 км) — и Омского в РСФСР (490 км), которые выполняются исключительно из металлических и асбестоцементных труб.

Осуществление намеченного плана строительства заводов по производству железобетонных труб позволит в ближайшие годы значительно увеличить их применение для сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения.

Резкий подъем сельского хозяйства, а также удовлетворение значительно выросших культурно-бытовых потребностей населения сельских районов требуют расширения масштабов и улучшения качества водоснабжения и обводнения.

В этих целях в ряде маловодных районов будут построены крупные групповые водопроводы большой протяженности, на что потребуются значительное количество напорных труб. Эту задачу можно экономически выгодно решить за счет производства железобетонных предварительно напряженных труб диаметром до 150 см.

Строительство сооружений из сборного железобетона для сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения, как правило, выполняется по типовым проектам. Кроме труб, в них применяются плоские и ребристые тонкостенные плиты различной конструкции из ненапряженного железобетона.

Транспортировка и монтаж плит затруднены, связаны с поломками деталей и вызывают значительные — до 10% — их отходы.

Применение таких деталей из напряженного железобетона позволит облегчить конструкцию, упростить их монтаж и транспортировку, уменьшить бой плит.

В сельских населенных пунктах в ближайшее время получит значительное развитие канализация. Это обстоятельство вызовет необходимость комплексного решения вопросов сельскохозяйственного водоснабжения и канализации, а следовательно, и применения сборного железобетона в соответствующих сооружениях.

Значительные объемы работ по сельскохозяйственному водоснабжению с применением сборного железобетона требуют полной унификации всех сооружений и их деталей с другими водохозяйственными, а также с используемыми для городского и промышленного водоснабжения и канализации сооружениями и деталями.

Основными водозаборными сооружениями являются: шахтные колодцы — до 78%; трубчатые колодцы — до 9%; калтажи родников — около 2% и водозаборы из открытых водосточников (рек, каналов и водохранилищ) — до 11% от общего количества всех существующих водозаборов.

Ниже приводятся данные по наиболее массовым сооружениям и их конструкциям из сборного железобетона, применяемым в сельскохозяйственном водоснабжении и обводнении пастбищ.

### ШАХТНЫЕ И СМОТРОВЫЕ КОЛОДЦЫ

**Шахтные колодцы** — наиболее распространенный вид водозаборных сооружений, использующих подземные, неглубокие воды преимущественно в целях сельскохозяйственного обводнения и водоснабжения.

Шахтные колодцы со стволом из звеньев железобетонных круглых колец выполняют обычно на глубину до 30 м. Конструкция таких колодцев разработана в типовых проектах института Гипроводхоз для трех типоразмеров по глубине колодца 10, 20 и 30 м (рис. 83).

Водоприемная часть сооружения запроектирована в виде трехслойного песчано-гравийного фильтра на дне и нижнего кольца из пористого бетона с вариантом устройства дополнительных лучевых фильтров. В зависимости от гидрогеологических условий и используемого водоподъемного оборудования конструкции водоприемной части, оголовка и закладных частей колодца при привязке проекта к местным условиям уточняются.

Технико-экономические показатели по шахтным колодцам (без лучевых фильтров) из сборного железобетона приведены в таблице 59.

Таблица 59

| Наименование показателей                            | Единица измерения | Глубина колодца, м |      |        |
|-----------------------------------------------------|-------------------|--------------------|------|--------|
|                                                     |                   | 10                 | 20   | 30     |
| Объем железобетона . . . . .                        | м <sup>3</sup>    | 3,04               | 5,79 | 8,49   |
| Количество деталей . . . . .                        | шт.               | 12                 | 22   | 32     |
| Сметная стоимость . . . . .                         | руб.              | 300                | 520  | 750    |
| Стоимость 1 пог. м колодца . . . . .                | »                 | 30                 | 26   | 25     |
| Стоимость 1 м <sup>3</sup> бетона в деле . . . . .  | »                 | 99                 | 90   | 88     |
| Затраты труда на 1 м <sup>3</sup> сборного бетона . | чел.-дн.          | До 8               | До 6 | До 5,5 |

В колодце имеется три типоразмера железобетонных деталей, включая крышку.

Основными элементами являются железобетонные кольца с фальцевым ободом и внутренним диаметром 100 см, длиной 105 см при толщине стенок 8 см. Кольца имеют одиночную арматуру из холоднокатанной проволоки диаметром 4 мм. Марка бетона БГТ-300 (рис. 84).

Технические показатели по кольцу следующие: объем бетона 0,272 м<sup>3</sup>; вес стали 4,28 кг; вес кольца 680 кг; вес стали в 1 м<sup>3</sup> бетона 15,8 кг.

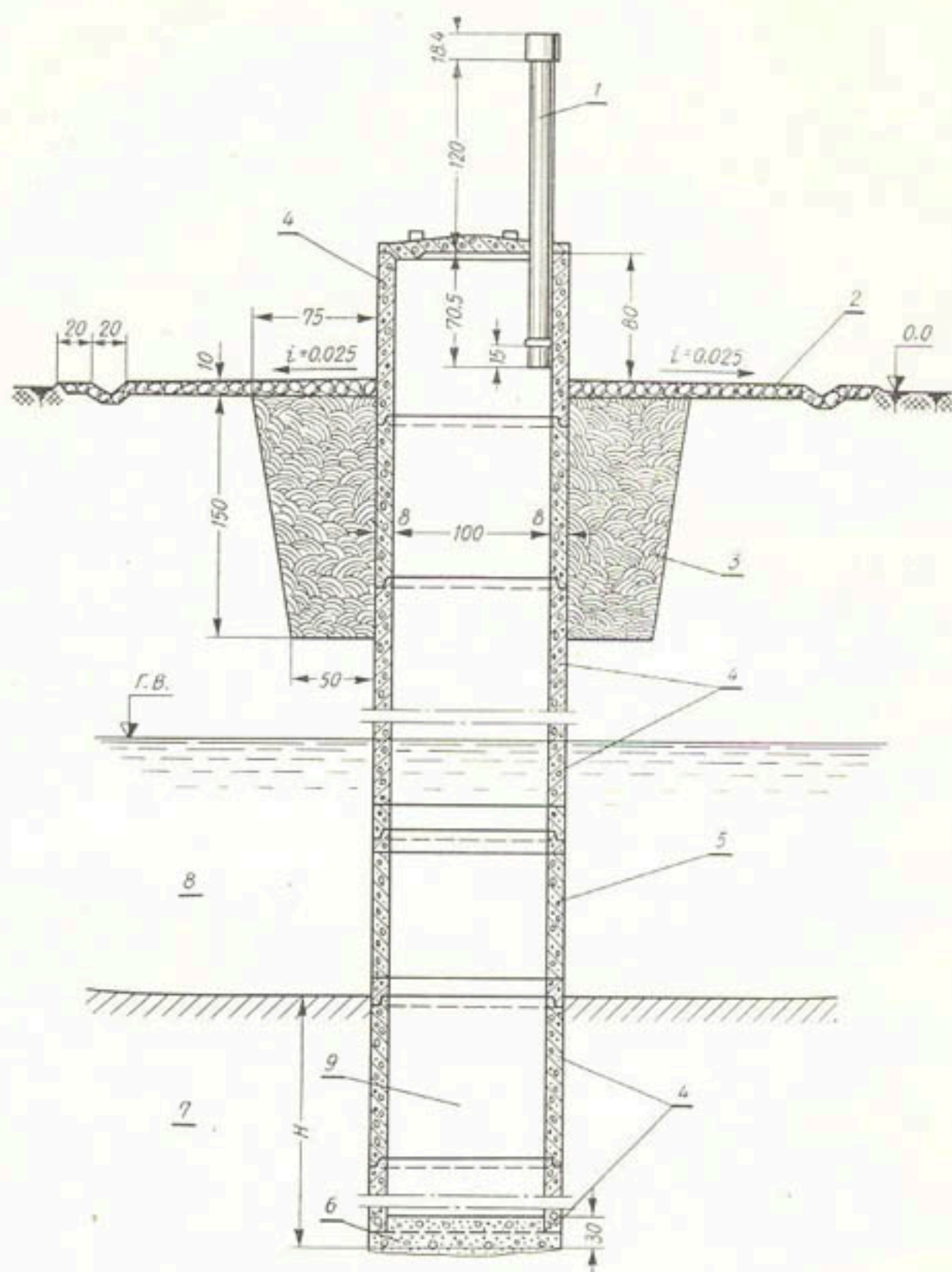


Рис. 83. Шахтный колодец из сборного железобетона:

1 — вентиляционная труба; 2 — щебеночное крепление; 3 — глиняный замок; 4 — кольцо К-I;  
 5 — кольцо К-II с фильтром; 6 — бетон; 7 — водоупорный грунт; 8 — водоносный грунт;  
 9 — зумиф.

Массовое изготовление железобетонных колец осуществляется в специальных металлических виброформах и в формах с уплотнением бетона на вибростолах или ручными вибраторами. Такой метод значительно улучшает качество изделий и сокращает затраты труда по сравнению с изготовлением вручную. Возможно также производство таких колец по технологии выполнения малонапорных труб.

Наиболее трудоемкую работу — рытье ствола шахтного колодца — при массовом строительстве проводят с помощью копателя шахтных колодцев (агрегата КШК-25 или 30) на глубину до 30 м при диаметре проходки 123 см.

В песчаных и плавунных грунтах колодцы роют телескопическим способом.

Укладку донной плиты и монтаж колодца из железобетонных колец производят с помощью агрегата КШК.

В дальнейшем взамен водозаборов из шахтных колодцев для обводнения и водоснабжения населенных пунктов будут шире применяться трубчатые колодцы, позволяющие использовать лучшие, глубоко залегающие воды.

Однако строительство шахтных колодцев все еще будет проводиться в значительном объеме и в том числе из сборного железобетона.

В настоящее время для стволов этих колодцев, а также и для смотровых применяют кольца из ненапряженного бетона толщиной 8—10 см, что вызывается в основном транспортными и монтажными условиями. При использовании для этих целей колец из напряженного железобетона их толщина может быть уменьшена до 4—5 см, т. е. в 2 раза, и соответственно увеличена длина (с применением для монтажа тех же механизмов).

Использование тонкостенных колец из напряженного железобетона позволит увеличить и их диаметр до 2 и 3 м без значительного повышения веса этих деталей. Такие кольца найдут широкое применение и в других сооружениях сельскохозяйственного водоснабжения.

**Смотровые колодцы** из сборного железобетона широко применяются на водоводах, канализационных и обводнительных сооружениях.

В зависимости от климатических и геологических условий, а также и назначения колодцы из сборного железобетона имеют различную глубину и размеры, обусловленные ГОСТ 8020—56.

Колодцы глубиной до 3 м монтируют из отдельных железобетонных деталей, в основном из круглых колец с внутренним диаметром 70, 100, 125 и 150 см. Для пропуска труб в нижних кольцах устраивают от 2 до 4 проходов.

Горловину колодцев собирают из колец, поставленных на плоское перекрытие, или в виде усеченного конуса, имеющего сверху отверстие диаметром 70 см, а внизу — равное диаметру колодца.

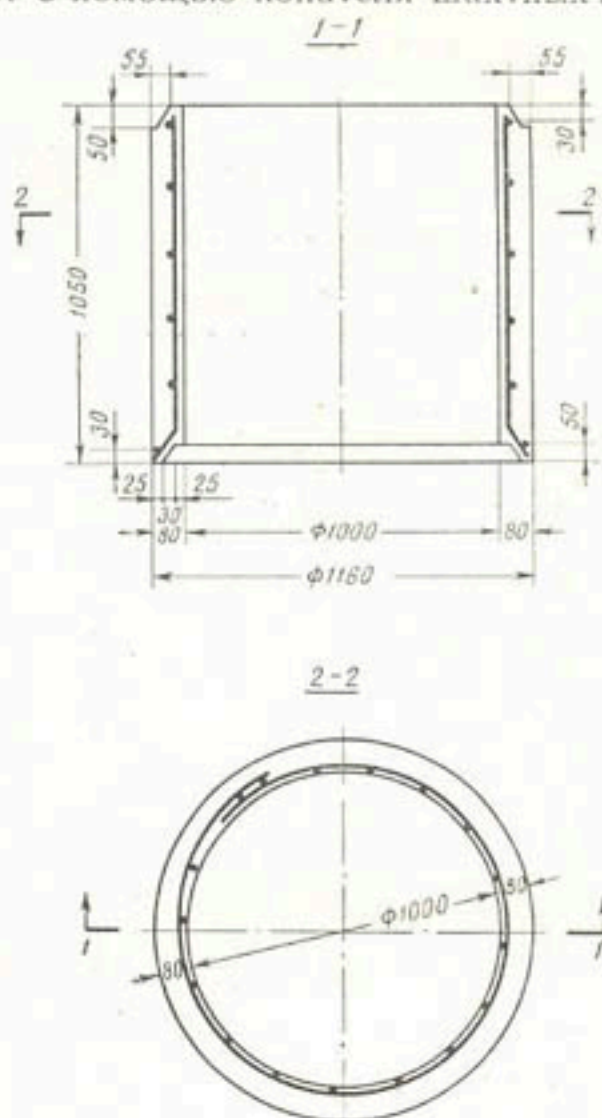


Рис. 84. Железобетонное кольцо К-1 для шахтных колодцев.

Горловина закрывается железобетонным или металлическим люком. Типовая конструкция колодца показана на рисунке 85.

Железобетонные кольца колодцев — гладкие по торцу, высотой от 594 до 894 мм, с одиночной арматурой.

Технико-экономические показатели для смотровых колодцев глубиной 2,9 м и внутренним диаметром 100—150 см приведены в таблице 60.

Таблица 60

| Наименование показателей                          | Единица измерения | $d=100$ см с плоским перекрытием | $d=150$ см с плоским перекрытием |
|---------------------------------------------------|-------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| Объем бетона и железобетона . . . . .             | м <sup>3</sup>    | 1,14                             | 1,95                             |
| Количество железобетонных деталей                 | шт.               | 13                               | 19                               |
| Максимальный вес железобетонных деталей . . . . . | кг                | 1050                             | 1580                             |
| Сметная стоимость колодца . . . . .               | руб.              | 80                               | 130                              |
| Стоимость 1 м <sup>3</sup> железобетона в деле    | »                 | 79,1                             | 67,4                             |
| Затраты труда . . . . .                           | чел.-дн.          | 3                                | 3                                |

Следует отметить, что высота, марка бетона и торцовый стык железобетонных колец для смотровых колодцев не унифицированы с кольцами, применяемыми в шахтных колодцах, которые имеют «фальцевый» стык и большую высоту.

Фальцевый стык облегчает монтаж этих сооружений и повышает их качество.

#### СБОРНЫЕ РЕЗЕРВУАРЫ И ВОДОНАПОРНЫЕ БАШНИ

Резервуары в сельскохозяйственном водоснабжении и обводнении широко применяются как напорно-регулирующие сооружения для водопойных пунктов на пастбищах и фермах колхозов и совхозов. Их используют при малodeбитных источниках для обеспечения быстрого поения отар животных и создания запасов воды для хозяйственных, производственных и противопожарных целей.

По очертанию в плане и местоположению резервуары в большинстве случаев подразделяют на круглые и прямоугольные, а также на располагаемые на поверхности земли с обсыпкой грунтом и заглубленные (рис. 86 и 87).

На водопойных пунктах и фермах используют сборные железобетонные резервуары небольшой емкости — 5, 10, 15 и 20 м<sup>3</sup>, типовые проекты которых разработаны институтом Гипроводхоз.

Рис. 85. Смотровой колодец:  
1 — цементный раствор; 2 — бетон или железобетонная плита; 3 — щебень, втрамбованный в грунт; 4 — железобетонное кольцо; 5 — скобы.

Для водоснабжения сельских населенных пунктов наиболее часто применяют резервуары емкостью 50—100 и 150 м<sup>3</sup>, которые строят по типовым проектам, разработанным Гипроспецстроем и другими организациями (рис. 88).



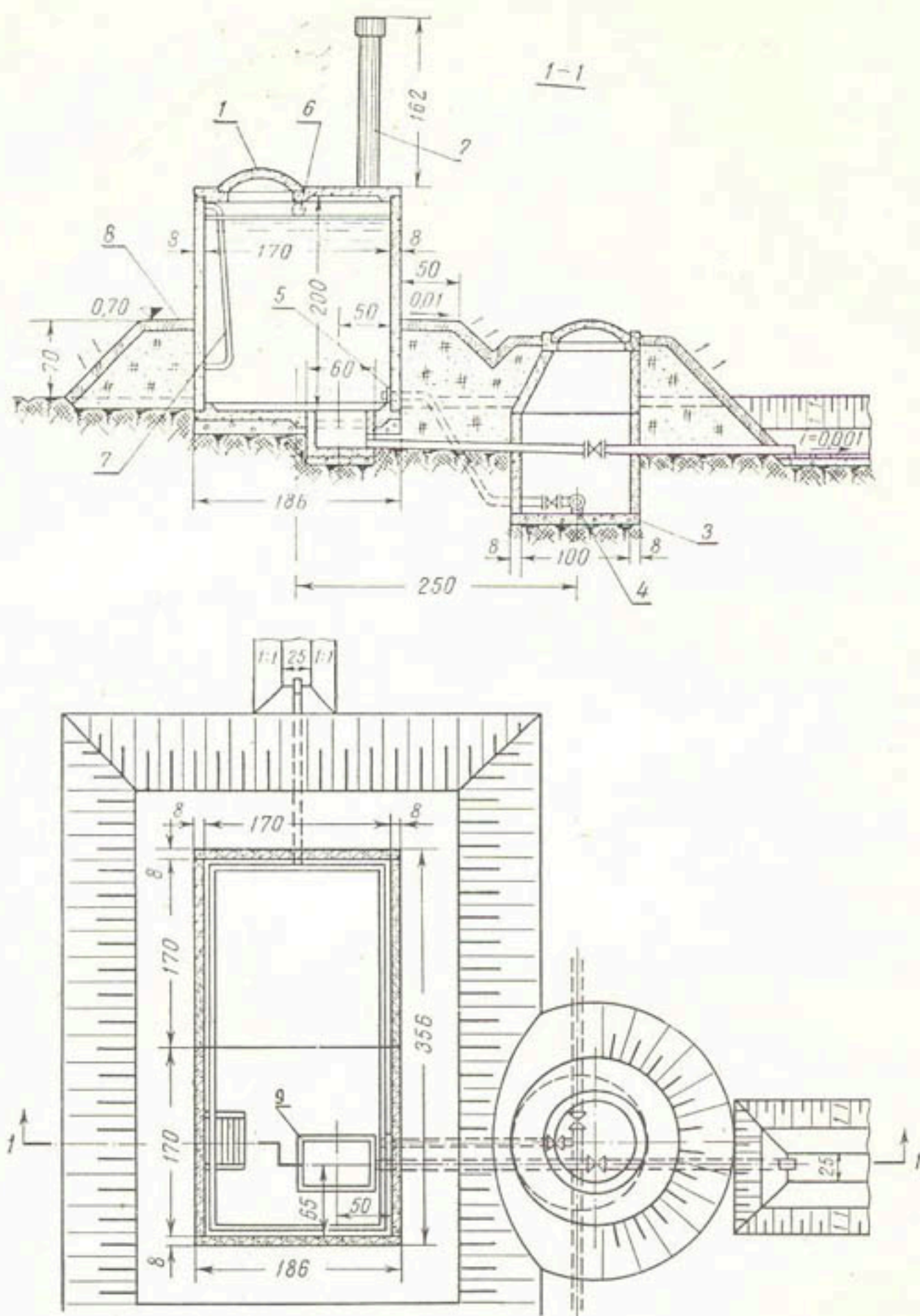


Рис. 87. Прямоугольный резервуар емкостью 10 м³:

1 — железобетонный люк; 2 — вентиляционная труба; 3 — щебеночная подготовка; 4 — бетонный упор; 5 — сальник; 6 — переливная труба; 7 — металлическая лестница; 8 — посев трав; 9 — железобетонный приямок.

детали показана на рисунке 90. Ее показатели: объем бетона  $0,235 \text{ м}^3$ ; вес стали в изделии  $9,7 \text{ кг}$ ; вес стали на  $1 \text{ м}^3$  бетона  $41 \text{ кг}$ ; вес детали  $590 \text{ кг}$ .

Стыки между железобетонными элементами сборных стен в резервуарах заделывают холодной битумной мастикой, а потом производят окончательное натяжение наружной кольцевой арматуры, которую затем торкретируют цементным раствором слоем  $20 \text{ мм}$  по всей боковой поверхности резервуара.

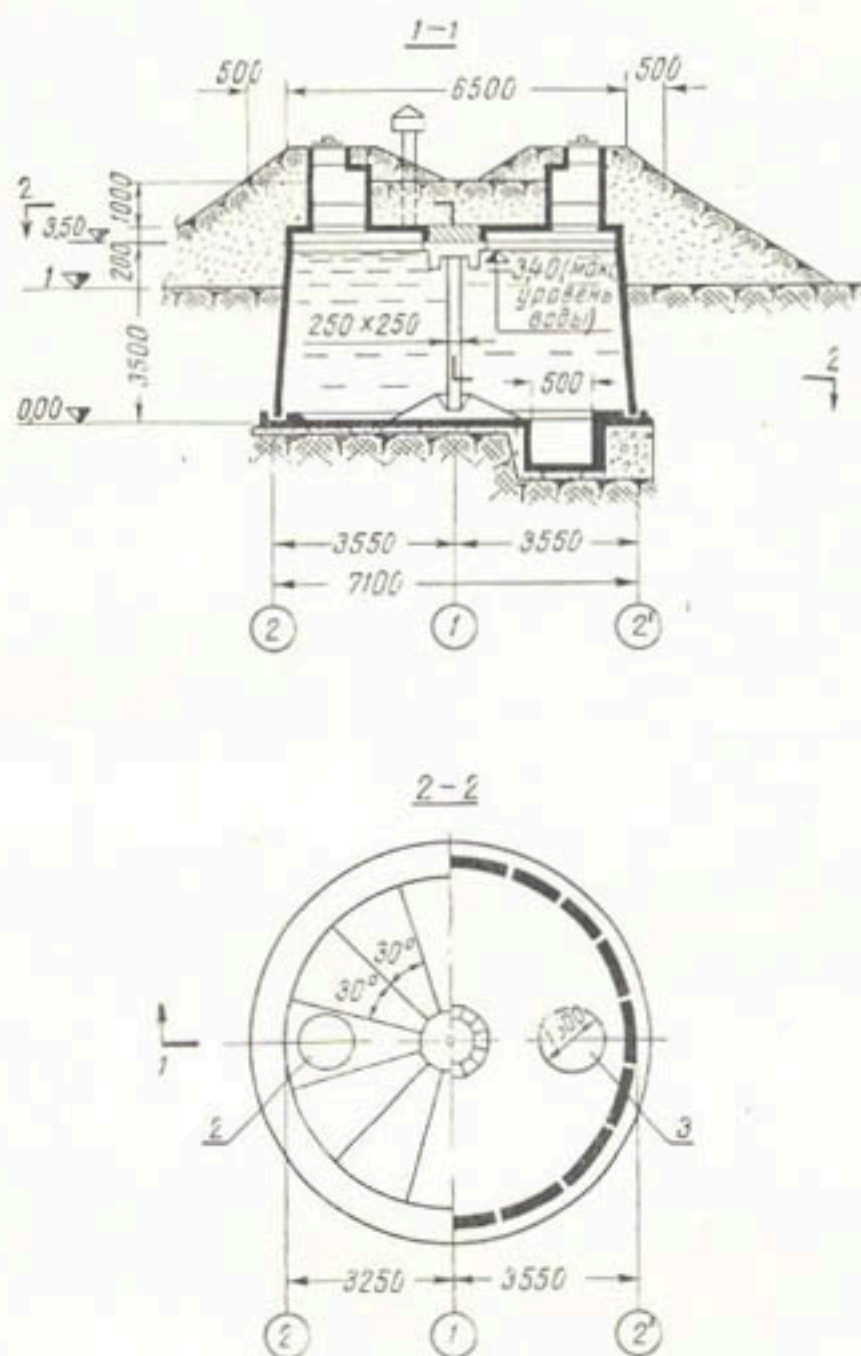


Рис. 88. Резервуар емкостью  $100 \text{ м}^3$  из сборных деталей (стенки и перекрытие):

1 — отметка поверхности земли; 2 — лаз; 3 — приямок.

В центре сооружения устанавливают железобетонную колонку, на которую опирают плиты перекрытия, имеющие в плане форму секторов.

Конструкция сборного круглого резервуара емкостью  $150 \text{ м}^3$  аналогична описанной для резервуара в  $20 \text{ м}^3$ .

**Водонапорные башни** довольно часто применяют на сельских водопроводах в совхозах и колхозах.

Наибольшее распространение получили башни с металлическими резервуарами на кирпичных и металлических опорах высотой  $8, 10, 12, 14$  и  $16 \text{ м}$  при емкости баков  $15, 25$  и  $50 \text{ м}^3$ .

Строительство водонапорных башен из сборного железобетона только начинается и в этой области еще нет достаточного опыта.

Институтом Гипросельхоз разработаны типовые проекты водонапорных (бесшатровых) башен на сборных железобетонных опорах высотой 12 и 16 м с металлическими баками емкостью 25 и 50 м<sup>3</sup> (рис. 91).

Гипроводхозом разработан проект бесшатровой башни с опорой высотой 8 м из сборных железобетонных деталей и металлическим баком

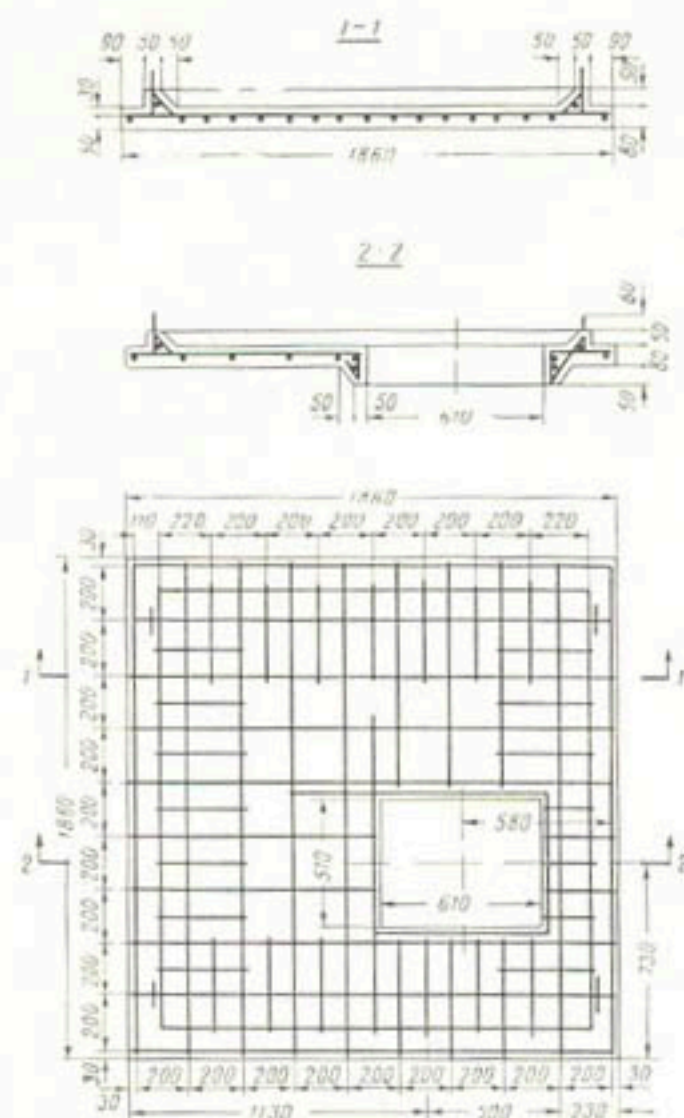


Рис. 89 Донная плита сборного прямоугольного резервуара емкостью до 10 м<sup>3</sup>

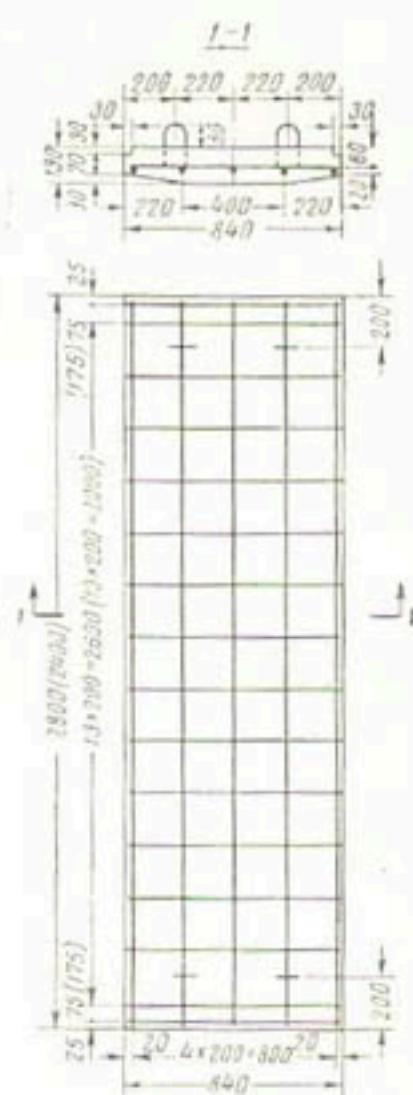


Рис. 90 Вертикальная плита для сборного цилиндрического резервуара емкостью до 20 м<sup>3</sup>

емкостью 15 м<sup>3</sup>. В этом проекте опора состоит из ребристых железобетонных колец весом 430 кг и высотой 1 м каждое, которые соединяют между собой с помощью сварки стальных закладных уголков (рис. 92). Собранный из таких колец опора представляет собой цилиндр с внутренним диаметром 1250 мм.

В Кустанайской области построено несколько водонапорных башен на сборных железобетонных опорах высотой 10 м из гладких колец диаметром 3 м и толщиной 12 см с металлическим баком емкостью 26 м<sup>3</sup>.

В связи с развитием производства малонапорных и высоконапорных предварительно напряженных железобетонных труб диаметром до 150 см и длиной 5 м дальнейшее проектирование и строительство сборных железобетонных водонапорных башен должно пойти по линии использования этих труб, в первую очередь в конструкциях башен-колонн.

**Водозаборные сооружения.** В сельскохозяйственном водоснабжении и обводнении для водозабора небольших расходов (до  $50 \text{ м}^3/\text{час}$ ) из рек и каналов используют сборные колодцы, располагаемые на берегу источника. Вода подводится к ним в необходимом количестве самотеком по трубам и затем насосами подается потребителям (рис. 93). Колодцы выполняют глубиной до 10 м из железобетонных колец с внутренним диаметром 100 и 150 см, которые применяют в шахтных колодцах (см. выше).

Насосные станции, подающие воду из указанных водозаборных сооружений или непосредственно из водоисточников к очистным сооружениям, автоматизированы и выполняются из сборного железобетона. Конструкция такой станции по типовому проекту, разработанному институтом Гипроводхоз, приведена на рисунке 94.

Основными железобетонными деталями, из которых монтируется помещение насосной станции, являются ребристые плиты с наибольшими размерами,  $282 \times 270 \text{ см}$ , толщиной 6 см и ребром 6 см. Весит такая плита 1300 кг при расходе стали 54 кг на  $1 \text{ м}^2$  бетона.

При водозаборе из трубчатых колодцев для водоструйных установок ВН-2-8 и ВН-2Ц-6, для автоматических пневматических установок ВУ-7 с погружным насосом ЭЦНВ-6 и ВУ-21 с вихревым насосом 1,5В-1,3 и др. наземные и подземные помещения выполняют из сборного железобетона в виде колодцев из круглых колец и камер прямоугольного сечения из ребристых плит (по типу применяемых в автоматизированных насосных станциях и резервуарах).

Аналогичные помещения из сборного железобетона используют и для гидравлических таранных установок сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения.

**Каптажные камеры** из сборного железобетона применяют для каптирования восходящих и нисходящих родников и грунтовых вод, используемых для обводнения и сельскохозяйственного водоснабжения.

При небольших расходах ( $1\text{--}2,5 \text{ л/сек}$ ) каптажные сооружения выполняются в виде колодцев из колец диаметром 150 см с толщиной стенок 10 см (рис. 95).

Для источников с большим дебитом каптажные камеры имеют прямоугольное сечение и состоят из ребристых плит, подобных используемым в резервуарах и насосных станциях водопроводных сооружений.

Кроме описанных массовых сооружений сельскохозяйственного водоснабжения, сборный железобетон частично применяется в отстойниках (рис. 96) и очистных сооружениях, а также в индивидуальных речных и других водозаборах.

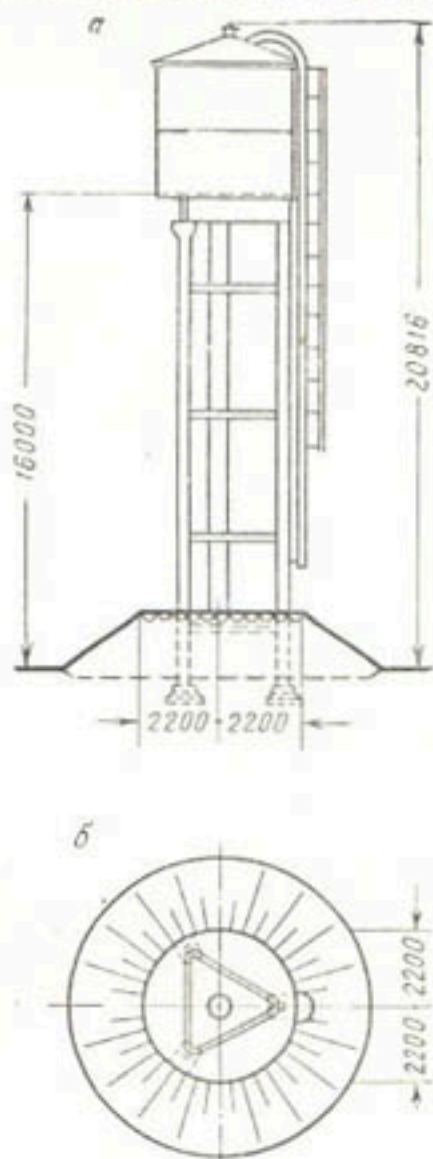


Рис. 91. Водонапорная башня с баком емкостью  $25 \text{ м}^3$  на сборных железобетонных опорах высотой 16 м:  
а — фасад; б — план.

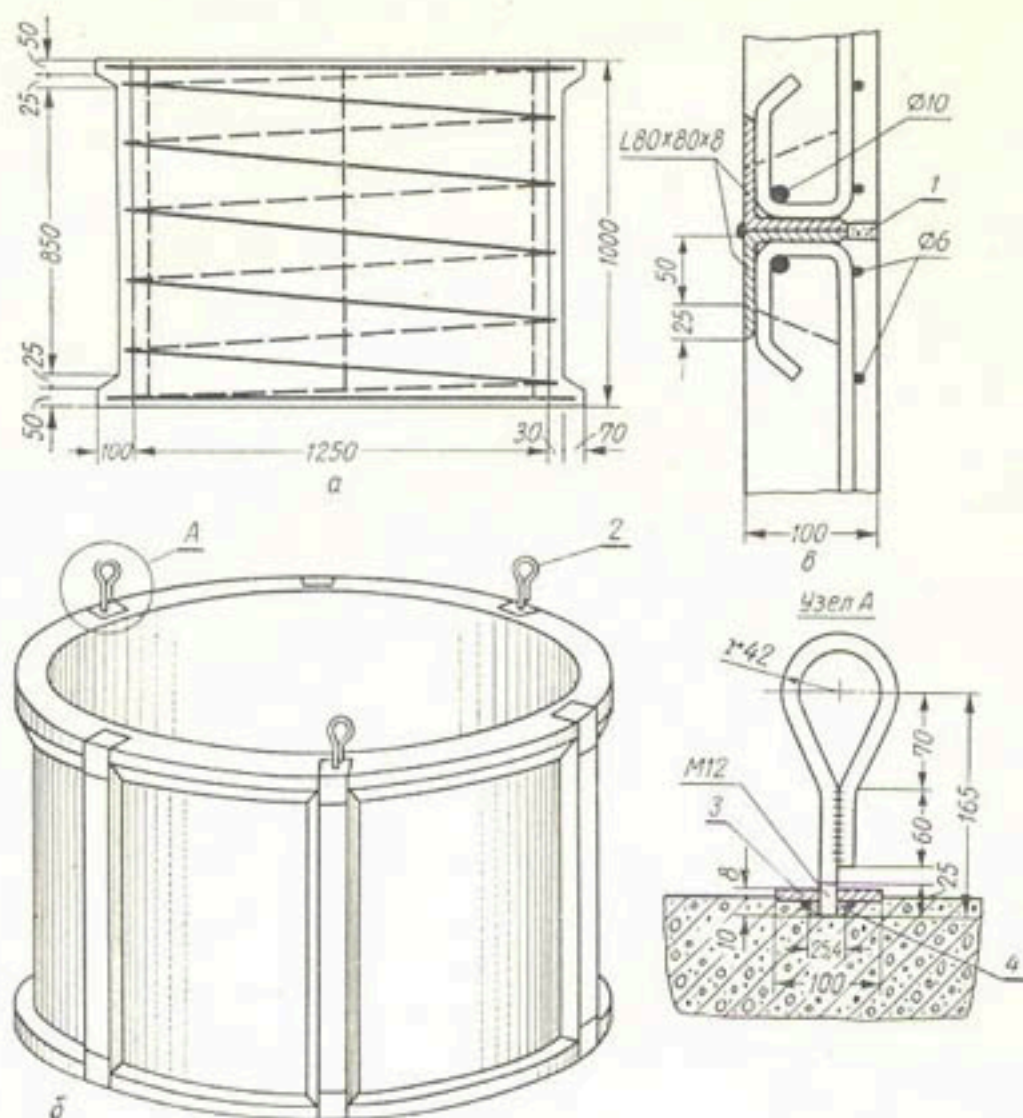


Рис. 92. Железобетонные кольца для водонапорной башни емкостью 15 м<sup>3</sup> на опорах высотой 8 м:

а — разрез; б — общий вид кольца; и — соединение колец между собой; 1 — цементный раствор; 2 — рым; 3 — закладной уголок; 4 — гайка черная.

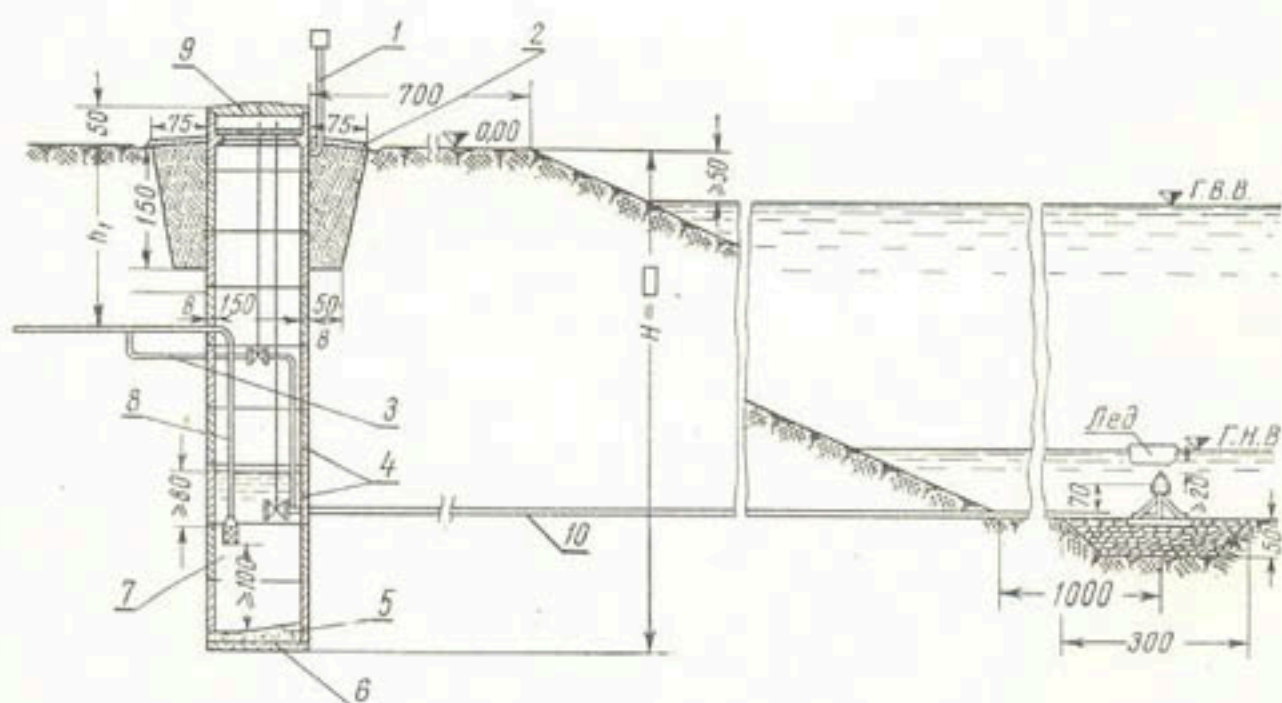


Рис. 93. Водозабор из реки производительностью до 50 м<sup>3</sup>/час:

1 — вентиляционная труба; 2 — щебеночная отмостка; 3 — промывной трубопровод; 4 — железобетонные кольца; 5 — бетон; 6 — гравийная подготовка; 7 — береговой колодец; 8 — всасывающий трубопровод; 9 — железобетонная крышка; 10 — самотечный трубопровод;  $h_1$  — глубина промерзания +0,2 м.

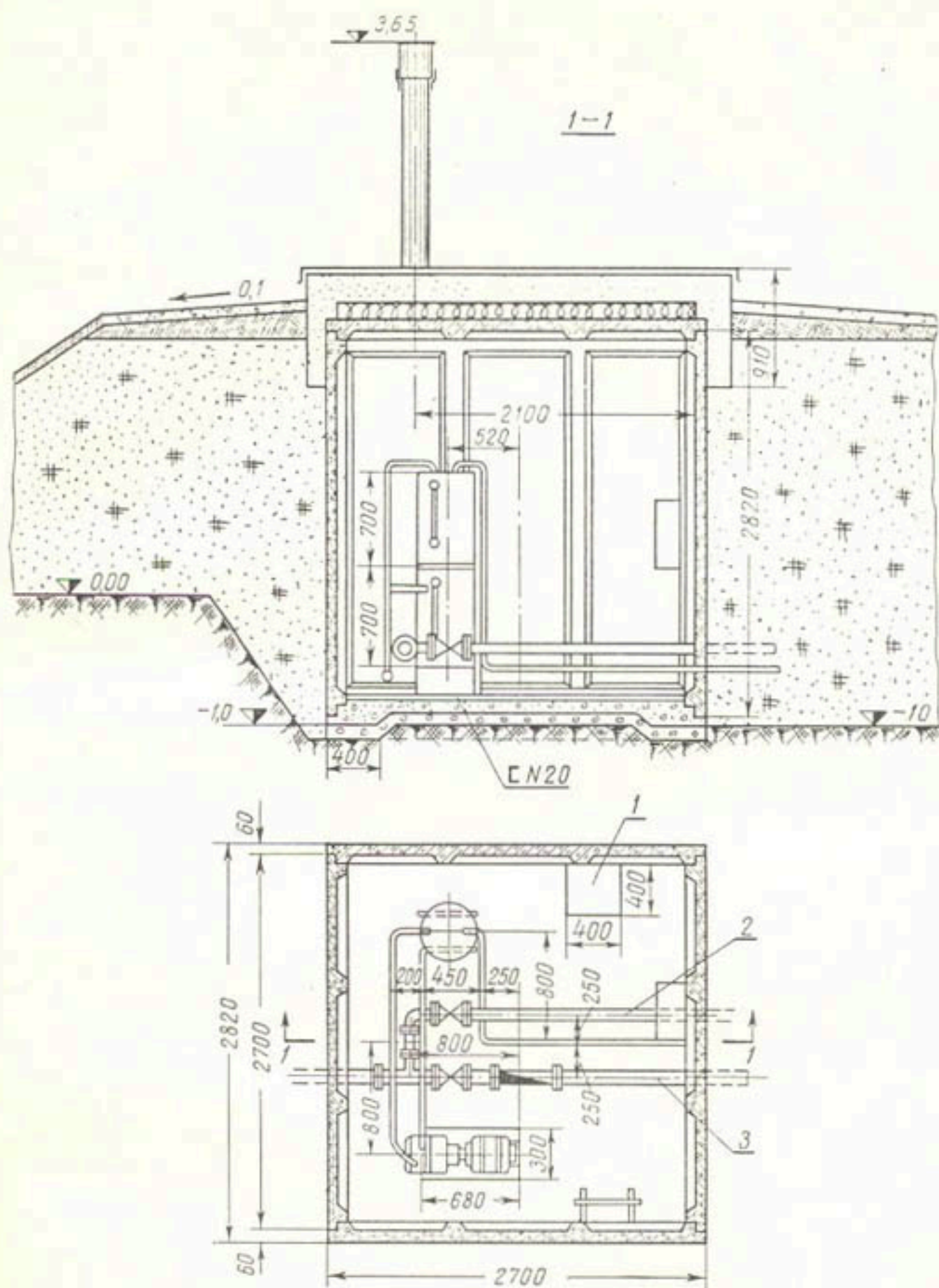


Рис. 94. Камера управления насосной станции на расход воды до  $50 \text{ м}^3/\text{сек}$ :  
 1 — приемок; 2 — промывная труба; 3 — напорный трубопровод.

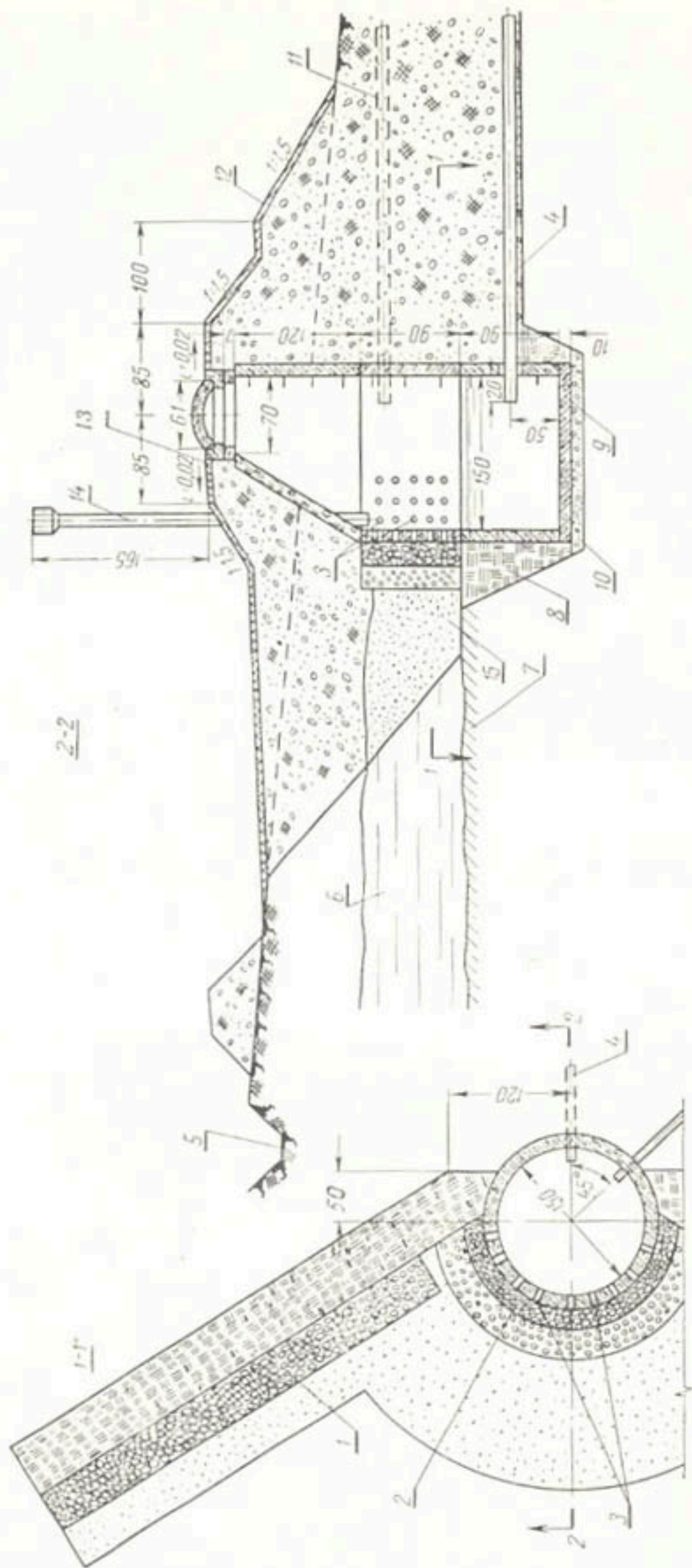


Рис. 95. Кантажная камера на расход 1—2 л/сек:

1 — гравийная отсыпка; 2 — фильтр (галля, гравий); 3 — водоприемные отверстия; 4 — расходная труба; 5 — нагорная труба; 6 — водоносный пласт; 7 — водоносный пласт или нижняя граница каптируемой части водоносного пласта; 8 — плотно утрамбованный глинистый грунт; 9 — железобетонная плита дна; 10 — гравийная подготовка; 11 — переливная труба; 12 — растительный слой; 13 — отмостка; 14 — вентиляционная труба; 15 — засыпка песком.



## ВОДОПОЙНЫЕ КОРЫТА

На стационарных водопойных пунктах, пастбищах и животноводческих фермах используют для водопоя специальные корыта различной конструкции. По типовому проекту Гипроводхоза корыта строят сборными из железобетона, полукруглого сечения, с внутренним диаметром 40 и 50 см, длиной по 200 см; устанавливают их на бетонные опоры (рис. 97).

Для корыт применяют бетон марки БГТ-200, стыки выполняют на цементном растворе.

Основные показатели по железобетонным корытам приведены в таблице 62.

Таблица 62

| Наименование детали             | Размер, см | Объем бетона, м <sup>3</sup> | Вес стали, кг | Вес детали, кг | Сметная стоимость, руб. |
|---------------------------------|------------|------------------------------|---------------|----------------|-------------------------|
| Лоток диаметром 50 см . . . . . | Длина 200  | 0,086                        | 2,94          | 215            | —                       |
| Опоры (две) . . . . .           | Ширина 65  | 0,103                        | —             | 247            | —                       |
| Итого . . . . .                 |            | 0,189                        | 2,94          | 462            | 40                      |

Кроме сборных железобетонных, для водопоя применяют также бетонные и армоцементные корыта.

## МЕЛИОРАТИВНЫЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ ИЗ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА\*

В нашей стране с помощью насосных станций поливается около 14% всех орошаемых земель. С 1950 по 1962 г. общий прирост поливных площадей по стране увеличился на 35%, а территория под машинным орошением соответственно возросла в 2,7 раза.

Широко развернувшееся в последние годы водохозяйственное строительство включало и сооружение крупных мелиоративных насосных станций, причем некоторые из них являются уникальными.

Строится Аму-Бухарский канал на головной расход 137 м<sup>3</sup>/сек с подачей из Аму-Дарьи в долину Зеравшан до 100 м<sup>3</sup>/сек на высоту 60 м.

Начато строительство Каршинского канала, по которому в первую очередь до 175 м<sup>3</sup>/сек воды будет подаваться из Аму-Дарьи в низовья маловодной Кашкадарьи на высоту до 140 м.

В 1966 г. начнется строительство головной насосной станции Каховской оросительной системы производительностью около 530 м<sup>3</sup>/сек.

Проектируется орошение 57 тыс. га земель Аштского массива в Таджикской ССР с подачей воды насосными станциями на высоту более 300 м.

В ближайшие годы в различных республиках страны начнется строительство большого количества мелиоративных (оросительных и осушительных) насосных станций с водозабором из каналов, рек и водохранилищ при колебаниях горизонтов воды в источнике до 10 м. Производительность намечаемых к строительству насосных станций колеблется от 0,05 до 530 м<sup>3</sup>/сек, а высота подачи — от 2 до 300 м. Из этого числа 80—85% насосных станций имеют производительность до 5 м<sup>3</sup>/сек и напор до 100 м.

Мелиоративная насосная станция состоит из водоприемника, водоподводящего сооружения, аванкамеры, здания насосной станции с оборудованием, напорных трубопроводов и водовыпуска.

Разнообразие природных условий и параметров вызывает необходимость в строительстве различных по типу, составу сооружений и конструкции насосных станций. При выборе этих факторов следует добиваться максимальной индустриализации строительно-монтажных работ, широкого использования сборных стандартных изделий, напряженно армированных и обжатых железобетонных конструкций и максимально возможной комплектации и сборки оборудования на заводах.

В целях сокращения номенклатуры типов насосных станций и их сборных деталей проведена унификация конструктивных и планировочных решений для каждого вида сооружений и всего их комплекса в целом с установлением диапазона и модулей по расходу и напору.

\* Глава написана инженером С. А. Бегляровым.

Институтом Гипроводхоз разработаны типовые проекты оросительных и осушительных насосных станций производительностью от 0,1 до 6 м³/сек. Проекты в основном составлены для водозаборов из каналов с колебанием горизонтов воды в источнике до 2 м. Здесь предусматривается широкое применение сборных железобетонных конструкций из унифицированных деталей.

Каждый типовой проект разработан для комплекса сооружений узла насосной станции в составе: водозаборного сооружения, здания с оборудованием, напорного трубопровода, водовыпускного сооружения и трансформаторной подстанции.

На рисунке 98 показана компоновка узла сооружений типового проекта насосной станции.

Основные технико-экономические показатели для станций различных типов приведены в таблице 63.

Таблица 6

| Тип насосной станции                                 | Производительность, м³/сек | Напор, м | Установленная мощность, кВт | Объем, м³             |                      | Сметная стоимость, тыс. руб. | Стоимость на 1 кВт установленной мощности, руб. | Коэффициент сборности, K <sub>сб</sub> |
|------------------------------------------------------|----------------------------|----------|-----------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------|
|                                                      |                            |          |                             | бетона и железобетона | в том числе сборного |                              |                                                 |                                        |
| Водопроводный (открытая насосная станция) . . . . .  | 0,50—0,80                  | 16—25    | 225                         | 62                    | 43                   | 21,64                        | 96                                              | 0,69                                   |
| Водопроводный (здание из железобетонных панелей) . . | 2,26—3,40                  | 33—47    | 1800                        | 275                   | 177                  | 95,28                        | 53                                              | 0,65                                   |
| Камерный (подземная насосная станция) . . . . .      | 2,80—3,88                  | 32—38    | 1800                        | 504                   | 277                  | 106,10                       | 59                                              | 0,55                                   |
| Камерный (верхнее строение — каркасное) . . . . .    | 4,30—6,15                  | 23—32    | 2300                        | 542                   | 256                  | 115,70                       | 50                                              | 0,47                                   |
| Камерный (с осевыми насосами, без верхнего строения) | 1,06—1,34                  | 6—10     | 150                         | 205                   | 90                   | 35,77                        | 238                                             | 0,44                                   |
| Плавучий (пonton из напряженного железобетона) . .   | 1,42—1,95                  | 34—38    | 900                         | 26                    | 15                   | 42,20                        | 47                                              | 0,57                                   |

Типовые проекты мелноративных насосных станций имеют самую различную повторяемость применения, зависящую от назначения, источника орошения, производительности и высоты подачи.

Из общего количества мелноративных насосных станций, которые намечено построить в ближайшие 5—7 лет, предусмотрено с водозабором из оросительных каналов — 75—80%, производительностью до 5 м³/сек — 80—85%, с напором до 100 м — 90—95%.

В 1952 г. сборный железобетон впервые, в небольшом количестве был применен в надземной части зданий при строительстве насосных станций Нижне-Донской оросительной системы в Ростовской области.

В 1956 г. на строительстве головной насосной станции Ак-Газинской оросительной системы в Таджикской ССР каркас здания был выполнен из сборного железобетона.

Следует отметить, что коэффициент сборности на указанных насосных станциях не превышал 0,10.

В 1956—1958 гг. сборный железобетон был применен в несколько большем объеме на строительстве насосных станций Самгарской и Ход-

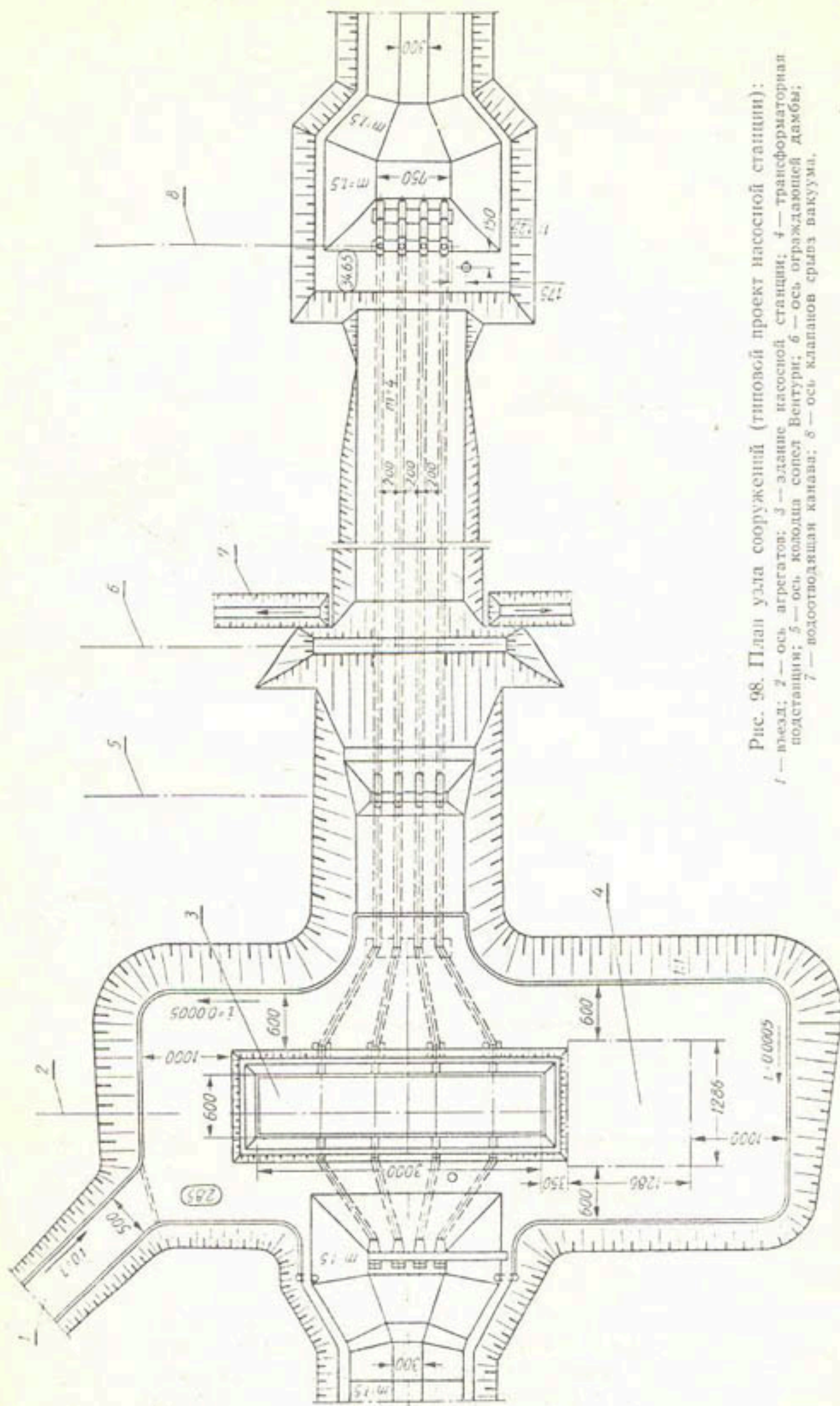


Рис. 98. План узла сооружений (типовой проект насосной станции):  
 1 — въезд; 2 — ось агрегатов; 3 — здание насосной станции; 4 — трансформаторная подстанция; 5 — ось колодца сопел Вентури; 6 — ось ограждающей дамбы; 7 — водоотводящая канава; 8 — ось клапанов срыва вакуума.

жа-Бакирганской оросительных систем в Таджикской ССР. Из него были выполнены элементы здания, аванкамеры, стапель для плавучей насосной станции, строительная часть трансформаторной подстанции и др.; при этом общий коэффициент сборности комплекса узла сооружений, например для насосной станции Самгар № 2, составлял уже около 0,25.

## ВОДОЗАБОРНЫЕ УСТРОЙСТВА И АВАНКАМЕРЫ

До последнего времени водозаборные сооружения ирригационных станций с забором воды непосредственно из рек и водохранилищ строились без применения сборного железобетона.

Рис. 99. Типовой проект насосной станции водопроводного типа:  
1 — ребристые железобетонные плиты РП по песчано-гравийной подготовке слоем 10 см.

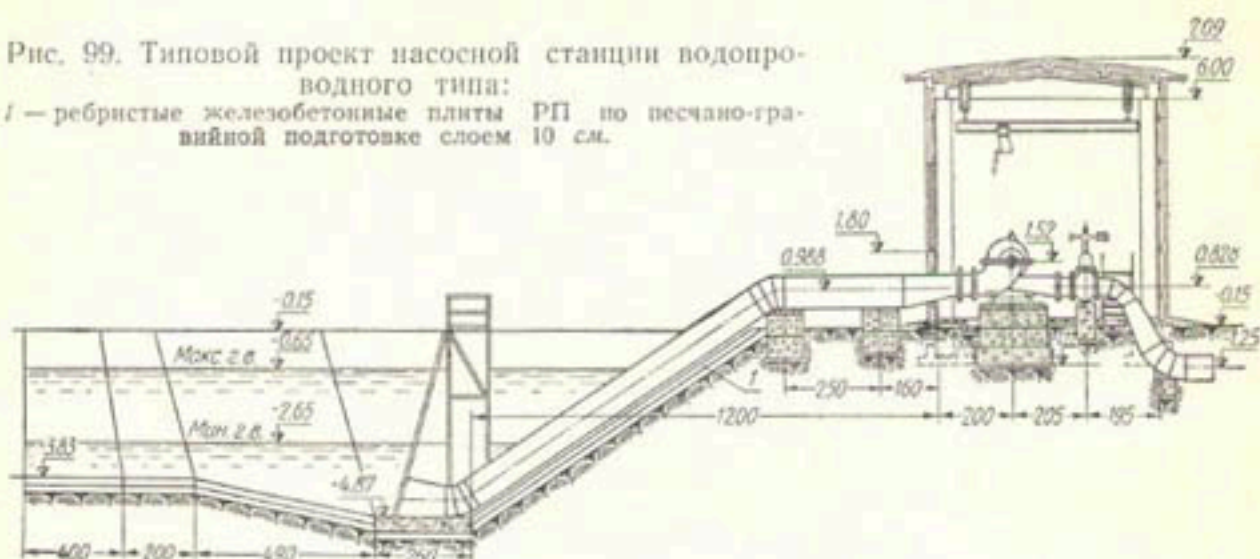
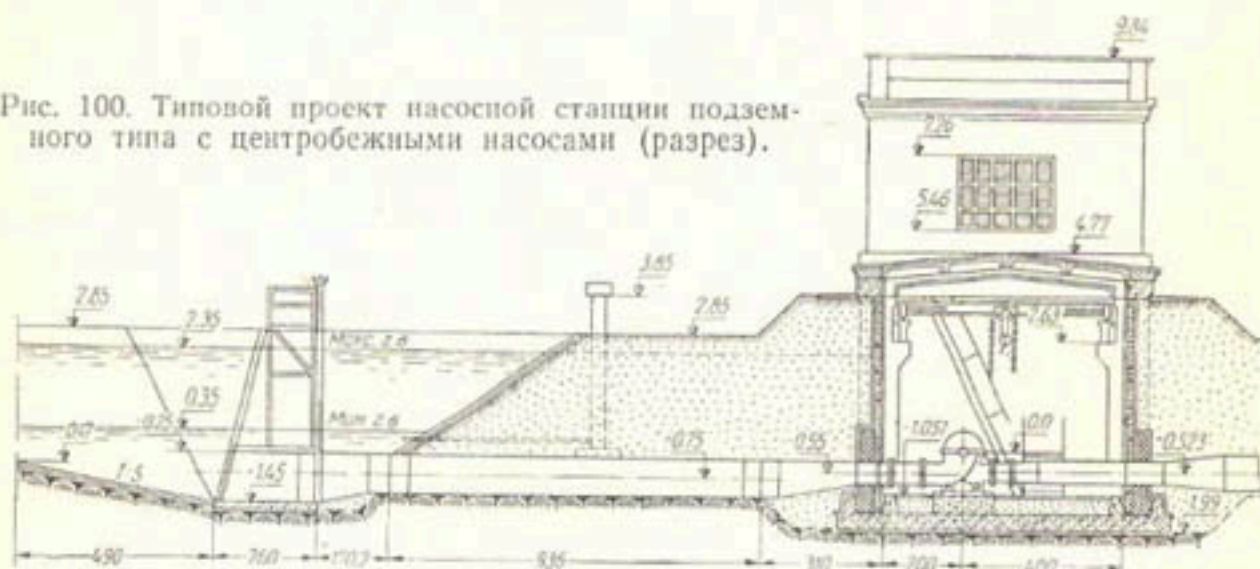


Рис. 100. Типовой проект насосной станции подземного типа с центробежными насосами (разрез).



Типовые проекты водозаборных устройств со сборной железобетонной аванкамерой разработаны для насосных станций водопроводного и камерного типов при водозаборе из каналов (рис. 98 и 99).

Проекты составлены на расходы воды от 0,1 до 6 м<sup>3</sup>/сек и для колебаний горизонтов в канале до 2 м. Число ниток всасывающих трубопроводов принято равным от 2 до 4.

Водозаборные устройства с аванкамерой предусмотрены простейшего ковшового типа. Дно и откосы аванкамеры облицовываются железобетонными плитами РП, применяемыми в других гидросооружениях.

В таблице 64 приведены технико-экономические показатели водозаборных устройств с аванкамерой для насосных станций камерного типа с колебанием горизонтов воды в канале до 1 м при трех всасывающих трубопроводах.

Типовые проекты водозаборных устройств с аванкамерой широко применяются на строительстве насосных станций водопроводного и камерного типов.

Таблица 64

| Расход, м³/сек | Объем, м³             |                      | Вес арматурной стали, кг | Сметная стоимость, руб. | Удельные показатели на 1 м³/сек расхода |               | Стоимость на 1 м³ бетона в деле, руб. | Коэффициент сборности, K <sub>сб</sub> |
|----------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|-----------------------------------------|---------------|---------------------------------------|----------------------------------------|
|                | бетона и железобетона | в том числе сборного |                          |                         | бетон, м³                               | затраты, руб. |                                       |                                        |
| 6,0            | 26,7                  | 15,4                 | 468                      | 3020                    | 4,46                                    | 503           | 113                                   | 0,57                                   |
| 4,5            | 24,3                  | 14,3                 | 435                      | 2720                    | 5,40                                    | 604           | 113                                   | 0,59                                   |
| 3,3            | 18,7                  | 11,1                 | 340                      | 2170                    | 5,67                                    | 657           | 116                                   | 0,59                                   |
| 2,1            | 14,8                  | 8,4                  | 259                      | 1710                    | 7,04                                    | 815           | 116                                   | 0,56                                   |

## ЗДАНИЯ НАСОСНЫХ СТАНЦИЙ

Здания насосных станций водопроводного типа и верхняя часть станций камерного и блочного типов принципиально не отличаются от промышленных сооружений и могут быть полностью выполнены из сборного железобетона. При этом возможно широкое использование стандартных деталей, применяемых в промышленных сооружениях.

Опыт проектирования и строительства насосных станций водопроводного типа показал, что коэффициент сборности для этого типа здания может достигать 0,70.

В подземных (подводных) частях насосных станций камерного и блочного типов возможность применения сборного железобетона меньше. Многие элементы здесь являются массивными и могут быть выполнены в сборно-молитном железобетоне.

За последнее время (1960—1964 гг.) был построен ряд мелиоративных насосных станций камерного и блочного типов средней и большой производительности с применением сборного железобетона в подземной части здания. При этом общий расход бетона и железобетона по сравнению с молитными конструкциями сократился на 25—40% и значительно снизился объем опалубочных работ.

В связи с тем, что сборные элементы для подземной части здания могут быть изготовлены в период разработки котлована, резко сокращаются сроки строительства.

Основные технико-экономические показатели построенных и строящихся мелиоративных насосных станций камерного и блочного типов из сборного железобетона даны в таблице 65.

**Здания насосных станций водопроводного типа.** После проведения унификации и технико-экономического сопоставления различных вариантов в типовых проектах таких зданий была принята каркасная конструкция с плановым модулем между колоннами 6 м и высотным — 0,6 м. В этих проектах широко использованы стандартные железобетонные детали промышленной номенклатуры.

На рисунке 99 показан типовой проект насосной станции водопроводного типа, оборудованной центробежными насосами 20 НДс. Здание облегченное, каркасное, запроектировано с максимальным применением сборного железобетона. Каркас собирают из сборных колонн и двухскатных балок перекрытия. Фундамент здания собирают из железобетонных подколонников и специальных фундаментных балок. Стены для неотапливаемых производственных зданий состоят из стеновых панелей, а покрытие — из крупнопанельных плит.

| Наименование объекта                                                                      | Производительность, м³/сек | Напор, м | Установленная мощность, кВт | Объем бетона и железобетона, м³ | Сметная стоимость, тыс. руб. | Коэффициент сборности, K <sub>сб</sub> |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|----------|-----------------------------|---------------------------------|------------------------------|----------------------------------------|
| <b>Камерный тип без верхнего строения</b>                                                 |                            |          |                             |                                 |                              |                                        |
| Насосная станция № 2 в урочище Ляур (Таджикская ССР) . . . . .                            | 4,8                        | 40,9     | 2 650                       | 802                             | 423,9                        | 0,50                                   |
| Насосная станция № 1 в Яванской долине (Таджикская ССР) . . . . .                         | 17,0                       | 45,0     | 12 500                      | 1991                            | —                            | 0,25                                   |
| Насосная станция № 2 в Яванской долине (Таджикская ССР) . . . . .                         | 10,9                       | 42,0     | 8 750                       | 1494                            | —                            | 0,27                                   |
| <b>Камерный тип с верхним строением</b>                                                   |                            |          |                             |                                 |                              |                                        |
| Головная насосная станция на Бортнической оросительной системе (Украинская ССР) . . . . . | 6,7                        | 52,0     | 5000                        | 5282                            | 1653,0                       | 0,47                                   |
| Насосная станция № 4 на массиве Кумсангир (Таджикская ССР) . . . . .                      | 6,0                        | 18,2     | 1497                        | 2318                            | 247,3                        | 0,40                                   |
| Насосная станция № 4 на массиве Урта-Боз (Таджикская ССР) . . . . .                       | 5,6                        | 79,0     | 6340                        | 1662                            | 96,71                        | 0,40                                   |
| <b>Блочный тип с верхним строением</b>                                                    |                            |          |                             |                                 |                              |                                        |
| Алатская насосная станция (Узбекская ССР) . . . . .                                       | 43,4                       | 8,5      | 5600                        | 3717                            | 640,85                       | 0,45                                   |
| Каракульская насосная станция (Узбекская ССР) . . . . .                                   | 35,0                       | 8,2      | 3600                        | 3600                            | 621,1                        | 0,45                                   |

Все железобетонные детали соответствуют номенклатуре сборных железобетонных конструкций заводского изготовления для одноэтажных промышленных зданий и каталогу унифицированных сборных железобетонных изделий.

| Наименование детали                   | Марка детали | Марка бетона |
|---------------------------------------|--------------|--------------|
| Фундаментный блок под стену . . . . . | БФ           | 200          |
| Стеновые панели . . . . .             | ПС6          | 200          |
| Крупнопанельный настил . . . . .      | ПНС          | 200          |
| Балки каркаса . . . . .               | БД6          | 300          |
| Колонны каркаса . . . . .             | К11          | 200          |

**Здания насосных станций камерного типа.** После проведения унификации и технико-экономического сравнения различных вариантов в типовых проектах такие здания были отделены от водоприемных сооружений со следующими подвариантами:

для горизонтальных центробежных насосов при глубине камеры до 3,6 м — здание с верхним строением, при большей глубине — подземное, без верхнего строения;

для вертикальных осевых насосов малых габаритов марки О-29,5, О-35 и О-42 — здания подземные без верхнего строения, а для насосов больших габаритов (марки О-47, О-55 и О-87) — с верхним строением.

Верхняя часть здания принята каркасного типа с использованием стандартных железобетонных деталей промышленной номенклатуры и деталей, применяемых в водопроводном типе станций.

Стены подземной части приняты из деталей швеллерного сечения. Стеновые блоки при глубине камеры до 3,6 м (насосные станции с верхним строением) рассчитаны как консольные балки, защемленные

в днище; при большой глубине камеры (здание подземного типа) — как балки, защемленные снизу и шарнирно опертые сверху в обвязочный пояс. Ширина деталей швеллерного сечения для всех станций камерного типа принимается 1,5 м при длине их 2,4—6 м.

Впервые сборный железобетон для подземных камер широко был применен в 1961 г. Таджикгидростроем на строительстве Ляурской оросительной насосной станции № 2. Эта станция — подземного типа, запроектирована Таджикгипроводхозом без верхнего строения. Стены здания выполнены из деталей швеллерного сечения, а днище — в виде монолитной плиты.

Для орошения Яванской долины Таджикгидрострой приступил в 1964 г. к строительству еще двух насосных станций камерного типа из сборного железобетона.

В 1964 г. построена головная насосная станция камерного типа с верхним строением на Бортнической оросительной системе в Украинской ССР. Укргипроводхозом здесь применен сборный железобетон для верхнего строения и для подземной камеры.

В 1963 г. Таджикгидрострой начал строительство из сборного железобетона двух оросительных насосных станций: Кумсангирского

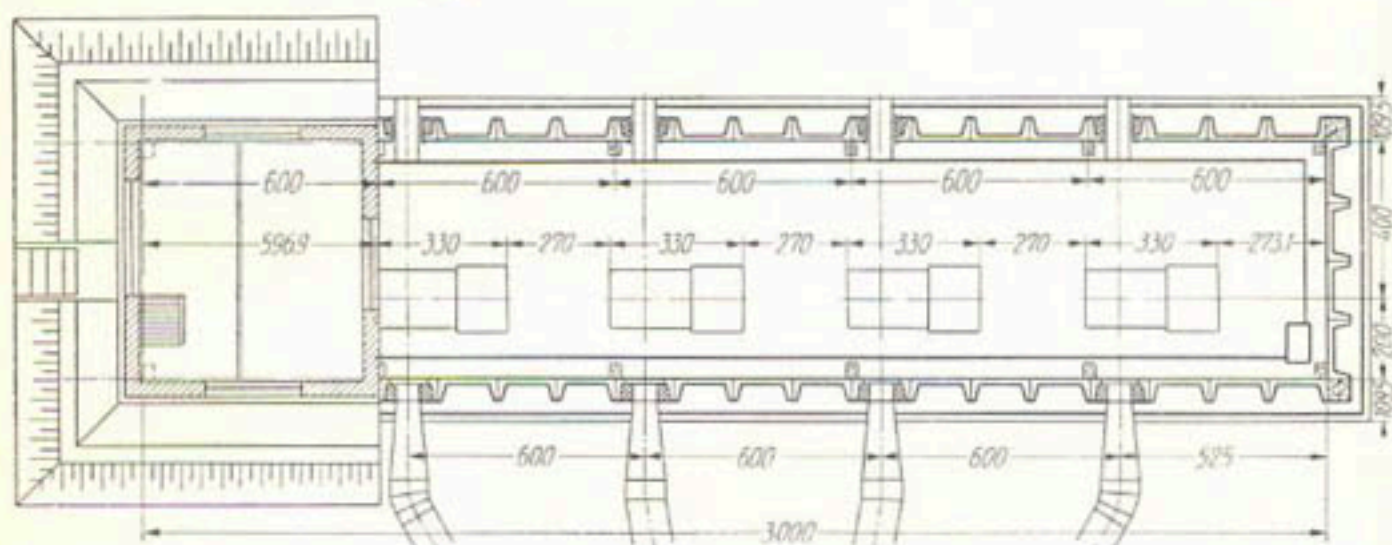


Рис. 101. Типовой проект насосной станции подземного типа с центробежными насосами (план).

массива и массива Урта-Боз. Эти станции камерного типа с верхним строением запроектированы Таджикгипроводхозом.

На всех перечисленных выше насосных станциях водоприемник с аванкамерой отделены от здания, а водовыпускное сооружение принято сифонного типа.

Стены подземных камер выполнены из железобетонных деталей швеллерного сечения, а днище — из монолитного бетона.

Верхнее строение принято каркасного типа с кирпичным заполнением.

Основной объем сборных конструкций выполняют из ненапряженного железобетона.

На рисунках 100 и 101 приведен типовой проект оросительной насосной станции подземного типа, оборудованной центробежными насосами 20НДн.

Здание станции состоит из небольшой надстройки и подземной камеры. Надстройку выполняют из кирпичной кладки или из железобетонных панелей. Стены подземной камеры приняты из сборных железобетонных деталей швеллерного сечения. Плита основания — монолитная или сборная, из двух типоразмеров деталей. Стыки между элементами заделывают бетоном марки 200.

Стеновые блоки соединяют с дном стыком по типу «стакана», а между собой стыком Передерня или при помощи закладных деталей и металлических накладок. Конструкции изготовляют из гидротехнического бетона марки БГТ-200.

Арматура — горячекатаная, периодического профиля, из стали марки Ст. 5 и горячекатаная круглая из стали марки Ст. 3.

Поверх стеновых блоков укладывают монолитный железобетонный пояс из бетона марки 200. В поперечном направлении на уровне пояса через 6 м размещают двухскатные балки БД. Сверху камеру перекрывают ребристыми плитами ПНС-16 шириной 1,5 м.

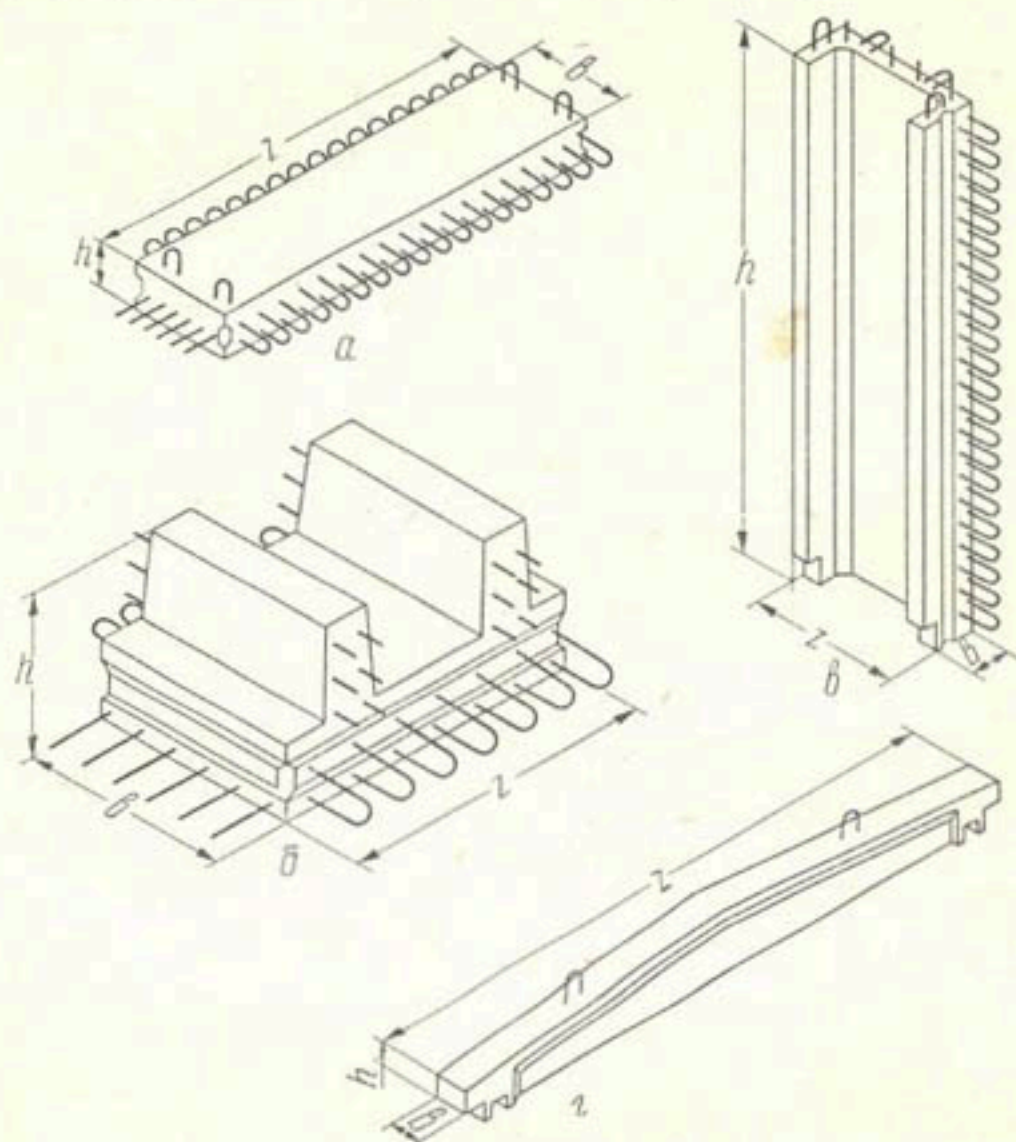


Рис. 102. Основные железобетонные элементы здания насосной станции подземного типа:

а — плита дна (блок ДН-1); б — днищевый стаканый блок СТ-1; в — стеновой блок С-540; г — двухскатная балка БД-1.

На рисунке 102 показаны основные железобетонные детали здания насосной станции подземного типа, а в таблице 66 приведены их технико-экономические показатели.

Таблица 66

| Марка детали | Габаритные размеры, см |        |        | Объем бетона, м³ | Вес стали, кг | Вес детали, кг | Содержание стали в 1 м³ бетона, кг |
|--------------|------------------------|--------|--------|------------------|---------------|----------------|------------------------------------|
|              | длина                  | ширина | высота |                  |               |                |                                    |
| ДН-1         | 419                    | 110    | 40     | 1,80             | 169           | 4500           | 94                                 |
| СТ-1         | 160                    | 110    | 90     | 0,99             | 127           | 2480           | 128                                |
| С-540        | 144                    | 55     | 540    | 1,45             | 281           | 3575           | 194                                |
| БД-1         | 640                    | 30     | 64—37  | 0,74             | 160           | 1850           | 216                                |

На рисунке 103 даны конструкции стыков в местах соединения основных железобетонных деталей насосной станции подземного типа.

**Здания насосных станций блочного типа.** В 1960—1963 гг. впервые в практике ирригационного строительства нашей страны были разработаны и построены две крупные насосные станции блочного типа с применением сборных конструкций в подземной части здания.

Эти станции находятся в Узбекской ССР: Алатская — производительностью  $43 \text{ м}^3/\text{сек}$  с водозабором из Аму-Каракульского канала и Каракульская — производительностью  $35 \text{ м}^3/\text{сек}$  с водозабором из Аму-Каракульского машинного канала (табл. 65).

Проект Каракульской насосной станции разработан Узгипроводхозом в 1961 г. Узел сооружений состоит из аванкамеры, здания станции

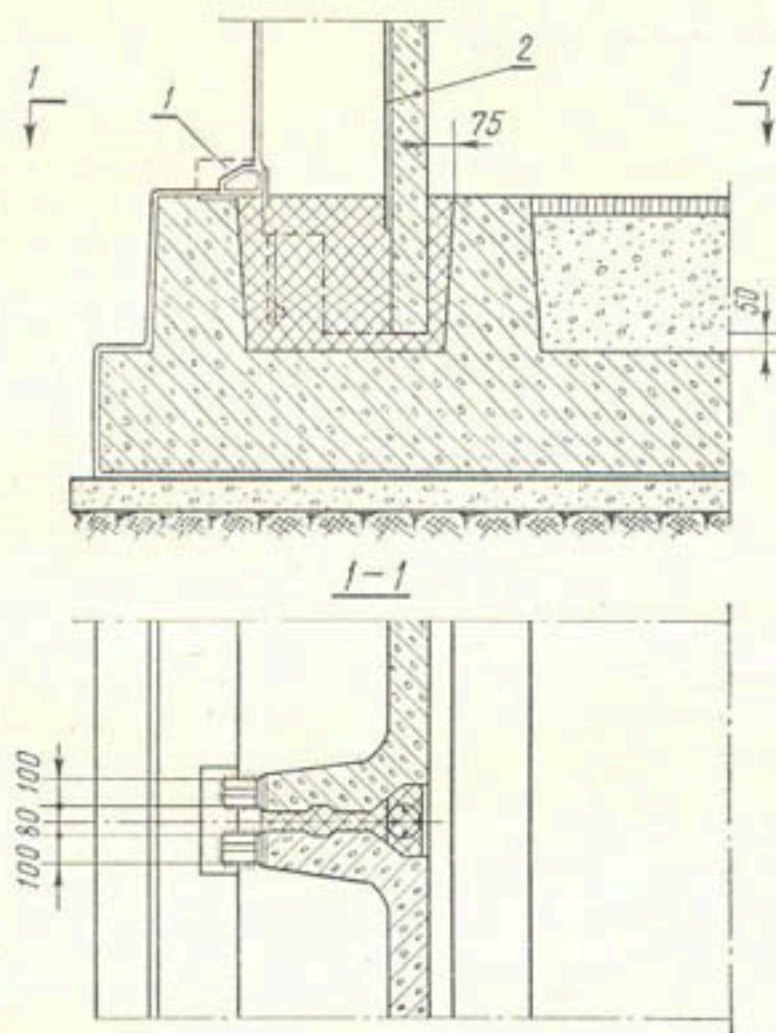


Рис. 103. Стык стенового блока с плитой дна:  
1 — заделка бетоном; 2 — гидроизоляция.

блочного типа, совмещенного с водоприемником, железобетонного напорного трубопровода и водовыпускного сооружения сифонного типа.

Насосная станция оборудована шестью осевыми насосами марки Оп-110.

Аванкамера простейшего ковшового типа имеет откосы и дно, облицованные железобетонными плитами.

Здание станции состоит из подземной части и верхнего строения. Последнее имеет каркас, изготовленный из сборных железобетонных деталей с кирпичным заполнением в 1,5 кирпича. Перекрытие принято из железобетонных ребристых плит.

Подземная часть насосной станции выполнена из сборно-монокричного железобетона.

В основании станции находится монокричная железобетонная плита, в которую замоноличены сборные элементы стен. Стены состоят из двух основных типов деталей: балок двутаврового сечения длиной

до 850 см, шириной 100 см, высотой 110 см и весом до 19,5 т и плоской плиты длиной 260 см, шириной 200 см, толщиной 40 см и весом до 5,8 т.

Детали двутаврового сечения, установленные вертикально, рассчитаны на прочность как балки, заделанные одним концом в монолитное днище, а вторым — опертые на обвязочную раму. Плоские плиты двумя сторонами по высоте опираются на двутавровые балки и рассчитаны как балки на двух опорах. Плоские плиты стен замоноличены песчано-цементным раствором с последующим торкретированием швов с двух сторон.

Детали швеллерного сечения выполняют из гидротехнического бетона марки БГГ-250; арматура — горячекатаная, периодического профиля, из стали марки Ст. 5 и круглой Ст. 3.

## ПЛАВУЧИЕ НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ

Типовые проекты плавучих оросительных насосных станций из сборного железобетона разработаны для забора воды из рек и водохранилищ с колебанием горизонтов воды в источнике более 5 м. Они запроектированы в трех типоразмерах производительностью до 2 м<sup>3</sup>/сек с напором до 71 м.

Плавучая насосная станция представляет собой несамоходное судно (понтон), на котором установлено основное и вспомогательное оборудование. Корпус понтона разработан в соответствии с правилами постройки железобетонных судов речного регистра.

В принятой конструкции понтонов использован опыт строительства железобетонных дебаркадеров Сокольской судовой верфи.

На рисунке 104 показан типовой проект понтона двухагрегатной плавучей насосной станции, оборудованной центробежными насосами 20НДн, а технико-экономические показатели приведены в таблице 63.

Понтон имеет в плане прямоугольную форму, вертикальные борта и транцы, горизонтальное днище и палубу. Его длина 19 м, ширина 6 м и высота 2 м. Он может быть изготовлен на заводе или на полигоне.

В конструкции железобетонного понтона днище монолитное, а остальные элементы сборные.

Понтон имеет три типа секций: бортовые, переборки и палубные. Все основные детали приняты ребристой конструкции.

Конструкция стыка принята из арматурных выпусков, свариваемых внахлестку; только переборки имеют закладные планки для соединения с бортами.

Корпус понтона изготавливается из бетона марки 300. Арматурная сталь — горячекатаная, круглая, марки Ст. 3.

## НАПОРНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

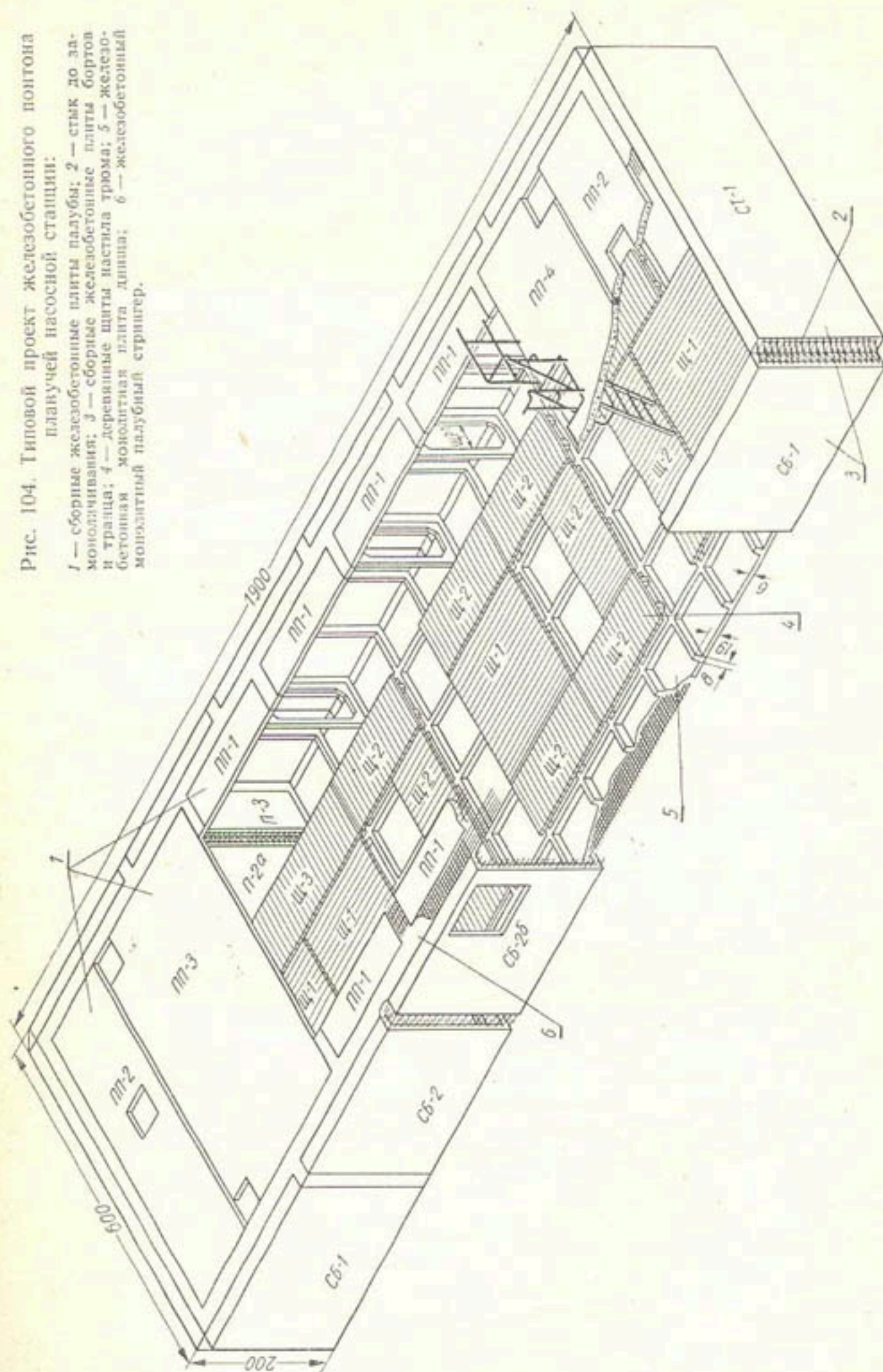
В типовых проектах насосных станций производительностью до 6 м<sup>3</sup>/сек напорные трубопроводы приняты сборной конструкции, из асбестоцементных или предварительно напряженных железобетонных труб.

В практике строительства мелиоративных насосных станций ввиду недостаточного выпуска железобетонных напряженных труб напорные трубопроводы, как правило, выполняют металлическими или асбестоцементными. В отдельных случаях для малых напоров (до 4 атм) их строят из монолитного железобетона.

В 1960—1961 гг. низконапорные трубопроводы большого диаметра впервые были построены из сборного железобетона на Алатской и Каракульской насосных станциях. Диаметр труб равен 200 см, толщина стенок — 25 см. Длина одного звена трубы составляет около 300 см, марка бетона 300.

Рис. 104. Типовой проект железобетонного понтона плавучей насосной станции:

1 — сборные железобетонные плиты палубы; 2 — стык до за-  
моноличивания; 3 — сборные железобетонные плиты бортов  
и транца; 4 — деревянные щиты настила трюма; 5 — железо-  
бетонная монолитная плита днища; 6 — железобетонный  
монолитный палубный стрингер.



Стык железобетонного трубопровода разработан с применением в качестве уплотнения специальной фасонной резины. Указанный стык обычно применяют для железобетонных труб большого диаметра при напоре до 2 атм.

## ВОДОВЫПУСКНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

Для ирригационных насосных станций широко применяют водовыпускные сооружения сифонного типа. Из общего количества станций, построенных после 1957 г., более 80% имеют такие водовыпуски.

Водовыпускные сооружения на расход воды до 6—8 м<sup>3</sup>/сек в основном выполняют полносборными, простейшей конструкции (ковшового типа).

Для насосных станций большой производительности водовыпускные сооружения, как правило, строят из монолитного железобетона, но их дно и откосы головного участка отводящего канала крепят железобетонными плитами. Типовые проекты водовыпускных сооружений из сборного железобетона на расход воды 0,1—6 м<sup>3</sup>/сек разработаны для каналов в земляном русле (рис. 98). Количество нитей напорных трубопроводов колеблется от 1 до 4.

Водовыпускные сооружения запроектированы прямоточными, ковшового типа, дно и откосы облицованы железобетонными плитами.

Напорный трубопровод в пределах водовыпускного сооружения укладывают на опорах из бетонных блоков СП.

В таблице 67 даны технико-экономические показатели водовыпускных сооружений для двух ниток трубопроводов.

Таблица 6

| Расход, м <sup>3</sup> /сек | Объем, м <sup>3</sup> |                      | Вес арматурной стали, кг | Сметная стоимость, тыс. руб. | Удельные показатели на 1 м <sup>3</sup> /сек расхода |               | Стоимость 1 м <sup>3</sup> бетона в деле, руб. | Коэффициент сборности, К <sub>сб</sub> |
|-----------------------------|-----------------------|----------------------|--------------------------|------------------------------|------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------------|----------------------------------------|
|                             | бетона и железобетона | в том числе сборного |                          |                              | бетон, м <sup>3</sup>                                | затраты, руб. |                                                |                                        |
| 6,0                         | 63,2                  | 45,5                 | 1033                     | 3,46                         | 10,5                                                 | 577           | 55                                             | 0,72                                   |
| 3,0                         | 41,5                  | 25,5                 | 653                      | 2,28                         | 13,8                                                 | 760           | 55                                             | 0,61                                   |
| 0,9                         | 15,8                  | 10,9                 | 247                      | 0,82                         | 17,6                                                 | 911           | 52                                             | 0,75                                   |

## ПРИМЕНЕНИЕ НАПРЯЖЕННОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Мелиоративные насосные станции сборной конструкции выполняются в основном из ненапряженного железобетона.

Отдельные предварительно напряженные детали применяют лишь для верхнего строения здания при использовании железобетонных изделий из номенклатуры промышленных зданий.

В 1959 г. были составлены типовые проекты осушительных насосных станций камерного типа с использованием напряженных железобетонных конструкций для подземной части. В этих проектах получена экономия металла, уменьшены вес конструкции и количество стыков по сравнению с ненапряженными конструкциями.

При напряжении только вертикальной арматуры в швеллерных деталях было достигнуто снижение расхода металла на 28% с обеспечением трещиностойчивости.

Из приведенных примеров можно сделать вывод, что в целях сокращения веса железобетонных элементов и снижения расхода металла целесообразно шире применять напряженные железобетонные конструкции, в особенности для плавучих насосных станций и подземных частей зданий в насосных станциях блочного типа.

## МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ СБОРНЫХ ГИДРОСООРУЖЕНИЙ И ИХ ДЕТАЛЕЙ

### ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА

Расчет сборных гидросооружений и их деталей имеет ряд особенностей по сравнению с аналогичными конструкциями из монолитного бетона и железобетона.

Основное отличие состоит в том, что для различных сооружений и условий их работы применяют по возможности одни и те же унифицированные железобетонные детали заводского изготовления.

В связи с этим нужно правильно назначить расчетные условия, которые позволяли бы широко применять такие детали в различных сооружениях, не увеличивая объема работ и количества типоразмеров.

Учитывая значительные различия в нагрузках на отдельные элементы и детали сборных гидросооружений (колебания по высоте засыпки, переезды машин и др.), в расчетах, как правило, оставляя неизменными габариты деталей, меняют их армировку. Обычно применяют 2—3 номера арматурных каркасов или сеток, производя соответствующие технико-экономические сопоставления.

В конструкции сборных железобетонных сооружений необходимо добиваться максимального использования прочности унифицированных деталей за счет рационального применения и компоновки основных их типов.

При конструировании и расчете сборно-монолитных гидросооружений, как правило, принимают железобетонные унифицированные детали с последующим их замоноличиванием без применения временной (деревянной) опалубки.

В расчетах большинства массовых сборных сооружений, учитывая заводское изготовление деталей, стремятся к их минимальной толщине, что вызывает необходимость повышения марки бетона и процента армирования по сравнению с монолитными вариантами; при этом уменьшают и толщину защитного слоя.

Сопоставительные расчеты и анализ показателей по различным деталям и блокам, применяемым в сборных гидросооружениях, позволяют сделать вывод, что в большинстве случаев экономически выгодно принимать в расчетах ненапряженных деталей марку бетона в пределах 200 и несколько повышать процент их армирования, снижая толщину.

Железобетонные детали минимальной толщины и относительно больших габаритов рассчитывают на транспортные и монтажные нагрузки с учетом коэффициента динамичности.

Для защиты арматуры деталей от ржавления при сниженной толщине защитного слоя бетона необходимо предусматривать хорошую гидроизоляцию со стороны приложения растягивающих усилий и в сооружениях, работающих под напором воды.

В расчетах устойчивости сборных сооружений особое внимание уделяют соединительным стыкам и швам, а также общей жесткости конструкции с учетом возможных осадок и просадок грунта основания под ними.

В гидравлическом отношении использование в сборных гидросооружениях железобетонных деталей простейших форм вызывает некоторые дополнительные потери напора во входных оголовках (при отсутствии плавных подходов к отверстиям).

Гасители энергии потока — в нижнем бьефе сооружений; водомерные и автоматические устройства выполняют по возможности без использования новых и сложных железобетонных деталей.

В гидравлических расчетах учитывают возможность сдвига крепления в нижнем бьефе сооружения. Его устойчивость обеспечивают за счет повышения веса плит и их шарнирного соединения, а также увеличения коэффициента затопления струи в водобойных колодцах. Для большинства сборных гидросооружений проводят гидравлические исследования на моделях в лабораторных и полевых условиях.

В гидротехнических расчетах устойчивости сборных сооружений также имеются некоторые особенности. В частности, при расчетах контурной фильтрации в большинстве случаев не учитывают гашение напора на понурной части сооружения в связи с трудностью обеспечения водонепроницаемости на ее стыке с водобоем.

Большее относительное значение имеют вертикальные пути гашения напора. Для наиболее характерных сооружений проводятся исследования контура фильтрации на плоских и пространственных моделях с помощью прибора ЭГДА.

Так как основные отличительные особенности расчета сборных гидросооружений относятся к их статической устойчивости и прочности, эти вопросы более подробно рассматриваются ниже с приведением примеров расчета наиболее характерных деталей.

## НАГРУЗКИ И СИЛОВЫЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ

Для гидротехнических сооружений характерно разнообразие статических условий работы сборного железобетона, а также внешних нагрузок и силовых воздействий в периоды строительства и эксплуатации.

Основными нормативными документами для расчета гидротехнических сооружений мелиоративных систем являются СНиП II-И. 3-62 «Сооружения мелиоративных систем. Нормы проектирования» и СНиП II-И. 1-62 «Гидротехнические сооружения речные. Основные положения проектирования».

В дополнение к основным рекомендациям СНиП имеются технические указания, условия или нормы проектирования, детально определяющие порядок и методику получения численных показателей в расчете сооружений и их элементов.

В соответствии со СНиП, расчеты элементов сооружений должны производиться по методу предельных состояний. Такой метод более точно отвечает действительным условиям их статической работы и позволяет дифференцированно учитывать прочностные свойства намеченных к использованию материалов применительно к фактическим условиям воздействия на них внешних факторов и нагрузок (условий работы).

В настоящее же время, до окончания разработки характеристик предельных состояний, условий работ и порядка назначения коэффициентов перегрузки, выполняемой Всесоюзным научно-исследовательским институтом гидротехники (ВНИИГ), расчет элементов гидротех-

нических сооружений пока производят по разрушающим нагрузкам согласно НИТУ СН 55-59.

Величины нагрузок и силовые воздействия на элементы сооружения принимают согласно указаниям СНиП, а также другим нормативным документам.

Порядок использования нормативных указаний при выборе сочетаний и определений величин силовых воздействий приведен в примерах расчета (см. ниже).

Временную нагрузку на призму обрушения в виде строительных механизмов, грузового строительного транспорта, кавальеров и др. учитывают в расчетах в виде равномерно распределенной нагрузки, приведенной к грунту засыпки по высоте.

Если в рассчитываемых элементах имеются части, выступающие в сторону засыпки, то временную нагрузку следует учитывать и как удерживающую от сдвига и опрокидывания силу.

На период изготовления сборные железобетонные детали должны быть проверены на прочность от силовых воздействий в момент отрыва детали от опалубки. При этом к собственному весу прибавляют до  $150 \text{ кг/м}^2$  на преодоление силы сцепления, а также учитывают пониженную прочность бетона.

На период транспортирования и монтажа прочностные показатели элемента проверяют на силовое воздействие от собственного веса с коэффициентом динамичности до 1,5.

Если в период строительства сборные железобетонные элементы используются в качестве опалубки (плиты-оболочки), их расчет производят на силовое воздействие от давления свежееуложенной, еще не схватившейся бетонной массы, заполняющей пространство между плитами, в размере  $2,5 \text{ т/м}^2$ , учитывая применение высокочастотной вибрации и динамические нагрузки от подачи бетона.

## **ФОРМЫ ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЙ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ДЕТАЛЕЙ**

Расчеты любых элементов сооружений и методика их проектирования тесно связаны с формой сечений, установленной технологией строительных работ, правилами их выполнения и эксплуатационными условиями. Для монолитных сооружений правила и технология выработаны в результате многолетнего опыта производства строительных работ. Сборные же конструкции по существу находятся на первом этапе использования их в гидросооружениях, в процессе которого при выполнении расчетов проводится ряд дополнительных проектных и исследовательских работ, а сами формы деталей и сооружений изменяются и совершенствуются. Наиболее распространены следующие формы сечений:

- коробчатые доковые, применяемые для открытых сооружений;
- трубчатые круглые и прямоугольные, применяемые для закрытых сооружений;

- параболические и полукруглые, применяемые для лотков-каналов.

В сооружениях, имеющих форму поперечного сечения в водопроводящей части первых двух типов, наиболее часто используются уголкового Г-образного профиля, плоские и ребристые плиты, в том числе швеллерного сечения.

В этих формах в наибольшей степени используются прочностные свойства железобетона и преимущества сборного строительства.

В случаях, когда простые формы элементов не обеспечивают устойчивости сооружения на сдвиг и опрокидывание, применяют дополнительный выпуск арматуры для соединения жестким стыком консолей,

фундаментных плит и др., чтобы использовать их вес и вес грунтовой засыпки (входной оголовок ливнеспуска, фундаментные плиты стоечных опор лотков, акведуков и др.).

## МАРКИ БЕТОНА

Марка бетона зависит от назначения элементов и условий их эксплуатации. Как известно, большинство деталей гидротехнических сооружений находится под воздействием многократно повторяющихся процессов замораживания и оттаивания, попеременного смачивания и высыхания.

Кроме того, часть элементов находится под напором воды, фильтрация которой через бетон приводит к выщелачиванию цементного камня.

Эти процессы, проходящие при низких марках бетона более интенсивно, изменяют физические свойства материала и приводят с течением времени к ослаблению и даже частичному разрушению поверхностных слоев бетона, а также к ржавлению арматуры, понижая долговечность сооружения.

Согласно ГОСТ 4795—59, гидротехнический бетон делится:

по водонепроницаемости — на четыре марки: В-2, В-4, В-6 и В-8;

по морозостойкости — на пять марок: Мрз 50, Мрз 100, Мрз 150, Мрз 200 и Мрз 300.

Марки бетона определяют: по водонепроницаемости — наибольшим давлением воды (в  $\text{кг/см}^2$ ), при котором испытываемый образец в возрасте 180 дней остается водонепроницаемым; по морозостойкости — наибольшим числом циклов попеременного замораживания и оттаивания, при котором прочность испытываемого образца в 28-дневном возрасте снижается не более чем на 25%.

Опыты показывают, что среднее соотношение между марками бетона по водонепроницаемости, морозостойкости и прочности при сжатии бетона, изготовленного на портландцементе, характеризуется данными таблицы 68.

Таблица 68

| Марка бетона                                            | Связь между характеристиками (марками) бетона |                |                |                |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|
|                                                         | В-2<br>Мрз 50                                 | В-4<br>Мрз 100 | В-6<br>Мрз 150 | В-8<br>Мрз 200 |
| По водонепроницаемости . . . . .                        |                                               |                |                |                |
| По морозостойкости . . . . .                            |                                               |                |                |                |
| По прочности при сжатии (в возрасте 180 дней) . . . . . | 100                                           | 150            | 200            | 250            |

Установлено, что с изменением марки бетона от 300 до 400 изгибающий момент, при котором образуются трещины, увеличивается на 3—9%, а расход цемента повышается до 20%.

Трещины, появившиеся от силовых воздействий и от усадки бетона, значительно снижают морозостойкость и водонепроницаемость деталей, особенно в тонкостенных элементах.

Высокие марки бетона требуют дополнительного расхода цемента и повышенного его качества. Но как высокая марка цемента, так и повышенное его содержание в бетоне вызывают большие усадочные явления. Опытные данные показывают, что изменение расхода цемента с 300 до 400  $\text{кг/см}^2$  (при  $\frac{B}{C}=0,6$ ) увеличивает усадку в условиях воздушно-влажной среды в 2—2,3 раза.

Для большинства деталей мелноративных сооружений из ненапряженного железобетона принимают марку бетона по прочности 200, а для напряженного — 300 и 400.

В монолитных сооружениях при высокой марке бетона для всего сечения элемента его прочностные свойства используются недостаточно. Кроме того, в полевых условиях трудно обеспечить высокую марку бетона в монолите.

## АРМАТУРА

В железобетонных ненапряженных деталях сборных гидросооружений принимают, как правило, стальную арматуру малых диаметров — до 12 мм.

Для рабочей арматуры используют в основном сталь класса А-III, периодического профиля, из низколегированной стали марки 25Г2С и 35ГС по ГОСТ 5058—57. Также применяют арматурную сталь класса А-II марки Ст. 5 (ГОСТ 380—50) и холодноотянутую проволоку по ГОСТ 6727—53.

Для поперечной, нерабочей арматуры используют гладкую сталь класса А-I марки Ст. 3.

В напряженных железобетонных деталях для рабочей арматуры в основном применяют стальную холодноотянутую проволоку периодического профиля диаметром 2,5—8 мм (ГОСТ 8480—57) с временным сопротивлением разрыву от 12 000 до 18 000 кг/см<sup>2</sup>.

## СТЫКОВЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

В сборных сооружениях стыки в основном проектируют трех видов: с расчетом передачи через стыковое соединение всех видов нагрузок и усилий: продольной силы, момента и поперечной силы — жесткое соединение;

с расчетом передачи только продольной силы — шарнирное соединение;

без передачи через стыковое соединение каких-либо усилий — контактное соединение.

При жестком стыковом соединении конструкция под действием внешних нагрузок работает как монолитное целое и в месте соединения элементов должна обладать прочностью для восприятия действующих на соприкасающиеся элементы усилий, а также должна быть технологичной по изготовлению деталей стыка и монтажу.

Жесткость стыков, воспринимающих изгибаемые моменты, должна быть не менее жесткости стыкуемых элементов в сечении рядом со стыком.

Жесткость железобетонного стыка определяют при коэффициенте  $\varphi$ , равном единице, а металлического — по моменту инерции закладных деталей в наиболее ослабленном (по моменту инерции) сечении.

В шарнирных соединениях бетонные шпонки конструируют так, чтобы бетон шпонок работал на сжатие по косому сечению.

В процессе изготовления элементов и их монтажа, а в некоторых случаях и при конструировании, могут возникнуть отклонения действительных размеров от заданных или требуемых. Эти смещения вызывают дополнительные усилия и напряжения в статической работе элемента.

Необходимость учета указанных дополнительных воздействий на проектируемые ответственные сборные элементы может быть наглядно представлена по данным расчетных соображений, изложенных ниже.

На элемент прямоугольного сечения размером  $a \times b$  действует сжимающая сила  $P$ . При смещении места приложения этой силы относительно центральной оси на величину  $e$  возникает увеличение краевых напряжений, определяемых по формуле  $\sigma = \frac{P}{ab} \left( 1 - \frac{6e}{b} \right)$  и приведенных ниже.

| $\frac{e}{b}$                              | $\frac{1}{50}$ | $\frac{1}{40}$ | $\frac{1}{30}$ | $\frac{1}{20}$ | $\frac{1}{10}$ | $\frac{1}{5}$ |
|--------------------------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
| Увеличение краевых напряжений, % . . . . . | 12             | 15             | 20             | 30             | 60             | 120           |

Отсюда следует, что, рассчитывая стыковое соединение, необходимо, помимо передающихся через стык на соединяемые элементы силовых воздействий  $M$ ,  $Q$  и  $N$ , учитывать дополнительные напряжения, возникающие от неточности соединений.

Величину смещений приложения силовых воздействий принимают по размерам установленных допусков и посадок.

Система допусков и посадок позволяет рассчитывать в сооружении узловые сопряжения, связанные со сборными элементами, определять размеры дополнительных усилий на элементы сооружений, предъявлять требования к заводам-поставщикам сборных деталей.

#### РАСЧЕТ НА ТРЕЩИНОСТОЙКОСТЬ И РАСКРЫТИЕ ТРЕЩИН

Напорные конструкции сборных гидросооружений и их детали, работающие на осевое или внецентренное с малыми эксцентриситетами растяжение, как правило, рассчитывают на трещиностойкость. Таких сооружений относительно немного: напорные водоводы, дюкеры и крупные гидроузлы.

Основную часть сборных сооружений (до 98%) рассчитывают, допуская образование трещин шириной до 0,2 мм в растянутой зоне изгибаемых элементов.

В напорных гидросооружениях, где трещины в бетоне недопустимы, целесообразно в первую очередь применять напряженные конструкции. В целях экономии металла напряженные детали (лотки, плиты, трубы и др.) применяют и в ненапорных сооружениях, рассчитывая их на трещиностойкость, что повышает их транспортабельность и прочность при монтаже, сокращая при этом процент отходов.

В гидросооружениях одни и те же детали используют для различных условий работы, в связи с чем необходимо в первую очередь установить, какие из них являются наиболее важными и лимитирующими в части трещинообразования.

Сравнительные расчеты таких массовых деталей, как звенья безнапорных круглых труб и Г-образного сечения, показывают, что при допущении образования трещин величиной 0,1—0,2 мм объем бетона в них снижается на 25—37%.

В ряде деталей образование трещин может быть только временным явлением, в период действия максимальной временной нагрузки. Это относится главным образом к сооружениям с переездом при небольшой толщине засыпки (0,7—1,0 м), в ливнепропусках при проходе паводка и др. В сооружениях же, где основной нагрузкой является давление грунта, трещины могут появляться в начальный период засыпки, а затем после уплотнения грунта и повышения прочности бетона могут закрываться.

Железобетонные детали сборных ненапорных гидросооружений обычно работают на изгиб или внецентренное сжатие (с большим эксцентриситетом), когда имеется сжатая зона. В таких условиях трещины, образовавшиеся в сжатой зоне в процессе изготовления, транспорта и монтажа деталей, закрываются, а появившиеся в растянутой зоне от нагрузки в большинстве случаев заиляются и не представляют опасности для фильтрации и долговечности относительно небольших мелиоративных гидросооружений.

Проведенные в 1956 г. Новочеркасским инженерно-мелиоративным институтом полевые и лабораторные исследования построенных и работающих с 1952 г. сборных железобетонных гидросооружений на оросительных системах Ростовской области показали, что небольшие трещины (до 0,2 мм), допущенные под нагрузкой в деталях гидросооружений, не вызывают коррозии арматуры.

Так же было установлено, что прочность бетона деталей за истекший период возросла в 1,5—2 раза против заданной проектной и в массе обследованных сооружений не было обнаружено ни одного случая ржавления арматуры.

Трещины в блоках образуются не только под действием эксплуатационных нагрузок на сооружение, но и в период изготовления, транспортировки и монтажа деталей; при этом ослабленные места и являются первоочередной зоной появления трещин под нагрузкой.

## РАСЧЕТ КРУГЛОЙ ТРУБЫ

Железобетонные трубы круглого поперечного сечения рассчитывают методом приведения всех нагрузок к двум эквивалентным линейным нагрузкам, направленным диаметрально противоположно и расположенным по образующим (над шельгой трубы и в наиболее низкой точке у основания).

Труба круглого поперечного сечения, зарытая в грунт, представляет собой трижды статически неопределимый замкнутый контур, находящийся в равновесии под действием нагрузок и реактивных сил. В силу симметрии самой системы и действующих на нее нагрузок относительно вертикальной оси из трех неизвестных сохраняются только два, для определения которых рассматривают одну половину трубы.

При определении размеров трубы, уложенной в грунт, вначале находят действующие на нее силовые воздействия от давления земли, воды и нагрузок, находящихся на поверхности в непосредственной близости от трубы. Расчет этих величин производят с учетом следующих факторов влияния: поперечного сечения трубы; геологических и гидрогеологических условий трассы трубопровода; условий укладки труб (в траншее или под насыпью); типа основания под трубами и др.

Пример расчета. Труба диаметром 1,5 м уложена в грунт под переездом для автомобильной дороги, проходящей через канал. Глубина засыпки грунта над верхом трубы 0,5 м. Над засыпкой имеется облегченное покрытие полотна дороги толщиной 20 см с модулем деформации  $E = 380 \text{ кг/см}^2$ . Грунт засыпки — супесь со следующими характеристиками:  $\gamma = 1,8 \text{ т/м}^3$ ;  $\varphi = 20^\circ$ ; модуль деформации  $E_0 = 140 \text{ кг/см}^2$ . Временную подвижную нагрузку над трубой создают автомашины с нормативным давлением Н-13 (рис. 105).

Для расчета используем «Инструкцию по расчету сборных железобетонных конструкций в мелиоративном строительстве» (Труды института Гипроводхоз, выпуск 23) [40]. Труба укладывается в траншее, расчетная ширина которой  $B = 2,8 \text{ м}$  (принимается согласно таблице 1 приложения 18), а коэффициент запаса  $K = 1,6$  (принят для сооружений IV класса по таблице 6 указанной инструкции).

Задаемся толщиной трубы  $\delta_{\text{тр}} = 12 \text{ см}$ , окончательно толщина определится технико-экономическими сопоставлениями нескольких значений при допустимых величинах раскрытия трещин и процента армирования.

Наружный диаметр трубы  $D_{\text{н}} = 1,5 + 2 \times 0,12 = 1,74 \text{ м}$ .

Толщина засыпки над трубой вместе с покрытием будет равна:

$$H = 0,5 + 0,2 = 0,7 \text{ м.}$$

Вертикальная нагрузка от давления грунта на трубу, уложенную в траншее, определяется формулой:

$$Q_1 = K_{\text{тр}} \gamma H \frac{B + D_{\text{н}}}{2} = 0,95 \times 1,8 \times 0,7 \frac{2,8 + 1,74}{2} = 2,72 \text{ т/м,}$$

где  $K_{\text{тр}} = 0,95$  — коэффициент, зависящий от отношения толщины засыпки к ширине траншеи  $B$  и от вида грунта засыпки, определяется по инструкции (рис. 2 приложения 18);

$\gamma$  — объемный вес грунта.

Полученное значение величины вертикального давления должно быть проверено для случая, когда труба уложена в насыпи, по формуле:

$$Q_1 = K_{\text{н}} \gamma H D_{\text{н}} = 1,06 \times 1,8 \times 0,7 \times 1,74 = 2,32 \text{ т/м,}$$

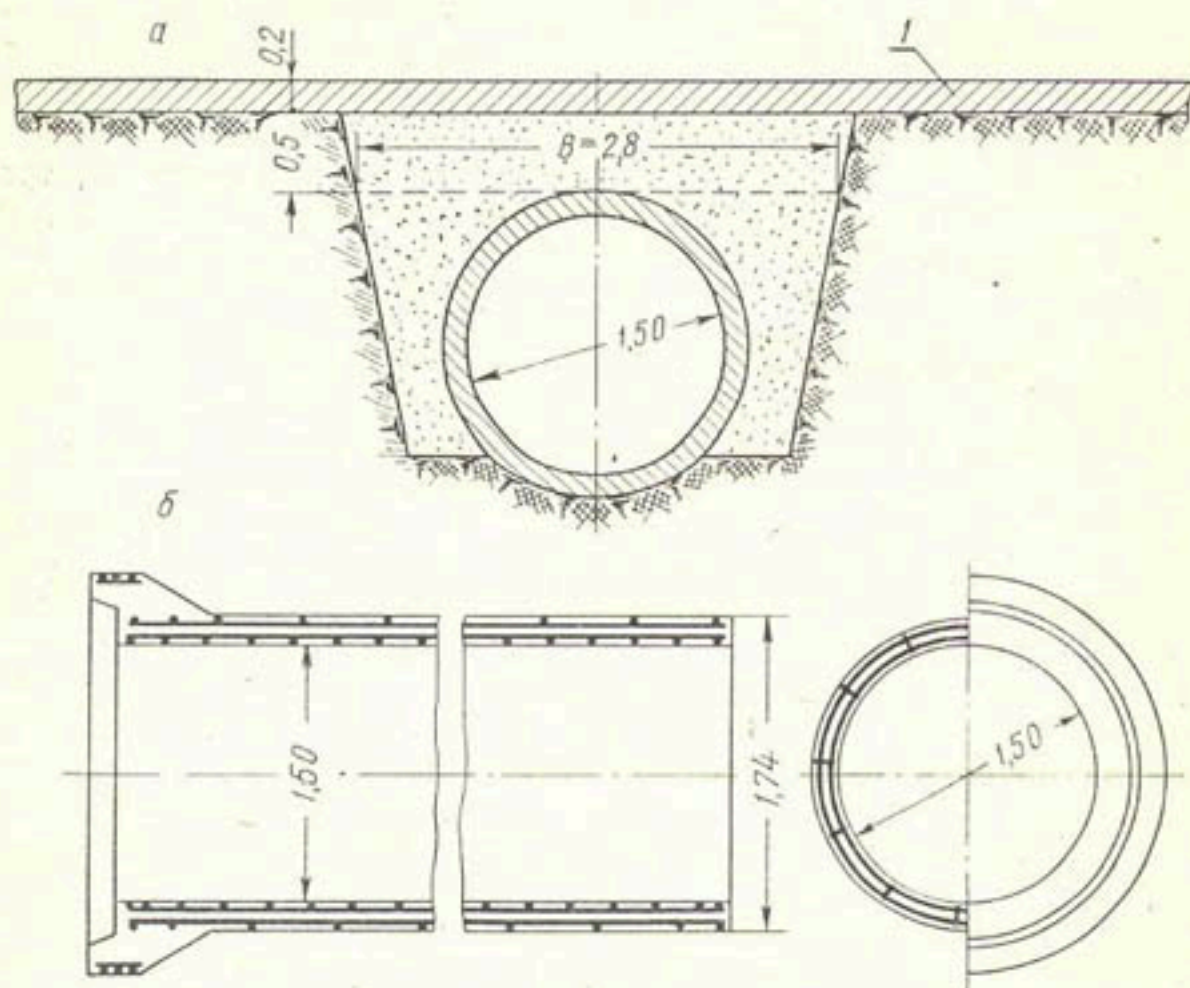


Рис. 105. Расчетная схема проезда (а) и конструктивная схема трубы (б):

1 — покрытие полотна дороги.

где  $K_{\text{н}}$  — коэффициент, зависящий от отношения  $\frac{H}{D_{\text{н}}}$  и характеристики грунта основания, определяется по инструкции (рис. 1 приложения 18);

При  $\frac{H}{D_{\text{н}}} = \frac{0,7}{1,74} = 0,4$  и основании из супеси в плотном состоянии по кривой 4 определяем  $K_{\text{н}} = 1,06$ .

Из двух значений величины вертикального давления грунта на трубу для расчета принимаем наименьшее, т. е.  $Q_1 = 2,32 \text{ т/м}$ .

Боковое активное давление грунта на трубу в траншее при плотной засыпке принимается, согласно указаниям пункта 20, равным 35 % от вертикального, т. е.  $Q_2 = 0,35 \times 2,32 = 0,81 \text{ т/м}$ .

Для определения воздействия временной автомобильной нагрузки на трубу определим величину эквивалентного слоя грунта, заменяющего дорожное покрытие, по формуле:

$$h_{\text{экв}} = h \sqrt[3]{\frac{E}{E_0}} = 0,2 \sqrt[3]{\frac{380}{140}} = 0,28 \text{ м.}$$

Расчетный слой засыпки будет равен:  $H = 0,5 + 0,28 = 0,78$  м. При такой толщине засыпки динамический коэффициент от временной подвижной нагрузки, согласно таблице 7, принимается равным  $\mu = 1$ .

Вертикальное давление на трубу от задних колес проезжающих грузовых автомобилей с нормативной нагрузкой  $H = 13$  определяется по формуле:

$$Q_3 = \mu Q_2^0 = 1 \times 5,44 = 5,44 \text{ т/м},$$

где  $Q_2^0 = 5,44$  определено по графику на рисунке 3 Инструкции для глубины  $H = 0,78$  м и  $D = 1,5$  м.

Нагрузка от собственного веса трубы определяется по формуле:

$$Q_4 = 2\pi \gamma_6 r_{\text{ср}} \delta = 2 \times 3,14 \times 2,5 \times 0,81 \times 0,12 = 1,53 \text{ т/м},$$

где  $r_{\text{ср}} = \frac{1,5 + 0,12}{2} = 0,81$  м — средний радиус трубы;

$\delta = 0,12$  м — толщина трубы;

$\gamma_6 = 2,5 \text{ т/м}^3$  — объемный вес железобетона.

Нагрузка от воды, заполняющей трубопровод:

$$Q_5 = \pi \gamma_{\text{ж}} r^2 = 3,14 \times 1,0 \times 0,75^2 = 1,76 \text{ т/м}.$$

Суммарная расчетная линейная приведенная нагрузка на трубу определяется по формуле:

$$P_{\text{пр}} = \sum \beta_i Q_i = 0,68 \times 2,32 - 0,4 \times 0,81 + 0,68 \times 5,44 + 0,386 \times 1,53 + 0,4 \times 1,76 \cong \\ \cong 0,68 (2,32 + 5,44) - 0,4 \times 0,81 + 0,4 (1,53 + 1,76) = 6,27 \text{ т/м}.$$

Коэффициенты приведения нагрузок  $\beta_i$  взяты из работ [15, 40].

Изгибающий момент, согласно формуле:

$$M = 0,318 P_{\text{пр}} = 0,318 \times 6,27 = 1,994 \text{ т/м}.$$

Принимаем трубу из железобетона марки 200, для которого  $R_{\text{н}} = 180 \text{ кг/см}^2$ ,  $R_{\text{р}} = 17,5 \text{ кг/см}^2$ ,  $E_{\text{бр}} = 180\,000 \text{ кг/см}^2$ .

Арматуру принимаем двойную из стали марки 35ГС при

$$\sigma_{\text{т}} = 4500 \text{ кг/см}^2 \text{ и } E_{\text{а}} = 2\,000\,000 \text{ кг/см}^2.$$

Вначале расчет ведем по формулам для одиночной арматуры.

Для кольцевого сечения трубы принимаем  $a = a' = 2,5$  см, тогда  $h_0 = 12 - 2,5 = 9,5$  см и при  $b = 100$  см (на пог. м трубы)

$$A_0 = \frac{KM}{b h_0^2 R_{\text{н}}} = \frac{1,6 \times 199\,400}{100 \times 9,5^2 \times 180} = 0,196.$$

В инструкции по таблице приложения 3 определяем:

$$\gamma_0 = 0,89; \quad r_0 = 2,26; \quad \alpha = 0,22, \text{ тогда:}$$

$$F_{\text{а}} = \frac{KM}{\gamma_0 h_0 \sigma_{\text{т}}} = \frac{1,6 \times 199\,400}{0,89 \times 9,5 \times 4500} = 8,38 \text{ см}^2.$$

Проверим необходимость учета сжатой арматуры по приближенной формуле:

$$x = \frac{F_{\text{а}} \sigma_{\text{т}}}{b R_{\text{н}}} = \frac{8,38 \times 4500}{100 \times 180} = 2,09 < 2\alpha = 5 \text{ см}.$$

Следовательно, сжатая арматура не учитывается, и дальнейший расчет продолжим как для сечения с одиночной арматурой.

Высота сжатой зоны бетона определяется по формуле:

$$x = h_0 - \sqrt{h_0^2 - \frac{2KM}{b R_{\text{н}}}} = 9,5 - \sqrt{9,5^2 - \frac{2 \times 1,6 \times 199\,400}{100 \times 180}} = 2,1 \text{ см}.$$

Проверяем условие  $KM < 0,4 b h^2 R_{\text{н}}$ :

$$KM = 1,6 \times 168\,800 = 319\,040 < 0,4 \times 100 \times 9,5^2 \times 180 = 649\,800.$$

Определяем коэффициент приведения с учетом растянутой зоны по формуле:

$$n_{\text{р}} = \frac{E \varepsilon_{\text{пр}}}{m R_{\text{р}}} = \frac{2 \times 10^6 \times 2 \times 10^{-4}}{2 \times 17,5} = 11,4,$$

где  $\varepsilon_{\text{пр}} = 2 \times 10^{-4}$ ;

$m$  — коэффициент = 2.

Статический момент приведенного сечения:

$$S_{np} = \frac{bx_{II}^2}{2} - n_p F_a (h_0 - x_{II}) - \frac{b(h-x_{II})^2}{2} = 0.$$

$$\frac{100x_{II}^2}{2} - 11,4 \times 8,38 (9,5 - x_{II}) - \frac{100(12-x_{II})^2}{2} = 0.$$

$$x_{II} = 6,23 \text{ см.}$$

Момент инерции приведенного сечения:

$$I_{np} = \frac{bx_{II}^3}{3} + \frac{b(h-x_{II})^3}{3} + n_p F_a (h_0 - x_{II})^2 =$$

$$= \frac{100 \times 6,23^3}{3} + \frac{100(12-6,23)^3}{3} + 11,4 \times 8,38 (9,5-6,23)^2 = 15480 \text{ см}^4.$$

Момент сопротивления приведенного сечения:

$$W_{np} = \frac{I_{np}}{h-x_{II}} = \frac{15480}{12-6,23} = 2680 \text{ см}^3.$$

Напряжение в арматуре при возникновении трещин:

$$\sigma_{a,\tau} = \frac{W_{np} R_{p,m}}{F_a \gamma h_0} = \frac{2680 \times 17,5 \times 2}{8,38 \times 0,93 \times 9,5} = 1274 \text{ кг/см}^2,$$

$$\text{где } \gamma = \frac{h_0 - \frac{x}{3}}{h_0} = \frac{9,5 - \frac{2,1}{3}}{9,5} = 0,93.$$

Расстояние между трещинами определяем по формуле:

$$l_\tau = \beta_\tau \frac{u}{R_p} (\sigma_{a,\tau} - \varepsilon_{np} E_a).$$

Для арматуры периодического профиля  $\beta_\tau = 0,5$ ;

$$l_\tau = 0,5 \frac{0,25 d}{17,5} (1274 - 2 \times 10^{-4} \times 2 \times 10^6) = 6,25 \text{ д.}$$

Напряжение в арматуре:

$$\sigma_a = \frac{M}{F_a \gamma h_0} = \frac{199400}{6,25 \times 0,93 \times 9,5} = 3610 \text{ кг/см}^2.$$

Ширина раскрытия трещин:

$$a_\tau = l_\tau \left( \frac{\sigma_a - \sigma_{нпч}}{E_a} \psi - \varepsilon_0 \right) = 6,25 \text{ д} \left[ \frac{(3610 - 200) \times 0,84}{2 \times 10^6} - 1 \times 10^{-4} \right] = 0,14 \text{ д.}$$

$$\text{где } \psi = 1 - C \frac{M_\tau}{M} = 1 - 0,7 \frac{46113}{199400} = 0,84.$$

$$M_\tau = W_\tau R_p = 2635 \times 17,5 = 46113 \text{ кг/см};$$

$$W_\tau = 0,292 bh_0^2 = 0,292 \times 100 \times 9,5^2 = 2635 \text{ см}^2;$$

$C$  — коэффициент, равный для периодического профиля 0,7.  $\sigma_{нпч}$ , принимается равным  $200 \text{ кг/см}^2$ , согласно § 139 инструкции, а  $\varepsilon_0 = 1 \times 10^{-4}$ .

Задаемся диаметром арматуры 7 мм, тогда необходимая по расчету арматура получается равной  $22 \oslash 7$ ;  $F_a = 8,47 \text{ см}^2$ .

Величина раскрытия трещин  $a_\tau = 0,014 \times 7 = 0,098 \text{ мм}$  при допустимой

$$a_{\tau, \text{доп}} = 0,1 \text{ мм. Процент армирования } \frac{8,47 \times 100}{12 \times 100} = 0,7 \%.$$

Расчеты показали, что при принятой толщине стенок трубы величина раскрытия трещин получилась близкой к допустимой при приемлемом проценте армирования. Следовательно, эту толщину можно оставить. Задаваясь ее новыми значениями, можно выбрать наиболее выгодную по технико-экономическим показателям.

Выше рассмотрен пример работы трубы в поперечном направлении, которым в большинстве случаев и определяется толщина ее стенок и требуемое армирование. Однако в отдельных случаях возникают условия, когда необходим расчет трубы и в продольном направлении.

## РАСЧЕТ ПЛИТЫ СБОРНОГО КРЕПЛЕНИЯ КАНАЛА

В расчетных условиях учитывают характеристику упругих свойств основания, упругие и прочностные показатели плиты, размеры плиты, нагрузку и точность планировки постели, а также возможные деформации основания [13].

Максимальный изгибающий момент в плите получается в предположении опирания концов плиты на грунт при наличии в центральной ее части свободного пространства  $\Delta$ , равного двойной точности планировки постели (например, при точности  $\pm 2$  см  $\Delta = 4$  см).

Плиту рассчитывают как балку на упругом основании. Для упрощения расчета нагрузку можно принимать в виде равномерно распределенной по всей площади плиты (рис. 106) совместно с ее собственным весом. Влияние соседних плит может быть учтено в виде боковой пригрузки.

Необходимо определить опорную площадку  $X$ , при которой под действием нагрузки плита получила бы такую осадку (совместно с проги-

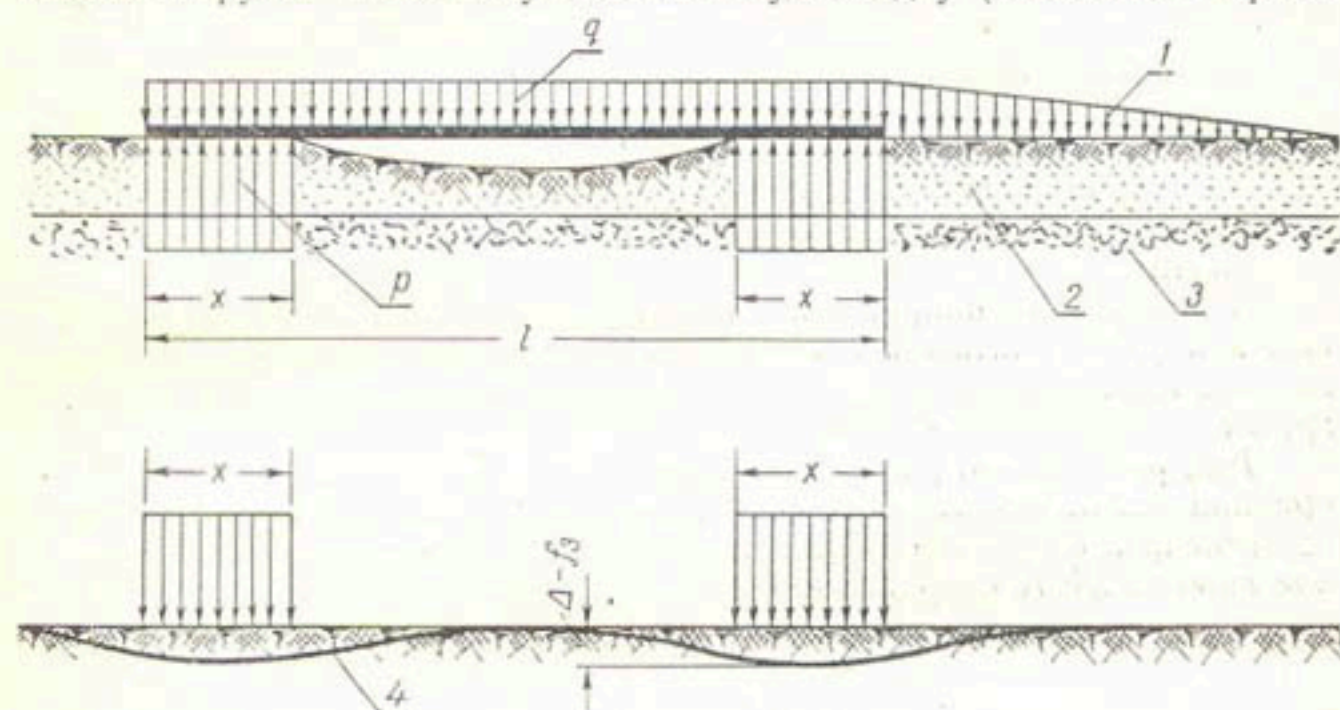


Рис. 106. Расчетная схема плиты:  
1 — пригрузка; 2 — постель; 3 — грунт; 4 — деформированное основание.

бом в средней части), при которой она опустится на грунт, т. е. когда  $f = \Delta$ .

Величина  $f$  складывается из трех составляющих:

$$f = f_1 + f_2 + f_3,$$

где  $f_1$  — упругая осадка основания под действием равномерно распределенной нагрузки на ширине  $X$  [13];

$f_2$  — упругая осадка щебеночной или песчаной постели под плитой, принимаемая приближенно равной 5—10% толщины постели;

$f_3$  — прогиб плиты, определяемый по известным формулам сопротивления материалов при условии обеспечения допустимой величины раскрытия трещин.

Задача решается подбором такого значения  $X$ , при котором сумма указанных прогиба и осадок не будет превышать двойной точности планировки.

Для решения задачи рекомендуется использовать методику проф. В. Н. Жемочкина [14].

Расчет плит в других случаях их применения проводят в соответствии с конструктивными схемами и нагрузками на них.

Упрощенный расчет прочности плит сборного крепления канала производят на изгибающий момент, условно предполагая, что на ограниченной площади под плитой при сплошном опирании ее на всей остальной площадке постели происходит местная просадка грунта основания.

Для плит, не несущих эксплуатационной нагрузки, расчетными условиями являются транспортные воздействия или нагрузки периода изготовления.

## РАСЧЕТ ЛОТКОВ

Лоток в виде тонкостенной железобетонной оболочки, уложенной на седловидные стоечные опоры, представляет собой статически неопределимую систему. Его рассчитывают методом перемещений с учетом пространственной работы системы [52].

При глубине лотка до 1,8 м, длине 8 м и максимальной ширине 2,3 м (для параболического лотка, описанного по уравнению  $x^2 = 2py$ , где  $p = 0,35$ ), когда отношение длины к ширине составляет  $\frac{8}{2,3} \cong 3,5 > 3$ , все лотки относятся к группе длинных оболочек.

Для таких случаев существуют практические приближенные методы расчета лотков как многогранных складок, вписанных в контурную поверхность оболочки. Эта оболочка лотка условно рассматривается как восьмигранная складка, свободно опирающаяся торцами на седла диафрагмы.

В поперечном направлении лотки рассчитывают как балки с жестким контуром, учитывая влияние приращения сдвигающих сил, приложенных вдоль криволинейных краев и уравнивающих внешнюю нагрузку.

Для равномерно распределенной по длине лотка нагрузки значения приращений от сдвигающих сил  $T_k$  можно подсчитать, определив ординаты эпюр в опорном сечении данной грани. Сдвигающие усилия в какой-либо точке  $K$  опорного сечения находят по значениям продольных усилий для середины пролета по формуле:

$$S_k = S_{k-1} + d_k \delta_k \frac{(\sigma_{k-1} + \sigma_k) \cdot 2}{l}.$$

Суммарные сдвигающие усилия  $T_k$  по грани  $K$ , равные площади эпюры  $S$  по ширине этой грани, вычисляют по формуле:

$$T_k = S_{k-1} d_k + \frac{d_k^2 \delta_k (2\sigma_{k-1} + \sigma_k) \cdot 2}{3l},$$

где  $d_k$  — ширина грани  $K$ ;

$\delta_k$  — толщина грани  $K$ ;

$l$  — расчетный пролет лотка в продольном направлении [52].

Поперечные изгибающие моменты определяют для полосы единичной ширины, вырезанной двумя поперечными сечениями в середине пролета оболочки, из условия равновесия внешней нагрузки и сдвигающих усилий. Изгибающий момент в поперечном направлении для какой-либо точки  $i$  определяют по формуле:

$$M_i = M_i^0 + \frac{2}{l} \sum_{k=1}^{k=i} T_k (b_{ki} \sin \psi_k - h_{ki} \cos \psi_k),$$

где  $M_i^0$  — изгибающий момент в точке  $i$  от действия внешних нагрузок в поперечном направлении, как для консоли;

$b_{ki}$  и  $h_{ki}$  — горизонтальное и вертикальное расстояния от точки  $i$  до точки  $K$ , расположенной слева;

$\psi_k$  — угол наклона грани  $K$  к горизонту [52].

Пример расчета. Дано: лоток параболического сечения, внутренняя поверхность которого описана по уравнению  $x^2 = 2py = 2 \times 0,35 y$ . Глубина лотка 1,05 м; толщина стенок по бортовой грани 5 см, в замке — 6 см; длина лотка 8 м; расчетный пролет 7,8 м. Бетон лотка марки 300 для напряженной конструкции: напряженная арматура — светлая канатная проволока с пределом прочности при растяжении  $\sigma_T = 15000 \text{ кг/см}^2$  (ГОСТ 8480—57), ненапряженная арматура из стали марки 35ГС (ГОСТ 5058—57).

Поверхность лотка для расчета схематизирована в восьмигранную складку (рис. 107).

Геометрические характеристики лотка. Площадь половины поперечного сечения:

$$F = 5 \times 49,5 + 35,5 \times 5,5 + 27,5 \times 5,5 + 33,0 \times 6 = 247,5 + 195,3 + 151,3 + 198 = 798 \text{ см}^2.$$

Статический момент половины сечения относительно оси, проходящей через нижнюю точку 4:

$$S = 247,5 \times 85,5 + 195,3 \times 48 + 151,3 \times 23 + 198 \times 6,5 = 21161 + 9374 + 3480 + 1287 = 35302 \text{ см}^3.$$

Расстояние от нижней точки 4 лотка до нейтральной оси сечения

$$a = \frac{S}{F} = \frac{35302}{798} = 44,2 \text{ см.}$$

Момент инерции половины сечения относительно нейтральной оси:

$$\begin{aligned} I_{ц.т} &= \Sigma \left( \frac{\bar{y}_k^3 h_{ki}}{12} + F_k d_{ц.т}^2 \right) = \\ &= \frac{5,5 \times 45^3}{12} + 247,5 \times 41,3^2 + \\ &+ \frac{6,51 \times 30^3}{12} + 195,3 \times 3,8^2 + \\ &+ \frac{7,57 \times 20^3}{12} + 151,3 \times 21,2^2 + \\ &+ \frac{15,2 \times 13^3}{12} + 198 \times 37,7^2 = 41766 + \\ &+ 422158 + 14650 + 2820 + 5040 + \\ &+ 68000 + 2783 + 281413 = 838630 \text{ см}^4. \end{aligned}$$

$$\sin \psi_1 = \frac{0,45}{0,495} = 0,909; \psi_1 = 65^\circ 20';$$

$$\cos \psi_1 = 0,417;$$

$$\bar{y}_{k=1}' = \frac{F_k}{h_{ki}} = \frac{247,5}{45} = 5,5 \text{ см.}$$

$$\sin \psi_2 = \frac{0,30}{0,355} = 0,845; \psi_2 = 57^\circ 40'; \cos \psi_2 = 0,535;$$

$$\bar{y}_2' = \frac{195,3}{30} = 6,51 \text{ см.}$$

$$\sin \psi_3 = \frac{0,20}{0,275} = 0,727; \psi_3 = 46^\circ 40'; \cos \psi_3 = 0,686;$$

$$\bar{y}_3' = \frac{151,3}{20} = 7,57 \text{ см.}$$

$$\sin \psi_4 = \frac{0,13}{0,33} = 0,394; \psi_4 = 23^\circ 15'; \cos \psi_4 = 0,918.$$

$$\bar{y}_4' = \frac{198}{13} = 15,2 \text{ см.}$$

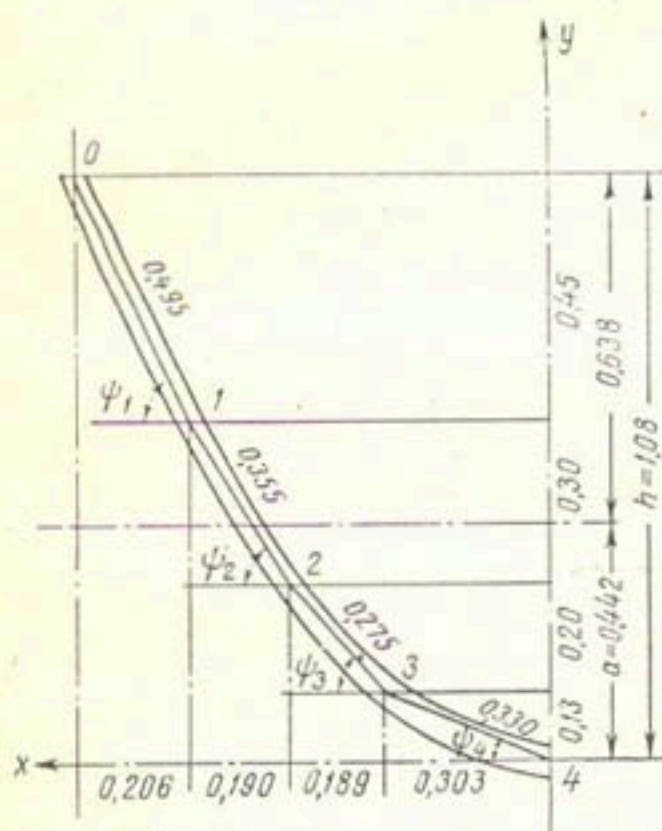


Рис. 107. Расчетная схема поперечного сечения лотка-оболочки.

Проекция расстояния между гранями на горизонтальную ось

$$b_{kl} = d_k \cos \psi_k$$

$$b_{01} = 49,5 \times 0,417 = 20,6 \text{ см}$$

$$b_{12} = 35,5 \times 0,535 = 19,0 \text{ см}$$

$$b_{23} = 27,5 \times 0,686 = 18,8 \text{ см}$$

$$b_{34} = 33 \times 0,918 = 30,3 \text{ см}$$

Расстояние от нейтральной оси сечения до центра тяжести отдельных граней

$$d_{1 \text{ ц.т.}} = 85,5 - 44,2 = 41,3 \text{ см}$$

$$d_{2 \text{ ц.т.}} = 48 - 44,2 = 3,8 \text{ см}$$

$$d_{3 \text{ ц.т.}} = +23 - 44,2 = -21,2 \text{ см}$$

$$d_{4 \text{ ц.т.}} = +6,5 - 44,2 = -37,7 \text{ см}$$

Расчет лотка в поперечном направлении. Вес лотка:

$$2,5 \times 8 \times \left( \frac{2}{3} \times 1,11 \times 1,824 - \frac{2}{3} \times 1,05 \times 1,712 \right) = 3 \text{ т.}$$

$$\text{Вес воды: } \frac{2}{3} \times 1,05 \times 0,856 \times 2 \times 8 = 9,6 \text{ т.}$$

---


$$\text{Итого} = 12,6 \text{ т}$$

$$\text{Нагрузка на 1 пог. м лотка } q = \frac{12,6}{8} = 1,575 \text{ т/м.}$$

$$\text{Расчетный изгибающий момент } M = \frac{ql^2}{8} = \frac{1,575 \times 7,8^2}{8} = 12 \text{ тм.}$$

$$\text{Нормальное напряжение } \sigma = \frac{Md_{\text{ц.т.}}}{I} :$$

$$\sigma_0 = \frac{1\,200\,000 \times 63,8}{838\,630 \times 2} = 45,7 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_1 = \frac{1\,200\,000 (63,8 - 45)}{838\,630 \times 2} = 13,5 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_2 = \frac{1\,200\,000 (-44,2 + 33)}{838\,630 \times 2} = -8,0 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_3 = \frac{1\,200\,000 (-44,2 + 13,0)}{838\,630 \times 2} = -22,3 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_4 = \frac{1\,200\,000 (-44,2)}{838\,630 \times 2} = -31,6 \text{ кг/см}^2.$$

Определение сдвигающих усилий  $S_k$  в опорных сечениях граней.

$$S_k = S_{k-1} + d_k \bar{v}_k \frac{2}{l} (\sigma_{k-1} + \sigma_k):$$

$$S_0 = 0;$$

$$S_1 = \frac{d_1 \bar{v}_1 (\sigma_0 + \sigma_1) \cdot 2}{l} = 49,5 \times 5 \times 0,0025 (45,7 + 13,5) = 36,6 \text{ кг/см};$$

$$S_2 = 36,6 + 5,5 \times 35,5 \times 0,0025 (13,5 - 8,0) = 36,6 + 2,7 = 39,3 \text{ кг/см};$$

$$S_3 = 39,3 + 5,5 \times 27,5 \times 0,0025 (-8,0 - 22,3) = 39,3 - 11,4 = 27,9 \text{ кг/см};$$

$$S_4 = 27,9 + 6,0 \times 33 \times 0,0025 (-22,3 - 31,6) \approx 0.$$

$$\text{Определение сдвигающих сил } T_k. \quad T_k = S_{k-1} d_k + d_k^2 \bar{v}_k \frac{(2\sigma_{k-1} + \sigma_k) \cdot 2}{3l} :$$

$$T_1 = 5 \times 49,5^2 \frac{(2 \times 45,7 + 13,5) \times 2}{3 \times 800} = 1070 \text{ кг} = 1,07 \text{ т};$$

$$T_2 = 36,6 \times 35,5 + 5,5 \times 35,5^2 \frac{(2 \times 13,5 - 8,0) \times 2}{3 \times 800} =$$

$$= 1300 + 100 = 1400 \text{ кг} = 1,40 \text{ т};$$

$$T_3 = 39,3 \times 27,5 + 5,5 \times 27,5^2 \frac{(-2 \times 8,0 - 22,3) \times 2}{3 \times 800} = 1080 - 133 = 947 \text{ кг} = 0,95 \text{ т};$$

$$T_4 = 27,9 \times 33 + 6 \times 33^2 \frac{(-2 \times 22,3 - 31,6) \times 2}{3 \times 800} = 921 - 414 = 505 \text{ кг} = 0,51 \text{ т}.$$

Определение моментов в поперечном направлении по консольной схеме.

$$M = \frac{ql^2}{6} + ql_{ц.т.} :$$

$$M_1 = \frac{0,45 \times 0,495^2}{6} + 0,05 \times 0,495 \times 1 \times 2,5 \frac{0,206}{2} =$$

$$= 0,0184 + 0,0064 = 0,025 \text{ тм};$$

$$M_2 = \frac{0,75 \times 0,85^2}{6} + 0,055 \times 0,355 \times 1 \times 2,5 \frac{0,190}{2} + 0,05 \times 0,495 \times 1 \times 2,5 \times$$

$$\times \left( \frac{0,206}{2} + 0,19 \right) = 0,0904 + 0,0046 + 0,0181 = 0,1131 \text{ тм};$$

$$M_3 = \frac{0,95 \times 1,125^2}{6} + 0,05 \times 0,495 \times 1 \times 2,5 \left( \frac{0,206}{2} + 0,379 \right) +$$

$$+ 0,055 \times 0,355 \times 1 \times 2,5 \left( \frac{0,19}{2} + 0,189 \right) + 0,055 \times$$

$$\times 0,275 \times 1 \times 2,5 \frac{0,189}{2} = 0,201 + 0,0298 + 0,0139 + 0,0036 =$$

$$= 0,2483 \text{ тм};$$

$$M_4 = \frac{1,08 \times 1,455^2}{6} + 0,05 \times 0,495 \times 1 \times 2,5 \left( \frac{0,206}{2} + 0,682 \right) +$$

$$+ 0,055 \times 0,355 \times 1 \times 2,5 \left( \frac{0,19}{2} + 0,492 \right) + 0,055 \times 0,275 \times 1 \times 2,5 \times$$

$$\times \left( \frac{0,189}{2} + 0,303 \right) + 0,06 \times 0,33 \times 1 \times 2,5 \frac{0,303}{2} = 0,381 + 0,0486 + 0,0286 +$$

$$+ 0,0150 + 0,0075 = 0,4817 \text{ тм}.$$

Определение моментов с учетом влияния совместной работы лотка в продоль-

ном и поперечном направлениях.  $M_i = M_i^0 + \frac{2}{l} \sum_{k=1}^{k=l} T_k (b_{ki} \sin \psi_k - h_{ki} \cos \psi_k) :$

$$M_1 = -0,025 \text{ тм};$$

$$M_2 = -0,113 + 0,25 \times 1,07 (0,19 \times 0,909 - 0,3 \times 0,417) = -0,113 + 0,012 =$$

$$= -0,101 \text{ тм};$$

$$M_3 = -0,248 + 0,25 [1,07 (0,373 \times 0,909 - 0,50 \times 0,417) + 1,4 (0,188 \times 0,845 -$$

$$- 0,2 \times 0,535)] = -0,248 + 0,25 (0,136 + 0,073) = -0,248 + 0,052 = -0,196 \text{ тм};$$

$$M_4 = -0,4817 + 0,25 [1,07 (0,682 \times 0,909 - 0,63 \times 0,417) + 1,4 (0,491 \times 0,845 -$$

$$- 0,33 \times 0,535) + 0,95 (0,303 \times 0,727 - 0,13 \times 0,686)] = -0,4817 + 0,25 \times (0,382 +$$

$$+ 0,333 + 0,124) = -0,4817 + 0,21 = -0,272 \text{ тм}.$$

Расчетный момент уменьшился на 43,7 % по сравнению с моментом, определенным по консольной схеме, без учета сдвигающих сил.

Расчет на прочность. Дано:  $M = 0,272 \text{ тм}$ ;  $h = 6 \text{ см}$ ;  $h_0 = 3,7 \text{ см}$ ;  $K = 1,6$ ;  $R_n = 260 \text{ кг/см}^2$ ;  $\sigma_r = 4500 \text{ кг/см}^2$ ; арматура 35ГС.

$$KM = R_n b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right);$$

$$F_a \sigma_r = R_n b x.$$

$$1,6 \times 27\,200 = 260 \times 100 \left( 3,7 - \frac{x}{2} \right);$$

$$43\,520 = 96\,200 x - 13\,000 x^2;$$

$$x^2 - 7,4 x + 3,43 = 0;$$

$$x = 3,7 \pm \sqrt{3,7^2 - 3,43}; \quad x = 3,7 - 3,20 = 0,5 \text{ см};$$

$$F_a = \frac{260 \times 0,5}{45} = 2,89 \text{ см}^2; \text{ принимаем } 6 \text{ } \varnothing 8; \quad F_a = 3,02 \text{ см}^2/\text{пог. м}.$$

Расчет по раскрытию трещин. Дано:  $M = 0,272 \text{ тм}$ ;  $F_a = 3,02 \text{ см}^2$ ;  $h_0 = 3,7 \text{ см}$ ;  $R_n = 260 \text{ кг/см}^2$ . Модуль упругости бетона при изгибе:  $E_b = 2,1 \times 10^5 \text{ кг/см}^2$ ;  $\sigma_r = 4500 \text{ кг/см}^2$ ;  $E_a = 2,1 \times 10^6 \text{ кг/см}^2$ ;

$$n = \frac{2,1 \times 10^6}{2,1 \times 10^5} = 10.$$

Величина раскрытия трещин:

$$a_r = \psi \frac{\sigma_a}{E_a} l_r.$$

Расстояние между трещинами:  $l_r = K \eta \beta_r$ .

$$u = \frac{F_a}{S} = \frac{\pi d^2}{4 \pi d} = 0,25 d.$$

Коэффициенты  $\psi$  и  $K$  определяются по таблице 4 приложения 11 ННТУ 123-55 в зависимости от  $\sigma_a$  и  $\alpha$ ;  $\beta_r$  — коэффициент, для арматуры периодического профиля  $\beta_r = 0,5$  (§ 140).

$$\alpha = 3 \frac{F_a}{b h_0} n = 3 \frac{3,02}{100 \times 3,7} 10 = 0,245; K = 5; \psi = 0,975;$$

$$\sigma_a = \frac{M}{F_a h_0 \eta} = \frac{27\,200}{3,02 \times 3,7 \times 0,8} = 3050 \text{ кг/см}^2;$$

$$l_r = 5 \times 10 \times 0,25 d \times 0,5 = 6,25 d;$$

$$a_r = 0,975 \frac{3050}{2\,100\,000} \cdot 6,25 d = 0,0088 d; a_r = 0,0088 \times 8 = 0,071 \text{ мм};$$

$\eta = 0,8$  при  $\gamma = 0$  (по таблице 7).

Расчет лотка в продольном направлении (рис. 108). Определим  $M$  — расчетный момент от эксплуатационной нагрузки.

Вес лотка 3 т; при запасе над горизонтом 8 см  $H = 97 \text{ см}$ :

$$x = \sqrt{2 p y} = \sqrt{2 \times 0,35 \times 0,97} = 0,825 \text{ м}; B = 2 \times 0,825 = 1,65 \text{ м}.$$

Вес воды:

$$Q_w = \frac{2}{3} \times 1,65 \times 0,97 \times 1 \times 8 = 8,54 \text{ т}.$$

Итого:  $\Sigma = 3 + 8,54 = 11,54 \text{ т}$ ;

$$q = \frac{11,54}{8} = 1,443 \text{ т/м};$$

$$M_{\text{расч}} = \frac{q l^2}{8} = \frac{1,443 \times 7,8^2}{8} = 10,98 \text{ тм};$$

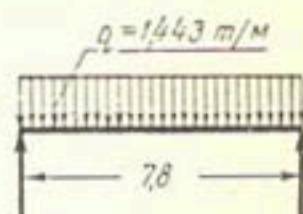


Рис. 108. Расчетная схема нагрузки лотка в продольном направлении.

$M_{\text{попереч}} = 12 \text{ тм}$  (см. расчет лотка в поперечном направлении).

Расстояние от равнодействующей усилий во всей предварительно напряженной арматуре растянутой зоны до растянутого края сечения определяется по формуле:

$$a_p = \frac{\Sigma F_{ai} a_i}{\Sigma F_{ai}}.$$

В расчет вводится арматура только нижнего пояса; металл средней части сечения и сжатой зоны не учитывается (рис. 109).

$$a_p = \frac{0,196 \times 2 \times (3,5 + 5 + 7,5 + 10,5 + 24)}{0,196 (2 + 2 + 2 + 2 + 2)} = \frac{101,0}{10} = 10,1 \text{ см}.$$

Расчет на прочность при эксплуатационной нагрузке. Дано:  $M_{\text{расч}} = 10,98 \text{ тм}$ ;  $h_0 = 111 - 10,1 = 100,9 \text{ см}$ ;  $K = 2,25$  (коэффициент запаса при расчете на прочность, для твердой стали в сборных конструкциях  $K = 2,5 \times 0,9 = 2,25$ . См. И-148-52; стр. 21 — 22); марка бетона 300;  $R_n = 260 \text{ кг/см}^2$ ;  $b = 11 \text{ см}$ .

$$KM = R_n b x \left( h_0 - \frac{x}{2} \right);$$

$$F_a \sigma_p = R_n b x.$$

$$2,25 \times 1\,098\,000 = 260 \times 11 \left( 100,9 - \frac{x}{2} \right);$$

$$2\,470\,500 = 328\,000 x - 1625 x^2; x^2 - 201,8 x + 1728 = 0;$$

$$x = 100,9 \pm \sqrt{100,9^2 - 1728}; \quad x = 100,9 - 92,05 = 8,85 \text{ см};$$

$$F_a = \frac{260 \times 11 \times 8,85}{15\,000} = 1,69 \text{ см}^2. \text{ Принимаем } 9 \varnothing 5;$$

$$F_a = 1,77 \text{ см}^2.$$

Расчет на поперечную нагрузку. Дано:  $M_{\text{попер}} = 12 \text{ тм}; \quad K = 2,1;$

$$2,1 \times 1\,200\,000 = 260 \times 11 \left(100,9 - \frac{x}{2}\right); \quad x^2 - 201,9x + 1762 = 0;$$

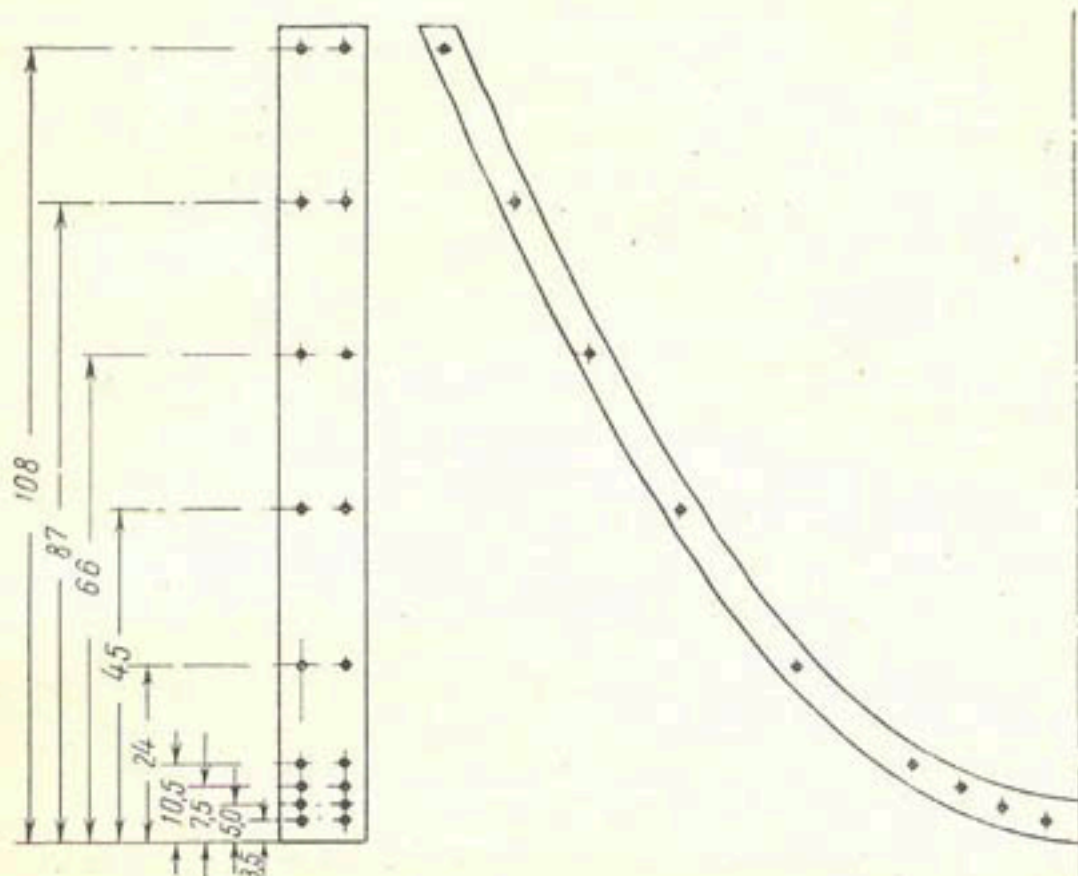


Рис. 109. Поперечное сечение лотка со схемой расположения напряженной арматуры.

$$x = 100,9 \pm \sqrt{100,9^2 - 1762} = 100,9 - 91,8 = 9,1 \text{ см}.$$

$$F_a = \frac{260 \times 11 \times 9,1}{15\,000} = 1,74 \text{ см}^2. \text{ Принято } 9 \varnothing 5; \quad F_a = 1,77 \text{ см}^2.$$

**Определение напряжений в бетоне и арматуре.** Статический момент внутренней параболы:

$$S_x = \frac{2}{5} BH^2 = \frac{2}{5} \times 171,2 \times 105^2 = 754\,992 \text{ см}^3.$$

Площадь внутренней параболы:

$$F_x = \frac{2}{3} BH = \frac{2}{3} \times 171,2 \times 105 = 11984 \approx 12\,000 \text{ см}^2.$$

Центр тяжести внутренней параболы:

$$y_x = \frac{754\,992}{12\,000} = 63 \text{ см}.$$

Для внешней параболы (рис. 110):

$$S_2 = \frac{2}{5} \times 182,2 \times 111^2 = 897\,954 \text{ см}^3;$$

$$F_2 = \frac{2}{3} \times 182,2 \times 111 = 13\,489 \text{ см}^2;$$

$$y_x = \frac{897\,954}{13\,489} = 66,6 \text{ см}.$$

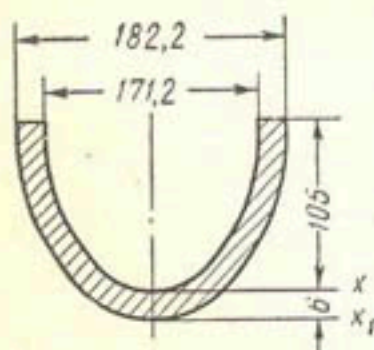


Рис. 110. Схема поперечного сечения лотка.

Центр тяжести внутренней параболы от оси  $X_1$ :

$$63 + 6 = 69 \text{ см.}$$

Статический момент внутренней параболы относительно оси  $X_1$ :

$$S_1 = F_1 \cdot 69 = 11\,984 \times 69 = 826\,900 \text{ см}^3.$$

Центр тяжести поперечного сечения лотка относительно оси  $X_1$ :

$$y_a = \frac{S_2 - S_1}{F_2 - F_1} = \frac{897\,954 - 826\,900}{13\,489 - 11\,984} = \frac{71\,054}{1505} = 47,2 \text{ см.}$$

Момент инерции внутренней параболы относительно оси  $X$ :

$$I_x = \frac{2}{7} \times 171,2 \times 105^3 = 56\,624\,000 \text{ см}^4.$$

Момент инерции внутренней параболы относительно оси, проходящей через центр тяжести этой параболы:

$$I_{ц.т.1} = I_x - a^2 F_1 = 56\,624\,000 - 63^2 \times 11\,984 = 9\,077\,684 \text{ см}^4.$$

Момент инерции внутренней параболы относительно оси, проходящей через центр тяжести лотка:

$$I_1 = I_{ц.т.1} + a^2 F_1; a = 69 - 47,2 = 21,8 \text{ см};$$

$$I_1 = 9\,077\,684 + 21,8^2 \times 11\,984 = 9\,077\,684 + 5\,695\,266 \cong 14\,773\,000 \text{ см}^4.$$

Момент инерции внешней параболы относительно оси  $X_1$ :

$$I_{x1} = \frac{2}{7} \times 182,2 \times 111^3 \cong 71\,195\,000 \text{ см}^4.$$

То же, относительно центра тяжести этой параболы:

$$I_{ц.т.2} = I_{x1} - a^2 F_2 = 71\,195\,000 - 66,6^2 \times 13\,489 = \\ = 71\,195\,000 - 59\,861\,000 = 11\,514\,000 \text{ см}^4.$$

Момент инерции внешней параболы относительно оси, проходящей через центр тяжести лотка:

$$a = 66,6 - 47,2 = 19,4 \text{ см};$$

$$I_2 = I_{ц.т.2} + a^2 F_2 = 11\,514\,000 + 19,4^2 \times 13\,489 \cong 16\,591\,000 \text{ см}^4.$$

Момент инерции лотка относительно оси, проходящей через центр тяжести лотка:

$$I_{ц} = 16\,591\,000 - 14\,773\,000 = 1\,818\,000 \text{ см}^4.$$

Расстояние от равнодействующей усилий во всей предварительно напряженной арматуре до растянутого края сечения ( $X_1$ ):

$$a_2 = \frac{0,196 \times 2(3,5 + 5 + 7,5 + 10,5 + 24 + 45 + 66 + 87 + 108)}{0,196 \times (2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2 + 2)} = \\ = \frac{713}{18} = 39,6 \text{ см.}$$

Коэффициент приведения сечения:

$$n = \frac{2\,100\,000}{0,85 \times 340\,000} = 7,25.$$

Расстояние от равнодействующей усилий всей предварительно напряженной арматуры до центра сечения:

$$l_0 = 47,2 - 39,6 = 7,6 \text{ см.}$$

Приведенный радиус инерции, возведенный в квадрат:

$$r^2 = \frac{I_{ц}}{F} = \frac{1\,818\,000}{1505} = 1200 \text{ см}^2.$$

Напряженное состояние элемента от предварительного напряжения перед его нагружением:

$$\sigma_{01} = \frac{\sigma_{a, n \text{ п.с.}} \left( 1 \pm \frac{l_0 y_a}{r^2} \right)}{1 + n \text{ п.с.} \left( 1 + \frac{l_0^2}{r^2} \right)}; y = 111 - 47,2 = 63,8 \text{ см};$$

$$\sigma_{a, n} = \sigma_{a, k} - \sigma_n = 9750 - 1500 = 8250 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma_{a, k} = 0,65 \sigma_p = 0,65 \times 15000 = 9750 \text{ кг/см}^2;$$

$$\alpha_{pc} = \frac{F_a}{F_b} = \frac{0,196 \times 18}{1505} = 0,00235.$$

Напряжение в бетоне у растянутого края сечения лотка:

$$\sigma_{61} = \frac{8250 \times 0,00235 \left(1 + \frac{7,6 \times 47,2}{1200}\right)}{1 + 7,25 \left(1 + \frac{7,6^2}{1200}\right) 0,00235} = \frac{8250 \times 0,00235 \times 1,3}{1,018} = 24,7 \text{ кг/см}^2.$$

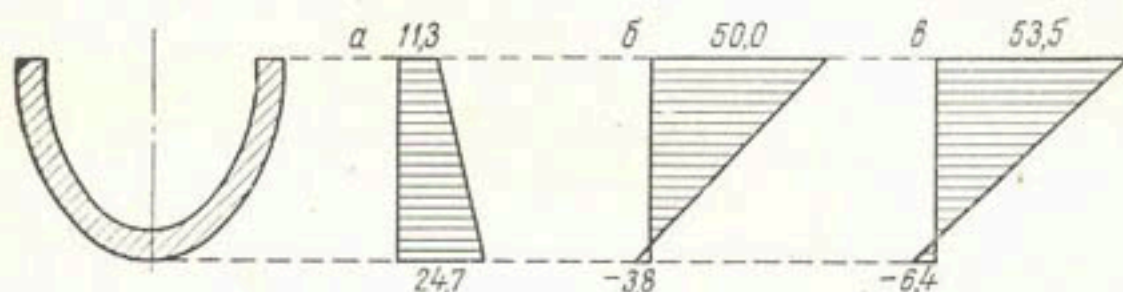


Рис. 111. Эпюры напряжений в бетоне:

а — предварительное обжатие; б — эксплуатационный случай; в — проверочный случай.

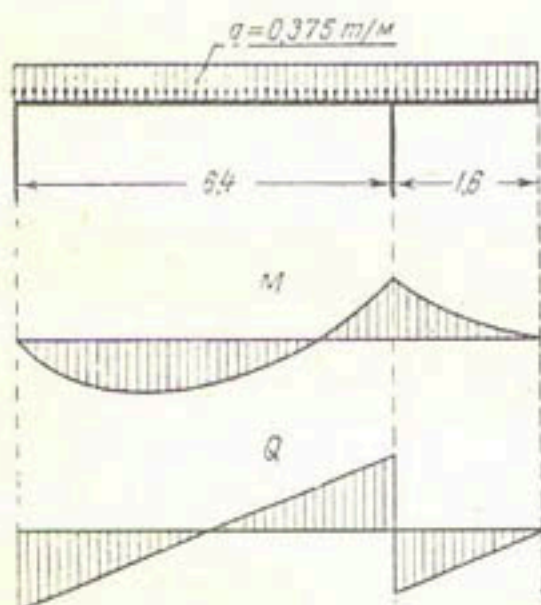


Рис. 112. Расчетная схема лотка на монтажную нагрузку и эпюры  $M$  и  $Q$  (1-й случай).

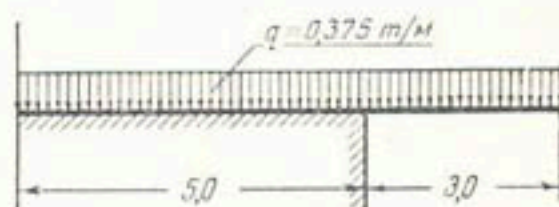


Рис. 113. Расчетная схема лотка на монтажную нагрузку (2-й случай).

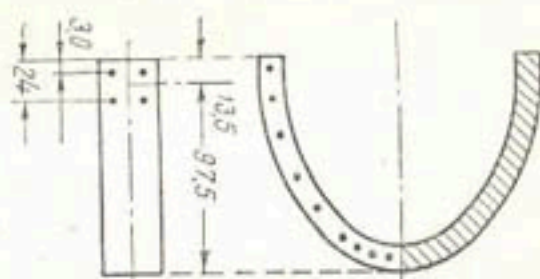


Рис. 114. Поперечное сечение лотка со схемой расположения напряженной арматуры (к расчету на монтажную нагрузку).

То же, у сжатого края сечения лотка:

$$\sigma'_6 = \frac{8250 \times 0,00235 \left(1 - \frac{7,6 \times 63,8}{1200}\right)}{1 + 7,25 \times 0,00235 \left(1 + \frac{7,6^2}{1200}\right)} = \frac{8250 \times 0,00235 \times 0,596}{1,018} = 11,3 \text{ кг/см}^2.$$

Расчет на эксплуатационную нагрузку. Напряжение в бетоне у растянутого края сечения при действии эксплуатационной нагрузки на напряженный элемент:

$$\sigma_6 = \sigma_{61} - \frac{M_y}{I_{II}} = 24,7 - \frac{1\,098\,000 \times 47,2}{1\,818\,000} = 24,7 - 28,5 = -3,8 \text{ кг/см}^2.$$

Напряжение в бетоне у сжатого края сечения:

$$\sigma'_6 = 11,3 + \frac{1\,098\,000}{1\,818\,000} 63,8 = 11,3 + 38,7 = 50 \text{ кг/см}^2.$$

Расчет на поперечную нагрузку.

$$\sigma_0 = 24,7 - \frac{1\,200\,000}{1\,818\,000} 47,2 = 24,7 - 31,1 = -6,4 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma'_0 = 11,3 + \frac{1\,200\,000}{1\,818\,000} 63,8 = 11,3 + 42,2 = 53,5 \text{ кг/см}^2.$$

Установившееся предварительное напряжение в любом стержне арматуры (рис. 111):

$$\sigma_{a1} = \sigma_{a.п} \left[ \frac{1 - \frac{n \sigma_{\mu.с} \left(1 + \frac{l_0 y_{II}}{r^2}\right)}{1 + n \sigma_{\mu.с} \left(1 + \frac{l_0^2}{r^2}\right)}}{1 + \frac{n \sigma_{\mu.с} \left(1 + \frac{l_0 y_{II}}{r^2}\right)}{1 + n \sigma_{\mu.с} \left(1 + \frac{l_0^2}{r^2}\right)}} \right];$$

$$\sigma_{a1} = 8250 \left[ \frac{1 - \frac{7,25 \times 0,00235 \left(1 + 7,6 \frac{47,2 - 2}{1200}\right)}{1 + 7,25 \times 0,00235 \left(1 + \frac{7,6^2}{1200}\right)}}{1 + \frac{7,25 \times 0,00235 \left(1 + 7,6 \frac{47,2 - 2}{1200}\right)}{1 + 7,25 \times 0,00235 \left(1 + \frac{7,6^2}{1200}\right)}} \right] =$$

$$= 8250 \left(1 - \frac{0,022}{1,018}\right) = 8060 \text{ кг/см}^2.$$

Напряжения, действующие в арматуре от эксплуатационной нагрузки:

$$\sigma_a = \sigma_{a1} + \frac{M n y_{II}}{I} = 8060 + \frac{1\,098\,000 \times 7,25 (47,2 - 2)}{1\,818\,000} =$$

$$= 8060 + 198 = 8258 < 8287;$$

$$\sigma_a \leq 0,85 \sigma_{a.к.}$$

Напряжение в арматуре от поперечной нагрузки:

$$\sigma_a = 8060 + \frac{1\,200\,000 \times 7,25 \times 45,2}{1\,818\,000} = 8060 + 216 = 8276 \text{ кг/см}^2 < 8287.$$

Проверка блока на монтажные нагрузки в продольном направлении (рис. 112)  
1-й случай

Нагрузка на 1 пог. м от собственного веса лотка:

$$q_0 = \frac{3}{8} = 0,375 \text{ т/пог. м};$$

опорные реакции:

$$R_0 = \frac{0,375 \times 8^2}{2 \times 6,4} = 1,875 \text{ т};$$

$$R_a = \frac{0,375 \times 8 (4 - 1,6)}{6,4} = 1,125 \text{ т}.$$

Расстояние до  $M_{\max}$ :

$$M_x = R_a x - \frac{q_0 x^2}{2}; \quad \frac{\partial M}{\partial x} = Q = R_a - q_0 x = 0;$$

$$x = \frac{R_a}{q_0} = \frac{1,125}{0,375} = 3 \text{ м}.$$

$$M_{\max} = 1,125 \times 3 - \frac{0,375 \times 3^2}{2} = 3,375 - 1,68 = 1,695 \text{ т.м}.$$

Коэффициент динамичности  $K=2$  — из условия отрыва изделия от опалубки.

$$M_{\text{расч}} = 1,695 \times 2 = 3,39 \text{ т.м}.$$

2-й случай (рис. 113).

$$M = \frac{q_0 l^2}{2} K = \frac{0,375 \times 3^2}{2} 1,5 = 2,53 \text{ т.м};$$

$$K_{\text{дин}} = 1,5.$$

К расчету принимается 1-й случай (рис. 114).

**Расчет на прочность.** Расстояние от равнодействующей усилий предварительно напряженной арматуры растянутой зоны до крайнего волокна (в расчет вводится арматура нижнего пояса):

$$a_2 = \frac{F_{a1} d_1 + F_{a2} d_2}{F_{a1} + F_{a2}} = \frac{0,196 \times 2 (3 + 24)}{0,196 \times 2 \times 2} = 13,5 \text{ см.}$$

Дано:  $M_{\text{монт}} = 3,39 \text{ т.м.}$ ;  $h_0 = 111 - 13,5 = 97,5 \text{ см.}$

$$R_n = 0,7 \quad R_n = 0,7 \times 260 = 182 \text{ кг/см}^2; \quad K = 2,25.$$

$$2,25 \times 339\,000 = 182 \times 11 \left( 97,5 - \frac{x}{2} \right);$$

$$760\,500 = 199\,000 x - 1020 x^2;$$

$$x^2 - 195 x + 762 = 0;$$

$$x = 97,5 \pm \sqrt{97,5^2 - 762};$$

$$x = 97,5 - 93,5 = 4 \text{ см.}$$

$$F_a = \frac{182 \times 11 \times 4}{15\,000} = 0,534 \text{ см}^2. \text{ Принято } 4 \text{ } \varnothing \text{ } 5; \quad F_a = 0,79 \text{ см}^2.$$

Проверка напряжений в бетоне:

$$\sigma_6 = \sigma'_6 - \frac{M_{\text{монт}} y}{I_{\text{ц}}} ; \quad \sigma_6 = 11,3 - \frac{339\,000 \times 63,0}{1\,818\,000} = 11,3 - 11,8 = -0,5 \text{ кг/см}^2.$$

Предварительное напряжение в бетоне в момент съема зажимных усилий при марке бетона, равной 0,7 проектной величины.

$$\sigma_{61} = \frac{\sigma_{a. \text{ п. } \sigma_{\mu c}} \left( 1 + \frac{l_0 y_{\text{ц}}}{r^2} \right)}{1 + n \sigma_{\mu c} \left( 1 + \frac{l_0^2}{r^2} \right)}.$$

Геометрические характеристики сечения определены выше (в расчете лотка в продольном направлении от эксплуатационной и поверочной нагрузок).

$$n = \frac{2,1 \times 10^6}{2,9 \times 10^5 \times 0,85} = 8,5 \text{ (при марке бетона, равной 0,7 проектной величины);}$$

$$\sigma_{61} = \frac{8250 \times 0,00235 \left( 1 + \frac{7,6 \times 47,2}{1200} \right)}{1 + 8,5 \times 0,00235 \left( 1 + \frac{7,6^2}{1200} \right)} = \frac{8250 \times 0,00235 \times 1,3}{1,021} = 24,7 \text{ кг/см}^2;$$

$$\sigma'_6 = \frac{8250 \times 0,00235 \left( 1 - \frac{7,6 \times 63,8}{1200} \right)}{1 + 8,5 \times 0,00235 \left( 1 + \frac{7,6^2}{1200} \right)} = \frac{8250 \times 0,00235 \times 0,596}{1,021} = 11,1 \text{ кг/см}^2.$$

Напряжения в бетоне у растянутого края сечения в момент съема изделия с формы:

$$\sigma_{61} = \sigma'_6 - \frac{M y}{I_{\text{ц}}} = 11,1 - \frac{339\,000 \times 63,8}{1\,818\,000} = 11,1 - 11,9 = -0,8 \text{ кг/см}^2.$$

Напряжение в бетоне у сжатого края сечения в момент съема изделия с формы:

$$\sigma_6 = \sigma_{61} + \frac{M y}{I_{\text{ц}}} = 24,7 + \frac{339\,000 \times 47,2}{1\,818\,000} = 24,7 + 8,8 = 33,5 \text{ кг/см}^2.$$

Расчет лотка как оболочки с учетом ее совместной работы в продольном и поперечном направлениях позволил количественно определить влияние сдвигающих сил, выразившееся в снижении изгибающего момента по середине пролета в поперечном направлении на 43,7% по сравнению с моментом, определенным по консольной схеме и без учета сдвигающих сил.

## ПРЕДПРИЯТИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ДЛЯ МЕЛИОРАТИВНОГО СТРОИТЕЛЬСТВА

Железобетонные детали сборных гидросооружений для водохозяйственного строительства в настоящее время изготавливают свыше 200 различных по мощности и оборудованию предприятий, из которых до 80% являются временными, с годовой производительностью менее 3 тыс. м<sup>3</sup>. Эти предприятия мало механизированы и работают сезонно, в течение 150—200 дней в году.

Из постоянно действующих предприятий можно выделить два наиболее крупных завода, которые имеют годовую мощность около 50 тыс. м<sup>3</sup>, и до 20 предприятий производительностью от 5 до 20 тыс. м<sup>3</sup> в год. Из них лишь Беговатский завод Средазирсовхозстроя (50 тыс. м<sup>3</sup>/год) является специализированным и выпускает железобетонные ненапряженные лотки длиной 6 м параболического сечения.

В Грузии и на Украине имеются полигоны и цехи для изготовления железобетонных напряженных лотков длиной 7 м параболического сечения с годовой производительностью до 10 тыс. м<sup>3</sup>.

Остальные предприятия неспециализированы и выпускают разнообразные железобетонные ненапряженные детали для строительства сборных гидросооружений водохозяйственных систем, причем круглые трубы здесь изготавливаются, как правило, длиной не более 2 м и диаметром до 1,5 м.

Эта производственная база создавалась постепенно, в течение последних 10 лет, поэтому оборудование и механизмы на существующих предприятиях в значительной мере устарели.

Металлические формы и другая оснастка для изготовления железобетонных изделий выполнялись в большинстве своем на неспециализированных заводах и в мастерских, имеют предельные допуски и после непродолжительной эксплуатации часто требуют ремонта. На многих полигонах и некоторых заводах еще используются деревянные формы.

Термобработка железобетонных изделий для водохозяйственного строительства применяется лишь на постоянно действующих и наиболее крупных предприятиях.

На большинстве заводов механизированы лишь приготовление бетонной смеси и частично ее уплотнение на вибростолах, в виброформах и ручными вибраторами. На наиболее крупных заводах и полигонах частично механизирована заготовка арматуры с применением многоточечной и одноточечной сварки металлических каркасов.

Механизированы также транспортировка и складирование продукции.

Заполнители сортируются только на две или три фракции и лишь на больших предприятиях, а промываются в основном крупные заполнители для особо ответственных конструкций.

Характер технологии производства на заводах и полигонах определяется большим разнообразием железобетонных изделий для мелиоративных сборных гидросооружений и относительно небольшой мощностью этих предприятий. Они, как правило, работают по стандовой и поточно-агрегатной технологии. Так, на наиболее крупном заводе — Беговатском — отработана поточно-агрегатная технология производства параболических ненапряженных лотков.

В последние годы строительство предприятий по изготовлению железобетонных деталей и конструкций для водохозяйственных объектов в основном выполнялось по типовым проектам, созданным в 1959 г. институтом Гипростройиндустрия: заводов с годовой производительностью 20 тыс. м<sup>3</sup> железобетонных изделий плюс 5 тыс. м<sup>3</sup> товарного бетона при двухсменной работе и полигонов мощностью 5 тыс. м<sup>3</sup> в год.

Такой типовой завод запроектирован как самостоятельное предприятие. В его составе: главный корпус площадью 2649 м<sup>2</sup>, бетоносмесительный узел, склад цемента на 200 т, открытый штабельно-траншейный склад заполнителей бетона, склад готовой продукции в 890 м<sup>2</sup> и открытый полигон на площади 587 м<sup>2</sup> для изготовления железобетонных безнапорных труб.

Кроме того, имеется блок вспомогательных цехов площадью 1623 м<sup>2</sup>, в который входят склад арматуры, материальный склад, кузница и ремонтно-механический цех, компрессорная и пр.

В главном корпусе размещены линии и посты для поточно-агрегатного производства плоских и ребристых железобетонных изделий, протяжный стенд для изготовления напряженных лотков и пропарочные камеры, а также лаборатория и бытовые помещения. Максимальная длина изделий 8 м, вес до 5,5 т.

Формовочный пост имеет виброплощадку типа СМ-476А грузоподъемностью 5 т, бетонораздатчик типа 6563/1, тележку с подъемной платформой и вибропригрузочный щит.

Крупногабаритные лотки изготавливаются стандовым способом в отдельных формах, воспринимающих усилия от натяжения арматуры.

Подъемно-транспортные работы в главном корпусе выполняют мостовой кран грузоподъемностью 10 т и самоходная тележка с прицепом грузоподъемностью 20 т.

Раструбные трубы диаметром до 150 см и длиной до 4 м изготавливают на полигоне в вертикальном положении в разъемных металлических формах с вибросердечником. Бетонную смесь укладывают в форму из бады краном-погрузчиком при включенном вибросердечнике, который по окончании формовки извлекается из формы тем же краном-погрузчиком.

Для ускорения твердения бетона предусмотрена пропарка труб: в их полость через резиновый шланг и штуцер поддона форм пускают пар; верх трубы закрывают крышкой, и всю форму накрывают брезентовым чехлом. Распалубку труб производят, раздвигая полуформы с помощью винтов. Трубу извлекают краном-погрузчиком.

Изготовление труб по этой технологии отработано на Московском заводе № 15. Режим его работы следующий. Количество рабочих дней в году для главного корпуса — 307, для полигона — 180; работают на формовке изделий — 2, а на термовлажной обработке — 3 смены продолжительностью 7 часов каждая. Общий состав работающих 128 человек, в том числе на производстве занято 96 человек.

Железобетонные детали и блоки сборных гидросооружений мелиоративных систем в большинстве случаев имеют свою специфику, и их изготовление требует соответствующей оснастки, отличной от применяемой на заводах по производству железобетонных деталей промышленного и жилищного строительства.

У нас в стране лотки применяются главным образом на строительстве оросительных систем, и их массовое производство налажено только на предприятиях водохозяйственных организаций. В связи с этим производство лотков освещается более подробно, так как изготовление других изделий имеет много общего с технологией производства деталей для гражданского и промышленного строительства.

Лотки бывают в основном параболического и частично полукруглого сечения длиной от 3 до 8 м с наполнением до 1,6 м, напряженной и ненапряженной конструкции.

Ниже приводится описание производства лотков и технология их изготовления применительно к отдельным наиболее крупным заводам.

**Беговатский завод железобетонных изделий** расположен в Узбекской ССР. Это специализированное и самое крупное в системе водохозяйственных организаций предприятие выпускает железобетонные ненапряженные лотки параболического сечения, длиной 6 м с наполнением до 100 см. Здесь только в 1963 г. было изготовлено 54 280 лотков (или 325 680 пог. м) при общем объеме железобетона 43 тыс. м<sup>3</sup>, а с товарным бетоном — около 49 тыс. м<sup>3</sup>.

В составе завода имеется главный производственный корпус из двух пролетов шириной 18 и 12 м, длиной 132 и 120 м. Каждый пролет имеет по два формовочных поста, состоящих из виброплощадки грузоподъемностью 5 т типа СМ-476А и самоходного бетонораздатчика, и оборудован двумя мостовыми кранами грузоподъемностью по 5 т.

Очистка, смазка и сборка форм производятся на отдельных постах, а термовлажная обработка — на специальных линиях.

Бетоносмесительный цех примыкает к главному производственному корпусу и скомпонован по вертикальной схеме с однократным подъемом заполнителей бетона. Заполнители и цемент для бетонной смеси распределяются и поступают в бетономешалки через автоматические весовые дозаторы типа АДВ-425.

Арматурный цех шириной 12 м и длиной 40 м оборудован грузоподъемной балкой. Плоские арматурные сетки для лотков свариваются на двух автоматах многоточечной сварки типа АТМС-1475-5, на четырех одноточечных машинах типа МТПП-75 и на трех машинах МТП-75-12. В цехе имеются пресс, ножницы С-229 и станок для гнутья арматуры С-146А.

Гнутье плоских сеток по параболе для лотков производят с использованием специального оборудования, изготовленного на стройке (рис. 115).

Склад заполнителей — открытого типа, емкостью 12 тыс. м<sup>3</sup>. Заполнители из карьера доставляются автотранспортом на расстояние 9 км. На заводе производятся сортировка и промывка заполнителей.

Склад цемента — закрытый, силосного типа, емкостью 600 т. Цемент доставляется с Хилковского цементного комбината железнодорожным транспортом и разгружается специальными пневмогрузчиками.

В составе завода имеется еще полигон размером 32×70 м с двумя формовочными постами, оборудованными усиленной виброплощадкой СМ-476А грузоподъемностью 5 т и виброплощадкой СМ615У грузоподъемностью 10 т.

Полигон обслуживается козловым краном грузоподъемностью 7,5 т. Бетон доставляется автопогрузчиком, который подает его в бункер бетонораздатчика.

На полигоне изготавливаются параболические лотки глубиной 100 см. Его производительность — 50 лотков, а всего завода — около 200 лотков в сутки.

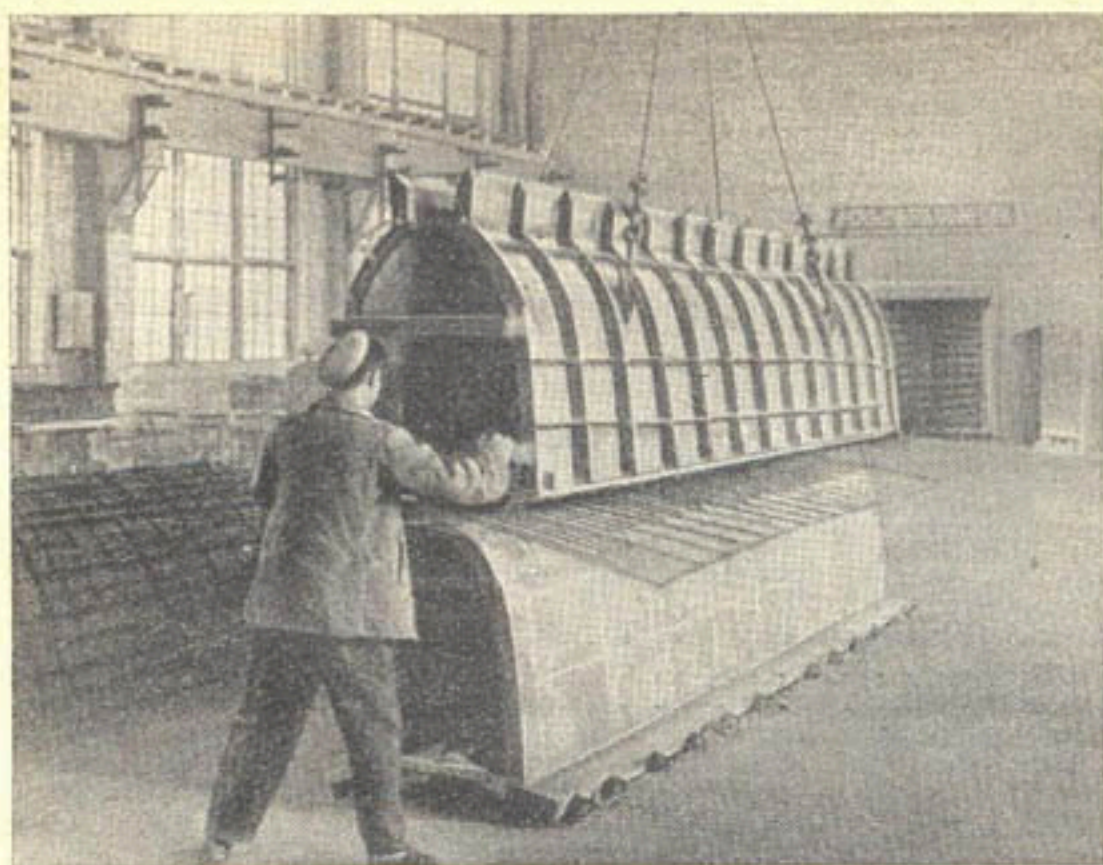


Рис. 115. Гнутье плоских сеток по параболе для ненапряженных лотков.

В составе завода, кроме того, имеются лаборатория, котельная, навес и другие подсобно-служебные помещения.

Завод обслуживают 787 человек, в том числе на основном производстве заняты 502 человека. Работа проводится в три смены со средним количеством рабочих дней в году — 307.

Завод имеет около 360 металлических форм для лотков общим весом до 850 т при металлоемкости основного оборудования завода около 500 т.

В настоящее время на Беговатском заводе в основном изготавливаются по поточно-агрегатной технологии производства гладкие ненапряженные железобетонные лотки параболического сечения длиной 6 м с наполнением 40, 60, 80 и 100 см.

Конструкция лотков и форм для них выполнены по проектам института Гипроводхоз.

Эти лотки изготавливаются в перевернутом положении с уплотнением бетонной смеси на вибростолах и пропариванием в формах.

Бетонная смесь полужесткой консистенции, с осадкой стандартного конуса 2—3 см поступает из бетонораздатчика в приемную щель (горловину) формы, находящуюся на гребне параболы, при работающем вибростоле до полного заполнения. На рисунке 116 показана формовка лотков глубиной 1 м.

Лотки, изготовленные в перевернутом положении, имеют гладкую внутреннюю поверхность, обеспечивающую минимальные гидравлические потери.

На Беговатском заводе при изготовлении лотков применяют портландцемент марок 400 и 500, а в качестве заполнителей — песок крупностью 0,15—5 мм и гравий крупностью 5—15 мм. Заполнители получают из шагала (естественной смеси гравия, песка и илистых частиц), который промывают и рассеивают на фракции на построенных при заводе установках. При изготовлении ненапряженных лотков глубиной 0,4—0,8 м применяют бетон марки 200 с расходом цемента 340 кг/м<sup>3</sup>, а для ненапряженных глубиной 1 м и напряженных лотков используют бетон марки 300 при расходе цемента до 420 кг/м<sup>3</sup>.

Металлические формы для параболических лотков состоят из днища с закрепленным на нем сердечником (поддона) и двух бортовых разъемных откидных стенок, а также торцовых диафрагм с отверстием для подвода пара.

В целях ускорения процесса термообработки лотков в 1963 г. институтом Гипроводхоз были сконструированы и отработаны совместно со специалистами Управления Голодностепстроя формы с двойной обшивкой бортов. Термообработка лотков в такой форме производится с подачей пара внутрь поддона и в пространство между обшивками.

Увеличение веса форм с двумя обшивками на 5% позволяет сократить продолжительность пропаривания лотков на 25%, при этом увеличивается жесткость форм и уменьшаются допуски в толщине изделий.

Затраты времени на выполнение основных видов работ по изготовлению ненапряженных лотков в среднем составляют:

|                                                                                 |                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Очистка формы, укладка арматуры, сборка формы и доставка на вибростол . . . . . | 18 мин                                                                           |
| подвоз бетона и заполнение формы . . . . .                                      | 7 »                                                                              |
| время вибрации . . . . .                                                        | 4 »                                                                              |
| доставка к месту пропарки . . . . .                                             | 1 »                                                                              |
| распалубка и доставка на склад . . . . .                                        | 20 »                                                                             |
| термообработка (без двойной обшивки) . . . . .                                  | около 16 час, т. е. более 90% всего времени, необходимого на изготовление лотка. |

Оборачиваемость форм — один раз в сутки, при этом формы закреплены за бригадами по сменам.

При термообработке горловину (днищевую часть лотка) укрывают брезентом. Как показали исследования Гипроводхоза, утепление горловины повышает прочность бетона в днище лотка к концу термообработки на 20%. Наружная поверхность днищевой части лотков при этом не имеет трещин, в то время как при термообработке с открытой горловиной здесь образуются многочисленные трещины в различном направлении длиной от нескольких сантиметров до 0,5 м и шириной до 1 мм.

Бетонная смесь уплотняется на виброплощадках заводского изготовления грузоподъемностью 5 т, марки СМ-615КП (для лотков глубиной

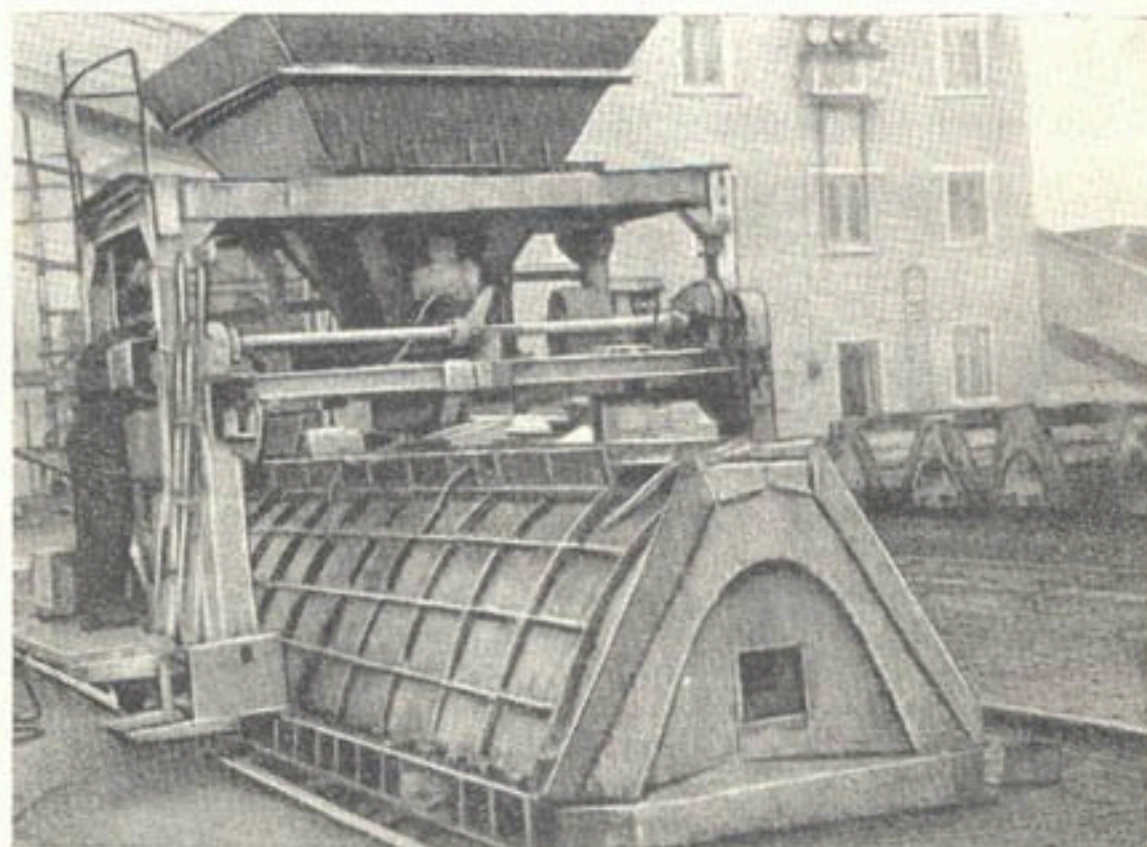


Рис. 116. Формовка лотков глубиной 1 м на виброплощадке.

до 1 м). Виброплощадки обеспечивают 2920 колебаний в минуту с амплитудой 0,3—0,75 мм. Подача бетона в форму, установленную на виброплощадке, производится самоходным бетоноукладчиком.

Перемещение лотков с поста формовки на пост термообработки и погрузку лотков на автотранспорт (при изготовлении лотков глубиной

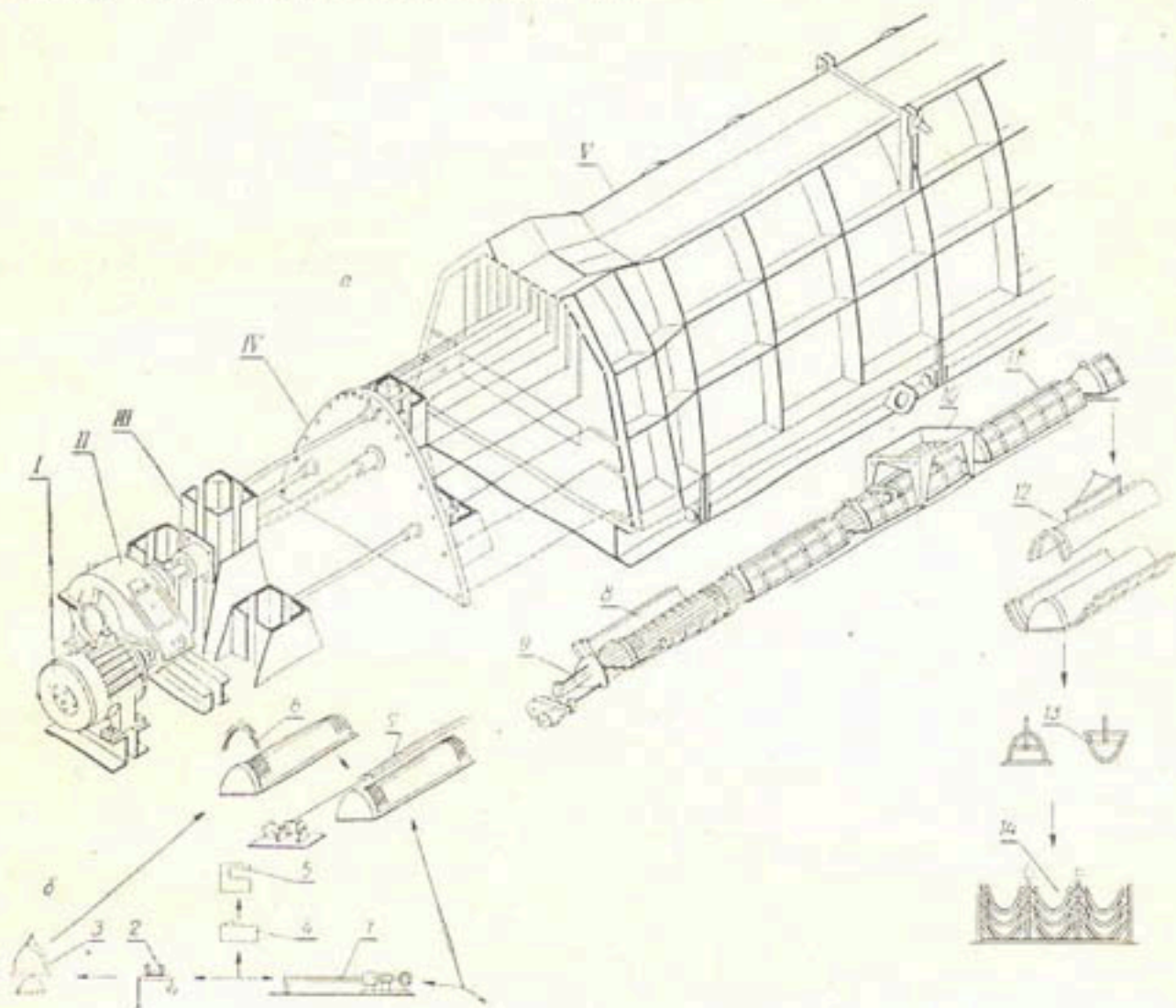


Рис. 117. Изготовление напряженных лотков по стендовой технологии в перевернутом положении:

а — общий вид; I — электромотор; II — редуктор; III — упоры; IV — диафрагма; V — форма лотка раструбного типа; б — технологические операции на стенде; 1 — выпрямление, очистка и заготовка ненапряженной арматуры на станке С-338; 2 — изготовление арматурных сеток на машине точечной сварки МТПГ-75; 3 — гнутье арматурных сеток; 4 — гнутье арматурных заготовок для каркаса раструба на станке НЗ-4; 5 — изготовление каркаса раструба на машине односточной сварки МТМ-50; 6 — укладка в форму каркасов раструба и сеток; 7 — протаскивание напрягаемой арматуры через линию форм лебедкой; 8 — установка бортов форм; 9 — натяжение напрягаемой арматуры натяжной станцией; 10 — укладка бетонной смеси бетоноукладчиком с уплотнением ее вибратором; 11 — термообработка лотков подачей пара в форму; 12 — раскрытие бортов форм, отпуск напряженной арматуры и среза концов; 13 — кантование лотков в рабочее положение; 14 — складирование лотков, их маркировка, уход за лотками.

1 м на открытом полигоне) осуществляет козловый кран грузоподъемностью 7,5 т, а при изготовлении лотков в цехе — мостовой кран грузоподъемностью 5 т.

Себестоимость изготовления 1 м<sup>3</sup> железобетона в лотках на Беговатском заводе в 1962 г. в среднем составила 46 руб., что на 20—30% ниже себестоимости производства лотков на других предприятиях, имеющих, кроме того, повышенный расход зарплаты в размере от 28 до 40%. Такие положительные качества являются следствием применения на Беговатском заводе поточно-агрегатного способа изготовления лотков, специализации производства и достаточно большой годовой производительности предприятия.

Опоры для лотков, выпускаемых Беговатским заводом, изготавливает другой завод того же треста в г. Янгьер.

Производство железобетонных напряженных лотков на Беговатском заводе только осваивается, и технология их изготовления еще не отработана.

Впервые в Советском Союзе железобетонные напряженные лотки начали выпускать в 1961 г. предприятия треста Самгорводстрой (Грузинская ССР), а затем по той же технологии предприятия треста Днепроводстрой (Украинская ССР). Эти лотки — безраструбные, параболического сечения, с напряженной продольной и разреженной поперечной арматурой или совсем без нее; глубина их 45, 56, 75 и 100 см, длина 7 м. Они формуется на протяжных стендовых линиях из 10—15 форм, как правило, в перевернутом (дном вверх) положении (рис. 117). На заводе в пос. Лило (Грузинская ССР) их производят и в рабочем положении. Однако хронометражем установлено, что при таком изготовлении затраты труда выше по сравнению с формовкой деталей в перевернутом положении, а внутренняя рабочая поверхность получается менее гладкой и со значительным количеством раковин.

Формование лотков в перевернутом положении позволяет довольно просто в одной большой форме изготавливать несколько типоразмеров лотков с соответствующими прокладками; имеются и другие преимущества.

Производством лотков в рабочем положении стремились добиться исключения приливов бетона в замковой части лотков и сокращения времени на термообработку, а также получить более уплотненный бетон в нижней замковой части лотка. Однако практически заметных преимуществ в этой области достигнуто не было. Технология производства лотков в рабочем положении пока еще полностью не отработана.

**Завод железобетонных изделий в поселке Орхеви (Грузинская ССР)** является первым предприятием, на котором было организовано производство железобетонных напряженных лотков на протяжных стендах. Его производительность — около 10 тыс. м<sup>3</sup> в год.

Напряженные лотки параболического сечения изготавливаются по проектам Грузгипроводхоза длиной 7 м и глубиной до 75 см. Завод имеет два цеха. В одном из них, в ямных камерах, размещаются формы для изготовления ненапряженных лотков длиной 4 м и глубиной до 125 см, а также кассеты для изготовления опорных стоек и сидел лотков. Второй цех состоит из двух пролетов; в одном расположен протяжный стенд для изготовления напряженных лотков, во втором изготавливаются трубы и другие детали сооружений.

Параболические лотки из напряженного железобетона формуется в перевернутом положении на одной стендовой линии длиной 80 м, оборудованной 11 металлическими формами и натяжной станцией. Форма состоит из поддона, образующего внутреннюю поверхность лотка, и откидных (на шарнирах) бортов для формирования наружной поверхности лотка. Торцовые стенки из листовой стали имеют отверстия для пропуска продольной напряженной арматуры. Одна из них приварена к поддону, а другая — съемная, на болтах. Арматуру на все 11 форм натягивает натяжная станция, состоящая из винта, закрепленного на раме и приводимого во вращение электромотором через редуктор.

Бетонная смесь — пластичная, с осадкой стандартного конуса 5—6 см; укладывается она в формы вручную с передвижной площадки в течение 15—20 мин.

Бетонный узел расположен в середине цеха и снабжает бетонной смесью оба пролета цеха при помощи двух транспортеров. Для изготовления железобетонных деталей применяется цемент марки 500.

Бетонная смесь уплотняется при помощи вибровала, размещенного на раме формы, установленной на резиновых прокладках.

Термообработка осуществляется путем подачи пара внутрь поддона каждой формы; этот процесс продолжается от 12 до 16 час. Таким образом, формы оборачиваются один раз в сутки. Проект их конструкции

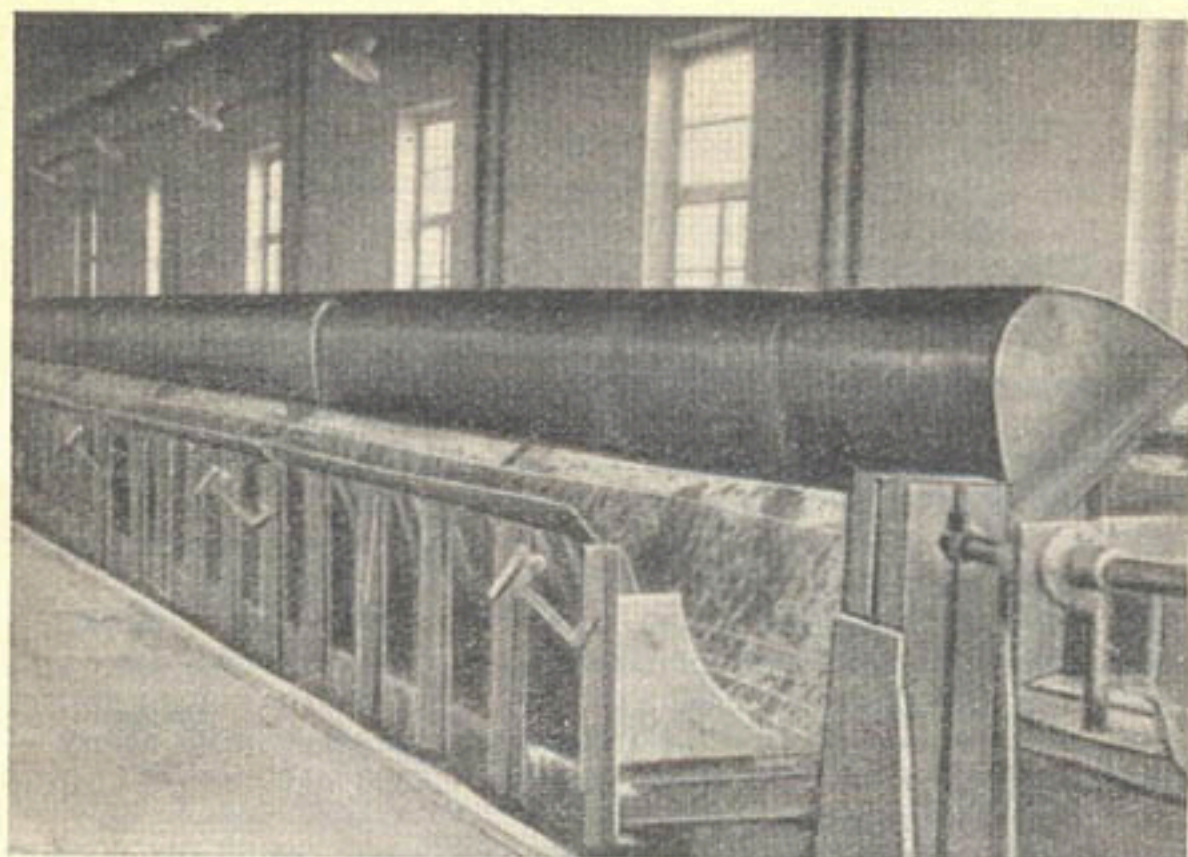


Рис. 118. Изготовление напряженных лотков по стендовой технологии в рабочем положении.

разработан Грузгипроводхозом в 1963 г. На заводе в пос. Лило было начато изготовление в рабочем положении напряженных параболических лотков длиной 7 м и глубиной до 1 м (рис. 118).

Протяжный стенд для лотков имеет длину 115 м и рассчитан на одновременное изготовление 15 лотков.

На полигоне в пос. Лило рядом со стендовой линией построен бассейн для выдерживания лотков в воде после распалубки. При этом способе улучшается качество изделий и повышается прочность бетона.

Напряженные железобетонные лотки параболического сечения также изготавливаются на Черкасском и Селидовском заводах (Украинская ССР), начато их производство на заводах Туркменской ССР и РСФСР.

В настоящее время ряд проектных организаций (Гипростройиндустрия, Гипроводхоз, Грузгипроводхоз) разработал проекты металлических форм для изготовления параболических напряженных и ненапряженных лотков. Часть из них уже отработана и применяется в массовом порядке (табл. 69).

Таблица 69

| Наименование лотков                                               | Длина,<br>м | Глубина,<br>см | Вес<br>лотка,<br>кг | Вес<br>формы,<br>кг | Отношение<br>веса формы<br>к весу<br>изделия |
|-------------------------------------------------------------------|-------------|----------------|---------------------|---------------------|----------------------------------------------|
| Гладкие ненапряженные (формы Гипроводхоза, 1963 г.)               | 6           | 40             | 945                 | 1618                | 1,7                                          |
|                                                                   | 6           | 60             | 1445                | 2110                | 1,5                                          |
|                                                                   | 6           | 80             | 1775                | 2816                | 1,6                                          |
|                                                                   | 6           | 100            | 2568                | 2766                | 1,1                                          |
| То же, раструбные (формы Гипроводхоза, 1962 г.)                   | 6           | 40             | 975                 | 2073                | 2,1                                          |
|                                                                   | 6           | 60             | 1295                | 2423                | 1,9                                          |
|                                                                   | 6           | 80             | 1830                | 2940                | 1,6                                          |
|                                                                   | 6           | 100            | 2985                | 4710                | 1,6                                          |
| То же (формы Гипростройиндустрии, 1961 г.) для напряженных лотков | 8           | 60             | 1673                | 3090                | 1,8                                          |
|                                                                   | 8           | 80             | 2350                | 3150                | 1,3                                          |
| То же (формы Гипроводхоза, 1962 г.)                               | 8           | 120            | 4800                | 7466                | 1,6                                          |
|                                                                   | 8           | 140            | 6233                | 12333               | 2,0                                          |

Из приведенных данных видно, что вес форм в 1,1—2,1 раза превышает вес изделий.

#### ПРОИЗВОДСТВО ЛОТКОВ ЗА РУБЕЖОМ

В Италии, Франции и других странах на строительстве оросительных систем применяются железобетонные лотки параболического, полукруглого, эллиптического и других сечений длиной 5—7 м при различной технологии их изготовления.

Лотки формуруются на протяжных стендах (в перевернутом горизонтальном положении), центрифугированием и в вертикальных формах. Последний способ (по технологии фирмы «Эмульпресс») представляет значительный интерес, и поэтому на его описании остановимся более подробно. Сущность способа состоит в следующем.

Железобетонные напряженные лотки полукруглого сечения изготавливаются попарно в одной специальной вертикальной форме.

Для каждого диаметра лотка имеется металлическая форма, конструкция которой позволяет производить в ней натяжение высокопрочной арматуры в продольном направлении лотка, обезвоживание и уплотнение бетонной смеси с использованием сжатого воздуха, а также и автоклавную обработку бетона под давлением до  $3 \text{ кг/см}^2$  путем подачи насыщенного пара при температуре до  $130^\circ\text{C}$ . Форма имеет внутренний и внешний цилиндры; последний состоит из двух раздвижных половинок со съемным поддоном и крышкой, с помощью которых производится натяжение арматуры. Нижним концом продольная напрягаемая арматура зажимается наглухо в поддоне, а верхние концы пропускаются в отверстия крышки. После установки арматуры наружные полуцилиндры сдвигаются и скрепляются при помощи специального устройства с овальными валами.

В середине формы установлен расширяющийся цилиндрический сердечник, который покрыт чехлом из тергала (рис. 119).

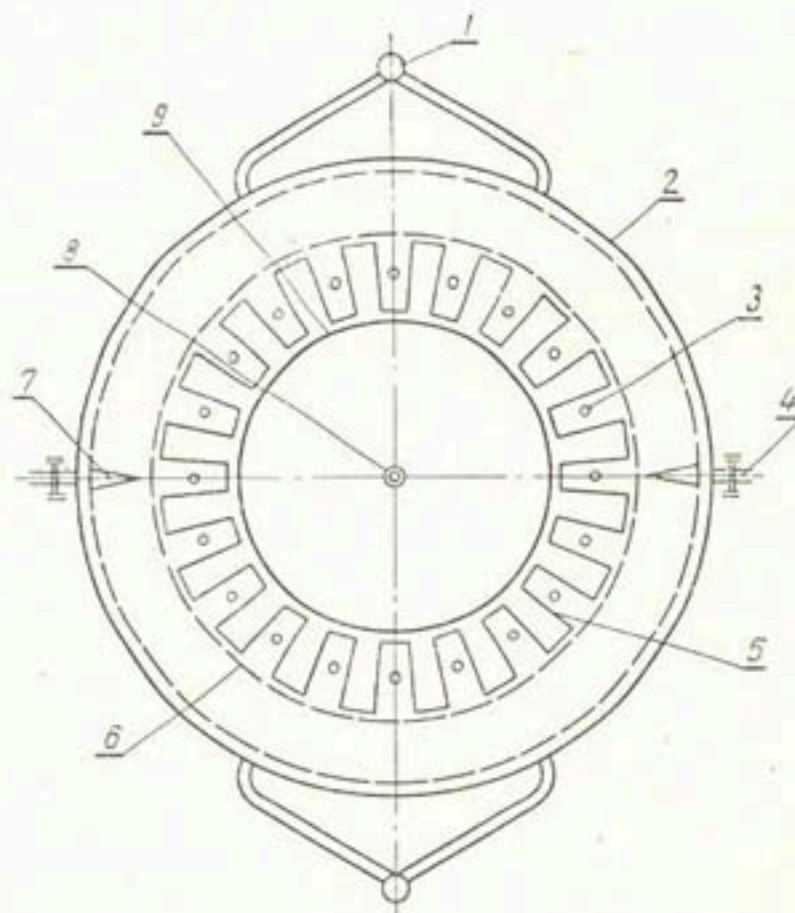


Рис. 119. Схематический разрез формы «Эмульпресс»:

1 — выход сжатого воздуха или пара, а также влаги после сушки; 2 — наружная оболочка; 3 — вытяжные отверстия; 4 — болт крепления (запорный); 5 — внутренняя расширяющаяся металлическая опалубка; 6 — ткань «Рилзан» или «Тергаль»; 7 — паз; 8 — отверстие для создания механического давления на бетон; 9 — опорная оболочка.

С помощью гидравлических домкратов и верхней металлической крышки продольная арматура натягивается до заданного предела.

В подготовленную форму через специальные отверстия в нижней крышке бетононасосом по трубам подается бетонная смесь жидкой консистенции.

Следующим процессом является отжатие излишнего количества воды (до водоцементного отношения 0,40—0,45) из бетонной смеси и уплотнение ее с помощью сжатого воздуха (без вибрации).

После этого из формы через специальные отверстия выпускается сжатый воздух, а в нее подается под давлением пар для автоклавной обработки отформованных железобетонных деталей. Такой способ изготовления лотков (без вибрации) обеспечивает весьма длительную эксплуатацию форм.

По данным фирмы, весь процесс изготовления двух лотков в указанной круглой форме занимает 2,5 часа, после чего лотки можно доставлять и укладывать на месте строительства оросительных каналов.

Тергалевые чехлы в формах требуют замены после тридцатикратного употребления при изготовлении лотков или труб.

С фирмой «Эмульпресс» заключен контракт на поставку в СССР комплекта оборудования для изготовления напряженных лотков и труб диаметром 50, 60, 70, 80, 100 и 120 см, длиной 6 м и толщиной стенок от 4 до 5,5 см.

Фирма гарантирует изготовление лотков и труб на местных заполнителях и цементе марки 500 со следующим ориентировочным расходом на 1 м<sup>3</sup> бетона:

|                                            |        |           |
|--------------------------------------------|--------|-----------|
| цемента . . . . .                          | 430 кг | } 1000 кг |
| песка с фракциями от 0,1 до 2 мм . . . . . | 68%    |           |
| и от 2 до 5 мм . . . . .                   | 32%    |           |
| гравия с фракциями 5—10 мм . . . . .       | 920 кг |           |
| воды . . . . .                             | 176 кг |           |

Из времени, затрачиваемого на изготовление двух лотков в одной форме или соответственно одной трубы и равного 2,5 часа, на термообработку уходит 1 час.

После извлечения изделий из форм прочность бетона на сжатие составляет 250 кг/см<sup>2</sup>, а его марка достигает 500 на 28-й день с начала производства лотка или трубы.

## ПРОИЗВОДСТВО ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ТРУБ

Одно из основных мест в мелиоративных гидросооружениях занимают безнапорные и малонапорные железобетонные трубы диаметром до 150 см. Существует много способов производства этих труб, они все время развиваются и совершенствуются, а их описанию посвящено большое количество книг, статей в журналах и в материалах конференций и совещаний. Однако производство железобетонных труб у нас в стране пока еще отстает от потребностей строительства, а технология их изготовления, в особенности малонапорных и высоконапорных труб, еще в достаточной мере не отработана, и себестоимость их сравнительно высока.

Поэтому в водоводах закрытой оросительной сети, водопроводах для водоснабжения населенных пунктов и в напорных трубопроводах насосных станций в основном применяются асбестоцементные и стальные трубы, хотя это не является наиболее экономичным и надежным решением вопроса.

В сборных гидросооружениях на оросительных и осушительных системах в основном используются безнапорные железобетонные трубы и лишь в дюкерах иногда применяются напорные.

В водоводах закрытой оросительной сети и водопроводах для сельскохозяйственного водоснабжения целесообразно использовать напорные железобетонные трубы с внутренним давлением от 3 до 10 ат.

Как показала практика массового строительства сборных гидросооружений мелиоративных объектов, наибольшее распространение получили железобетонные безнапорные трубы диаметром до 150 см, но в отдельных сооружениях выгодно применять и больший диаметр.

В настоящее время трубы длиной до 4 м с раструбом изготавливают из ненапряженного железобетона в вертикальных формах с вибросердечником по технологии Московского завода № 15. На ней основаны типовые проекты, составленные институтом Гипростройиндустрия для водохозяйственного строительства. В таблице 70 приведены данные по металлоемкости форм для изготовления железобетонных труб с раструбом в вертикальном положении.

Таблица 70

| Проект                                                   | Длина, м | Внутренний диаметр, см | Толщина стенок, см | Вес изделия, кг | Вес формы, кг | Отношение веса формы к весу изделия |
|----------------------------------------------------------|----------|------------------------|--------------------|-----------------|---------------|-------------------------------------|
| Формы Гипроводхоза (проекты 1963 г.) . . . . .           | 4,1      | 80                     | 7                  | 2089            | 6103          | 2,9                                 |
|                                                          | 4,1      | 100                    | 8                  | 2935            | 6802          | 2,3                                 |
| Формы СКТБ . . . . .                                     | 4,1      | 120                    | 9                  | 3970            | 9200          | 2,3                                 |
| Формы Моспромстройматериалов (проекты 1961 г.) . . . . . | 4,1      | 150                    | 10                 | 5470            | 9750          | 1,8                                 |

При таком изготовлении безнапорные трубы выдерживают внутреннее давление не более 0,5 атм, что соответствует требованиям ГОСТ 6482—63 на железобетонные и бетонные безнапорные трубы.

В новом типовом проекте для производства 20 тыс. м<sup>3</sup> железобетонных безнапорных труб в год, составленном Челябинским отделением института Гипростройиндустрия с использованием унифицированного типового пролета УТП-1 (18×144 м), заложен способ центрифугирования. По этой технологии запроектировано изготовление безнапорных труб с раструбом длиной 5 м и диаметром 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120 и 150 см на двух станках: один — для труб диаметром до 90 см и второй — для труб диаметром 100—150 см. Марка бетона 300 и 400, арматура спиральная, одиночная. Чертежи труб разработаны институтом Водоканалпроект.

Основным технологическим оборудованием для производства труб являются центрифуги и питатели, установленные на Челябинском заводе напорных железобетонных труб. Арматурные каркасы изготавливаются на станках типа СКЦ-2.

Термовлажная обработка изделий предусматривается в ямных камерах или с пуском пара во внутреннюю полость труб в течение 10—11 час.

Производство обслуживают два мостовых крана грузоподъемностью 15 т каждый. Металлоемкость технологического оборудования на 1 м<sup>3</sup> изделия — 14,2 кг.

Время, потребное для установки форм на центрифугу, заполнения их бетоном, уплотнения смеси и снятия форм, составляет от 30 до 40 мин.

Расход основных материалов на 1 м<sup>3</sup> труб разных диаметров в среднем составляет:

|                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| цемента марки 400 . . . . . | 450 кг              |
| щебня . . . . .             | 0,69 м <sup>3</sup> |
| песка . . . . .             | 0,44 м <sup>3</sup> |
| арматурной стали . . . . .  | 114 кг              |

В Белорусской ССР успешно применяется технология производства напорных железобетонных труб по методу послойного (2—3 загрузки бетонной смеси) центрифугирования, разработанному И. Н. Ахвердовым.

При однослойном центрифугировании под влиянием прессующего давления, возникающего от центробежной силы, из бетонной смеси отжимается излишняя вода, которая оставляет за собой направленные поры, понижающие стенки трубы.

При послойном формировании трубы каждый слой бетона доводится до требуемого уплотнения отдельно. В этом случае поры перекрываются следующим слоем, водопроницаемость стенок повышается, и при армировке продольной напряженной и спиральной ненапряженной арматурой они могут выдерживать рабочее давление до 3 *ати*.

Такая технология производства труб является одноступенчатой, с некоторым усложнением формования.

Трубы, рассчитанные на давление более 4 *ати*, можно изготавливать центрифугированием по трехступенчатой технологии. При этом сначала формируют сердечник с продольной напряженной арматурой, на который после достижения бетоном необходимой прочности наматывают спиральную арматуру, а затем наносят защитный антикоррозийный слой из цементного раствора.

До последнего времени производство железобетонных труб для сборных гидросооружений методом центрифугирования не применялось из-за отсутствия необходимого оборудования на предприятиях мелиоративного строительства.

При сравнении двух способов изготовления труб (в вертикальном положении с вибросердечником и центрифугированием) для мелиоративного строительства следует отдать предпочтение второму по следующим причинам:

а) способ производства труб центрифугированием позволяет при одноступенчатой технологии получать и безнапорные, и напорные до 3 *ати* (при послойной укладке бетона) трубы;

б) при напряжении продольной арматуры улучшается качество изделий; можно изготавливать сердечники для навивки спиральной арматуры с напряжением и затем напорные трубы с внутренним давлением до 10 *ати* (по трехступенчатой технологии);

в) Госстрой СССР принял технологию центрифугирования за типовую для изготовления безнапорных труб; в связи с этим отечественная промышленность будет серийно выпускать необходимое оборудование.

Однако при таком изготовлении труб (без прокатки) их внутренняя поверхность только заглаживается и поэтому имеет повышенную шероховатость.

При центрифугированном и послойном производстве труб можно использовать различные полимерные растворы и добавки, улучшающие водонепроницаемость стенок.

В г. Янгьер заканчивается строительство завода производительностью 11 тыс. м<sup>3</sup> в год для выпуска труб по технологии вибропрессования. Он строится по типовому проекту института Гипростройиндустрия с использованием унифицированного пролета УТП-1. Проекты труб разработаны в 1962 г. институтом Водоканалпроект. Техничко-экономические показатели по ним приведены в таблице 71.

| Диаметр,<br>см | Длина,<br>см | Толщина,<br>см | Содержание<br>стали в 1 м <sup>3</sup><br>бетона, кг | Показатели на<br>1 пог. м трубы |                  | Вес<br>детали,<br>т | Рабочее<br>давление,<br>атм |
|----------------|--------------|----------------|------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------|---------------------|-----------------------------|
|                |              |                |                                                      | объем<br>бетона, м <sup>3</sup> | вес<br>стали, кг |                     |                             |
| 50             | 518,5        | 5,5            | 142                                                  | 0,098                           | 13,9             | 1,27                | 10                          |
| 70             | 518,5        | 6,0            | 146                                                  | 0,159                           | 22,8             | 2,02                | 10                          |
| 90             | 519,5        | 7,0            | 164                                                  | 0,196                           | 36,9             | 2,93                | 10                          |
| 100            | 519,5        | 7,5            | 166                                                  | 0,274                           | 45,6             | 3,56                | 10                          |
| 120            | 519,5        | 8,5            | 195                                                  | 0,383                           | 74,5             | 4,95                | 10*                         |
| 120            | 519,5        | 8,5            | 145                                                  | 0,383                           | 55,1             | 4,95                | 5                           |

\* В качестве эксперимента.

Заполнители бетона должны быть рассеяны по фракциям и промыты.

Для труб принята марка бетона 500. Сталь для их армирования — спираль из круглой холодноотянутой проволоки  $\phi$  3, 4, 5 и 6 мм, по ГОСТ 7348—55 и продольная  $\phi$  5 и 6 мм из высокопрочной проволоки периодического профиля по ГОСТ 8480—57.

Основные показатели по типовому проекту завода для изготовления указанных труб (производительностью 11 тыс. м<sup>3</sup> в год) следующие:

|                                                                                        |               |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| общий вес технологического оборудования . . . . .                                      | 464 т         |
| металлоемкость на 1 м <sup>3</sup> годовой продукции . . . . .                         | 42,2 кг       |
| вес одного комплекта форм для диаметров труб 500, 700, 900<br>1000 и 1200 см . . . . . | 30,3 т        |
| вес полного комплекта (38 шт.) . . . . .                                               | 242 т         |
| время термообработки . . . . .                                                         | 5,5—8,5 часа  |
| оборачиваемость форм в течение суток . . . . .                                         | 1,3 раза      |
| затраты труда на 1 м <sup>3</sup> железобетона . . . . .                               | 12 чел.-час   |
| цеховая усредненная себестоимость 1 м <sup>3</sup> труб . . . . .                      | 71,7 руб.     |
| расход цемента марки 500—600 на 1 м <sup>3</sup> изделия . . . . .                     | 550 кг        |
| капиталовложения:                                                                      |               |
| всего . . . . .                                                                        | 680 тыс. руб. |
| в том числе на строительные работы . . . . .                                           | 216 тыс. руб. |

В настоящее время институтом Гипростройиндустрия разработан типовой проект завода по производству напорных труб методом вибропрессования с годовой производительностью 60 тыс. м<sup>3</sup>. Такая технология по одноступенчатой схеме применяется на Куйбышевском трубном заводе, где используется оборудование шведской фирмы «Сентаб». Трубы изготавливаются в металлических разъемных формах, состоящих из 2 или 4 частей. Торцовые кольца и поверхности крепления полуформ вдоль продольного соединения смазывают битуминозной мастикой.

После крепления полуформ продольные соединения с внутренней стороны покрывают хлопчатобумажной клейкой лентой и смазывают изнутри эмульсией (масло с водой в соотношении 1:10). Затем в форму вставляют спиральный арматурный каркас и устанавливают калибрующее кольцо.

Противоположные концы продольной арматуры стягивают и пропускают через форму, пазы в кольце заделывают формовочной глиной. Спиральный каркас крепят к концам продольной арматуры.

Натягивают продольную арматуру с помощью гидродомкрата. После окончания напряжения пазы втулок заделывают формовочной глиной и ставят форму в вертикальное положение раструбом вниз. Зазоры между продольной арматурой и отверстиями нижнего анкерного кольца заливают жидким парафином.

Формовочные посты оборудованы шнековыми бетоноукладчиками. Перед укладкой бетона на форму навешивают пневматические вибраторы, включают их и подают смесь.

Напряжение спиральной арматуры и уплотнение бетона производят методом гидропрессования. В полость внутренней формы подают воду, нагретую до  $70^{\circ}\text{C}$ , которая при повышении давления до 35—38 *ати* растягивает резиновую «рубашку» внутренней формы, уплотняя бетон и напрягая спиральную арматуру. После достижения максимального давления в течение 10—30 *сек* проводят вибрацию при закрытом клапане регулятора давления. Затем, сняв вибраторы, начинают термовлажную обработку изделия с подачей пара во внутреннюю полость формы. В 1962 г. продолжительность этого процесса на Куйбышевском заводе составляла от 8 до 12 *час*, а с применением брезентовых чехлов и пропаривания под ними снижалась до 5—7 *час*.

Сущность способа вибропрессования заключается в том, что бетонная смесь в процессе укладки и уплотнения подвергается последовательному воздействию вибрации и прессования. При этом способе производства труб продольная и спиральная арматура напрягается до твердения бетона. В процессе опрессовки бетон увлекает спиральную арматуру (за счет раздвижки формы) и вызывает в ней растягивающие напряжения, которые после снятия давления обжимают бетон.

Прочность вибропрессованного бетона, твердеющего при температуре около  $80^{\circ}$  под давлением, выше прочности образцов, которые не находились под давлением. Объясняется это тем, что в вибропрессованном бетоне происходит образование особой структуры. Чтобы обеспечить ее и высокую прочность бетона, достаточно довести прессующее давление до 10 *ати*, а для напряжения спиральной арматуры нужно иметь 40 *ати*.

Железобетонные напорные трубы изготавливают и другими методами, в частности с металлическими внутренними сердечниками, самонапряженные и др., но эти способы в водохозяйственном строительстве еще не получили распространения и поэтому здесь не рассматриваются.

## ПРОИЗВОДСТВО ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛОСКИХ И РЕБРИСТЫХ ПЛИТ

На строительстве сборных гидротехнических сооружений, а также для облицовки каналов и откосов водоемов широко применяются плоские и ребристые плиты площадью до 12  $\text{м}^2$  и весом до 1,5 *т*.

При массовом изготовлении таких плит используются виброплощадки грузоподъемностью до 5 *т* и комплекты металлических форм и кассет.

На отдельных предприятиях, не имеющих виброплощадок, формовку плит производят с применением поверхностных и других вибраторов.

Время уплотнения бетонной смеси в формах на виброплощадках составляет 2—5 *мин*, уточняется опытным путем и зависит от характера заполнителей, марки бетона, жесткости смеси, формы изделия и пр.

Заготовку и установку арматурных каркасов плит, подготовку форм к бетонированию и другие подготовительные работы выполняют в обычном порядке, затрачивая на это от 10 до 20 *мин*.

Наиболее длительный процесс — твердение бетона плит — при использовании пропарочных камер занимает от 10 до 14 *час*.

Термообработку плит в пропарочных камерах применяют в основном на постоянно действующих предприятиях, изготавливающих железобетонные изделия для водохозяйственного строительства. На ряде заводов, выпускающих детали для промышленного и жилищного строитель-

ства, внедряется бескамерный метод термообработки изделий в специальных формах с паровыми «рубашками». По этому методу время твердения железобетонных плит можно сократить на 30—40%, избежать строительства пропарочных камер, а также значительно уменьшить расход пара на единицу продукции.

Термообработку железобетонных изделий в соответствии с действующими инструкциями обычно производят до достижения бетоном 75% проектной прочности. Однако в ряде случаев для отдельных деталей, в частности ребристых плит относительно небольших размеров, время термообработки можно снизить за счет допущения пониженной прочности бетона в момент извлечения изделий из форм и транспортировки их на склад готовой продукции.

Допуская после термообработки 50%-ную прочность бетона, увеличивают оборачиваемость форм почти в 2 раза. Сокращение продолжительности этого процесса имеет большое практическое значение для повышения производительности предприятий и удельного (на 1 м<sup>3</sup> продукции) снижения затрат металла.

Для железобетонных деталей сборных гидросооружений средний расход металла на формы (относительно веса изделий) составляет:

по ребристым плитам — в 2—2,5 раза больше веса изделия;

по Г-образным (рис. 120) и швеллерного сечения деталям — около 1;

по плоским плитам и оголовкам сооружений — от 1,3 до 1,8.

В целях относительного снижения расхода металла на формы, а также рациональной загрузки виброплощадок и установок целесообразно для производства отдельных видов железобетонных деталей применять конструкции совмещенных (рассчитанных на максимальный типоразмер) и кассетных форм, позволяющих одновременно изготавливать несколько экземпляров и типоразмеров (с вкладышами) изделий.

В последнее время заводы по производству железобетонных конструкций для водохозяйственного строительства начали оснащаться вибропрокатными станами системы инженера Н. Я. Козлова, на которых можно изготавливать в массовом порядке ненапряженные железобетонные ребристые и плоские плиты, применяемые в сборных гидросооружениях и облицовках каналов.

Для изготовления на таком стане железобетонных ребристых плит на формующей металлической ленте, состоящей из отдельных шарнирно скрепленных матриц, предварительно устанавливают металлическую бортовую оснастку и разделительные щитовые перегородки, определяющие габаритные размеры изделий.

На движущуюся со скоростью 30 м/час формующую ленту устанавливают арматурные каркасы, которые изготавливают из плоских сварных сеток на специальных агрегатах.

Бетонная смесь из бетоноукладчика ровным слоем распределяется по всей ширине (3,6 м) формующей ленты, на которую предварительно уложен арматурный каркас, и разравнивается сверху специальной фрезой, одновременно уплотняясь под действием вибробалки, расположенной под лентой.

Вторичное уплотнение бетона происходит под давлением вибропригруза (в виде тяжелых валков).

Окончательную отделку верхней плоскости свежесформованной плиты выполняет заглаживающая виброрейка.

После формования плита покрывается резиновой лентой и поступает в камеру термообработки, где за 2 часа проходит 60 м, находясь под действием пара с температурой до 100° С, нагревающего металлическую ленту снизу. За это время бетон набирает до 70% проектной прочности.

При выходе с прокатного стана плита в горизонтальном положении

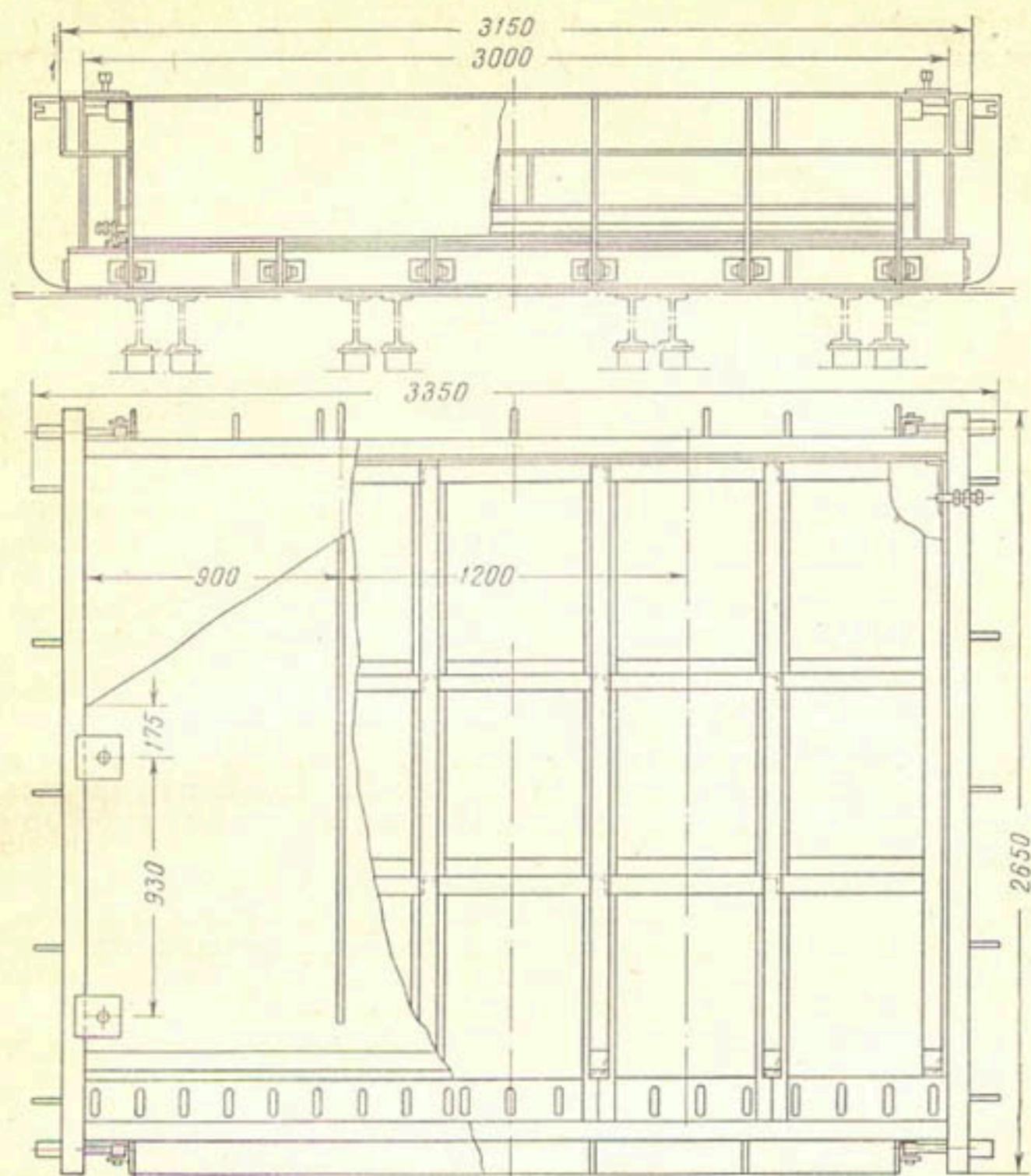


Рис. 120. Металлическая форма для изготовления железобетонных Г-образных деталей (Г-7).

поступает на обгонный рольганг, а формирующая лента уходит вниз, под стан, где очищается и смазывается.

Готовая железобетонная плита с обгонного рольганга поступает на поворотный кантователь, переводится в вертикальное положение, снимается краном и доставляется на склад выдержки, где находится в течение 4 час летом и 3 суток зимой. После этого ее можно отправлять на строительство или на склад готовой продукции. Транспортируют эти плиты в вертикальном положении на панелевозах.

Бетонная смесь для плит готовится в смесительном отделении и в сухом состоянии подается шнеком к раздаточному агрегату, где смачивается водой непосредственно перед поступлением бетона на формирующую ленту. В состав бетона входят песок, щебень (или гравий) с крупностью зерен до 12 мм и цемент марки 500, расход которого составляет 380 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона марки 200 и 430 кг для марки 300 (при водоцементном отношении 0,26—0,28).

Основные технико-экономические показатели по новому стану БПС-6 системы Н. Я. Козлова для изготовления вибропрокатных ребристых плит с годовой производительностью до 25 тыс. м<sup>3</sup> (400 тыс. м<sup>2</sup>) следующие:

|                                                                                 |                 |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| металлоемкость технологического оборудования . . . . .                          | до 400 т        |
| в том числе собственно стана . . . . .                                          | около 250 т     |
| на 1 м <sup>3</sup> годовой производительности . . . . .                        | 16 кг           |
| вес одного комплекта съемных матриц для ребристых плит . . . . .                | 140 т           |
| продолжительность полного цикла изготовления плит (до 70 % прочности) . . . . . | 2,5 часа        |
| в том числе время термообработки . . . . .                                      | 2 часа          |
| затраты труда на 1 м <sup>3</sup> железобетона плит . . . . .                   | до 4 чел.-час   |
| усредненная себестоимость (по проекту) 1 м <sup>2</sup> плиты . . . . .         | 1 руб. 46 коп.  |
| то же, 1 м <sup>2</sup> бетона плит . . . . .                                   | 26 руб. 57 коп. |

В настоящее время для изготовления железобетонных плоских плит и панелей жилищного строительства используются двухъярусные вибропрокатные станы, созданные на базе стана системы Н. Я. Козлова. Такой стан представляет собой непрерывный конвейер с универсальными жесткими формами — поддонами, перемещающимися последовательно вдоль основных технологических постов со скоростью 12 м/час. В этих формах можно изготавливать железобетонные ненапряженные и напряженные плоские и ребристые плиты и другие изделия повышенной плотности для гидросооружений.

Панели и другие изделия для жилищного строительства изготавливают также на стане системы В. Н. Рябченко с силовым вибропрокатом жесткой бетонной смеси при высокочастотной вибрации, что позволяет значительно снижать расход цемента для отдельных видов железобетонных деталей.

Принимая за основу унифицированные пролеты УТП-1 (рис. 121) со специализированным использованием для изготовления отдельных видов железобетонных изделий, применяемых в водохозяйственном строительстве, имеем следующие типовые проекты производства:

напряженных напорных труб, производительность 11 тыс. м<sup>3</sup> в год;

напряженных раструбных лотков, производительность до 17 тыс. м<sup>3</sup> в год;

малонапорных ненапряженных раструбных труб, производительность до 20 тыс. м<sup>3</sup> в год;

вибропрокатных плит, производительность до 25 тыс. м<sup>3</sup> в год;

напряженных и ненапряженных плит и балок Г-образного и швеллерного сечения, свай и других линейных деталей, изготавливаемых на вибростолах грузоподъемностью 5 и 12 т, производительность около 20 тыс. м<sup>3</sup> в год.

Блокирование этих производств из отдельных специализированных пролетов УТП-1 позволяет иметь различную производительность предприятий, выпускающих железобетонные изделия для мелиоративного строительства.

В зависимости от характера объекта и потребности в отдельных видах железобетонных деталей состав комплекса из пролетов УТП-1 может меняться в нужном направлении, а бетоносмесительное хозяйство, котельная и другие подсобно-вспомогательные сооружения остаются общими и, как правило, мало меняются. Следует отметить, что увеличение годовой мощности предприятий свыше 100 тыс. м<sup>3</sup> обычно дает относительно меньшее снижение капитальных затрат на единицу продукции и весьма небольшое снижение себестоимости продукции по сравнению с заводами мощностью менее 100 тыс. м<sup>3</sup> в год.

При этом, как правило, возрастают транспортные расходы на доставку железобетонных изделий на удаленные объекты, снижается оперативность в их обеспечении местными заполнителями.

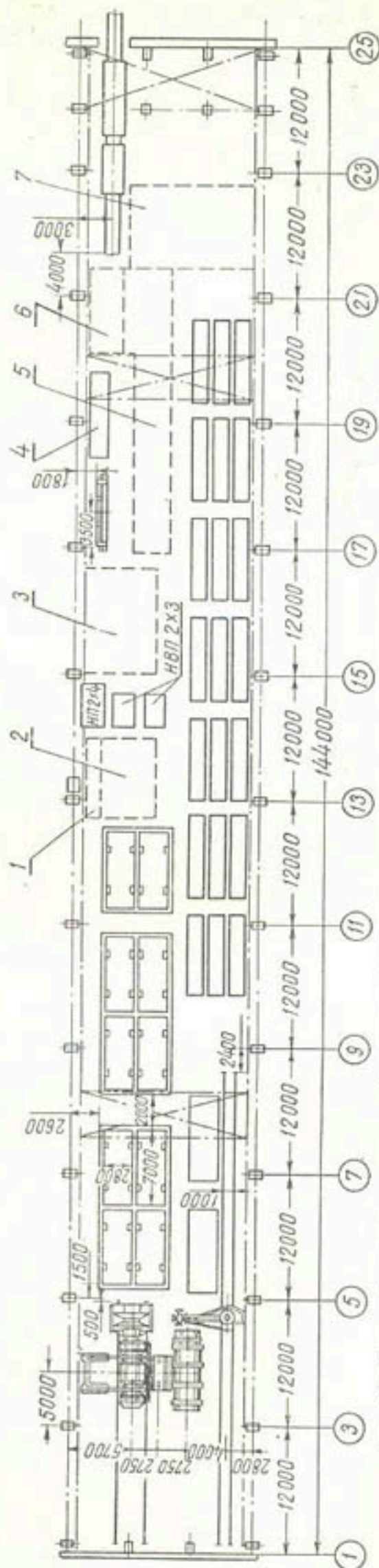


Рис. 121. Типовой унифицированный пролет УТП-1 для производства железобетонных деталей водохозяйственных сооружений:

1 — хранение арматуры; 2 — распулвка изделий и подготовка форм; 3 — выдерживание изделий; 4 — станок для гнутья сеток; 5 — распулвка лотков и подготовка форм; 6 — хранение арматуры; 7 — выдерживание лотков.

Проведенные исследования показали, что нужно ориентироваться на создание в основном крупных предприятий с годовой мощностью 100—150 тыс. м<sup>3</sup> и более. При этом следует особо тщательно выбирать место размещения и мощность заводов, а также номенклатуру изделий, обосновывая эти вопросы соответствующими технико-экономическими расчетами по каждому конкретному объекту.

Ориентировочная потребность в основных видах железобетонных изделий на период 1966—1970 гг. определяется их объемом в общем производстве сборных конструкций:

|                                                                                                        |            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| трубы (напорные и безнапорные) . . . . .                                                               | до 40 %    |
| лотки (в основном напряженные) . . . . .                                                               | до 25 %    |
| плиты ребристые и плоские (в том числе и напряженные) .                                                | около 15 % |
| разные изделия для гидросооружений (Г-образные, швеллерные детали, сваи, опоры лотков и пр.) . . . . . | около 20 % |
| Итого . . . . .                                                                                        | 100 %      |

Для повышения заводской готовности отдельных железобетонных конструкций необходимо предусматривать на предприятиях оборудование и механизмы для производства гидроизоляционных работ, стыкования и замоноличивания отдельных железобетонных деталей и металлоконструкций в узлы и блоки с таким расчетом, чтобы свести к минимуму работы на месте строительства, повышая тем самым его индустриальность.

В ряде районов водохозяйственного строительства целесообразно для изготовления стеновых панелей жилых и служебных зданий применять керамзитобетон или селикальцит, а также песчаные бетоны и армоцементные конструкции с организацией их производства.

Для выпуска керамзитобетонных панелей можно использовать унифицированный пролет УТП-1 с вибропрокатными станами, изготавливающими железобетонные плиты и панели.

## МОНТАЖ И СТРОИТЕЛЬСТВО МЕЛИОРАТИВНЫХ СООРУЖЕНИЙ ИЗ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

Применение сборного железобетона на строительстве оросительных и осушительных систем, а также для сельскохозяйственного обводнения и водоснабжения позволяет механизировать и индустриализировать возведение массовых, относительно небольших гидросооружений, размещаемых на обширной территории.

В связи с рассредоточенностью объектов водохозяйственного строительства и, как правило, удаленностью основной массы гидросооружений от населенных пунктов трудности производства работ связаны с подвозом рабочей силы. Поэтому необходимо стремиться к максимальной механизации строительства, чтобы уменьшить потребность в рабочих на месте. В конечном счете, на строительной площадке гидросооружений должны проводиться главным образом монтажные работы, а связанные с подготовкой основания, гидроизоляцией, стыкованием деталей, а также обратной засыпкой следует свести к минимуму.

При строительстве крупных гидротехнических сооружений создаются специальные рабочие поселки (которые затем используются для эксплуатационного штата) и необходимое подсобно-производственное хозяйство, включая и бетоносмесительные заводы.

На строительстве малых и средних гидросооружений создание постоянного жилого фонда и служебных зданий нецелесообразно, а временного — значительно удорожает стоимость основных сооружений.

Поэтому малые и средние гидросооружения на водохозяйственных системах выполняют преимущественно из сборного или сборно-молитного железобетона, используя для жилья передвижное оборудование и вагончики.

В днища сборно-молитных гидросооружений бетон, как правило, укладывают без устройства опалубки и доставляют его с ближайших заводов или полигонов, изготовляющих железобетонные детали, или с местных бетоносмесительных узлов.

Механизация и индустриализация строительства крупных индивидуальных гидротехнических сооружений зависят от их характера и типа.

В таких гидросооружениях применение сборных конструкций является целесообразным, но степень их использования требует технико-экономического обоснования для каждого конкретного объекта и местных условий.

Механизация выполнения основных видов работ на строительстве крупных гидросооружений в настоящее время достигла высокого уровня и продолжает совершенствоваться; применение же сборных конструкций при их возведении еще недостаточно и требует дальнейшей проектной разработки и внедрения в практику строительства.

Механизация строительства небольших массовых гидросооружений с расходом до 10 м<sup>3</sup>/сек и средних с расходом до 100 м<sup>3</sup>/сек имеет свою специфику. В настоящее время на крупных стройках их возводят из сборного железобетона. Основные работы по монтажу, транспорту и пр. механизированы, но доработка и планировка котлованов, устройство подготовок и фильтров, гидроизоляция, а также заделка стыков и швов в значительной мере выполняются вручную. Как правило, существует излишне много видов работ при относительно небольшом их объеме.

Сборные сооружения строят пообъектно с помощью комплексных бригад и поточным способом, используя специализированные звенья рабочих. Такая организация работ позволяет повысить производительность труда, а также сократить сроки строительно-монтажных работ на мелиоративных системах и сельскохозяйственных водопроводах. При поточном методе значительно сокращается время на переброску механизмов и рабочих.

Строительство сборных гидросооружений должно быть увязано со всеми другими операциями по каналам и водоводам, на которых они выполняются, а также со всеми работами на системе в целом.

В настоящее время в крупных водохозяйственных трестах изготовление сборных железобетонных конструкций и деталей для гидросооружений, а также строительно-монтажные работы по ним более механизированы, нежели выполняемые относительно маломощными строительными и эксплуатационными организациями.

Комплексной механизацией пока охвачена лишь часть основных видов работ по сборным гидросооружениям и, как правило, на крупных стройках.

## ЗЕМЛЯНЫЕ РАБОТЫ

Котлованы под сборные гидросооружения роют двумя основными способами: 1) попутно, при выполнении основных работ по каналу, с последующей доработкой котлованов до проектных отметок малыми механизмами и вручную и 2) независимо от строительства основного канала. В последнем случае оставляются перемычки, которые используют и для переездов механизмов в период строительства сооружения.

Способ выполнения земляных работ по котлованам окончательно определяют в проекте производства работ в целом по объекту, каналу или водопроводной линии в зависимости от конкретных местных условий, времени года, наличия рабочих и потребных механизмов, а также установленного срока окончания всех работ по системе.

Засыпку грунта и его уплотнение производят обычно после окончания строительства сооружения и, как правило, в теплый период года.

Основную часть земляных работ по массовым гидросооружениям на оросительных и обводнительных системах выполняют малые экскаваторы на пневмоколесном ходу и бульдозеры.

Котлованы под малые гидросооружения (в том числе под рамные опоры лотков) с объемом выемки грунта до 50 м<sup>3</sup> отрывают в основном экскаваторами с обратной лопатой емкостью 0,15 м<sup>3</sup> марки Э-153 на тракторе «Беларусь» с грузоподъемностью крана до 1,5 т. На средних котлованах с объемом выемки грунта до 1000 м<sup>3</sup> применяют экскаваторы-драглайны на пневмоколесном ходу с ковшом емкостью 0,25—0,30 м<sup>3</sup> типа Э-353 с грузоподъемностью крана при монтаже до 5 т.

На крупных сооружениях оросительных систем, в том числе и насосных станций, используют экскаваторы на гусеничном ходу с ковшом емкостью 0,5 м<sup>3</sup> типа Э-652 с грузоподъемностью крана до 10 т и др.

При необходимости дополнительного перемещения грунта в отвал на расстояние до 50 м применяют бульдозеры.

В отдельных случаях для разработки котлованов и перемещения грунта на расстояние 50—300 м и более используют различного типа скреперы или автотранспорт с погрузкой грунта экскаватором.

На осушительных системах для малых и средних котлованов применяют экскаваторы-драглайны на уширенных гусеницах с ковшом емкостью 0,35 м<sup>3</sup> типа Э-352 и грузоподъемностью крана при монтаже до 5 т, а для более крупных — с емкостью ковша 0,6 м<sup>3</sup> и грузоподъемностью крана до 10 т.

Земляные работы под сооружения на осушительных системах, как правило, производят после отрывки основных каналов, что позволяет понизить уровень грунтовых вод, облегчить подъезд к месту строительства сборных сооружений и уменьшить водоотлив при их возведении.

Доработку и планировку малых котлованов после разработки их механизмами производят вручную; эти операции занимают до 7% в общем объеме земляных работ по сооружению.

На средних и крупных котлованах, в непереувлажненных грунтах, для доработки и планировки применяют бульдозеры, грейдеры и малые экскаваторы; часть работ выполняют вручную (в среднем до 2%).

Обратную засыпку грунта и его уплотнение у сборных сооружений объемом до 5 м<sup>3</sup> не механизмируют; но при объеме обратной засыпки более 5 м<sup>3</sup> грунт из кавальера или резерва перемещают бульдозером с послойным разравниванием и уплотнением пневматическими или ручными трамбовками.

На крупных гидросооружениях засыпку грунта производят скреперами и бульдозерами, уплотняя его катками или навесными трамбовками. Уплотнение выполняют при оптимальной влажности грунта, которая достигается увлажнением его при расходе воды в среднем до 100 л на 1 м<sup>3</sup> грунта.

Затраты труда на земляных работах по сборным массовым сооружениям составляют в среднем от 5 до 35% в общем объеме на строительстве объекта в целом (без учета рабочей силы, используемой при изготовлении железобетонных деталей).

#### **ПОДГОТОВКА ОСНОВАНИЯ И УСТРОЙСТВО ФИЛЬТРОВ**

Для железобетонных гидросооружений из отдельных, заводского изготовления деталей нужна специальная подготовка основания. Ее основные виды:

а) тщательное разравнивание и увлажнение грунта перед установкой железобетонного блока или детали непосредственно на грунт или на подливку из цементного раствора (иногда применяется последующая подливка супесчаного или суглинистого раствора);

б) укладка и трамбование щебня или гравия слоем до 10 см с заливкой их тощим цементным раствором;

в) укладка песчаной или щебеночной прослойки (подушки) различной толщины (в безнапорных сооружениях);

г) установка железобетонных блоков или деталей на специальные подкладки — бетонные, кирпичные и др.

д) подготовка из монолитного бетона различной толщины и формы.

Все эти операции, как правило, выполняют вручную, что осложняет механизацию и индустриализацию всего комплекса работ на системе. Затраты труда на подготовку основания составляют от 3 до 13% общей потребности рабочей силы на строительство сооружения.

Фильтры необходимы ряду сборных напорных гидросооружений для разгрузки их от фильтрационного давления или предохранения от суффозии грунта в нижнем бьефе.

Для этого применяют, как правило, трехслойные фильтры или естественную песчано-гравийную смесь.

Устройство фильтров обычно выполняют вручную, одновременно с креплением нижнего бьефа. Затраты рабочей силы составляют от 2 до 12% общих затрат труда на строительство сборного сооружения.

## ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫЕ РАБОТЫ

Основную массу сборных гидросооружений мелиоративных систем из ненапряженного бетона рассчитывают, допуская образование трещин (величиной, определяемой нормами и техническими условиями СН 55-59), в период максимальных эксплуатационных нагрузок.

Кроме того, в процессе изготовления, транспортировки и монтажа в железобетонных деталях также появляются волосные и другие трещины. В сжатой зоне они закрываются и «самоцементируются» в процессе эксплуатации, но в растянутой зоне часть трещин остается или периодически раскрывается. В целях предохранения арматуры от ржавления, а также устранения вредного влияния агрессивных вод на бетон, в частности на осушительных системах, необходима гидроизоляция отдельных поверхностей железобетонных деталей и сборных гидросооружений. Гидроизоляция необходима в ряде случаев (на насосных станциях, в резервуарах и др.) и в противофильтрационных целях для деталей малой толщины (до 10 см).

На сборных гидросооружениях мелиоративных систем применяют окрасочную и оклеечную гидроизоляцию. Первая заключается в нанесении на поверхность бетона 2—3 слоев: одного слоя из смеси горячего битума с бензином и двух слоев холодного битума соответствующей марки и консистенции.

Оклеечную гидроизоляцию наносят на бетонную поверхность после одноразовой битумной грунтовки в горячем состоянии. Для нее применяют пропитанную мешковину, прогудронированный толь и специальную мастику.

Гидроизоляционные работы выполняют главным образом вручную на месте строительства гидросооружений, приготовляя битумную смесь и подогревая ее в котлах, и лишь в отдельных случаях — на предприятиях, выпускающих железобетонные изделия.

Работы по гидроизоляции достаточно трудоемки: затраты труда на них составляют от 3 до 30% общей потребности в рабочей силе на строительство сборного сооружения. Поэтому желательно максимально механизировать гидроизоляционные работы и выполнять их на предприятиях, где изготавливаются железобетонные конструкции.

Для подготовки и разогрева битумной смеси на месте строительства можно применять специальные, передвижные на прицепах котлы, имеющие топочные устройства с керосиновой горелкой. Полезная емкость таких котлов составляет около 1500 л.

Гидроизоляцию железобетонных деталей на заводах проводят в специальных котлах — ваннах, опуская всю деталь в раствор битумной смеси или смачивая ее отдельные поверхности.

Эту операцию повторяют несколько раз до получения надежного слоя гидроизоляции.

Для крупных гидросооружений и, в частности, насосных станций в основном применяют холодную асфальтовую мастику, приготовленную на битумных эмульсионных пастах в соответствии с техническими правилами по устройству холодной асфальтовой гидроизоляции (МСЭС-167-61).

## ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ДЕТАЛЕЙ И КОНСТРУКЦИЙ

На строительстве сборных железобетонных гидросооружений основную массу блоков и деталей перевозят к месту работ автотранспортом. В отдельных водохозяйственных организациях, имеющих крупные предприятия по производству железобетонных изделий, для доставки конструкций на некоторые удаленные объекты строительства используют железнодорожный и водный транспорт.

До последнего времени вес железобетонных деталей, применяемых в сборных гидросооружениях, преимущественно не превышал 3 т.

В настоящее время вес этих деталей повысился до 5, а в новых проектах предусматривается его дальнейшее увеличение до 7 и 10 т.

Средние расстояния транспортировки железобетонных деталей автомашинами составляют около 50 км и лишь в отдельных случаях достигают 100 км и более.

При транспортировке железобетонных деталей автомашинами на 50 км и по железной дороге до 100 км общие затраты на перевозки составляют около 10% прейскурантной стоимости железобетонных изделий.

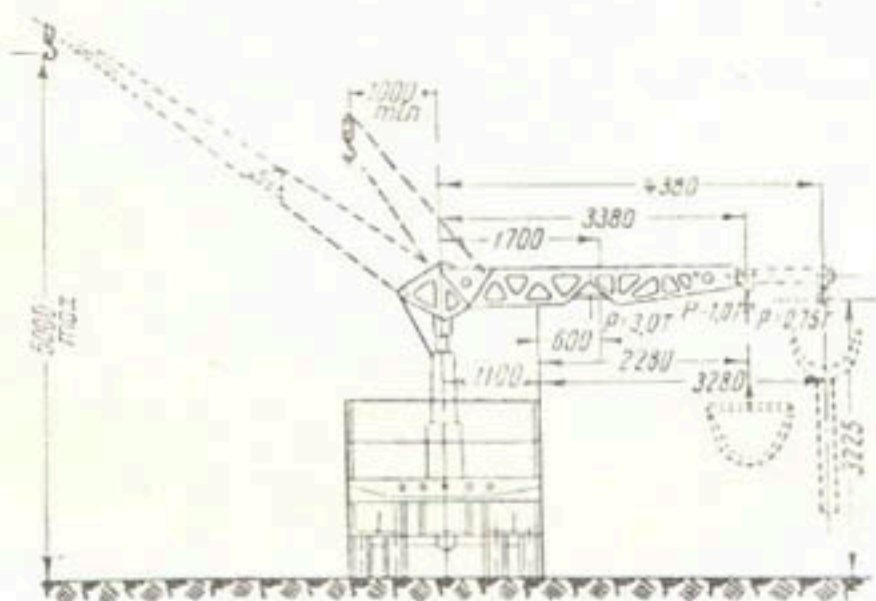


Рис. 122. Трехтонный кран-укосина на базе ЗИЛ-151.

В связи с большой рассредоточенностью сборных гидросооружений на мелиоративных системах грузооборот по доставке железобетонных деталей и других материалов к каждому объекту незначителен и строительство подъездных дорог себя не оправдывает.

В таких условиях целесообразно применять автотранспортные средства повышенной проходимости, оборудованные подъемными механизмами, которые могут на месте строительства разгружать железобетонные детали при отсутствии подъездов и без дополнительного применения специальных автокранов, что значительно снижает стоимость погрузочно-разгрузочных и транспортных работ.

Детали на транспорт, как правило, грузят кранами, которыми располагают заводы железобетонных изделий. В отдельных случаях для небольших сооружений применение автомашин, оборудованных специальными подъемными устройствами, позволяет выполнять монтажные работы «с колес», т. е. разгружать железобетонные изделия непосредственно в котлован на место установки сооружений.

Гидравлический кран-укосина, смонтированный на автомашине ЗИЛ-151 (рис. 122), может грузить на автомашины железобетонные детали весом до 3 т и длиной до 8 м (трубы, лотки и др.).

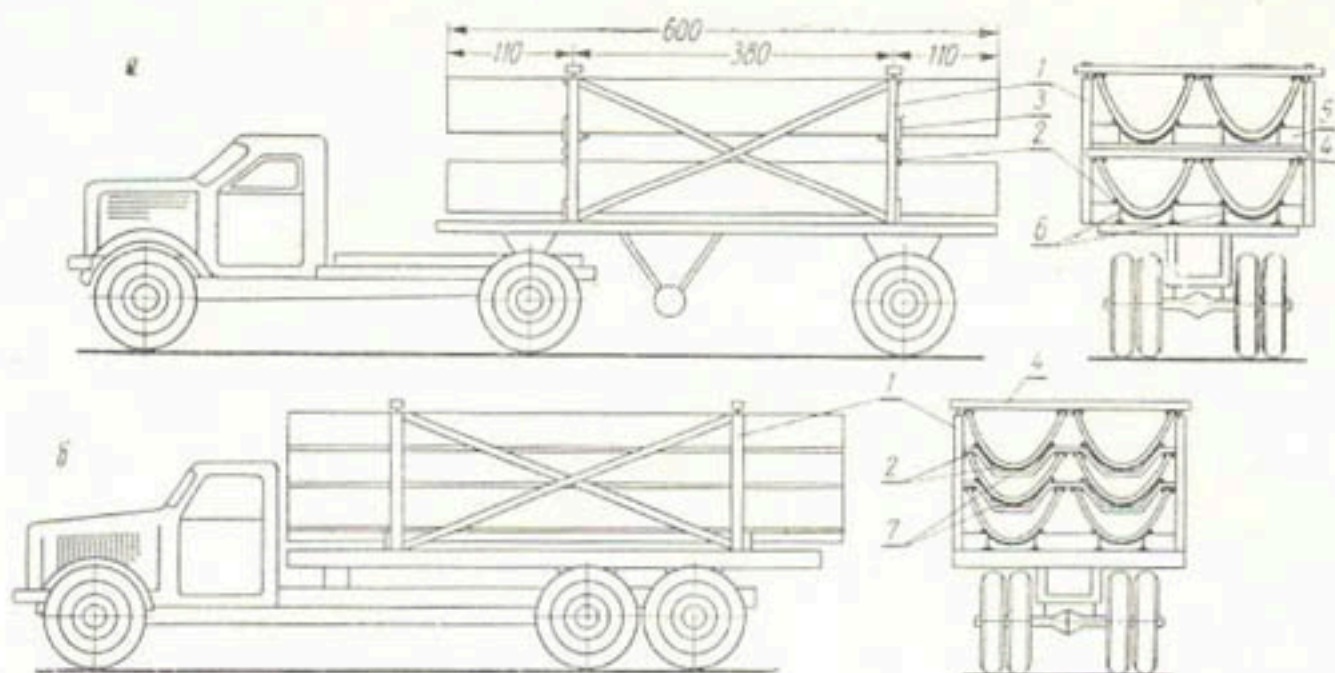


Рис. 123. Схема транспортирования лотков высотой 60 см:

а — на полуприцепе седельного типа с тягачом на базе автомашины ЗИЛ-150, ЯАЗ-200, МАЗ-200, б — на автомашине ЯАЗ-210; 1 — контейнер; 2 — прокладки из войлока или старых автопокрышек; 3 — опорный брус; 4 — съемная прижимная планка; 5 — съемный опорный брус; 6 — скрутка из проволоки; 7 — съемные опорные ригели, сваренные из швеллеров.

Применяются модели кранов на автомашинах ЗИЛ-150, ЗИЛ-164 и др. На стройках, где нет таких автокранов, используются специальные устройства для разгрузки изделий с обычных автомашин: ЗИЛ-150, ЗИЛ-164, МАЗ-200В, ЯАЗ-200 и автосамосвалы ЗИЛ-385. Кроме того, на ряде строек работают тракторы-тягачи с прицепами. В отдельных случаях для разгрузки деталей на месте применяют специальные устройства: лебедки и др.

Тонкостенные и длинномерные детали и конструкции перевозят на специальных приспособлениях и прицепах, обеспечивающих их сохранность.

Для транспортировки железобетонных плит используют специальные автомашины — панелевозы или устраивают на обычных машинах упорные пирамиды; в отдельных случаях плиты толщиной до 6 см перевозят в горизонтальных пакетах.

Лотки длиной 6 и 8 м транспортируют на автомашинах-лотковозах разной конструкции (рис. 123).

Различные приспособления применяют на транспортных средствах для перевозки труб и других железобетонных конструкций.

Для кантования, погрузки и разгрузки железобетонных деталей и конструкций используют различные захватные приспособления и приемы, обеспечивающие сохранность изделий и безопасность труда рабочих, обслуживающих грузоподъемные механизмы.

Для строповки и подвешивания деталей и блоков железобетонных сооружений (в зависимости от их формы и веса) применяются крюки, стропы, траверсы и специальные захваты различной конструкции (рис. 124), а для лотков — захватная траверса, показанная на рисунке 125.

В связи с дальнейшей концентрацией и укрупнением предприятий по производству железобетонных деталей и конструкций расстояния перевозки изделий возрастут и в большей мере будет использоваться железнодорожный и водный транспорт.

Как показывают технико-экономические расчеты, в ряде случаев отдельные виды изделий — трубы, лотки и др. — целесообразно транспортировать железнодорожным и водным путем на расстояние до 1000 км, производя их на одном крупном заводе.



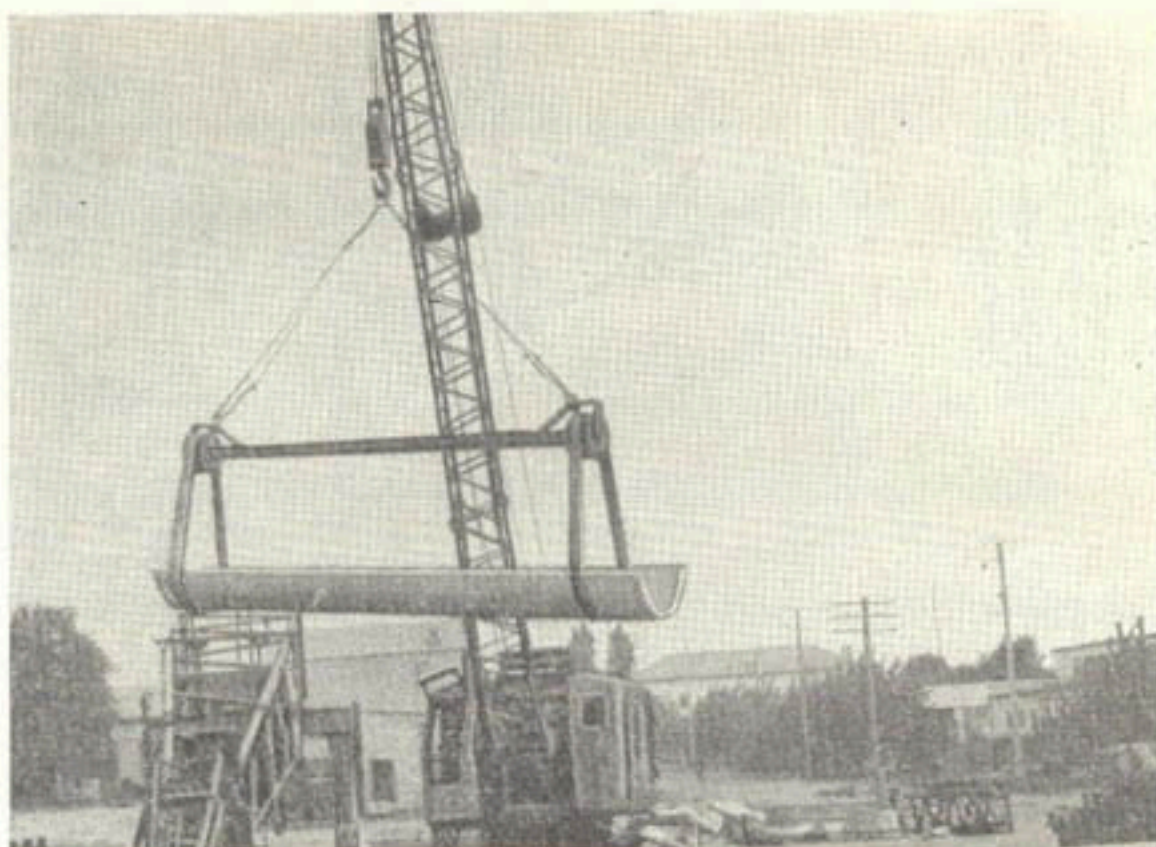


Рис. 125. Захватная траверса для загрузки лотков.

## МОНТАЖНЫЕ РАБОТЫ

Монтаж сборных гидросооружений является основной и наиболее ответственной частью комплекса работ по объекту в целом.

Во всех проектах массовых сборных гидросооружений даны типовые схемы раскладки железобетонных деталей и их монтажа при помощи соответствующих грузоподъемных механизмов.

Для индивидуальных сборных или сборно-монолитных сооружений составляют конкретный проект производства работ по ним.

На основании календарного плана работ по всему объекту намечают проект строительства сборных сооружений на территории отдельного хозяйства или части системы.

При этом уточняют раздел производства работ, принятый в типовом или индивидуальном проекте, для каждого вида сооружений с учетом рационального использования необходимого для строительства комплекса механизмов.

В соответствии с принятым проектом производства работ по графику осуществляют завоз железобетонных деталей и конструкций для каждого сооружения с раскладкой их у котлована или установкой на место «с колес» согласно проекту.

В целях рационального использования кранового оборудования и повышения производительности труда рабочих к монтажу сооружений следует приступать после выполнения всех необходимых подготовительных работ и при наличии соответствующих приспособлений для раскрепления и замоноличивания железобетонных деталей и закладных металлоконструкций.

Последовательность монтажа отдельных деталей и блоков зависит от типа и конструктивных особенностей сооружения, а также от конфигурации котлованов и вида кранового оборудования.

Монтаж сооружения можно выполнять при расположении кранов вдоль котлованов (трассы канала) или с частичным их переводом в котлован (рис. 126), причем для установки наиболее крупных по габ-

риту или тяжелых деталей в отдельных случаях используют одновременно совместно работающие два крана.

Некоторые детали (в регуляторах, быстроходах, акведуках, опорах лотков и др.) после установки на место требуется временно укрепить с выверкой их установки и последующим окончательным закреплением.

В период монтажа сооружений производят стыкование деталей и заделку швов.

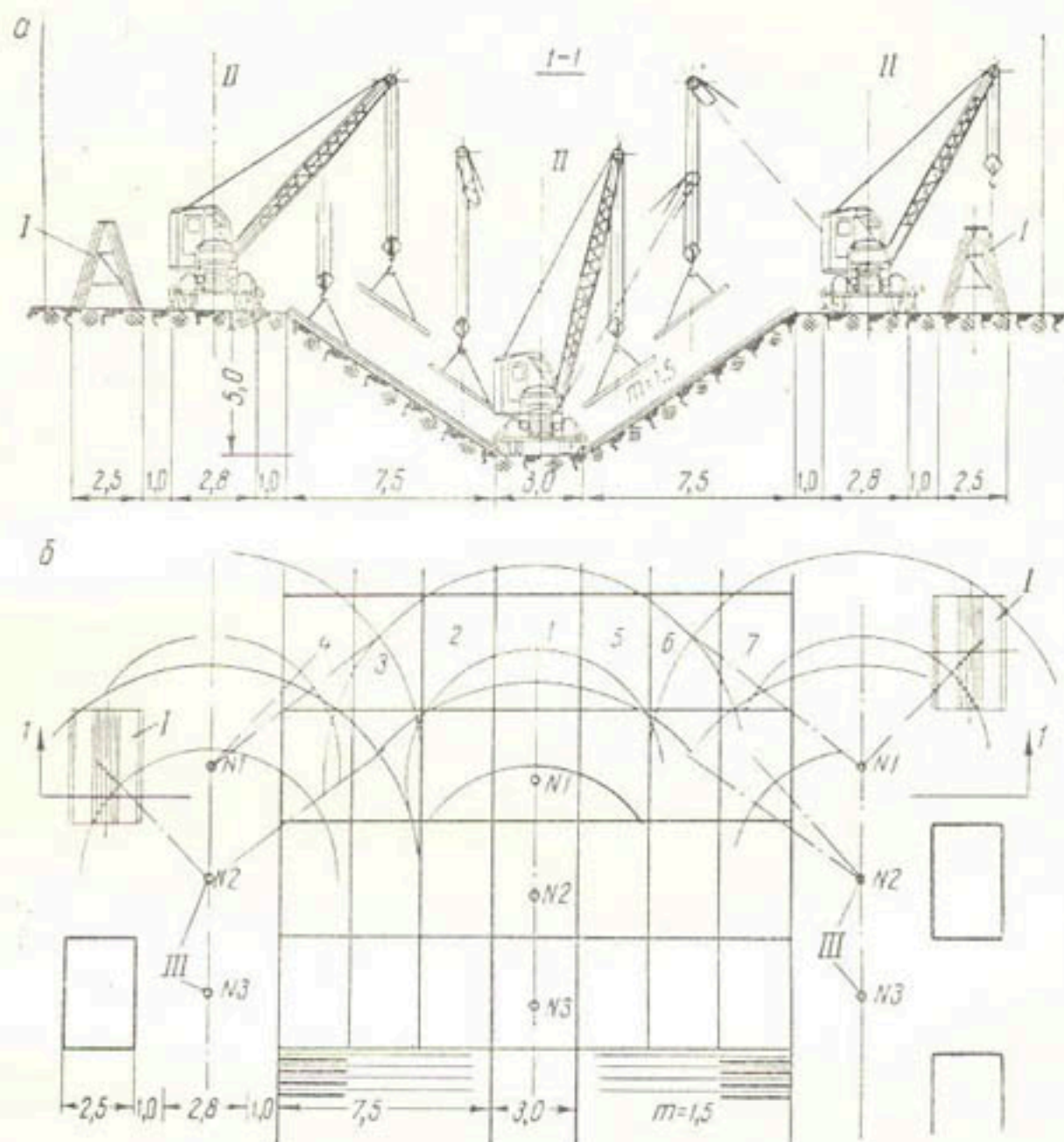


Рис. 126. Схема монтажа плит размером  $300 \times 400$  см кранами К-52 на канале глубиной 5 м:

*a* — разрез I—I; *b* — схема организации стройплощадки при облицовке каналов размером  $h=5$  м;  $b=3$  м;  $m=1,5$  плитами  $300 \times 400$  см (три крана К-52 со стрелой 12 м на выносных опорах); I — плиты; II — ось вращения крана; III — центр монтажной позиции крана.

Для монтажа массовых сборных гидросооружений применяют в основном 3 и 5-тонные автокраны типа К-32 и К-52. Для более крупных типовых и индивидуальных сооружений используют главным образом автокраны и экскаваторы на пневмоколесном ходу грузоподъемностью до 10 т.

Характеристика основных подъемных средств, используемых на монтаже сборных гидросооружений, приведена в таблице 72.

При поточном методе строительства сборных гидросооружений весь комплекс работ расчленяется на ряд последовательно повторяющихся операций.

| Марка крана                      | Длина стрелы, м | Максимальная грузоподъемность, т | Вылет стрелы (наибольший), м | Общий вес, т |
|----------------------------------|-----------------|----------------------------------|------------------------------|--------------|
| Автокраны                        |                 |                                  |                              |              |
| ЛАЗ-690 . . . . .                | 6,2             | 3                                | 5,5                          | 8,5          |
| К-32 . . . . .                   | 6,2             | 3                                | 5,5                          | 7,5          |
| АК-5 . . . . .                   | 6,2—10,2        | 5                                | 9                            | 8,5          |
| К-52 . . . . .                   | 7,5—12          | 5                                | 3,8—10                       | 13,0         |
| КЛ-53 . . . . .                  | 7,3—11,7        | 7,5                              | 3,8—10                       | 12,4         |
| К-104 . . . . .                  | 10—18           | 10                               | 15                           | 22,8         |
| К-123 . . . . .                  | 10—22           | 12                               | 20                           | 23,0         |
| Краны на экскаваторах            |                 |                                  |                              |              |
| Э-303 и 304 (пневмоколесный) . . | 7,5—20          | 5                                | 17                           | 9,3 и 11,9   |
| Э-701 (гусеничный) . . . . .     | 11—20           | 15                               | 18,5                         | 29,5         |
| Э-1254 (гусеничный) . . . . .    | 12,5—30         | 20                               | 27,4                         | 40,8         |
| Краны на гусеничных тракторах    |                 |                                  |                              |              |
| Т-192 . . . . .                  | 9               | 2                                | 8                            | 19,0         |
| ТКЭ-58 . . . . .                 | 9               | 5                                | 8                            | 19,6         |
| ТО-1224 (трубоукладчик) . . . .  | 5               | 12                               | 4,5                          | 19,2         |

Для сохранения непрерывности в потоке необходимо, чтобы работа всех звеньев была согласована и выполнялась по твердому графику, причем в целом по участку строительства время выполнения операций должно быть примерно одинаковым.

Работа механизмов, выполняющих весь комплекс, должна быть также увязана по производительности и времени; при этом необходимо обеспечить комплексную механизацию основных и наиболее трудоемких операций.

Количество механизмов, прикрепленных к бригаде строителей, желательно сводить к минимуму и в этих целях целесообразно применять универсальные машины.

В качестве примера производства монтажных и других работ с использованием специализированных звеньев приведем график поточного строительства лоткового канала (рис. 127).

Основным рабочим процессом в строительстве лотковых каналов является монтаж (рис. 128), а ведущей машиной — кран, по характеристике которого устанавливается шаг потока.

Время, затрачиваемое на монтаж одного лотка на опорах, занимает около 30 мин (в зависимости от размера лоткового звена и местных условий).

Стыковые соединения устраивают одновременно с укладкой лотков на опоры. Перед укладкой лотка в раструб соседнего звена на конец опускаемого лотка натягивают и закрепляют на верху борта струбциной уплотняющий пеньковый или резиновый жгут. При использовании безраструбных лотков уплотняющие жгуты натягивают на оба конца звена и устанавливают лоток на седла двух смежных опор.

Монтаж отдельно стоящих сборных сооружений выполняют в основном по схемам, разработанным в типовых проектах и уточненным на месте для условий конкретной стройки.

Строительство сборных железобетонных гидросооружений в зимнее время имеет свою специфику, которая должна быть учтена при выполне-



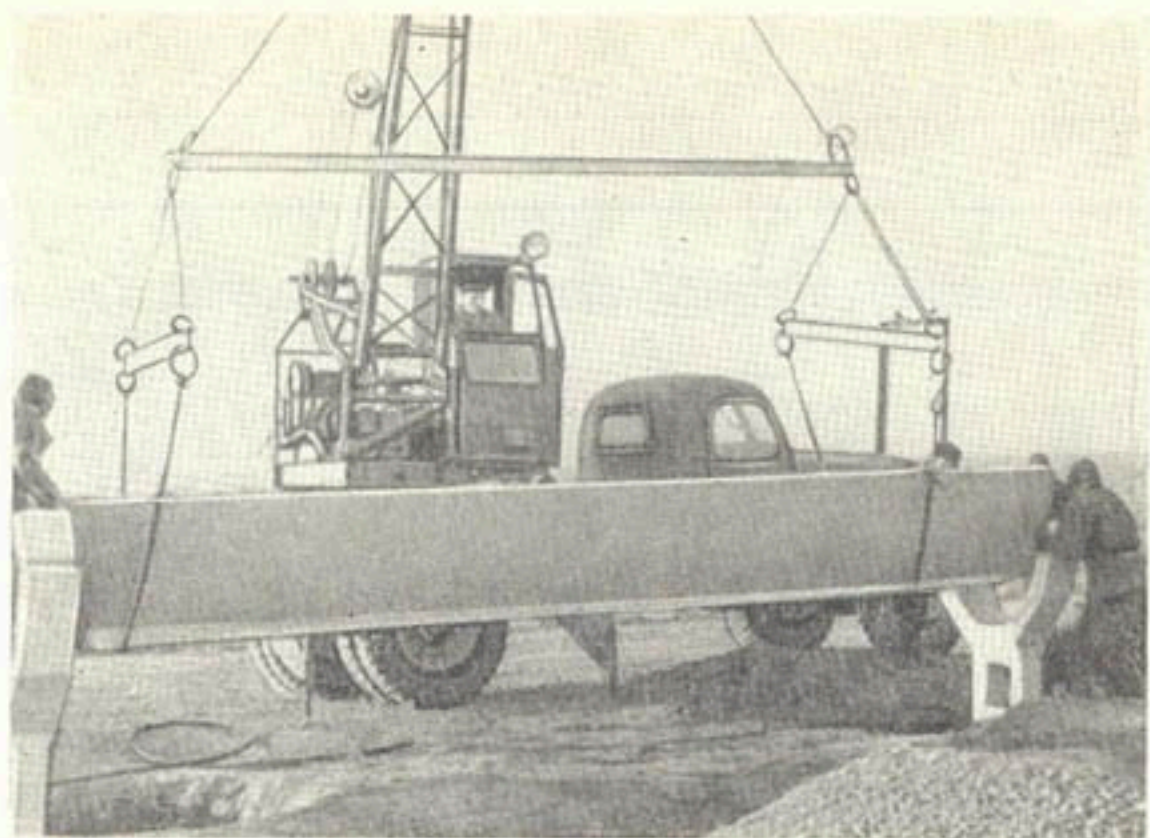


Рис. 128. Укладка лотков на опоры в Голодной степи.

нии монтажных работ по каждому сооружению в отдельности и в графике потока для строительного участка или системы в целом.

Зимние условия вызывают осложнения главным образом при выполнении подготовки основания и заделке стыков между деталями и блоками сооружений. Обратную засыпку после монтажа следует производить, как правило, талым грунтом.

Поэтому для сборных гидросооружений, строящихся в зимний период, целесообразно применять укрупненные блоки и повышать заводскую готовность отдельных элементов, сокращая до минимума количество швов, требующих заделки бетоном или цементным раствором, а также исключать или сокращать объем бетонной подготовки в основании сооружений.

Железобетонные детали в зимних условиях лучше стыковать на сварке и болтах, используя битумную изоляцию и прокладки из мешковины, войлока и других материалов, пропитанных битумом или гудроном.

На отдельных объектах монтажные работы производят в зимнее время, а заделку стыков и засыпку сооружений выполняют с наступлением теплого периода года или оттепели.

Сборные конструкции на строительстве крупных индивидуальных гидротехнических сооружений применяются еще недостаточно. Сборный железобетон здесь применяют в основном в виде облицовочных элементов взамен опалубки, плит крепления нижнего и верхнего бьефов, свай основания и некоторых других деталей.

В целях дальнейшего повышения уровня комплексной механизации, снижения трудовых затрат и стоимости строительства массовых гидросооружений необходимо укрупнять железобетонные детали и повышать их заводскую готовность, выполняя на предприятиях железобетонных изделий гидроизоляционные работы, монтаж закладных частей металлоконструкций и замоноличивание отдельных деталей между собой в узлы-блоки.

Следует также упрощать и механизировать работы по подготовке оснований, стыкованию деталей и устройству фильтров, всемерно сокращая число разновидностей этих процессов.

До сих пор еще не обеспечена комплексная механизация таких массовых работ, как облицовка оросительно-обводнительных каналов монолитным или сборным железобетоном и устройство дренажа для рассоления орошаемых земель.

Укладку сборных плит в каналы производят автокранами; устройство же подготовки и стыкование плит в значительной степени выполняют с использованием ручного труда. Малые размеры деталей и частые швы вызывают неудовлетворительную работу облицовки и расстройство стыков, что приводит к значительным фильтрационным потерям воды.

Для обеспечения комплексной механизации работ по облицовке каналов сборным железобетоном необходимо ускорить внедрение специальных машин по выравниванию откосов каналов и устройству подготовки, а также механизировать работы по созданию стыковых соединений и швов.

В последнее время широко развернулось строительство напорных закрытых и открытых лотковых систем, которое будет развиваться и дальше, в первую очередь в зонах машинного орошения и районах, где ощущается недостаток воды, а также на засоленных орошаемых землях с высоким уровнем грунтовых вод.

В дальнейшем лотковые каналы из сборного железобетона (в целях сокращения видов работ и обеспечения их комплексной механизации) следует строить на свайных опорах всюду, где это позволяют грунты. Такое решение вопроса имеет особое значение для строительства лотков на просадочных грунтах, где под обычные рамные опоры вначале отрываю котлованы, затем производят их замочку с последующим уплотнением основания специальными механизмами.

Под основание рамной типовой опоры в большинстве случаев укладывают песчано-гравелистую подушку, на которую затем устанавливают стаканную или плоскую опорную плиту рамы.

Раму, несущую лоток, раскрепляют и после выверки под нивелир замоноличивают бетоном или цементным раствором. Затем производят засыпку опор с увлажнением и уплотнением грунта.

При устройстве лотков на свайных опорах все указанные работы исключаются и заменяются одним видом — забивкой свай на расчетную глубину, что в значительной мере повышает механизацию работ, сокращает потребность в рабочей силе и различных механизмах.

Строительство смотровых колодцев и устьевых сооружений дренажных коллекторов из сборных железобетонных деталей выполняют в том же порядке и теми же механизмами, которые используются для строительства сооружений на оросительных системах.

Расширение применения сборного железобетона в водохозяйственном строительстве нашей страны, увеличение веса деталей до 10 т требуют соответствующего увеличения грузоподъемности кранов и автотранспортных средств, а также значительного пополнения парка машин.

Вопросы комплексной механизации строительства массовых сборных железобетонных гидросооружений на мелиоративных системах необходимо рассматривать с учетом характера и объема работ по всему объекту в целом, что в значительной степени может изменить запроектированные мероприятия по механизации строительства, если они предусматривались только для одного вида сооружений или их группы.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Огромные масштабы намеченного мелиоративного строительства требуют максимальной механизации и индустриализации всех видов работ, а также перехода на полносборные сооружения из крупноразмерных железобетонных конструкций и деталей промышленного производства.

Значительному увеличению объема и темпов перспективного водохозяйственного строительства в стране будут сопутствовать и его качественные изменения.

Технический прогресс в проектировании и строительстве новых оросительных систем будет развиваться в направлении максимального сокращения фильтрационных и других потерь воды в каналах и на полях за счет проведения специальных облицовочных работ, строительства лотковых водоводов и закрытых трубопроводов с повышением к.п.д. систем до 0,9—0,95, а также механизации и автоматизации водораспределения и самих поливов.

На новых оросительных системах, которые будут построены к 1970 г. на площади около 3,0 млн. га, предусматривается широкое использование железобетонных лотков и труб (в основном при устройстве распределительной сети).

Значительно возрастет строительство напорных оросительных систем типа водопроводных, с насосными станциями и водонапорными башнями, которые позволят через гидранты и специальные разборные или гибкие трубопроводы автоматизировать орошение земель с поливом по бороздам или дождеванием различной интенсивности, а также применить подземное орошение с подачей воды под сошники. На таких системах обеспечивается широкая механизация всех сельскохозяйственных работ и повышается коэффициент использования орошаемых земель.

Будут строиться самонапорные системы, работающие без использования насосных станций, за счет напора, получаемого от перепада отметок водозабора и орошаемого участка.

В настоящее время для трубопроводов закрытых систем используют, как правило, асбестоцементные трубы, которые относительно дефицитны, в особенности при больших диаметрах — от 576 до 960 мм; кроме того, эти трубы недостаточно прочны при ударах.

Широкое развитие строительства напорных оросительных систем потребует массовой замены асбестоцементных труб железобетонными и в основном с предварительно напряженной арматурой.

Возрастет объем сборного железобетона в лотковых водоводах и при облицовке каналов в земляном русле.

Для обеспечения устойчивого расслоения земель и грунтовых вод в ряде орошаемых районов часть оросительных систем будет строиться

с применением открытого и закрытого дренажа и отводом промывных и фильтрационных вод. Для этого необходимо будет увеличить выпуск бетонных и железобетонных труб, используемых в транспортирующей сети и смотровых колодцах.

В настоящее время в старых орошаемых районах (Средняя Азия, Азербайджан и др.) уже исчерпаны наиболее доступные водные ресурсы и освоены пригодные для орошения самотеком земли. Дальнейший прирост орошаемых земель в указанных районах может быть обеспечен главным образом за счет регулирования стока рек, а также строительства насосных станций для подъема воды на возвышенные участки.

В связи с этим нужно также увеличить производство железобетонных труб для напорных водоводов насосных станций и плит для облицовки откосов водохранилищ.

Одновременно сборный железобетон будет шире применяться на строительстве средних и крупных гидротехнических сооружений и при реконструкции существующих оросительных систем, а также в связи с совершенствованием техники полива.

В области строительства осушительных систем увеличится применение закрытого дренажа, двухстороннего регулирования водного режима на осваиваемых землях или их поверхностного полива, что значительно повысит удельное использование сборного железобетона в гидросооружениях, смотровых и приемных колодцах, а также в дренажных системах.

Развитие работ по сельскохозяйственному водоснабжению и обводнению пастбищ связано с широким строительством крупных межхозяйственных и групповых водопроводов, что потребует большого количества труб и других железобетонных деталей.

Большинство гидротехнических сооружений будет трубчатого типа (регуляторы, дюкеры, переезды и др.) с использованием малонапорных круглых труб. Объем сборного железобетона по ним в этих сооружениях составляет до 60%. В дальнейшем диаметр труб увеличится с 1,5 до 3 м, а длина для диаметров до 1,2 м может возрасти до 6 м.

Кроме того, в сборных гидротехнических сооружениях в большом количестве будут применяться напряженные и ненапряженные лотки, плоские и ребристые плиты и другие детали, размеры которых значительно увеличатся.

В ближайшее время строительство многих мелиоративных систем будет осуществляться комплексно, в увязке с работами по освоению орошаемых и осушаемых земель. В связи с этим значительно возрастет объем железобетонных работ по жилищно-коммунальным и производственным зданиям и сооружениям, необходимым для вновь организуемых хозяйств — совхозов и колхозов.

За последние годы использование сборного железобетона в мелиоративном строительстве непрерывно росло, что видно из таблицы 73.

Таблица 73

| Показатели                                                       | 1955 | 1958 | 1959 | 1960 | 1961 | 1962 | 1963 |
|------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| Общий объем бетона и железобетона, тыс. м <sup>3</sup> . . . . . | 424  | 1070 | 1140 | 1200 | 1391 | 1755 | 2619 |
| В том числе:                                                     |      |      |      |      |      |      |      |
| сборных конструкций . . . . .                                    | 24   | 172  | 217  | 307  | 407  | 540  | 679  |
| их прирост . . . . .                                             | —    | 148  | 45   | 90   | 100  | 137  | 139  |
| % сборности . . . . .                                            | 5,7  | 16,1 | 19   | 25   | 29,2 | 30,7 | 26   |

Таким образом, при значительном абсолютном росте производства и применения сборного железобетона его относительное применение с 1958 г. увеличилось, однако, лишь на 11% и в отдельные годы не превы-

шало 31% общего объема ежегодно выполняемых бетонных и железобетонных работ.

Предварительно напряженные конструкции применяются пока недостаточно и составляют менее 2% общего объема сборного железобетона, причем в основном — это лотки параболического сечения, выполняемые на протяжных стендах.

В настоящее время мелиоративное строительство не располагает необходимой производственной базой по изготовлению железобетонных деталей и конструкций. Действующие предприятия, за небольшим исключением, имеют малую производительность и недостаточно оснащены современным технологическим оборудованием, а также слабо механизированы. На многих заводах отсутствуют совершенные металлические формы для изготовления железобетонных изделий. В ряде случаев применяются еще деревянные формы.

Карьерное хозяйство в значительной степени раздроблено и слабо механизировано, особенно в части сортировки и промывки заполнителей бетона. Поэтому одним из основных факторов, сдерживающих дальнейшее производство и применение сборного железобетона, индустриализацию и повышение технического уровня мелиоративного строительства, является отсутствие хорошей производственной базы, и в первую очередь предприятий по изготовлению железобетонных деталей и конструкций, а также металлических форм и необходимой оснастки к ним.

По предварительным расчетам, за период 1964—1970 гг. общий объем сборных элементов в мелиоративном строительстве составит около 15 млн. м<sup>3</sup>, при этом значительно возрастет производство предварительно напряженных конструкций. Для обеспечения выпуска такого количества железобетонных конструкций необходимо построить около 25 новых крупных предприятий производительностью по 100—300 тыс. м<sup>3</sup> в год.

На этих заводах все в большей мере будут использоваться достижения химии, в частности ускорители твердения бетона, его антикоррозийности, удобоукладываемости смеси и др., а также полимеры, повышающие водонепроницаемость гидросооружений.

Особо важное значение имеют вопросы сокращения термообработки железобетонных изделий с внедрением процессов направленного автоклавирования и использованием различных добавок-ускорителей.

Дальнейшее развитие получают самонапряженные конструкции на цементе специальных марок.

В отдельных зонах водохозяйственного строительства, где на месте имеются залежи хороших песков и нет крупных заполнителей, в значительно большем объеме найдут применение песчаные бетоны и армоцемент, что на каждом конкретном объекте должно быть обосновано соответствующими технико-экономическими расчетами.

В дальнейшем должна быть повышена точность изготовления железобетонных деталей и конструкций со значительным снижением допусков, что потребует применения более жестких металлических форм, новых, лучших шарниров в них и использования точеных и строганых поверхностей форм для ряда деталей.

При формировании и уплотнении бетонной смеси в значительно большей мере будут применяться виброплощадки и установки, обеспечивающие прессование бетона, а также его высокочастотную вибрацию.

В области строительства сборных железобетонных сооружений предстоит механизировать работы по подготовке основания, заделке швов, гидроизоляции и уплотнению грунтов при выполнении обратной засыпки, а также значительно повысить общий уровень комплексной механизации.

Строительные организации в ближайшее время должны быть оснащены механизмами, кранами и автотранспортными машинами повышенной проходимости и грузоподъемности, универсальной конструкции, со

сменным оборудованием, позволяющим выполнять несколько видов работ.

Необходимо дальнейшее совершенствование организации и производства работ по строительству массовых сборных и сборно-монолитных железобетонных гидросооружений с учетом выполнения всех видов работ и их сезонности по водохозяйственному объекту в целом.

В проектах сборных гидросооружений достигнут значительный технический прогресс, конструкции продолжают непрерывно совершенствоваться с сокращением расхода бетона и металла на одно сооружение и на 1 м<sup>3</sup> их пропускной способности (или на 1 м падения и т. д.). Однако в некоторых случаях применение различных проектов одного и того же назначения не имеет достаточного обоснования и не увязано с технологией производства деталей, а количество их типов и типоразмеров неоправданно велико, что сдерживает дальнейшее внедрение сборного железобетона в мелиоративное строительство и его индустриализацию. Поэтому работа по унификации сооружений мелиоративных и рыбохозяйственных систем, а также сооружений сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения, выполняемая Гипроводхозом, Росгипроводхозом, Гидро-рыбпроектом и другими организациями, имеет весьма важное значение для дальнейшего внедрения сборного железобетона в мелиоративное строительство.

Общее количество типовых сборных сооружений из ненапряженного железобетона, применяемых в настоящее время, составляет около 1220 типоразмеров при 163 типах. Для строительства этих сооружений используется 460 типоразмеров железобетонных деталей, объединенных в 143 типах. После унификации эти цифры сократятся соответственно в 3 и 4 раза. При этом в максимальной степени будут использованы железобетонные детали, рекомендованные по межотраслевой унификации инженерных сооружений, над которой работали 46 проектных и научно-исследовательских организаций.

При последующем уточнении унификации и переработке проектов сборных железобетонных сооружений можно будет добиться дальнейшего сокращения типов и типоразмеров.

На основании имеющихся материалов по унификации сборных сооружений для водохозяйственного строительства и результатов проведенной межотраслевой унификации, с учетом достигнутого прогресса в технологии производства железобетонных изделий и их монтажа, можно наметить следующие основные направления в области проектирования этих гидросооружений.

В целях сокращения количества железобетонных деталей и швов в сборных гидросооружениях необходимо стремиться к дальнейшему укрупнению деталей и увеличению веса их до 7 т с одновременным уменьшением толщины ряда изделий и повышением марок бетона и стали.

В большем объеме необходимо в конструкциях сборных сооружений использовать детали из напряженного железобетона или с последующим их напряжением в сооружениях. Надо всемерно упрощать форму железобетонных деталей, в особенности для напряженных конструкций, с учетом возможности замоноличивания их в блоки на предприятиях.

При этом форма изделий должна увязываться с технологией их массового производства на действующем оборудовании серийного производства в отечественной промышленности.

Особое внимание должно быть уделено проектированию металлических форм и другой оснастки для изготовления железобетонных деталей. Применяемые в настоящее время формы относительно тяжелы и при вибрационном способе изготовления деталей быстро расстраиваются и изнашиваются.

Необходимо и дальше совершенствовать конструкции швов сборных гидросооружений и облицовок каналов с учетом возможности их выпол-

нения в течение всего года и максимальной механизации производства работ.

При стыковании и соединении железобетонных деталей в новых конструкциях гидросооружений наряду со сваркой арматуры в стыках найдут применение болтовые соединения с антикоррозийным покрытием, цементно-коллоидный клей и полимеры.

В целях сокращения количества видов работ, а также снижения затрат труда по строительству сборных сооружений необходимо расширить применение свай и шпунтовых диафрагм, упростить подготовку оснований за счет механизированной подливки супесчаных и цементных растворов под давлением, а также использовать вибрационную посадку отдельных деталей на увлажненный и взрыхленный грунт, усиливая в отдельных случаях их армирование.

Нужно повысить сборность конструкций средних и крупных гидросооружений до уровня 60—70% с применением монолитного бетона без временной деревянной опалубки.

Проектирование новых типовых сборных гидросооружений необходимо выполнять комплексно для основных видов: регуляторов, быстротоков, переездов, дюкеров, акведуков и ливнепропусков на основной диапазон их расходов и падений.

Особое внимание при этом должно быть уделено сооружениям для лотковой и закрытой трубчатой сети, а также вопросам их водомерности и автоматизации с учетом механизации полива и сельскохозяйственных работ по различным культурам в севооборотах.

Должны быть продолжены также проектные и исследовательские работы по созданию гидросооружений с последующим напряжением отдельных их элементов при одновременном улучшении конструкций швов между составляющими деталями. При разработке новых типовых проектов и переработке существующих должны быть улучшены конструкции гасителей гидросооружений с учетом условий их работы.

В проектах крупных и средних гидросооружений, а также при выполнении противооползневых, берегоукрепительных и регулировочных работ на водотоках должны в большей мере найти применение сборные «ячеистые» и ряжевые конструкции в комбинации с монолитным бетоном.

В проектах мелиоративных систем часто отсутствуют соответствующие технико-экономические расчеты, обосновывающие размеры использования сборного железобетона в основных сооружениях с учетом сокращения сроков строительства объекта, жилых и подсобно-вспомогательных зданий и сооружений, транспортировки рабочих и др.

Сравнение же только стоимостных показателей между отдельными вариантами и с сооружениями в монолитном исполнении не дает правильной оценки экономичности применения сборных конструкций.

При сравнении проектов однотипных сборных железобетонных сооружений разной конструкции необходимо учитывать не только объемные и стоимостные сметные показатели, но и конфигурацию деталей, технологичность и трудоемкость изготовления и их повторяемость, а также количество и разнообразие видов работ, выполняемых на строительстве этих сооружений.

Учитывая вышензложенное, можно сделать вывод, что в части снижения стоимости мелиоративного строительства, повышения индустриализации и сокращения сроков его выполнения имеются еще большие резервы.

Успех этой работы во многом будет зависеть от правильного и своевременного проведения единой технической политики в области водного хозяйства в масштабе всей страны.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Агабабов Э. А. Сооружения на лотковых каналах. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 7, 1961.
2. Андреевский Н. С. Сборные железобетонные сооружения на мелиоративных системах УССР. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 3, 1957.
3. Аполосов В. М. Строительство гидротехнических сооружений сборной конструкции. Сельхозгиз, 1954.
4. Березинский А. Р. и Ротина О. Д. Применение сборного железобетона в водопроводных и канализационных сооружениях. Изд. МКХ РСФСР, 1958.
5. Березинский А. Р., Соколова В. Ф., Алипов В. В. Применение сборного железобетона в гидротехнических сооружениях. Госстройиздат, 1959.
6. Вархотов Т. Л. Сборно-монолитные и сборные ячеистые плотины. Госстройиздат, 1962.
7. Васильев П. Опыт стандартного производства мелких гидротехнических сооружений на Мугани. «Бюллетень Закавказского опытного исследовательского института водного хозяйства» № 4, 1930.
8. Временные указания по применению сборных железобетонных предварительно напряженных конструкций в водохозяйственном строительстве. Гипроводхоз, 1962.
9. Гершберг О. А. Технический прогресс и современные тенденции развития производства сборного железобетона в СССР. Материалы XX научно-технической конференции МИСИ им. В. В. Куйбышева, 1961.
10. Гибшман Е. Е. Мосты со стальными балками, объединенными с железобетонной плитой. Дориздат, 1952.
11. Горбунов-Посадов М. И. Расчет конструкций на упругом основании. Госстройиздат, 1953.
12. Горюнов Б. Ф. и Курочкин С. Н. Гидротехнические сооружения и морские порты. Труды ЦНИИМФ, вып. 49, 1958.
13. Гуревич В. Б. Строительство гидротехнических сооружений из сборного железобетона. Речной транспорт, 1961.
14. Жемочкин Б. Н. и Сеницын А. П. Практические методы расчета фундаментных балок и плит на упругом основании. Стройиздат, 1947.
15. Клейн Г. К. Расчет труб, уложенных в земле. Госстройиздат, 1957.
16. Крайнюк Б. и Железняков М. Изготовление растрескиваемых железобетонных труб методом вертикального виброформования, 1959.
17. Кузьмина З. Д. Водовыпуски во временные оросители. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 4, 1954.
18. Кузнецов В. А. Применение свайных опор при строительстве каналов-лотков. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 1, 1964.
19. Макаров В. Б. Сборное крепление откосов земляных гидротехнических сооружений с обратным фильтром из пористого бетона. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 10, 1960.
20. Маслов Н. Н. Условия устойчивости склонов и откосов в гидротехническом строительстве. Госэнергоиздат, 1955.
21. Мохов С. А. Сборный железобетонный шахтный перепад с соударением потоков. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 11, 1961.
22. Нехорошев А. В. Резервуары из сборного железобетона. Журн. «Бюллетень строительной техники» № 8, 1956.
23. Новые машины и способы организации строительства сборных железобетонных сооружений на водохозяйственных системах. Гипроводхоз, 1962.
24. Овсянкин В. И. Железобетонные трубы для напорных водоводов. Госстройиздат, 1960.
25. Орделли М. А. Применение сборного железобетона при строительстве быстрого потока. Журн. «Гидротехническое строительство» № 10, 1956.

26. Панасенко И. Д. Изготовление и применение предварительно напряженных железобетонных лотков-каналов. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 9, 1963.
27. Петров К. М. Итоги работ по строительству оросительной сети первой очереди в Ростовской области. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 9, 1952.
28. Пулатов У. Ю., Пузырев Ю. В., Иванов С. А., Абрарходжаев А. Строительство оросительной сети из лотков-каналов в просадочных грунтах Голодной степи. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 10, 1961.
29. Родштейн А. Г. Уплотнители швов сборных железобетонных покрытий каналов. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 10, 1960.
30. Симвулиди И. А. Расчет балок на сплошном упругом основании. Изд. «Советская наука», 1955.
31. СНиП II-Б. 3-62. Основания гидротехнических сооружений. Нормы проектирования.
32. СНиП II-В. 1-62. Нормы проектирования бетонных и железобетонных конструкций.
33. СНиП II-И. 1-62. Гидротехнические сооружения (речные). Основные положения проектирования.
34. СН 55-59. Нормы и технические условия проектирования бетонных и железобетонных конструкций гидротехнических сооружений.
35. СН 10-57. Инструкция по проектированию предварительно напряженных конструкций.
36. Стулов Т. Т. и Трусев Л. П. Применение сборных железобетонных конструкций в водопроводных насосных станциях. Журн. «Водоснабжение и сантехника» № 1, 1955.
37. Суладзе И. Д. Опыт изготовления предварительно напряженных железобетонных лотков параболического сечения. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 9, 1961.
38. Тематический сборник ВДНХ «Новое в ирригации». Сельхозиздат, 1962.
39. ТУиН Теплоэлектропроекта. Проектирование стальных подземных труб. М., 1960.
40. Труды Гипроводхоза, выпуск 23. Инструкция по расчету сборных железобетонных конструкций в мелиоративном строительстве. Гипроводхоз, 1963.
41. Тягин Б. В. и Еремин О. А. Уплотнение бетонной смеси методом продольно-горизонтального вибрирования. Журн. «Транспортное строительство» № 5, 1964.
42. Фенин Н. К., Кошуриков Б. В. Опыт применения крупных блоков в сборных железобетонных ирригационных сооружениях. Журн. «Гидротехническое строительство» № 5—6, 1946.
43. Черникович Л. А. Сборный бетон и железобетон в мелиоративном строительстве. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 2, 1955.
44. Черникович Л. А. Сборные железобетонные сооружения на мелиоративных системах. Материалы IV сессии Академии строительства и архитектуры СССР по сборному и предварительно напряженному железобетону, 1958.
45. Черникович Л. А. Пути снижения стоимости сборных железобетонных гидросооружений в мелиоративном строительстве. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 7, 1959.
46. Черникович Л. А. Применение сборного и предварительно напряженного железобетона в ирригационном строительстве Франции. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 1, 1960.
47. Шварц Р. М. Применение бетона в борьбе с фильтрацией из оросительных каналов. Гипроводхоз, 1959.
48. Степа Б. Г. Сборные железобетонные ливнепуски. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 7, 1955.
49. Шредер В. В., Шеголев О. А. Насосная станция камерного типа экономичной конструкции. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 6, 1961.
50. Шубладзе К. К. Из водохозяйственной практики за рубежом. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 6, 1955.
51. Шубладзе К. К., Винокур Я. Е., Черникович Л. А. О производстве и применении сборного железобетона в мелиоративном строительстве. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 7, 1963.
52. Шумаев В. В. Выбор формы поперечного сечения и метода расчета сборных железобетонных лотков для оросительных систем. Журн. «Гидротехника и мелиорация» № 11, 1963.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

|                                                                                                      |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Введение . . . . .                                                                                   | 3   |
| Глава I. Сборные сооружения на оросительных системах . . . . .                                       | 6   |
| Сооружения из ненапряженного железобетона . . . . .                                                  | 7   |
| Водовыпуски . . . . .                                                                                | 11  |
| Открытые регуляторы . . . . .                                                                        | 15  |
| Закрытые (трубчатые) регуляторы . . . . .                                                            | 18  |
| Перепады и быстротоки . . . . .                                                                      | 24  |
| Дюкеры . . . . .                                                                                     | 30  |
| Акведуки . . . . .                                                                                   | 32  |
| Ливневые выпуски и сепараторы . . . . .                                                              | 34  |
| Затворы . . . . .                                                                                    | 40  |
| Узлы гидросооружений . . . . .                                                                       | 43  |
| Мосты и проезды . . . . .                                                                            | 43  |
| Крепление каналов плитами . . . . .                                                                  | 46  |
| Водосбросы . . . . .                                                                                 | 49  |
| Сооружения на закрытых водоводах . . . . .                                                           | 53  |
| Лотки и сооружения на лотковых каналах . . . . .                                                     | 58  |
| Лотки . . . . .                                                                                      | 59  |
| Сооружения на лотковых каналах . . . . .                                                             | 64  |
| 1. Регулирующие сооружения . . . . .                                                                 | 65  |
| 2. Сооружения на пересечениях . . . . .                                                              | 76  |
| 3. Сопрягающие сооружения . . . . .                                                                  | 78  |
| Сооружения из предварительно напряженного железобетона . . . . .                                     | 81  |
| Лотковые каналы . . . . .                                                                            | 82  |
| Быстротоки-регуляторы . . . . .                                                                      | 85  |
| Акведуки . . . . .                                                                                   | 88  |
| Дюкеры . . . . .                                                                                     | 88  |
| Мосты . . . . .                                                                                      | 91  |
| Глава II. Сборные сооружения на осушительных системах . . . . .                                      | 94  |
| Трубчатые регуляторы . . . . .                                                                       | 96  |
| Открытые регуляторы . . . . .                                                                        | 96  |
| Сопрягающие сооружения . . . . .                                                                     | 99  |
| Глава III. Сборные сооружения для сельскохозяйственного водоснабжения и обводнения пастбищ . . . . . | 104 |
| Шахтные и смотровые колодцы . . . . .                                                                | 105 |
| Сборные резервуары и водонапорные башни . . . . .                                                    | 108 |
| Каптажные камеры и водозаборные сооружения из рек, каналов и скважин . . . . .                       | 113 |
| Водопойные корыта . . . . .                                                                          | 118 |
| Глава IV. Мелиоративные насосные станции из сборного железобетона . . . . .                          | 119 |
| Водозаборные устройства и аванкамеры . . . . .                                                       | 122 |
| Здания насосных станций . . . . .                                                                    | 123 |
| Плавучие насосные станции . . . . .                                                                  | 128 |
| Напорные трубопроводы . . . . .                                                                      | 128 |
| Водовыпускные сооружения . . . . .                                                                   | 130 |
| Применение напряженного железобетона . . . . .                                                       | 130 |
| Глава V. Методика расчета конструкций сборных гидросооружений и их деталей . . . . .                 | 131 |
| Особенности расчета . . . . .                                                                        | 131 |
| Нагрузки и силовые воздействия . . . . .                                                             | 132 |
| Формы поперечных сечений железобетонных деталей . . . . .                                            | 133 |
| Марки бетона . . . . .                                                                               | 134 |
| Арматура . . . . .                                                                                   | 135 |

|                                                                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| Стыковые соединения . . . . .                                                                                     | 135 |
| Расчет на трещиностойкость и раскрытие трещин . . . . .                                                           | 136 |
| Расчет круглой трубы . . . . .                                                                                    | 137 |
| Расчет плиты сборного крепления канала . . . . .                                                                  | 141 |
| Расчет лотков . . . . .                                                                                           | 142 |
| Глава VI. Предприятия и технология производства железобетонных изделий для мелиоративного строительства . . . . . | 152 |
| Производство железобетонных лотков . . . . .                                                                      | 154 |
| Производство лотков за рубежом . . . . .                                                                          | 160 |
| Производство железобетонных труб . . . . .                                                                        | 161 |
| Производство железобетонных плоских и ребристых плит . . . . .                                                    | 165 |
| Глава VII. Монтаж и строительство мелиоративных сооружений из сборного железобетона . . . . .                     | 171 |
| Земляные работы . . . . .                                                                                         | 172 |
| Подготовка основания и устройство фильтров . . . . .                                                              | 173 |
| Гидроизоляционные работы . . . . .                                                                                | 174 |
| Транспортирование железобетонных деталей и конструкций . . . . .                                                  | 175 |
| Монтажные работы . . . . .                                                                                        | 178 |
| Заключение . . . . .                                                                                              | 184 |
| Литература . . . . .                                                                                              | 189 |

*Чернышев Леонид Анатольевич и Шаров Павел Александрович*

# ПРИМЕНЕНИЕ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА В МЕЛИОРАТИВНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ.

192 с. УДК 620.8 М., изд-во «Колос», 1965.  
 Редактор Г. Я. Кравцов. Художник А. И. Николаев. Художественный редактор А. С. Золотцева. Технические редакторы М. М. Гуревич и Э. П. Околенова. Корректор Н. Д. Кирсанова

Сдано в набор 16/VII 1965 г. Подписано к печати 18/XI 1965 г. Т 14078. Формат 70×108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Печ. л. 12(16,8). Уч.-изд. л. 16,62. Изд. № 3020. Т. п. 1965 г. № 222. Тираж 3500 экз. Заказ № 553. Цена 98 коп.

Издательство «Колос», Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19.

Ярославский полиграфкомбинат Главполиграфпрома Комитета по печати при Совете Министров СССР. Ярославль, ул. Свободы, 97.