

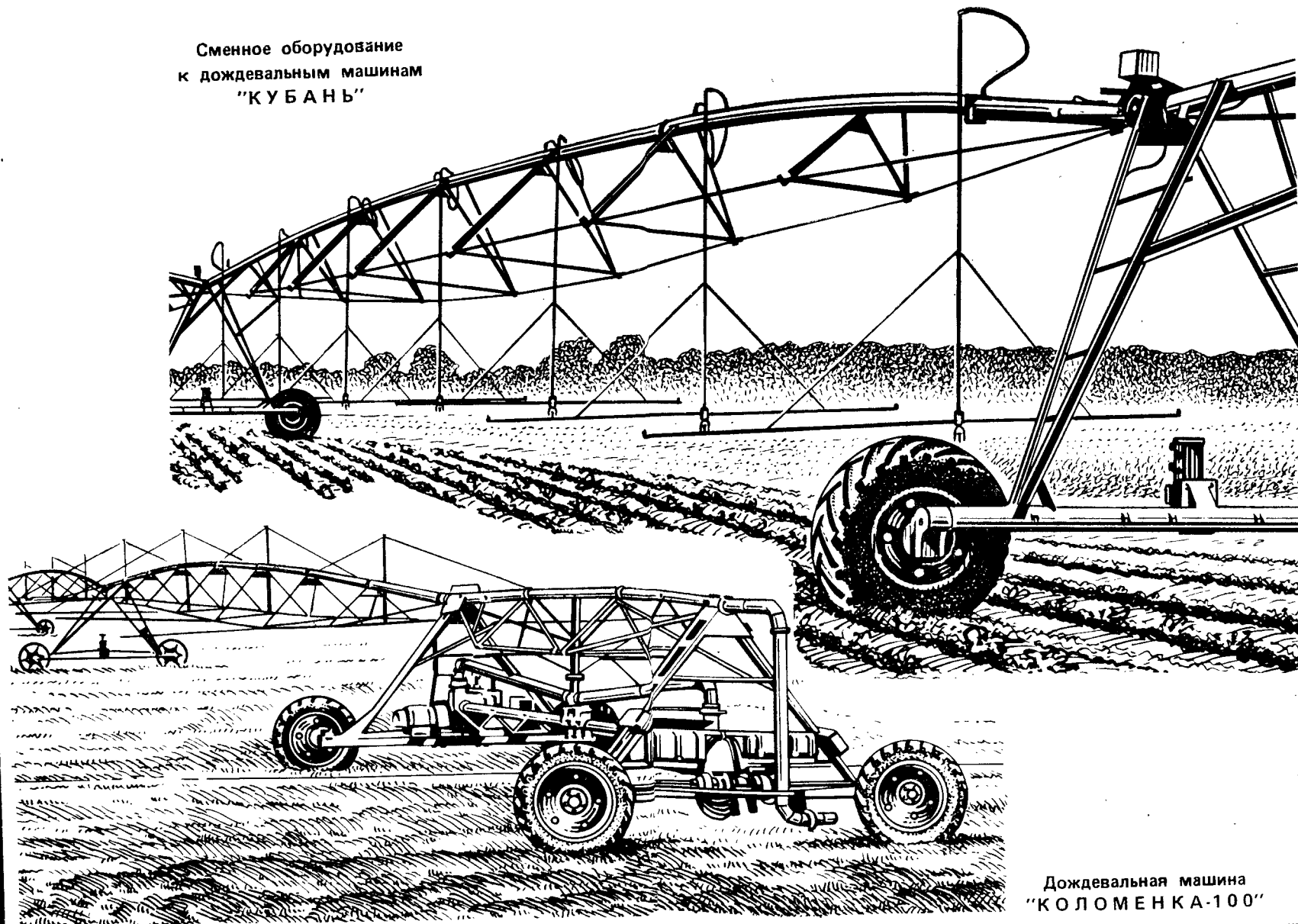
МНОГООПОРНЫЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

Под редакцией доктора технических наук
С. Х. ГУСЕЙН-ЗАДЕ



МОСКВА «КОЛОС» 1984

Сменное оборудование
к дождевальным машинам
"КУБАНЬ"



Дождевальная машина
"КОЛОМЕНКА-100"

ББК 40.723

М73

УДК 631.347

ВВЕДЕНИЕ

Авторы: С. Х. Гусейн-заде, Л. А. Перевезенцев, В. И. Коваленко, В. Г. Луцкий.

Рецензенты: Д. М. Кервалишвили, доктор техн. наук (ГрузНИИГиМ); К. В. Губер, канд. техн. наук

Многоопорные дождевальные машины / С. Х. Гусейн-заде, Л. А. Перевезенцев, В. И. Коваленко, В. Г. Луцкий; Под ред. С. Х. Гусейн-заде. — М.: Колос, 1984. — 191 с., ил.

Освещены технико-эксплуатационные показатели усовершенствованных и новых («Кубань») многоопорных дождевальных машин. Приведены принципиальные схемы машин и показана область их применения. Изложен выбор параметров многоопорных дождевальных машин. Показаны пути повышения их эксплуатационной надежности и качественных показателей и организация полива с применением этих машин. Рассмотрена экономическая эффективность многоопорных дождевальных машин.

Для гидротехников, механизаторов, мелнораторов.

3802030100—302

М — 035(01)—84 — 65—84

ББК 40.723
631.303

Мелиорация становится мощным фактором интенсификации сельскохозяйственного производства.

В Продовольственной программе СССР на период до 1990 года, одобренной майским (1982 г.) Пленумом ЦК КПСС, предусматривается дальнейшее повышение роли мелиорации в увеличении производства сельскохозяйственных продуктов. Площади орошаемых земель намечено довести в 1985 г. до 20,8 млн. га и в 1990 г. до 23... 25 млн. га. Широкое распространение при этом получит и наиболее эффективный способ орошения — дождевание. Если в 1965 г. общая площадь полива дождеванием составляла 544,8 тыс. га, или 6 %, то к концу 1980 г. этим способом уже поливалось более 8 млн. га, или около 42 % всех орошаемых земель. При этом все большее применение находят дождевальные машины «Фрегат», «Волжанка», «Днепр» и «Кубань». В целом в одиннадцатой пятилетке намечено выпустить около 90 тыс. многоопорных дождевальных машин, в том числе 2 150 машин «Кубань».

Это объясняется тем, что они состоят из однотипных секций, их можно применять в различных почвенно-рельефных условиях. Многоопорные дождевальные машины легко поддаются автоматизации и имеют высокую производительность. У них можно менять ширину захвата, интенсивность дождя и другие показатели.

Дальнейшее совершенствование многоопорных дождевальных машин и создание новых их модификаций позволит расширить область использования дождевальной техники, обеспечит повышение уровня механизации полива и производительности труда.

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ СХЕМЫ И КОНСТРУКЦИИ МНОГООПОРНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

В СССР и за рубежом выпускают различные конструкции многоопорных дождевальных машин, отличающихся высокой степенью автоматизации и производительностью.

Наибольшее распространение получили машины на колесном ходу, позволяющем легко осуществлять фронтальное движение и движение по кругу, а также дающем возможность при необходимости перемещать машины в осевом направлении. Различные системы синхронизации движения легко компенсируют отставание или опережение отдельных колесных опор, а системы стабилизации курса — управляют направлением их движения.

Для многоопорных дождевальных машин широко применяют бензиновые, дизельные, а также поршневые гидравлические и электрические двигатели переменного тока.

Основные принципиальные схемы многоопорных дождевальных машин показаны на рисунке 1.

ПЕРЕКАТЫВАЕМЫЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

Дождевальные машины, у которых валом вращения колес служит оросительный трубопровод, известны давно. Однако широко их стали применять только в 50-х годах в США, ФРГ, Англии и других странах, когда полив дождеванием охватил большие площади.

Колесные дождевальные трубопроводы с тепловым приводом. Колесный дождевальный трубопровод ДКШ-64 («Волжанка») состоит из двух поливных крыльев общей шириной захвата 800 м. Все крылья снабжены приводной тележкой с бензиновым двигателем «Дружба-4». На каждом крыле расположено по 32 среднеструйных дождевальных аппарата, установленных на шарнирных механизмах самоустановки, и столько же автоматических сливных клапанов. Крыло выполнено из алюминиевых труб диаметром 130×2,5 мм и состоит из отдельных секций длиной по 12,6 м. В середине каждой секции закреп-

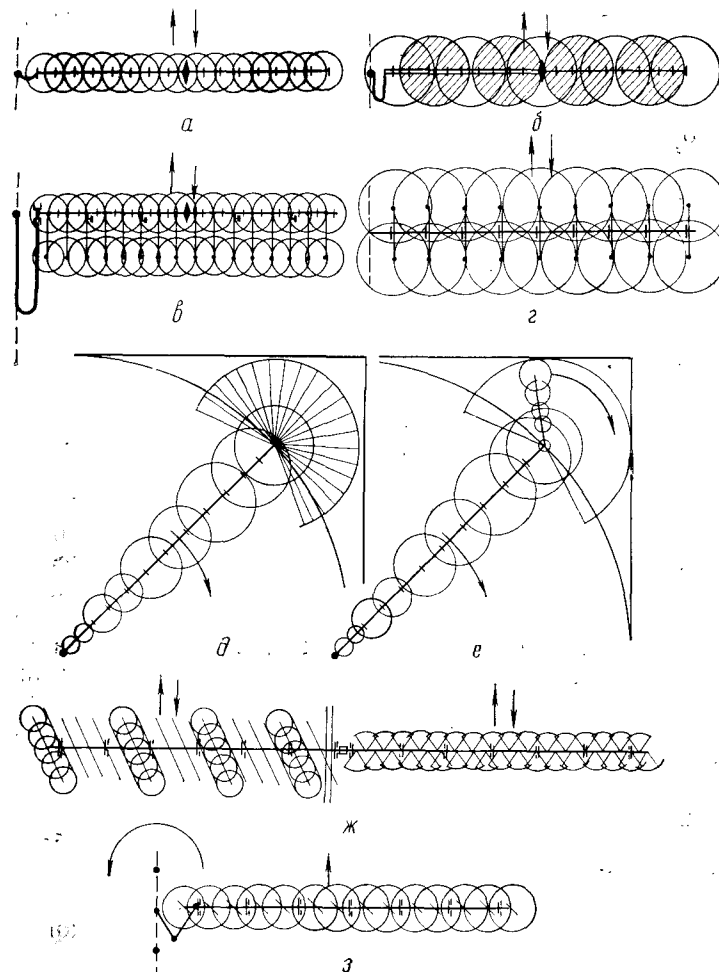


Рис. 1. Основные принципиальные схемы многоопорных дождевальных машин:

а, б — колесные однодвигательные позиционного действия соответственно с одновременной работой дождевальных аппаратов с тепловым и электрическим приводом и с поочередной работой с гидравлическим приводом; в — колесные многодвигательные, работающие в движении, при одновременной работе дождевальных аппаратов с гидравлическим приводом; г — передвигаемые на самоходных тележках, работающие позиционно с водозабором из закрытой оросительной сети; д, е — с круговым передвижением, полив углов осуществляется соответственно из дальнеструйного дождевального аппарата, установленного в конце машины и включаемого автоматически, и при помощи дополнительного устройства, работающего в автоматическом режиме по индукционному кабелю; ж, з — с фронтальным передвижением, работающие соответственно от открытой и закрытой оросительной сетей с различными типами дождевальных аппаратов.

лено ходовое колесо диаметром 1 910 мм с почвозацепами. Первая и последняя секции имеют по два колеса, причем первая секция оснащена специальным патрубком с манжетой, в который вставляется телескопическое водозаборное устройство с отрезком гибкого резинового шланга. Концевая секция снабжена заглушкой.

Начиная с 1979 г. трубопровод ДКШ-64 выпускают с тележкой повышенной проходимости, которая по сравнению с ранее применяемой имеет четыре ведущих колеса, вынесенных за пределы рамы.

Расположение ведомых звездочек на валах сохраняется. Тележка дополнительно снабжена двумя ветровыми тормозами и ограждением колес.

Установка четырех колес снижает удельное давление на почву, уменьшает колееобразование, буксование, повреждаемость растений колесами при переездах и интенсивность искривления трубопровода.

Положительное качество такой тележки — возможность переоборудования в условиях мастерских колхозов и совхозов ранее выпущенных машин. Для этого необходимо удлинить существующие валы и тележку установить на четыре колеса.

Ведущая тележка на четырех колесах снабжена тормозами, обеспечивающими надежное торможение машины на стоянках в процессе ее эксплуатации, что снижает на 6...7 % затраты времени на технологическое обслуживание. Заградительный щит, установленный перед колесом, обеспечивает безопасность труда оператора. Непроизводительные затраты времени, связанные с устранением технологических отказов (выравнивание трубопровода), снижаются с 4,7 до 2,7 ч, то есть на 80 %. Коэффициенты надежности технологического процесса и использования технологического, сменного, эксплуатационного времени увеличиваются на 5...6 %.

Показатели проходимости модернизированной конструкции ДКШ-64:

Периодичность выравнивания трубопровода при работе на агрофонах, позиций:	
на люцерне	25...30
на почвах со слабой несущей способностью	18...20
Средняя глубина колеи колес при работе на почвах со слабой несущей способностью, см:	
ведущей тележки	6,7
опорных тележек	6,5

Среднее удельное давление колес на почву при глубине колеи 5 см, МПа:	
ведущей тележки	0,02
опорных тележек	0,02

Увеличение периодичности выравнивания до 20 позиций и более позволяет прогнозировать и планировать время, место (позиция) выравнивания трубопровода машины, организовать круглосуточный полив.

Круглосуточная эксплуатация, кроме улучшения агротехнических показателей работы, позволяет увеличить сезонную нагрузку на машину.

Необходимое время на техническое обслуживание, выравнивание трубопровода возрастает пропорционально числу обслуживаемых крыльев. Увеличение периодичности выравнивания приводит к улучшению условий труда поливальщика.

Ширина захвата выпускаемых унифицированных конструкций дождевальных машин «Волжанка» равна 800, 700, 600, 500 и 300 м при одинаковых интенсивностях дождя (0,27 мм/мин) и расстояниях между гидрантами (18 м).

Дождевальная машина «Волжанка» может работать как от закрытой сети, так и от разборного трубопровода при наличии насосной станции. Обычно для нормальной работы этой машины в базовом и в двух смежных вариантах применяют передвижную насосную станцию СНП-75/100. Остальные модификации можно комплектовать насосной станцией СНП-50/80А. В качестве разборного применяют алюминиевый трубопровод РТЯ-220 с водораспределительной арматурой. В комплект такого трубопровода входят следующие элементы (табл. 1).

1. Некоторые технические данные по трубам РТЯ-220

Элементы	Длина, м	Масса, кг
Труба проходная	9	45,0
Труба-гидрант	9	46,0
Патрубок переходной (стальной)	0,99	15,0
Заглушка	—	3,2

Трубы и арматура к трубопроводу РТЯ-220 имеют унифицированные быстроразборные соединения раструб-

ного типа с резиновой самоуплотняющейся манжетой. Соединения допускают отклонения во взаимном расположении до 3° и обеспечивают герметичность при давлении 0,1...0,6 МПа.

Монтаж и чередование труб-гидрантов проводят через одну проходную трубу, что обеспечивает расстояние между гидрантами 18 м. Длину трубопровода выбирают в зависимости от длины участка.

Стальной переход позволяет подсоединить алюминиевый трубопровод к стальному магистральному приваркой перехода к стальной трубе или фланцу перехода насосной станции.

Общая длина поставляемого комплекта трубопровода 991 м.

Колесные дождевальные трубопроводы с гидравлическим приводом. Основное отличие их от всех известных конструкций перекачиваемых машин — использование энергии оросительной воды, подаваемой для передвижения трубопровода, а также возможность дистанционного управления ведущей тележкой. Это позволяет улучшить условия и повысить производительность труда оператора увеличением числа одновременно обслуживаемых машин.

Одна из первых отечественных конструкций машин подобного типа — колесный дождевальный трубопровод с гидротурбинным приводом (рис. 2), разработанный в Украинском научно-исследовательском институте гидротехники и мелиорации. За основу конструкции был принят колесный дождевальный трубопровод типа «Волжанка».

Во время полива дождевальный трубопровод подсоединяют к гидранту телескопическим трубопроводом со шлангом, при перекачивании же с одной позиции на другую к гидранту прикрепляют питающий трубопровод. Вода, поступающая через сопло под напором, вращает турбинку, а через редуктор вращение передается дождевальному трубопроводу. Трубопровод останавливают закрытием крана при подходе его конца к гидранту. Реверс осуществляется переключением шестерен в редукторе. При мощности 1 кВт (давление 0,4 МПа), развиваемой турбинкой, скорость перекачивания в зависимости от почвенных условий составляет 2,5...6,1 м/мин. Расход рабочей жидкости через сопло 4 л/с.

При очевидных достоинствах такого типа привода, как дистанционное управление, использование энергии

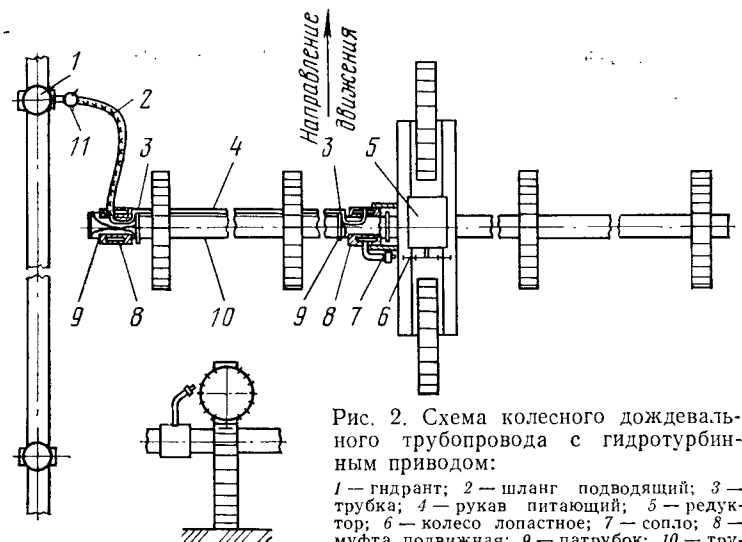


Рис. 2. Схема колесного дождевального трубопровода с гидротурбинным приводом:

1 — гидрант; 2 — шланг подводящий; 3 — трубка; 4 — рукав питающий; 5 — редуктор; 6 — колесо лопастное; 7 — сопло; 8 — муфта подвижная; 9 — патрубок; 10 — трубопровод оросительный; 11 — клапан запорный.

оросительной воды, этот дождевальный трубопровод обладает определенными недостатками. Так, наблюдается переувлажнение почвы по ходу движения тележек, КПД двигателя сравнительно невысок.

Колесный дождевальный трубопровод с поршневым гидроприводом возвратно-поступательного действия, с двусторонним рабочим ходом ДКГ-80 «Ока» (авторские свидетельства № 721033, № 897174) изготовлен в ВНПО «Радуга» совместно с экспериментальным заводом по оросительной технике (г. Волгоград). В этой конструкции увеличены расстояния между гидрантами с 18 до 36 м за счет применения среднеструйных дождевальных аппаратов «Роса-3». Групповая работа дождевальных аппаратов дала возможность увеличить пропускную способность трубопровода при сниженных путевых потерях напора, а также времени стоянки машины на позиции примерно в 1,5 раза. Последнее позволяет оператору увеличить число одновременно обслуживаемых машин. В конструкции также применен принцип дистанционного управления от гидранта. Повышен по сравнению с предыдущей конструкцией КПД привода за счет применения поршневого гидродвигателя двустороннего действия. Использована

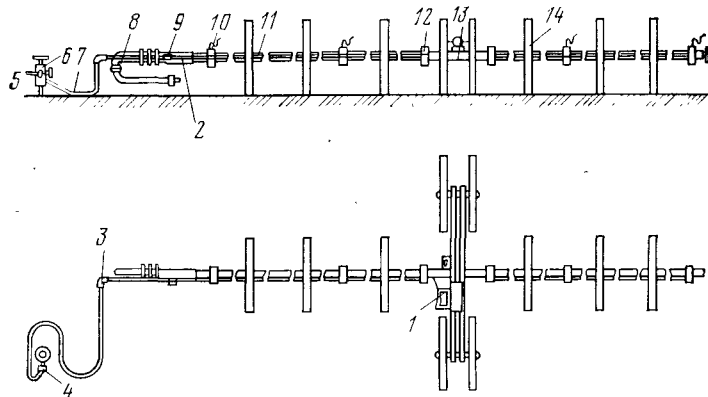


Рис. 3. Схема колесного дождевального трубопровода ДКГ-80 с поршневым гидроприводом:

1 — переключатель дождевальных аппаратов; 2 — телескоп; 3 — угольник шарнирный; 4 — муфта разрывная; 5 — гидрант; 6 — колонка; 7 — трубопровод питающий полиэтиленовый; 8 — узел подсоединения; 9 — вентиль; 10 — механизм самоустановки; 11 — трубопровод оросительный; 12 — муфта переходная; 13 — тележка ведущая; 14 — колесо опорное.

также автоматическая система переключения групп дождевальных аппаратов.

Колесный дождевальный трубопровод ДКГ-80 (рис. 3) состоит из двух крыльев, выполненных из алюминиевых труб диаметром $150 \times 3,5$ мм при общей ширине захвата 800 м, и предназначен для полива низкостебельных сельскохозяйственных культур.

Среднеструйные дождевальные аппараты «Роса-3», установленные на водопроводящем трубопроводе, работают поочередно двумя группами. Переключение их осуществляется программным устройством, подающим импульсы давления, и гидроклапанами, установленными на муфтах переключения и срабатывающими от этих импульсов.

Конструкция машины позволяет управлять ею с торца трубопровода при переездах с позиции на позицию.

«Ока» обладает высокой проходимостью, достигаемой повышенной жесткостью трубопровода, и большим запасом мощности двигателя. Максимальное усилие, развиваемое на штоке гидроцилиндра, достигает 18 000 Н.

Новизна разработки заключается в использовании энергии оросительной воды для перемещения трубопровода по орошаемому участку и в автоматическом управле-

нии работой дождевальных аппаратов, снабженных чередующимися нормально закрытыми и открытыми клапанами. Для этого вдоль оросительного трубопровода укреплен управляющий трубопровод, соединяющий гидроривод и гидроуправляемый клапан ведущей тележки, дождевальные аппараты с оросительным трубопроводом.

Расход воды ДКГ-80 увеличен на 25 % по сравнению с ДКШ-64, а производительность за 1 ч чистого времени достигает 0,48 га.

Управление ДКГ-80 с торца трубопровода при переездах по орошаемому участку, применение гидравлического привода, ведущей тележки повышенной проходимости и использование групповой работы среднеструйных дождевальных аппаратов позволяют на 60 % снизить затраты времени на технологическое обслуживание.

Производительность ДКГ-80 за 1 ч эксплуатационного времени по сравнению с ДМ «Волжанка» повышается на 45 %.

Ведущая тележка ДКГ-80 устроена следующим образом.

Рычаг тележки имеет три точки подключения штока, которые соответствуют трем скоростям ее движения. Сдвоенные звездочки храпового устройства жестко насажены на ведущий вал. Многозвенник храпового устройства устроен так, что исключает холостой ход поршня гидроцилиндра. Собачки храпового устройства позволяют осуществлять прямой и обратный ход тележки и нейтральное положение. На раме тележки установлен также гидравлический переключатель, с помощью которого осуществляется прямой и обратный ход поршня гидродвигателя, и кронштейн, к которому крепится гидроцилиндр при изменении скорости движения. Отработанная вода из гидроцилиндра сливается через сливную трубу, в которой с нижней стороны имеются отверстия. Рядом с тележкой на трубопроводе устанавливают переходную муфту, служащую для подачи воды из вращающегося питающего трубопровода к стационарно расположенному на тележке гидравлическому переключателю. Воду к рабочим механизмам тележки подают по резиноканевым шлангам. Внутри центрального вала тележки проходит коленчатый трубопровод, который служит для передачи управляющего сигнала от одного полукрыла машины через тележку к другому.

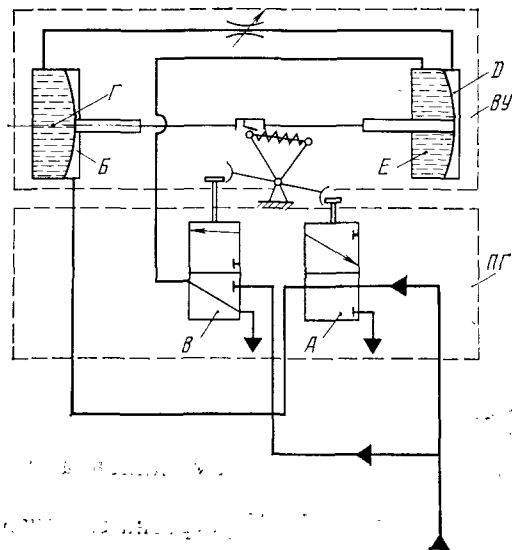


Рис. 4. Гидравлическая схема переключателя групповой работы дождевальных аппаратов.

Переключатель групповой работы дождевальных аппаратов предназначен для управления работой групп клапанов переключения, установленных возле каждого дождевального аппарата. Он состоит из гидравлического переключателя, аналогичного установленному на тележке, и временного устройства. Временное устройство представляет дроссель и служит для изменения времени перетекания рабочей жидкости (масло) из одной камеры в другую.

Переключатель аппаратов (рис. 4) работает следующим образом.

Вода из поливного трубопровода поступает через камеру А гидравлического переключателя в полость В временного устройства и одновременно в камеру В гидравлического переключателя, вход в которую закрыт. Происходит сброс воды из полости Е временного устройства через управляющий трубопровод в камеру В гидравлического переключателя. При этом работает одна группа аппаратов на крыле.

Вода, попадая в полость В временного устройства, да-

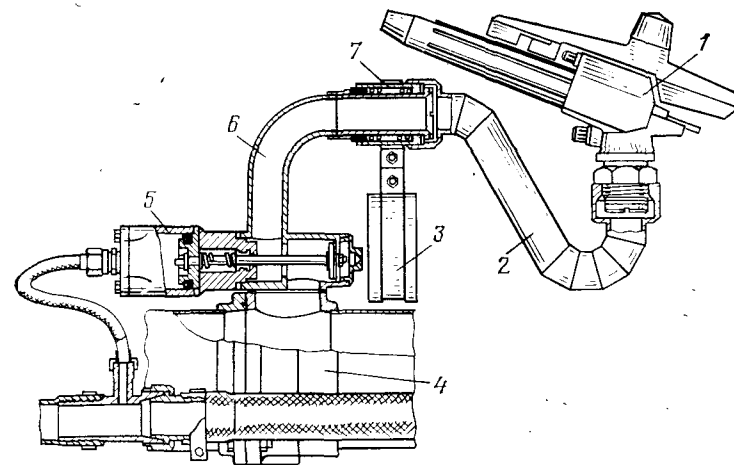


Рис. 5. Механизм самоустановки дождевального аппарата с гидроуправляемым клапаном:

1 — аппарат дождевальный; 2 — колено; 3 — груз; 4 — фланец трубопровода; 5 — клапан гидроуправляемый; 6 — стояк; 7 — муфта уплотнительная.

вит на мембрану. Происходит перекачивание масла из полости Г в полость Д, при этом шток временного устройства выдвигается и через систему рычагов происходит переключение гидравлического переключателя.

Вход в полость А закрывается, а в полость В открывается. Вода из магистрального трубопровода через полость В гидравлического переключателя поступает в полость Е временного устройства, масло из полости Д переливается в полость Г. При этом происходит сброс воды из полости Б через управляющий трубопровод в камеру А гидравлического переключателя. Работает другая группа аппаратов. Далее процесс повторяется.

Гидравлический переключатель в принципе представляет золотниковое устройство с двумя штоками, расположенными в одном корпусе.

На крыльях машины устанавливают автоматически управляемые среднеструйные дождевальные аппараты. С целью обеспечения постоянного вертикального расположения аппаратов применяют механизмы самоустановки в сочетании с гидроуправляемыми клапанами.

Конструкция механизма самоустановки коленчатого типа показана на рисунке 5.

Для пуска дождевального крыла в работу на гидрант

Техническая характеристика колесного дождевального трубопровода ДКГ-80

Общий расход (два крыла), л/с	80
Давление в начале крыла, МПа	0,5
» в конце » »	—
Ширина захвата с перекрытием, м	800
Расстояние между гидрантами, м	36
Диаметр трубопровода, мм	150×2,0
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,175
Коэффициенты равномерности полива:	
эффективного	0,7
недостаточного	0,15
избыточного	0,15
Рабочая скорость передвижения от гидранта к гидранту, м/мин	3,5...6,0
Производительность за 1 ч основного времени при норме 600 м³ на 1 га, га	0,48
Габариты, м:	
длина	348±3
ширина	5,96
высота	1,91
Дорожный просвет (клиренс), мм	880
Общая масса двух крыльев, кг	6440
Расстояние между колесами на трубопроводе, м	11,9
Диаметр колес, мм	1910
Ширина обода, мм	140
Число колес на крыле	34
» » на тележке	4
Время работы групп аппаратов, мин	15
Материал управляющего и питающего трубопроводов	Полиэтилен ПНС-50С
Марка дождевального аппарата	«Роса-3»
Число дождевальных аппаратов на одном крыле	16
Число одновременно работающих аппаратов	8
Обслуживающий персонал, человек	1 на 3...5 машин

устанавливают водоотборную колонку, подсоединяют к ней узел присоединения машины, открывают вентиль переключения аппаратов и гидрант.

Вода из напорной оросительной сети поступает в поливной трубопровод, переключатель дождевальных аппаратов, а затем к управляющим клапанам механизмов самоустановки дождевальных аппаратов. Первая группа аппаратов начинает работать. Через заданный промежуток времени переключатель аппаратов закрывает клапаны работающей группы и вводит в действие другую группу аппаратов (через один аппарат). После выдачи поливной нормы закрывают гидрант, и в работу автоматически

включаются сливные клапаны, выпускающие воду из поливного трубопровода. После слива воды от колонки отсоединяют узел присоединения и закрепляют шланг на трубе телескопа хомутами.

К колонке подсоединяют питающий шланг, открывают на нем вентиль и закрывают вентиль переключения аппаратов. При открытом гидранте вода через питающий шланг поступает в управляющий трубопровод, далее через переходную муфту к гидравлическому переключателю тележки и через него к цилиндру гидропривода. Крыло начинает перемещаться на следующую позицию. При подъезде к следующему гидранту закрывают вентиль питающего шланга и гидрант.

При прекращении поступления воды к гидроприводу тележки крыло останавливается. Если необходимо переключить крыло назад, то на приводной тележке переключают рычаг реверса. Переходник питающего шланга, отсоединенный от колонки, перетаскивают волоком до середины следующего перегона. Колонку снимают и переносят на следующий гидрант. Цикл повторяется.

В период государственных испытаний получены следующие эксплуатационно-технологические коэффициенты:

- технологического обслуживания — 0,99;
- надежности технологического процесса — 0,96;
- использования сменного времени — 0,86;
- использования эксплуатационного времени — 0,83;
- готовности — 0,98;
- технического использования — 0,95.

Предупреждение и устранение искривления трубопровода в процессе передвижения. Колесные перекачиваемые дождевальные трубопроводы имеют большое значение в практике орошаемого земледелия как у нас в стране, так и за рубежом благодаря своей простоте, малой стоимости и металлоемкости. Обслуживание их не требует высокой квалификации операторов. Они легко разбираются, транспортируются и могут быть быстро, с небольшими затратами перебазированы с одного орошаемого участка на другой. Но в силу конструктивных особенностей трубопроводы подобного типа в процессе перекачивания подвергаются микро- и макроискривлениям и утрачивают свою прямолинейность. Микроискривление вызывается неровностями рельефа и не имеет четко выраженной закономерности. Оно не дает больших от-

клонений от прямолинейности. Макроискривление же зависит от почвенно-рельефных условий, ветрового воздействия, от жесткости и длины трубопровода и подчиняется определенной закономерности.

Как показали исследования АзНИИГиМ, особенно подвержены макроискривлению трубопроводы малой жесткости и небольшой длины. Микроискривления не составляют особых хлопот эксплуатационникам, с макроискривлениями же приходится бороться. Устраняют искривления вручную или рычажными устройствами.

Искривления трубопроводов предупреждают и устраняют двумя способами: пассивным и активным. Пассивный способ направлен на предупреждение искривления и предполагает применение устройств, стабилизирующих процесс движения без вмешательства оператора.

Активный же способ направлен главным образом на устранение возникающих искривлений и предусматривает применение средств автоматики или вмешательство оператора в процесс движения. Устранить искривления можно разобщением привода на ведущие колеса тележки и на колеса трубопровода (у однодвигательных систем) или рассредоточением его по длине трубопровода, применением нескольких ведущих тележек обычно с гидравлическими или электрическими двигателями. Как показывает практика, активный способ получает все большее распространение.

Пассивные способы предупреждения искривления и повышения динамической устойчивости перекачиваемых трубопроводов. По исследованиям АзНИИГиМ, искривление трубопровода в процессе перекачивания вызывают: упругое скручивание, буксование колес вследствие изменения крутящего момента по длине трубопровода и невысокую ветроустойчивость. Ухудшение почвенных и рельефных условий ведет к интенсивному искривлению трубопровода, и чем больше искривление, тем больше пробуксовывают колеса, вызывая тем самым еще большее искривление.

Один из способов пассивной борьбы с искривлением трубопровода — усовершенствование ходового устройства.

В целях устранения и предотвращения роста начального искривления, а следовательно, повышения проходности машины необходимо соблюдать два условия: равенство транспортирующих способностей ($1/f$) и буксо-

вания δ всех колес трубопровода. Первое условие удовлетворяется равенством:

$$f_0 = f_1 = f_2 = \dots f_n = [f] = \text{const}, \quad (1)$$

где f_0, f_1, f_n — коэффициенты сопротивления перекачиванию отдельных колес трубопровода; $[f]$ — допустимый коэффициент сопротивления перекачиванию для машин подобного типа (0,15...0,2).

Равенство коэффициентов сопротивления перекачиванию при прочих равных условиях (диаметры колес, почвенные характеристики и т. д.) достигается подбором ширины обода колес.

Требуемые для соблюдения этого условия параметры колес определяют по формуле А. К. Бируля, скорректированной поправочным коэффициентом K , учитывающим конструкцию колес и вертикальную нагрузку на них (Гусейн-заде, Перевезенцев, Коваленко, 1976):

$$b_n = Q_n \xi^{2\mu+1} K / (c D_n^{\mu+1} [f]), \quad (2)$$

$$\xi = 1 / [(1 + \mu)(1 - \mu/3)^{\frac{2\mu+2}{2\mu+1}}], \quad (3)$$

где c — коэффициент осадки грунта; μ — коэффициент, зависящий от влажности грунта и условий загрузки; Q_n — вертикальная нагрузка на колесо; D_n — диаметр колеса.

Для наиболее тяжелого случая качения по свежеспаханной поверхности (сероземы) принимают $\mu=1$, $c=2,7...4$ Н/см³, $K=1,58...1,98$.

Второе условие удовлетворяется равенством:

$$\delta_0 = \delta_1 = \delta_2 = \dots \delta_n = [\delta] = \text{const}, \quad (4)$$

где $\delta_0, \delta_1, \delta_n$ — величины буксования отдельных колес трубопровода в %; $[\delta]$ — допустимая величина буксования для машины подобного типа (принята не более 5 %).

Равенство величин буксования колес обеспечивают подбором формы и числа почвозацепов на колесах. Для этих расчетов используют формулу Е. Д. Львова (1960):

$$F_b = \nu (T_n - \psi Q_n) / (c l_k [\delta]), \quad (5)$$

где F_b — сумма вертикальных проекций упорных поверхностей почвозацепов, находящихся в данный момент в соприкосновении с почвой; ψ — коэффициент трения опорной поверхности колес о почву; l_k — длина окружности колеса, находящаяся в соприкосновении с грунтом; T_n — касательная сила тяги, приложения к ободу колеса; ν — коэффициент, зависящий от закона распределения нагрузок по почвозацепам.

Буксование при существующих параметрах колес находится в прямой зависимости от силы тяги и вертикальной нагрузки на колесо, то есть $\delta = f(T; Q)$. При $T = \psi Q$, $\delta = 0$, то есть буксование отсутствует.

Как показывают расчеты, буксование отсутствует у третьего или четвертого колеса от конца трубопровода. Отрицательное буксование крайних колес ($T < \psi Q$) свидетельствует о скольжении в процессе их качения.

Таким образом, в то время, когда центр тележки O переместится в точку O_1 , центры остальных колес пройдут несколько больших пути, пропорциональные разности $(T_n - Q\psi)$, и займут положения на кривой O_1O_1'' . Все эти рассуждения справедливы в том случае, если рассматривать колеса вне связи с трубопроводом. Если же учесть влияние жесткости трубопровода, то есть учесть угол его закручивания, то картина макроискривления существенно изменится. При этом конец трубопровода в силу увеличения угла закручивания начнет отставать.

Отставание колес от кривой O_1O_1'' будет пропорционально углу закручивания, то есть

$$X_n = \frac{(M_{кр}^{max} - M_n)ml\pi D}{GI_p \cdot 360}, \quad (16)$$

где ml — длина трубопровода до расчетного колеса; G — модуль упругости второго рода материала труб; I_p — полярный момент инерции кольцевого сечения трубы.

В зависимости от диаметра, длины и материала трубопровода макроискривление может принимать различные формы, вплоть до отставания концов трубопровода относительно тележки, в то время как средняя часть полукрыла остается выгнутой вперед по ходу движения.

Характер искривления зависит также от силы ветра и скорости перекачивания трубопровода. Снижение скорости перекачивания уменьшает инерционные импульсы раскручивания трубопровода. Равномерность движения повышается.

Так как трубопровод с колесами представляет упругую систему, то изменения угловой скорости вращения наступают в различных сечениях трубопровода одновременно. Отдельные участки трубопровода получают относительные угловые смещения, которые представляют крутильные колебания различных форм.

Трубопровод с колесами может совершать сложное колебание, состоящее из двух или большего числа различ-

ных форм простых гармонических колебаний. Число возможных форм колебаний равно числу упругих элементов системы, которыми являются участки трубопровода между колесами. При значительных сопротивлениях, возникающих под колесами системы, возбужденное сложное колебание очень быстро переходит в собственное с низкими частотами, поэтому практический интерес представляют только первые две-три частоты собственных колебаний. При больших сопротивлениях со стороны почвы свободные колебания полностью уничтожаются, то есть большое сопротивление движению гасит свободные колебания.

Рассматриваемые крутильные колебания относятся к вынужденным, однако явление резонанса в данном случае исключено из-за значительных сопротивлений перекачиванию колес, гасящих свободные колебания.

Очень сильные сопротивления могут вообще исключить колебательный процесс, и система, выведенная из положения равновесия, будет лишь приближаться к первоначальному равновесному положению, не переходя его или переходя незначительно, в зависимости от упругой жесткости системы на кручение, обуславливающей собственные частоты и амплитуды колебаний.

Такое движение называют аperiодическим и наблюдают при движении трубопровода по мягкой или переувлажненной почве. Это положение может быть применено при анализе устойчивости процесса передвижения перекачиваемых трубопроводов длиной 200...400 м и более в различных конструктивных исполнениях.

При расчете на свободные крутильные колебания динамическую систему, эквивалентную колесному трубопроводу, можно представить в виде системы равных сосредоточенных масс (колес) с моментом инерции I_k , связанных между собой безынерционными отрезками трубопровода, характеризующимися упругой жесткостью на кручение C . Один конец системы присоединен к тележке, эквивалентной бесконечно большой массе $I_T \approx \infty$, которая не может перемещаться под действием сил упругости.

Для вращения этой системы характерна неодновременная передача вращающего момента колесам. В начале движения крутящий момент вместе с ростом деформации кручения возрастает до максимального значения, затем под действием восстанавливающих сил начинается раскручивание, сопровождающееся снижением значения

крутящего момента, который при определенных длинах крыла может принимать даже отрицательные значения.

Скорость раскручивания обуславливается частотой собственных колебаний, так как даже сильные сопротивления незначительно влияют на собственную частоту колебаний системы, а также на форму нормальной упругой кривой. Несоответствие скоростей раскручивания и частоты вращения трубопровода усугубляет, в конечном счете, его искривление. Характер изменения этой скорости зависит от длины трубопровода.

Для выявления влияния конструктивных параметров на устойчивость движения проводили расчеты на крутильные колебания первых трех форм для различных динамических схем, отличающихся значениями I_k и C , то есть отражающими влияние размеров колес, материала и сечения трубопровода, а также расстояний между колесами. Собственные частоты колебаний валов с большим числом сосредоточенных масс ($m > 4$) обычно определяют не по частотному уравнению, степень которого равна ($m - 1$), а одним из приближенных способов. Для определения собственных частот колебаний использовали способ последовательных приближений Гольцера, основанный на том, что частота колебаний многомассовых валов зависит не от абсолютного значения амплитуд, а только от их соотношения, причем сумма инерционных моментов всех масс при свободных колебаниях должна равняться нулю. Это означает, что рассматривается только колебательное движение, связанное с закручиванием вала. Вращение вала как жесткого тела исключается:

$$I_k \sum_{i=1}^m \ddot{\varphi}_i = 0, \quad (17)$$

где $\ddot{\varphi}$ — угловое ускорение массы, которое определяется из дифференциального уравнения движения;

$$\ddot{\varphi} + P^2 \varphi = 0. \quad (18)$$

Преимущество способа Гольцера состоит в том, что вычисление проводят в табличной форме и сразу получают значения амплитуд масс, то есть форму колебаний вала. Число приближений сокращается, если принятая в первом приближении частота близка к действительной.

В первом приближении первую собственную частоту определяют по формуле (Б. А. Теплин)

$$P_1 = 300 \sqrt{DC/I_k}, \quad (19)$$

откуда круговая частота

$$\omega_1 = 31,4 \sqrt{DC/I_k}, \quad (20)$$

где I_k — момент инерции массы колеса; C — коэффициент жесткости на кручение; D — численный коэффициент.

Для количества сосредоточенных масс $m = 4 \dots 10$ коэффициент D определяют по формуле

$$D = A + B(I_k/I_T) + C(C/C_0), \quad (21)$$

где A, B, C — коэффициенты частот для крутильных колебаний (Б. А. Теплин); C_0 — коэффициент жесткости упругого элемента, связанного с тележкой.

По условию поставленной задачи $I_T = \infty$, $I_k = \text{const}$, $C = C_0 = \text{const}$, тогда значение коэффициента $D = A + C$.

Для случая, когда $m > 10$, D можно определять из выражения

$$D = 1,65m^{-1,87}, \quad (22)$$

где m — число колес (сосредоточенные массы).

Далее ω_1 уточняют по способу Гольцера.

Вторую и третью частоты в первом приближении нельзя определить по какой-либо подобной формуле. В первом приближении можно ориентироваться на собственные частоты стержней, нагруженных только собственным весом, так как замена сосредоточенных дисков непрерывно распределенной массой (Тимашенко, 1967) дает для первых трех частот хорошую точность (ошибка около 1,5 %).

Если принять соотношение частот $\omega_i = \omega_1 \cdot 1, 3, 5, 7$ (Б. А. Теплин), то в первом приближении $\omega_2 = 3\omega_1$ и $\omega_3 = 5\omega_1$.

Для примера на основе принятой методики проведены расчеты для четырех вариантов конструктивного исполнения колесного трубопровода, встречающихся в практике (табл. 2).

Таким образом, на динамическую устойчивость системы во время передвижения, а также на ее прямолинейность оказывают влияние диаметр колес, материал трубопровода, расстояние между колесами и длина трубо-

2. Собственные частоты крутильных колебаний для трубопроводов различной жесткости

Вариант	Материал трубопровода	D_k , см	l , м	L_k , м	Круговая частота, 1/с			$(\varphi)_{\max}$, рад
					ω_1	ω_2	ω_3	
I	Спл. 01915 130×2,5	191	12,6	100	3,24	9,7	15,7	0,27
				150	2,2	6,7	10,9	0,574
				200	1,68	5,0	8,3	1,0
II	Спл. 01915 130×2,5	120	12,6	100	7,1	21,0	34,3	0,18
				150	4,8	14,5	23,8	0,38
				200	3,68	10,9	18,1	0,67
III	Ст. 3 102×2,0	120	8,0	100	6,5	19,4	32	0,24
				150	4,18	12,5	20,6	0,56
				200	3,22	9,6	15,8	0,95
IV	Ст. 3 102×2,0	120	12,6	100	7,6	22,6	36,8	0,39
				150	5,17	15,4	25,1	0,84
				200	3,92	11,7	19,4	1,46

провода. С увеличением диаметра колес при одинаковых остальных конструктивных параметрах система становится более гибкой и подверженной искривлению во время движения. Это следует из сопоставления вариантов I и II, где собственная частота колебаний системы с колесами $D_k=191$ см меньше в 2 раза, а амплитуда соответственно больше в 1,6 раза, чем для системы с колесами $D_k=120$ см.

При одинаковой упругой жесткости на кручение GI_p трубопровод из алюминиевого сплава 01915 сечением 130×2,5 мм менее подвержен искривлению во время движения, чем стальной 102×2 мм, то есть от собственной массы трубопровода зависят абсолютные значения амплитуды колебаний, обусловленных углом закручивания.

Сопоставляя варианты II и III, можно заметить, что стальной трубопровод имеет более низкие собственные частоты при больших значениях амплитуд. С увеличением расстояний между колесами количество их уменьшается, что делает систему более жесткой (собственные частоты увеличиваются незначительно). Но с увеличением значения l больше оптимального возрастают амплитуды колебаний. Так, из сопоставления вариантов III и IV с увеличением значения l от 8 до 12,6 м собственные частоты увеличиваются в 1,15 раза, тогда как абсолютные амплитуды возрастают в 1,6 раза, что делает систему динамически менее устойчивой.

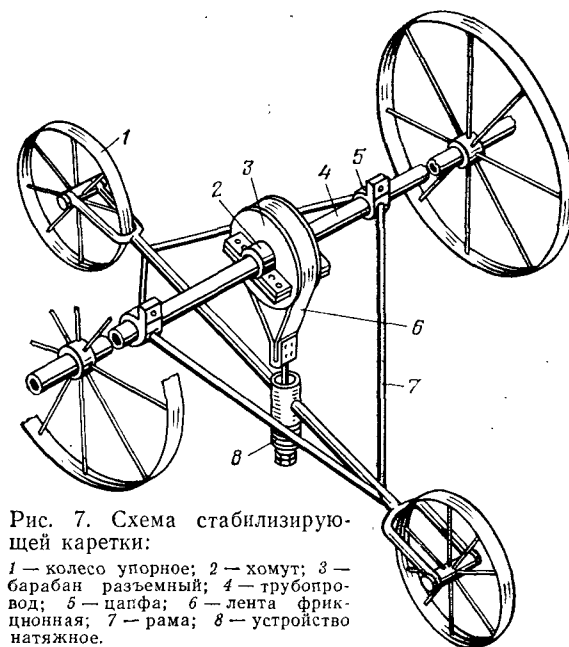


Рис. 7. Схема стабилизирующей каретки:

1 — колесо упорное; 2 — хомут; 3 — барабан разъемный; 4 — трубопровод; 5 — цапфа; 6 — лента фрикционная; 7 — рама; 8 — устройство натяжное.

Длина крыла трубопровода также оказывает влияние на размер и характер искривления трубопровода. С увеличением длины полукрыла от 100 до 200 м собственные частоты снижаются в 2 раза, а амплитуды колебаний возрастают почти в 4 раза. Такое возрастание амплитуд колебаний обуславливает их форму, то есть форму нормальной упругой кривой. При длине полукрыла $L_k=100$ м раскручивание обычно происходит со свободного конца трубопровода и упругая линия соответствует первой форме колебаний, а при $L_k=150...200$ м и более раскручивание наступает прежде, чем начинается вращение конца трубопровода, и упругая линия соответствует второй или третьей формам колебаний. На практике искривление трубопровода по своему характеру приближается к форме упругой линии.

Для борьбы с искривлением трубопровода АзНИИГим предлагает применять стабилизирующие каретки, с помощью которых можно погасить крутильные колебания трубопровода (рис. 7). Особенно эффективны они на пере-

катываемых трубопроводах из мягких алюминиевых сплавов.

Стабилизирующие каретки выполнены в виде регулируемого тормозного устройства, состоящего из разборной рамы, разъемного тормозного барабана, закрепленного на трубопроводе, и фрикционной ленты (авторское свидетельство № 701598).

Раму стабилизирующих кареток устанавливают на трубопровод шарнирно в местах наибольшего положительного (по ходу движения машины) макроискривления, а тормозной барабан закрепляют на трубопроводе жестко хомутами.

Устройство действует следующим образом. По мере передвижения машины вперед трубопровод в силу возникновения крутильных колебаний, форма которых зависит от материала, диаметра и длины трубопровода, стремится изогнуться в горизонтальной плоскости. Изгибы происходят в местах наибольшего проявления крутильных колебаний. Импульсы крутильных колебаний гасятся тормозным моментом, создаваемым тормозным устройством стабилизирующей каретки. Это предотвращает дальнейшее распространение по трубопроводу упругого волнообразования, а следовательно, и импульсов раскручивания.

Значение тормозного момента изменяют регулировочным устройством. При этом реактивный момент воспринимается одним из упорных колес каретки в зависимости от направления движения.

Применение на колесном перекачиваемом дождевальном трубопроводе стабилизирующих кареток уменьшает его скручивание и повышает равномерность хода машины.

В АзНИИГиМ предложена еще одна система стабилизации трубопровода — тросовая система жесткости (рис. 8, авторское свидетельство № 562247).

Предварительно напряженная навивка служит для предотвращения скручивания трубопровода, повышает его жесткость. Для придания жесткости системе в плане предусмотрены дополнительные тросовые растяжки, расположенные в горизонтальной плоскости, проходящей через ось трубопровода. Для удержания растяжек в горизонтальной плоскости применены специальные траверсы, шарнирно прикрепляемые к трубопроводу и имеющие по два небольших самоустанавливающихся упорных колеса.

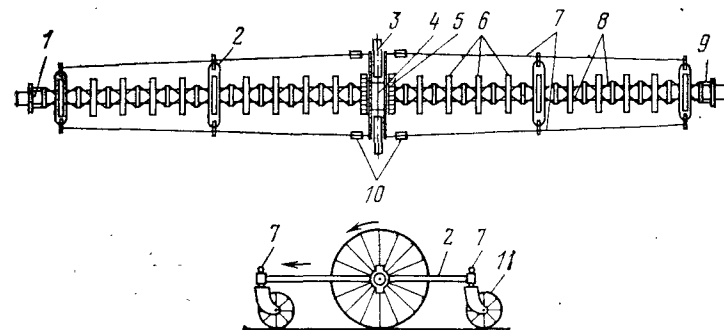


Рис. 8. Колесный дождевальный трубопровод с тросовой системой жесткости:

1 — трубопровод; 2 — траверса; 3, 5, 6 — колесо соответственно ведущее, тележки и трубопровода; 4 — тележка приводная; 7 — растяжка тросовая; 8 — навивка разносторонняя тросовая; 9 — устройство натяжное; 10 — болт стяжной; 11 — колесо упорное.

Натяжение тросовых растяжек регулируется стяжными болтами. Конструкция позволяет существенно уменьшить макроискривление трубопровода в процессе движения. Ее применяют преимущественно на коротких трубопроводах (до 200 м).

Пассивные способы предупреждения искривления трубопровода не устраняют, однако, упругого скручивания труб и отклонения дождевальных аппаратов от вертикального положения. С приближением к концам трубопровода дождевальные аппараты наклоняются в ту или другую сторону от вертикали на угол скручивания трубопровода.

В последние годы, помимо перечисленных выше, появились устройства, позволяющие восстанавливать вертикальность дождевальных аппаратов перед началом полива.

Так, в США создано самоустанавливающееся колесное устройство (рис. 9), сущность которого сводится к фиксации колесного перекачиваемого дождевального трубопровода или отдельных его колес на позиции во время полива.

Устройство работает следующим образом. После передвижения трубопровода на позицию и соединения с гидрантом подаваемая под давлением в трубопровод вода через резиновый шланг поступает в полость гидроцилиндра и давит на поршень, заставляя его толкать тяги, кото-

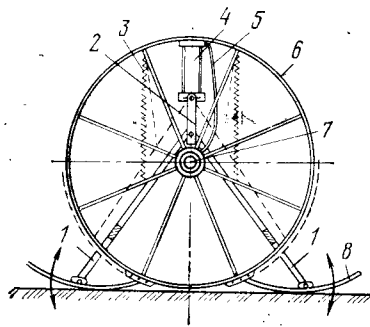


Рис. 9. Схема самоустанавливающегося колеса:

1 — тяга регулируемая; 2 — шток подвижный; 3 — пружина возвратная; 4 — гидроцилиндр; 5 — шланг резиновый; 6 — колесо; 7 — трубопровод; 8 — лапа откидная.

нимаются в исходное положение и совмещаются с ободом колеса. Под действием этих же пружин вода, находящаяся в гидроцилиндре, выталкивается обратно в трубопровод и из него вытекает наружу. Таким образом, колесо вновь подготовлено к движению. Обычно колеса с гидроцилиндром устанавливают по концам трубопровода, где наблюдается максимальный угол закручивания.

Основной и существенный недостаток конструкции — механизм работает только при отклонении дождевальных аппаратов от вертикального положения примерно в пределах $\pm 30^\circ$.

Наиболее простой и общедоступный из всех рассмотренных пассивных способов предупреждения искривления — первый. При этом способе рассчитывают число и формы почвозацепов на отдельных колесах или группах колес для наиболее тяжелых или характерных случаев качения.

Дифференцированный подход к расстановке почвозацепов на колесах во всех случаях дает положительный эффект.

Обеспечить равенство транспортирующих способностей колес, то есть подобрать ширину обода колес в зависимости от вертикальной нагрузки на него, можно по формуле (2). Здесь надо различать три вида колес: концевое — менее нагруженное; центральные у тележки — наиболее нагруженные; все промежуточные — с одинако-

рые откидывают лапы до соприкосновения их с поверхностью грунта. Колесо как бы фиксируется в определенном положении, предотвращается его самопроизвольное перемещение в обоих направлениях. Кроме того, установка позволяет устранить влияние скручивания трубопровода, чем достигается вертикальность дождевальных аппаратов. При снятии давления в конце полива тяги под действием пружин втягиваются внутрь колеса, лапы поднимаются в исходное положение и совмещаются с ободом колеса. Под действием этих же пружин вода, находящаяся в гидроцилиндре, выталкивается обратно в трубопровод и из него вытекает наружу. Таким образом, колесо вновь подготовлено к движению. Обычно колеса с гидроцилиндром устанавливают по концам трубопровода, где наблюдается максимальный угол закручивания.

вой степенью нагружения. Центральные колеса должны иметь наибольшую ширину обода или быть чаще расположены.

Большое значение при эксплуатации колесных дождевальных трубопроводов имеют боковое смещение трубопровода при передвижении и прочность колес. В боковом смещении немалую роль играют растягивающие и сжимающие силы, действующие вдоль оси трубопровода и возникающие из-за жесткого крепления на нем колес.

Защемление отдельных колес или их недопустимое высотное перемещение при наезде на препятствие (кочка, бугор, яма) способствует возникновению осевых сил, которые воздействуют на соседние колеса и подвергают их значительной деформации.

В целях практической оценки влияния осевых растягивающих сил на напряженное состояние трубопровода и на прочность колес рассмотрим один из наиболее неблагоприятных случаев, возможных при эксплуатации дождевальной машины «Волжанка». За основу при расчете принимаем случай защемления смежных колес у одного из пролетов $(n-1)$ и n с разностью высотных отметок δ_n , при этом учитываем максимальное нагружение трубопровода поперечной изгибающей нагрузкой q_{\max} (рис. 10).

Согласно расчетной схеме, изгибающий момент в сечении, определяемом координатами X и Y , можно выразить уравнением

$$EIy'' = M_x + M_{n-1} \left(1 - \frac{x}{l} \right) - M_n \frac{x}{l} - S_p y, \quad (23)$$

где M_x — ордината изгибающего момента в сечении x для многоопорных неразрезных балок с равными пролетами,

$$M_x = \frac{qlx}{2} - \frac{qx^2}{2} - \frac{ql^2}{12}; \quad (24)$$

M_{n-1} , M_n — дополнительные опорные моменты, возникающие при подъеме колеса n на высоту δ_n ,

$$M_{n-1} = 2,6EI\delta_n/l^2, \quad M_n = -4,3EI\delta_n/l^2;$$

S_p — растягивающая осевая сила, возникающая при стесненном изгибе.

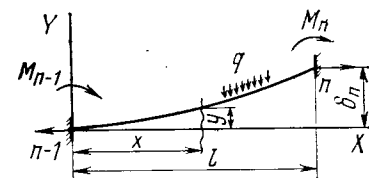


Рис. 10. Расчетная схема для определения осевых растягивающих сил.

После подстановки и преобразований выражения (23) дифференциальное уравнение упругой линии при стесненном изгибе приобретет вид:

$$y'' = \frac{q}{2EI} \left(lx - x^2 - \frac{l^2}{6} \right) + \frac{\delta_n}{l^2} \left(2,6 - 6,9 \frac{x}{l} \right) - \frac{S_p y}{EI}. \quad (25)$$

Определение осевых сил при стесненном изгибе — сложная задача, исключающая принцип независимости действия сил и деформаций (Тартаковский, 1967). Поскольку эта задача нелинейная, так как растягивающая сила S_p сама является функцией от поперечной нагрузки и значения $S_p = f(q; \delta_n)$, поэтому решить дифференциальное уравнение (25) относительно S_p в явной форме двойным интегрированием невозможно. Обычно эту задачу решают приближенно, причем исходным в расчете является удлинение оси трубопровода ($\Delta l = \bar{l} - l$) в результате действия растягивающих сил.

Для определения последних можно воспользоваться следующим условием:

$$\lambda_0 - \frac{1}{2} \int_0^l (y')^2 dx = 0, \quad (26)$$

где λ_0 — удлинение, вызванное растягивающей силой S_p .

Удлинение, вызванное растягивающей силой, определяют по закону Гука:

$$\lambda_0 = S_p l / (EI). \quad (27)$$

Второй член уравнения (26) выражает разность между длиной поднятого и изогнутого участка линии трубопровода (\bar{l}) и проекции его на горизонтальную ось (l).

При выводе расчетной зависимости используют метод предварительного задания кривой изгиба. В рассматриваемом случае выбранная форма кривой должна обеспечить удовлетворительный результат, достаточный для практической оценки влияния растягивающих сил на напряженное состояние трубопровода и на прочность колес. При этом кривая должна отвечать поставленным условиям:

при $x=0$ $y=0$; $y'=0$; $y'' \neq 0$; $x=l$ $y=\delta_n$; $y'=0$; $y'' \neq 0$.
Этим условиям удовлетворяет тригонометрическая

кривая, представленная в виде суммы трех косинусоид:

$$y = C_1 \cos \frac{\pi x}{2l} + C_2 \cos \frac{\pi x}{l} + C_3 \frac{3\pi x}{2l}. \quad (28)$$

Коэффициенты C_1, C_2, C_3 определяют двойным дифференцированием этого уравнения с учетом вышеприведенных граничных условий.

Тогда

$$y = \delta_n \left(\frac{3}{4} \cos \frac{\pi x}{2l} - \cos \frac{\pi x}{l} + \frac{1}{4} \cos \frac{3\pi x}{2l} \right). \quad (29)$$

По выражению (29), выбранная тригонометрическая кривая удовлетворяет граничным условиям, значимость выражения будет уменьшаться по мере возрастания δ_n . Это объясняется тем, что выражение не отражает преобладающего влияния на прогиб оси трубопровода высоты подъема δ_n по мере ее возрастания по сравнению с влиянием поперечно-изгибающей нагрузки q_{\max} .

В действительности же кривая изгиба оси трубопровода с увеличением высоты подъема одного из колес будет стремиться к выпрямлению, и при определенном значении δ_n влияние поперечно-изгибающей нагрузки q_{\max} на форму упругой линии становится настолько незначительным, что им можно пренебречь.

В связи с этим достоверность выражения (29) может подтверждаться при соблюдении следующего дополнительного условия: положение выбранной кривой в системе координат должно ограничиваться двумя крайними положениями упругой линии при свободном изгибе, когда $S_p=0$. Тогда, согласно выражению (25):

при отсутствии поперечной изгибающей нагрузки ($q = q_{\min} = 0$)

$$y = \frac{\delta_n}{l^2} \left(1,3x^2 - 1,15 \frac{x^2}{l} \right) + \frac{0,85\delta_n x}{l}; \quad (30)$$

при максимальной поперечной изгибающей нагрузке ($q = q_{\max}$), когда трубопровод полностью заполнен водой,

$$y = \frac{q_{\max}}{2EI} \left(\frac{lx^3}{6} - \frac{x^4}{12} - \frac{l^2 x^2}{12} \right) + \frac{\delta_n}{l^2} \left(1,3x^2 - 1,15 \frac{x^3}{l} \right) + \frac{0,85\delta_n x}{l}. \quad (31)$$

Выражения (30) и (31) получены двойным интегрированием выражения (27), в котором принято $S_p = 0$. Постоянные интегрирования определены при $x=0, y=0$ и при $x=l, y=\delta_n$.

В зависимости от вида заданной кривой упругой линии значение растягивающей силы S_p изменяется различным по мере увеличения высоты подъема колеса.

Чтобы проследить, каким образом это будет происходить, рассчитаем S_p по выражениям (26) и (27), причем форму поднятого и изогнутого участка будем последовательно задавать в трех вариантах выражениями (29), (30) и (31) (табл. 3):

3. Значения растягивающих сил S_p в зависимости от высоты подъема колеса

$\delta_n, \text{ м}$	$S_p \text{ (кН) по вариантам}$		
	I	II	III
0,1	2,9	2,5	6,1
0,2	11,5	9,9	12,2
0,3	25,8	22,2	23,3
0,4	45,8	39,5	39,5

вариант I (выражение 29):

$$S_p \approx 0,65\delta_n^2 EF/l^2; \quad (32)$$

вариант II (выражение 30):

$$S_p = 0,56\delta_n^2 EF/l^2; \quad (33)$$

вариант III (выражение 31) (с учетом известных значений $q_{\max} = 0,147 \text{ кН/м}$; $E = 70 \cdot 10^6 \text{ кН/м}^2$; $I = 203,4 \times 10^{-8} \text{ м}^4$):

$$S_p \approx \frac{\left(0,176 \cdot 10^{-10} l^7 - 0,118 \cdot 10^{-5} l^3 \delta_n + 0,563 \frac{\delta_n^2}{l} \right) EF}{l}. \quad (34)$$

Нормальную эксплуатацию дождевальную машины «Волжанка» можно обеспечить на участках со спокойным рельефом. Предельно допустимый уклон участков принимается равным 0,02, а разность высотных отметок у смежных колес $(\delta_n)_{\max} = 0,3 \text{ м}$.

Согласно приведенным данным (см. табл. 3), при $\delta_n = 0,3 \text{ м}$ значения S_p , соответствующие видам кривых (30) и (31), близки, а при $\delta_n = 0,4 \text{ м}$ равны, то есть при $\delta_n =$

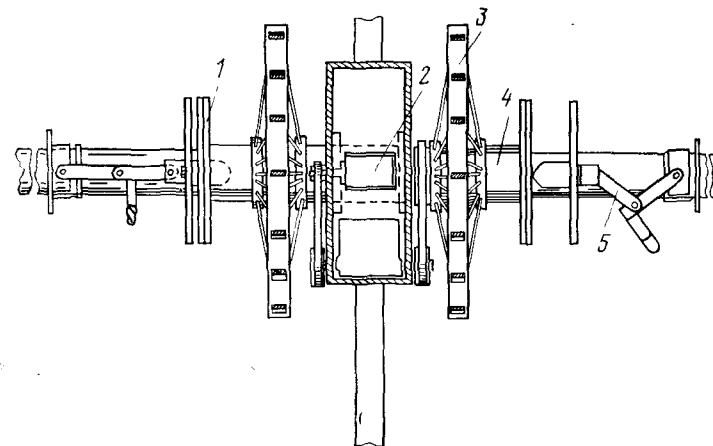


Рис. 11. Приводная тележка с устройством для выравнивания трубопровода:

1 — муфта сцепления; 2 — электродвигатель; 3 — колесо ведущее; 4 — патрубок; 5 — механизм включения.

$= 0,4 \text{ м}$ полностью исчезает влияние поперечной изгибающей нагрузки q_{\max} на форму изгиба упругой линии. Таким образом, при количественной оценке осевых сил можно за основу принимать формулу (33).

Из результатов количественной оценки осевых сил, возникающих в трубопроводе, следует, что:

при подготовке участка орошения необходимо тщательно устранять явно выраженные неровности рельефа, превышающие 0,4 м, и не допускать появления ям, способствующих зависанию колес;

при усовершенствовании машины следует усилить конструкцию колес приданием большей прочности против поперечных изгибающих сил, в местах приварки спиц нужно предусматривать накладки.

Активные способы устранения искривления перекачиваемых трубопроводов. Для восстановления прямолинейности перекачиваемого трубопровода за рубежом применяют приводную тележку с устройством для его выравнивания (рис. 11).

Работает она следующим образом. Вращение от электродвигателя через ременную и цепную передачи передается патрубку и ведущим колесам. Выравнивание трубопровода в случае отставания силовой тележки осуществляется подтягиванием центральной части трубопровода

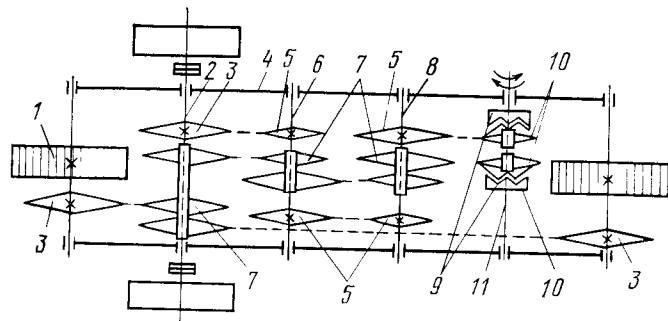


Рис. 12. Приводная тележка к колесному дождевальному трубопроводу с разобщенным приводом:

1 — колесо ведущее; 2 — ось трубопровода; 3, 5, 10 — звездочка соответственно ведомая, промежуточная и ведущая; 4 — рама; 6, 8, 11 — вал соответственно промежуточный, ведомый и ведущий; 7 — блок звездочек; 9 — муфта включения.

без его вращения. В случае же забегания тележки искривления трубопровода устраняют включением обратного хода также без вращения трубопровода.

В процессе работы ведущие колеса вместе с патрубком отсоединяют от основного трубопровода, а при перекачивании трубопровода с позиции на позицию — присоединяют к трубопроводу муфтой.

К недостаткам конструкции можно отнести наличие дополнительного двигателя и фрикционного устройства, расположенного на последней ступени передачи, где действуют максимальные крутящие моменты. Управление такими муфтами весьма трудоемко.

В АзНИИГиМ разработано устройство, позволяющее управлять процессом искривления трубопровода непосредственно при его движении. Это устройство конструктивно весьма просто, его легко изготовить в мастерских хозяйств (рис. 12). Для этой цели можно использовать ведущую тележку дождевальной машины «Волжанка», в цепную передачу которой вводится параллельно еще один ряд цепей.

Устройство состоит из двух рядов цепной передачи, независимо управляемых муфтами сцепления, расположенными на быстроходном ведущем валу. При помощи этого устройства возможно механизированное устранение макроискривления трубопровода в процессе перекачивания при периодическом передвижении тележки без вра-

щения трубопровода и при вращении последнего без движения или при сочетании обоих видов движения. Оно позволяет активно воздействовать на динамику движения машины, механизмирует процесс выпрямления трубопровода.

Повышение ветроустойчивости колесных дождевальных перекачиваемых трубопроводов. Один из недостатков колесных перекачиваемых дождевальных трубопроводов — малая ветроустойчивость. Под действием порывов ветра трубопровод деформируется, а иногда и разрушается.

Особенно это отмечается у однодвигательных машин с трубопроводом, выполненным из легких алюминиевых сплавов. Применяемые противоветровые тормоза в виде упоров оказываются малоэффективными, требуют постоянного внимания со стороны оператора по своевременной их установке и уборке.

Ветровая нагрузка относится к временно действующей. Ее можно рассматривать как сплошную равномерно распределенную в горизонтальной плоскости перпендикулярно к оси трубопровода нагрузку.

Для труб, используемых в перекачиваемых машинах, значение ветровой нагрузки находят по формуле

$$q_w = [v_w(Z)]^2 d / 680, \quad (35)$$

где d — наружный диаметр трубопровода; v_w — скорость ветра на высоте Z от поверхности земли.

Изменение скорости и направления ветра носит случайный характер, исключая функциональную зависимость во времени. В связи с этим при расчете машины на прочность и устойчивость под действием ветра следует оперировать максимальными скоростями ветра повторяемостью не реже 1 раза в 5 лет.

Изменение скорости ветра по высоте подчиняется логарифмическому закону:

$$v_w(Z) = \frac{v_{\chi}}{\chi} \ln \frac{Z}{Z_0}, \quad (36)$$

где v_{χ} — динамическая скорость ветра; χ — постоянная Кармана, равная 0,38; Z_0 — параметр шероховатости.

По технологии производства работ перекачиваемые дождевальные машины должны работать при умеренных скоростях ветра, не превышающих 8 м/с; следовательно, статическое воздействие ветровой нагрузки при штормо-

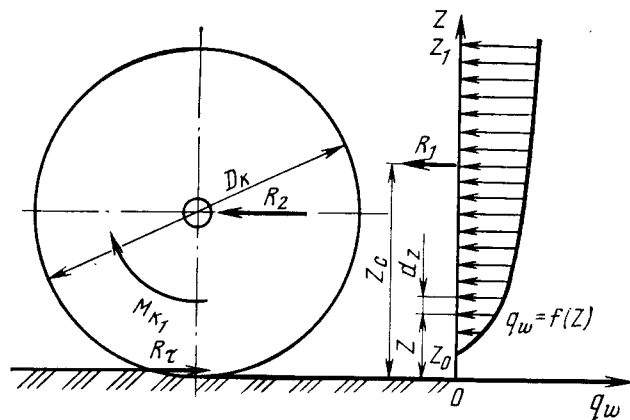


Рис. 13. Расчетная схема на ветровую нагрузку.

вых и ураганных ветрах будет восприниматься пустым трубопроводом в положении покоя. Расчеты показывают, что суммарные напряжения в сечениях трубопровода от вертикальных (собственный вес) и горизонтальных (давление ветра) нагрузок намного меньше тех, которые возникают при заполнении трубопровода водой.

Динамическое воздействие ветровой нагрузки на трубопровод проявляется в возникновении различного рода колебаний, а также в потере устойчивости, вызывающей самопроизвольное откатывание машины, что является причиной поломки фланцев и труб.

Расчетная схема воздействия ветра на колесо в виде равнодействующих нагрузок на обод колеса R_1 и на трубопровод R_2 показана на рисунке 13. С учетом выражений (35) и (36) выведены формулы для определения R_1 и R_2 в зависимости от диаметра обода колеса:

$$R_1 = v_z^2 b [D_k (\ln D_k)^2 + 1,22 D_k \ln D_k + 1,38 D_k - 0,4], \quad (37)$$

$$R_2 = v_z^2 d [(\ln D_k)^2 + 1,38 \ln D_k + 0,84] \cdot 10^{-3}, \quad (38)$$

где D_k , b и l — соответственно диаметр, ширина обода колеса и расстояние между колесами.

Используя положения динамики ведомого колеса, можно считать, что машина устойчива в ветровых условиях, когда соблюдается неравенство

$$K_{уст} = \frac{\sum M_B}{M_K} = \frac{R_1 Z_c + 0,5 R_2 D_k}{m_k l} \leq 1, \quad (39)$$

где $K_{уст}$ — коэффициент устойчивости; M_B — момент вращения трубопровода от воздействия ветровой нагрузки; Z_c — координата приложения нагрузки R_1 ; m_k — условный удельный крутящий момент на единицу длины трубопровода.

Значение крутящего момента на единицу длины трубопровода рассчитывают по формуле

$$m_k = M_{кр. \max} / L_k, \quad (40)$$

где $M_{кр. \max}$ — максимальный крутящий момент, потребный для вращения половины крыла; L_k — длина половины крыла.

Из анализа выражений (37) и (38) ветровая нагрузка $R = R_1 + R_2$ прямо пропорциональна размерам конструктивных элементов и квадрату динамической скорости ветра. Из условия $K_{уст} \geq 1$ можно определить предельную динамическую скорость и скорость ветра на данной высоте $v_B(Z)$, при которой дождевальная машина устойчива. Показатели ветровой устойчивости дождевальной машины «Волжанка» при скорости ветра 40 м/с на высоте 10 м представлены в таблице 4.

4. Показатели ветровой устойчивости дождевальной машины «Волжанка»

Размеры колеса, мм	R_1 , Н	R_2 , Н	$\sum M_B$, Н·м	$M_{кр.}$, Н·м	$K_{уст}$	v_B при $K_{уст} = 1$, м/с
$D_k = 1910$, $b = 140$	98	651	757	645	11,70	12
$D_k = 1200$, $b = 120$	29	303	207	425	4,85	18

Судя по показателям ветровой устойчивости машины «Волжанка», колеса обоих типоразмеров не обеспечивают устойчивости машины при скорости ветра 40 м/с на высоте 10 м. Однако при меньшем диаметре колес предельная скорость ветра, при которой еще сохраняется устойчивость машины, повышается с 12 до 18 м/с. Следовательно, устойчивость машины с диаметром 1200 мм возрастает в 1,5 раза. При этом из-за уменьшения массы колес общая металлоемкость значительно снижается.

При некоторых значениях толкающей силы $R = R_1 + R_2$ и равной ей реакции почвы R_τ может наступить скольжение колес (протаскивание), приводящее, как правило, к поломке труб.

Условие протаскивания имеет вид

$$R_{\tau} > \varphi_{\text{сд}}(G_{\text{к}} + q/l). \quad (41)$$

Расчеты, проведенные для машины «Волжанка», показывают, что при ураганном ветре 40 м/с колеса диаметром $D=1910$ мм перестанут вращаться и будут скользить по поверхности почвы. Два тормозных устройства на длине 400 м не обеспечивают устойчивости машины в данных условиях. При значительных скоростях ветра возникающие изгибные и крутильные колебания провисающих между опорами участков трубопровода могут создавать опасность разрушения трубопровода при совпадении частот собственных колебаний и возмущающих импульсов ветра. В наиболее невыгодных условиях передвижения машины, при числе полных периодов совпадения частот собственных и вынужденных колебаний $N_{\text{кол}} > 20$, резонансные явления практически невозможны. Это позволяет устанавливать тормозные устройства вблизи колес, что немаловажно для повышения ветроустойчивости машины.

Особый интерес представляют вибрации трубопровода, вызываемые ламинарным сплошным ветровым потоком. Эти вибрации обуславливаются особенностями обтекания цилиндрических поверхностей воздушным потоком.

На высоте 0,5...1 м от поверхности земли ламинарность потока обуславливается диапазоном скоростей ветра 1...4 м/с. При этом могут возникать нежелательные вибрации трубопровода. Ликвидировать их можно изменением расстояний между колесами или установкой прерывателей ламинарности потока, которые в виде пластин могут крепиться на трубопроводе.

Для повышения ветроустойчивости перекачиваемых дождевальных трубопроводов необходимо:

увеличить число противоветровых тормозов из расчета не менее одного на 50 м длины трубопровода, однако тормоза должны быть автоматически убираемы;

в районах с преобладающим низким ветровым режимом уменьшать вибрации трубопровода установкой на нем пластинок, нарушающих целостность сплошного ламинарного воздушного потока;

при орошении низкорослых сельскохозяйственных культур применять колеса меньшего (порядка 1200 мм) диаметра.

ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ НА САМОХОДНЫХ ТЕЛЕЖКАХ

Перекачиваемые дождевальные колесные системы нельзя применять на поливе высокостебельных культур. Кроме того, ввиду неравномерности распределения крутящего момента по длине трубопровода в отдельных случаях нарушается прямолинейность движения машин. Поэтому в последнее время в отечественной и зарубежной практике используют дождевальные машины на самоходных тележках. Оросительный трубопровод у них можно устанавливать на высоте 1,5...3,5 м и более, трубы не подвергаются скручиванию, легко обеспечивается передвижение машины фронтально и по направлению оси трубопровода.

Несомненно, они более сложны и металлоемки. Их применяют, когда невозможно использовать перекачиваемые дождевальные машины.

Основная особенность многоопорных дождевальных машин на самоходных тележках — синхронная работа приводов. В этих машинах используют различные системы синхронизации, аварийной защиты и группового управления. Наиболее полно отвечают предъявляемым требованиям электрические и гидравлические двигатели.

Для полива большинства сельскохозяйственных культур, кроме многолетних насаждений, а также лугов и пастбищ, в нашей стране выпускается дождевальная машина «Фрегат». Она представляет движущийся по кругу поливной трубопровод с расположенными на нем струйными дождевальными аппаратами. На конце трубопровода имеется дальнеструйный дождевальный аппарат, работающий по кругу и по сектору. Трубопровод с наружным диаметром 178 или 152 мм установлен на самоходных тележках на высоте 2,2 м от поверхности земли. Вода для полива подается от гидрантов закрытой оросительной сети или из скважины с водоподачей стационарными или передвижными насосными станциями.

Воду пропускают через фильтр, устанавливаемый рядом с неподвижной опорой. Трубопровод к гидранту оросительной сети или к напорной скважине присоединяют стояком неподвижной опоры. Поливная норма 240...1200 м³ на 1 га.

Дождевальная машина «Фрегат» может работать на участках со сложным рельефом и уклонами 0,05 и более.

На каждой самоходной тележке имеется гидропривод, обеспечивающий движение машины по кругу, и система автоматической синхронизации движения тележек. Механизм синхронизации контролирует изгиб трубопровода в горизонтальной плоскости и регулирует расход воды, подаваемой в гидропривод. Машина имеет механическую и электрическую системы защиты, которые останавливают ее при недопустимом изгибе трубопровода. «Фрегат» можно использовать на орошаемом севообороте на одной или нескольких позициях. Транспортировку машины с позиции на позицию осуществляют трактором класса 6 т. Перед буксировкой колеса на всех ее тележках поворачивают на 90° , а рычаги толкателей приподнимают и закрепляют на рамах.

Дождевальная машина «Фрегат» выпускается в нескольких модификациях, отличающихся длиной трубопровода и числом тележек. Стандартная длина машины 454,6 м при 16 тележках. Расстояния между тележками 1...7—24,7 м, 7...16—29,6 м. Длина концевой консоли, на которой устанавливается дальнеструйный дождевальный аппарат, 15,2 м. Радиус действия концевой аппаратуры 35...40 м. Один оператор при отрегулированных машинах и отработанном технологическом процессе обслуживает 3...4 машины.

С 1976 г. начал выпуск модификаций машины увеличенной длины с числом тележек 20 и 22. Длина таких машин соответственно равна 561,8 и 611,8 м. Как показывают технико-экономические исследования, при применении для полива машин большей длины удельные капитальные затраты уменьшаются из-за увеличения орошаемой площади, несмотря на повышение стоимости самой машины, насосной станции и строительства трубопроводов. Заметно уменьшаются и удельные приведенные затраты. С увеличением длины поливного трубопровода снижается интенсивность дождя, что позволяет использовать машину во всех орошаемых зонах страны. Для наиболее рационального применения дождевальной машины «Фрегат» в различных почвенных условиях необходимо подобрать нужные размеры машины и нужный расход.

Принцип работы гидродвигателя машины «Фрегат» (рис. 14) заключается в следующем. Вода из оросительного трубопровода под давлением 0,5...0,6 МПа поступает в дроссельный клапан и далее через перепускной клапан по пустотелому штоку в гидроцилиндр. Гидроци-

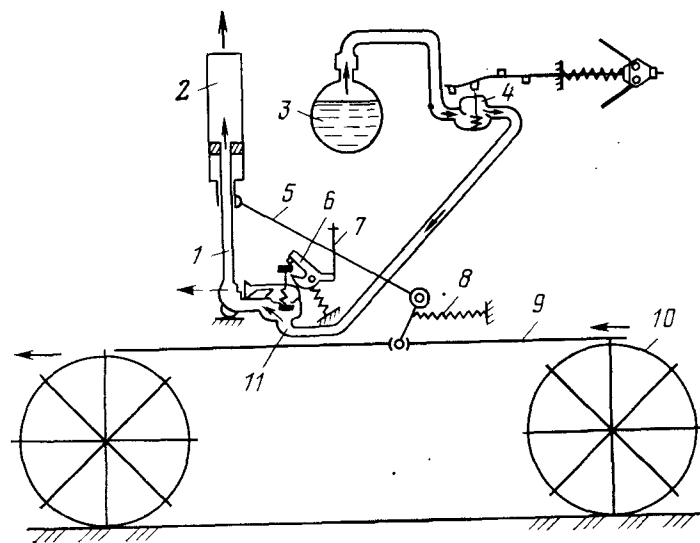


Рис. 14. Схема механизма передвижения машины «Фрегат»:

1 — шток; 2 — гидроцилиндр; 3 — водопроводящий трубопровод; 4 — клапан дроссельный; 5 — рычаг двуплечий; 6 — зацеп; 7, 9 — тяга соответственно вертикальная и толкающая; 8 — пружина; 10 — колесо ведущее; 11 — клапан перепускной.

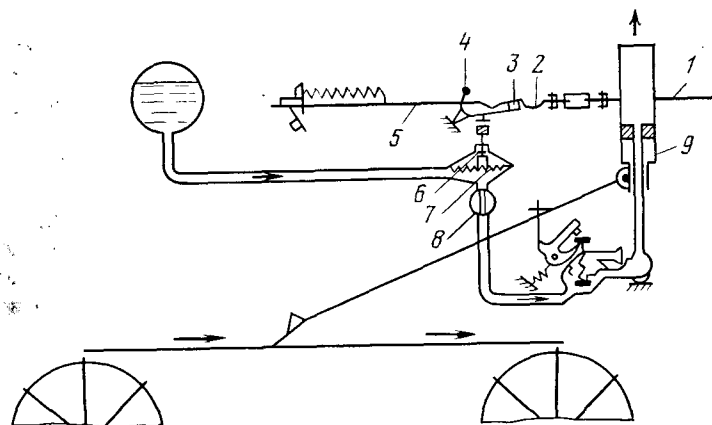


Рис. 15. Схема механизма автоматической остановки последней тележки:

1 — тяга; 2 — выступ; 3 — штанга; 4 — серьга; 5 — стержень; 6 — клапан; 7 — диафрагма; 8 — клапан распределительный; 9 — гидроцилиндр.

линдр, поднимаясь, поворачивает двуплечий рычаг, который шарнирно связан с толкающими тягами. Тяги своими выступами упираются в зацепы опорных колес. В это время вся опора перемещается на определенное расстояние до тех пор, пока двуплечий рычаг не упрется в выступы вертикальной тяги. Тяга, поднимаясь, освобождает зацеп, связанный с перепускным клапаном. Клапан опускается вниз и перекрывает доступ воды в гидроцилиндр. Обработанная вода из гидроцилиндра, принудительно опускающегося под действием пружины, выталкивается по специальному перфорированному трубопроводу в виде дождя.

Скорость движения машины, а следовательно, и поливная норма устанавливаются по последней тележке, где имеется кран-регулятор, управляющий поступлением воды в гидроцилиндр. Восемь положений стрелки крана-регулятора соответствуют семи скоростям движения и остановке машины (табл. 5).

Автоматическая остановка машины «Фрегат» при авариях и чрезмерном отставании или опережении отдельных тележек производится специальным устройством, находящимся на последней тележке. В этих случаях (рис. 15) тяга уходит вперед и натягивает штангу, которая выступами давит на серьгу. Серьга, поворачиваясь, нажимает на стержень, а тот — на клапан. Затем клапан давит на диафрагму, которая, в свою очередь, перекрывает доступ воды к распределительному клапану и гидроцилиндру. При этом происходит остановка последней тележки, после чего при помощи тяг для регулирования водоподдачи происходит остановка остальных тележек.

На каждой тележке имеются также ртутные выключатели, работающие от низковольтного энергоисточника. Если по той или иной причине какая-либо тележка намного опередила или отстала от других, то есть возникла аварийная ситуация, ртутный выключатель разрывает цепь и дает сигнал для остановки насоса, подающего воду в систему.

Кроме механической и электрической защиты, машина комплектуется внешней системой электрогидрозащиты (рис. 16), которая применяется в основном при групповой работе дождевальных машин «Фрегат» для того, чтобы остановка одной машины не вызывала остановку других, работающих от одной насосной станции. Основана она на том, что сигнал от ртутных выключателей по-

5. Скорость движения и поливная норма различных модификаций машины «Фрегат», изменяемые краном-регулятором

Положение стрелки крана-регулятора	ДМ-335		ДМ-365		ДМ-394	
	скорость движения, об/сут	поливная норма, м³ на 1 га	скорость движения, об/сут	поливная норма, м³ на 1 га	скорость движения, об/сут	поливная норма, м³ на 1 га
Включение машины	0,65	180	0,59	200	0,54	220
А	0,62	190	0,57	210	0,52	230
Б	0,54	220	0,49	240	0,45	270
В	0,47	250	0,43	280	0,39	310
Г	0,29	410	0,26	450	0,24	500
Д	0,15	880	0,14	850	0,13	920
Е	0,019	610	0,018	560	0,16	740
Остановка машины	0	—	0	—	0	—

Продолжение

Положение стрелки крана-регулятора	ДМ-424		ДМ-454	
	скорость движения, об/сут	поливная норма, м³ на 1 га	скорость движения, об/сут	поливная норма, м³ на 1 га
Включение машины	0,5	270	0,47	250
А	0,48	250	0,45	260
Б	0,42	280	0,39	300
В	0,37	330	0,34	340
Г	0,23	530	0,21	550
Д	0,12	1000	0,11	1060
Е	0,015	800	0,014	839
Остановка машины	—	—	0	—

дается не на насосную станцию, а на специальное электрогидрореле, которое управляет работой задвижки, установленной на подводящем трубопроводе.

Электрическая схема внешней электрогидрозащиты представлена на рисунке 17.

В случае отставания или опережения какой-либо тележки ртутный выключатель срабатывает, цепь разрывается и электрогидрореле закрывает задвижку — машина останавливается.

Принудительную остановку машины выполняет оператор размыканием ртутного выключателя на неподвижной опоре или ручным управлением электрогидрореле, ручка которого находится на его корпусе.

Рис. 16. Схема гидропривода электрозащиты машины «Фрегат»:

1 — электрогидрореле ЭГРМ-2; 2 — плата; 3 — труба; 4 — задвижка с гидроприводом 30ч7066р ($D_y=200$ мм, $P_y=1$ МПа); 5 — фильтр; 6 — клапан запорный ($D_y=15$ мм, $P_y=1,6$ МПа); 7 — фланец; 8 — батарея аккумуляторная; 9 — провод соединительный.

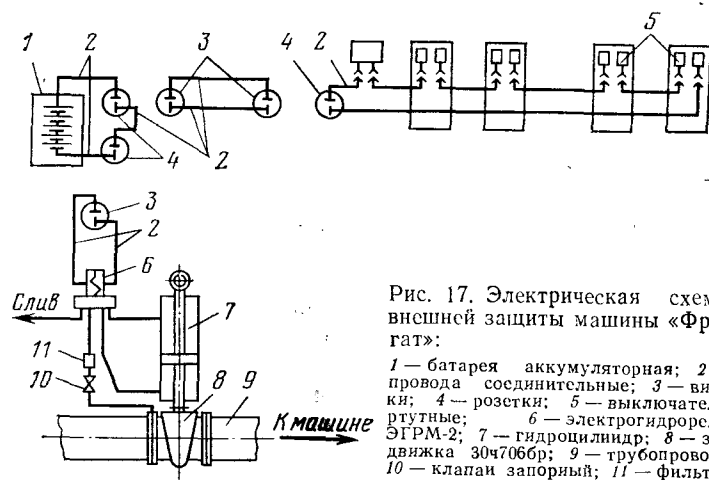
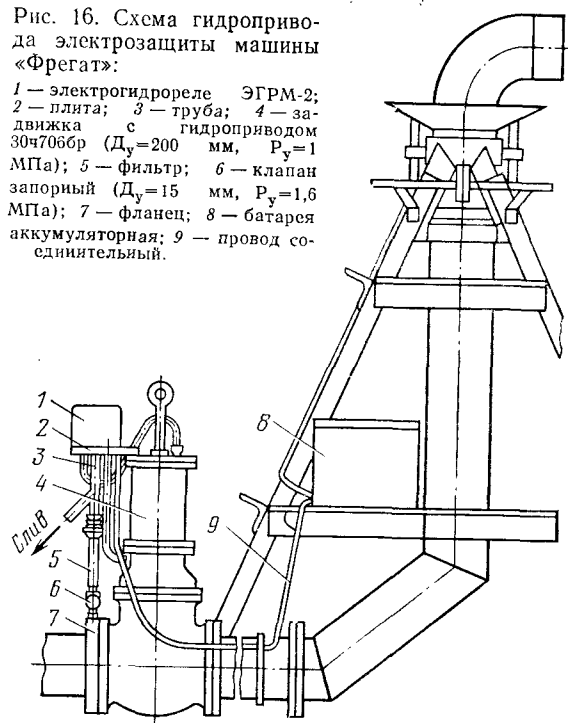


Рис. 17. Электрическая схема внешней защиты машины «Фрегат»:

1 — батарея аккумуляторная; 2 — провода соединительные; 3 — вилки; 4 — розетки; 5 — выключатели ртутные; 6 — электрогидрореле ЭГРМ-2; 7 — гидроцилиндр; 8 — задвижка 30ч7066р; 9 — трубопровод; 10 — клапан запорный; 11 — фильтр.

Промышленность серийно выпускает две новые модели дождевальная машины «Фрегат»: ДМУ-А и ДМУ-Б.

Машина ДМУ-А имеет три типа гибких вставок в трубопроводе и гибкие пролеты, чередующиеся с обычными. Для гибких пролетов предусмотрена блочная система подвески с одним поддерживающим тросом. В этой конструкции применены трубы одного диаметра (152 мм). Несколько изменены также по сравнению с другими модификациями «Фрегата» конструкция механического тормоза, система регулирования скоростей движения тележек и др. К основным достоинствам ДМУ-А относятся: возможность использования на участках со сложным пересечением микрорельефом; надежность в работе новых узлов; повышение технико-эксплуатационных показателей вследствие усовершенствования отдельных узлов.

Машина ДМУ-Б отличается от других модификаций «Фрегата» серийной конструкцией водопроводящего трубопровода, системы тросов, тележек, механического тормоза с приводом промежуточной тележки, фильтра гидропривода тележек. Она не имеет гибких вставок в трубопроводе.

Как показали результаты государственных испытаний, применение новой системы тросов позволило обеспечить работу ДМУ-Б на полях с уклоном до 0,08. Машина обладает широким диапазоном регулирования слоя дождя за проход.

Машина марки ДМУ имеет 17 модификаций по длине и 22 модификации по поставкам, что обеспечивает площади полива на одной позиции от 15,8 до 111 га при длине машины от 199 до 572 м.

Допустимые местные уклоны поля вдоль водопроводящего трубопровода для модернизированных машин следующие:

допустимый уклон первой тележки относительно неподвижной опоры для машин, на которых не установлены гибкие вставки, — не более 0,05;

допустимая разность уклонов (с учетом знаков) положения каждой тележки относительно двух соседних для машин, на которых не установлены гибкие вставки, — не более 0,08;

допустимые уклоны для машин, на которых установлены гибкие вставки, — не более 0,22.

Гибкие вставки можно устанавливать только на машинах марок ДМУ-А, у которых водопроводящий трубо-

провод состоит из труб одного типоразмера. Гибкие вставки делают у неподвижной опоры, на тележке, на средней трубе гибкого пролета.

Гибкие вставки у неподвижной опоры включают в дополнительную поставку машин (по требованию заказчика), так как их установка не влияет на основную комплектацию машины, а установленные на тележках и гибких пролетах — в основную поставку машин как переменные комплекты, так как их установка исключает необходимость использования целого ряда узлов и деталей, поставляемых с машинами без гибких вставок. В переменные комплекты основной поставки включены также последняя тележка с механическим тормозом и без него.

Для определения необходимости заказа гибких вставок следует знать:

знак уклона трубопровода, вызываемого местными уклонами поля (при положительном уклоне последующий относительно данной точки участок трубопровода в сторону концевой части направлен вверх, а предыдущий — вниз);

размер уклона определяется как отношение разности геодезических отметок поля в местах прохождения колес тележек к длине пролета;

необходимость установки гибкой вставки (рис. 18). При уклонах трубопровода 5...22 % в месте присоединения его к неподвижной опоре необходима установка гибкой вставки, 0...5 % — гибкая вставка не применяется.

Гибкие вставки на тележке необходимо устанавливать в тех случаях, когда абсолютное значение разности уклонов с учетом знаков прогибов до и после тележки составляет 8...22 %. При уклонах трубопровода 0...8 % гибкие вставки не применяются. При четном числе тележек в машине не допускается установка гибких вставок на первой и второй тележках. В этом случае местные уклоны для первой и второй тележек не должны превышать 8 %.

Гибкие вставки в гибкий пролет необходимо устанавливать в тех случаях, когда абсолютное значение разности уклонов с учетом знаков двух жестких пролетов, между которыми находится гибкий, составляет 16...22 %; при уклоне менее 16 % гибкая вставка не применяется.

При четном числе тележек в машине среднюю трубу с гибкой вставкой не следует ставить между первой и вто-

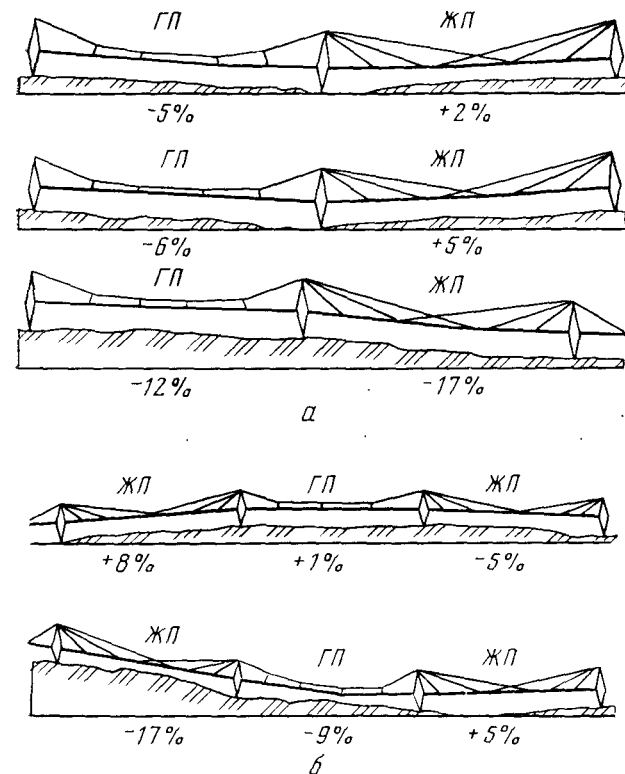


Рис. 18. Схема к определению места расположения гибких пролетов и гибких вставок машины «Фрегат» ДМУ-А:

а, б — гибкие вставки соответственно не применяются и применяются.

рой тележками. Ее можно устанавливать только начиная с пролета между второй и третьей тележками.

Основой правильной эксплуатации дождевальной машины «Фрегат» служит настройка дождевальных аппаратов по давлению воды.

На дождевальной машине «Фрегат» используются современные электрические системы управления, поэтому работа с ней требует высокой квалификации обслуживающего персонала. Немаловажное значение для ее правильной эксплуатации имеет качество монтажных и регу-

лировочных работ. В каждом конкретном случае необходимо пользоваться специально выпущенным руководством по монтажу и эксплуатации дождевальной машины «Фрегат».

Монтаж, регулировку и гарантийное обслуживание этих машин проводят специальные бригады монтажников сдаточно-эксплуатационных баз (СЭБ). Кроме того, при заводе-изготовителе и базах организовано обучение операторов по эксплуатации машин «Фрегат».

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОСНОВНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МАШИНЫ

Параметры элементов, характеризующих качество полива. Многоопорные дождевальные машины состоят из однотипных секций различной длины, на которых устанавливают дождевальные аппараты. В зависимости от почвенных условий и вида орошаемой культуры различной расстановкой дождевальных аппаратов можно обеспечить необходимую интенсивность дождя. Параметры многоопорных машин в зависимости от требуемого качества дождя, ветра и давления в сети можно определить следующим образом.

Расстояние между струйными дождевальными аппаратами на фронтальных дождевальных машинах вычисляют по следующей формуле:

$$l_0 = \frac{0,987H_0}{1 + 0,923(1 - e^{H_0/1,6d_0}(H_0/d_0))} (0,34e^{-0,35v_v} + 0,66), \quad (42)$$

где H_0 — напор дождевального аппарата; v_v — скорость ветра; d_0 — диаметр сопла дождевального аппарата; e — основание натурального логарифма.

Исходя из состава орошаемых культур, устанавливают значение H_0/d_0 по следующим, рекомендуемым Б. М. Лебедевым, соотношениям:

распадение струи на капли средней крупности, пригодные для орошения трав на лугах и пастбищах, — 1,5...1,6;

то же на более мелкие капли, пригодные для орошения взрослых сельскохозяйственных культур, — 1,7...1,8;

то же на мелкие капли, пригодные для орошения всех культур, — 2...2,2;

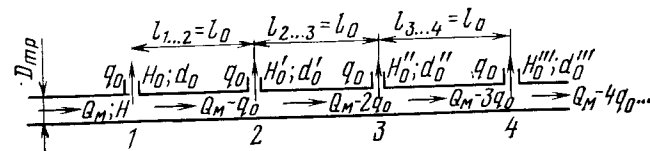


Рис. 19. Схема гидравлического расчета водопроводящего пояса машины.

то же на очень мелкие капли, пригодные для орошения рассады, нежных растений и цветов, — 2,4...2,6.

Для большинства культур и средних почвенных условий отношение H_0/d_0 можно принять равным 2 м/мм. Тогда

$$l_0 = 1,206 H_0 \cdot (0,34 e^{-0,35v_v} + 0,66).$$

В большинстве случаев в целях обеспечения взаимозаменяемости секций (пролетов) машины водопроводящий пояс выполняют из труб одного диаметра, то есть $D_{тр} = \text{const}$ (рис. 19). При этом должна быть обеспечена равномерная раздача расхода по длине трубопровода ($q_0 = q'_0 = q''_0 = \dots = \text{const}$ при $H_0 \neq H'_0 \neq H''_0$ и $d_0 \neq d'_0 \neq d''_0$).

По напору у гидранта находят фактический напор у дождевального аппарата.

Потери напора определяют по заданному диаметру трубопровода на каждом из участков между точками водоотбора:

для первого участка

$$h_{1...2} = l_{1...2} (Q_M - q_0)^2 / K_1^2; \quad (43)$$

для второго участка

$$h_{2...3} = l_{2...3} (Q_M - 2q_0)^2 / K_2^2 \text{ и т. д.,}$$

где q_0 — расход дождевального аппарата; Q_M — общий расход трубопровода; K_1, K_2 — модуль расхода (расходная характеристика трубопровода), зависящий от состояния и диаметра трубы.

Расход дождевального аппарата

$$q_0 = 3,34 d_0^2 \sqrt{H_0}. \quad (44)$$

Основное условие при $q_0 = \text{const}$ — сохранение постоянства скорости течения воды по участкам:

$$v_1 = v_2 = v_3 = \dots = \text{const}, \quad (45)$$

что предполагает изменение диаметров трубопровода.

Однако при проектировании многоопорных дождевальных машин не всегда придерживаются этого принципа. Сохраняя принцип взаимозаменяемости секций машины, диаметр трубопровода оставляют постоянным, обеспечивая условие $q_0 = \text{const}$ изменением диаметра сопла дождевального аппарата, то есть, чтобы обеспечить равномерность раздачи воды по длине трубопровода, увеличивают диаметры сопел аппаратов к концу трубопровода, сознательно изменяя в допустимых пределах структуру дождя.

Число дождевальных аппаратов на машине определяют по формуле

$$n = L/l_0, \quad (46)$$

а общий расход машины

$$Q_m = nq_0, \quad (47)$$

где L — длина оросительного трубопровода, м.

У дождевальных машин, работающих по кругу, тележки, близко расположенные к центральной опоре, имеют меньшие линейные скорости передвижения по сравнению с концевыми. Следовательно, у дождевальных аппаратов по длине трубопровода должен быть различный расход, то есть расход насадок должен увеличиваться к концу трубопровода.

Для определения параметров дождевальных аппаратов необходимо задавать радиус действия концевой аппаратуры r и длину трубопровода L до него.

При вычислении мгновенной площади захвата дождем за основание сектора принимают двойной радиус действия концевой аппаратуры. При этом площади захвата промежуточных аппаратов F_i и машины в целом F_m определяют по формулам:

$$F_i = 4rL_i r_i / L, \quad (48)$$

$$F_m = r(L + r)^2 / L, \quad (49)$$

где L_i и r_i — соответственно расстояние от центра вращения машины до промежуточного аппарата и его радиус действия.

Расход промежуточного аппарата

$$q_i = \frac{1}{15} \rho \frac{r}{L} L_i r_i. \quad (50)$$

Полный расход машины

$$Q_m = \frac{1}{15} \rho \frac{r}{L} \sum_0^n L_i r_i. \quad (51)$$

Слой осадков

$$h = \rho r / (30\omega L), \quad (52)$$

где ω — средняя угловая скорость за период одного оборота машины, $\omega = 1/(1,75 \cdot 10^{-3} T)$.

Зная значения ρ , L_i , q_i , r_i , можно определить параметры дождевальных аппаратов. Для унификации используют 4...5 типоразмеров дождевальных аппаратов. Обычно принимают 2...4 различных расстояния между аппаратами. Расход и радиус действия аппаратов регулируют вентилями.

Параметры движителей. Во всех случаях при определении размеров колесных движителей многоопорных дождевальных машин необходимо обеспечивать максимальную проходимость машины и минимальные повреждения сельскохозяйственных культур.

Пройодимость машины зависит от физико-механической характеристики почвы (гранулометрический состав, прочность, влажность, микрорельеф поверхности качения), динамических свойств движителей (сопротивление перекачиванию, характер нагрузки, скорость движения), а также от высоты и вида орошаемой культуры. Наиболее труднопроходимы для машины свежеспаханные и переувлажненные грунты. Минимальное повреждение сельскохозяйственных культур достигается обеспечением минимальных удельных давлений движителей, оказываемых на почву, а также некоторыми конструктивными мероприятиями.

В общем виде критерий тяговых качеств машины выражается уравнением движения:

$$F = W_b + \sum Gf + i_0 \sum G + \sum Gj, \quad (53)$$

где F — сила тяги; W_b — сумма воздушных (ветровых) сопротивлений; G — нагрузка на колесо; f — коэффициент сопротивления перекачиванию колеса; i_0 — продольный уклон местности; j — ускорение движения.

Для дождевальных машин сила тяги в большинстве случаев ограничивается условиями сцепления движителей с почвой, то есть

$$F \geq m_n \varphi_{\text{сч}} \sum G,$$

где m_n — коэффициент, учитывающий часть нагрузки, передающейся на ведущие колеса; $\varphi_{сц}$ — коэффициент сцепления по максимальной мощности двигателя.

Повысить силу тяги можно увеличением числа ведущих колес и их сцепных свойств.

Как показали исследования АзНИИГиМ, наиболее приемлемой для определения тяговых характеристик колес многоопорных дождевальных машин является формула А. К. Бируля:

$$P_k = G \xi^{2\mu+1} \sqrt{G/(bcD_k^{\mu+1})}, \quad (54)$$

$$\xi = \frac{1}{(1+\mu)(1-\mu/3)^{(2\mu+2)/(2\mu+1)}};$$

где P_k — сопротивление перекачиванию колеса, Н; D_k — диаметр колеса; b — ширина обода колеса; c — коэффициент осадки грунта, характеризующий его физико-механические свойства; μ — безразмерный коэффициент, характеризующий влажность грунта и условия загрузки колесного движителя.

По данным Харьковского автодорожного института, $\mu=0$ при влажности грунта, близкой к пределу текучести; $\mu=0,5$ при влажности, близкой к капиллярному насыщению; $\mu=1$ при незначительной влажности грунта.

Значения μ для связных грунтов можно найти также по формуле

$$\mu = \frac{\delta_r}{\Delta - \delta_r} \left(1 - \frac{\omega_r}{\omega_r} \right), \quad (55)$$

где δ_r — средняя плотность скелета грунта; Δ — плотность грунта; ω_r — весовая влажность грунта; ω_r — верхний предел пластичности грунта.

Значения коэффициента c , характеризующего работу колесных движителей транспортных машин, приведены в таблице 6.

6. Коэффициент осадки грунта в зависимости от его вида и относительной влажности

Вид грунта	Физическое состояние грунта		
	сухого ($\omega_r = 0,5\%$)	пластичного ($\omega_r = 0,5...1\%$)	текучего ($\omega_r > 1\%$)
Песчаный	15...50	—	—
Супесчаный	100...150	20...60	5...10
Суглинистый	100...200	10...50	5...10

Исследованиями АзНИИГиМ установлено, что для диапазона нагрузок, характеризующих работу колесных перекачиваемых трубопроводов, значения коэффициента осадки различных грунтов (Н/см³) колеблются в следующих пределах:

сухой рыхлый песок	2,7...9,4
свежевспаханный супесчаный грунт, увлажненный поливом	9,5...12,4
задернованная поверхность, покрытая слоем перегнивших растений, без полива	35,3
слежавшийся среднemelкий песок, уплотненный поливом	38,2...67
влажная супесчаная стерня, скрепленная корнями растений	150
иссушенный плотный супесчаный грунт, скрепленный корнями растений ($1 < \mu < 2,2$)	207

Формула А. К. Бируля главным образом определяет тяговые характеристики колес многоопорных дождевальных машин на колесных тележках, когда нагрузки на колеса превышают 5 000 Н.

При расчете же колесных движителей перекачиваемых трубопроводов формула требует некоторого уточнения введением поправочного коэффициента, учитывающего характер нагрузки и прочность грунта. Так, поправочный коэффициент для колес с почвозацепами можно подсчитать по следующему выражению:

$$K = 2,854 - E(0,133 - 0,0036E), \quad (56)$$

где E — модуль упругости грунта; для слабopочных грунтов $E = 50...200$ Н/см².

Таким образом, используя приведенные выше данные с учетом конструктивной особенности машины, можно определить размеры колесных движителей, обеспечивающие для данных грунтовых условий минимальную силу тяги.

ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННЫЕ МНОГООПОРНЫЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА МНОГООПОРНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИНАХ

Развитие дождевальной техники идет по пути увеличения площади охвата дождем, автоматизации управления машинами, совершенствования технологии по-

лива и системы технического обслуживания. Широкое распространение в нашей стране получает групповое использование многоопорных дождевальных машин, в том числе «Фрегат» и «Волжанка».

Групповое использование машин на крупных орошаемых массивах ставит новые проблемы, связанные с диспетчеризацией их работы и необходимостью использования информационно-измерительной техники, в основе которых лежат электрические системы. Таким образом, научно-технический прогресс в орошаемом земледелии неизбежно связан с автоматизацией и электрификацией основных процессов, с внедрением автоматизированных систем управления и оперативной обработки информации.

На дождевальных машинах «Фрегат» в целях предотвращения аварий и предохранения от поломок применяются индивидуальные и групповые электрические системы защиты, работающие от аккумуляторных батарей. Очевидно, с увеличением числа машин в группах требуется разработка новых систем электрической защиты. В совокупности с системами диспетчеризации системы защиты потребуют применения стационарных источников электропитания или использования для этих целей региональных линий электропередач. В этой связи перспективным представляется использование на машинах электропривода, особенно в многодвигательных системах, в которых вопрос синхронизации работы двигателей — основной.

Особенно перспективным представляется электрический привод на многодвигательных машинах, работающих от открытых оросительных каналов, где для создания требуемого давления воды применяют дизель-насосные установки. К этим установкам весьма просто добавить генератор, который будет вырабатывать электрический ток для питания электродвигателей опор. Электромеханические передачи обладают целым рядом преимуществ перед тепломеханическими и гидравлическими, применяемыми в настоящее время на многих дождевальных машинах. Использование электродвигателей в многоопорных дождевальных машинах позволяет повысить надежность в работе, улучшает тяговые качества машины, создает благоприятные условия для автоматизации управления ими. Исследования Всесоюзного научно-исследовательского института электрификации сельского хозяйства

(Титов, 1977) показывают, что режим работы привода с асинхронным электродвигателем протекает в более благоприятных условиях взаимодействия ведущих колес с грунтом, чем привод с двигателем внутреннего сгорания. Так, применение электрической передачи на тракторе повышает КПД его движителей из-за уменьшения потерь на буксование. Это свойственно всем бесступенчатым силовым передачам.

Для установления соответствия силовых передач (тепломеханические ТМП, гидромеханические ГМП, электромеханические ЭМП), применяемых на многоопорных дождевальных машинах, предъявляемым требованиям был проведен специальный анализ.

При рассмотрении конструкций машин с гидроприводом была принята конструкция, у которой в качестве исполнительных двигателей применены водяные гидроцилиндры, преобразующие возвратно-поступательное движение во вращательное (машина типа «Фрегат»). В качестве тепломеханических передач взяли передачи трансмиссионные и применяемые на колесных перекачиваемых трубопроводах. Результаты анализа приведены в таблице 7, где знаком (+) отмечены показатели, удовлетворяющие требованиям, предъявляемым к исполнительным двигателям, а знаком (—) — показатели, не удовлетворяющие им.

Наиболее полно предъявляемым требованиям отвечает электропривод.

Конечно, электрическим передачам свойственны и недостатки.

К ним относятся значительная удельная масса, потребность в цветных металлах, сравнительно высокая стоимость, малая изученность, особенно в специфичных условиях орошаемого земледелия. Тем не менее, целесообразность применения электропривода бесспорна. Наиболее эффективно использовать электропривод на машинах фронтального перемещения, работающих от закрытой напорной оросительной сети, особенно работающих позиционно. В этом случае разобщенность процессов передвижения и полива практически исключает опасность в работе оператора. Использование одного передвижного источника электропитания в комплекте с несколькими машинами, более полная загрузка энергетического средства (например, колесного трактора с электрогенератором), рациональное использование поливных земель, от-

7. Сравнительные показатели силовых передач и целесообразность их применения на многоопорных дождевальных машинах

Требования, предъявляемые к исполнительным двигателям	Тип передачи		
	ТМП	ГМП	ЭМП

Конструктивные показатели

Рациональное дробление (рассредоточение) мощности источника энергии	—	+	+
Простота компоновки с двигателями (обеспечение компактности)	—	—	+
Обеспечение синхронной работы	—	+	+
Управление на расстоянии с применением средств автоматизации	—	+	+
Реверсивность двигателя	—	—	+
Простота доставки реагента и требования к его качеству	+	—	+
Минимальное редуцирование	—	+	—

Энергомеханические показатели

Способность к кратковременным перегрузкам	—	—	+
Равномерность передачи крутящего момента (плавность хода)	—	—	+
Регулирование частоты вращения вала (движение штока) в широком диапазоне	+	+	—
Приспособляемость к режиму движения	—	—	+
Максимальное использование машинного времени	—	+	—(+)*

Эксплуатационные показатели

Ремонтоспособность в условиях хозяйств	+	+	—
Надежность работы в специфичных условиях эксплуатации	—	+	+
Простота обслуживания	—	+	+
Долговечность (относительная)	—	+	+
Минимальная удельная масса	+	—	—
Возможность снижения буксования движителей	—	—	+
Сохранность в полевых условиях	—	+	+
Возможность осуществления движения с поливом	—	+	+
То же, без полива	+	—	+
Возможность дистанционного получения информации (диспетчеризация)	—	—	+
Возможность ночного освещения	—	—	+

Экономические показатели

Минимальная стоимость	+	+	—
Минимальный расход дефицитных материалов	+	+	—
Многофункциональность	—	—	+
Степень промышленного освоения	+	—	+
Максимальная унификация и стандартизация	—	—	+
Отсутствие дополнительного источника энергии	+	+	—
Минимальные эксплуатационные расходы	—	+	+

Продолжение

Требования, предъявляемые к исполнительным двигателям	Тип передачи		
	ТМП	ГМП	ЭМП

Техника безопасности и санитарная гигиена

Максимальная безопасность в работе	+	+	—
Улучшение условий труда оператора	—	+	+

* В скобках указан показатель для машины, работающих в движении.

существование у машин насосного агрегата обеспечивают высокую экономическую эффективность полива.

Нагрузку дождевальной машины, работающей позиционно, можно характеризовать как кратковременную. Во время передвижения машины двигатели работают не более 10 мин с перерывами 50...450 мин в зависимости от поливной нормы. В течение этого времени передвижной источник электропитания может обслуживать другие машины, являясь в то же время средством передвижения для оператора, то есть нет необходимости в специальном электрооборудовании, обеспечивающем малые скорости движения и допускающем повторно-кратковременную работу двигателей в «стоп-стартном» режиме.

Движение позиционно работающей машины между позициями происходит непрерывно на максимально возможной скорости 3...5 м/мин (иногда до 10 м/мин). В данном случае можно применить обычные мотор-редукторы, выпускаемые промышленностью. Не требуется и установка на машине специальных программных устройств (таймеры), контролирующих среднюю скорость движения.

По окончании поливного сезона передвижной источник электропитания можно использовать в качестве энергоисточника для хозяйственных нужд.

Для машин же, работающих в движении, требуется постоянно закрепленный за машиной источник электроэнергии. Средняя скорость работающей в движении машины измеряется десятками долями метра в минуту и, не прибегая к редукторам с большими передаточными числами, может быть достигнута чередованием периодов движения и стоянки. Для этого требуется применение сложных автоматических устройств (таймеров). Для машин, работающих от открытых каналов, кроме расхода электроэнергии на движение, требуется расход энергии на водоподъем из канала и создание давления в водопро-

водящем трубопроводе машины, то есть потребление энергии резко возрастает. Снизить энергоемкость в этом случае можно уменьшением рабочего давления и применением короткоструйных дождевальных насадок. Это, однако, приводит к увеличению интенсивности дождя и, как следствие, к необходимости повышения скорости передвижения машины в целях избежания поверхностного стока. Снизить интенсивность дождя можно применением открылков, то есть увеличением площади захвата. В противном случае приходится поливную норму выдавать за несколько проходов. Конечно, в конкретных случаях это будет зависеть от физико-механического состава почвы, фазы развития растений и т. п.

При использовании электропривода на машинах кругового действия для повышения коэффициента загрузки источника питания целесообразнее создавать централизованные энергетические узлы с системой диспетчеризации, обслуживающие группу машин.

Несмотря на неоспоримые преимущества электропривода, применение его на дождевальных машинах встречает некоторые трудности, связанные со специфическими условиями работы при поливе, например с переувлажненностью воздушной среды и почвы, с применением удобрений и химикатов, использованием высокого напряжения и т. д. Это ставит дополнительные задачи при выборе электродвигателей и защиты обслуживающего персонала.

Учитывая преимущества электропривода, в последние годы в отечественной и зарубежной практике появились конструкции электрифицированных дождевальных машин. Так, в течение нескольких лет отечественной промышленностью выпускается позиционная машина «Днепр» с электроприводом. Но на ней отсутствует автоматическая система стабилизации курса движения.

Ведутся работы по созданию колесных перекачиваемых трубопроводов с электроприводом. Весьма перспективным представляется применение электропривода на колесном трубопроводе, модифицированном под внесение с поливной водой животноводческих стоков. Это позволит осуществлять дистанционное управление работой машины, улучшить условия труда оператора.

Обычно скорость движения позиционной дождевальной машины не превышает 10 м/мин. При этом ведущее колесо вращается с частотой $0,05...0,1 \text{ с}^{-1}$. В таком случае

рационально применять мотор-редукторы с частотой вращения выходного вала $0,4...0,66 \text{ с}^{-1}$ и шестеренчатую или цепную передачу с передаточным числом не более 12. Применение же обычных электродвигателей требует введения в трансмиссию специальных, в частности волновых, редукторов с передаточным числом 400...700 (иногда 1 000 и более). Промышленностью уже освоено изготовление редуктора с передаточным числом до 400, имеющего КПД 80 % при передаваемой мощности 2...3 кВт.

Использование электропривода на многоопорных дождевальных машинах отвечает требованиям научно-технического прогресса. Однако для его широкого внедрения в практику необходимо объединить усилия работников науки, конструкторов, машиностроителей и проектировщиков водохозяйственных объектов. В частности, от электротехнической промышленности потребуются наладить выпуск специального электрооборудования и кабельной продукции с высокой степенью надежности работы в переувлажненной и агрессивной воздушной среде при повторно-кратковременном режиме работы электродвигателей. Потребуются также создание надежных и высокоточных систем автоматического управления машинами.

С применением электропривода повышается мобильность машины, увеличивается ее производительность, облегчается труд поливальщика. В перспективе на машинах, работающих от закрытой напорной оросительной сети, можно будет вообще отказаться от установки первичных двигателей внутреннего сгорания для выработки электроэнергии. Энергию оросительной воды можно будет использовать и для привода генератора. Однако в этом направлении предстоит еще поработать.

Многообещающим представляется применение постоянного тока, а также движителей высокой проходимости на базе мотор-колеса.

Для этой цели потребуются влагонепроницаемые электродвигатели с небольшой частотой вращения вала или оптимальные конструкции волновых редукторов в комплекте с серийными асинхронными двигателями, подвергаемыми специальной изоляционной обработке обмоток.

Условия работы электропривода на дождевальных машинах. В результате теоретических исследований и опыта эксплуатации электроприводов установлено, что для дождевальных машин рационально применять трех-

фазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Эти двигатели сейчас выпускаются в различных исполнениях.

У дождевальных машин, работающих в движении, электродвигатели и вся пускорегулирующая аппаратура должны выдерживать большое число включений. Кроме того, нагрузка электродвигателей и электрогенераторов резко колеблется ввиду изменения характера поверхности качения (микрорельеф, гранулометрический состав и влажность грунта, растительность и др.), скорости движения.

Амплитуда колебания нагрузки в большой степени зависит от способа передвижения машины и типа ходового устройства.

Содержание влаги в воздухе при поливе достигает 200 г/м^3 . Кроме того, при поливе вместе с оросительной водой могут подаваться удобрения и ядохимикаты. Поэтому электродвигатели и все электрооборудование машины должны быть хорошо защищены.

Температура окружающей среды в течение оросительного сезона может изменяться от 5 до 50°C , а запыленность воздуха может достигать 100 г/м^3 .

Основное условие при выборе механической передачи в ходовых устройствах дождевальной машины (ременная, шестеренчатая, червячная и др.) — обеспечение малой скорости движения с относительно небольшим числом передаточных пар (деталей), компактность и высокий КПД. Это усложняется тем, что современные малогабаритные двигатели имеют высокую частоту вращения. Поэтому на многоопорных машинах невозможно применять электромоторы, работающие на токах высокой частоты, у которых частота вращения вала равна $133\ldots 166 \text{ с}^{-1}$.

Поскольку в настоящее время используют все же электромоторы с частотой вращения $25\ldots 30 \text{ с}^{-1}$, то во всех случаях необходимо применять закрытые системы передач с масляными ваннами и надежных уплотняющих устройств.

Большое значение для увеличения долговечности машины имеет правильный выбор подшипников, так как от их износа зависит продолжительность работы передачи. Выбор типа подшипников должен быть увязан с режимом нагрузки передачи.

Редуцирование частоты вращения можно осуществлять при помощи зубчатой, гидравлической и других пе-

редач. Основным критерием выбора того или иного типа передачи должна быть металлоемкость. Официальный критерий допустимой металлоемкости передачи для дождевальных машин отсутствует.

Самой низкой металлоемкостью обладают зубчатые передачи. Наша промышленность выпускает цилиндрические и червячно-зубчатые передачи. Редукторы с цилиндрическими шестернями имеют малое передаточное число, поэтому при их использовании на многоопорных дождевальных машинах возникает необходимость в применении дополнительной передачи, что невыгодно. Некоторыми преимуществами обладают червячные редукторы, имеющие меньшую металлоемкость, но низкий КПД. Поэтому их применение вызывает резкое увеличение мощности двигателя.

Использование существующих конструкций редукторов связано с дополнительными передачами и узлом соединения редуктора с электромотором. Для этого рационально использовать мотор-редукторы, выпускаемые промышленностью для водоподъемников, которые широко применяют на оросительных системах. Один из недостатков этих мотор-редукторов — большая масса и низкий КПД.

Некоторое преимущество имеют мотор-редукторы типа «МРА», выпускаемые Редукторным опытно-показательным заводом (г. Киев) на базе асинхронных обдуваемых электродвигателей с двухступенчатыми планетарными передачами.

Рациональны для внедрения на многоопорных дождевальных машинах тихоходные мотор-редукторы с частотой вращения выходного вала $0,4\ldots 16 \text{ с}^{-1}$.

В последнее время промышленность начинает осваивать редукторы, принципиально отличающиеся по конструкции от вышеуказанных. К ним относятся пластмассовые волновые и магнитные редукторы.

Волновые пластмассовые редукторы имеют большое значение для использования в многоопорных дождевальных машинах. Волновая передача состоит из двух шестерен. Наружная шестерня из жесткого материала с зубьями, нарезанными по внутренней окружности, а внутреннего — тонкое гибкое кольцо с такими же зубьями, нарезанными по наружной окружности. В середине внутреннего кольца расположен волнообразователь, или волновой генератор, состоящий из планки с двумя планетарно

вращающимися роликами. Ролики расширяют внутренний венец, превращая в эллипс, и вдавливают его зубья во впадины между зубьями наружного венца, заставляя их войти в зацепление. Число зубьев на наружном и внутреннем венцах разное. Если разница числа зубьев будет равна 2, то при каждом обороте планки с роликами внутренний венец будет повернут на угол, соответствующий двум зубьям, в направлении, обратном направлению вращения.

Такие редукторы изготавливают с передаточным числом 400 при КПД 80 %, выходном моменте до 1 000 Н·м, мощность их 2...3 кВт. Применение их намного упрощает конструкцию электроприводов и позволяет внедрить токи высокой частоты в многоопорных дождевальных машинах.

Большое влияние на работу дождевальных машин оказывает компоновка электропривода. Она, кроме удобства и безопасности управления, должна обеспечить в однодвигательной системе равновесие относительно центра трубопровода, а в многодвигательной — возможность передвижения машины вдоль оси при ее транспортировке.

Энергоисточники для передвижения машин. Электрифицированные многоопорные дождевальные машины могут питаться электроэнергией от общей электросети или от автономного энергоисточника. При питании от общей электросети требуется ее устройство на всем массиве орошения. Учитывая кратковременность работы дождевальной машины, коэффициент использования сети будет очень низкий. Поэтому срок окупаемости капитальных вложений увеличивается на несколько лет.

Для питания дождевальных машин с электроприводом более целесообразно пользоваться автономными источниками электроэнергии, причем в этом случае наиболее экономичным будет применение машин позиционного действия, когда один автономный источник обеспечивает энергией 3...4 машины.

В качестве автономного источника электроэнергии можно использовать двигатели-генераторы, электрохимические генераторы и электрические аккумуляторы. Однако электрохимические генераторы ввиду сложной конструкции и большой массы на единицу мощности (25...75 кг/(кВт·ч)) рекомендуется применять для автономного источника электроэнергии.

Более перспективны для использования в качестве

автономного источника электроэнергии электрические аккумуляторы, хотя одним из их недостатков также является сравнительно большая масса на единицу мощности. Например, у железоникелевых и свинцовых аккумуляторов масса на единицу мощности составляет 45...50 кг/(кВт·ч). В последнее время появились серебряно-цинковые аккумуляторы, имеющие массу на единицу мощности в 5...6 раз меньше по сравнению со свинцовыми, но они требуют большого количества серебра и имеют малый срок службы.

В многоопорных машинах установленной мощностью 0,6...1 кВт можно использовать аккумуляторы, а в более энергоемких машинах (мощность 3...6 кВт) не рекомендуется.

Самый распространенный автономный источник электроэнергии в сельском хозяйстве — двигатель-генератор. В качестве первичного применяют дизельные или карбюраторные (бензиновые) двигатели. При этом дизельные двигатели по сравнению с карбюраторными более экономичны. Кроме того, они имеют сравнительно малый удельный расход топлива и большой срок службы.

Для питания электроэнергией одно- и многодвигательных многоопорных дождевальных машин можно использовать дизель-электростанции малой мощности, серийно выпускаемые промышленностью. Эти электростанции очень надежны и просты в эксплуатации. Они должны быть самоходными, так как одна электростанция обслуживает 3...4 дождевальные машины и перевозит поливальщики. Однако самоходные электростанции малой мощности (3...10 кВт) промышленностью не выпускают. Поэтому для автономного электроснабжения дождевальных машин рекомендуется использовать самоходные шасси Т-16М, СШ-20 и др. Взамен электрогенераторов, работающих от вала отбора мощности, можно применять стандартные синхронные генераторы. В качестве первичных можно использовать различные карбюраторные или дизельные двигатели, выпускаемые промышленностью.

Для энергоснабжения дождевальных машин нужен постоянный или переменный ток. Достоинства электродвигателей постоянного тока — высокие тяговые свойства, простота регулировки частоты вращения и мощности, отсутствие индукционных потерь, возможность осуществления двухпроводной электропередачи и др.; недостатки — большая масса на единицу мощности, наличие кол-

лктора и большой расход меди. При работе дождевальных машин в условиях высокой влажности воздуха в результате окисления возможен частый выход коллектора из строя.

Перспективны в этом отношении синхронные электрогенераторы и асинхронные короткозамкнутые электромоторы переменного тока. У них отсутствует коллектор, а с созданием ротора из алюминиевых проводов расход меди значительно сократится. Уровень современной техники электрозащиты позволяет для электропривода многоопорных дождевальных машин применять ток напряжением 220/380 В. Результаты теоретических и экспериментальных исследований работы колесных перекачиваемых трубопроводов с электроприводом показывают, что при его использовании обеспечивается дистанционное перемещение поливных крыльев, маневренность и повышается надежность работы машины, создаются условия для автоматизации процесса устранения искривления трубопровода, сокращаются холостые переходы оператора, тем самым повышается производительность его труда и улучшаются условия работы, можно применять передвижные энергоисточники для хозяйственных нужд в период между вегетационными поливами и в межсезонье.

Определение мощности энергоисточника и электродвигателей ходовых тележек. К основным узлам привода многоопорных дождевальных машин относятся энергетические источники, двигатели, трансмиссии и движители.

При определении потребной мощности энергоисточника наиболее трудно установить необходимую мощность для передвижения машины, так как вопросы, связанные с определением коэффициентов сопротивления перекачиванию, сцепления, буксования для многоопорных дождевальных машин еще недостаточно изучены, не установлены также количественные соотношения между работающими в данный момент двигателями и находящимися в состоянии покоя.

Поэтому мощность, потребную на передвижение, рассчитывают исходя из условия, что все двигатели одновременно работают:

$$N_{\text{общ}} = nN, \quad (57)$$

где n — число ходовых тележек в машине; N — мощность, потребная для передвижения одной тележки.

Мощность, потребную для передвижения одной тележки, вычисляют по формуле

$$N = N_f + N_\delta + (\Delta N_f + N_b + N_i + N_j) + N_k, \quad (58)$$

где N_f — мощность двигателя, затрачиваемая на качение колес трубопровода; N_δ — потери мощности на буксование колес; N_k — мощность двигателя, затрачиваемая на преодоление трудноучитываемых сопротивлений; ΔN_f — приращение мощности на преодоление неровностей рельефа; N_b — мощность, расходуемая на преодоление ветровых нагрузок; N_i — мощность, затрачиваемая на преодоление подъемов; N_j — мощность, расходуемая на преодоление сил инерции.

Мощность на перекачивание с учетом буксования определяют из следующего выражения:

$$N_f + N_\delta = G_m f v_m (\delta + 1) / (367 \eta_{\text{пер}}), \quad (59)$$

где v_m — скорость движения машины; G_m — масса машины (без воды — для позиционно работающих машин, с водой — для машин, работающих в движении); f — коэффициент сопротивления перекачиванию.

По данным формулы (59) построена номограмма (рис. 20) изменения мощности в зависимости от G_m ; f ; v_m ; η и δ .

При выборе рациональных параметров v_m и f можно добиться минимальных затрат мощности двигателей и таким образом уменьшить стоимость машины, габаритные размеры передачи, сечение электропроводки и т. п.

С увеличением же скорости передвижения повышается коэффициент использования машинного времени, который для позиционно работающих машин определяют по формуле

$$K'_{\text{вр}} = (t_1 + t_2) / (t_1 + t_2 + t_3), \quad (60)$$

где t_1 , t_2 и t_3 — соответственно время, затрачиваемое на полив, пуск и остановку машины и на ее передвижение.

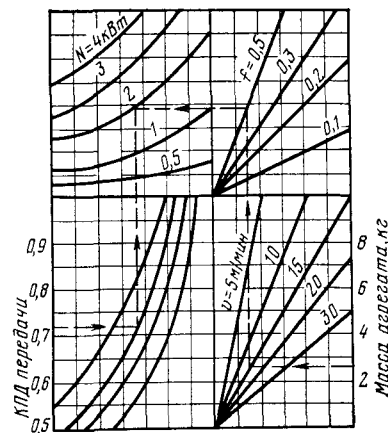


Рис. 20. Номограмма для определения мощности электропривода.

Время полива

$$t_1 = m/\rho_{\text{ср}}, \quad (61)$$

где m — поливная норма; $\rho_{\text{ср}}$ — средняя интенсивность дождя.

Время t_2 затрачивается на выполнение вспомогательных операций по подсоединению и отсоединению машины. Вспомогательные работы, по данным государственных испытаний дождевальных машин КДТ-25, при диаметре гидранта 150...200 мм выполняют в течение 5...15 мин. Для ориентировочных расчетов можно принять $t_2 = 10$ мин.

Время передвижения машины

$$t_3 = l/v_m.$$

Для позиционных многоопорных машин КДТ при расстоянии между позициями $l \approx 20$ м и норме полива $m = 30$ мм коэффициент использования машинного времени

$$K'_{\text{вр}} = \frac{30/\rho_{\text{ср}} + 10}{30/\rho_{\text{ср}} + 20/v_m + 10} \quad (62)$$

или

$$K'_{\text{вр}} = \frac{(30/\rho_{\text{ср}} + 10)v_m}{(30/\rho_{\text{ср}} + 10)v_m + 20}. \quad (63)$$

Задавая скорость движения машины в пределах 5...30 м/мин и интенсивностью дождя $\rho = 0,1...1$ мм/мин, по результатам подсчетов строят кривые изменения $K'_{\text{вр}}$ (рис. 21).

Наиболее значительно увеличивается коэффициент использования машинного времени при интенсивности дождя 0,1...0,25 и 0,5...1 мм/мин для скорости передвижения машины соответственно до 5 и 8...10 м/мин. Дальнейшее повышение скорости передвижения на коэффициент использования машинного времени влияет незначительно. Следовательно, увеличивать скорость передвижения машины более 5...10 м/мин нецелесообразно. Кроме того, это увеличение приводит к возрастанию динамических нагрузок и потребной мощности двигателя. Так, возрастание скорости движения машины с 5 до 50 м/мин повышает динамические нагрузки более чем в 40...50, а потребную мощность двигателя более чем в 10 раз. Одновременно увеличивается коэффициент буксования и снижается КПД механической передачи, что, в свою очередь, вызывает резкое увеличение энергоемкости машины.

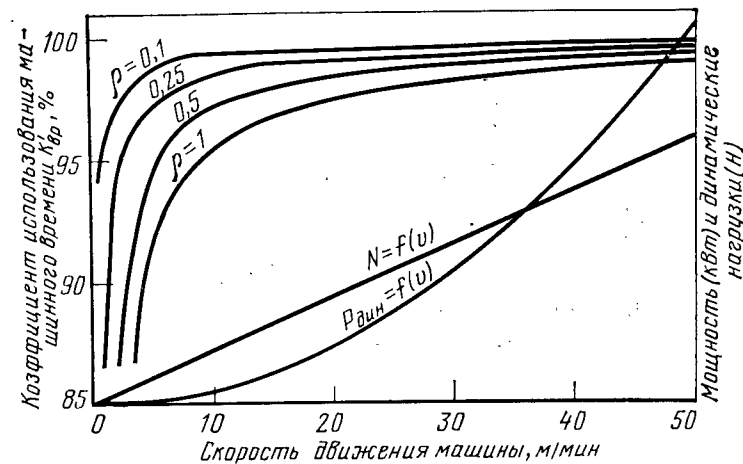


Рис. 21. Влияние изменения скорости движения машины на значения $K'_{\text{вр}}$, N и $P_{\text{дин}}$.

Скорость передвижения многоопорных позиционных дождевальных машин рекомендуется принимать 5...10 м/мин, или 0,3...0,6 км/ч.

Массу, приходящуюся на опору машины, определяют по формуле

$$G = G_{\text{т}} + G_{\text{тр}} + G_{\text{в}} + G_{\text{пер}} + G_{\text{под}}, \quad (64)$$

где $G_{\text{т}}$ — масса металлоконструкций тележки; $G_{\text{тр}}$ — масса трубопровода длиной, равной расстоянию между опорами; $G_{\text{в}}$ — масса воды, остающейся в системе к моменту начала движения машины (принимается равной 25 % общей массы воды в трубопроводе для позиционно работающих машин и 100 % — для машин, работающих в движении); $G_{\text{пер}}$, $G_{\text{под}}$ — соответственно масса трансмиссии и подвески, приходящаяся на одну тележку.

Эти массы можно установить в процессе рабочего проектирования дождевальной машины.

Для вычисления коэффициента сопротивления перекачиванию требуется определить некоторые параметры опытным путем. Кроме того, вышеприведенные формулы применимы для гладких колес, а при почвозацепах требуется уточнение.

Приблизленно тяговое усилие, необходимое для передвижения машины, можно рассчитать по коэффициенту сопротивления перекачиванию. Коэффициент сопротивления перекачиванию можно определить по формуле А. К. Бирюля.

Коэффициент буксования зависит от конструкции колесного движителя, то есть от его сцепных качеств. Его находят по следующей формуле:

$$\delta = (v_t - v_d) \cdot 100 / v_t = (n_k - n_x) \cdot 100 / n_k, \quad (65)$$

где v_t ; v_d — соответственно теоретическая и действительная скорости движения колесного движителя; n_k ; n_x — соответственно частота вращения ведущих колес при рабочем и холостом ходе машины на заданном горизонтальном пути.

Для пневматических колес коэффициент буксования можно определить по эмпирической формуле:

$$\delta = AP_k/R + B(P_k/R)^n, \quad (66)$$

где P_k — окружная сила; R — нормальная реакция грунта на колесный движитель, Н; A , B и n — коэффициенты, зависящие от типа шин, давления воздуха в шине и грунтовых условий (табл. 8).

8. Коэффициенты A и B

Коэффици- циенты	Давление воздуха в шине, МПа	Шины					
		с регулируемым давлением		низкого давления		арочные	
		физическое состояние грунта					
		рыхлого	плотного	рых- лого	плот- ного	рых- лого	плот- ного
A	0,07	0,12	0,10	—	—	—	—
B		0,84	0,90	—	—	—	—
A	0,1	0,12	0,10	—	—	—	—
B		1,37	1,25	—	—	—	—
A	0,2	0,12	0,10	—	—	0,20	1,18
B		1,92	1,61	—	—	1,90	1,95
A	0,5	0,12	0,10	0,20	0,18	—	—
B		2,38	1,98	4,77	5,10	—	—

Для рыхлых почв $n=6$, для плотных $n=8$.

Коэффициент сцепления при $\delta=1$.

$$\varphi_{сц} = P_{к. \max} / R. \quad (67)$$

Допустимый коэффициент буксования для транспортных машин составляет 15...20 %. Для многоопорных дождевальных машин в целях недопущения переполива участка, а также обеспечения устойчивой работы системы синхронизации допустимое значение буксования равно 2...5 %.

Мощность, затрачиваемая на преодоление неровностей микрорельефа при движении многоопорных машин, имеет существенное значение в балансе мощности двигателя. Приращение этой мощности ΔN_f (кВт) можно подсчитать по формуле

$$\Delta N_f = 0,5 f G_m v_m / 367,2 \eta_{пер}. \quad (68)$$

Мощность, затрачиваемая на преодоление уклонов местности, определяют по формуле

$$N_i = \frac{G_m \sin \alpha v_m}{367,2 \eta_{пер}} = \frac{G_m i v_m}{367,2 \eta_{пер}}, \quad (69)$$

где α — уклон поверхности качения.

Мощность двигателя, затрачиваемая на преодоление ветровых нагрузок, находят по формуле, полученной для консольных дождевальных машин:

$$N_v = \frac{v_m \gamma K_p}{367,2 \eta_{пер}} \cdot \frac{v_v^2 \sum_{i=1}^n C_i D_i l_i}{2g}, \quad (70)$$

где v_m — скорость движения машины; γ — плотность воздуха; K_p — коэффициент парусности; g — ускорение свободного падения; C_i ; D_i ; l_i — соответственно коэффициент обтекаемости, диаметр и длина отдельных элементов машины.

При $K_p=2$; $g=9,81$ м/с² и плотности воздуха $\gamma=1,2$ кг/м³ мощность

$$N_v = v_m v_v^2 \sum_{i=1}^n C_i D_i l_i / (2750 \eta_{пер}). \quad (71)$$

Коэффициент обтекаемости C_i для стержней различных сечений можно определить по таблице 9.

9. Коэффициент обтекаемости для стержней различных сечений

Диаметр стержня, мм	C_i	Диаметр стержня, мм	C_i	Диаметр стержня, мм	C_i	Диаметр стержня, мм	C_i
0...120	1,20	0...60	1,20	0...40	1,20	0...30	1,20
160	1,13	80	1,13	80	1,04	40	1,14
200	1,03	120	0,95	120	0,80	80	0,75
240	0,94	160	0,75	160	0,58	120	0,45
280	0,35	200	0,58	200	0,44	160	0,39
		240	0,47	240	0,40	280	0,39
		280	0,43	280	0,40		

Дополнительную мощность N_k , зависящую от способа передвижения машины, нельзя рассчитать по имеющимся теоретическим формулам. В каждом конкретном случае ее определяют экспериментальным путем. Эта мощность расходуется в основном на преодоление сопротивлений, вызванных перекосом колес, в частности связанным с нарушением прямолинейности трубопровода. Так, у колесных перекачиваемых трубопроводов дополнительная мощность при максимальном допустимом изгибе трубопровода может достигать 20 % и более общей мощности, затрачиваемой двигателем на передвижение трубопровода.

ФРОНТАЛЬНЫЕ МАШИНЫ С ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ

Перекачиваемые дождевальные трубопроводы с электроприводом. Применение на колесных перекачиваемых дождевальных трубопроводах электропривода повышает производительность труда оператора из-за исключения переходов его для запуска двигателя к ведущей тележке, применения самоходного шасси, на котором установлен электрогенератор, а также увеличения числа обслуживаемых машин. Трактор-шасси одновременно служит транспортным и грузовым средством для передвижения оператора и перевозки мелких грузов.

Кроме того, установка на ведущей тележке электродвигателя вместо теплового повышает надежность работы машины, облегчает осуществление реверса. Тепловые двигатели «Дружба-4», устанавливаемые на колесных перекачиваемых трубопроводах, ненадежны в условиях переувлажненной воздушной среды, требуют тщательного ухода. Операторам зачастую приходится их снимать на время полива и на период длительного своего отсутствия, а затем вновь устанавливать, на что затрачивается немало времени. Припасовочные поверхности от частотного снятия и установки выходят из строя, отчего двигатель в работе становится неустойчивым. Часто поршневая группа двигателя выходит из строя из-за того, что не всегда в полевых условиях можно приготовить соответствующим образом топливную смесь. Поршневые кольца и свечи пригорают, покрываются нагаром, отчего двигатель работает с перебоями.

Всех этих недостатков лишен электродвигатель, особенно влагозащитного исполнения.

Электродвигателем легко осуществлять реверс машины дистанционно с пульта управления, находящегося в кабине трактора.

Особенно перспективным оказался электропривод на колесном трубопроводе, предназначенном для полива животноводческими стоками. Оператор избавлен от необходимости перехода по залитому стоками полю, что значительно улучшило условия его труда.

Для полива животноводческими стоками применяют колесный дождевальный трубопровод ДКН-80 с электроприводом. Базой машины является серийно выпускаемый отечественной промышленностью колесный дождевальный трубопровод ДКН-80, который, в свою очередь, унифицирован с машиной «Волжанка».

Машина ДКН-80 с электроприводом состоит из двух поливных крыльев, каждое из которых, в свою очередь, состоит из поливного трубопровода, опорных колес, дождевальных аппаратов с механизмами самоустановки, сливных клапанов, концевой аппаратуры, узла подсоединения к гидранту, ведущей тележки с электродвигателем.

На машине применены среднеструйные дождевальные аппараты «Роса-ЗС», которые разработаны на базе серийного аппарата со следующими изменениями.

Приводное сопло и сопло ближнего полива заглушены, ствол укорочен до 84 мм, изменена конструкция лопатки, усилена возвратная пружина. Предусмотрен привод основного сопла удлиненной лопаткой. Аппараты имеют сменные сопла диаметром 14 и 18 мм. Аппарат с диаметром сопла 18 мм ставят в конце крыла. В целях предотвращения забивания концевой части трубопровода и последних аппаратов предусмотрен концевой аппарат повышенной пропускной способности, в котором обеспечивается скорость течения стоков в трубопроводе не менее 0,5 м/с. Аппарат подсоединен к трубопроводу посредством конусообразного патрубка. Все дождевальные аппараты имеют механизм самоустановки для обеспечения постоянства их вертикального положения.

Машины ДКН-80 выпускают в трех модификациях: ДКН-80-600, ДКН-80-500 и ДКН-80-400.

Электропривод включает (рис. 22) самоходное шасси Т-16М с установленным на нем электрогенератором и пультом управления, электрический кабель в резиновой

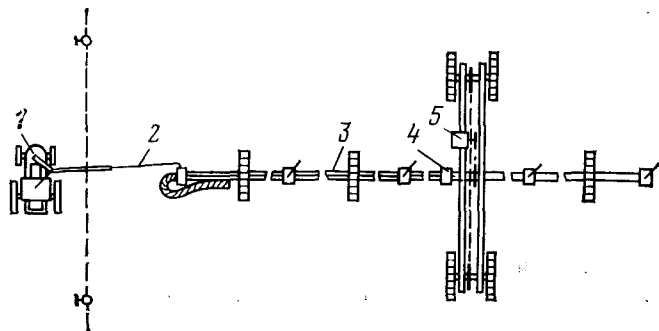


Рис. 22. Схема колесного дождевального трубопровода ДКН-80 с электроприводом:

1 — передвижной источник электропитания; 2 — кабель электрический; 3 — трубопровод оросительный; 4 — токосъемник; 5 — электродвигатель.

оболочке, прикрепленный к поливному трубопроводу хомутами, токосъемник и мотор-редуктор МРА-III мощностью 1,1 кВт, установленный на ведущую тележку вместо теплового двигателя «Дружба-4». Самоходное шасси с генератором комплектуется с 3...4 машинами, которые обслуживает один оператор. Электропривод служит только для передвижения крыльев с позиции на позицию. В остальном работа машины аналогична работе машины «Волжанка». Оператор, объезжая на самоходном шасси крылья машины, поочередно передвигает, подключает к гидранту и запускает их в работу. Электроопасности этот процесс для оператора никакой не представляет, так как процессы полива и передвижения разобщены. В момент передвижения крыльев оператор находится в кабине трактора и следит за показаниями приборов.

После окончания полива участка стоками проводят полив чистой водой для промывки трубопровода и смыва остатков навоза с растений.

Удобрительный раствор не должен содержать органические включения размером более 10 мм. Содержание сухого вещества не должно превышать 2 %. Машина может работать на уклонах местности не более 0,02.

Машины с электроприводом, передвигающиеся на самоходных тележках. Дождевальная машина ДФ-120 «Днепр» с электроприводом предназначена для полива сельскохозяйственных культур, преимущественно высокостебельных. Полив осуществляется позиционно от гидрантов закрытой оросительной сети.

Конструктивная длина машины 448 м. Она смонтирована на 17 опорных самоходных тележках, оборудованных мотор-редукторами. Опорная тележка представляет сварную пространственную раму из элементов трубчатого профиля (прямоугольного и круглого сечения), опирающуюся на два металлических колеса. Мощность мотор-редуктора каждой тележки 1,1 кВт, напряжение 230 В. Вращение колес осуществляется через пару цилиндрических зубчатых колес от промежуточного вала. Промежуточный вал, в свою очередь, приводится в движение от звездочек, расположенных на валу мотор-редуктора, при помощи цепных передач, смонтированных на тележке.

Для обеспечения движения машины по направлению оси трубопровода, то есть транспортировки машины с одного поля на другое, колеса могут поворачиваться на 90°.

Колеса диаметром 1300 мм, шириной обода 176,5 мм имеют 24 почвозацепа в виде шипов.

Водопроводящий пояс, состоящий из отдельных алюминиевых труб сечением $180 \times 3,5$, длиной 9 м, соединенных между собой фланцами, монтируется на опорных тележках и поддерживается системой тросов. На опорных тележках поперек водопроводящего пояса прикреплены фермы-открылки, а также труба-стояк, служащая опорой для крепления тросов, открылок и водопроводящего пояса. На водопроводящем поясе между опорными тележками имеется по два сливных клапана для автоматического слива воды после полива при переводе на другую позицию.

Ферма-открылок состоит из двух труб длиной по 13,7 м, отходящих в разные стороны от водопроводящего трубопровода в местах соединения с опорными самоходными тележками. Диаметр трубы открылков переменный — 48...63,6 мм. В конце открылков установлены дождевальные аппараты «Роса-3». Для обеспечения равномерного распыления дождя по длине машины сопла аппаратов имеют различные диаметры. У первого дождевального аппарата диаметр сопел равен 7,7 и 4 мм, у аппаратов 2...5-й опоры — соответственно 7, 10 и 4; 5...15-й — 7, 12 и 4 мм.

Труба-ферма с дождевальными аппаратами на водопроводящем поясе закреплена тросами от перемещений в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Водозаборное устройство состоит из двух алюминиевых телескопических труб и шарового соединения, пред-

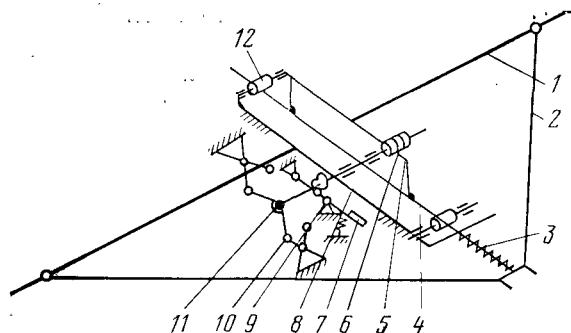


Рис. 23. Схема механизма синхронизации машины ДФ-120 «Днепр»: 1 — трубопровод машины; 2 — тяга; 3 — пружина; 4 — штанга; 5, 6 — механизм тросово-блочный; 7 — прерыватель ртутный; 8 — рама тележки; 9 — рычаг сигнализирующего устройства; 10 — электромикровыключатели; 11 — вал кулачковый; 12 — ролик опорный.

назначенного для присоединения водоподводящего трубопровода машины к гидранту.

Электроснабжение осуществляется от электрогенератора с ходоуменьшителем, установленного на тракторе ЮМЗ-6М, с номинальной мощностью 44 кВт и частотой вращения вала двигателя $28,6 \text{ с}^{-1}$. Электрогенератор мощностью 37,5 кВт с частотой вращения вала 25 с^{-1} приводится в движение от вала отбора мощности трактора. Напряжение в сети 220 В, частота 50 Гц.

Для сохранения прямолинейности поливного трубопровода имеются специальные электрические синхронизирующие устройства с напряжением в сети 120 В. Напряжение в сети дистанционного управления равно 12 В. Механизм управления подсоединен к 2...16-й тележкам.

Один электрик и один моторист при норме 600 м^3 на 1 га могут обслуживать 4...6 машин.

Стабилизация направления движения машины осуществляется трактористом-оператором из кабины трактора управлением движением крайними тележками (пуск или остановка).

Выравнивание промежуточных тележек выполняется автоматическим механизмом синхронизации (рис. 23).

При отставании тележки штанга смещается в сторону направления движения машины, включает мотор-редуктор. Когда же изгиб трубопровода при нарушении работы привода тележки достигает предельно допустимых значений, дальнейшее перемещение штанги приводит к

повороту кулачком ртутного прерывателя и размыканию цепи, в результате чего на пульте у оператора гаснет лампочка и подается звуковой сигнал. Сигнализация и освещение опор обеспечивают визуальное наблюдение за положением тележек при передвижении машины в ночное время.

В результате анализа и обобщения результатов исследований и производственных испытаний дождевальной машины «Днепр» получены следующие осредненные технико-эксплуатационные показатели:

коэффициент земельного использования	— 0,97;
коэффициент эффективного полива	— 0,66;
коэффициент использования сменного времени	— 0,81;
коэффициент надежности технологического процесса	— 0,99;
коэффициент технического использования	— 0,94;
коэффициент готовности	— 0,95;
удельное давление колес на почву	— 0,03...0,07 МПа;
ширина колеи после первого прохода	— 25...30 см;
глубина колеи после первого прохода	— 10...15 см.

В 1982 г. в нашей стране проведены государственные испытания фронтальной дождевальной машины ЭДМФ «Кубань-М». Эта машина обеспечивает высококачественный полив сельскохозяйственных культур. Образующийся машиной дождь по своей агробиологической ценности приближается к естественному моросящему. Однородная мелкокапельная структура дождя обеспечивает сохранение структурного состава почвы и исключает почвенную эрозию. Полив в движении с равномерной раздачей воды по ширине захвата обеспечивает высокий коэффициент эффективного полива, что приводит к повышению урожайности сельскохозяйственных культур по сравнению с другими многоопорными машинами.

Работа ЭДМФ «Кубань-М» полностью автоматизирована и не требует постоянного присутствия обслуживающего персонала. Один оператор может обслуживать до 4 машин, работающих на одном севооборотном участке.

В отличие от машин кругового действия ЭДМФ «Кубань-М» больше соответствует принятой технологии возделывания сельскохозяйственных культур, особенно пашных, обладает значительно более высоким коэффициентом земельного использования (КЗИ). При этом

снижаются стоимость строительства оросительной сети, трудовые затраты, высвобождается большое число пропашных тракторов.

Электрифицированная дождевальная машина фронтального перемещения «Кубань-М» предназначена для полива кормовых, зерновых и технических культур, включая высокостебельные, на площадях со спокойным рельефом. Она осуществляет полив в движении вдоль канала. Ее движение обеспечивается электродвигателями, установленными на каждой тележке. Машина оборудована электромеханической (тросовая) системой автоматического управления и защиты.

Подвод воды осуществляется по открытому облицованному каналу, вдоль которого спланирована на уровне верхней кромки полоса укатанного грунта в зоне прохода колес центральной тележки. Отклонение плоскости укатанной полосы относительно верхней кромки канала не более ± 100 мм.

Машина «Кубань-М» состоит из следующих основных частей: блока силового агрегата; водопроводящего трубопровода; ходовых тележек; системы синхронизации в линию; системы стабилизации движения машины; направляющего троса и электрооборудования.

Блок силового агрегата обеспечивает забор воды из канала и подачу ее в водопроводящий пояс машины, выработку электроэнергии, обеспечивающую привод ходовых электродвигателей энергетической и опорных тележек, автоматической системы управления движением машины вдоль канала и синхронное движение опорных тележек в линию, а также автоматическую остановку при недопустимых отклонениях параметров машины.

Блок силового агрегата комплектуется из двигателя ЯМЗ-238НБ, насоса Д800-576 с рабочим колесом, подрезанным по наружному диаметру до 325 мм, и генератора ЕСС5-82-4У2, приводимого в движение от двигателя через понижающий редуктор.

Согласно расчетам, мощность двигателя расходуется на привод насоса для забора и подачи воды в водопроводящий пояс (≈ 60 %); на привод генератора и перемещение опорно-ходовых тележек за счет вырабатываемой им электроэнергии (≈ 19 %).

Таким образом, у двигателя сохраняется резерв по мощности ($\approx 20...21$ %), что гарантирует длительную и надежную работу всего агрегата в целом.

В целях предотвращения попадания влаги воздухозаборник двигателя вынесен за пределы зоны искусственного дождя.

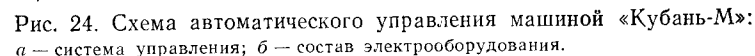
Вода, забираемая насосом с помощью поплавкового водозабора, подается в водопроводящий пояс машины по нагнетательной линии, состоящей из двух трубопроводов и специальной разводки, уменьшающей гидравлические потери на этом участке. Перед нагнетательной линией установлена задвижка, необходимая для заполнения насоса водой при запуске машины.

Водопроводящий трубопровод, собираемый из отдельных секций труб диаметром $168 \times 3,2$ мм, представляет секционные пролеты длиной по 52,5 м, поддерживаемые пространственными фермами. Пролеты соединяются шарнирными соединениями, внутри которых помещены гибкие резиновые патрубки, и опираются на рамы опорных тележек с помощью специальных кронштейнов.

Водопроводящий трубопровод состоит из двух крыльев, располагаемых по обе стороны оросительного канала. Каждое крыло состоит из двух головных, десяти промежуточных и двух предконсольных пролетов. Между крыльями расположена энергетическая тележка с блоком силового агрегата. Верхняя балка энергетической тележки выполнена из усиленной трубы, являющейся соединительным звеном между крыльями трубопровода. По обоим концам трубопровода устанавливают консоли длиной по 25 м, позволяющие увеличить ширину захвата машины. Вдоль всего водопроводящего трубопровода, а также на консолях размещены короткоструйные дождевальные насадки направленного действия, образующие мелкокапельный дождь вдоль всей машины. Все насадки установлены на патрубках с углом наклона к горизонту 45° .

Опорные тележки представляют А-образную ферму из углового проката. Нижний поперечный брус тележки выполнен из толстостенной трубы. На концах поперечного бруса крепят колесные редукторы, на выходных фланцах которых закрепляют колеса с пневматическими шинами высокой проходимости. В середине бруса устанавливают электродвигатель марки 4АХ90Л4ПУЗ и редуктор, вращение от которых колесам передается через карданный вал, пропущенный через полиэтиленовую защитную трубу. Машина имеет 14 промежуточных и 2 центральные тележки.

Система стабилизации движения предназначена для автоматического слежения за движением машины относительно канала. Задатчиком направления движения служит трос, натянутый вдоль бровки канала. Устройство представлено двумя приборами ПСК (прибор слежения курса), установленными на кронштейнах балки имеющих по два щупа, между которыми проходит трос. При отклонении машины от курса трос воздействует на тот или другой щуп, отводя его в сторону. В результате происходит включение датчиков, подающих сигнал на щит управления машиной. При изменении соотношения между движением и паузой концевых тележек машина постепенно разворачивается вокруг центральных тележек, корректирует свой ход. В систему введен сигнализатор остановки (СО), предназначенный для остановки машины при аварийном отклонении от курса (свыше 25 см) и при достижении конца канала, а также прибор времени (ПВ). Направляющий трос диаметром 5 мм удерживается трубочатыми стойками, забиваемыми в грунт на глубину 60...70 см. Высота расположения троса над землей 0,6...0,7 м. Расстояние между стойками 25 м. Концы троса по концам канала закорены специальными устройствами. Щит управления и щит генератора, установленные на перекладинах центральной опорной тележки, предназначены для управления электросхемой машины. Они выполнены компактно, с удобным расположением контрольных приборов и элементов управления. В машине применены схема начального возбуждения генератора от аккумулятораной батареи, автоматическая подрегулировка напряжения генератора и более устойчивый к воздействию солнечной радиации тип кабелей.



ручной пуск, остановка, реверс;
ручная остановка с любой из опорных тележек;

автоматическая синхронизация движения в линию при любой скорости хода «вперед» или «назад»;

автоматическая остановка машины по достижении ею края обрабатываемого поля;

аварийная автоматическая остановка при критических углах излома ферм в шарнирных соединениях, критическом смещении машины от направляющей, переполнине.

Подготовка машины к пуску заключается в заполнении оросительного канала водой. Последовательность включения машины в работу следующая:

открываются краны топливных баков;

запускается двигатель кнопкой «пуск»;

прокачивается масло в масляной системе двигателя при работе вхолостую;

включается автоматический выключатель ввода пульта управления генератора;

после возбуждения генератора устанавливается частота тока, а затем номинальное напряжение;

заполняются всасывающая линия и центробежный насос с помощью эжекторной системы;

включается муфта сцепления привода насоса и открывается задвижка напорной линии;

10. Зависимость поливной нормы от скорости движения машины

Установка таймера					Средняя скорость движе- ния, м/мин	Норма полива, м³ на 1 га
основного			вспомогательного			
%	импульс, с	пауза, с	с	% кор- рекции		
5	5	95	2	40	0,105	1 214
10	10	90	2	20	0,21	607
20	20	80	5	25	0,42	303
30	30	70	5	23	0,63	202
40	40	60	10	25	0,84	152
50	50	50	12	24	1,05	121
60	60	40	15	25	1,26	101
70	70	30	18	25	1,47	87
80	80	20	20	25	1,68	76
90	90	10	22	24	1,89	67
100	100	0	25	25	2,09	60

на пульте управления устанавливаются требуемые направление движения и норма полива (табл. 10);

после заполнения водопроводящего трубопровода водой начинается полив;

включается движение машины.

В момент начала движения машины перемещаются только крайние тележки. Последующие тележки начинают двигаться из-за срабатывания системы синхронизации. Скорость движения крайних тележек больше скорости остальных, поэтому промежуточные тележки догоняют крайние, выравниваясь в прямую линию.

При смещении машины от заданного направления движения один из стержней системы стабилизации в результате воздействия на него направляющего троса отклоняется и воздействует на соответствующий микровыключатель, который, в свою очередь, включает управление крайней тележки забегающего крыла с помощью таймера коррекции. Последний подает команду на уменьшение скорости крайней тележки забежавшего крыла примерно до 25 % скорости крайней тележки отставшего. Происходит постепенный разворот крыльев до исходного положения. При этом управление ранее забежавшей крайней тележки переключается с таймера коррекции на задающий таймер тем же стержнем, который подал команду на коррекцию.

Машину останавливают установкой переключателя «направление движения» в положение «стоп». При этом отключаются автоматический выключатель генератора и муфта сцепления привода насоса и снижаются обороты двигателя. После работы некоторое время на малых оборотах дизель останавливают, задвижку напорной линии и краны топливных баков закрывают.

Машина «Кубань-М» осуществляет полив в движении. Работа двигателей в режиме «старт-стоп» как бы накладывает полив с одной позиции на другую при относительно небольшом шаге, то есть расстоянии между остановками. При этом подача воды не прекращается. Такой полив можно условно называть микропозиционным. С уменьшением шага до бесконечности микропозиционный полив приобретает вид «чистого» полива в движении, обеспечивающего минимальные поливные нормы. Установкой на таймере соответствующих значений соотношения между периодами движения и остановок можно изменять поливную норму (см. табл. 10).

При микропозиционном поливе общее число шагов равно числу стоянок машины, а полив на длине захвата дождем складывается из n-го числа непродолжительных микропозиционных поливов.

Время каждого цикла $t_{ц}$ 100 с. Он включает время движения $t_{дв}$ и стоянки $t_{ст}$ машины на микропозиции:

$$t_{ц} = t_{ст} + t_{дв}. \quad (72)$$

Шаг движения машины

$$\Delta S = v t_{дв} / 60. \quad (73)$$

Число шагов на отрезке пути, равном длине мгновенной площади захвата дождем,

$$n = l_s / \Delta S = 60 l_s K v, \quad (74)$$

где l_s — длина мгновенной площади увлажнения дождем; ΔS — шаг движения машины, или расстояние между ее остановками; m — поливная норма; v — скорость движения машины между остановками с учетом коррекции; K — показания основного таймера.

Время стоянки машины на микропозиции в зависимости от скорости движения $v_{ср}$, длины l_s , числа шагов n можно выразить уравнением:

$$t_{ст} = \frac{l_s(1 - \lambda_v)}{v_{ср} n} = \frac{m(1 - \lambda_v)}{\rho n}, \quad (75)$$

где λ_v — коэффициент, учитывающий соотношение между средней и фактической скоростью движения,

$$\lambda_v = v_{ср} / v. \quad (76)$$

Средняя скорость движения в зависимости от поливной нормы

$$v_{ср} = 60 Q' / (b m),$$

где Q — расход воды; b — ширина захвата.

После подстановки значений $v_{ср}$ и λ_v в формулу (75) получают

$$t_{ст} = \frac{m K v (1 - \lambda_v)}{60 \rho l_s} = \frac{m K (v - v_{ср})}{60 \rho l_s}. \quad (77)$$

По формуле (77), зная поливную норму, можно определить время стоянки машины на микропозиции, или, задаваясь временем стоянки, поливную норму.

Параметры движения дождевальной машины «Кубань» можно определить и по номограмме (рис. 25).

Время цикла, которое необходимо знать для выдачи требуемой поливной нормы, можно определить из выражения:

$$t_{ц} = \frac{60 m}{\rho n} = \frac{60 m \Delta S}{\rho l_s} = \frac{m v t_{дв}}{\rho l_s}. \quad (78)$$

В формуле (78) все значения, кроме поливной нормы,

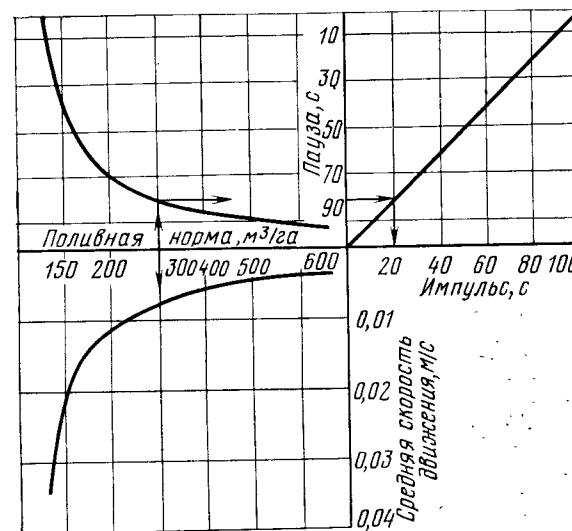


Рис. 25. Номограмма для определения параметров движения дождевальной машины «Кубань-М».

являются постоянными для данной машины, поэтому можно записать:

$$t_{ц} = K m, \quad (79)$$

где $K = v t_{дв} / \rho l_s = \text{const.}$

Среднюю скорость движения в зависимости от времени цикла определяют по формуле

$$v_{ср} = \Delta S \cdot 60 / t_{ц}. \quad (80)$$

Основные технические параметры и размеры дождевальной машины «Кубань-М»

Расход воды, л/с	180±5
Давление на выходе из насоса, МПа	0,37
Диаметр труб водопроводящего пояса, мм	168×3,2
Число пролетов ферм	14
Длина каждого пролета, м	52,5
Длина консольной части трубопровода, м	25
Диаметр труб консоли, мм	102×2,5
Число опорных тележек	16
Ширина захвата машиной, м	800
Тип дождевальных насадок	Низконапорные коротко- струйные секторного полива

Число дождевальных насадок на водопро- водящем поясе	294
Средняя интенсивность дождя при скорости ветра до 1,5 м/с, мм/мин	1,1
Средний диаметр капель дождя, мм	1,0
Режим движения машины	Старт-стопный
Средняя скорость передвижения машины, м/мин:	
минимальная	Не более 0,2
максимальная	Не менее 1,8
Слой осадков за проход, мм	5,7...69,4
Коэффициент эффективного полива при ско- рости ветра до 1,5 м/с	Не менее 0,75
Коэффициент земельного использования	0,975
Тип колес опорных тележек	Пневматические, камер- ные
Шины, модель ИЯВ — 79 530-610 (21,3-24):	
ширина, мм	530
диаметр, мм	1 310...1 375
давление у тележек, МПа:	
промежуточных	0,11
центральной	0,15
Число колес	32
Среднее удельное давление на почву для почв, МПа:	
легких	Не более 0,66
твердых	Не более 1,5
Тип привода опорных тележек	Электрический
Общее передаточное отношение тележек:	
промежуточных	2 000
крайних	2 500
Электродвигатели:	
марка	4АХ90Л, 4АУПУЗ
тип	Трехфазный, асинхрон- ный, короткозамкну- тый
Номинальная мощность при длительном ре- жиме работы, кВт	Не более 2,2
Частота вращения, с ⁻¹	25
Система энергоснабжения	Магистральная
Тип электропитания привода опорных теле- жек	Автономный
Способ передачи энергии	Кабелем
Напряжение силовых цепей, В	380
Напряжение цепей управления, В	220
Органы оперативного управления	Щит управления, щит автоматики силового аппарата, выключате- ли остановки машины на каждой тележке
Габариты машины, м	
ширина	7,85
длина	790,5
высота (по мачтам)	7,3

Масса машины (без учета ЗИП), кг	
сухая, без заправки топливом, водой, маслом силового агрегата и приводов тележек, без массы стоек, упоров и на- правляющего троса	Не более 47 800
с заправкой топливом, водой и маслом силового агрегата, с массой стоек, упо- ров направляющего троса	Не более 50 000
с водой и полной заправкой всех агре- гатов	Не более 65 500
Марка применяемых масел:	
система смазки двигателя	Моторное М-10Г или М-10Г ФЛ
приводы опорных тележек и колесные редукторы	ТАП-15В
для остальных точек смазки	ЛИТОЛ-24
Число топливных баков	2
Общая вместимость, л	1 200
Режим работы машины:	
с поливом в движении	Непрерывный с останов- ками для техническо- го обслуживания
движение без полива с работающим ус- тройством сброса воды в канал	То же
Движение с отключенным насосом (перегон не более 120 м)	Непрерывный не более 1 ч
Время работы машины без контроля опера- тором, при включенной системе автомати- ческой защиты, ч	10
Условия, при которых допускается эксплуа- тация машины:	
температура окружающего воздуха, °С	
при работе	5...45
» хранения	-45...+45
максимальный уклон поля вдоль водо- проводящего пояса машины	До 0,007
местный уклон поля в направлении дви- жения машины в местах прохода теле- жек (на длине 30 м)	Не более 0,05
местный уклон вдоль машины между тремя соседними тележками	Не более 0,03
то же, между тележками головного про- лета	Не более 0,02
Допустимая скорость ветра, м/с	Не более 7
То же, при хранении	Не более 25
Отклонение плоскости укатанной полосы грунта относительно верхней кромки ка- нала, мм	Не более 100
Степень очистки воды, подводимой к маши- не	Содержание взвешенных частиц размером до 3 мм не более 5 г/л, в том числе мелкopes- чаных и глинистых размером до 0,5 мм не более 1 г/л, общая минерализация не бо- лее 6 г/л

Уровень ила в канале, мм	Не более 100
Коэффициент готовности машины	Не менее 0,97
Срок службы при годовой наработке 1 200 ч, лет	12
Обслуживающий персонал	1 человек на 4 машины
Двигатель:	
марка	ЯМЗ-238 НБ (ТУ 37.001.359—79)
номинальная мощность, кВт	158
номинальная частота вращения выходного вала, с ⁻¹	28,3
часовой расход топлива, кг/ч	Не более 30
удельный расход топлива при номинальной мощности, г/кВт·ч	240
топливо	Дизельное марки Д (ГОСТ 4749—73) или Л (ГОСТ 305—73)
Насос:	
марка	Д-800-576 (ГОСТ 10272—77)
тип	Центробежный с двухсторонним впуском
частота вращения рабочего колеса, с ⁻¹	28,3
диаметр рабочего колеса, мм	325
Генератор	
марка	ЕСС5-82-4У2 (ТУ16.512.367—75)
тип	Синхронный, трехфазный со статическим возбуждением
номинальная мощность, кВт	30
» напряжение, В	400
» частота тока, Гц	50
» частота вращения, с ⁻¹	25

В период проведения государственных испытаний дождевальной машины «Кубань-М» получены следующие эксплуатационно-технологические показатели:

Производительность при поливной норме 600 м ³ на 1 га, га/ч:	
основного времени	1,1...1,12
эксплуатационного времени	0,82...0,905
Коэффициенты:	
технологического обслуживания	0,985...0,99
надежности технологического процесса	0,97...0,982
использование сменного времени	0,79...0,9
использование эксплуатационного времени	0,73...0,82
Расход топлива, кг/ч:	
под нагрузкой	27,3...29,3
при холостой работе	9,78
Коэффициент загрузки двигателей под нагрузкой	73...81

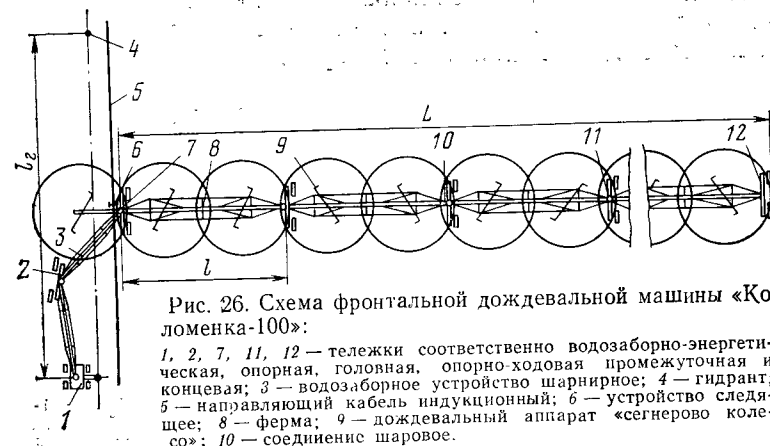


Рис. 26. Схема фронтальной дождевальной машины «Коломенка-100»:

1, 2, 7, 11, 12 — тележки соответственно водозаборно-энергетическая, опорная, головная, опорно-ходовая промежуточная и концевая; 3 — водозаборное устройство шарнирное; 4 — гидрант; 5 — направляющий кабель индукционный; 6 — устройство следа; 8 — ферма; 9 — дождевальная аппаратура «сегнерово колесо»; 10 — соединение шаровое.

Для полива чистой водой и животноводческими стоками ВНПО «Радуга» совместно со специалистами ГДР в 1979...1982 гг. разработана фронтальная дождевальная машина «Коломенка-100». Она предназначена для полива сельскохозяйственных культур преимущественно зерно-кормового севооборота, в том числе и высокостебельных.

Машина работает автоматически в движении фронтально и по кругу вокруг точки водозабора из закрытой оросительной сети.

При использовании машины не требуется специальной планировки поверхности участка. Движение обеспечивают электродвигатели, установленные на ходовых опорах.

Машина (рис. 26) общей длиной $L = 450$ м представляет водопроводящий секционный трубопровод, опирающийся на опорно-ходовые тележки. Каждая секция длиной $l = 45$ м представляет пространственную ферму с расположенным в верхней части треугольного поперечного сечения водопроводящим поясом. Секции соединены полыми шаровыми соединениями, допускающими их свободное относительное смещение во всех плоскостях. К водопроводящему трубопроводу снизу на специальных отводах подвешены дождевальные аппараты типа сегнерова колеса. На каждой секции размещены по два дождевальных аппарата и одному сливному отводу с венти-

лем для слива оставшейся поливной жидкости после окончания полива. На обоих концах машины расположены консоли с дождевальными аппаратами «сегнерово колесо».

Поливную жидкость из закрытого оросителя в машину подают двухзвенным шарнирным водозаборным устройством, выполненным в виде пространственных ферм.

Один конец водозаборного устройства соединен шарнирно с поливным трубопроводом, а другой шарнирно опирается на самоходную тележку, передвигаемую вдоль оросителя от гидранта до гидранта.

Центральное шарнирное соединение двухзвенного трубопровода опирается на двухколесную тележку с самоустанавливающимися пневматическими колесами. На самоходной тележке размещены задвижки с электропроводом, присоединительный узел, подсоединяющий машину к оросителю, дизель-генераторная установка, топливная емкость и пульт управления тележкой.

Система автоматики предназначена для безаварийного и точного вождения машины по курсу, а также выполнения технологических операций: включения и выключения подачи рабочей жидкости, движения с установленной рабочей скоростью, поворота и разворота машины, технологической и аварийной остановки. Система автоматики состоит из систем: индуктивной стабилизации, синхронизации движения тележек; аварийной защиты и сигнализации; регулирования скорости; автоматического управления движением и разворотом.

Самоходная тележка с четырьмя пневмоколесами, служащая одновременно энергетическим средством, приводится в действие двумя электродвигателями мощностью по 7 кВт через клиноременную передачу ($i = 4$), карданные валы и червячные редукторы ($i = 40$). Первичным двигателем энергетической тележки служит двигатель внутреннего сгорания Д-144, а источником тока — генератор ЕСС5-82-4-М101.

Для подключения дождевальной машины к сети на тележке установлено телескопическое устройство. Все энергетическое устройство на тележке закрыто кожухом.

Для управления энергетической тележкой имеется выносной кнопочный пульт, а для работы в ночное время — фара.

Энергетическое устройство — сердце машины. Оно вырабатывает электрический ток, является опорой для

водозаборного устройства и обеспечивает питание машины оросительной водой.

Двухзвенное водозаборное устройство выполнено из труб диаметром $177,8 \times 1,9$ мм. Длина каждого звена 33,6 м. Оно обеспечивает безостановочное движение машины при расстоянии между гидрантами $l_r = 108$ м, после чего энергетическая тележка передвигается под управлением оператора к следующему гидранту. Полив на это время прекращается.

Водопроводящий трубопровод выполнен также из стальных оцинкованных труб ($177,8 \times 1,9$ мм). Длина пролета 45 м. Фермы пролетных строений прикреплены на опорных тележках специальными хомутами и упрочнены специальными подкосами.

Кинематическая схема работы водозаборного устройства машины показана на рисунке 27. По мере продвижения машины вперед водозаборное устройство $1_0 2_0 3_0$, проходя промежуточные положения $1_1 2_1 3_1$ и $1_2 2_2 3_2$, занимает конечное положение $1_3 2_3 3_3$, после чего точка 3_0 перемещается в точку 3_3 , и цикл движения машины повторяется.

Опорная тележка представляет А-образную раму, выполненную из профильного проката. В центре нижней поперечной балки приварена площадка, на которой устанавливают центральный червячный редуктор с электродвигателем 4А90Л6СУТ мощностью 1,5 кВт.

Вращение от центрального редуктора двумя карданными валами передается на колесные редукторы ($i = 40$), которые консольно закреплены на концах опорной балки.

К ступицам выходных валов колесных редукторов прикрепляют стальные колеса диаметром 1 100 мм, имею-

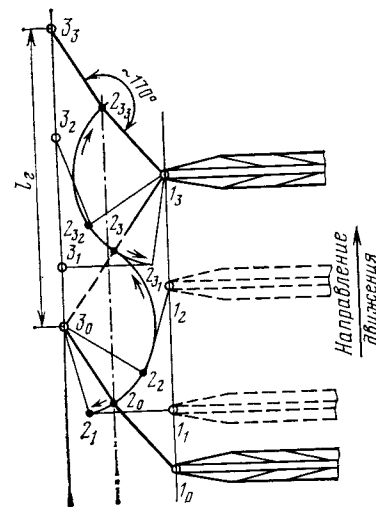


Рис. 27. Кинематическая схема работы водозаборного устройства машины «Коломенка-100».

щие почвозацепы. Колеса ограждены стеблеотводами. При необходимости колесные редукторы вместе с колесами можно повернуть на 90° , что позволяет транспортировать машину вдоль оси.

На опорных стойках тележек крепят шкафы с элементами автоматики.

Дождевальная аппаратура (орган близпочвенного полива удобрительной смесью) представляет гидрореактивное устройство типа «сегнерово колесо». На концах аппарата имеются резиновые сопла с отверстиями различного диаметра. Аппарат вращается в двух подшипниках скольжения, закрепленных на вертикальной трубе, которая соединяется с водопроводящим трубопроводом шлангом.

Регулировку частоты вращения аппаратов и требуемое качество полива обеспечивают подбором отверстий в соплах.

Консольная часть трубопровода выполнена из труб диаметром $65 \times 3,2$ и имеет ферму жесткости. Консоли предназначены для увеличения ширины захвата машины.

В конце водопроводящего трубопровода устанавливается автоматически действующая электрозадвижка, служащую для опорожнения трубопровода при промывке.

Система стабилизации курса состоит из проложенного под землей кабеля, приемного устройства в виде двух катушек индуктивности, схемы обработки и преобразования электромагнитного сигнала в управляющий импульс, воздействующий на исполнительные органы. Коррекция машины основана на рассогласовании сигналов в катушках индуктивности. При чрезмерном удалении машины от ведущей линии через ключ пороговых значений проходит сигнал аварии, что приводит к остановке машины. Система синхронизации состоит из механической и электрической частей. Механическая часть включает рычаги переключения, устанавливаемые в местах шаровых соединений секций, само шаровое соединение и коробку с микропереключателями. Электрическая часть включает систему логической обработки информации, поступающей от микропереключателей, и располагается в ящиках на каждой тележке. В исходном состоянии машина выравнивается вдоль прямой линии, и все концевые выключатели выключены. Относительное угловое смещение секций, преобразуясь в относительное линейное перемещение штанги датчиков, воздействует на со-

ответствующие выключатели. При выбеге вперед тележка отключается при условии, если превышено предельное значение угла смещения. Вторичное включение происходит с задержкой по времени. Отставание ниже первого предельного значения вызывает процесс регулирования. При этом останавливаются тележки, отстающие от первого предельного значения, а все остальные продолжают движение до первого предельного значения. По достижении первого предельного значения задержка по времени дает возможность движущимся тележкам дойти до идеальной линии, после чего датчик обеспечивает новый запуск. Регулировку системы синхронизации осуществляют перемещением кулачков, размещенных на штанге датчиков.

Система аварийной защиты и сигнализации представляет совокупность датчиков, электрической логической части, оптической индикации и звуковой сигнализации. Система аварийной защиты срабатывает, когда: превышена продолжительность регулирования; не работают первая или десятая опоры; превышены допустимое угловое смещение или угол раскладки шарнирного водозабора; сработал аварийный выключатель или не выполнен такт; давление воды в системе меньше допустимого; превышены допустимое отклонение системы стабилизации курса, или продолжительность проезда или остановки; выбрана слишком большая скорость; не сброшены предыдущие установки счетчиков; напряжение меньше минимального.

Аварийный сигнал останавливает машину и прекращает подачу рабочей жидкости. При ручном управлении аварийный сигнал останавливает только машину, подача жидкости продолжается.

Сигнал остановки подают фонарями красного цвета, установленными на первой тележке, а информация о характере неисправности передается соответствующими сигнальными лампами и контрольными приборами, установленными на главном щите управления.

Машина в 1982 г. проходила государственные испытания на Владимирской МИС.

Для машины «Коломенка-100» характерны высокая степень автоматизации технологического процесса, невысокая требовательность к планировке участка (местные уклоны до $0,15$), возможность полива полей сложной конфигурации и осуществление водозабора из разборно-

Основные технические параметры и размеры дождевальной машины «Коломенка-100» (в скобках указаны проектные данные)

Общий расход, л/с	99,6 (100)
Давление, МПа:	
на гидранте	0,45 (до 0,5)
в начале крыла	0,32
в конце »	0,25
Расстояние между гидрантами, м	106,8 (108)
Длина захвата без перекрытия при скорости ветра до 1,5 м/с, м	25
Ширина захвата, м	456
Интенсивность дождя, мм/мин:	
средняя	0,50/0,47 (0,5)
максимальная	0,94/0,73
Слой осадков за проход, мм	29,17...35,78 (3...120)
Коэффициенты равномерности полива:	
эффективного	0,78/0,8
недостаточного	0,18/0,11
избыточного	0,04/0,09
Коэффициент земельного использования	0,98 (0,96)
Рабочая скорость движения, м/мин	0,2...4,5 (0,1...4,5)
Производительность за час основного времени при норме полива 600 м ³ /га, га	0,57
Габариты без водозаборного устройства, м:	
длина	6,9 (6,5)
ширина	434,5 (448)
высота	5,2 (5,2)
Расстояние между тележками, м	45
База (поперечная) энергетической тележки, м	2,4 (2,38)
Число точек смазки	68
Расстояние от поверхности земли при нулевом угле, м:	
до фермы	2,5 (2,2)
до аппаратов	2,2
Расход аппарата «сегнерово колесо», л/с	4,98
Давление у аппарата, МПа	0,32...0,35
Частота вращения аппарата, с ⁻¹	0,0022...0,0033
Диаметр сопл у аппаратов, мм	11,5; 12,0; 12,5
Радиус полива без перекрытия, м	12,5
Расстояние между аппаратами, м	22,5
Тип подводящего трубопровода	РТЯ-220
Длина каждой трубы, м	9
Длина трубопровода, м	1500
Масса каждой трубы, кг	51,5
Гидравлические потери по длине трубопровода, МПа	0,2
Тип гидрантов	от ДФ-120 «Днепр»
Двигатель:	
марка	Д-144
тип	4-тактный с воздушным охлаждением
Часовой расход топлива, кг	7,7

Вместимость топливного бака, л	600
Электрооборудование:	
марка генератора	ЕСС5-82-4М101
номинальная мощность, кВт·А	37,5
напряжение, В	400
Электродвигатель:	
мощность, кВт	1,5
напряжение, В	380
Скорость движения энергетической тележки, м/мин	15,2 (17,5)
Марка центрального редуктора	РЧУ-100 (i=15)
Колесный редуктор	Червячный (i=40)
Колеса:	
материал	Сталь
диаметр, мм	1100
ширина обода, мм	356
Коэффициенты:	
готовности	0,98 (0,99)
использования рабочего времени смены	0,89 (0,8)
надежности технологического процесса	0,98

го трубопровода РТЯ-220. Применение в качестве направляющей курса движения индуктивной системы обеспечивает свободное перемещение по полю сельскохозяйственной техники. Использование в качестве дождевального оборудования аппаратов «сегнерово колесо» обеспечивает выполнение требований охраны окружающей среды при поливе животноводческими стоками.

**ПРИСПОСОБЛЕНИЯ К МНОГООПОРНЫМ
ДОЖДЕВАЛЬНЫМ МАШИНАМ
ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ С ПОЛИВНОЙ ВОДОЙ
МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ**

Гидроподкормщик для напорных трубопроводов с дождевальными машинами позиционного действия (рис. 28) предназначен для приготовления растворов минеральных удобрений из сухих туков или накопления их жидких форм с последующим дозированием в ток поливной воды. Его рекомендуется применять для дождевальных машин позиционного действия типа «Волжанка» и «Днепр».

Гидроподкормщик устанавливают преимущественно в голове оросительных трубопроводов. Удобрения, доставленные на автосамосвале или тракторе с опрокидывающимся кузовом, сгружают в емкость с бетонированным основанием, выполненную из железобетонного объемного элемента, в качестве которого рекомендуется приме-

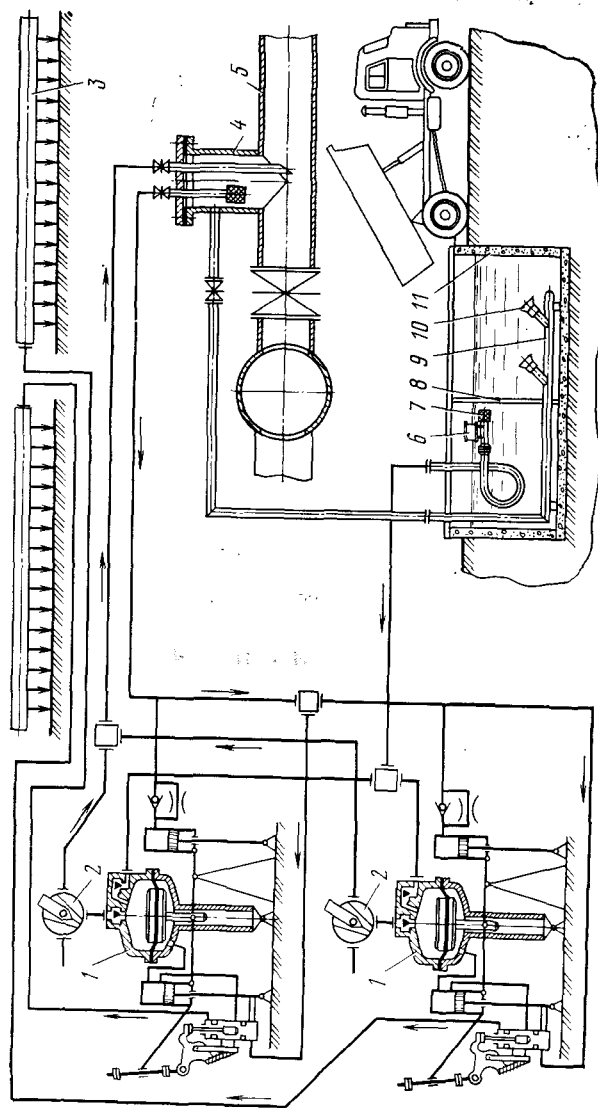


Рис. 28. Схема гидроподкормщика для дождевальных машин позиционного действия:
1 — насос-дозатор; 2 — кран-задатчик; 3, 5 — трубопроводы соответственно сливной и оросительный; 4 — стояк;
6 — поплавок; 7 — фильтр; 8 — перегородка; 9 — барботаж; 10 — рассекатель; 11 — емкость растворонакопительная.

нять промышленные образцы марки СОГ-1. Растворонакопительная емкость может быть сварной конструкции из листовой стали толщиной 2...3 мм. Одновременно с загрузкой емкости туками из напорного трубопровода по специальному шлангу с вентилями подается вода для их растворения.

Приготовленные исходные растворы удобрений дозируются насосами непосредственно в напорный оросительный трубопровод. Внесение минеральных удобрений с водой при работе машины «Волжанка» осуществляется одним насосом-дозатором. Машина «Днепр» и две «Волжанки» обслуживаются двумя насосными агрегатами.

Доза внесения определяется числом одновременно работающих насосов и двойных ходов рабочих гидроцилиндров в единицу времени и регулируется краном — задатчиком производительности.

Техническая характеристика гидроподкормщика

Тип устройства	Стационарный
Тип насоса-дозатора	Мембранный с гидроприводом
Забор воды на гидропривод	Из магистрального (оросительного) трубопровода
Давление, развиваемое насосом, МПа	0,47...0,75
Подача насоса, л/ч	25...450
Объем емкости (полезной), м³	6,5...9,5
Применяемые удобрения	Аммиачная селитра, мочевины, аммофос, диаммофос, хлористый калий
Обслуживающий персонал	Оператор дождевальных машин
Загрузка туков	Механизированная из самосвалов

Гидроподкормщик, применяемый в машинах кругового действия типа «Фрегат», имеет конструкцию, аналогичную вышеописанной. Одновременно с загрузкой в накопительную емкость туков из напорного трубопровода по специальному шлангу с вентилем подают воду. Вода поступает к барботажу, который создает восходящие вихревые потоки, способствующие растворению удобрений. Для обеспечения нормальной работы насоса-дозатора содержание в растворе твердых включений размером до 0,2 мм должно быть не более 5 %. Концентрация удобрительного раствора в водопроводящем трубопрово-

де машины не должна превышать 0,04 %. Гидроподкормщик устанавливают у неподвижной опоры машины.

Приготовленный насосом-дозатором раствор впрыскивают в дождевальную машину. Расход раствора регулируют изменением числа двойных ходов рабочих гидроцилиндров за единицу времени.

Удобрения применяют те же, что и для вышеописанного гидроподкормщика.

Расход дозатора определяют по зависимости

$$q = FV/t = 3,6QV/(\beta m), \quad (81)$$

где q — расход насоса-дозатора; F — площадь удобрительного полива; V — требуемый объем раствора; t — время удобрительного полива; Q — расход дождевальной машины; β — коэффициент испарения; m — поливная норма.

Для получения микроэлементов цинка, меди, кобальта и молибдена и их внесения на севооборотные участки, орошаемые многоопорными дождевальными машинами, с целью обеспечения сельскохозяйственных культур элементами питания одновременно с поливом можно использовать устройство, разработанное ВНПО «Радуга» и Союзводпроект (рис. 29).

Для внесения микроэлементов с поливной водой его комплектуют установкой для получения цинка, меди, кобальта и молибдена, монтажной оснасткой для креп-

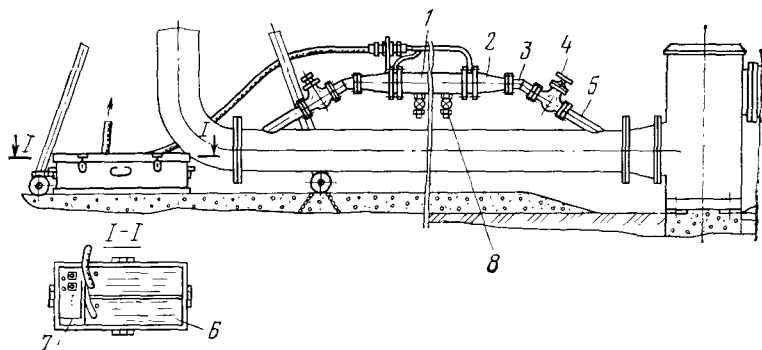


Рис. 29. Схема устройства для внесения микроэлементов с поливной водой к дождевальной машине «Фрегат»:

1 — установка; 2 — переходник; 3 — колено; 4 — задвижка; 5 — вставка; 6 — источник питания; 7 — пульт управления; 8 — пробка сливная.

ления установки на дождевальных машинах, источником питания и пультом управления.

В конструкции использован принцип анодного растворения металлов. Электролитом служит вода, проходящая через установку и поступающая затем в дождевальную машину.

Корпус установки изготавливают из двух отрезков стальных труб с фланцевыми окончаниями, внутренняя поверхность которых имеет антикоррозионное покрытие. Корпус служит катодом. Напряжение на него подается через контактный вывод и наконечник со шпильками, соединяющий две его части. Аноды для получения ионов металла составляют из цилиндров цинка, меди, кобальта и молибдена, изолированных между собой и размещенных в корпусе коаксиально. На электрифицированных дождевальных машинах типа «Кубань» проблем обеспечения устройства электропитанием не возникает. В остальных случаях применяют аккумуляторные батареи.

Пульт управления представляет металлический ящик размером $340 \times 200 \times 130$ мм, в котором смонтирована электрическая схема, обеспечивающая функциональное включение и выключение узлов установки и фиксирующая режим ее работы контрольно-измерительными приборами. Пульт имеет два ввода, один из которых служит для соединения с установкой через штепсельный разъем, а другой — для подачи питания от источника постоянного тока.

Устройство для внесения микроэлементов с поливной водой можно устанавливать как на самой дождевальной машине, так и на любом участке закрытой оросительной сети. Его включают после начала работы дождевальной машины открытием двух задвижек, расположенных на входе и выходе устройства. Перед открытием задвижки гидранта поливного трубопровода оператор подсоединяет к установке штепсельным разъемом пульт управления и источник питания.

Техническая характеристика устройства

Рабочие параметры:

напряжение, В	12...36
сила тока, А	3...9
Масса анода, г	
медь	2 700
цинк	1 900

кобальт	2 690
молибден	3 140
Масса пульта управления, кг	2,5
Источник питания	Аккумуляторы (6СТ-128 или 6СТ-105), элек- трогенераторы и др.
Обслуживающий персонал	Оператор дожде- вальной маши- ны

Производительность установки рассчитывают по формуле

$$P = M/S, \quad (82)$$

где P — производительность устройства; M — масса микроэлементов, выделившихся на анодах за 1 ч; S — политая площадь за 1 ч.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ФРОНТАЛЬНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН НА МЕСТНОСТЯХ С ПОВЫШЕННЫМИ УКЛОНАМИ

Фронтальные дождевальные машины применяют на безуклонных и малоуклонных местностях при водозаборе из открытых бетонированных каналов. При этом наиболее экономичной, как установлено расчетами, является облицовка из монолитного бетона с толщиной стенки 8 см.

При уклонах канала, превышающих 0,0001, для создания подпора следует применять стационарные перегородки на канале или штатные передвижные перемычки, прикрепляемые к машине. Использование того или иного конструктивного решения диктуется техническими возможностями и рациональной длиной бьефа, позволяющей безостановочно работать машине в течение рабочей смены. При уклонах, превышающих 0,003, рациональнее устраивать каскадный канал с безуклонными секциями с регуляторами уровня нижнего бьефа. Длина секции в данном случае определяется конкретным уклоном трассы канала и перепадом на регуляторе, равным 0,2 м, то есть $l = 0,2$.

В ВНПО «Радуга» проводится работа по созданию и испытанию таких каналов. Секции безуклонного канала разделяют между собой регуляторами уровня нижнего бьефа (рис. 30), установленными в камере.

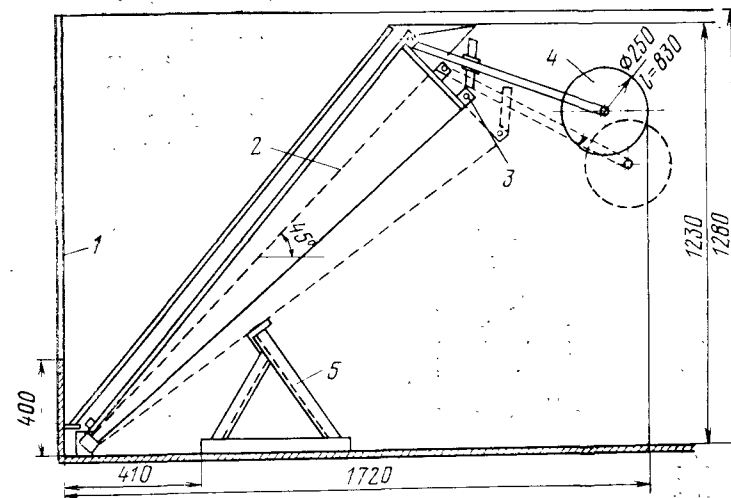


Рис. 30. Схема регулятора уровня нижнего бьефа:

1 — корпус камеры; 2 — емкость воздушная; 3 — рычаг; 4 — поплавок; 5 — подставка. Размеры в мм.

Перепад дна канала до и после регулятора составляет 0,2 м.

В конце канала следует предусмотреть возможность сброса воды после окончания поливов и в случае необходимости его промывки. Для этого в конце канала устанавливают затвор.

Регулирование по нижнему бьефу обеспечивает обратную гидравлическую связь, при изменении водопотребления меняется расход в голове канала, а при остановке машины подача воды в канал прекращается.

В машинный канал воду можно подавать и из низконапорной закрытой оросительной сети. При этом гидранты-водовыпуски на закрытом трубопроводе располагают через 800 м.

Применение машины на участках с повышенными уклонами местности потребует не только пересмотреть конструкцию оросительных систем, но и усовершенствование самой конструкции машины.

В частности, потребуется применение индивидуальных регуляторов напора для отдельных насадок или групповых для группы насадок, устанавливаемых на самом трубопроводе или на горизонтальных открьлках.

Последнее будет способствовать уменьшению интенсивности дождя, что позволит значительно расширить диапазон применимости машины. Кроме того, открывки и групповые регуляторы напора позволят снизить зону дождя и тем самым потери на испарение, дадут возможность применять с поливной водой химические удобрения и гербициды, исключат омывание водой и удобрениями металлических конструкций машины.

Устройства для уменьшения интенсивности и снижения зоны действия дождя можно применять для машин кругового и фронтального действия. На открывках можно устанавливать 3, 5 и 7 короткоструйных насадок. При этом длина открывков может меняться от 5 до 15 м.

Устройства для уменьшения интенсивности дождя являются сменными рабочими органами для серийно выпускаемых машин, их можно заказать в зависимости от потребности. При переоборудовании машин открывки (рис. 31) подвешивают к водопроводящему поясу с помощью регулируемого по высоте патрубков и хомута. В верхней части к патрубку тройником присоединяют водопроводящие шланги, забирающие воду от одного или двух штуцеров, расположенных на водопроводящем трубопроводе, на которых ранее были установлены штатные насадки. Открывок выполняют из алюминиевых труб диаметром 25 мм. Сверху патрубка устраивают облегченную ферму для придания прочности открывку в вертикальной плоскости. Снизу на открывок устанавливают пизконапорные насадки кругового действия со сменными струеотражателями, обеспечивающими требуемую форму факела дождя.

Необходимое положение открывка в плане устанавливают хомутом. Ориентировочная масса такого открывка с водой 15...18 кг.

Применение открывков увеличивает эффективность низконапорного дождевания с каплями малого диаметра на почвах со средним и тяжелым механическим составом и одновременно повышает качество распределения дождя и снижает потери воды на испарение и унос ветром. Открывки позволяют снизить интенсивность дождя в 2...2,5 раза по сравнению с обычной расстановкой насадок на водопроводящем трубопроводе. При этом исключается или значительно уменьшается сток воды по поверхности даже на почвах с тяжелым механическим составом. Большое влияние на качество полива оказывает форма

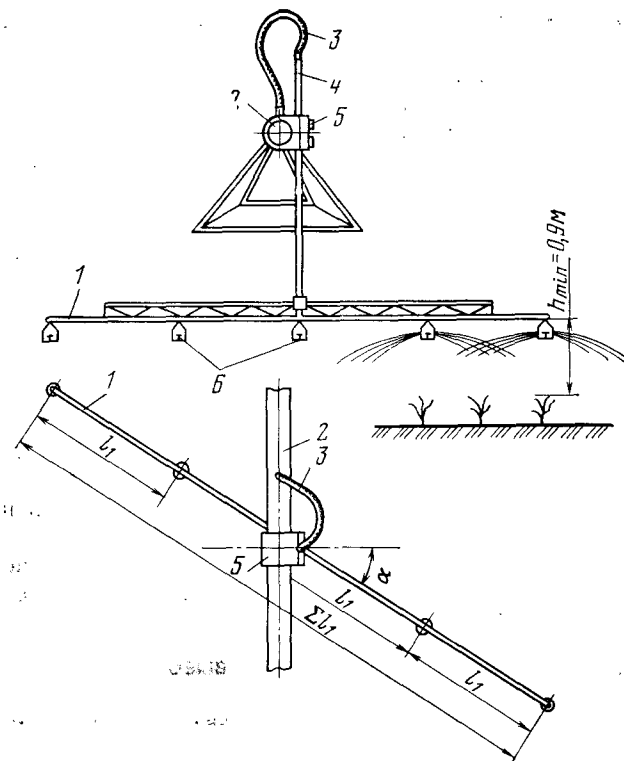


Рис. 31. Схема открывка с дождевальными насадками:
1 — открывок; 2 — трубопровод машины; 3 — шланг; 4 — патрубок; 5 — хомут; 6 — дождевательные насадки.

струеотражателя. Выпуклый струеотражатель используют для уменьшения влияния ветра, однако при этом несколько повышается интенсивность дождя.

Наивысшее качество полива с высокими экономическими показателями достигается при: рабочем давлении не менее 0,1 МПа, расходе каждой насадки около 0,38 л/с, размещении семи насадок на открывке, расположенном под углом 45° к оси трубопровода.

Открывки можно устанавливать и на машинах кругового действия. По мере удаления пролета от центральной опоры число открывков и их длину увеличивают, с тем чтобы обеспечить одинаковую сниженную интенсивность дождя вдоль всего водопроводящего трубопрово-

да. На первой трети длины трубопровода открьлки не устанавливают.

Требуемая высота расположения открьлков определяется высотой культуры, а также ветровыми условиями. Располагать открьлки над культурой рекомендуется на высоте не более 0,9 м. Отношение расстояния между открьлками к общей длине открьлка не должно превышать 0,65. Максимальное рекомендуемое расстояние между открьлками с расстановкой насадок по схеме $5 \times 45^\circ$ и $7 \times 45^\circ$ должно составлять 9,14 м. Наилучшая равномерность распределения дождя достигается установкой регуляторов давления на каждой насадке.

К недостаткам устройств, снижающих интенсивность дождя, относится значительное увеличение массы машины. Открьлки увеличивают площадь ветрового воздействия на машину и вызывают опасность возникновения гармонических колебаний ферменных пролетов. С целью уменьшения опасности разрушения открьлков и самой машины не рекомендуется располагать открьлки перпендикулярно господствующему направлению ветра. Кроме того, открьлки должны быть связаны между собой стабилизирующими тросами.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ВЫБОРУ ТИПА ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ДЛЯ МНОГООПОРНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

Воду к многоопорным дождевальным машинам можно подавать по самонапорной трубопроводной сети, по напорным трубопроводам насосными станциями (передвижные или стационарные), водоотбором непосредственно из артезианских скважин электропогружными насосами, по открытым оросительным каналам (облицованные или необлицованные).

Выбор того или иного способа водоподачи зависит от уклона местности, типа применяемых многоопорных дождевальных машин и определяется на основе технико-экономических расчетов.

Работу многоопорных дождевальных машин следует рассматривать в комплексе мероприятий по обслуживанию внутрихозяйственной оросительной сети.

Оросительная система состоит из следующих элементов:

насосная станция или напорный бассейн;

открытая или закрытая оросительная сеть с гидрантами для подключения дождевальных машин и с колодцами для размещения необходимой арматуры;
линии электропередачи, связи и телеуправления;
подъездные и внутрихозяйственные дороги;
полезные лесонасаждения;
эксплуатационные здания и сооружения;
гидромелиоративная наблюдательная сеть скважин;
водосборно-сбросная и коллекторно-дренажная сеть с сооружениями (при необходимости).

Обычно границы оросительной системы устанавливаются, учитывая естественные (реки, озера, овраги и т. п.) или административные границы, а также железнодорожные и шоссейные дороги, линии электропередачи и лесополосы.

При устройстве оросительной сети учитывают коэффициент земельного использования:

$$КЗИ = F_{нт}/F_{бр} \geq 0,96, \quad (83)$$

где $F_{нт}$ — площадь, занятая сельскохозяйственными культурами; $F_{бр}$ — площадь посева с учетом отвода земли под сооружения, дороги, лесополосы, ЛЭП и т. п.

Проектирование оросительной сети для работы многоопорных дождевальных машин начинается с определения размеров севооборотных полей. Обычно число их в севообороте принимают 6...10. Площадь полей севооборота должна быть увязана с габаритами и производительностью дождевальных машин.

Для расчета оросительной сети и сооружений на ней обычно принимают год 75- или 95 %-ной обеспеченности осадками за вегетационный период. Все расчеты ведут в соответствии с руководством по проектированию оросительной сети для соответствующих типов дождевальных машин.

Внутрихозяйственная оросительная сеть должна обеспечивать:

пропуск необходимого расхода воды для полива в соответствии с графиком водопотребления и принятой дождевальной техникой;

максимальные коэффициент полезного действия и коэффициент земельного использования системы;

наиболее полное использование всех сельскохозяйственных машин и орудий;

высокую производительность труда при поливе;

эксплуатацию системы с максимальной автоматизацией процессов полива и регулированием водопотребления.

Особенности выбора способа водоподачи с помощью напорной оросительной сети. Сеть напорных трубопроводов закрытой напорной оросительной сети можно выполнять по тупиковой или кольцевой схемам. Выбор схемы обосновывают технико-экономическими расчетами. Поливные трубопроводы должны быть параллельны между собой и отходить от хозяйственного трубопровода под прямым углом.

Расчетный расход оросительной сети устанавливают по расходу машины и числу одновременно работающих машин с учетом потерь воды из трубопровода:

$$Q_{\text{расч}} = nQ_{\text{м}}, \quad (84)$$

где $Q_{\text{м}}$ — расход машины; n — число одновременно работающих машин,

$$n = Q_{\text{нт}} K_{\text{п}} Q_{\text{бр}}, \quad (85)$$

$Q_{\text{нт}}$ — расчетный расход воды системы (нетто), равный qF (q — ордината графика гидромодуля; F — площадь полива севооборотного участка); $K_{\text{п}}$ — коэффициент, учитывающий время на переезды машины, устранение технических неполадок и др., обычно $K_{\text{п}} > 1$.

Потери воды на испарение и снос ветром учитывают при определении времени стоянки машины (позиционные) на позиции или скорости движения (работающие в движении) при поливе.

Расчетный расход брутто оросительной сети, который является также расчетным расходом насосной станции, определяют по формуле

$$Q_{\text{бр}} = Q_{\text{расч}} / \eta, \quad (86)$$

где η — КПД закрытой оросительной сети, $\eta = 0,98$.

Гидравлический расчет трубопроводов сводят к определению потерь напора в них при экономически выгодном диаметре и данном материале труб в целях обеспечения требуемых расходов воды и сохранения необходимых напоров для нормальной работы дождевальных машин.

Гидравлические потери напора на единицу длины и скорость движения воды в трубопроводе можно найти по таблицам для гидравлического расчета стальных, чугунных асбестоцементных труб (Ф. А. Шевелев).

Минимальная скорость течения воды в трубопроводе из условия их незаиляемости должна быть не менее 0,8 м/с. Максимальную допустимую скорость течения воды устанавливают в зависимости от материала труб по СНиП.

Рабочий напор насосной станции устанавливают по необходимому напору на гидранте в наиболее удаленной или высокой точке оросительной системы с учетом всех потерь в трубопроводах:

$$H_{\text{н}} = H_{\text{г}} + h_{\text{г}} + h_{\text{р.н}} + h_{\text{м}}, \quad (87)$$

где $H_{\text{г}}$ — геодезическая разность отметок между наиболее удаленной или высокой точкой системы и максимальной расчетной отметкой в водосточнике, м; $h_{\text{г}}$, $h_{\text{м}}$ — потери напора по длине трубопровода соответственно до расчетной точки и местные потери,

$$h_{\text{г}} = \lambda_{\text{г}} l v^2 / d 2g, \quad (88)$$

$$h_{\text{м}} = \sum \xi_{\text{м}} v^2 / 2g; \quad (89)$$

$h_{\text{р.н}}$ — рабочий напор на гидранте в самой невыгодной точке системы; $\lambda_{\text{г}}$ — коэффициент гидравлического сопротивления, подбирают по таблицам в зависимости от материала и состояния труб по участкам; l и d — соответственно длина и внутренний диаметр труб; $\xi_{\text{м}}$ — коэффициент местных потерь, подбирают по таблицам в зависимости от вида местных потерь.

Обычно местные потери напора ориентировочно принимают равными 10 % суммы гидравлических потерь напора по длине трубопроводов.

Мощность насосной установки определяют по формуле

$$N_{\text{н}} = 1000 Q_{\text{бр}} H_{\text{н}} / 102 \eta_{\text{н}}, \quad (90)$$

где $Q_{\text{бр}}$ — расход брутто; $\eta_{\text{н}}$ — КПД насоса.

Магистральные, оросительные и распределительные трубопроводы рассчитывают общезвестными методами гидравлических расчетов.

Все трубопроводы оросительной системы проверяют на гидравлический удар, который может возникнуть при быстром закрытии задвижек на напорном трубопроводе или внезапной остановке насоса по различным техническим причинам. При этом напор в трубопроводе повышается в 1,5...2 раза по сравнению с геодезическим напором. Гидравлический удар может вызвать разрыв стыков труб, появление трещин в них, разрушение арматуры и т. п. В зависимости от времени закрытия

завдвижки в трубопроводе может возникнуть прямой или непрямой гидравлический удар. Наибольшее повышение напора воды будет при прямом ударе. Время пробега ударной волны определяют по формуле

$$t = 2l/v_{уд}, \quad (91)$$

где l — длина трубопровода; $v_{уд}$ — скорость распространения ударной волны.

Скорость распространения ударной волны рассчитывают по формуле

$$v_{уд} = 1425 / \sqrt{1 + \varepsilon d / (E \delta_{ст})}, \quad (92)$$

где ε — модуль упругости воды; d — диаметр трубы; $\delta_{ст}$ — толщина стенки трубы; E — модуль упругости материала трубы.

Добавочное давление в трубе от ударной волны прямого удара

$$P_{доб} = v_0 v_{уд} \gamma / g, \quad (93)$$

где v_0 — скорость течения воды до удара; γ — средняя плотность воды; g — ускорение свободного падения.

Давление в трубопроводе при гидравлическом ударе не должно превышать давления, назначаемого при испытании трубопроводов. В противном случае применяют противоударные устройства. Наибольшее распространение получили водовоздушные резервуары и рычажные гасители гидравлического удара конструкции УкрВОДГЕО. В ВНПО «Радуга» разработано противоударное устройство КЗГ-120 (самонастраивающийся противоударный клапан, авторское свидетельство № 574568).

Устройство КЗГ-120 предназначено для защиты трубопроводов оросительных систем от гидравлического удара, начинающегося как с волны повышенного, так и пониженного давления. Применение устройства в комплексе арматуры для закрытых оросительных сетей позволит заменить трубы дефицитного нефтегазового сортамента на трубы с меньшим запасом прочности, например асбестоцементные и тонкостенные стальные с различными видами покрытий.

Противоударное устройство КЗГ-120 представляет монтируемый на оросительной сети клапан, автоматически настраивающийся на определенное рабочее давление в трубопроводе. Оно состоит из корпуса, вантуза,

воздушного баллона, крышки с диафрагмой и отсечного устройства.

Основное выходное отверстие корпуса перекрывается крышкой с гибкой диафрагмой, внутренняя полость которой сообщается трубопроводом с воздушным баллоном, соединенным через отсечное устройство с внутренней полостью корпуса, что обеспечивает равенство давлений под и над диафрагмой при давлении в оросительной сети.

Вантуз расположен в патрубке корпуса и представляет шар, плотность материала которого меньше плотности воды. При заполнении противоударного устройства шар вантуза поднимается вместе с водой, обеспечивая выход воздуха из трубопровода. При образовании вакуума в оросительной сети вантуз впускает воздух в трубопровод, предотвращая тем самым разрыв сплошности потока и последующий гидравлический удар.

При динамическом повышении напора (гидроудар) в трубопроводе оросительной сети устройство снимает избыточное давление кратковременным выбросом воды из трубопровода. При плавном повышении напора в сети до максимально допустимого для трубопровода противоударное устройство автоматически переключается на режим работы предохранительного клапана.

Противоударное устройство устанавливают на поливном трубопроводе у неподвижной опоры дождевальной машины «Фрегат» и перед обратным клапаном насосной станции.

Техническая характеристика КЗГ-120

Тип клапана	Стационарный
Условный проход, мм	125
Габариты, мм	888×450×310
Пределы регулирования давления перед монтажом, МПа	0,6...1,2
Расход воды в трубопроводе, л/с	60...120
Диаметр отверстия седла клапана, мм	105
Масса клапана, кг	16

Средняя потребность в КЗГ-120 — одно устройство на 50 га подкомандной площади оросительной системы с дождевальной машиной «Фрегат».

При эксплуатации трубопроводов оросительных систем часто причиной возникновения гидравлических ударов служит периодичность работы трубопроводов —

полное или частичное их опорожнение с последующим заполнением водой. Для предотвращения гидравлических ударов необходимо следить за тем, чтобы эти операции происходили при свободном сообщении трубопроводов с атмосферой.

Особенности выбора способа водоподачи с помощью открытых оросительных каналов. Фронтальные дождевальные машины «Кубань», работающие в движении, в основном предназначены для использования в лесостепной, степной и полупустынной зонах орошения при глубине залегания пресных грунтовых вод не менее 1,5, среднеминерализованных — не менее 2,5 м. Температура окружающего воздуха во время их работы должна быть не ниже 5°C, скорость ветра — не более 7 м/с.

Участки, выделяемые для полива дождевальными машинами, должны иметь прямоугольную форму, равнинный рельеф, общий уклон поверхности не более 0,01, местные уклоны на участках длиной 100...150 м не более 0,03, местные повышения или понижения не более 1 м.

Основной расчетной единицей при организации территории на внутрихозяйственной сети служит севооборотный участок, получающий непрерывный ток воды в течение вегетационного периода.

Ширина поля, составляющего севооборотный участок, должна быть равна ширине захвата машины, а длина — определяться как частное от деления значения сезонной нагрузки машины на ширину захвата.

При размещении дождевальных машин вблизи линий электропередач необходимо обеспечивать расстояние от конца струи концевого дождевального аппарата до проекции на поверхность земли крайних проводов не менее 10 м при напряжении передаваемого тока 20 кВ и не менее 15 м при напряжении 35 кВ. Соответственно это расстояние для линий электропередачи 110 кВ равно 20 м; 150...220 — 25; 330...750 кВ — 30 м.

Площадь севооборотного поля должна быть равной или кратной сезонной нагрузке машины.

Оросительный канал, из которого машина с боковым расположением энергетической тележки забирает воду, облицовывают монолитным или сборным бетоном. Его можно выполнять как в выемке, так и в насыпи со следующими строительными размерами: ширина по верху 3,9, по дну 0,6 м, глубина 1,1 м при заложении откосов 1:1,5. Продольный профиль канала, проходящий час-

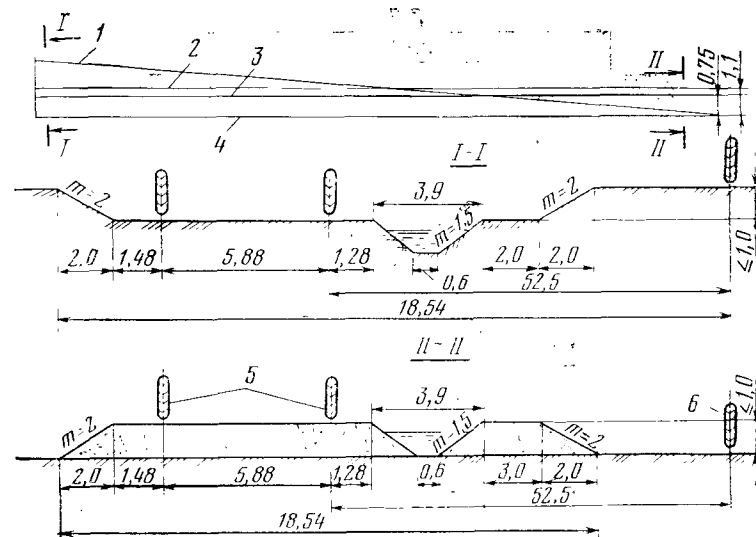


Рис. 32. Продольный профиль и поперечное сечение канала под дождевальную машину «Кубань-М»:

1 — поверхность земли; 2, 4 — соответственно бровка и дно канала; 3 — уровень воды; 5, 6 — колеса соответственно центральной и опорной тележек. Размеры в м.

точно в выемке, частично в насыпи, применительно к дождевальной машине «Кубань» показан на рисунке 32. При этом трассу канала и полосу движения энергетической тележки с примыкающими к ней с обеих сторон опорными тележками прокладывают с таким расчетом, чтобы высотные отметки колес опорных тележек не превышали ± 1 м от уровня дороги. Максимальная полоса отчуждения при такой конструкции канала для машины «Кубань-М» составляет 18,6 м. При уклонах дна менее 0,0001 глубина воды в канале 0,75 м обеспечивает гарантированный водозабор на всей его длине без устройства подпорных сооружений, более 0,0001 для обеспечения надежной работы водозабора машины на отдельных участках требуется повышать нормальный уровень воды в канале устройством подпорных сооружений (перегородки).

Схема стационарного подпорного сооружения конструкции Союзводпроект для каналов под фронтальную дождевальную машину «Кубань-М» приведена на рисунке 33.

Зависимость длины бьефа канала от его уклона при-

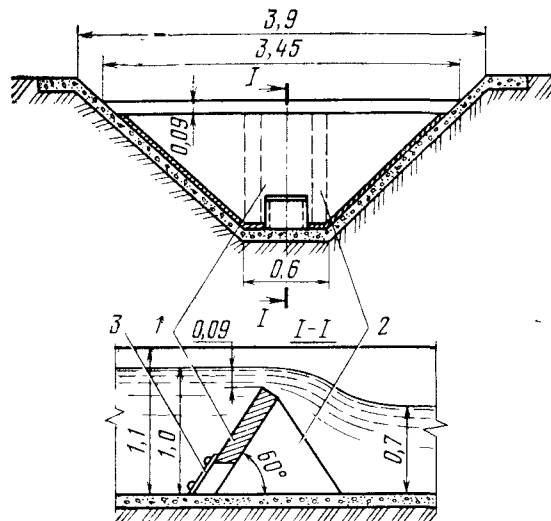


Рис. 33. Схема стационарного перегораживающего сооружения для канала под дождевальную машину «Кубань-М»:

1 — блок-перемычка; 2 — блок упорный; 3 — заслонка.

ведена на рисунке 34. Так, при заданных сечениях канала и уровне воды в нем с изменением длины канала от 2 000 до 1 000 м (без перегораживающих сооружений) уклон дна может возрастать от 0,000125 до 0,00025.

Длина бьефов канала с перегораживающими сооружениями в зависимости от уклона может изменяться от 1 000 (при $i=0,00025$) до 25 м (при $i=0,01$).

Оптимальную длину бьефа подбирают в зависимости от принятой технологии полива и поливных норм. Длину бьефа необходимо увязывать с графиками технического обслуживания машины и заправки ее топливом и т. д.

Длина бьефа должна быть не меньше длины участка, соответствующего по площади сменной производительности машины, для того чтобы перевод водозаборного устройства из одного бьефа в другой осуществлялся в период пересменок.

Длину бьефа (м) в каждом конкретном случае можно определить по формуле

$$l_0 = v_{\text{ср}} t = 60 Q t / (h B \beta), \quad (94)$$

Минимальная длина бьефа при максимальной норме

где $v_{\text{ср}}$ — средняя скорость движения машины с учетом коррекции; Q — расход машины; B — ширина захвата машиной; h — поливная норма (слой осадков) за один проход; β — коэффициент потерь воды на испарение (>1); t — время смены или периода движения машины от одного перегораживающего сооружения до другого.

полива за проход (600 м^3 на 1 га) для машины «Кубань-М» должна быть не менее 100 м, что соответствует предельно возможному уклону канала $i=0,0025$.

Увеличение уклона канала более 0,0025 связано с необходимостью применения передвижной перемычки.

При планировании круглосуточной работы машины длина бьефа должна быть не менее 250...300 м, чтобы избежать перестановок водозаборного устройства в ночное время. Соответственно уклон канала в этом случае не должен превышать 0,001.

Конструкция подпорного сооружения должна обеспечивать автоматический пропуск расчетного расхода воды, а также опорожнение канала для ремонта и зимнего содержания. Пропуск аварийных расходов допускается в пределах половины нормального объема сухого запаса.

В зависимости от уклонов оросительных каналов и перегораживающих сооружений автоматизация водораспределения осуществляется по нижнему бьефу с использованием различных видов связи между машиной и гидротехническими сооружениями на каналах. Конкретное решение той или иной системы автоматического регулирования водоподдачи устанавливается проектом в зависимости от уклона канала.

Для транспортировки воды из магистрального канала к каналам-оросителям можно применять самонапорные трубопроводы, открытые каналы и низконапорные трубопроводы с механической подачей воды. Возможность применения каждого из этих решений зависит от уклона поверхности земли вдоль трассы трубопровода или канала.

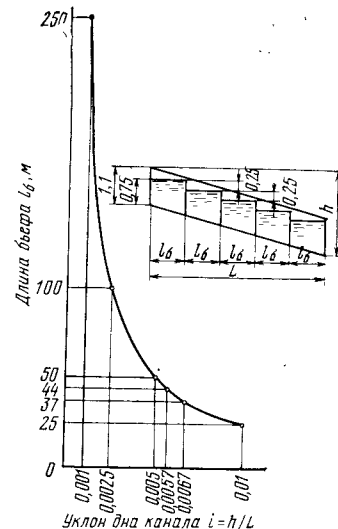


Рис. 34. Зависимость длины бьефа канала от его уклона.

Значение предельного уклона определяется по формулам (Временное руководство по проектированию внутрихозяйственной оросительной сети для ЭДМФ «Кубань», 1982):

для асбоцементных трубопроводов

$$i_{\text{пр}} = (5,1 \cdot 10^{-5}H + 4,05 \cdot 10^{-3})Q^{0,166}K_{\text{п}}K_{\text{у}}/T^{0,35}; \quad (95)$$

для полиэтиленовых труб

$$i_{\text{пр}} = (21,7 \cdot 10^{-5}H + 4,05 \cdot 10^{-3})Q^{0,14}K_{\text{п}}K_{\text{у}}/T^{0,347}; \quad (96)$$

для железобетонных труб

$$i_{\text{пр}} = 0,12Q^{0,235}K_{\text{п}}K_{\text{у}}/T^{0,7}; \quad (97)$$

для стальных труб

$$i_{\text{пр}} = 0,0227Q^{-0,6}T^{-0,765}K_{\text{у}}; \quad (98)$$

для чугунных труб

$$i_{\text{пр}} = 0,0389Q^{-0,825}T^{-0,85}K_{\text{у}}, \quad (99)$$

где Q — расход воды, протекающей через трубопровод; T — время работы трубопровода; H — расчетный напор; $K_{\text{п}}$ — коэффициент пропорциональности, $K_{\text{п}} = 1$; $K_{\text{у}}$ — коэффициент, характеризующий условия работы, $K_{\text{у}} = 1,05 \dots 1,1$.

В случае применения самонапорных трубопроводов значение $i_{\text{пр}}$ нужно увеличить для обеспечения свободных напоров на изливе до 8...10 м. При этом условие незаиляемости имеет вид: $i_{\text{пр}} > i_{\text{кр}}$,

$$i_{\text{кр}} = 0,02W^{0,25}\rho_{\text{кр}}/(\gamma R), \quad (100)$$

где W — средневзвешенная гидравлическая крупность наносов; $\rho_{\text{кр}}$ — критическая мутность потока; γ — плотность взвеси; R — гидравлический радиус.

Учитывая, что к низконапорным фронтальным машинам воду подают практически чистой, значение $i_{\text{кр}}$ можно не рассчитывать.

Оросительная сеть для севооборотного участка с самотечно-напорным распределителем выглядит следующим образом. В начале трубопровода строят водовыпуск из магистрального канала. Из распределительного трубопровода в оросительные каналы, расположенные по обе его стороны, делают трубчатые водовыпуски. В конце распределительного трубопровода устраивают опораживающий гидрант, а в концах оросительных кана-

лов — аварийные сбросы в сбросной канал, который проходит вдоль окантовывающей севооборотный участок лесополосы.

Оросительная сеть с внутрихозяйственным открытым распределительным каналом выглядит следующим образом. В точке отхода от распределительного канала оросителей строят гидротехническое сооружение, объединяющее в себе два водовыпуска с вододелителем с переездом. В конце распределительного канала устанавливают водовыпуски с регуляторами и переездом, а также концевой сброс с переездом. В концах оросительных каналов устраивают концевые сбросы с переездами. Границы севооборота также окантовывают сбросным каналом и полезной лесополосой.

Оценка возможности применения самонапорной системы водоподачи. Самонапорные оросительные системы применяют в горных и предгорных районах там, где есть естественный уклон местности для создания необходимого напора воды в трубопроводной сети. Самонапорные системы строят на местностях с уклонами, превышающими 0,002...0,003. Обычно их используют под стационарные системы дождевания на больших уклонах там, где другие виды поливной техники применить невозможно. Однако не исключена возможность применения и таких систем для полустационарных систем дождевания, в том числе для многоопорных дождевальных машин, работающих от закрытой оросительной сети. Главным образом полустационарные системы можно строить на пологих предгорных равнинных участках с уклонами, не превышающими 0,02, куда оросительную воду подают с более высоких участков транзитными трубопроводами.

В каждом конкретном случае наряду с определением контуров участков под машины необходимо оценить энергетические возможности рельефа.

Потенциальную мощность потока воды, создаваемого естественным уклоном местности, определяют по формуле

$$N_{\text{п}} = 1000QH/102 = 9,81QH, \quad (101)$$

где Q — расход воды; H — высота падения воды (разность отметок между точками водозабора и водопотребления).

Применительно к выбранному массиву орошения формулу (101) можно представить в виде:

$$N_{\text{п}} = 9,81q \int F H_x dF, \quad (102)$$

где q — расход водозабора на 1 га площади орошения; dF — элементарная площадка внутри массива орошения; H_x — разность отметок между водозабором и элементарной площадкой.

Для решения выражения (102) применяют функциональную зависимость $H=f(F)$ вида:

$$H = aF^n, \quad (103)$$

где H — потребный статический напор; F — площадь массива орошения; a , n — параметры гипсографической кривой, которые устанавливают по данным топографических изысканий на предпроектном этапе.

Для вычисления параметров a и n примыкающий или подвешиваемый к водосточнику (канал, напорный бассейн и др.) массив орошения дифференцируют по участкам под определенный тип машин.

Площадям этих участков будет соответствовать определенное значение статического напора. По этим данным строят гипсографическую кривую $H=f(F)$, а по этой кривой определяют параметры a и n . Решая совместно уравнения (102) и (103), получают выражение для потенциальной мощности потока:

$$N_n = 9,81qaF^{n+1}/(n+1). \quad (104)$$

Для определения технической мощности самонапорной системы необходимо учитывать потери удельной энергии на передвижение удельного расхода q от водозабора до точки потребления внутри орошаемого массива. Эти потери определяют по формуле

$$h_{дл} = \lambda_r l_{дл} v^2 / (d \cdot 2g), \quad (105)$$

где $h_{дл}$ — потери напора по длине подводящего трубопровода; λ_r — коэффициент гидравлического сопротивления; $l_{дл}$ — длина пути перемещения воды; d — диаметр трубопровода; v — скорость течения воды в трубопроводе.

Так как

$$d = \sqrt{4q/(\pi v)}, \text{ то } h_{дл} = ml_{дл} \sqrt{q}, \quad (106)$$

где $m = 2,5\lambda_r v / \sqrt{(4\pi)2g}$.

Остаточный напор над точкой потребления, который используют для работы машины,

$$H_{ост} = H_x - h_{дл}. \quad (107)$$

Тогда уравнение для определения технической мощности, согласно формулам (102) и (106), имеет вид:

$$N_T = 9,81q \int_F (H_x - h_{дл}) dF = 9,81q \int_F H_x dF - 9,81 \sqrt{qm} \int_F l_{дл} dF,$$

$$N_T = 9,81qa \frac{F^{n+1}}{n+1} - 9,81 \sqrt{qm} \int_F l_{дл} dF. \quad (108)$$

Второй член уравнения (108) есть не что иное, как мощность, затрачиваемая на подведение расхода воды к центру тяжести массива орошения. Здесь $\int_F l_{дл} dF = l_u F$ —

статистический момент орошаемого массива относительно точки водозабора, а l_u — расстояние от точки водозабора до центра тяжести площади F .

Для оценки практического использования массива орошения с самонапорной оросительной системой применяют термины удельных технической и затрачиваемой мощностей (соответственно $p_T = N_T/F$ и $p_a = N_a/F$). Для низконапорных многоопорных дождевальных машин, требующих напора порядка 25 м, удельная мощность системы составляет примерно 0,15...0,2 кВт на 1 га.

Удельную мощность самонапорной системы дождевания можно определить по формуле

$$p \approx mH_{ст}/(T_c T_m \cdot 3600) \approx 9,81qH, \quad (109)$$

где m — норма полива; $H_{ст}$ — потребный статический напор в точке потребления; T_c — время полезной работы системы в течение суток; T_m — межполивной период.

Удельная мощность системы относится к верхней границе участка. А поскольку она должна оставаться постоянной для всей орошаемой площади, то необходимо, чтобы ее приращение по уклону компенсировалось потерей удельной энергии потока по пути его движения.

По формуле (109) определяют среднее значение удельной мощности системы, а абсолютное ее значение колеблется от нуля у водозабора до некоторого максимума у концевой точки потребления. Таким образом, самонапорным дождеванием нельзя охватить всю площадь орошаемого массива до точки водозабора, самонапорная система должна иметь холостой (транзитный) участок, в конце которого можно получить удельную мощность, достаточную для применения многоопорной дождевальной техники. Холостую часть трубопровода следует направлять по наибольшему уклону местности.

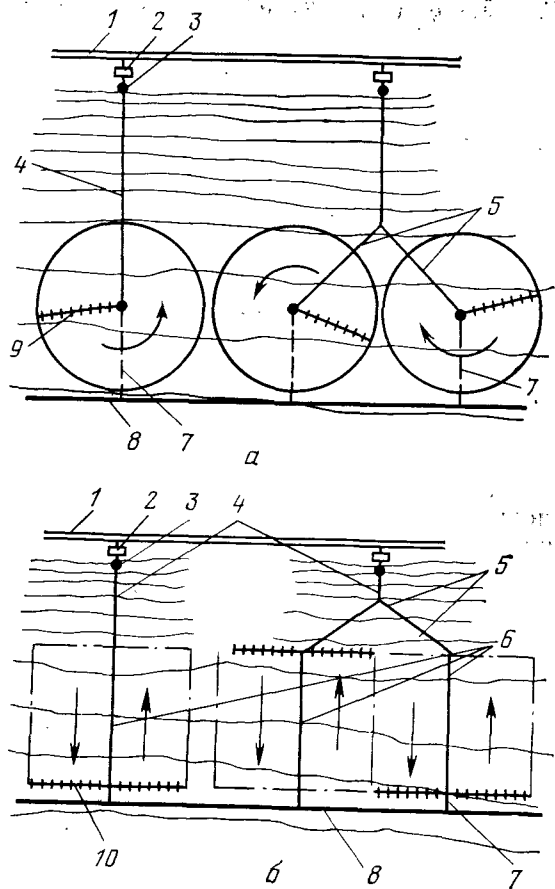


Рис. 35. Принципиальные схемы самонапорных оросительных систем с многоопорными дождевальными машинами: а, б — соответственно кругового и фронтального действия; 1 — канал; 2 — бассейн суточного регулирования; 3 — воздушная труба; 4, 5, 6, 7 — трубопроводы соответственно транзитный, распределительный, оросительный, сбросной; 8 — канал сбросной; 9, 10 — дождевальные машины соответственно кругового и фронтального действия.

На предгорных участках в большинстве случаев требуется одиночное или парное расположение машин, возможно даже уменьшенных размеров. Принципиальные схемы самонапорных оросительных систем с машинами кругового и фронтального действия с одиночным и парным расположением приведены на рисунке 35. Водо-

забор осуществляется из открытого канала через напорный бассейн суточного регулирования. Бассейн отражает ударные волны в трубопроводах, обеспечивает подачу заданного постоянного расхода по потребности, не допускает в трубы воздух, крупные наносы, мусор. Перед транзитной частью напорного трубопровода устанавливают воздушную трубу, отметка которой на 1,5...2 м выше уровня воды в бассейне.

Воздушная труба, сообщая трубопровод с атмосферой, обеспечивает удаление воздуха из системы при ее заполнении и поступление воздуха в систему при ее опорожнении. Распределительные трубопроводы прокладывают по большим уклонам, а оросительные с гидрантами — с допустимыми уклонами, не превышающими 0,02...0,03. При этом их надо располагать так, чтобы водопроводящие пояса машин работали на минимальных уклонах. Систему опорожняют от воды сбросными трубопроводами и сбросным каналом. Многоопорные машины кругового и фронтального действия размещают на равнинных участках с уклонами, не превышающими допустимые для данного типа машин.

Диаметры оросительных трубопроводов для фронтальных машин выбирают такими, чтобы гидравлический уклон при движении воды был равен уклону местности, а действующий напор по длине трубопровода оставался постоянным. В начале и конце оросительных трубопроводов устанавливают задвижки для их заполнения и опорожнения, а также для регулирования расходов. Иногда для поддержания постоянного напора в точках водоотбора устраивают ограничители напора.

При статическом напоре, превышающем уровень допустимого для данного материала труб или напор на входе в многоопорную дождевальную машину, применяют ограничители его, которые устанавливают в точках трубопровода, где статический напор равен требуемому давлению.

Ограничитель напора (рис. 36) без разрыва потока с сохранением скоростного напора (Зюликов, 1982) работает следующим образом. Когда в нижерасположенном трубопроводе прекращается отбор воды, она поступает через отвод в колодец и поднимает поплавков до крайнего верхнего положения, при котором дроссель перекрывает сечение трубопровода. Таким образом автоматически отключается нижерасположенный трубопровод и прекра-

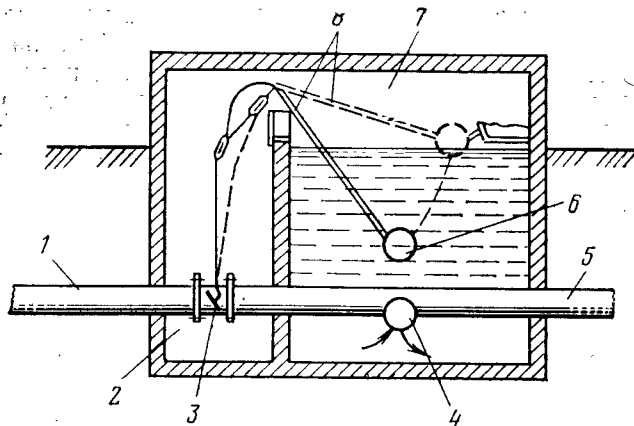


Рис. 36. Схема ограничителя напора:

1, 5 — трубопроводы соответственно выше- и нижерасположенный; 2, 7 — колодец соответственно «сухой» и «мокрый»; 3 — клапан дроссельный; 4 — патрубок отвода; 6 — поплавок; 8 — система рычагов.

щается поступление воды в колодец. Если из трубопровода забирают воду для полива, то она из «мокрого» колодца начинает поступать в трубопровод через патрубок. Уровень воды в колодце понижается, поплавок, опускаясь, открывает дроссель, и вода начинает поступать в нижерасположенный трубопровод. Уровень ее в колодце понижается до тех пор, пока расход, проходящий через затвор, не станет равным расходу нижерасположенного трубопровода. Уменьшение расхода в нижерасположенном трубопроводе автоматически снижает поступление ее через затвор.

При необходимости орошения полосы, лежащей выше точек сопряжения оросительных трубопроводов с магистральным, можно применять другие способы полива, требующие меньшего напора, например поливными трубопроводами. Однако при этом должен быть разработан четкий режим эксплуатации системы.

Уклоны уложенных трубопроводов должны обеспечивать размывающие скорости для выпавших наносов. Для этого необходимо, чтобы минимальный гидравлический уклон трубопровода самонапорной оросительной системы был равен или меньше уклона уложенного трубопровода:

$$i_{\min} = \frac{h_w + \sum h_m + h_b + h_{cb} - h_3}{l_r} \leq i_{тр}, \quad (110)$$

где $i_{тр}$ — уклон уложенного трубопровода; h_w — потери напора по длине трубопровода при размыве отложившихся наносов,

$$h_w = \lambda_n v^2 / (2gd); \quad (111)$$

λ_n — коэффициент гидравлического сопротивления в процессе размыва наносных отложений; $\sum h_m$ — сумма местных потерь напора,

$$h_m = \xi_m v^2 / 2g; \quad (112)$$

ξ_m — коэффициент местных сопротивлений, зависящий от конструкции объекта, вызывающего сопротивления; h_b — разность отметок уровня воды в подводящем канале и оси водозаборного оголовка трубопровода; h_{cb} — свободный напор на водовыпуске; h_3 — разность отметок уровня воды в подводящем канале и оси водозаборного оголовка трубопровода; l_r — проекция трубопровода на горизонтальную плоскость.

Для асбестоцементных трубопроводов

$$\lambda_n = 0,25 \left[\lg \left(\frac{0,26 d_{ср}^{0,56} \cdot a \cdot r + 0,0003}{37d} + \frac{5,62}{Re^{0,9}} \right) \right]^2, \quad (113)$$

где $d_{ср}$ — средний диаметр частиц наносов; a — высота слоя отложившихся наносов; r и d — соответственно внутренние радиус и диаметр трубы.

Использование погружных электронасосных установок для подачи воды к многоопорным дождевальным машинам. Схема водозабора из скважин зависит от положения в них динамического уровня воды по отношению к поверхности земли и от ее дебита. При уровне воды выше поверхности земли она самотеком поступает в сеть или в сборный резервуар.

Если динамический уровень воды находится ниже поверхности земли, то применяют следующее оборудование: при динамическом уровне до 6 м от поверхности земли — вихревые и центробежные горизонтальные насосы; 6...10 — глубоководные подъемники, артезианские и погружные штанговые, поршневые, насосно-гидроэлеваторные установки, эрлифты и вибрационные насосы; 10...60 — глубоководные водоподъемники; 60...100 — погружные или артезианские насосы с подачей воды в водонапорный бак или сеть, эрлифты с подачей воды в резервуар, из которого насосы второго подъема подают воду в сеть; более 100 м — глубоководные центробежные погружные насосы.

Тип насосной установки назначают на основе технико-экономического сравнения вариантов с учетом условий района применения.

Для забора подземных вод из скважин или трубчатых колодцев Союзводпроект разработал насосные станции с насосами типа ЭЦВ (табл. 11).

11. Характеристика электропогружных насосов

Основные параметры агрегатов	ЭЦВ12-375-60	ЭЦВ16-500-45
Расход, м ³ /ч	375	500
Давление, МПа	0,60	0,45
Мощность электродвигателя, кВт	90	90
Частота вращения вала, с ⁻¹	49	49
Напряжение сети, В	380	380
Диаметр агрегата, мм	281	375
Длина, мм	2650	2610

Электропогружные насосы можно использовать как для безнапорного или малонапорного подъема воды из скважин (колодцев) и аккумуляирования ее в специальных бассейнах, так и для напорного подъема и подачи воды непосредственно в напорный трубопровод или в машину кругового действия.

Чаще на практике воду из нескольких скважин собирают в аккумуляирующий бассейн, а из него подкачивающими насосными станциями подают к машинам. Возможен еще вариант использования электропогружных насосов в качестве подкачивающей насосной станции (локальная схема оросительной сети). Применение таких схем при одиночной работе машины кругового действия обеспечивает надежность работы системы насос — локальный трубопровод — дождевальная машина, так как управление работой системы осуществляется по одному параметру — давлению. При этом отпадает необходимость в некотором вспомогательном оборудовании: бустерных насосах, водовоздушных бачках, компрессорах, индукционных расходомерах. Каждый насос можно точно отрегулировать для работы на свой водоподающий тракт.

При использовании в качестве подкачивающей станции электронасосный агрегат (рис. 37) располагают в герметичной камере, представляющей обычную трубу, разделенную по вертикальной оси на две части для подвода воды из низконапорного трубопровода к приемной сетке насоса снизу. Такой подвод воды необходим для

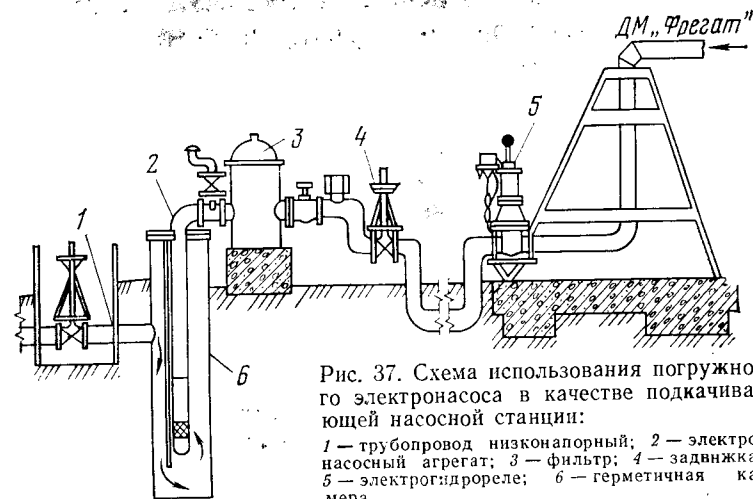


Рис. 37. Схема использования погружного электронасоса в качестве подкачивающей насосной станции:

1 — трубопровод низконапорный; 2 — электронасосный агрегат; 3 — фильтр; 4 — задвижка; 5 — электрогидрореле; 6 — герметичная камера.

омывания наружной поверхности электродвигателя и обеспечения нормального теплового режима его работы.

Значение подпора воды в камере зависит от типоразмера применяемого электронасосного агрегата. Далее вода от насосного агрегата, проделывая обычный путь через фильтр, задвижку, электрогидрореле, попадает в водопроводящий пояс машины. Во избежание гидравлического удара при отключении электроэнергии можно установить гаситель гидравлического удара.

Первоначальный пуск электронасосного агрегата осуществляют одновременно с пуском дождевальной машины. Агрегат при аварийной ситуации останавливается автоматически.

Применение электропогружных насосов, работающих по локальным схемам, позволяет отказаться от металлических труб и применять в качестве подводящего трубопровода к машине асбестоцементные.

Экономическое обоснование принципа рассредоточенной водоподдачи, проведенное Укрюжгипроводхозом на примере Червоноярской, Нижнеднестровской и других оросительных систем на Украине, показало, что в этом случае приведенные затраты по сравнению с системами с одной насосной станцией, обслуживающей группу машин, уменьшаются на 12...27 %, а эксплуатационные затраты — на 9...22 %.

ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ МНОГООПОРНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К МНОГООПОРНЫМ ДОЖДЕВАЛЬНЫМ МАШИНАМ

Многоопорные дождевальные машины рекомендуются применять во всех зонах орошаемого земледелия, где эффективно дождевание, для проведения главным образом вегетационных поливов с внесением минеральных и органических удобрений, а также для борьбы с вредителями сельскохозяйственных культур.

Машины на самоходных тележках применяют для полива всех полевых культур, главным образом высокостебельных, а перекачиваемые трубопроводы — для полива кормовых, фуражных, некоторых видов овощебахчевых культур (преимущественно корнеплодных), а также лугов и пастбищ.

Многоопорные дождевальные машины должны обеспечивать нормальный полив на участках с выровненным и слабоволнистым рельефом, не требующих проведения капитальной планировки. Уклоны поверхности орошения могут быть до 0,03 в направлении движения машины и до 0,02 вдоль водопроводящего пояса.

Местные понижения и повышения рельефа должны быть не более 0,5 м для колесных перекачиваемых трубопроводов и машин типа «Днепр» и не более 1,5 м для машин, работающих в движении («Фрегат», «Коломенка-100», «Кубань-М»). Для фронтальных дождевальных машин, работающих от открытых оросительных каналов, преимущественно рекомендуется применять каналы с уклоном до 0,0001. В противном случае машины должны быть оборудованы передвижной перемычкой или же нужно строить секционные каналы с регулируемым уровнем воды в секциях. Повышенные уклоны требуют применения на машинах (особенно низконапорных) индивидуальных или групповых регуляторов расхода. Кроме того, для машин, работающих от открытых каналов, следует предусматривать мероприятия по очистке воды.

Участки, поливаемые многоопорными дождевальными

машинами, должны быть свободны от деревьев, столбов, ям, канав, наземных инженерных коммуникаций.

При поливе машиной «Фрегат» размеры сторон поля рекомендуется принимать с соотношением 1 : 1 или 1 : 2. Размеры поля выбирают в зависимости от длины трубопровода. Для основной модификации ДМ-454-100 размеры сторон должны быть 900×900 или 900×1 800 м. При поливе колесными перекачиваемыми трубопроводами необходима ширина поля, кратная длине секций, но не более 800 м, а длина — кратная расстоянию между гидрантами, но не более 1 000 м.

Расстояния между оросителями при поливе дождевальными машинами КДТ, «Днепр», «Фрегат» и их длину следует устанавливать в зависимости от рельефа местности, а также по экономически обоснованным технологическим схемам полива для данной природно-хозяйственной зоны. Для сложных и дорогостоящих многоопорных дождевальных машин экономически эффективными будут оросительные системы с расстояниями между оросителями, соответствующими максимальной длине машины, то есть не менее 800 м.

Машины должны обеспечивать качественный полив при скоростях ветра до 5...7 м/с на высоте 2 м с коэффициентом эффективного полива не менее 0,7. При поливе не должно быть лужеобразования и поверхностного стока воды.

Все многоопорные дождевальные машины должны обеспечивать проведение поливов в ночное время, а также позволять вносить с поливной водой минеральные удобрения и ядохимикаты.

Конструкция и размеры движителей многоопорных дождевальных машин должны обладать высокой проходимостью и вместе с тем не допускать повреждения или уничтожения растений более чем на 1,5 % площади.

В нерабочем состоянии машины должны быть устойчивы против воздействия ветра скоростью до 40 м/с.

Машины в целом, а также их активные рабочие органы должны соответствовать Единым требованиям к конструкциям тракторов и сельскохозяйственных машин по технике безопасности и гигиене труда.

Основными критериями для оценки эффективности машины должны служить повышение производительности труда на поливе и урожайности сельскохозяйственных культур.

**ОСОБЕННОСТИ МОНТАЖА И ЭКСПЛУАТАЦИИ
ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН ТИПА «ВОЛЖАНКА»,
«ФРЕГАТ», «ДНЕПР»**

Монтаж колесных дождевальных трубопроводов «Волжанка» на участке орошения должны проводить строительно-монтажные организации или сами хозяйства. В первом случае машину сдают хозяйству по акту. Эксплуатация машины, включая проведение технического обслуживания, возлагается на специально выделенных хозяйством лиц. Проведение всех видов ремонтов осуществляется силами хозяйств, за исключением ремонтов, связанных с рекламацией. Восстановление работоспособности машины в таком случае производится заводом-изготовителем в пределах гарантийного срока.

Для повышения производительности машины необходимо быстро устранять возникающие в процессе работы технические неисправности, стремиться к повышению коэффициента суточного использования ее, организацией двух-трехсменной работы.

Нечеткая организация работ при поливе и техническом обслуживании, отсутствие практических навыков у обслуживающего персонала — главные причины недостаточно эффективного использования колесных дождевальных трубопроводов.

Нормальная эксплуатация колесных дождевальных трубопроводов с наименьшими трудовыми затратами возможна лишь при соответствующей подготовке участка и правильном монтаже машины.

На участке необходимо обозначить контрольные створы, на которых крылья машины в процессе передвижения должны периодически подправляться (выравниваться), так как от своевременного выравнивания зависит размер бокового смещения трубопровода (удаление или приближение к гидранту).

Створы разбивает колхозный (совхозный) землемер или агроном, умеющий работать с геодезическими инструментами (теодолит, буссоль, эккер). Контрольные створы располагают от гидрантов оросителя через 7...9 позиций, то есть 126...162 м строго под углом 90° к оси оросителя. Точность разбивки зависит от того, насколько точно и прямолинейно уложен оросительный трубопровод. Створы на местности обозначают забивкой деревянных колышков высотой 40...60 см через 15...20 м один от

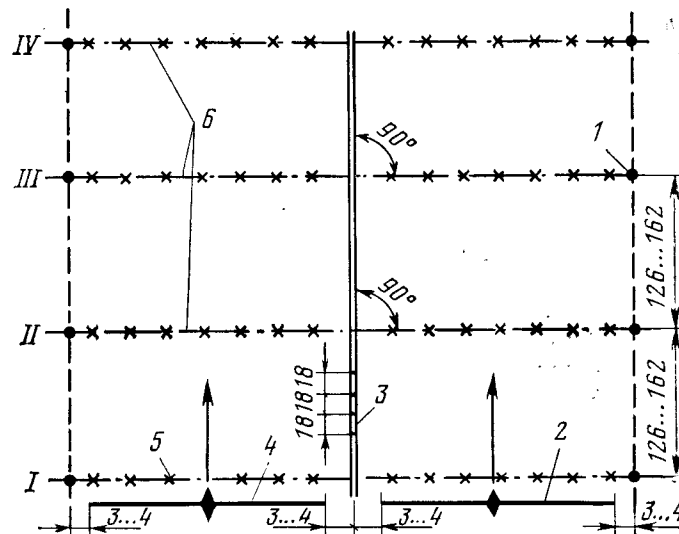


Рис. 38. Схема разбивки створов при эксплуатации колесных дождевальных трубопроводов:

1 — гидрант; 2, 4 — соответственно второе и первое крыло машины; 3 — трубопровод магистральный; 5 — колышек; 6 — обозначенные створы. Размеры в м.

другого. По границам участка в каждом створе забивают вешки, окрашенные в черно-белый цвет, высотой до 1,5 м, хорошо просматриваемые издали (рис. 38).

В процессе эксплуатации машины на размеченных створах подправляют трубопровод. Это необходимо делать до начала его работы, то есть на сухом месте и при отсутствии в нем воды. Перед исправлением трубопровод устанавливают над створом таким образом, чтобы середина тележки оказалась точно над линией створа. Ветровые тормоза должны быть подняты и прикреплены к трубопроводу. Исправление лучше всего начинать с концов трубопровода. Если за один раз трубопровод невозможно совместить с линией створа, то эту операцию повторяют, постепенно приближаясь к тележке. Трубопровод легче переносить, стоя лицом к створу, то есть движением тела вперед. К гидранту трубопровод подключают после выравнивания. Если в момент совмещения конца трубопровода с гидрантом дождевальные аппараты не достигли вертикального положения, движение продолжают до требуемого момента. Однако при подключении

к гидранту необходимо конец трубопровода несколько сдвинуть вручную в сторону гидранта, а перед началом последующего передвижения восстановить положение трубопровода. В процессе полива двигатели тележек должны быть надежно закрыты кожухом или чехлом, чтобы не допустить попадания влаги в карбюратор.

При переездах оператор следит за размером искривления и смещения трубопровода, а при поливе — за постоянным вращением вокруг вертикальной оси дождевальных аппаратов. При необходимости сопла у отдельных неработающих аппаратов прочищают проволокой. Оператор постоянно контролирует также давление воды в трубопроводе по показанию штатного манометра.

Машину на участке собирают согласно заводской инструкции бригадой из 3...4 человек, включая и оператора, который в дальнейшем будет работать с этой машиной. Каждое крыло собирают на исходной позиции вблизи первого контрольного створа. После окончания сборки проводят техническое обслуживание, смазку механизмов и опробование машины на ходу холостым передвижением ее вперед и назад на расстоянии двух позиций. По окончании опробования крылья устанавливают вдоль первого створа и вручную выравнивают трубопровод по вбитым в землю колышкам. Таким образом машина подготавливается к проведению полива. После этого необходимо обязательно подключить крыло к гидранту и промыть трубопровод при открытой концевой заглушке.

Немаловажное значение для правильной эксплуатации дождевальной машины «Фрегат» имеет качество монтажных и регулировочных работ.

Монтаж и гарантийное техническое обслуживание машины «Фрегат» проводят сдаточно-эксплуатационные базы (СЭБ) силами специальных бригад монтажников, оснащенных необходимым оборудованием, транспортом и инструментами. При заводе-изготовителе организовано обучение операторов правилам эксплуатации машин. Эффективность использования машин в значительной степени зависит от организации работ на поливе. В целях достижения эффективной работы необходимо иметь в каждом конкретном случае графики поливов в расчете на каждую машину, увязанные со сроками и нормами поливов сельскохозяйственных культур.

Для повышения производительности машин необходимо быстро устранять возникающие в процессе работы

технические неисправности, стремиться к организации двух-трехсменной работы.

Нормальная работа машины возможна лишь при соблюдении и строгом выполнении всех предусмотренных инструкцией регулировок и требований технического обслуживания.

Перед началом полива оператор обязан осмотреть участок и убедиться, что на трассах кругового движения ходовых тележек нет труднопреодолимых препятствий, которые могли бы привести к поломке машины во время ее движения. Полив начинается с открытия задвижки или запуска насосной станции, обслуживающей машину. При хорошо отработанной технологии и соответствующей квалификации оператор может обслуживать 2...3 машины. Однако при этом он должен быть обеспечен транспортным средством (мотоцикл или мопед). При использовании машины на двух позициях в момент ее транспортирования необходимо организовать бригаду из двух — четырех человек, обеспечить ее тяговым трактором класса тяги 5.

Обычно машину перебазировывают с одной позиции на другую в течение одной смены.

При подготовке машины к эксплуатации необходимо проверить:

- прямолинейность водопроводящего трубопровода (при необходимости подравнивают тележки в одну линию);

- затяжку всех болтов и гаек (при необходимости подтянуть);

- плотность прилегания салазок неподвижной опоры к фундаменту (при необходимости подтянуть болты анкерных цепей);

- расположение резинового шланга, соединяющего регулирующий клапан с клапаном-распределителем (шланг должен проходить у силового рычага со стороны неподвижной опоры);

- правильность расположения толкателей со шпорами колес. Правильность зацепления достигается передвижением направляющих скоб, прикрепленных к стойкам рамы тележки. При опускании толкатели должны входить в зацепление со шпорами. Передний толкатель при подъеме и опускании цилиндра не должен задевать за головку болта крепления оси рычага-переключателя;

- работу механизма переключателя подачи воды и синхронизации скорости движения тележек. Штоки клапа-

нов, тяги и рычаги должны перемещаться легко, без заедания;

зазоры между штоками клапана-распределителя и носком рычага-переключателя, между торцом штока и болтом рычага-распределителя;

линию трубопровода в вертикальной и горизонтальной плоскостях (при необходимости осуществить подтяжку тросов);

надежность закрепления проволоки системы механической защиты у неподвижной опоры и у последней тележки;

легкость хода стержней регуляторов скорости и штоков регулирующих клапанов;

работу системы механической защиты. Если снять проволоку с ролика предпоследней тележки и довести ее до стойки тросовой опоры (при предварительно снятом ртутном переключателе электрозащиты последней тележки с плиты и закрепленном в вертикальном положении), последняя тележка должна остановиться. Если остановка не происходит, то необходимо отрегулировать систему механической защиты;

работу системы автоматического регулирования скорости движения тележек. При остановке последней тележки закрытием крана-задатчика скорости машина должна остановиться из-за прекращения подачи воды в цилиндры трубопровода без снятия напора. Электрическая защита при этом не должна срабатывать;

уровень масла в ступицах колес (при необходимости долить так, чтобы его уровень был выше оси колес).

Кроме этих операций, обязательно промывают подводный трубопровод оросительной системы и водопроводящий — машины, а также смазывают оси всех шарниров на тележках и неподвижной опоре согласно карте смазки.

При обнаружении дефектов, нарушений регулировки, отсутствии смазки на трущихся поверхностях машину не запускают в работу до тех пор, пока не будут приняты надлежащие меры.

Регулировку тросовой оснастки, скорости движения тележек, механической и электрической защиты, а также устранение неисправностей проводят в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

Монтаж дождевальной машины «Днепр» выполняет бригада механизаторов, в составе которой должен быть

электрик, а также тракторист-оператор. Для монтажа необходимы автокран или погрузчик, трактор с прицепом, деревянные крестовины для монтажа трубопровода, колья для разметки.

Одновременно обычно эксплуатируется 4...8 машин, обслуживаемых 1...2 передвижными электростанциями, передвижаемыми по дорогам, проложенным вдоль линии гидрантов.

При передвижении машины оператор должен наблюдать за прямолинейностью и правильным направлением движения машины. При уводе трубопровода от линии гидрантов оператор должен остановить первую тележку.

Последняя тележка продолжает движение до тех пор, пока трубопровод не станет под углом 90° к линии гидрантов. После этого движение всей машины продолжается. Если машина приближается к линии гидрантов, то останавливается последняя тележка.

Работу машин следует планировать в две или три смены. Для четкой организации труда разрабатывают часовую график продолжительности полива и последовательности передвижения машин.

Для осевой буксировки машины с одного участка на другой применяют трактор с ходоуменьшителем класса тяги 3...4.

Три-четыре машины обслуживает бригада из четырех человек (2 оператора и 2 электрика).

На первом году эксплуатации для каждой машины первую колею прокладывают по предварительно размеченной трассе. После получения заметной колеи машина движется практически по одному следу.

Виды, периодичность и трудоемкость технического обслуживания дождевальных машин «Волжанка», «Фрегат», «Днепр» приведены в таблице 12.

В целях правильной эксплуатации и обслуживания дождевальной техники созданы районные производственные объединения «Полив» (РПО «Полив»). На них возложено обеспечение бесперебойной работы дождевальных машин, в том числе и многоопорных, в соответствии с графиками и очередностью полива для достижения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Взаимоотношения РПО «Полив» с хозяйствами строятся на договорных началах с оплатой выполненных

12. Виды, периодичность и трудоемкость технического обслуживания дождевальных машин «Волжанка», «Фрегат», «Днепр»

Вид технического обслуживания	Периодичность, ч	Исполнители			Трудоемкость, часы рабочего времени
		профессия	число человек	разряд работ	
ДМ «Волжанка»					
Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО)	Перед началом работы	Тракторист-машинист (оператор)	1	IV	1,52
Периодическое техническое обслуживание (ПТО)	240	Тракторист-машинист (оператор), слесарь	1	IV	3,36
Сезонное техническое обслуживание:			1	IV	3,00
при снятии с длительного хранения (СТО-1)	Перед началом поливного периода	Слесарь	2	IV	6,97
при подготовке к длительному хранению (СТО-2)	После окончания поливного периода	»	2	IV III	11,16 10,0
ДМ «Фрегат»					
Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО)	Ежедневно	Тракторист-машинист (оператор)	1	VI	0,6
Периодическое техническое обслуживание № 1 (ПТО-1)	После каждого оборота	То же	1	VI	1,6
Периодическое техническое обслуживание № 2 (ПТО-2)	После 3 оборотов	» »	1	VI	2,8
Периодическое техническое обслуживание № 3 (ПТО-3)	После 6 оборотов	» »	1	VI	3,92
Сезонное техническое обслуживание:	Перед началом по-	Слесарь	2	IV III	5,22 2,57
		»	2	V IV	16,5 15,0

Продолжение

Вид технического обслуживания	Периодичность, ч	Исполнители			Трудоемкость, часы рабочего времени
		профессия	число человек	разряд работ	
вание при снятии с длительного хранения (СТО-1)	После окончания поливного периода	»	2	IV III	23,9 5,4
Сезонное техническое обслуживание при подготовке к длительному хранению (СТО-2)					
<i>ДМ «Днепр»</i>					
Ежедневное техническое обслуживание (ЕТО)	Ежедневно	Тракторист-машинист (оператор)	1	IV	0,3
Периодическое техническое обслуживание (ПТО)	480	То же	1	IV	1,3
Сезонное техническое обслуживание при снятии с длительного хранения (СТО-1)	Перед началом поливного периода	Слесарь-монтажник	3	IV III	59,51 39,4
Сезонное техническое обслуживание при подготовке к длительному хранению (СТО-2)	После окончания поливного периода	Слесарь-электрик	1	IV	19,7
		Слесарь-монтажник	3	III	76,68
		Слесарь-электрик	1	IV	10,9

работ в зависимости от полученной урожайности. На обслуживание РПО передается внутрихозяйственная оросительная сеть с насосными станциями и дождевальной техникой. В зависимости от направленности хозяйств, типа используемой дождевальной техники, территориального расположения хозяйств и других условий за РПО закрепляют 2...20 тыс. га. Основная производственная единица объединения — производственный участок, обслуживающий орошаемый массив одного колхоза.

СЛУЖБА ЭКСПЛУАТАЦИИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН «КУБАНЬ-М»

Дождевальная машина «Кубань-М» — это полностью автоматизированная, достаточно сложная машина. Для ее эксплуатации требуется персонал высокой квалификации.

Шефмонтаж этой машины проводит завод-изготовитель с привлечением подрядных организаций или местных сдаточно-эксплуатационных баз.

Внедрение в производство этих новых широкозахватных дождевальных машин, их высокоэффективное применение, в особенности в условиях группового использования, невозможно без создания рациональной, научно обоснованной инженерной службы эксплуатации.

Эта служба должна обеспечивать: проведение высококачественных поливов сельскохозяйственных культур в соответствии с принятым режимом их орошения; нормативную техническую готовность; правильную эксплуатацию и бесперебойную работу поливной техники, внутрихозяйственной части оросительной сети и насосных станций.

Эксплуатация и техническое обслуживание элементов внутрихозяйственной оросительной сети (ВОС) осуществляется: собственными силами хозяйств и межхозяйственными предприятиями по мелиорации, районными производственными объединениями «Полив» и управлениями по эксплуатации оросительных систем, а также районными объединениями Госкомсельхозтехники и сдаточно-эксплуатационными базами завода «Фрегат».

В соответствии с Рекомендациями по созданию инженерной службы эксплуатации ЭДМФ «Кубань-М», разработанными ВНПО «Радуга» и согласованными с Минводхозом СССР, низовой производственной единицей, эксплуатирующей и обслуживающей оросительные системы с групповым использованием дождевальных машин «Кубань-М», независимо от организационной формы должен стать эксплуатационный участок. В его состав (рис. 39) входят звенья эксплуатации стационарных подкачивающих насосных станций, поливальщиков и периодического технического обслуживания.

Звено эксплуатации стационарных подкачивающих насосных станций осуществляет бесперебойную подачу требуемого расхода воды, обеспечивающего нормальную

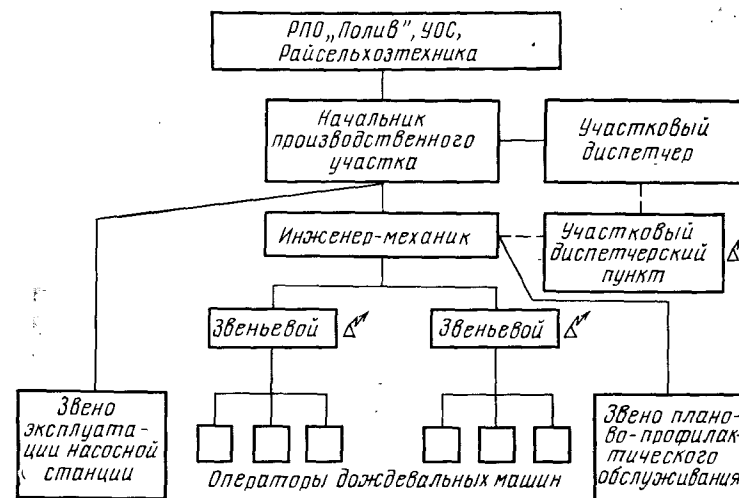


Рис. 39. Схема организации инженерной службы по эксплуатации дождевальной машины «Кубань-М».

работу дождевальных машин, проводит регламентированное техническое обслуживание и устраняет неисправности всего оборудования насосных станций, ведет учет их работы.

В состав звена эксплуатации насосных станций входят: мотористы (дежурный персонал) и ремонтники (слесарь VI разряда и электромонтер VI разряда) по ремонту и наладке гидромеханического и электротехнического оборудования. Согласно действующим нормативам, стационарную подкачивающую насосную станцию с расходом до 1000 л/с обслуживает в смену один моторист, а с расходом более 1000 л/с — два.

Таким образом, с учетом подменных, звено дежурных на насосной станции с расходом до 1000 л/с составляет четыре человека, а с расходом более 1000 л/с — восемь. Ремонтники могут обслужить до 15 стационарных подкачивающих и 3...4 агрегатных насосных станций.

В состав звена поливальщиков входят операторы-поливальщики и заправщики топливно-смазочными материалами.

Операторы осуществляют полив сельскохозяйственных культур, соблюдая принятый режим орошения и

обеспечивая требуемый режим работы машины, проводят ежедневные технические обслуживания ее, наблюдают за работой элементов оросительной системы (устраняют неисправности первой группы сложности, а при необходимости вызывают звено технического обслуживания; передают в ремонт оборудование; принимают участие в проведении консервации и расконсервации дождевальных машин).

Один оператор-поливальщик обслуживает 3...4 дождевальные машины «Кубань-М».

При отказе, вызывающем остановку машины системой аварийной защиты, оператор-поливальщик, обслуживающий группу машин, обнаруживает неисправную машину и, проведя осмотр и диагностику отказа, устраняет неисправность самостоятельно. При сложных отказах оператор передает по радиации на участковый диспетчерский пункт заказ на проведение ремонтных работ специализированными звеньями ППО.

Оптимальная нагрузка оператора-поливальщика определяется составляющими элементов процесса обслуживания — временем переезда, диагностикой и устранением отказа в случае необходимости, вызовом звена ППО.

По теории массового обслуживания среднее число дождевальных машин, нуждающихся в обслуживании в единицу времени λ_0 , средняя продолжительность обслуживания одной машины t_{cp} и среднее число обслуженных машин в единицу времени $\mu_i = 1/t_{cp}$ характеризуют интенсивность обслуживания и служат основными критериями для определения рациональной загрузки оператора-поливальщика:

$$\lambda_0 = \sum_{i=1}^n \lambda_i, \quad (114)$$

где λ_i — интенсивность потока требований на обслуживание одной дождевальной машины; n — число дождевальных машин.

Основным условием для определения нагрузки оператора дождевальной машины «Кубань-М» должно быть соотношение

$$\lambda_0/\mu_i \leq 1 \text{ или } n\lambda_i/\mu_i \leq 1, \text{ откуда } n \leq \mu_i/\lambda_i.$$

Зная численные значения λ_i и μ_i , можно определить оптимальную нагрузку оператора-поливальщика.

Интенсивность потока требований зависит от показателей надежности машины, наработки на отказы I, II и

III групп сложности, периодичности планового технического обслуживания, продолжительности ее использования в течение суток, то есть

$$\lambda_i = 1/H_I + 1/H_{II} + 1/H_{III} + 1/P_{ТО}, \quad (115)$$

где H_I , H_{II} , H_{III} — соответственно наработки на отказ I, II и III групп сложности; $P_{ТО}$ — периодичность проведения планово-профилактического обслуживания.

Задавая различную продолжительность работы машин ($t_{сут}$) наработкой на отказы различных групп сложности по уравнению (115), определяют численное значение параметра λ_i (табл. 13).

13. Интенсивность потока требований на обслуживание одной машины в зависимости от ее суточной загрузки

Группа сложности	Наработка на отказ, ч	Значение λ_i при $t_{сут}$, ч				
		24	20	16	12	8
I	30	0,8	0,66	0,53	0,4	0,26
	40	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
	50	0,48	0,4	0,32	0,24	0,16
	100	0,24	0,2	0,16	0,12	0,08
II	200	0,12	0,10	0,08	0,06	0,04
	300	0,08	0,066	0,053	0,04	0,026
	500	0,048	0,040	0,032	0,024	0,016
	700	0,034	0,028	0,022	0,017	0,011
III	800	0,03	0,025	0,02	0,015	0,01
	1 000	0,024	0,020	0,016	0,012	0,008
	1 200	0,02	0,0166	0,0133	0,01	0,006

Интенсивность обслуживания μ_i машин «Кубань» зависит от многих факторов. К числу основных относят среднее время обслуживания:

$$t_{cp} = t_{обсл} + t_{п}, \quad (116)$$

где $t_{обсл}$ — среднее время технического обслуживания или устранения отказа машины оператором-поливальщиком; $t_{п}$ — время на переезды оператора-поливальщика от одной машины к другой.

Для машин «Фрегат», «Волжанка» и «Днепр» продолжительность устранения отказа I группы сложности составляет 1,2...1,5 ч, а время, затрачиваемое на переезды, — 0,25...0,5 ч. Аналогичной будет продолжитель-

ность устранения отказа I группы и для дождевальной машины «Кубань-М», то есть $t_{cp} = 1,5 \dots 2$ ч.

Принимая в качестве исходных данных значения интенсивностей для I группы сложности (см. табл. 13) и наработки на отказы II и III групп сложности соответственно 500 и 1 000 ч при периодичности технического обслуживания ТО № 1 60 ч, определяют суммарное значение λ_i с учетом круглосуточной работы дождевальной машины «Кубань-М»:

Наработка на отказ I группы сложности H_I , ч	Интенсивность потока требований при $t_{сут} = 24$ ч, $H_{II} = 500$ ч, $H_{III} = 1000$ ч
30	1,272
40	1,072
50	0,952
100	0,712

Нагрузку оператора-поливальщика с учетом конкретных условий его работы и работы машины можно установить по номограмме (рис. 40). Так, при продолжительности рабочей смены 7 ч, наработке на отказ I группы сложности 50 ч (средняя наработка на отказ широкозахватных дождевальных машин «Фрегат» и «Днепр») и

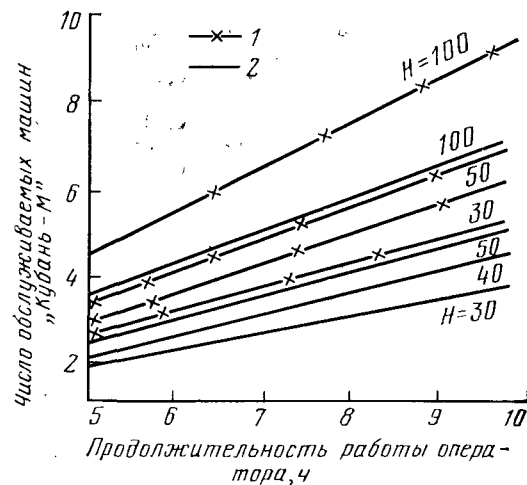


Рис. 40. Номограмма для определения нагрузки оператора дождевальной машины «Кубань-М»:
1 — при $t_{cp} = 1,5$ ч; 2 — при $t_{cp} = 2$ ч.

продолжительности устранения отказа 1,5 и 2 ч оператор сможет обслужить 3...4 дождевальные машины «Кубань-М».

Планово-профилактическое обслуживание дождевальной машины «Кубань-М» включает следующие операции: консервацию и расконсервацию машин, регламентированное обслуживание, проведение мелкого полевого ремонта, замену отказавшего контрольно-измерительного оборудования, обеспечение запасными частями.

Ожидаемый объем работ по планово-профилактическому обслуживанию машины «Кубань-М» определяют расчетом на основе эксплуатационных режимов орошения сельскохозяйственных культур, а также нормативов периодичности и трудоемкости технического обслуживания (табл. 14).

14. Виды, периодичность и трудоемкость технического обслуживания дождевальной машины «Кубань-М»

Вид технического обслуживания	Обозначение	Периодичность технического обслуживания, ч	Трудоемкость одного технического обслуживания, часы рабочего времени
Сезонное	СТО № 1	Перед началом поливных работ	169,6
Ежедневное	ЕТО	8...10	0,8
Периодическое	ТО № 1	60	12,1
	ТО № 2	240	25,3
	ТО № 2 + ПТОК	480	78,9
	ТО № 3	960	107,6
Сезонное	СТО № 2	После окончания поливных работ	133,8
В период хранения	ТО	Один раз в месяц	2,0

Трудоемкость работ по техническому обслуживанию определяют по выражению:

$$T_{ТО} = t_{СТО \text{ № 1}} + t_{ПТО} + t_{ТН} + t_{СТО \text{ № 2}}, \quad (117)$$

где $t_{СТО \text{ № 1}}$, $t_{СТО \text{ № 2}}$ — трудоемкость сезонных технических обслуживаний $t_{ПТО}$ — трудоемкость периодических (номерные) технических обслуживаний; $t_{ТН}$ — трудоемкость устранения технических неисправностей (отказы машины «Кубань-М» при эксплуатации).

Общую трудоемкость сезонных технических обслуживаний определяют по формуле

$$t_{\text{СТО № 1, № 2}} = \sum_{j=1}^i \sum_{i=1}^n T_j n, \quad (118)$$

где T_j — трудоемкость сезонного технического обслуживания.

Трудоемкость периодического технического обслуживания определяют по формуле

$$t_{\text{ПТО}} = \sum_{i=1}^{i=n} t_1 K_1 + \sum_{i=1}^{i=n} t_2 K_2 + \dots + \sum_{i=1}^{i=n} t_i K_i, \quad (119)$$

где t_1, t_2, \dots, t_i — трудоемкость периодического (номерное) технического обслуживания; n — число дождевальных машин «Кубань-М» на севооборотном участке; K_1, K_2, \dots, K_i — число плановых (номерные) технических обслуживаний.

Трудоемкость работ по устранению неисправностей принимают на уровне других широкозахватных дождевальных машин (20 % работ по техническому обслуживанию).

Число периодических обслуживаний дождевальной машины «Кубань» можно определить по ее сезонной нагрузке $W_{\text{сез}}$ (га) и загрузке $T_{\text{сез}}$ (ч). Для этой цели можно использовать номограмму (рис. 41).

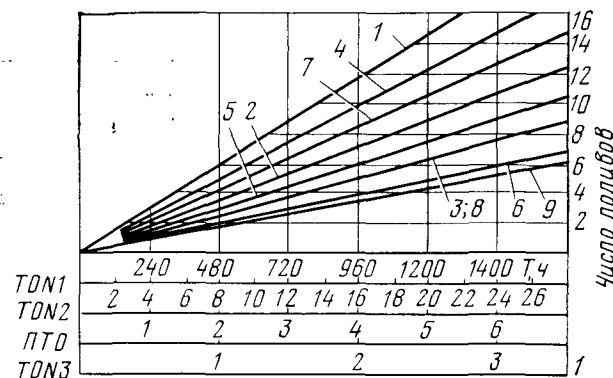


Рис. 41. Номограмма для определения числа технических обслуживаний дождевальной машины «Кубань-М»:

1 — $W_{\text{сез}}=125$ га, $m=300$ м³ на 1 га; 2 — $W_{\text{сез}}=125$ га, $m=500$ м³ на 1 га; 3 — $W_{\text{сез}}=125$ га, $m=700$ м³ на 1 га; 4 — $W_{\text{сез}}=150$ га, $m=300$ м³ на 1 га; 5 — $W_{\text{сез}}=150$ га, $m=500$ м³ на 1 га; 6 — $W_{\text{сез}}=150$ га, $m=700$ м³ на 1 га; 7 — $W_{\text{сез}}=175$ га, $m=300$ м³ на 1 га; 8 — $W_{\text{сез}}=175$ га, $m=500$ м³ на 1 га; 9 — $W_{\text{сез}}=175$ га, $m=700$ м³ на 1 га.

Пример. Если на площади 175 га требуется провести 5 поливов, из которых 2 — нормой 300 м³ на 1 га и 3 — нормой 500 м³ на 1 га, число периодических обслуживаний определяют следующим образом.

По числу поливов, равному двум, определяют общее время их проведения по точке пересечения с наклонной прямой 7: 240 ч. Далее по горизонтальной прямой, характеризующей число поливов, равное трем, находят точку пересечения с наклонной прямой 8: 560 ч. Всего на проведение 5 поливов требуется затратить 800 ч. Опуская вниз перпендикуляр из точки, отвечающей нагрузке 800 ч, получают: 14 технических обслуживаний № 1, 3...4 — ТО № 2, 2 — ПТО и 1 — ТО № 3.

Можно использовать и средневзвешенное значение поливной нормы. Если требуется провести 2 полива нормой 350 м³ на 1 га и 3 полива нормой 600 м³ на 1 га, то оросительная норма при этом равна 2500 м³ на 1 га, а средневзвешенная — 500 м³ на 1 га. Пересечение горизонтальной прямой (5 поливов) с наклонной 8 ($W_{\text{сез}}=175$ га, $m_{\text{ср}}=500$ м³ на 1 га) даст значение сезонной загрузки примерно 960 ч. Опуская перпендикуляр из точки, отвечающей этой нагрузке, получают: 1 — ТО № 3, 2 — ПТО (одно из которых проводится совместно с ТО № 3), 4 — ТО № 2 (два из которых проводятся одновременно с ПТО), 16 — ТО № 1 (четыре из которых проводятся одновременно с ТО № 2). Таким же образом можно определить число технических обслуживаний для всего парка ЭДМФ «Кубань-М», находящегося в хозяйстве.

Ежесменное техническое обслуживание осуществляет машинист-оператор; периодическое (номерное) — звено ППО в составе мастера-наладчика, слесаря-электрика и двух слесарей; сезонное — звено ППО совместно с машинистом-оператором.

При проведении ежесменного технического обслуживания необходимо:

убедиться в отсутствии подтекания масла, топлива и охлаждающей жидкости у дизеля, подтекания масла из редукторов;

проверить допустимые прогибы и искривление линии трубопровода, совпадение колеи передних и задних колес у опорных тележек;

если нужно, дозаправить дизель маслом, водой, топливом;

в течение смены следить за показаниями приборов, сверяя их с инструктивными данными, следить за уровнем масла в соответствующих емкостях, уровнем воды в водяном радиаторе и т. д.;

наблюдать за работой подшипников; при появлении характерных стуков и шумов остановить машину и двигатель, выявить причину неисправности и устранить ее;

осуществлять проверку работы электрооборудования. При отклонении напряжения в сети не более $\pm 10\%$ проверяют правильность выравнивания крыльев машины в линию, заданный режим работы машины, стабилизацию движения машины по каналу;

проверять герметичность всасывающей линии, вибрацию насоса, подтекание воды через сальниковую набивку, уровень масла в подшипниках насоса;

визуально проверять работу манометра, герметичность соединения фланцев труб, работу сливных клапанов, отсутствие засорения сопел дождевальных аппаратов.

Непрерывная работа дизеля на оборотах холостого хода продолжительностью свыше 30 мин запрещена.

При проведении технического обслуживания № 1 необходимо:

проверить надежность крепления дизеля, генератора, насоса на центральной тележке, крепления редукторов, колес на опорных тележках;

осуществить диагностирование и при необходимости отрегулировать состояние крыльчатого вентилятора дизеля и натяжение ремня его привода, зазоры клапанного механизма дизеля, показания контрольно-измерительных приборов и машины на щите управления, давление воздуха в шинах;

промыть и очистить фильтр грубой очистки топлива, слив и отстой из фильтра тонкой очистки, ротор центрифуги, сетки масляного фильтра-холодильника, шумоглушитель на воздухопуске (промыть в дизельном топливе), пакет воздухоочистителя (промыть в дизельном топливе), вентиляционные отверстия пробок, выводы аккумуляторных батарей;

проверить уровень и дозаправить картер двигателя (поддон), регулятор топливного насоса, аккумуляторную батарею;

смазать дизель согласно инструкции по эксплуатации.

При проведении технического обслуживания № 2 необходимо:

выполнять все работы в объеме технического обслуживания № 1;

промыть и очистить масляную систему дизеля, приемный фильтр в маслосборнике, магниты, масляную ванну турбонагнетателя на подшипниках качения, распыли-

тели форсунок при дымном выхлопе, систему охлаждения;

промыть топливом картер топливного насоса, после чего в горловину на передней стенке насоса залить 200 г свежего масла;

сменить воду в системе охлаждения; проверить действие паровоздушного клапана на водяном радиаторе и уплотнение водяного насоса; очистить снаружи радиатор; проверить работу термостата;

проверить центровку дизеля с генератором и насосом, угол опережения подачи топлива, шплинтовку шатунных болтов, сопротивление изоляции электрических цепей дизеля, погрешность измерительных приборов и устройств;

провести техническое обслуживание генератора, стартера, реле-регуляторной коробки, аварийного стоп-устройства, пульта аварийно-предупредительной сигнализации, щитов и блоков автоматики дизеля согласно инструкциям по их эксплуатации;

через 480 мото-часов на краю поля осуществить периодическое техническое обслуживание (ПТО) машины;

осуществить диагностирование и при необходимости регулировку прогиба фермы каждого пролета; прямолинейности движения трубопровода машины; систем управления движением машины в линию и по курсу; контрольно-измерительных цепей и систем защиты машины; соосности вращения вала дизеля с валом генератора, вала дизеля с валом насоса;

подтянуть клеммы (силовой цепи) генератора, щита генератора, подсоединения электродвигателей, приборов управления тележки;

проверить сопротивление изоляции силовых цепей управления;

сменить смазку у редукторов колесных и мотор-редукторов центральных и опорных тележек.

При проведении технического обслуживания № 3 необходимо:

провести техническое обслуживание ТО № 1, № 2 и ПТО;

осуществить комплексное (общее) диагностирование машины, двигателя; определить мощность и массовый расход топлива; состояние цилиндропоршневой группы, масляной системы; системы силовых цепей электродвигателей; редукторов опорных тележек; системы цепей управления синхронизации движения машины по курсу;

по результатам диагностирования при необходимости выполнить ремонтные работы.

При проведении сезонного технического обслуживания и подготовке к длительному хранению необходимо: снять фланцы с отстойников; под давлением промыть трубопровод; установить машину на место, отведенное для зимнего хранения.

При консервации дизеля необходимо:

с дизелей, реверсивно-редукторных передач и узлов полностью слить остатки отработанного масла;

всю наружную поверхность чисто и насухо вытереть, неокрашенные поверхности промыть дизельным топливом;

в поддон дизеля, масляную ванну реверсивно-редукторной передачи, турбонагнетателя, в корпус топливного насоса и регулятора топливного насоса залить смазку К-17 до рабочего уровня;

провести регламентные работы по консервации дизеля согласно заводской инструкции;

упаковать силовой агрегат;

очистить от пыли и грязи насос, удалить из него воду; промыть подшипники и заполнить новой смазкой; неокрашенные места покрыть защитной смазкой;

снять дождевальные насадки и манометр; резьбовые отверстия смазать и вставить в них заглушки;

снять мотор-редукторы;

снять блок прибора времени;

накрыть приборы управления тележки полиэтиленовыми мешками;

поставить машину на колодки, снизить давление в шинах до 5 Н/см², окрасить шины в белый цвет;

поднять водозаборное устройство и очистить от грязи; законсервировать топливные баки;

очистить от ржавчины и подкрасить поврежденные места узлов и деталей машины;

снять аккумуляторную батарею;

смазать машину;

составить акт о постановке машины на хранение.

В период длительного хранения необходимо один раз в месяц проверять: надежность и устойчивость положения машины на колодках; наличие полиэтиленовых мешков на приборах управления тележками; целостность упаковки дизеля. При необходимости следует освежить

окраску, побелку и покрытие антикоррозионными смазками.

Сезонное техническое обслуживание при снятии с хранения начинается с расконсервации дизеля. Работы проводят согласно заводской инструкции. Далее необходимо установить дождевальные насадки и манометр, блок прибора времени, аккумуляторную батарею; расконсервировать и заправить топливные баки; снять машину с колодок и увеличить давление в шинах; снять полиэтиленовые мешки с приборов управления тележками; измерить сопротивление изоляции кабелей; проверить исправность работы электрооборудования.

Эффективная эксплуатация дождевальной машины «Кубань-М», особенно при групповой работе, кроме своевременного технического обслуживания, зависит и от обеспечения ее топливно-смазочными материалами. Своевременная и регулярная заправка топливом зависит от места расположения нефтебазы и соответствующего числа топливомаслозаправщиков.

Потребное число топливомаслозаправщиков определяют по следующей формуле:

$$N_z = - \frac{\eta_m n t_3 K}{T_{см.з} - (t_n + t_n) \delta_3 \eta_3}, \quad (120)$$

где n — число машин «Кубань-М», работающих на севооборотном участке; η_m — коэффициент использования машин; t_3 — продолжительность заправки; K — требуемое число заправок машин в сутки; $T_{см.з}$ — продолжительность рабочей смены топливомаслозаправщика; t_n — время на переезды топливомаслозаправщика за смену; η_3 и δ_3 — коэффициенты соответственно использования времени смены и сменности топливомаслозаправщика, обычно $\eta_3 = 0,8$, $\delta_3 = 1,2$.

При круглосуточной работе и коэффициенте использования $\eta_m = 0,8$ расход топлива одной машиной в среднем составляет около 700 л.

Для заправки дизелей машины «Кубань-М» можно использовать механизированные заправочные на шасси автомобилей и прицепные агрегаты (табл. 15 и 16).

Для ориентировочной оценки потребности в топливомаслозаправщиках можно принять, что при расстоянии переезда от центра орошаемого участка до нефтебазы 10...12 км и гидромодуле $q = 1$ л. с. на 1 га агрегат на шасси автомобиля ГАЗ-57 может обслужить 8...10 дождевальных машин «Кубань-М», а на шасси трактора МТЗ-50 при тех же условиях — 5...7 машин.

15. Техническая характеристика самоходных топливомаслозаправщиков МЗ-3904

Показатель	Марка агрегата			
	03-415	03-115M	03-2842	03-1664
Шасси автомобиля	ГАЗ-63	ГАЗ-63	ГАЗ-66	ГАЗ-51А
Вместимость, л:				
дизельного топлива	1 500	1 800	1 500	1 800
бензина	80	80	80	80
дизельного масла	85	80	80	95
автотракторного масла	60	60	60	60
воды	85	80	80	95
консистентной смазки	20	20	20	20

Продолжение

Показатель	Марка агрегата		
	03-1926	03-4795	03-3907
Шасси автомобиля	ГАЗ-51А	ГАЗ-52-01	ГАЗ-52-01
Вместимость, л:			
дизельного топлива	1 800	1 970	1 900
бензина	80	80	80
дизельного масла	85	80	80
автотракторного масла	60	80	80
воды	85	80	80
консистентной смазки	20	20	20

16. Техническая характеристика прицепных топливомаслозаправщиков МЗ-3905Т

Показатель	Марка агрегата			
	03-1362	03-1401	03-1362И	03-1400И
Марка прицепа	2ПТС-4М	2ПТС-4	2ПТС-4М	2ПТС-4МЗ-793
Вместимость баков, л:				
дизельного топлива	2 400	1 800	1 770	1 770
бензина	100	100	85	80
дизельного масла	200	100	105	160
автотракторного масла	—	100	105	100
трансмиссионного масла	100	50	—	—
воды	100	100	105	80
консистентной смазки	20	20	20	20

Состав, нагрузка и оснащение инженерной службы приведены в таблице 17.

17. Состав, нагрузка и оснащение инженерной службы

Структурное подразделение	Нагрузка, тыс. га	Состав подразделения		Оснащение техническими средствами	орг. ин.
		должность	образование, разряд		
Звено операторов-поливальщиков	1,2...1,6, 8 ЭДМФ «Кубань-М»	Заправщик ТСМ	СПТУ, IV	1 Автобензоаппарат МЗ-3904	1
		Оператор-поливальщик, один на 3...4 машины	Среднее, VI	1 Мотоцикл или мотоллер	1
Звено периодического технического обслуживания	2...3,2, 16 ЭДМФ «Кубань-М»	Мастер-наладчик (звеньевой)	Среднетехническое, VI	1 АПМ типа ГОСНИТИ-2	1
		Слесарь-электрик	Среднее, V	1 Рация типа РТ-21	1
Звено эксплуатационных насосных станций	1,5...2	Моторист	Среднее, VI	1 Рация типа «Карат-М»	1
		Слесарь До 15 стационарных насосных станций	VI	1 АПМ типа ГОСНИТИ-2	1
		Электромонтер	VI	1 Рация типа РТ-21	1

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИВА МНОГООПОРНЫМИ ДОЖДЕВАЛЬНЫМИ МАШИНАМИ

Общие сведения об элементах технологии полива. Для составления технологических схем полива многоопорными дождевальными машинами, как и для всех остальных дождевальных машин, необходимо иметь: технико-эксплуатационные показатели машины (длина, рабочий расход, интенсивность, структура дождя и т. д.); сведения об агрофоне; данные о климатических и почвенно-рельефных условиях орошаемого поля (тип, рельеф, уклоны, механический состав и водно-физические свойства почвы); показатели поливного режима орошаемой культуры (сроки поливов, поливные и оросительные нормы) с учетом интенсивности дождя, уклонов поверхности, скорости впитывания воды в почву; данные о потерях воды на испарение в период дождевания; коэффициенты использования рабочего времени машины (в смену — $K_{см}$, в сутки — $K_{сут}$, в сезон — $K_{сез}$). Используя эти данные, можно разработать такую схему полива, при которой максимально будут реализованы технико-эксплуатационные показатели машины и обеспечен своевременный и качественный полив растений.

Поливная норма должна соответствовать норме водопотребления орошаемой культуры за один полив. Ее устанавливают по влагоемкости и предполивной влажности почвы (А. Н. Костяков):

$$m = 100 \gamma_n h_n (\beta_{н.в} - \beta_0) \text{ (м}^3 \text{ на 1 га)}, \quad (121)$$

где γ_n — плотность расчетного слоя почвы; h_n — глубина промачивания почвы; $\beta_{н.в}$, β_0 — наименьшая влагоемкость и предполивная влажность почвы.

После установления режимов орошения сельскохозяйственных культур, размещенных на данном поле или севообороте, и определения норм полива в отдельные периоды вегетации определяют гидромодуль или удельную водоподачу как для отдельной культуры, так и для севооборота в целом.

Значение гидромодуля для каждой культуры и для каждого полива определяют по формуле

$$q = \alpha_k m / (86,4t), \quad (122)$$

где q — удельная потребность культуры в воде; α_k — доля культуры

на поле или в севообороте; m — поливная норма; t — продолжительность полива.

Построением отдельных графиков гидромодуля получают укомплектованный график гидромодуля, по которому определяют расчетный расход воды, приходящейся на данный участок или севооборот.

При использовании биоклиматического метода ординаты гидромодуля рассчитывают без построения и комплектования графиков. Зная среднесуточный дефицит водопотребления для отдельных культур или севооборота в целом, ординату гидромодуля определяют по формуле

$$q = \Delta l_v / 86,4, \quad (123)$$

где Δl_v — дефицит суточного водопотребления.

Для севооборотного массива осредненную ординату гидромодуля определяют суммированием ординат одновременно поливаемых культур с учетом их удельного веса в севообороте.

Продолжительность полива одного поля не должна превышать для зернокармального и свекловично-зернового севооборотов 7 сут; для овощного — 3...5; для лугопастбищного — 5...7 сут.

Расчетная глубина увлажненияемого (корнеобитаемого) слоя и минимальная допустимая влажность почвы для различных культур приведены в таблицах 18, 19.

Истинная интенсивность дождя p отражает интенсивность в точке на поверхности почвы, подверженной дож-

18. Расчетная глубина увлажненияемого слоя почвы для различных орошаемых культур

Культуры	Расчетный слой, м	
	в первую половину вегетации	во вторую половину вегетации
Озимая пшеница	0,8	0,8
Кукуруза	0,5	1,0
Сахарная свекла	0,5	0,8
Люцерна 2-го года пользования	1,0	1,0
Помидоры	0,4	0,7
Картофель	0,5	0,7
Капуста ранняя	0,3	0,6

19. Минимальная допустимая (предполивная) влажность почвы в расчетном слое для различных культур, % полевой влагоемкости

Культуры	Незасоленные почвы		Слабозасоленные почвы	
	тяжелые	легкие	тяжелые	легкие
Многолетние травы	70...75	65...70	75...80	70...75
Зерновые	65...70	60...65	70...75	65...70
Кукуруза	65...70	65...70	75...80	70...75
Корнеплоды	70...75	65...70	75...80	70...75
Овощные	75...80	70...75	80...85	75...80
Картофель	65...70	60...70	75...80	70...75
Фруктово-ягодные	70...80	60...70	75...80	70...75

деванию. Она выражается отношением приращения слоя осадков dh к приращению времени dt :

$$\rho = dh/dt. \quad (124)$$

Средняя интенсивность дождя по площади одновременного полива для машин позиционного действия — это частное от деления минутного расхода воды, подаваемой машиной на площадь захвата дождем:

$$\rho_{\text{ср}} = 60Q/(bl), \quad (125)$$

где Q — расход машины; b и l — соответственно ширина и длина площади захвата дождем по крайним каплям за все время стоянки.

Мгновенную (фиктивную) интенсивность дождя для фронтальных машин, работающих в движении, рассчитывают по формуле

$$\rho_{f_{\text{фр}}} = 60Q_i'(bl_0), \quad (126)$$

где l_0 — длина площади захвата в данный момент времени.

Мгновенную (фиктивную) интенсивность дождя для машин кругового действия определяют по формуле

$$\rho_{f_{\text{кр}}} = 120Q_i/(R^2\alpha_c), \quad (127)$$

где R — радиус полива машиной по крайним каплям; α_c — угол сектора захвата в данный момент времени.

Слой осадков за проход для машин, работающих в движении, определяется по формулам:

для фронтальных машин

$$h = 60Q_i/(v_{\text{ср}}b), \quad (128)$$

для машин кругового действия (приблизительно)

$$h = 60Q_i/(2\pi Rv_{\text{ср}}), \quad (129)$$

где $v_{\text{ср}}$ — средняя скорость движения машины с учетом кратковременных остановок (пауз); $v_{\text{макс}}$ — максимальная скорость движения последней тележки.

Пределом продолжительности дождевания считают момент лужеобразования и начало стока воды на поле. Практически до этого момента скорость впитывания воды в почву больше или равна мгновенной (для машин, работающих в движении) или средней интенсивности дождя.

Допускаемые значения средней и мгновенной интенсивностей определяются впитывающей способностью почвы. Они зависят от вида почвы, ее влажности и структурного состояния. В процессе полива впитывающая способность почвы постепенно снижается. Средняя и мгновенная интенсивности дождя существенно влияют на конструктивные схемы дождевальных машин и скорости их движения (для машин, производящих полив в движении). Чем больше расход воды машиной, тем больше должны быть площадь одновременного увлажнения и скорость движения работающей в движении машины, с тем чтобы не допускать стока.

Со средней и мгновенной интенсивностями дождя связано и понятие о допустимой норме полива без образования стока.

Допустимую норму полива без образования стока (лужеобразования) принято определять по следующей эмпирической зависимости:

$$m_{\text{доп}} = p_i(\sqrt{V_{\rho_{\text{ср}}}} e^{0,5d_k}), \quad (130)$$

где $m_{\text{доп}}$ — допустимая бесстоковая норма полива; p — показатель свободного (безнапорного) впитывания воды в почву; $\rho_{\text{ср}}$ — средняя интенсивность дождя для позиционных машин и мгновенная интенсивность для машин, работающих в движении; e — основание натурального логарифма; d_k — диаметр капель дождя.

Имея показатель впитывания (p) при известных интенсивности дождя и крупности капель, можно с достаточной практической точностью определить допустимую норму полива без образования стока для любой многоопорной дождевальной машины, в том числе и работающей в движении. Зная допустимую поливную норму,

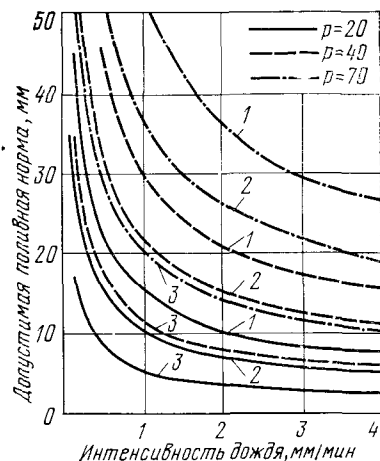


Рис. 42. Зависимость допустимой поливной нормы от интенсивности дождя (p), показателя водопроницаемости почвы (p) и диаметра капель (d_k): 1, 2, 3 — диаметр капель d_k соответственно 0,5 мм, 1 и 2 мм.

20. Допустимые поливные нормы без образования стока в зависимости от диаметра капель дождя, м³ на 1 га

Диаметр капель, мм	Полвная норма при интенсивности дождя, мм/мин			
	0,5	0,75	1,0	1,5
0,4...1,0	900...200	520...160	400...130	300...100
1,0...1,5	700...130	370...120	300...90	250...80
1,5...2,0	340...100	275...80	240...60	190...50
2,0...3,0	190...50	120...40	120...30	100...20

Примечание. Первые цифры поливных норм соответствуют более легким хорошо водопроницаемым почвам, вторые — тяжелым слабопроницаемым.

чить возможность образования глубокой колеи. В противном случае с целью уменьшения глубины колеи, а следовательно, уменьшения числа проходов и увеличения разовой поливной нормы необходимо предусматривать специальные агрономелиоративные мероприятия по улучшению водно-физических свойств почв (глубокая вспашка, щелевание и др.).

Впервые в нашей стране допустимые интенсивности

можно определить число проходов и требуемую скорость движения машины:

$$n = m' m_{\text{доп}}, \quad (131)$$

где n — число проходов; m — требуемая поливная норма.

Зависимость допустимой поливной нормы от интенсивности дождя, диаметра капель образуемого машиной дождя и показателя водопроницаемости почвы показана на рисунке 42 и в таблице 20.

Определяя число проходов машины в течение одного полива и всего сезона, следует учитывать еще и несущую способность почвы, чтобы исклю-

дождя для различных почв были установлены А. Н. Костяковым, а в результате последующих исследований ученых они были дифференцированы с учетом хозяйственных и агротехнических факторов:

Диаметр капель, мм	Предельно допустимая интенсивность дождя, мм/мин
0,4...0,9	0,85
1,0...1,4	0,77
1,5...2,0	0,6
2,1...3,0	0,47

Схемы полива дождевальными машинами кругового действия. Работа по кругу от неподвижной опоры и конструктивные параметры дождевальных машин кругового действия заведомо определяют мощность, форму и конфигурацию полей (поливных участков), а возможность использования их на двух или нескольких позициях обуславливает определенную закономерность в размещении и чередовании культур в севообороте. При организации территории севооборотного участка под машины кругового действия, в частности «Фрегат», рекомендуется использовать в севообороте четное число полей (8 или 10). Применение в севообороте двух групп культур с разными сроками полива (например, озимая пшеница и пропашные, многолетние травы и яровые зерновые) повышает эффективность использования машины на двух смежных полях. Площадь севооборотного участка, как правило, должна быть кратной площади захвата с одной позиции, а длина сторон поля равна длине водопроводящего пояса машины. Углы поля поливают дождевальными машинами ДДН-70, ДКШ-64 и др.

Технологические схемы полива севооборотных полей машинами «Фрегат» показаны в таблице 21.

Норму полива регулируют изменением скорости последней тележки. Время, за которое машина сделает полный оборот, определяют по формуле

$$T_{\text{об}} = m T_{\text{мин}} / m_{\text{мин}}, \quad (132)$$

где m — требуемая норма полива; $T_{\text{мин}}$ — минимальное время полного оборота (зависит от модификации машины); $m_{\text{мин}}$ — минимальная норма полива (соответствующая времени $T_{\text{мин}}$).

Проверку правильности установленной нормы полива у машин с гидроприводом (ДМ «Фрегат») необходимо вести по числу ходов цилиндра последней тележки:

$$n_{\text{ход}} = 3,6 Q T C / m, \quad (133)$$

где Q — расход машины; m — требуемая поливная норма;

21. Технологические схемы полива машинами «Фрегат» на севооборотных полях

21. Технологические схемы полива машинами «Фрегат» на севооборотных полях

Схема

IV

Работа на одной позиции, КЗИ-0,82...0,84

Достоинства:
независимая работа
отсутствие затрат времени и труда на перемещение

Недостатки:
низкий КЗИ
минимальная сезонная нагрузка
большие капитальные вложения, большой срок окупаемости

II

Работа на двух позициях, КЗИ-0,82...0,84

Достоинства:
увеличенная сезонная нагрузка
уменьшенные капитальные вложения и срок окупаемости

Недостатки:
низкий КЗИ
необходимость перемещения

III

Работа на двух позициях, КЗИ-0,91...0,93

Достоинства:
повышенный КЗИ
увеличенная нагрузка машины
сокращается расстояние транспортировки

Недостатки:
перекрывание части уже политого поля
неравномерность полива
необходимость изменения скорости движения машины в зоне перекрывания

IV

Работа на двух позициях, КЗИ-0,91...0,93

Достоинства:
повышенный КЗИ
увеличенная нагрузка машины
для полива углов не требуется другая техника

Недостатки:
перекрывание части уже политого поля
ухудшается возможность для закладки лесополос между смежными полями

152

$$C = 2R_1/(R^2l_n); \quad (134)$$

R_1 — радиус окружности, описываемой последней тележкой; R — радиус полива машины; l_n — значение перемещения последней тележки за один ход поршня; T — время полива.

Схемы полива фронтальными дождевальными машинами позиционного действия. Для дождевальных машин позиционного действия важно знать время полива t_n на позиции при заданной поливной норме:

$$t_n = mF/(60Q), \quad (135)$$

где m — заданная поливная норма; F — площадь полива на одной позиции; Q — расход воды машиной.

Время полива на позиции в сочетании с временем переезда машины с одной позиции на другую $t_{пер}$ составляет технологический цикл:

$$t_{ц} = t_n + t_{пер}, \quad (136)$$

$$t_{пер} = \frac{1,42K_v(R_a + l_0/2)}{v_m},$$

где R_a — радиус действия дождевальных аппаратов, установленных на машине; l_0 — длина открьлков (для КДГ $l_0=0$); v_m — скорость движения машины; K_v — коэффициент, учитывающий влияние ветра на дальность полета струи дождевального аппарата,

$$K_v = 0,34e^{-0,35v_v} + 0,66; \quad (137)$$

e — основание натурального логарифма; v_v — скорость ветра.

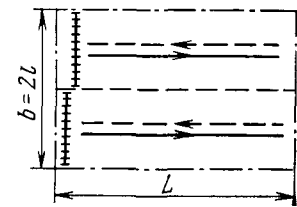
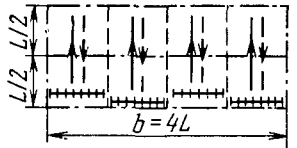
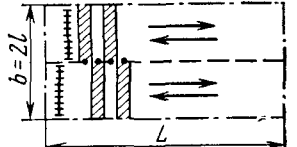
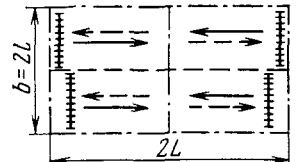
Формула (137) справедлива при скоростях ветра до 8 м/с, то есть в том интервале скоростей, в котором фактически должны работать многоопорные дождевальные машины.

Используя формулы (135), (136), (137), разрабатывают технологические схемы полива.

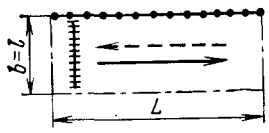
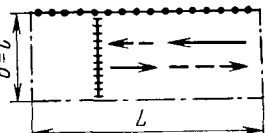
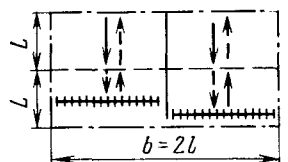
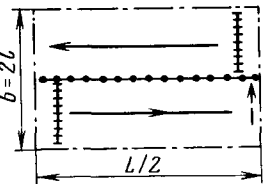
Высокая производительность колесных дождевальных трубопроводов и хорошее качество полива обеспечиваются только в том случае, если технологические схемы их работы составлены с учетом технико-эксплуатационных возможностей, а также требований почвы и растений к водному режиму. Основные технологические схемы полива колесными перекачиваемыми дождевальными трубопроводами приведены в таблице 22.

Несколько возможных схем полива дождевальной машиной «Днепр» приведены в таблице 23.

22. Технологические схемы полива колесными дождевальными трубопроводами

Номер схемы	Вид схемы	Достоинства	Недостатки
I	Одна машина на одном поле 	Закладка лесополос по периметру поля Полевой трубопровод рассчитан на один рабочий расход Хороший визуальный обзор	Максимальная продолжительность полива Большие переходы оператора
II	Две машины на двух смежных полях 	Продолжительность полива минимальная Трубопроводы полевые рассчитаны на один расход Обслуживание одним оператором Визуальный обзор удовлетворителен	По одной стороне смежных полей нельзя устраивать лесополосы Удлинен путь перехода от одной машины к другой
III	Одна машина, работающая через гидрант 	Исключены длинные холостые перегоны Передвижение по сухому полю Равномерная загрузка оператора Возможна закладка лесополос	Снижается коэффициент использования сменного времени Затруднены агромероприятия
IV	Две машины на двух смежных полях 	Обслуживание одним оператором Сокращено время полива Возможность закладки лесополос по периметру полей	Большие переходы оператора Плохой визуальный обзор, особенно при наличии лесополос между полями Трубопровод полевой рассчитан на два расхода

23. Технологические схемы полива дождевальной машиной «Диепр»

Номер схемы	Вид схемы	Достоинства	Недостатки
I	Одна машина на одном поле 	Полевой трубопровод рассчитан на одну машину Лесополосы можно закладывать по всему периметру	Большая продолжительность полива Большие переходы трактора Холостой проезд по мокрому полю
II	Одна машина на одном поле 	При холостом перегоне движение по сухому грунту Возможность закладки лесополос по всему периметру	Наличие холостых проездов
III	Две машины на двух полях 	Продолжительность полива минимальна Холостые проезды по сухому полю Максимальная длина маршрута обслуживающего трактора	Между смежными полями невозможно закладывать лесополосы Трубопровод полевой рассчитан на два расхода
IV	Одна машина на двух полях 	Поливной трубопровод рассчитан на один расход Лесополосы можно закладывать по всему периметру поля Нет холостых длинных проездов машин Укорочен поливной трубопровод	Необходимость перевода машины в транспортное положение Снижение сезонной нагрузки из-за перебазировок машины

Основным критерием выбора схемы для конкретных условий должно служить достижение максимальных технико-эксплуатационных показателей и обеспечение своевременного и качественного полива растений.

Схемы полива фронтальными дождевальными машинами, работающими в движении с водозабором из открытых оросительных каналов. Одна из особенностей электрических дождевальных машин — способность передвигаться при различных скоростях в обоих направлениях как с поливом, так и без полива, что дает возможность подбирать различные технологические схемы полива в зависимости от природно-хозяйственных условий и агробиологических особенностей сельскохозяйственных культур. За один проход машина может выдать поливную норму 6...70 мм.

Норму полива устанавливают в зависимости от вида и фазы развития орошаемой культуры, от физико-механического состава и мелиоративного состояния почвы. В общем виде норму полива или слой осадков, выдаваемые машиной за один проход, определяют по формуле

$$h_1 = 60Q/(v_{cp}B), \quad (138)$$

где h_1 — слой осадков за проход; Q — расход машины; B — ширина захвата машины; v_{cp} — средняя скорость движения машины при старт-стопном режиме.

Общая норма полива $m = nh_1$, где n — число проходов, требуемое для выдачи заданной нормы.

Допустимый слой осадков за один проход h_1 назначают в зависимости от впитывающей способности почвы. Критерием его служит недопущение образования поверхностного стока. Дождевальные машины без открьлков обладают сравнительно высокой средней интенсивностью дождя ($\rho_{cp} > 1$ мм/мин), что на некоторых видах почв может привести к образованию стока. Для диаметра капель 1,01...1,03 мм допустимая интенсивность дождя должна находиться в пределах 0,8 мм/мин. Поэтому полив можно проводить за один или несколько проходов. Но для каждого конкретного случая следует выбирать одну из базовых схем полива (табл. 24).

Скорость движения машины задают в зависимости от нормы полива за один проход.

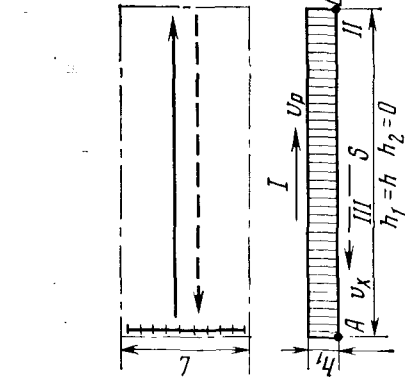
Цель выбора оптимальной технологической схемы — обеспечение максимально возможной производительности труда на поливе при высоких экономических показателях

24. Технологические схемы полива фронтальными дождевальными машинами, работающими в движении

Номер схемы	Вид схемы	Этап цикла	Направление движения	Проход	Полевая норма полива	Достоинства	Недостатки
I		I	v_p AB	$n_1/2$	m/n	Движение по сравнительно сухому полю	Большая продолжительность полива
II		II	v_x BB	—	—	Возможность полива большими нормами, в том числе за один цикл	Большое число перенастроек машины
III		III	v_p BB	$n_1/2$	m	Возможность проведения выборочных поливов	Возможность технологического сброса воды при холодных перегонах машины
IV		IV	v_x BA	—	—	—	Длительные холостые перегоны
							Неравномерная загрузка двигателей по этапам
							Применимость в основном на легких почвах

Номер схемы	Вид схемы	Этап цикла	Направление движения	Проход	Потраченная норма полива	Достоинства	Недостатки
-------------	-----------	------------	----------------------	--------	--------------------------	-------------	------------

II



Движение по сравнительно сухому полю

Небольшое число перенастроек

Время выжидания совмещается с профилактическими работами или агромероприятиями

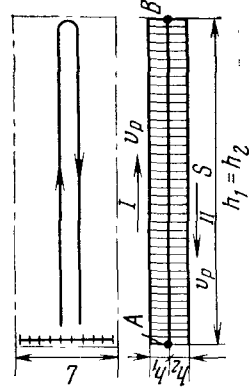
Возможность полива за один проход

Длительные холостые перегоны

Пониженный коэффициент использования машинного времени

Неравномерная загрузка двигателя по этапам

III



Применимость в основном на легких почвах

Движение по краю поля

Повышенные потери воды на испарение

Повышенная изнашиваемость взаимодействующих частей

Применимость в основном на тяжелых почвах

Минимальная продолжительность полива

Отсутствие сброса воды

Минимальное число перенастроек

Сбалансированная цикличность

Равномерная загрузка двигателя при отсутствии холостых перегонов

Повышенный коэффициент использования

телях работы машины и оросительной сети. Задача выбора заключается в сопоставлении возможных вариантов использования машины с учетом действующих в хозяйстве режимов орошения и графиков полива сельскохозяйственных культур.

Схема I. Участок поливают за один или несколько циклов. Каждый цикл состоит из четырех этапов: I — полив максимально допустимой нормой до середины участка; II — без полива на максимальной скорости до конца участка; III — после перенастройки машины движение в обратном направлении с поливом той же нормой до середины участка; IV — движение без полива в исходное положение. При движении без полива избыток воды должен быть саккумулирован или подача воды в канал прекращена.

Схема II. Участок поливают максимально допустимой нормой за один или несколько циклов, состоящих из трех этапов: I — полив от начала до конца участка; II — в конце участка остановка машины и выжидание просыхания почвы; III — движение в обратном направлении после перенастройки машины на максимальной скорости без полива. Воду в канал подают только на этапе I. Период выжидания совмещается с проведением профилактических мероприятий или с агромероприятиями на поле.

Схема III. Применяется при частых поливах малыми нормами. Полив проводится в движении в обоих направлениях небольшими нормами без выжидания просыхания почвы. Подачу воды в канал не прекращают.

Схема IV. Аналогичная схеме I, с той лишь разницей, что холостые пробеги машины отсутствуют. На этапах I и III полив проводят максимально возможной, а на этапах II и IV минимально возможной нормами. В начале, середине и конце поля осуществляют перенастройку машины на другой режим работы. Число циклов устанавливают по потребности. Подачу воды в канал не прекращают.

Схема V. Исходная позиция в середине участка. Движение машины совмещено с поливом. Этап I — движение машины к началу участка с выдачей половины допустимой разовой нормы; II — продолжение движения в обратном направлении до конца участка; III — возвращение в исходное положение. При необходимости цикл повторяют. Подачу воды в канал не прекращают.

Любую из приведенных схем можно дифференцировать, то есть осуществить на какой-то части орошаемого участка, в то время когда на другой его части проводят агромероприятия (междурядная обработка, борьба с вредителями, уборка урожая и др.).

Схемы I и II имеют в своей структуре холостые перегоны, что сопряжено с неизбежным сбросом воды из канала. Схема II предполагает дополнительный сброс воды за время стоянки машины. Практическое применение эти схемы могут найти только на безуклонных тупиковых каналах или при обеспечении повторного использования сбрасываемой воды.

В результате анализа приведенных схем можно сделать следующие выводы:

схемы I и II, имеющие в своих структурах холостые перегоны и длительную остановку машины, связаны с возможным технологическим сбросом воды, поэтому не могут быть рекомендованы для широкого практического использования. Как исключение схему II можно применять с поливом за один проход при условии ее возврата также с поливом (освежительным). Применение схем возможно только на тупиковых каналах с прекращением подачи в них воды в период остановки машины или на автоматизированных оросительных системах;

схемы III, IV и V не имеют технологического сброса воды и рекомендуются для практического применения;

в каждом конкретном случае выбранная технологическая схема орошения должна быть увязана с фактическими режимами орошения сельскохозяйственных культур, зональными графиками полива и обоснована технико-экономическими расчетами.

Схемы полива фронтальной дождевальной машиной, работающей в движении, с использованием животноводческих стоков. Технология полива животноводческими стоками имеет некоторые особенности, связанные с нормами, сроками внесения в почву органических веществ, их количеством, а также с необходимостью смыва органических остатков с листовой поверхности сельскохозяйственных культур.

Полив по схеме навоз — вода основан на том, что поливную норму по влаге выдают за два приема: при движении машины от исходной позиции оросительную воду подают вместе с разбавленными в ней стоками, а при движении в обратном направлении полив ведут чистой

водой. При этом вносится вторая половина поливной нормы и смываются органические остатки с растений.

Запас влаги в почве на исходной позиции перед началом полива

$$W_0 = E_{\text{ср}} t_n, \quad (139)$$

где $E_{\text{ср}}$ — среднее суточное водопотребление сельскохозяйственных культур на орошаемой площади; t_n — время полива стоками.

После полива стоками запас влаги на исходной позиции

$$W_1 = E_{\text{ср}} t_n + m_n, \quad (140)$$

где m_n — норма полива навозной водой.

Этой влаги должно хватить растениям до момента возвращения машины в исходное положение, то есть

$$E_{\text{ср}} t_n + m_n = E_{\text{ср}} (t_n + t_b), \quad (141)$$

но

$$t = lm/q,$$

где l — длина гона машины; q — удельный расход машины на единицу длины;

тогда

$$E_{\text{ср}} \frac{lm_n}{q} + m_n = E_{\text{ср}} \frac{lm_n}{q} + E_{\text{ср}} \frac{lm_b}{q}, \quad (142)$$

где m_b — норма полива чистой водой.

Если значение $E_{\text{ср}}$ — постоянное в поливной период, то

$$m_n = E_{\text{ср}} lm_b / q. \quad (143)$$

Если выразить норму полива водой через общую поливную норму m_0 , то $m_b = m_0 - m_n$.

Окончательная формула для расчета нормы полива навозом, обеспечивающей сохранение необходимой влажности в начале и в конце поля, имеет вид:

$$m_n = \frac{m_0}{1 + [qt/(E_{\text{ср}}l)]} = \frac{1}{1 + [qt/(E_{\text{ср}}l)]} m_0. \quad (144)$$

График зависимости поливной нормы от среднего суточного водопотребления сельскохозяйственных культур при $q = 0,8 \text{ м}^3/\text{м}$; $t = 84 \text{ мин}$; $K_{\text{см}} = 0,85$ и $l = 2500 \text{ м}$ (рис. 43).

Орошение по схеме навоз — вода реально можно осуществить при значении $E_{\text{ср}} l < 4$, что соответствует ежедневному водопотреблению 2...4 мм и длине гона машины 1000...2000 м. При этих условиях возможно орошение и чистой водой в два прохода. Норма полива навозной водой при первом проходе может составлять 30...80 % общей нормы полива.

При $E_{\text{ср}} l = 4...6$ возможно орошение в два прохода, но при обратном движении полив проводят небольшой нормой. При поливе чистой водой обратный полив следует рассматривать как освежительный, а при поливе стоками — как дождевание по схеме навоз — вода.

При $E_{\text{ср}} l > 6$ возможен полив только за один проход.

Полив по схеме навоз — вода пригоден не для всех климатических зон страны. В аридной зоне его можно осуществлять в весенние и осенние месяцы, когда водопотребление не превышает 4 мм в сутки.

Элементы техники полива определяют в следующей последовательности.

Для заданных орошаемой зоны и сельскохозяйственной культуры строят график гидромодуля, по которому определяют значение E во время полива животноводческими стоками. Затем по обслуживаемой площади определяют значение l и El . Далее вычисляют норму полива животноводческими стоками m_n при первом проходе и водой m_b в обратном направлении.

Скорости движения v_n и v_b при полученных m_n и m_b определяют по формуле

$$v = q/m. \quad (145)$$

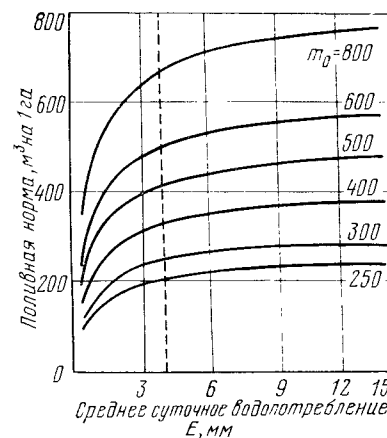


Рис. 43. Зависимости поливной нормы от водопотребления сельскохозяйственных культур при поливе животноводческими стоками.

Время движения машины в прямом t_n и обратном t_b направлениях и общее время одного полива t_0 определяют по формуле

$$t_0 = (l/v_n) + (l/v_b) = t_n + t_b. \quad (146)$$

Параметры технологического процесса схемы полива разбавленными стоками с холостым обратным ходом машины можно определить по формуле (145).

При поливе по схеме I фотосинтетическая активность растений не уменьшается вследствие смыывания с них органических остатков, снижается продолжительность загрязнения воздушного бассейна, улучшаются санитарно-гигиенические условия труда оператора.

Сельскохозяйственные культуры можно орошать импульсным поливом, когда через определенные промежутки времени чередуются подача разбавленных стоков и чистой воды. Для обеспечения равномерности полива стоками и водой необходимо перекрыть площади полива двух смежных циклов при орошении каждым видом жидкости. Равномерность будет обеспечена, если осуществить перекрытие шириной, равной половине длины захвата машиной, то есть

$$b = B/2. \quad (147)$$

Это расстояние машина должна пройти за время, не превышающее время половины цикла, то есть

$$b = B/2 = vt/n, \quad (148)$$

где v — скорость движения машины; n — число микропозиций, обеспечивающих 50 %-ное перекрытие.

Время подачи одного вида жидкости

$$t = B/(2v) = Bm/(2q). \quad (149)$$

Из трех рассмотренных схем наиболее рациональна вторая. В ней отсутствуют холостые перегоны машины и нет необходимости усложнять процесс подачи в оросительную сеть рабочей жидкости, так как с этой целью применяют автоматические дозирующие устройства, режим работы которых строго увязывают с режимом работы машины.

Норму внесения жидкой фракции навоза следует определять, исходя из количества выносимого азота, фосфора

и калия, планируемой прибавки урожая, содержания питательных веществ в стоках, потерь элементов питания:

$$M = B/(10K_1K_2C), \quad (150)$$

где M — оросительная норма жидкой фракции; B — вынос НРК сельскохозяйственной культурой на планируемый урожай; K_1 — коэффициент использования питательных веществ из жидкой фракции (азота — 0,6; фосфора — 0,7; калия — 0,7); C — содержание питательных веществ РК в жидкой фракции; K_2 — коэффициент, учитывающий потери при внесении жидкой фракции навоза (для азота — 0,85, фосфора и калия — 1).

При определении содержания азота, фосфора и калия в стоках следует учитывать, что элементом, определяющим норму внесения, будет тот, содержание которого максимально по сравнению с другими.

Правильный расчет нормы внесения жидкой фракции навоза позволяет определить рациональную площадь ее утилизации:

$$P = Q_n/M, \quad (151)$$

где P — площадь утилизации; Q_n — годовой объем жидкой фракции навоза; M — норма внесения жидкой фракции.

Если площадь, необходимая для рационального использования годового объема жидкой фракции, превышает площадь имеющейся в хозяйстве оросительной системы, то в таком случае необходимо построить дополнительную стационарную или проложить временную оросительную сеть.

Жидкую фракцию навоза можно вносить на поля в течение всего года. В осенний период ее на полях рекомендуется применять с августа до поздней осени при зяблевой вспашке. Зимой жидкую фракцию вносят на незатопляемые участки со спокойным рельефом при высоте снежного покрова до 50 см.

Наиболее целесообразно использовать жидкую фракцию в начале вегетационного периода и летом. При использовании многолетних трав для приготовления сенажа, силоса жидкую фракцию навоза вносят 3...5 раз за вегетацию весной под вторую и третью отавы. Культурные пастбища поливают стоками 4...5 раз за пастбищный сезон. При выращивании корнеплодов жидкую фракцию навоза вносят осенью под зябь, зимой под весеннюю вспашку, а под зерновые — в период основной обработки.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СЕЗОННЫХ НАГРУЗОК,
ВЫРАБОТКИ И ЗАГРУЗКИ
МНОГООПОРНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН**

Многоопорные дождевальные машины в течение поливного сезона могут работать на одном или нескольких полях севооборота. Обычно фронтальные дождевальные машины («Волжанка», «Кубань» и др.) закрепляют на весь сезон за одним полем севооборотного участка. Дождевальные же машины кругового и комбинированного действия в силу своих конструктивных особенностей могут работать как на одном, так и на нескольких полях севооборота.

Площадь участка, равную сезонной нагрузке на дождевальную машину, определяют по формуле

$$\omega_{сез} = \frac{86,4QK_{сут}T_{min}}{m_{расч}\beta}, \quad (152)$$

где Q — расход машины; β — коэффициент, учитывающий потери воды на испарение при поливе; $K_{сут}$ — коэффициент использования времени суток; T_{min} — минимальный межполивной период,

$$T_{min} = m_{расч}/(86,4q_{расч}); \quad (153)$$

$m_{расч}$ — расчетная поливная норма в период наибольшего водопотребления; $q_{расч}$ — ордината графика гидромодуля нетто в тот же период; τ — коэффициент, учитывающий возможные потери рабочего времени по независящим от машины причинам, не вошедшие в баланс времени смены.

Коэффициент использования времени суток определяют по зависимости

$$K_{сут} = ntK'_{см}/24, \quad (154)$$

где n — число рабочих смен в сутки; t — продолжительность смены; $K'_{см}$ — плановый коэффициент использования времени смены.

В расчетах планово-прогнозной производительности дождевальной машины используют круглосуточную работу машины в критический период сезона, то есть $K_{сут} = K'_{см}$.

Коэффициент, учитывающий возможные потери времени,

$$\tau = \frac{1}{1 + \sum f} = \frac{1}{1 + f_{н.с} + f_{ор.с} + f_k + f_{орг} + f_0}, \quad (155)$$

где $\sum f$ — сумма возможных потерь времени из-за отказов на насос-

ной станции ($f_{н.с}$), оросительной сети и сооружениях ($f_{ор.с}$), по организационно-хозяйственным причинам ($f_{орг}$), по климатическим условиям (f_k), на холостые перебазировки машины (f_0) и др.

Анализ производственного опыта надежности работы насосных станций, оросительной сети, арматуры и сооружений на системах-аналогах позволяет оценить возможные потери времени за критический период (15...20 рабочих дней) в 2...4 %, то есть $\sum f_{н.с} + f_{ор.с} = 0,02...0,04$.

Коэффициент, зависящий от метеорологических условий, определяют по формуле

$$f_k = (100 - \alpha_{кр})/100, \quad (156)$$

где $\alpha_{кр}$ — процент времени со скоростью ветра выше допустимой за критический период. Определяется по данным метеорологических наблюдений за рассматриваемый период. В среднем в зоне сухих степей и полупустынь возможные потери времени составляют 4...8 %, то есть $f_k = 0,04...0,08$. По организационно-хозяйственным причинам при условии функционирования инженерной службы и квалифицированном персонале ненормированные потери не должны превышать 3 %, то есть $f_{орг} = 0,03$.

С учетом перечисленных факторов коэффициент τ зонально изменяется для многоопорных дождевальных машин в пределах 0,86...0,92. Для дождевальной машины «Кубань» его можно принять равным 0,92.

Коэффициент β , учитывающий потери воды на испарение, устанавливается по следующей зависимости:

$$s = \frac{0,71td}{l_a}(1 + 0,21U_{(2)}), \quad (157)$$

где s — затраты воды на испарение; t — температура воздуха в момент полива; l_a — упругость насыщенного пара; d — дефицит упругости насыщения; $U_{(2)}$ — скорость ветра на высоте 2 м.

Значение s графически можно определить по номограмме (рис. 44):

$$\beta = 1 + s/100. \quad (158)$$

Сезонную выработку многоопорных дождевальных машин, равную объему работы в гектарах, выполняемую машиной за весь сезон, определяют по формуле

$$W_{сез} = \omega_{сез}n, \quad (159)$$

где n — число поливов за сезон, включая влагозарядковые, прижачные и др.

Сезонную загрузку машины определяют по формуле

$$T_{сез} = W_{сез}/\Pi_{см}, \quad (160)$$

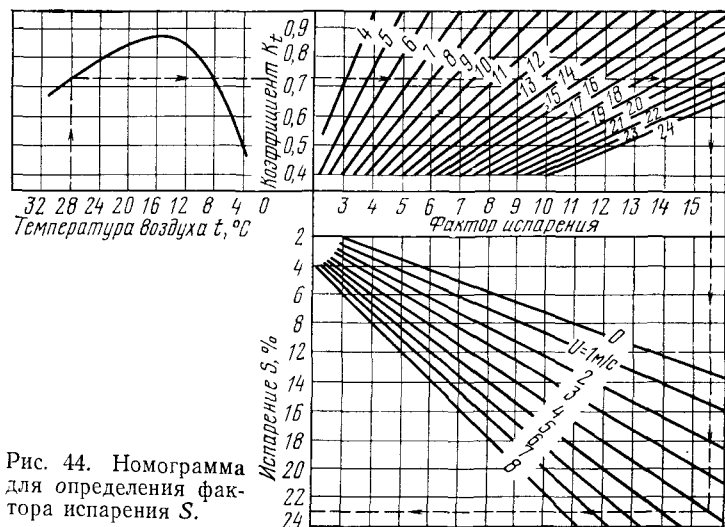


Рис. 44. Номограмма для определения фактора испарения S .

где $P_{см}$ — производительность (выработка) машины в час сменного времени, определяемая в результате проведения контрольного хронометража за рабочую смену.

Число машин, необходимое для полива севооборотного участка или его части, можно определить по формуле

$$N = \Delta F_{сез} / W_{сез}, \quad (161)$$

где $\Delta F_{сез}$ — площадь севооборотного участка, обслуживаемая машинами данного типа.

Средневзвешенные нормативы сезонной нагрузки, выработки и загрузки многоопорных дождевальных машин по основным орошаемым зонам страны приведены в таблице 25.

ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ И ХРАНЕНИЕ МНОГООПОРНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

Техника безопасности. К обслуживанию многоопорных дождевальных машин допускаются лица, достигшие 18-летнего возраста, сдавшие экзамен по эксплуатации и технике безопасности по специальной программе на право управления машиной. Обслуживающий

25. Средневзвешенные нормативы сезонной нагрузки, выработки и загрузки многоопорных дождевальных машин по основным орошаемым зонам страны

Наименование	Процент площади, орошаемой машинами	Нагрузка, га	Выработка, га	Загрузка, ч
Поволжский район				
«Фрегат» ДМУ-А	10,1	62	403	1 715
» ДМУ-Б	28,3	70	455	1 330
«Волжанка» $L=800$ м	5,4	50	325	1 265
» $L<800$ м	16,2	40	260	1 350
«Днепр»	12,0	83	540	1 220
«Кубань-М»	—	140	910	1 095
Северо-Кавказский район				
«Фрегат» ДМУ-А	13,3	51	357	1 340
» ДМУ-Б	10,6	73	511	1 530
«Волжанка» $L=800$ м	5,6	65	455	1 490
» $L<800$ м	5,3	57	391	1 740
«Днепр»	16,6	103	721	1 495
«Кубань-М»	—	160	1 120	1 320
Украинская ССР				
«Фрегат» ДМУ-А	19,9	74	370	1 280
» ДМУ-Б	9,7	93	465	1 110
«Волжанка» $L=800$ м	5,9	56	280	905
» $L<800$ м	10,0	43	215	925
«Днепр»	30,1	110	550	1 020
«Кубань-М»	—	190	950	1 080
Центрально-Черноземный район				
«Фрегат» ДМУ-А	9,8	72	360	1 075
» ДМУ-Б	13,1	91	455	1 105
«Волжанка» $L=800$ м	6,4	80	400	1 195
» $L<800$ м	19,2	64	320	1 275
«Днепр»	6,0	122	610	1 080
«Кубань-М»	—	260	1 300	1 430

персонал должен иметь инструкцию по эксплуатации и предусмотренный инструкцией комплект инструментов и запчастей, а также обтирочно-смазочный материал, спец-одежду (плащ, резиновые сапоги и перчатки при работе на электрифицированных машинах), полевую аптечку с пакетами первой помощи и др.

Во время эксплуатации машин необходимо выполнять следующие требования:

перед началом работы оператор-поливальщик должен проверить состояние машины и устранить замеченные недостатки. Работать на неисправных машинах воспрещается;

при тросовой подвеске оросительных труб необходимо не реже 1 раза в 6 мес проверять трос на прочность;

воспрещается техническое обслуживание (чистка, смазка и пр.) и ремонт машин во время работы. При этом должны быть приняты меры к предотвращению самопроизвольного пуска машины. В дождевальных машинах с тепловым двигателем необходимо выключить зажигание, а при электроприводе нажать на кнопку «стоп» выключателя. Исключить возможность подхода к выключателю посторонних лиц;

заправлять машины топливом и смазкой необходимо днем. В случае крайней необходимости ночной заправки освещение должно быть электрическим (ручной электрофонарь). При заправке машин топливом необходимо соблюдать особую осторожность: не курить, не пользоваться спичками, керосиновыми фонарями и другими источниками открытого огня. После заправки все детали, облитые топливом и смазкой, насухо вытереть, а пролитое топливо тщательно засыпать песком. Течь, обнаруженную в элементах топливопроводной системы, необходимо немедленно устранить;

подход к работающей машине посторонним лицам категорически воспрещается;

учитывая, что многоопорные машины имеют широкий захват (до 800 м), на них необходимо устанавливать звуковой сигнал;

особую осторожность следует соблюдать при работе дождевальных машин с электроприводом. Необходимо через каждые 10...15 сут проверять изоляцию электропроводов, не допускать неизолированные контакты или провода, все электромоторы обеспечить автоматическим пуском.

Кроме вышеуказанных требований, необходимо строго соблюдать общие правила техники безопасности и оказывать первую помощь пострадавшим согласно Правилам охраны труда при эксплуатации электрических установок.

Оператор дождевальных машин, работая с электри-

ческим оборудованием, должен помнить, что при поражениях электрическим током нет признаков, которые предупреждали бы об опасности, как, например, у движущихся частей машины. Это делает электрические установки особенно опасными.

Несчастные случаи, связанные с обслуживанием электрического оборудования, происходят главным образом от прикосновения к голым проводам, шинам, открытым частям рубильников, незаземленным корпусам машин и при работе с неисправными переносными электрическими лампами или с электрифицированным инструментом.

Ток, проходя по телу человека, вызывает ожоги, судорожное сокращение мышц, электрические удары.

Требования техники безопасности при работе с электрооборудованием в основном сводятся к тому, чтобы исключить возможность прикосновения к частям установки, находящимся под напряжением.

Соединительные провода от генератора к распределительному щиту должны быть проложены в стальных трубах или кабелем; каркас щита, корпус генератора, все металлические части и детали, не находящиеся под напряжением, — надежно присоединены к заземляющему проводу.

Не рекомендуется без надобности прикасаться к проводам, даже если они изолированы. Проверять напряжение следует только приборами — указателями напряжения или переносной лампой. Рубильники, плавкие предохранители, зажимы генераторов и электродвигателей должны быть закрыты кожухами или крышками во избежание неосторожного прикосновения к токоведущим частям.

Ремонтные работы на линиях и других частях электрооборудования следует выполнять после снятия напряжения.

Сменять плавкие предохранители надо после снятия напряжения. Если предохранители требуется сменить под напряжением, это делают в резиновых перчатках и резиновых сапогах.

Запрещается ремонтировать работающий генератор или электродвигатель.

Нельзя хранить посторонние предметы за распределительными щитами. Запрещается заходить за щиты посторонним лицам. Во время ночных и вечерних часов

работы электросиловая часть машины должна быть освещена так, чтобы обслуживающий персонал мог ясно видеть все части и детали механизмов.

При поражении человека электрическим током быстро и умело оказывают первую помощь. Прежде всего нужно как можно скорее освободить пострадавшего от действия электрического тока. Надо помнить, что без надлежащих мер предосторожности прикасаться к человеку, находящемуся под током, опасно. Поэтому необходимо отключить электрическую часть машины.

Хранение. Существует три способа хранения дождевальных машин в нерабочий период: открытый, закрытый и комбинированный. Выбор того или иного способа хранения зависит от конструкции машины, климатических условий, а также от наличия складских помещений в хозяйствах.

При открытом способе хранения машины устанавливают на открытую площадку с улучшенным грунтовым или асфальтовым покрытием. При закрытом способе их размещают в специальных помещениях (гаражи, сараи) в собранном, частично разобранном или разобранном состоянии. При комбинированном способе хранения дождевальных машин сочетаются два первых способа. С машины снимают и сдают на склад все основные узлы и детали, легко поддающиеся порче и коррозии, а также теряющие свои эксплуатационные свойства от солнечной радиации, морозов и осадков. По продолжительности хранения делят на два вида: кратковременное и длительное.

Кратковременное хранение бывает в период между циклами работы. При этом машину оставляют в собранном виде под надзором охраны.

Длительное хранение организуют в межсезонный период с обязательной консервацией основных узлов и деталей.

Многоопорные дождевальные машины в силу их конструктивных особенностей хранятся преимущественно комбинированным способом. При этом основную часть машины (трубопровод в собранном виде с колесами или опорами) размещают непосредственно на рабочих участках под открытым небом. Исключение составляют лишь случаи, когда машины работают на затапливаемых в весеннее время участках, например в поймах рек. Их транспортируют на другие участки. Детали, узлы и агрегаты

машины, изготовленные из резинотекстильных и других легкопортящихся материалов, а также двигатели, дождевальные аппараты, измерительную аппаратуру, цепи, системы питания и контроля демонтируют и хранят в складских помещениях.

Перед постановкой машин на длительное хранение определяют их техническое состояние, составляют ведомость дефектов, устанавливают число потребных запасных частей и материалов, организуют сезонный технический уход. Сдачу машины на длительное хранение оформляют приемо-сдаточным актом. К преимуществу комбинированного способа хранения относится значительное снижение трудоемкости работ, связанных с разборкой машины при подготовке ее для хранения и сборкой при снятии с хранения. Предотвращаются при этом и неизбежные поломки и деформации труб, колес и других легкодеформируемых узлов. Кроме того, отпадает необходимость в больших складских помещениях.

Вместе с тем при комбинированном способе хранения на машину действуют температурные, весовые и ветровые нагрузки. Дождевальные машины устанавливают на хранение осенью, когда температура равна $5...10^{\circ}$. В период же хранения температура воздуха может опускаться до минус 30°C и ниже. Колеса машины вмерзают в грунт и не позволяют трубопроводу изменять свою длину при изменении температуры окружающей среды. При этом в трубопроводе могут возникнуть значительные напряжения (H/cm^2), которые определяют по формуле

$$\epsilon_T = \alpha_p ET, \quad (162)$$

где α_p — коэффициент линейного расширения; E — модуль упругости материала трубопровода; T — разность температуры окружающей среды.

С учетом напряжений от весовой и ветровой нагрузки значение напряжения в трубопроводе может достигнуть $10\,000\text{ H}/\text{cm}^2$, что иногда приводит к разрушению трубопровода.

Для предотвращения чрезмерного напряжения в трубопроводе необходимо освобождать ступицы колес у машины «Волжанка» и ослаблять тросы у «Фрегата». Кроме того, желательно колеса «Фрегата» разворачивать в транспортное положение.

Для того чтобы исключить влияние изменяющейся влажности почвы на обод колес машины, необходимо пе-

ред постановкой ее на хранение под колесами ставить деревянные подкладки. Трубопровод при этом предварительно выравнивают, неокрашенные поверхности покрывают предохранительной смазкой. Затем машину закрепляют на местности, для чего используют проволоку диаметром 4...5 мм, которой колеса через одно прикрепляют с обеих сторон к кольям, вбитым в землю. Отверстия в трубопроводе после снятия дождевальных аппаратов забивают деревянными пробками. В процессе длительного хранения многоопорных дождевальных машин не реже одного раза в месяц, а после сильного ветра, снегопада и обильного дождя — не позднее следующего дня проводят периодический технический осмотр и уход за машиной. Во время хранения проверяют: положение дождевальной машины и надежность закрепления; состояние неокрашенных поверхностей, антикоррозийных покрытий крепежных деталей; состояние защитной смазки и пластмассовых деталей; комплектность машины.

Все обнаруженные неисправности устраняют.

При снятии многоопорных машин с длительного хранения проводят расконсервацию машины и всех узлов, сданных на склад; доукомплектовывают машину запасными или отремонтированными частями; промывают трубопровод и регулируют рабочие агрегаты и узлы, опробуют машину на холостом и рабочем режимах.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ МНОГООПОРНЫХ ДОЖДЕВАЛЬНЫХ МАШИН

Методика оценки экономической эффективности. Эффективность многоопорных дождевальных машин, по существу, сводится к оценке экономической эффективности внутрихозяйственной части оросительной системы с тем или другим типом многоопорных дождевальных машин, работающих на этой системе.

Экономическую эффективность многоопорных дождевальных машин рассчитывают в соответствии с руководством ВТР-0-4—81, разработанным ВНПО «Радуга».

Определение годового экономического эффекта основывается на сопоставлении приведенных затрат по базовой и новой машине с присущей ей внутрихозяйственной частью оросительной системы.

Приведенные затраты представляют собой сумму себестоимости и нормативной прибыли:

$$З = С + E_n K, \quad (163)$$

где $З$ — приведенные затраты на единицу продукции (работы); $С$ — себестоимость единицы продукции (работы); K — удельные капитальные вложения в производственные фонды; E_n — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений, $E_n = 0,15$.

За базу для сравнения принимают показатели лучшей техники, созданной в СССР для данных природно-хозяйственных условий, или зарубежной техники, которая может быть закуплена или разработана в СССР на основании приобретения лицензии, имеющей наименьшие приведенные затраты в расчете на единицу продукции (работы). В случае отсутствия проектных разработок в СССР и невозможности использования зарубежного опыта в качестве сравнения используют показатели лучшей техники, имеющейся в СССР в зонах, аналогичных по области применения с новой техникой.

Основа для расчета экономической эффективности — исходные данные, отражающие уровень состояния всего комплекса объектов и оборудования внутрихозяйственной оросительной сети, в том числе и машин, взятых для сравнения.

Значения исходных данных на разных стадиях определения экономической эффективности определяют различными путями. Так, на стадии включения разработок в план НИР их определяют расчетным путем. На стадии изготовления и проведения ведомственных или государственных испытаний исходные данные находят по результатам лабораторно-полевых исследований экспериментальных образцов. На стадии постановки на производство исходные данные принимают по материалам фактического использования в производстве предлагаемого решения с привлечением отдельных показателей из протоколов государственных испытаний.

Для совершенствуемых многоопорных дождевальных машин за базу для сравнения принимают показатели ее использования до модернизации.

Во всех случаях должна быть обеспечена сопоставимость базовой и новой машины по объему производимой работы; качественным параметрам работы (КЗИ, КПД и др.); фактору времени; объему и качеству продукции;

ценам на изделия и полученную продукцию; социальным и другим факторам.

В противном случае показатели капитальных вложений и стоимости базовой техники корректируют до уровня, необходимого для достижения объемов, выполняемых новой техникой, расчетом приведенных затрат на единицу выполняемого объема работ через коэффициент приведения.

Для приведения к одному моменту времени разновременных капитальных вложений и текущих затрат на создание и внедрение новой и базовой техники и результатов их применения затраты и результаты соответствующего года умножают и делят на коэффициент приведения, определяемый по следующей формуле:

$$\alpha_t = (1 + E)^t, \quad (164)$$

где E — норматив приведения, $E = 0,1$; t — период времени приведения (число лет, определяющих затраты и результаты данного года от начала расчетного).

Затраты и результаты, осуществляемые и получаемые до начала расчетного года, умножают, а получаемые после расчетного года делят на коэффициент приведения.

Годовой экономический эффект от производства и внедрения новой машины с улучшенными качественными характеристиками (производительность, долговечность и др.) рассчитывают по формуле

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_r = & \left[\sum_{i=1}^n 3_{1i} \frac{P_{1i} + E_n}{P_{2i} + E_n} + \frac{\sum_{i=1}^n U_{1i} + \sum_{i=1}^n U_{2i}}{P_2 + E_n} + \right. \\ & \left. + \frac{(U'_1 - U'_2) - E_n(K'_2 - K'_1)}{P_2 + E_n} - \sum_{i=1}^n 3_{2i} \right] S_2 A_2, \quad (165) \end{aligned}$$

где $\sum_{i=1}^n 3_{1i}$ и $\sum_{i=1}^n 3_{2i}$ — балансовая стоимость базовой и новой машин с присущими им элементами внутрихозяйственной части оросительной системы; $\sum_{i=1}^n U_{1i}$ и $\sum_{i=1}^n U_{2i}$ — суммарные годовые эксплуатационные издержки по всем элементам внутрихозяйственной части оросительной системы (включая дождевальную машину) без учета отчислений на полное восстановление (реновацию); P_{1i} и P_{2i} — обрат-

ное значение сроку службы базовой и новой i -й части внутрихозяйственной оросительной системы, определяемое с учетом ее морального износа; P_2 — средневзвешенная доля отчислений от балансовой стоимости на реновацию по элементам внутрихозяйственной оросительной системы с новой машиной, определяемая как обратное сроку службы значение с учетом морального износа; U'_1 и U'_2 — сопутствующие эксплуатационные затраты потребителя; K'_1 и K'_2 — сопутствующие капитальные вложения потребителя, связанные с внедрением новой машины; S_2 — сезонная нагрузка новой дождевальной машины; E_n — нормативный коэффициент эффективности; A_2 — годовой выпуск новой машины в расчетном году.

Средневзвешенный срок службы новой машины T_2 определяют по формуле

$$T_2 = \frac{\sum_{i=1}^n D_i T_i}{100}, \quad (166)$$

где $\sum_{i=1}^n D_i$ — доля капитальных вложений в i -ю часть внутрихозяйственной оросительной системы; T_i — срок службы i -й части оросительной системы.

Если от использования новой машины, кроме улучшения качественных характеристик, получают еще и дополнительный эффект от увеличения производства, улучшения качества продукции, экономии воды, то годовой экономический эффект рассчитывают по следующей формуле:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_r = & \left\{ \left[\sum_{i=1}^n 3_{1i} \frac{P_{1i} + E_n}{P_{2i} + E_n} + \frac{\sum_{i=1}^n U_{1i} - \sum_{i=1}^n U_{2i}}{P_2 + E_n} + \right. \right. \\ & \left. + \frac{(U'_1 - U'_2) - E_n(K'_2 - K'_1)}{P_2 + E_n} - \sum_{i=1}^n 3_{2i} \right] + \\ & \left. + \frac{\Delta W C_B}{P_2 + E_n} + \frac{U_2 - U_1}{P_2 + E_n} \right\} S_2 A_2, \quad (167) \end{aligned}$$

где U_1 и U_2 — объем производства продукции сельского хозяйства в сопоставимом выражении (в текущих ценах); ΔW — экономия оросительной воды, полученной в результате совершенствования технологического процесса,

$$\Delta W = M_n / \prod_{i=1}^n \eta_{1i} = M_n / \prod_{i=1}^n \eta_{2i}; \quad (168)$$

M_n — оросительная норма нетто; $\prod_{i=1}^n \eta_{1i}$ и $\prod_{i=1}^n \eta_{2i}$ — произведение i -х звеньев внутрихозяйственной части оросительной системы при орошении базовой и новой машиной; C_B — стоимостная оценка оросительной воды — минимальные приведенные затраты на получение дополнительных водных ресурсов в конкретном водохозяйственном регионе.

При определении экономической эффективности новой машины используют систему технико-экономических показателей, учитывающих ее специфические особенности и основные стороны проявления эффективности.

В исходные данные для расчета экономической эффективности включают (по базовому и сравниваемому комплексам): технические параметры дождевальных машин и внутрихозяйственной части оросительных систем; сумму единовременных и текущих затрат; общеэкономические показатели.

В общем виде суммарные годовые затраты по эксплуатации внутрихозяйственной части оросительной системы и поливу сельскохозяйственных культур определяют по формуле

$$U = C_3 + C_A + C_p + C_r + C_9 + C_x + C_n, \quad (169)$$

где C_3 — сумма заработной платы обслуживающего персонала (операторов, трактористов, мотористов и др.); C_A — сумма отчислений на амортизацию по всем элементам оросительной системы; C_p — сумма отчислений на текущий ремонт и техобслуживание по всем элементам оросительной системы; C_r — сумма затрат на топливо-смазочные материалы; C_9 — сумма затрат на электроэнергию; C_x — сумма затрат на хранение; C_n — сумма прочих затрат.

В состав общетехнических показателей в качестве обязательных, включаемых в исходные данные для расчета, входят (по обоим сравниваемым комплексам):

- расход машины Q ;
- коэффициент использования времени смены $K_{см}$;
- число дождевальных машин, обслуживаемых одним человеком n ;
- сезонная нагрузка S ;
- поливные m и оросительные M нормы;
- производительность машин P ;
- производительность труда $P_T = P_m n$;
- затраты труда на один полив $Z_T = 1/P_T$;
- стоимости элементов оросительной системы (машины, оросительная сеть, насосная станция, дороги, планировка, лесополосы и т. д.);

коэффициенты перевода в балансовую стоимость f ;

нормы отчислений на амортизацию и текущий ремонт $A + R$, в том числе на реновацию A_p ;

тарифные ставки обслуживающего персонала $T_{об}$ и надбавочные коэффициенты;

потребляемые мощности насосных станций N ;

средневзвешенный срок службы T_2 ;

КПД оросительной системы (если требуется);

экономия оросительной воды (если требуется) ΔW .

Слагаемые формулы и перечисленные показатели определяют по следующим формулам.

Сумма зарплат

$$C_3 = \sum T_i \Gamma_{\phi} \gamma / \omega,$$

где T_i — тарифные ставки обслуживающего персонала; Γ_{ϕ} — фактическая годовая загрузка обслуживающего персонала; ω — площадь оросительной системы; γ — коэффициент, учитывающий надбавки к зарплате (при необходимости).

Сумма отчислений на амортизацию C_A , текущий ремонт и техобслуживание C_p

$$C_A = \sum K_i A_i 100 \text{ и } C_p = \sum K_i P_i / 100,$$

где K_i — капиталовложения (балансовые стоимости) элементов оросительной системы; A_i — норма отчислений на амортизацию по элементам оросительной системы.

Балансовая стоимость элементов оросительной системы

$$K = C f / S,$$

где C — оптовая цена элементов системы; f — коэффициент перехода от оптовой цены к инвентарно-расчетной стоимости (для машин, не требующих монтажа, — 1,1; требующих монтажа — 1,2); S — сезонная нагрузка на одну машину.

Затраты на топливо-смазочные материалы

$$C_r = 0,136 \cdot 0,085 \sum K_0 N \Gamma'_{\phi} / \omega,$$

где 0,136 — расход комплексного горючего на 1 кВт; 0,085 — стоимость 1 кг комплексного горючего; K_0 — коэффициент использования мощности двигателя, обычно $K_0 = 0,8$; N — мощность применяемых на системе двигателей; Γ'_{ϕ} — фактическая загрузка агрегатов.

Затраты на электроэнергию, расходуемую из государственной электросети,

$$C_9 = 0,01 N \Gamma'_{\phi} / \omega,$$

где N — суммарная мощность электродвигателей.

Производительность дождевальной машины

$$P_M = 3,6QK_{cm}/m,$$

где Q — расход воды машиной; K_{cm} — коэффициент использования времени смены; m — поливная норма.

Производительность труда

$$P_T = P_M n_M,$$

где n_M — число дождевальных машин, обслуживаемых одним человеком.

Затраты труда $Z_T = 1/P_T$.

Норму отчислений на амортизацию и текущий ремонт $A+R$ по элементам, в том числе на реновацию A_p , определяют по нормам амортизационных отчислений по основным фондам народного хозяйства СССР.

Удельные капитальные вложения по элементам внутрихозяйственной сети определяют по следующим формулам:

по оросительной сети, дорогам, строительной планировке

$$K'_{уд} = \sum C'_i f/S,$$

где C'_i — стоимости указанных элементов;

по дождевальной машине, трактору (если имеется)

$$K''_{уд} = \sum C''_i f/S,$$

где C''_i — стоимости указанных элементов;

по насосно-силовому оборудованию на сети

$$K'''_{уд} = C_{н} f/S,$$

где $C_{н}$ — стоимости насосной станции.

Сумма удельных капиталовложений по системе

$$K_{уд} = K'_{уд} + K''_{уд} + K'''_{уд}.$$

Оплата труда работников, занятых обслуживанием многоопорных дождевальных машин. В целях оказания помощи колхозам и совхозам эксплуатацию оросительных систем с использованием дождевальных машин «Кубань» осуществляют водохозяйственные эксплуатационные организации системы Минводхоза СССР. Сельскохозяйственные предприятия оплачивают водохозяйствен-

ным организациям услуги по эксплуатации оросительных систем с ДМ «Кубань».

Расходы на текущий ремонт и техническое обслуживание устанавливают по ценам, согласованным с заводом-поставщиком, а на содержание автотранспорта и механизмов — по действующим нормам и тарифам. Работу (табл. 26, 27) машиниста-оператора дождевальной ма-

26. Дневные тарифные ставки (за семичасовый рабочий день), р.

Категория рабочих	Разряды					
	I	II	III	IV	V	VI
<i>Трактористы-машинисты</i>						
Сдельщики по группам:						
I	3,23	3,61	4,09	4,60	5,18	5,82
II	3,64	4,09	4,60	5,18	5,82	6,55
III	3,93	4,43	4,98	5,60	6,30	7,08
Повременщики по группам:						
I	2,99	3,36	3,78	4,26	4,78	5,38
II	3,36	3,78	4,26	4,78	5,38	6,06
III	3,64	4,09	4,60	5,18	5,82	6,55

Занятые в животноводстве и на конно-ручных работах

Сдельщики	2,95	3,15	3,87	3,57	4,06	4,65
Повременщики	2,76	2,95	3,15	3,43	3,80	4,34

27. Часовые тарифные ставки рабочих мастерских и цехов по ремонту сельскохозяйственной техники, оборудования и инструмента

Категория рабочих	Разряды					
	I	II	III	IV	V	VI
На работах с нормальными условиями труда:						
сдельщики	43,3	47,1	51,2	56,6	63,7	74,2
повременщики	40,4	44,0	47,9	53,0	59,6	69,3
На работах с тяжелыми и вредными условиями труда:						
сдельщики	48,7	53,0	57,6	63,7	71,7	83,5
повременщики	45,5	49,5	53,9	59,6	67,0	78,0
На работах с особо тяжелыми и особо вредными условиями труда:						
сдельщики	53,9	58,6	63,7	70,5	79,4	92,4
повременщики	50,3	54,8	59,6	65,9	74,2	86,3

Продолжение табл. 27

Категория рабочих	Разряды					
	I	II	III	IV	V	VI
На работах с нормальными условиями труда:						
сдельщики	48,7	53,0	57,6	63,7	71,7	83,5
повременщики	45,5	49,5	53,9	59,6	67,0	78,0
На работах с вредными условиями труда:						
сдельщики	51,2	55,7	60,6	67,0	75,4	87,8
повременщики	47,9	52,1	56,6	62,7	70,5	82,1

шины «Кубань» оплачивают по VI разряду, а рабочих на сети по IV разряду механизированных работ. Работу мотористов на стационарной, передвижной и плавучей насосных оросительных станциях I группы (мощность двигателя до 58,8 кВт) оплачивают по IV разряду, а II и III групп (мощность двигателя более 58,8 кВт) — по V разряду.

В счет заработной платы машинистам-операторам дождевальных машин типа «Кубань» и другим рабочим, обслуживающим эти машины, разрешено выдавать зерно (до 1,5 кг за выполненную норму).

Рабочим, занятым на поливе сельскохозяйственных культур, к заработной плате доплачивают: мастеру орошения I класса — 20 %, мастеру орошения II класса — 10 % заработной платы.

Надбавку за стаж работы по специальности выплачивают один раз в год (табл. 28).

28. Надбавка за стаж работы по специальности в различных районах страны, % суммы годового заработка

Стаж работы по специальности	Сибирь, Дальний Восток, целинные районы Казахстана, Урал и Поволжье	Другие районы
Проработавшим непрерывно в данном хозяйстве, лет:		
2...5	12	8
5...10	15	10
10...15	20	13
более 15 лет	25	16

На работах, где продолжительность ночной смены сокращена на 1 ч, повременщикам каждый час ночной ра-

боты оплачивают при семичасовом рабочем дне как $\frac{7}{6}$ дневного часа, а при шестичасовом — как $\frac{6}{5}$ дневного часа.

Сдельщикам сверх сдельного заработка соответствен-но доплачивают за каждый час ночной работы при семичасовом рабочем дне $\frac{1}{6}$ и при шестичасовом — $\frac{1}{5}$ сдельной тарифной ставки данного работника.

На работах, где продолжительность ночных смен уравнена с дневной, повременщикам каждый час ночной работы оплачивают при семичасовом рабочем дне как $\frac{8}{7}$ дневного часа и при шестичасовом дне — как $\frac{6}{5}$ дневного часа.

Сдельщикам сверх сдельного заработка доплачивают при семичасовом рабочем дне $\frac{1}{7}$ и шестичасовом $\frac{1}{5}$ тарифной ставки.

Расчет оплаты машиниста-оператора на ЭДМФ «Кубань» (на примере зоны Поволжья). Производительность дождевальной машины (га/ч):

$$P_m = \frac{Q \cdot 3,6 K_{см}}{m \beta},$$

где Q — расход дождевальной машины, л/с; $K_{см}$ — коэффициент использования времени смены, равный отношению времени работы T_o к сменному времени за тот же период $T_{см}$, $K_{см} = T_o / T_{см}$; m — поливная норма, м³/га; β — коэффициент, характеризующий испарение воды в данной природно-климатической зоне, $\beta = 1,05 \dots 1,3$.

Для Поволжья

$$P_m = \frac{185 \cdot 3,6 \cdot 0,873}{600 \cdot 1,2} = 0,81 \text{ га/ч.}$$

Производительность труда машиниста-оператора (га/ч):

$$P_o = P_m n_m,$$

где n_m — число дождевальных машин, обслуживаемых машинистом-оператором.

Для Поволжья $P_o = 0,81 \cdot 4 = 3,24$ га/ч, а за смену $P_o = 3,24 \cdot 7 = 22,68$ га/см.

Заработная плата машиниста-оператора

$$C_3 = T_{оп} / P_o,$$

а в смену

$$C_{3.с} = C_3 P_o.$$

Для Поволжья $C_3 = 6,55 : 22,68 = 0,29$ р. на 1 га, $C_{3.с} = 0,29 \cdot 22,68 = 6,58$ р.

Машинист-оператор получает за работу в ночное время доплату сверх сдельного заработка в размере $\frac{1}{6}$ за каждый час работы:

$$C_{з.н} = T_{оп} t.$$

Для Поволжья $C_{з.н} = 6,58 \cdot 1,6 = 1,1$ р.

Машинист-оператор получает доплату за I класс 20 %, составляющую в ночное время

$$C_{з.н.к} = (C_{з.с} + C_{з.н}) K,$$

в дневное время

$$C_{з.к} = C_{з.с} K.$$

Для Поволжья $C_{з.н.к} = (6,58 + 1,1) \cdot 0,2 = 1,54$ р.,
 $C_{з.к} = 6,58 \cdot 0,2 = 1,32$ р.

За стаж работы в хозяйстве машинисту-оператору доплачивают 15 % заработной платы:
 в ночное время

$$C_{з.с.н} = (C_{з.с} + C_{н} + C_{к}) C,$$

в дневное время

$$C_{з.с.д} = (C_{з.с} + C_{н}) C.$$

Для Поволжья $C_{з.с.н} = (6,58 + 1,1 + 1,54) \cdot 0,15 = 1,38$ р.,
 $C_{з.с.д} = (6,58 + 1,32) \cdot 0,15 = 1,19$ р.

Общая заработная плата машиниста-оператора составит: в ночное время

$$C_{н} = C_{з.с} + C_{з.н} + C_{з.к} + C_{з.с.н},$$

в дневное время

$$C_{д} = C_{з.с} + C_{з.к} + C_{з.с.д}.$$

Для Поволжья $C_{н} = 6,58 + 1,1 + 1,54 + 1,38 = 10,6$ р.,
 $C_{д} = 6,58 + 1,32 + 1,19 = 9,09$ р.

Оплату труда рабочих, занятых на техническом обслуживании внутрихозяйственной части оросительных систем, приравнивают к оплате труда мастеров-наладчиков машинно-тракторного парка и производят по сдельно-премиальной системе, исходя из сдельных тарифных ставок IV, V разрядов (соответствующей группы) трактористов-машинистов, занятых проведением технических обслуживаний (см. табл. 28).

Время, затрачиваемое мастерами-наладчиками на переезды и подготовку агрегата к работе (вспомогательное время), не включают в нормативы времени на проведение технических обслуживаний. Вспомогательное время оплачивают из расчета повременной тарифной ставки тракториста-машиниста IV разряда соответствующей

группы и устанавливают его, исходя из принятых в хозяйствах коэффициентов использования рабочего времени мастера-наладчика (табл. 29).

29. Расценки за час периодического технического обслуживания и за час вспомогательного времени для оплаты труда мастера-наладчика и тракториста-машиниста, к. *

Группы для оплаты труда трактористов-машинистов	Расценки для оплаты труда за проведение технических обслуживаний по разрядам			Расценки за час вспомогательного времени для оплаты труда мастера-наладчика
	IV	V	тракторист-машинист	
1	67,5	76,0	53,4	62,5
2	76,0	85,4	60,0	70,1
3	82,2	92,5	65,0	76,0

* При участии тракториста-машиниста в проведении технического обслуживания за закрепленным за ним трактором труд его оплачивают по расценкам, вычисленным, исходя из единых тарифных ставок трактористов-машинистов II разряда соответствующей группы.

Ориентировочные коэффициенты использования рабочего времени по природным зонам приведены в таблице 30.

30. Ориентировочные коэффициенты использования рабочего времени

Природная зона	Среднее расстояние от пункта до полей, км	Агрегаты			
		АТО-А	АТО-П	АТО-С	станционный пост
Степная	До 10	0,82	0,75	0,70	0,95
	10...15	0,79	0,70	0,70	—
	15...25	0,77	—	—	—
Лесная	До 10	0,79	0,72	0,70	0,95
	10...15	0,76	0,70	0,70	—
Лесостепная	15...25	0,73	—	—	—

За совмещение обязанностей мастеру наладчику за техническое обслуживание выплачивают до 30 % повременной ставки тракториста-машиниста III разряда соответствующей группы или от ставки шофера III класса.

Экономическая эффективность применения дождевальной машины «Кубань-М». Дождевальная машина «Кубань-М» позволяет полностью автоматизировать про-

цесс полива, что значительно сокращает потребность в рабочей силе. Внедрение машины позволит ускорить темпы строительства совершенных оросительных систем в условиях острого дефицита в трубах и тем самым обеспечить гарантированные объемы производства зерна, кормов и другой продукции, расширить площадь орошения в районах с благоприятными климатическими условиями, но слабо обеспеченных рабочей силой.

Машина «Кубань-М» существенно повышает качество и равномерность распределения дождя и тем самым обеспечивает рост продуктивности орошаемых земель. По данным Поволжской и Южно-Украинской МИС, прибавка урожая оценивается соответственно в размере 28 и 41 р. на 1 га по сравнению с дождевальной машиной «Днепр».

Использованные в машине конструктивные элементы имеют относительно высокий ресурс, благодаря чему в технических условиях срок службы «Кубань-М» установлен в 12 лет против 8...10 лет по другим дождевальным машинам.

Существенное влияние на эффективность применения дождевальной машины «Кубань-М» оказывают параметры и конструкция оросительной системы. Только от типа облицовки канала капитальные вложения в оросительную сеть колеблются от 331 до 687 р. на 1 га. Наиболее прогрессивной и экономически целесообразной является облицовка из монолитного бетона с толщиной стенки 8 мм (табл. 31).

31. Стоимость строительства оросительной сети в зависимости от типа облицовки канала

Тип облицовки	Толщина облицовки, см	Стоимость сети, р. на 1 га
Сборный бетон	8	687
Монолитный бетон	8	331
То же	10	336

При использовании экономичной сети от использования дождевальной машины «Кубань-М» получают экономический эффект только при сезонной нагрузке свыше 160 га. Однако экономический эффект интенсивно возрастает с увеличением производительности машины.

Совокупная эффективность машины с учетом ее пре-

имуществ позволяет получить годовой экономический эффект в размере 21,5 р. на 1 га, или около 3,9 тыс. р. на машину (табл. 32).

32. Экономическая эффективность внедрения дождевальной машины «Кубань» по сравнению с дождевальной машиной «Днепр»

Показатель	ДМ «Днепр»	ДМ «Кубань»
Сезонная нагрузка, га	94*	180
Срок службы машины, лет	8	12
Потребность в операторах, человек на 1 000 га	8	4,2
Оптовая цена машины, тыс. р.	21,3	105,0
Балансовая стоимость оросительной системы, р. на 1 га	1368,4	1344,4
Прирост урожайности, р. на 1 га	—	14,0
Эксплуатационные затраты, р. на 1 га	150,9	150,2
Годовой экономический эффект, р. на 1 га	—	4,2
То же, с учетом прибавки урожая и снижения затрат на доприселение, р. на 1 га	—	21,5

* По данным производственного анализа большого числа машин.

Реализация преимуществ машины требует мобилизации усилий ученых, проектировщиков и строителей по изысканию резервов и обеспечению достижений заданных параметров ее работы.

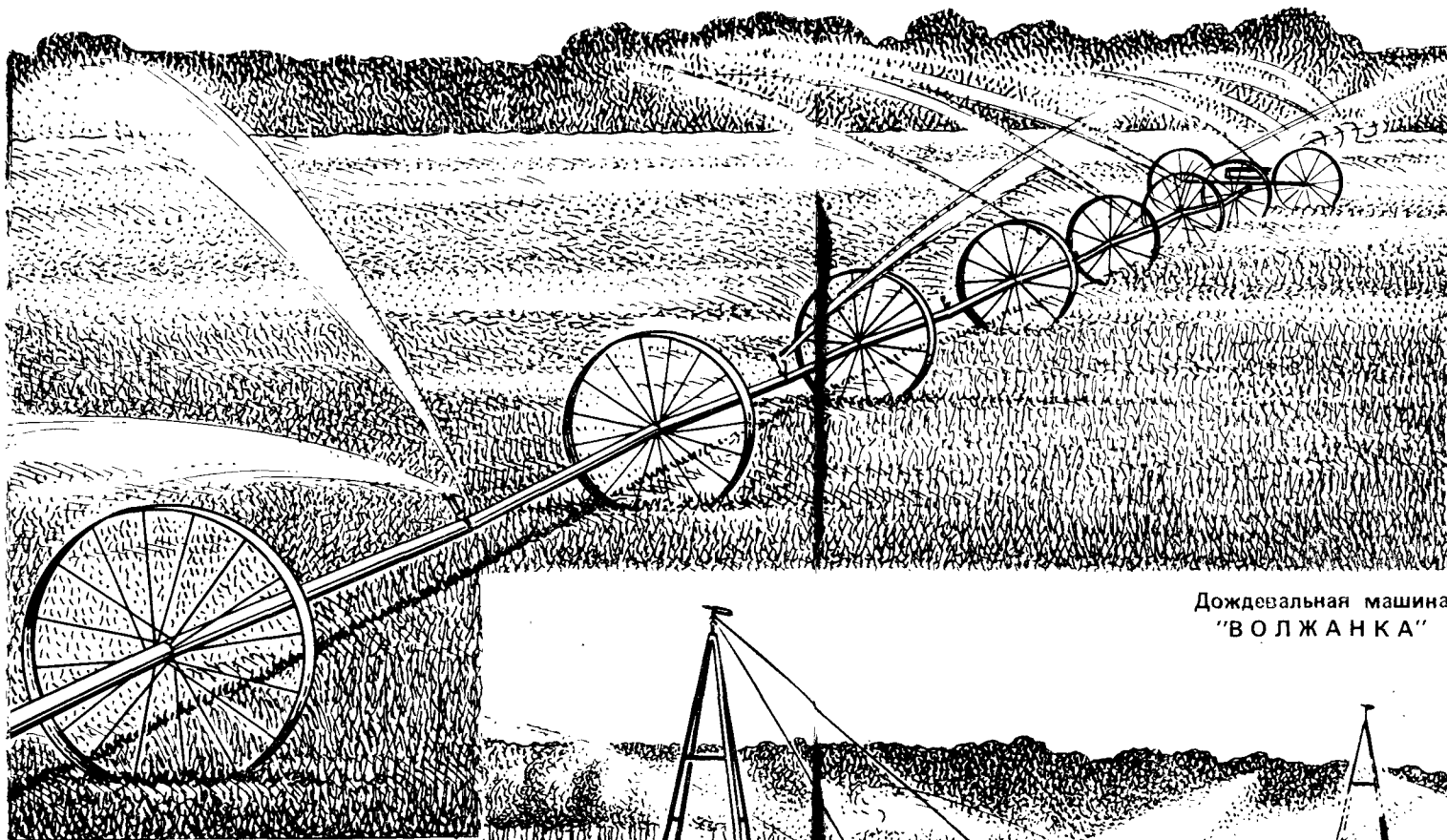
В первую очередь следует обеспечить круглосуточное использование всех машин в напряженный период и нормативную сезонную **нагрузку**.

В нормативах на оплату труда необходимо предусматривать обслуживание одним оператором четырех дождевальных машин «Кубань-М» и необходимую доплату за многомашинное обслуживание и работу в ночное время.

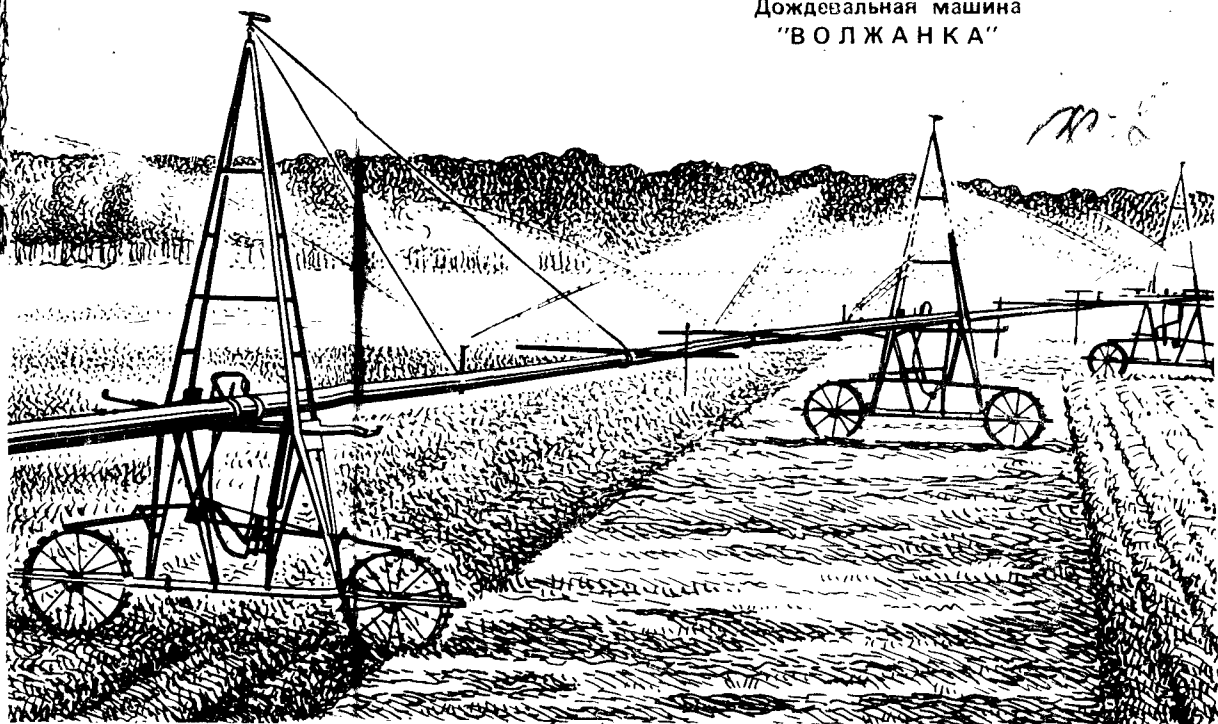
Нормативы удельных капитальных вложений в строительство оросительных систем дождевальной машины «Кубань-М» должны стимулировать применение экономичных типов облицовки, в первую очередь из монолитного бетона. Большое значение имеет установление правильных экономических взаимоотношений водохозяйственных организаций с сельскохозяйственными предприятиями и обеспечение технологического процесса полива в оптимальные сроки заданной нормой.

- Временное руководство по проектированию внутрихозяйственной оросительной сети для ЭДМФ «Кубань». — М., 1982, с. 2...15.
- Гусейн-заде С. Х., Перевезенцев Л. А., Зейналов А. Д. К вопросу динамики передвижения ДМ «Волжанка». За технический прогресс. — Баку, 1976, с. 54...58.
- Зюльников Г. М. Трубчатые оросительные системы. Библиотека меллоратора. — М.: Россельхозиздат, 1982, с. 21...24.
- Рекомендации по орошению животноводческими стоками в Московской области. — ВНИИМитП, 1982, с. 9...10; 44...46.
- Рекомендации по техническому обслуживанию дождевальных машин фронтального перемещения «Кубань». — ВНИИМитП, 1982, с. 1...15.
- Рекомендации по созданию инженерной службы эксплуатации дождевальных машин фронтального перемещения «Кубань». — ВНИИМитП, 1982, с. 17...20.
- Рекомендации по эксплуатации внутрихозяйственной части оросительной систем с применением дождевальных машин «Кубань». — ВНИИМитП, 1983, с. 36...43.
- Рекомендации по применению дождевальной машины «Днепр» ДФ-120. — ВолжНИИГиМ, 1978, с. 4...15.
- Рекомендации по техническому обслуживанию широкозахватных дождевальных машин «Фрегат», «Волжанка», «Днепр». — ВНИИМитП, 1979, с. 3...4; 8...9; 12...13.
- Справочник по механизации орошения. — М.: Колос, 1979. — 303 с.
- Титов В. С. Перспективы применения электрических передач в тракторах и машинно-тракторных агрегатах. — Тракторы и сельхозмашины, 1977, № 2, с. 23...25.
- Тартаковский Г. А. Строительная механика трубопровода. — М.: Недра, 1967, с. 100...103.
- Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле. — М.: Наука, 1967. — с. 235...238, 245.

Введение	3
Основные принципиальные схемы и конструкции многоопорных дождевальных машин	4
Перекачиваемые дождевальные трубопроводы	4
Дождевальные машины на самоходных тележках	39
Выбор оптимальных параметров основных конструктивных элементов машины	48
Электрифицированные многоопорные дождевальные машины	53
Перспективы применения электропривода на многоопорных дождевальных машинах	53
Фронтальные машины с электрическим приводом	70
Приспособления к многоопорным дождевальным машинам для внесения с поливной водой минеральных удобрений и микроэлементов	93
Особенности использования фронтальных дождевальных машин на местностях с повышенными уклонами	98
Основные положения по выбору типа оросительной сети для многоопорных дождевальных машин	102
Основные вопросы эксплуатации многоопорных дождевальных машин	122
Общие требования, предъявляемые к многоопорным дождевальным машинам	122
Особенности монтажа и эксплуатации дождевальных машин типа «Волжанка», «Фрегат», «Днепр»	124
Служба эксплуатации при обслуживании дождевальных машин «Кубань-М»	132
Технология полива многоопорными дождевальными машинами	146
Определение сезонных нагрузок, выработки и загрузки многоопорных дождевальных машин	168
Техника безопасности и хранение многоопорных дождевальных машин	170
Экономическая эффективность многоопорных дождевальных машин	176
Указатель литературы	190



Дождевальная машина
"ВОЛЖАНКА"



Дождевальная машина
"ФРЕГАТ"