

УДК 631.347:626.845

UDC 631.347:626.845

**КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ
СХЕМЫ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН СЕРИИ
ДКФ И ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ИХ ВО-
ДОПРОВОДЯЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ**

**CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL
SCHEMES OF SPRINKLING MACHINES
“SPRINKLER CONSOLE FRONT” (SCF) SE-
RIES AND HYDRAULIC CALCULATION OF
WATER SUPPLY COMPONENTS**

Снипич Юрий Фёдорович
к. т. н.

*Федеральное государственное научное учреждение
«Российский научно исследовательский институт
проблем мелиорации», ФГНУ «РосНИИПМ»
Новочеркасск, Россия*

Snipich Yuriy Fyodorovich,
Cand.Tech.Sci.

*Federal State Scientific Establishment «The Russian
scientific research institute of land Reclamation
problems» FSSE «RSRILRP», Novocherkassk, Russia*

В статье представлены конструктивно технологиче-
ские схемы дождевальных машин серии «Дождева-
тель консольный фронтальный» и гидравлический
расчет их водопроводящих элементов

The article presents constructive-technological
schemes for sprinkling machines “Sprinkler console
front” (SCF) series and hydraulic calculation of water
supply components

Ключевые слова: ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ,
ПОТЕРИ НАПОРА, РАБОЧЕЕ И ТРАНСПОРТНОЕ
ПОЛОЖЕНИЕ, СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИ-
СТИКИ

Keywords: IRRIGATION MACHINES, PRESSURE
LOSS, OPERATING AND TRANSPORT POSI-
TION, THE COMPARATIVE CHARACTERISTICS

Засухи и суховеи последних лет еще раз убедительно показали, что орошение в России должно играть важную роль при выращивании с.-х. культур. Вместе с тем в предложениях по восстановлению и дальнейшему развитию оросительных мелиораций следует исходить из того, что в стране произошли коренные изменения в требованиях к дождевальной технике и технологиям орошения, обусловленные факторами социально-экономического характера, приведшими, в частности, к сокращению, по некоторым данным, площади орошаемых земель до 4,7 млн. га.

Дождь, создаваемый современными дождевальными машинами, отличается по своим параметрам от естественных осадков «средней» силы. Высокие энергетические показатели искусственного дождя приводят к разрушению почвенного покрова и образованию поверхностного стока, неравномерности полива, что способствует развитию ирригационной эрозии, переувлажнению почвы и вымоканию растений в одних местах, при недостаточном их увлажнении в других, снижению плодородия орошаемых земель и неэффективному использованию водных, материально-

технических, энергетических и земельных ресурсов. Поэтому значительное внимание следует уделять разработке технологий орошения и конструкций дождевальной техники, обеспечивающих, при экономически целесообразном уровне производительности, экономию воды, энергии, материально-технических и трудовых ресурсов без негативного воздействия на почву и окружающую среду. В частности, значительное внимание уделяется разработке модификаций дождевальных машин, работающих с рассредоточением водоподачи по площади и во времени.

За последнее время, по данным В. Ф. Носенко [1], трудоемкость орошения снизилась у ДДА-100 МА с 3,6 до 2,2 чел. ч. на 1000 м³ водоподачи, коэффициент полезного действия возрос до 0,85, коэффициент эффективности полива достиг 0,7, коэффициент земельного использования 0,92.

Для колесных дождевальных трубопроводов коэффициент земельного использования повысился до 0,98, а трудозатраты снизилась с 2,5 до 1,9 чел. ч. на 1000 м³ воды. Средняя интенсивность дождя снизилась с 0,35 до 0,2 мм/мин. Однако энергозатраты на полив возросли с 122 до 160 кВт ч на 1000 м³.

Для установок кругового действия трудоемкость снизилась с 1,5 на 1000 м³ до 1,1 чел. ч., коэффициент земельного использования увеличился до 0,98, энергозатраты остались неизменными в пределах 190 кВт.ч. на 1000 м³. Это касается и качественного улучшения ресурсосберегающих параметров – интенсивности дождя и коэффициента эффективного полива.

По сравнению с 1980-ми годами, значительно снижены энергозатраты высокопроизводительных машин. Для ДДМ-100 М, ДМ «Фрегат», ДКШ-64 с 240, 180, 160 кВт. ч. на 1000 м³ до 190, 170, 165 кВт. ч. на 1000 м³; для ДМУ-А «Фрегат», ДФ-120, ДКН-80, ДКГ-80 «Ока», МДЭФ «Кубань-М», МДЭФ «Кубань-Л» – до 160, 140, 120, а для низконапорной модификации «Фрегат-Н» до 115 кВтч. на 1000 м³, т.е. технические средства

медленного и низкоинтенсивного дождевания имеют довольно высокий показатель затрат около 250 кВт. ч. на 1000 м³.

В США до 90 % широкозахватной техники переоборудовано низконапорными насадками. Снижение энергоемкости дождевания при этом может составить от 16% до 50 %, значительно повышается эффективность использования водных ресурсов [2]. Конструкции низконапорных дождевальных машин типа «Zimmatic», «Lera», «Linia», «Valley» оборудуются низконапорными насадками с поливом по сектору, монтирующихся на водопроводящем поясе на коротких патрубках в один ряд с наклоном 45⁰ к горизонтальной плоскости. В целом экономия оросительной воды при поливе этими установками составляет не менее 20 % по сравнению с обычным дождеванием, а энергозатраты – на 15-20 %. Эффективность орошения этой системы достигает 98-99 %. Выпускаются комплекты низконапорных дождевальных аппаратов, включающие короткоструйные дефлекторные насадки с плоскими или коническими дефлекторами; пластмассовые и латунные коромысловые дождевальные аппараты с низким углом вылета струи, оборудование для приземного дождевания, присоединяемое к водопроводящему поясу на гибких шлангах. Высокое качество дождя обеспечивается не только за счет конструктивных особенностей аппаратов, но и оптимальной схемы их размещения, расчет которой осуществляется на ЭВМ с учетом параметров машины, требуемого расхода, давления, площади обслуживания, характеристики орошаемого участка.

В конечном итоге, все решения по совершенствованию технических средств для орошения направлены на создание высокопроизводительной поливной техники, обеспечивающей искусственный дождь, приближающийся по своим параметрам к качественным характеристикам идеала – естественных дождей средней силы, с каплями, падающими практически вертикально, при среднем диаметре 1-1,5 мм, с интенсивностью до 25 мм/мин и равномерностью распределения по площади не менее 0,9.

Анализ показывает, что при реализации оптимальных агротехнологий орошения большое значение приобретают вопросы выбора конструкций дождевальных машин, аппаратов и схем их размещения на водопроводящем поясе. Недостаточно высокие агротехнические характеристики искусственного дождя заставляют вести работы по совершенствованию конструкций дождевальных машин. Дальнейшее направление научных исследований заключается в значительном снижении энергетического воздействия искусственного дождя на культуры без ухудшения агротехнических характеристик дождя.

С учетом вышесказанного был сделан вывод, что наиболее целесообразным для полива овощных культур является использование поливной техники, работающей из открытых оросителей и автономными энергоносителями. В результате научных, теоретических и экспериментальных исследований в ФГНУ «РосНИИПМ» с участием автора, была создана серия дождевальных машин, ДКФ.

Дождевальная машина ДКДФ-1 (рисунок 1) «Ростовчанка» имеет две противоположно направленные консоли, которые состоят из пяти секций каждая. Каждая секция консоли подвешена на растяжках к центральной стойке. Агрегат забирает воду из оросителя через всасывающую линию, далее через напорную линию вода подается в поворотную раму, а затем в консоли и распределяется дефлекторными насадками и концевыми средне-струйными дождевальными аппаратами. В 2002 г. ДКДФ-1 «Ростовчанка» прошла государственные испытания на Зерноградской МИС.

ДКФ-1П имеет две консоли с переменным сечением, которые состоят из 11-ти секций каждая (рисунок 2). Первая секция крепится к фланцам поворотной рамы, вторая – к первой и т.д. Между 3 и 4, 6 и 7, 9 и 10 секциями устанавливаются распорные треугольники. Первые три секции консоли подвешены посредством растяжек напрямую к центральной стойке. Остальные секции подвешены к центральной стойке через распорные треугольники.

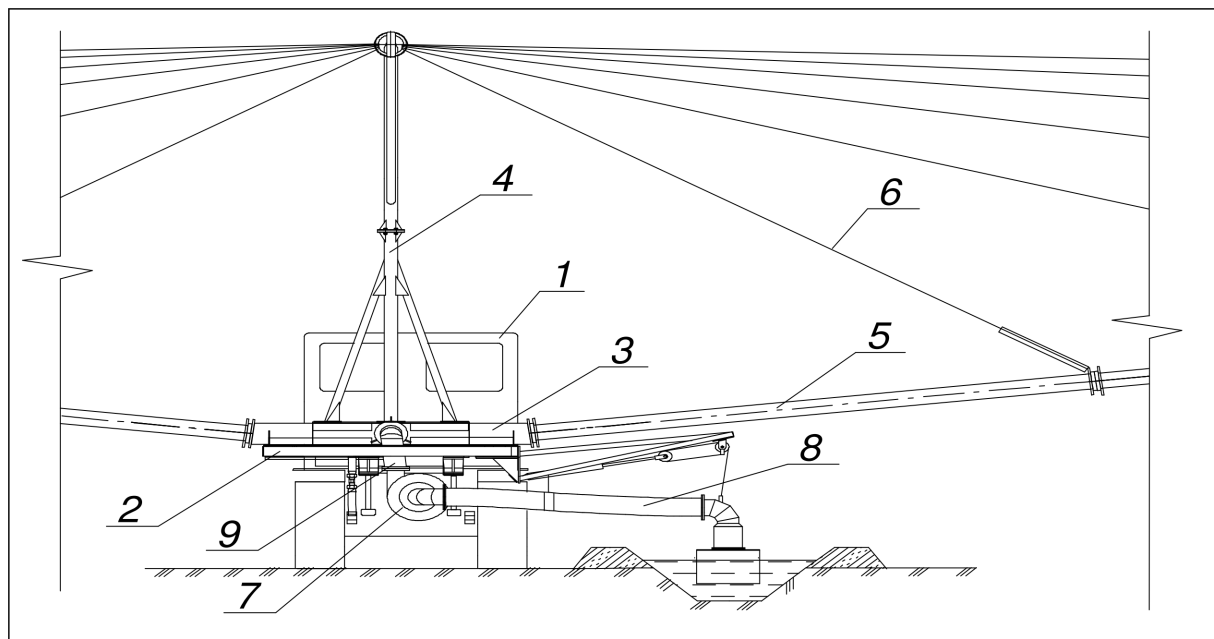


Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема ДКДФ-1 «Ростовчанка»

1 – трактор; 2 – основная рама; 3 – поворотная рама; 4 – центральная стойка; 5 – консоль; 6 – растяжка; 7 – насос с приводом; 8 – всасывающая линия; 9 – напорная линия

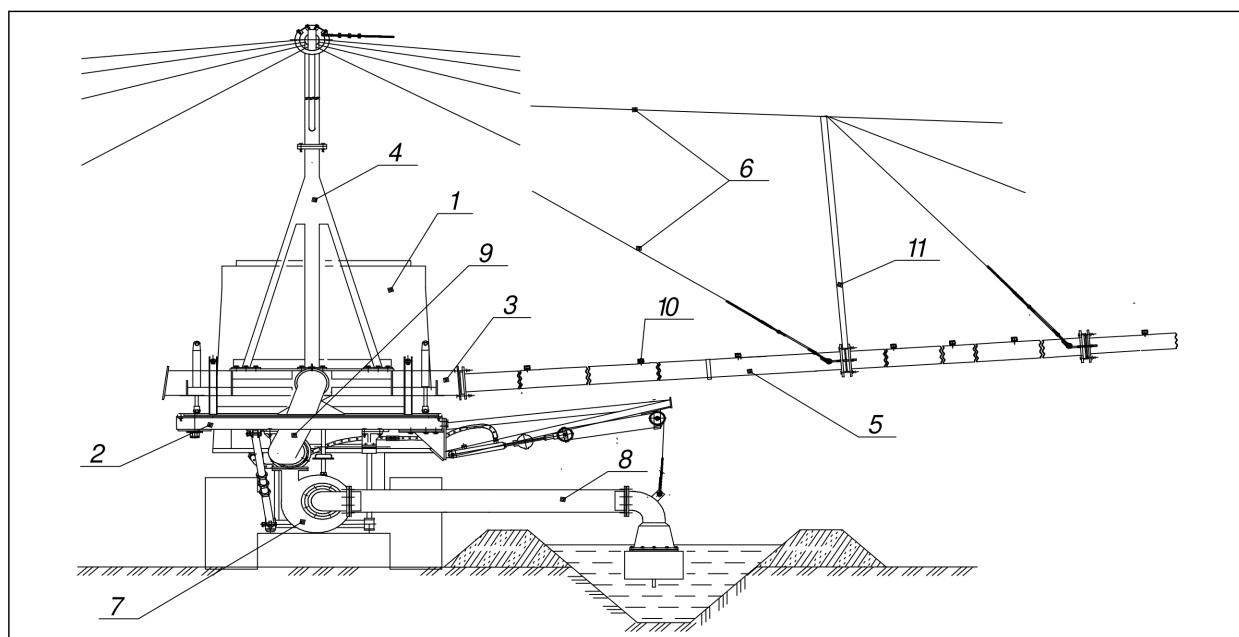


Рисунок 2 – Конструктивно-технологическая схема ДКДФ 1П

1 – трактор; 2 – основная рама; 3 – поворотная рама; 4 – центральная стойка; 5 – консоль; 6 – растяжка; 7 – насос с приводом; 8 – всасывающая линия; 9 – напорная линия; 10 – секторная насадка; 11 – распорный треугольник

Наиболее перспективной является ДКФ-1ПК (рисунок 3). Эта машина обладает преимуществом вышеупомянутых типов дождевателей, но в отличие от них имеет возможность изменения высоты консоли над поверхностью орошаемого участка, что позволяет практически устранить вредное влияние ветра на дождь, уменьшить энергетическое воздействие дождя на растения, чем устраняется недостаток у предыдущих типов поливной техники. ДМ ДКФ-1ПК имеет относительно высокие показатели по мобильности и работает с забором воды из открытых оросителей.

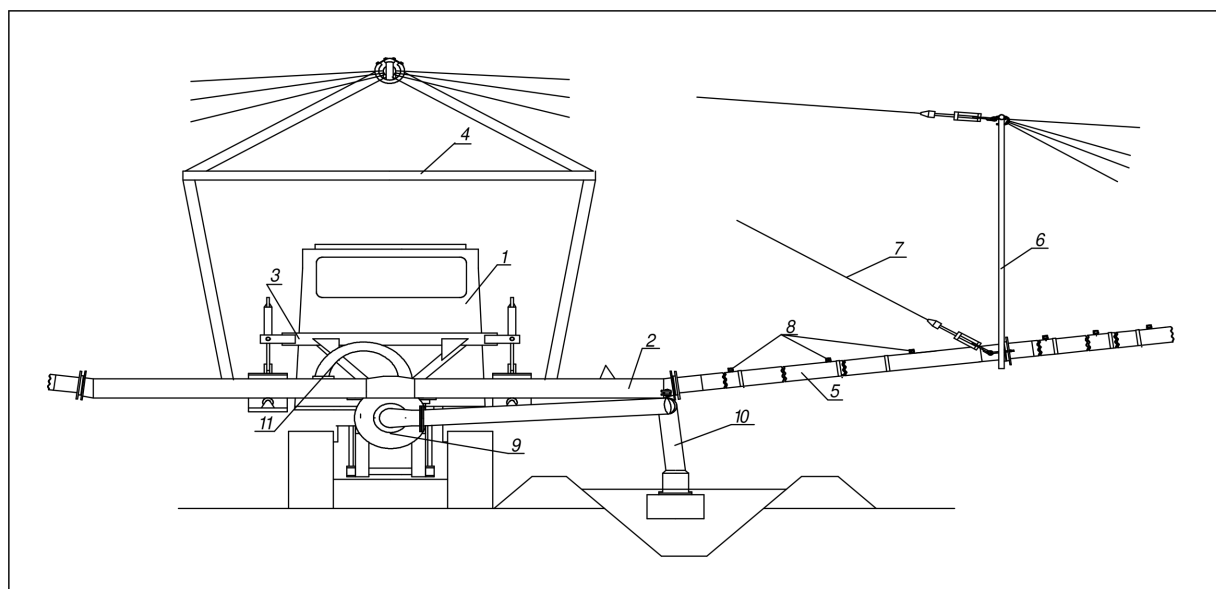


Рисунок 3 – Конструктивно-технологическая схема ДКФ-1ПК

1 – трактор; 2 – водопроводящее кольцо; 3 – стойки с гидравлической системой; 4 – центральная стойка; 5 – консоль; 6 – распорные панели вантовой подвески; 7 – растяжка; 8 – короткоструйные секторные насадки; 9 – насос с приводом; 10 – всасывающая линия; 11 – напорная линия.

В конструкции дождевателя предусмотрено рабочее (консоли расположены перпендикулярно направлению движения трактора) и транспортное (консоли расположены параллельно движению трактора) положение консолей. Для удобства транспортировки и сборки водопроводящее кольцо разделено на три полусферы, соединяющиеся на фланцах. Откидная полу-

сфера в передней части кольца, используемая для освобождения трактора, закреплена с одной стороны на поворотном пальце, с другой – на фланцах с отверстиями для крепежных элементов. Для установки дождевальной машины на хранение или выезда трактора на водопроводящем кольце предусмотрены откидные опоры.

В данной разработке внедрена возможность использования водопроводящих труб из полимерных материалов, что приводит к уменьшению веса дождевальной машины по сравнению с аналоговой поливной техникой. В отличие от металлических труб, полимерные стойки к коррозии, эластичны, долговечны и удобны при монтаже. Дождевальная машина ДКФ-1ПК оборудована низконапорными насадками секторного действия, дождевой поток которых ориентирован к земле, что дает стабильное дождевое облако под дождевальной машиной при воздействии ветра.

Однако при создании новой дождевальной машины ДКФ-1ПК встает необходимость обработки показателей лабораторно-полевых испытаний и анализа агротехнической оценки.

Параметры дождевальных машин определяются на этапах разработки исходных требований, технических заданий, конструкторской документации и отражают в основном преобладающие в конкретный период времени воззрения на техническое и технологическое совершенство дождевальных машин, а также достигнутый уровень научно-технического развития общественного производства. К примеру, в восьмидесятые годы особое внимание уделялось автоматизации полива, а уже в девяностые на первый план стало выходить энергосбережение. При всем этом требования к качественным показателям искусственного дождевания непрерывно повышаются. В связи с этим, особую актуальность приобретают вопросы оптимизации параметров дождевальных машин, исходя из необходимости соответствия их основных характеристик условиям размещения и возможности реализации экологически безопасных технологий полива при по-

требных уровнях урожайности. Особое значение, следует придавать вопросам замены на дождевальную технику всех узлов и деталей, содержащих цветные металлы, ибо выход ее из строя по причине разукomплектования принял катастрофические масштабы. Так, в последние годы в области водного хозяйства все более широкое применение находят трубы из полимерных материалов. В отличие от металлических, они стойки к коррозии, легки, эластичны, долговечны, легко поддаются обработке, их удобно монтировать и перевозить. Меньшие потери напора в таких трубах позволяют значительно снизить напор и мощность насосов, уменьшить расчетные диаметры трубопроводов, то есть сэкономить значительное количество электроэнергии. Благодаря эластичности стенок пластмассовых труб, гидравлические удары в них ослаблены.

Одним из основных показателей, определяющих параметры дождевальной машины, является характеристика трубопровода. Она представляет собой зависимость потребного напора, затрачиваемого на перемещение воды и образование искусственного дождя.

Для определения потерь напора водопроводящие узлы агрегатов ДКФ были разделены на три участка: всасывающая линия, центральная часть и консоль фермы.

Величина напора может быть представлена зависимостью:

$$H = H_q + H_z + \sum h_z, \quad (1)$$

где H_q – напор, затрачиваемый на образование дождя, м;

H_z – геометрическая высота подъема жидкости, м;

$\sum h_z$ – сумма гидравлических сопротивлений, м.

Как видно из сводного графика $\frac{l}{\sqrt{\lambda}} = f(\lg Re)$, представленного на рисунке 4, полиэтиленовые трубы работают в первой трети переходной области сопротивления. Коэффициент гидравлического трения λ для таких

труб зависит как от числа Рейнольдса, так и от относительной шероховатости трубы ($\bar{\Delta}$):

$$\Lambda = f(Re, \bar{\Delta}) \quad (2)$$

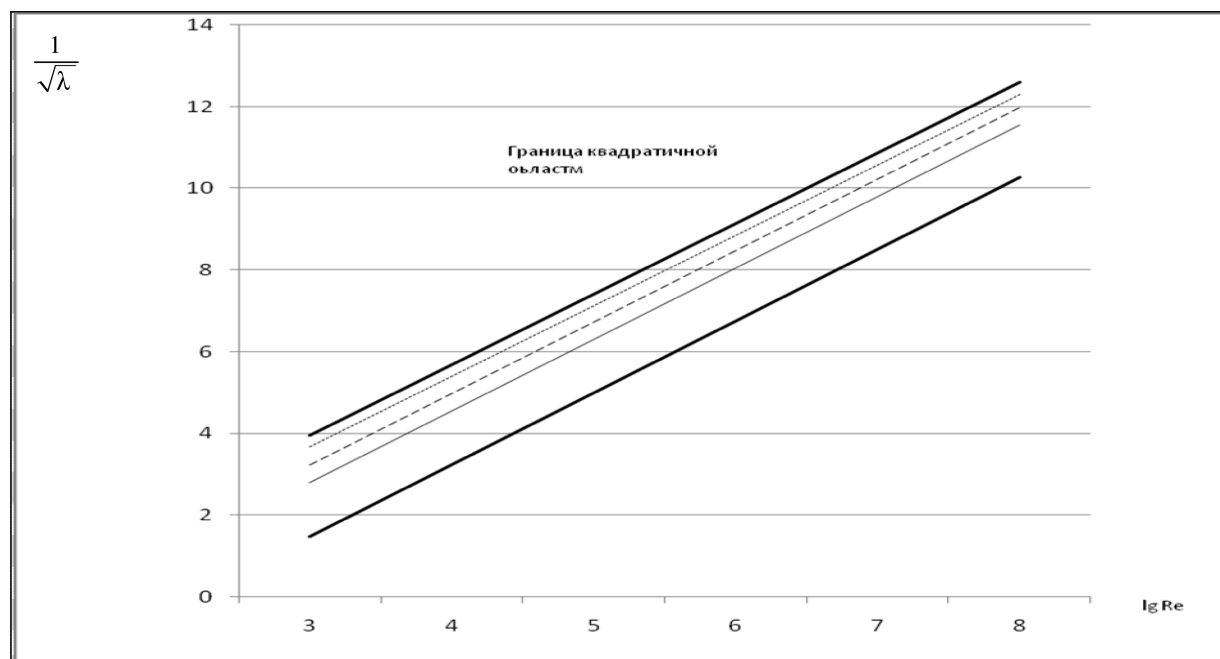


Рисунок 4 – Зависимость $\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = f(\lg Re)$ для определения сопротивления полиэтиленовых труб.

Согласно данному графику, имеем следующую зависимость для определения коэффициента гидравлического трения в трубах ПНД:

$$\lambda = \frac{0,29 - 0,000238d}{Re^{0,22}}, \quad (3)$$

где d – внутренний диаметр, мм;

Re – коэффициент Рейнольдса.

В приведенной формуле не учитываются потери напора в стыковых соединениях пластмассовых труб. Коэффициент гидравлического трения λ в полиэтиленовых трубах соответствует коэффициенту для гидравлически гладких труб. При определении потерь напора в таких трубах

($4000 < Re < 400000$) использовались формулы для гидравлического расчета гладких труб с введением в них коэффициента запаса, равного 2-3 %.

Напор, расходуемый на преодоление гидравлических сопротивлений, является суммарной величиной потерь напора всех элементов системы, в данном случае элементов трубопровода центрального пролета и водопроводящего пояса с дефлекторными насадками секторного действия.

Входящие в формулы коэффициенты гидравлического трения λ и местного сопротивления ζ учитывают влияние таких факторов, как вязкость жидкости, состояние внутренних стенок трубы, конструктивные особенности арматуры. Для нахождения значений коэффициентов λ и ζ использовались справочные данные [3].

Результаты расчетов гидравлических потерь в водопроводящих узлах ДМ ДКФ представлены в таблице 4.1 и на рисунке 4.9-4.11. Сравнительные данные аналогичной дождевальной машины ДДА-100М были взяты из исследований Н. И. Рычкова [4].

В результате обработки на ПЭВМ полученных гидравлических данных водопроводящих узлов двухконсольного дождевального агрегата ДДА – 100М и ДКФ были получены следующие зависимости потерь напора:

а) для всасывающей линии:

$$\text{ДДА-100М} - H = 0,0003Q^2 - 0,0373Q + 2,4923; \quad (4)$$

$$\text{ДКФ} - H = 0,0003Q^2 - 0,0362Q + 2,303; \quad (5)$$

где H – потери напора, м.вод.ст.; Q – расход, л/с.

б) для центральной части:

$$\text{ДДА-100М} - H = 0,0011Q^2 - 0,0791Q + 2,6615; \quad (6)$$

$$\text{ДКФ} - H = 0,0003Q^2 - 0,0006Q - 0,0278; \quad (7)$$

в) для консоли фермы:

$$\text{ДДА-100М} - H = 0,0011Q^2 - 0,0254Q + 1,0646; \quad (8)$$

$$\text{ДКФ} - H = 0,0005Q^2 - 0,0345Q - 0,8816; \quad (9)$$

в) для суммарной кривой потерь напора:

$$\text{ДДА-100М} - H = 0,0025Q^2 - 0,1418Q + 6,2184; \quad (10)$$

$$\text{ДКФ} - H = 0,0011Q^2 - 0,0012Q + 1,3935; \quad (11)$$

Таким образом было установлено, что потери напора в водопроводящих узлах агрегатов ДКФ при расходе 100 л/с составляют 12,47 м вод. ст., которые слагаются из потерь напора во всасывающей линии – 1,71 м вод. ст., в напорной линии от насоса до начала консолей фермы – 3,49 м вод. ст. и в консолях фермы – 7,27 м вод. ст. Это достигнуто применением полиэтиленовых труб, оптимизацией диаметра водопроводящего трубопровода и уменьшением числа фасонных деталей (местных сопротивлений).

Таблица 4.1 – Сравнительная оценка потерь напора в водопроводящих узлах ДДА-100 М и ДКФ

Q, л/с	Потери напора, м вод. ст.											
	Всасывающая линия				Центральная часть				Консоль фермы			
	ДКДФ I	ДКФ II	ДКФ IПК	ДДА 100М	ДКДФ I	ДКФ II	ДКФ IПК	ДДА 100М	ДКДФ I	ДКФ II	ДКФ IПК	ДДА 100М
60	1,21	1,24	1,27	1,33	1,02	1,21	1,40	1,77	1,9	2,3	3,1	4,0
70	1,28	1,32	1,36	1,40	1,40	1,52	1,86	2,46	2,8	3,3	4,2	4,9
80	1,39	1,43	1,47	1,52	1,68	1,92	2,47	3,37	3,9	4,4	5,6	6,3
92	1,52	1,55	1,61	1,66	2,22	2,81	3,49	4,47	4,9	5,6	7,2	8,1
100	1,65	1,70	1,76	1,85	3,20	3,85	4,60	5,54	6,3	7,1	8,9	9,8
110	1,87	1,96	2,04	2,14	4,27	4,55	5,83	7,03	7,6	8,6	11	12

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что потери напора по выбранным узлам машины меньше, чем у ДДА-100М. Это объясняется следующим:

- уменьшена длина всасывающей линии дождевальной машины ДКФ и исключены из конструкции шарнирные муфты, создающие дополнительные потери напора;

- увеличен диаметр напорного трубопровода до 220 мм, по сравнению с ДДА-100М ($d = 135$ мм) и уменьшена длина всасывающей линии, что значительно уменьшает потери напора как местные, так и по длине;
- применена вантовая подвеска с одним трубопроводом большего диаметра из полиэтиленовых труб низкого давления;
- снижен коэффициент шероховатости, потерь напора по длине и коэффициент местных сопротивлений.

В результате малых потерь по длине, в крыле консоли возможно применение насадок с меньшим количеством типоразмеров.

Литература

1. Носенко В.Ф. Оценка гидравлических характеристик дождевальных машин «Кубань» / В.Ф. Носенко, В.Г. Луцкий, С.С. Савушкин // Гидротехника и мелиорация. – 1983. - №5. – С.41-43.
2. Дождевание в США. М.: Минводхоз СССР, 1973. – 177 с.
3. Идельчих И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. - М.: Машиностроение, 1975.
4. Рычков Н.И. Исследования водопроводящих узлов и выявление технико-эксплуатационных показателей двухконсольного дождевального агрегата ДДА-100М в условиях Московской области. Автореф. дис. канд. наук М.,1972.