Н. Н. НЕТРЕБА

ТЕХНОЛОГИЯ ДРЕНАЖНЫХ РАБОТ

Н.Н. НЕТРЕБА

ТЕХНОЛОГИЯ ДРЕНАЖНЫХ РАБОТ

ЛЕНИНГРАД „КОЛОС“
Ленинградское отделение, 1982

Введение

Продовольственная программа СССР на период до 1990 г. предусматривает дальнейшее повышение роли мелиорации в увеличении производства сельскохозяйственных продуктов. К 1990 г. намечено довести площадь осушенных земель до 18—19 млн. га.

В условиях современного интенсивного сельского хозяйства наиболее распространенный способ регулирования водно-воздушного режима почвогрунтов — закрытый горизонтальный дренаж. Учитывая последовательный рост объемов дренажных работ в гумидной зоне, а также ограниченность там трудовых ресурсов, особое внимание при внедрении этого способа необходимо уделить вопросам совершенствования технологии, организации и комплексной механизации трудоемких операций.

Важнейшим направлением научно-технического прогресса в мелиоративном строительстве является внедрение новых технологий мелиоративно-строительных работ на основе улучшения использования имеющейся техники, освоения более мощных и эффективных машин и механизмов, совершенных методов организации строительства, новых конструкций и материалов. Это должно обеспечить значительный рост производительности труда, ликвидацию сезонности и повышение качества мелиоративных работ.

Успешное внедрение в практику мелиоративного строительства новых дреноукладочных комплексов, прогрессивных конструкций дренажных труб, защитно-фильтрующих материалов и сооружений связано с решением комплексных конструктивно-технологических и организационных задач.

В мелиоративное освоение все больше вовлекаются объекты со сложными гидрогеологическими условиями — высокими уровнями грунтовых вод в течение года, неустойчивыми в процессе разработки водонасыщенными грунтами, залесенными участками и т. д. В таких условиях технические возможности применяемых серийных экскаваторов-дреноукладчиков используются недостаточно эффективно, имеет место снижение качественных показателей строительства.

Актуальными остаются вопросы перехода мелиоративно-строительных организаций на круглогодовое производство работ. Это позволяет сократить сроки ввода объектов в эксплуатацию, повысить коэффициент использования парка мелиоративной техники, рационально расходовать трудовые ресурсы в течение всего года. Однако успех дела при этом во многом зависит от правильного выбора объектов по почвенно-грунтовым условиям, строгого обоснования мероприятий по предохранению грунтов от промерзания, применения рационального для разработки мерзлых грунтов комплекса машин и механизмов.

Все большее применение в практике дренажного строительства Нечерноземной зоны РСФСР находит бестраншейный способ формирования дренажных трубопроводов с использованием дреноукладочного комплекса МД-4, позволяющего значительно повысить производительность дренажных бригад. Эффективность этого способа во многом определяется своевременной инженерной подготовкой объектов строительства, увязкой технологических схем прокладки дренажных трубопроводов с конструктивными особенностями дренажных систем. Здесь открываются большие возможности для применения новых конструкций дренажных труб, фильтрующих элементов и дренажной арматуры. Применение полимерных материалов в дренажном строительстве позволяет повысить уровень механизации технологических процессов и снизить трудозатраты на производство работ.

Вместе с тем объемы строительства керамического дренажа на ближайшую перспективу будут значительными, что требует решения вопросов максимальной механизации многих трудоемких операций при формировании дренажных трубопроводов из керамических труб.

В настоящей работе на основе обобщения передо-

вого производственного опыта мелиоративно-строительных организаций и завершенных в последние годы научных и конструкторских разработок приведены сведения по широкому кругу актуальных вопросов технологии, организации и механизации дренажных работ. Уделено внимание комплексной инженерной подготовке и организации комплексных бригад при строительстве. Описаны новые дреноукладочные комплексы машин и рациональные конструкции дрен и дренажных сооружений, отвечающих индустриальным формам организации и ведения современного мелиоративного строительства, технология выполнения агромелиоративных приемов на закрытых дренажных системах, устраиваемых на площадях со слабоводопроницаемыми грунтами.

Представленный в книге материал может быть использован в практической деятельности специалистами-мелиораторами, занятыми на строительстве закрытых дренажных систем в Нечерноземной зоне РСФСР.

1. ЗАКРЫТЫЕ ДРЕНАЖНЫЕ СИСТЕМЫ

1.1. Основные элементы коллекторно-дренажной сети

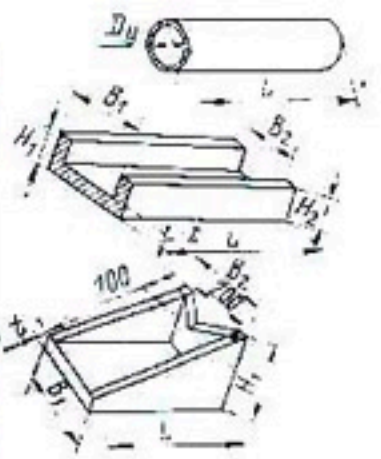
Современные закрытые осушительные системы сельскохозяйственного назначения являются сложными инженерными сооружениями, состоящими из большого количества отдельных конструктивных элементов. В состав закрытой осушительной дренажной сети входят водоприемник, открытые проводящие и оградительные каналы, коллекторно-дренажная сеть, сооружения.

Закрытая коллекторно-дренажная сеть выполняется из керамических, пластмассовых, асбоцементных, деревянных или бетонных труб. На сети устраиваются устья, колодцы различного назначения, поглотительные колонки и другая дренажная арматура.

Дренажные устья. Применяются для сопряжения коллектора с каналом. Устье состоит из устьевой трубы и оголовка, на который устанавливается устьевая труба. В практике строительства применяются цельноблочные объемные оголовки и оголовки, выполненные из лотков различной высоты и длины. Устьевые трубы применяются асбоцементные, бетонные, железобетонные или пластмассовые.

Устье с цельноблочным объемным оголовком обычно устраивается в случае выхода коллектора в канал-водоприемник на высоте до 0,5 м над его дном. Устье с лотками применяется в случае выхода коллектора в канал водоприемника на высоте более 0,5 м. В этом случае устьевая труба опирается на лоток, уложенный по откосу до дна канала. Диаметр асбоцементной устьевой трубы должен соответствовать диаметру дренажных труб коллектора. Для коллекторов с диаметрами 50, 100, 125, 150, 175 и 200 мм подбираются асбоцементные трубы с диаметрами 50, 100, 125, 150, 175 и 200 мм соответственно. Основные параметры сборных элементов дренажных устьев приводятся в табл. 1.

1. Параметры конструктивных элементов дренажных устьев

Конструктивный элемент	Размер, мм							Эскиз конструктивного элемента
	D_y	L	B_1	B_2	H_1	H_2	t	
Устьевая труба:								
железобетонная	200	2000	—	—	—	—	—	
асбоцементная или пластмассовая	300	2500	—	—	—	—	—	
Лоток устья типа:								
1	—	1500	240	340	130	180	40	
2	—	800	300	390	230	230	40	
3	—	1000	500	610	400	400	50	
Оголовок устья дренажной сети	—	550	600	270	550		50	

Устья коллекторов закрытой дренажной сети устраиваются вслед за укладкой коллекторных труб. Укладка устьевых труб в устойчивых грунтах допускается непосредственно на грунт. В легкоразмываемых и неустойчивых грунтах устьевая труба и первые 4—5 керамических коллекторных труб укладываются на утрамбованный грунт с гравийной подготовкой. В плывунах и других слабых грунтах железобетонные устья сооружаются на свайном или бетонном основании по типовым проектам, привязанным к местности.

Уклон устьевой трубы в сторону водоприемника не должен быть меньше уклона нижней части коллектора. На конце устьевой трубы нужно устанавливать решетку.

Концевая часть дренажного устья заканчивается на расстоянии 0,2—0,3 м от поверхности откоса канала и располагается на высоте не ниже чем на 0,5 м над дном русла неукрепленного водоприемника и на 0,3 м — укрепленного. Устья располагают не ближе 5 м от места возможного стока поверхностных вод в водоприемник и устраивают над ним земляной валик.

Сопряжение асбоцементных и железобетонных устьевых труб с коллектором осуществляется при помощи муфт или отрезков труб большого диаметра. Места соединения устьевой трубы с коллектором заделываются

цементным раствором. Затем их засыпают грунтом, который послойно уплотняется.

Для предохранения нижней части откоса и дна канала от размыва дренажным стоком под устьевой трубой устанавливается железобетонный лоток или устраивается каменное мощение.

В последнее время в мелиоративном строительстве взамен существующих конструкций из асбестоцемента и бетона используются полиэтиленовые дренажные устья сборной конструкции. Устье состоит из корпуса, изготовляемого из полиэтилена низкой плотности (ПНП) с наполнителем, и навитой головки. Устье отличается эластичностью и при глубоком промерзании откосов водоприемника обеспечивает надежное соединение с коллектором. Головка благодаря своей конструкции способна принимать нагрузки, возникающие от замерзания и оттаивания окружающей среды без влияния на остальные элементы устья. Клапан раздельного типа из ПНП обеспечивает свободный сброс воды и предотвращает проникновение в дренопровод мелких животных.

Соединение устья с коллекторной трубой осуществляется при помощи эластичного раструба, что позволяет во время эксплуатации значительно перемещать и сдвигать устьевую трубу относительно коллектора без нарушения плотности соединения. Следует отметить, что раструб служит анкером, предотвращающим осевое перемещение устья. Применение раструба навитой конструкции позволяет осуществлять присоединение коллекторной трубы, наружный диаметр которой отличается от номинального.

Для укрепления откосов каналов и водоприемников в местах выхода устьевых сооружений дренажных коллекторов обычно применяют дерн. Но в связи с тем, что заготовка дерна трудоемка и, кроме того, наносит ущерб сельскохозяйственным угодьям, целесообразно дерн заменять торфодерновыми коврами (ТДК).

Их выращивают и заготавливают на массивах верховых торфяников по технологии, изложенной в «Рекомендациях по производству и использованию торфодерновых ковров в мелиоративном строительстве» (Л., 1980). Большой производственный опыт применения ТДК имеет объединение Ленмелиорация. Способ крепления устьевой части коллекторов определяется глубиной канала и механическим составом грунта.

Ковер представляет собой плотное переплетение корней злаковых растений, высеваемых на предварительно удобренный и прозвесткованный верхний слой торфяного массива с торфяной основой толщиной 1,5—2 см. Процесс выращивания торфодерновых ковров занимает 40—45 дней. Съем торфодерновых ковров осуществляется специальным механизмом, подрезающим дерн и сворачивающим его в рулоны. Машина производит нарезку лент дернины шириной 0,6 м и длиной 1,5—2 м.

Торфодерновые ковры, доставленные на объект, укладывают на откосы в течение 2—3 дней. В соответствии с ТУ 92147—78 они должны иметь толщину от 10 до 40 мм, массу 1 м² не более 25 кг, прочность на разрыв не менее 20 кПа. Ленты ковров укладывают встык и плотно прижимают к поверхности грунта.

Дальнейший уход за торфодерновыми коврами состоит в скашивании травостоя, поливе в сухое время года (2—3 раза в месяц) и подкормке минеральными удобрениями. Необходимость подкормки определяется визуально по окраске листовой поверхности. После внесения удобрений обязательным является полив из расчета 10 л на 1 м².

Торфодерновые ковры можно хранить в рулонах на бровках канала или приобъектном складе 3—5 дней при влажности торфяной основы 75—80 %.

Дренажные колодцы. Дренажные колодцы по функциональному назначению разделяются на следующие типы: колодцы-отстойники смотровые, колодцы смотровые с перепадом, колодцы регулирующие, колодцы поглощающие, колодцы-фильтры.

В типовых проектах колодцы смотровые для закрытых дренажных систем приняты открытого и закрытого типов с диаметром колец 100, 150 и 200 см. Высота колец принимается 590 и 890 мм. В случае отсутствия колец с днищами устраивают нижнюю секцию из железобетонных плит, на которые устанавливается кольцо без днища. Смотровой колодец предназначен для наблюдения за работой системы в местах резкого поворота коллектора в плане, резкого уменьшения уклонов, при сопряжении нескольких коллекторов, на прямых участках коллекторов при значительной их длине.

Колодцы с перепадом устанавливаются на участках при значительных уклонах местности и необходимости резкого изменения глубины заложения коллекторов или соединения нескольких коллекторов на разных уровнях. Эти колодцы одновременно служат отстойниками, для чего предусматривается перепад от дна колодца до нижней кромки трубы коллектора не менее 30 см. Основные параметры открытых смотровых дренажных колодцев приведены ниже:

цементным раствором. Затем их засыпают грунтом, который послойно уплотняется.

Для предохранения нижней части откоса и дна канала от размыва дренажным стоком под устьевой трубой устанавливается железобетонный лоток или устраивается каменное мощение.

В последнее время в мелиоративном строительстве взамен существующих конструкций из асбестоцемента и бетона используются полиэтиленовые дренажные устья сборной конструкции. Устье состоит из корпуса, изготовляемого из полиэтилена низкой плотности (ПНП) с наполнителем, и навитой головки. Устье отличается эластичностью и при глубоком промерзании откосов водоприемника обеспечивает надежное соединение с коллектором. Головка благодаря своей конструкции способна принимать нагрузки, возникающие от замерзания и оттаивания окружающей среды без влияния на остальные элементы устья. Клапан раздельного типа из ПНП обеспечивает свободный сброс воды и предотвращает проникновение в дренопровод мелких животных.

Соединение устья с коллекторной трубой осуществляется при помощи эластичного раструба, что позволяет во время эксплуатации значительно перемещать и сдвигать устьевую трубу относительно коллектора без нарушения плотности соединения. Следует отметить, что раструб служит анкером, предотвращающим осевое перемещение устья. Применение раструба навитой конструкции позволяет осуществлять присоединение коллекторной трубы, наружный диаметр которой отличается от номинального.

Для укрепления откосов каналов и водоприемников в местах выхода устьевых сооружений дренажных коллекторов обычно применяют дерн. Но в связи с тем, что заготовка дерна трудоемка и, кроме того, наносит ущерб сельскохозяйственным угодьям, целесообразно дерн заменять торфодерновыми коврами (ТДК).

Их выращивают и заготавливают на массивах верховых торфяников по технологии, изложенной в «Рекомендациях по производству и использованию торфодерновых ковров в мелиоративном строительстве» (Л., 1980). Большой производственный опыт применения ТДК имеет объединение Ленмелиорация. Способ крепления устьевой части коллекторов определяется глубиной канала и механическим составом грунта.

Ковер представляет собой плотное переплетение корней злаковых растений, высеваемых на предварительно удобренный и произвесткованный верхний слой торфяного массива с торфяной основой толщиной 1,5—2 см. Процесс выращивания торфодерновых ковров занимает 40—45 дней. Съем торфодерновых ковров осуществляется специальным механизмом, подрезающим дерн и сворачивающим его в рулоны. Машина производит нарезку лент дерины шириной 0,6 м и длиной 1,5—2 м.

Торфодерновые ковры, доставленные на объект, укладывают на откосы в течение 2—3 дней. В соответствии с ТУ 92147—78 они должны иметь толщину от 10 до 40 мм, массу 1 м² не более 25 кг, прочность на разрыв не менее 20 кПа. Ленты ковров укладывают встык и плотно прижимают к поверхности грунта.

Дальнейший уход за торфодерновыми коврами состоит в скашивании травостоя, поливе в сухое время года (2—3 раза в месяц) и подкормке минеральными удобрениями. Необходимость подкормки определяется визуально по окраске листовой поверхности. После внесения удобрений обязательным является полив из расчета 10 л на 1 м².

Торфодерновые ковры можно хранить в рулонах на бровках канала или приобъектном складе 3—5 дней при влажности торфяной основы 75—80 %.

Дренажные колодцы. Дренажные колодцы по функциональному назначению разделяются на следующие типы: колодцы-отстойники смотровые, колодцы смотровые с перепадом, колодцы регулирующие, колодцы поглощающие, колодцы-фильтры.

В типовых проектах колодцы смотровые для закрытых дренажных систем приняты открытого и закрытого типов с диаметром колец 100, 150 и 200 см. Высота колец принимается 590 и 890 мм. В случае отсутствия колец с днищами устраивают нижнюю секцию из железобетонных плит, на которые устанавливается кольцо без днища. Смотровой колодец предназначен для наблюдения за работой системы в местах резкого поворота коллектора в плане, резкого уменьшения уклонов, при сопряжении нескольких коллекторов, на прямых участках коллекторов при значительной их длине.

Колодцы с перепадом устанавливаются на участках при значительных уклонах местности и необходимости резкого изменения глубины заложения коллекторов или соединения нескольких коллекторов на разных уровнях. Эти колодцы одновременно служат отстойниками, для чего предусматривается перепад от дна колодца до нижней кромки трубы коллектора не менее 30 см. Основные параметры открытых смотровых дренажных колодцев приведены ниже:

	Высота колодца, см	Глубина укладки коллектора, см
Смотровой	180	До 110
	240	120—170
	300	180—220
Смотровой с перепадом	180	До 100
	240	100—160
	300	120—200

Колодцы регулирующие устанавливаются на дренажных системах для поддержания необходимого уровня грунтовых вод и при создании систем двойного регулирования (осушительно-увлажнительные системы). Поддержание необходимого уровня грунтовых вод осуществляется регулированием уровня воды в колодце при помощи специальных устройств.

Колодцы-фильтры предназначены для усиления действия закрытых собирателей путем отвода поверхностных вод из местных или замкнутых понижений и ложбин с малым уклоном. Они устанавливаются, как правило, на участках, подлежащих периодической обработке. Следует иметь в виду, что водоприемная способность колодцев обеспечивается зазорами между бетонными кольцами, создаваемыми специальными вкладышами, которые укладываются на цементном растворе по периметру кольца. При этом вокруг кольца отсыпается обратный фильтр, состав которого определяется проектом.

Колодцы, поглощающие поверхностный поток, предназначены для сброса воды из каналов (нагорных, ловчих и др.) в закрытую дренажную сеть. Прием воды осуществляется через специальные водоприемные устройства, исключающие попадание в закрытый коллектор взвешенных в воде наносов. Для снижения количества наносов, транспортируемых потоком, перед колодцем устраивается отстойник в виде расширенного укрепленного русла. Латвийскими мелиораторами успешно освоены в производстве колодцы-поглотители с фильтрами для условий интенсивного притока грунтовых и поверхностных вод с расходом до 30 л/с со сменными фильтрующими элементами из пороэласта. Опыт применения таких элементов показал, что они могут успешно заменять некоторые конструкции дренажных фильтров из песчано-гравийных засыпок.

При строительстве колодцев кольца в стыках плотно подгоняют друг к другу и устанавливают на цементный раствор с тщательной затиркой швов с внешней и внутренней стороны. Смещение торцов колец в стыках не должно превышать $^1/_3$ толщины их стенки.

Котлованы под колодцы обычно отрываются одноковшовым экскаватором. Монтируют колодцы при помощи погрузчика-экскаватора ПЭ-08Б или гидрокранов на тракторе класса тяги 30 кН. В основании колодца устраивается песчано-гравийная подготовка. Для подсоединения коллектора к колодцу применяются асбоцементные трубы, укладываемые на уплотненную подготовку из гравия или щебня.

Во избежание подпора воды в дренажной системе впадающие в колодец коллекторные трубы следует располагать выше выходящих не менее чем на 5 см. Если смотровой колодец используется и как отстойник, его дно следует делать на 40—60 см ниже выходящей трубы.

Соединения коллектора с колодцами и другими дренажными сооружениями должны исключать возможные просадки и размыв грунта. Для этого грунт в этих местах тщательно трамбуется, в узлах соединения применяются специальные диафрагмы и муфты, стыки труб обматываются мешковиной или просмоленной паклей.

Поглотительные колонки. Устраиваются на дренаже для ускорения отвода поверхностной воды из замкнутых положений при осушении почв тяжелого механического состава. В целях экономии фильтрующих материалов и снижения стоимости работ в практике строительства обычно устраивают поглотительные колонки в виде пунктирной засыпки сечения траншеи фильтрующим материалом. Их приурочивают к замкнутым понижениям, причем не менее $^2/_3$ всех колонок располагаются в местах выраженных понижений.

Для проектирования дрен-собирателей с поглотительными колонками предусматриваются дополнительная планировка поверхности почвы с засыпкой неглубоких замкнутых понижений и проведение глубокого рыхления или кротования.

Для устройства поглотительных колонок используются местные фильтрующие материалы: торф, песчано-гравийные смеси, шлаки с коэффициентами фильтрации не менее 3—5 м/сут. Начато освоение фильтрующих

элементов в виде блоков, которые одновременно с укладкой дрен устанавливаются в дренажные траншеи или щели.

При заложении закрытого дренажа в условиях глубокого сезонного промерзания применяется система одиночных бесполостных дрен с выходом непосредственно в каналы (устьевой участок устраивается из полиэтиленовых или асбестоцементных труб), которые засыпают песчано-гравийными смесями расчетного состава до подошвы пахотного слоя. В этом случае с момента оттаивания пахотного слоя сток поверхностных вод будет происходить по оттаявшему пахотному слою и далее через засыпку в дренаж, так как песчано-гравийные смеси и в мерзлом состоянии обладают достаточно высокой фильтрационной способностью.

Блоки из пористого бетона (БПБ-1, ТУ 33-187—80) конструкции СевНИИГиМа и объединения Ленмелиорация применяются для устройства поглотительных колонок с целью отведения избыточных вод из замкнутых понижений и пахотного горизонта при интенсивном осушении тяжелых минеральных грунтов. Пористый бетон имеет коэффициент фильтрации от 5 до 50 м/сут, прочность на сжатие — не менее 2,5 мПа и на разрыв — не менее 0,3 мПа. Объемная масса пористого бетона находится в пределах 1600—1800 кг/м^3, масса одного блока не более 260 кг.

Соединительные детали для узлов сопряжения дренажных линий. К основным сопряжениям дренажных линий относятся узлы присоединения дрены к коллектору, коллектора к коллектору низшего порядка, места поворота дренажных линий. Они выполняются с применением готовых соединительных деталей. Основная цель применения соединительных деталей — улучшение качества работ и условий труда рабочих, надежности сочленений, повышение производительности и степени механизации строительных работ при укладке дренажных труб. Соединение дрен и коллекторов из керамических труб осуществляется при помощи пластмассовых тройников (рис. 1) или путем устройства отверстий в трубах коллектора и дрены коловоротом с последующей центровкой отверстий фиксирующей деталью. Использование пластмассовых соединительных деталей улучшает надежность узлов сопряжения дрен с коллектором в сравнении с распространенным способом пробивки от-

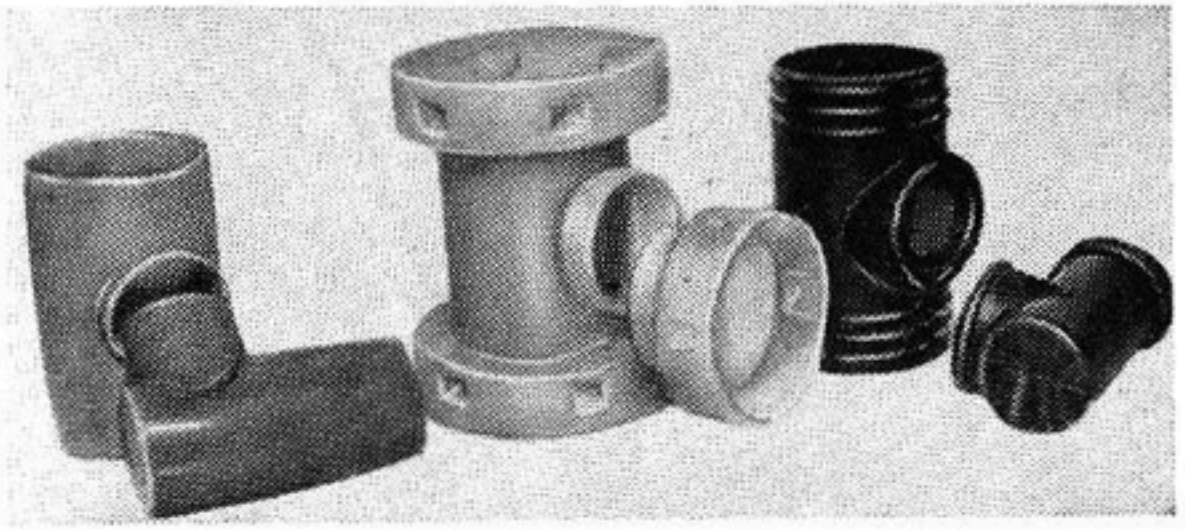


Рис. 1. Пластмассовые соединительные тройники для формирования узлов сопряжения керамических дрен с коллектором

верстий в керамических трубах коловоротом или молотком.

В последнее время проходят широкую производственную проверку различные конструкции водоприемно-соединительных муфт, предназначенных для стыковки короткомерных дренажных труб. Применение соединительных муфт, особенно в неустойчивых грунтах, улучшает условия труда рабочих-трубоукладчиков, позволяет повысить уровень механизации процесса формирования дренажных трубопроводов как при траншейном, так и узкотраншейном способах строительства дренажа.

К соединительным пластмассовым элементам (муфтам) для керамического дренажа предъявляются определенные требования, которые могут быть классифицированы как конструктивно-технологические, гидромелиоративно-эксплуатационные и технико-экономические.

Конструктивно-технологические требования определяют простоту монтажа и надежную фиксацию смежных торцов труб в собранном положении, возможность механизированного процесса укладки, исключение разъема (сбоя) соединения при прохождении дренажной плети по спускному лотку трубоукладчика и стабильность положения на дне траншеи (щели), повышение производительности и гигиеничности труда.

Гидромелиоративно-эксплуатационные требования определяют заданную водоприемную способность обра-

зованного муфтами соединения (стыка) и его способность защиты от проникновения мелких частиц и ила во внутреннюю дренажную полость, стойкость к агрессивным средам, надежность и долговечность.

Технико-экономические требования определяют технологичность и простоту в изготовлении элементов и использование серийных и высокопроизводительных формировочных установок, возможность использования недефицитного вторсырья, относительно невысокую стоимость.

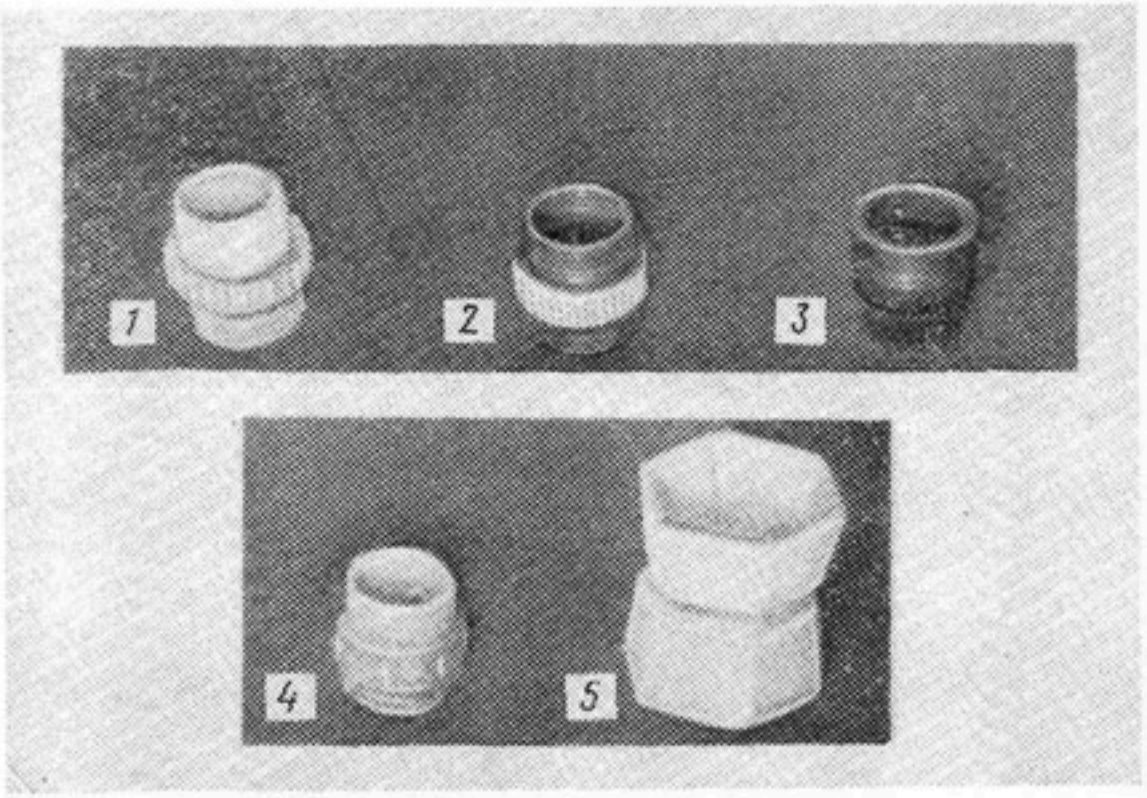
Конструкция и эластичность муфт должна обеспечить монтаж дренажного трубопровода с выдерживанием нормированных щелевых зазоров в системе керамическая труба — соединительная муфта. Проходят широкую производственную проверку несколько образцов муфт (рис. 2).

Муфта марки ВСУ-07 (рис. 2, *1*), изготавливаемая по ТУ 33-33—80, состоит из центральной водоприемной части, перфорированной круглыми водоприемными отверстиями, и концевых патрубков. Концевые патрубки имеют конусно-криволинейную поверхность для обеспечения плотного контакта с внутренней торцовой поверхностью керамических труб. Сортамент муфт ВСУ-07 по номинальному внутреннему диаметру керамических дренажных труб (ГОСТ 8411—74) следующий: 50, 75 и 100 мм. Муфты диаметром 75 и 100 мм по требованию заказчика могут выполняться без водоприемных отверстий.

Муфта марки МС, изготавливаемая по ТУ 33-116—79 (рис. 2, *2*), состоит из водоприемной части с отверстиями, буртиков-фиксаторов, фильтра и керамических труб, фильтра из ЗФМ, двух патрубков конической формы, снабженных поперечными гофрами. Гофры обеспечивают жесткость муфты и герметическое соединение с керамическими трубами.

Сортамент муфт МС по номинальному внутреннему диаметру керамических дренажных труб (ГОСТ 8411—74) следующий: 50, 75, 100, 125 и 150 мм.

Муфта МФЩ (рис. 2, *3*) изготавливается из пластмассы (ТУ 33-104—78). Состоит из конусных соединительных патрубков, на конце которых имеются уплотнительные кольца. Центральная часть муфты перфорирована продольными водоприемными щелями. Рассчитана на соединение керамических труб диаметром 50 мм.



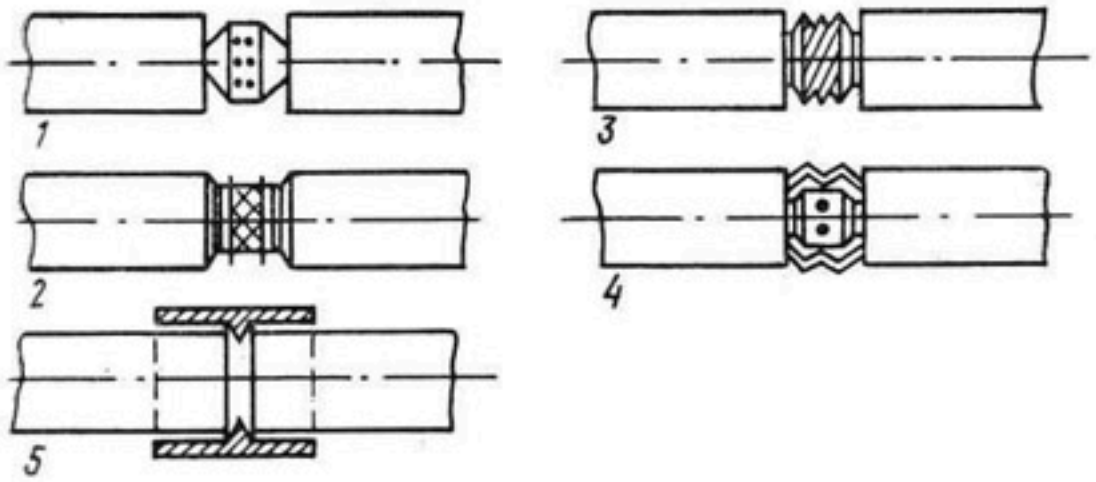


Рис. 2. Образцы пластмассовых соединительных муфт для керамического дренажа:

1 — полиэтиленовая муфта ВСУ-07 с перфорированным корпусом; *2* — пластмассовая муфта МС с покрытием центральной части из полоски стеклохолста; *3* — пластмассовая муфта МФЩ со щелевыми зазорами на корпусе; *4* — пластмассовая муфта ВСМ-50-1 с внешним покрытием корпуса из синтетической негканой ленты

Муфта ВСМ-50-1 (ТУ 33-104—78) включает полый корпус (рис. 2, *4*), на котором имеются 2 кольцевых гофра, придающих муфте необходимую эластичность, водоприемные отверстия, продольные выступы на кон-

цевых раструбах, обеспечивающие сцепление муфты с керамической трубой, защитно-фильтрующий элемент. Рассчитана для соединения керамических труб диаметром 50 мм.

Муфта из ПЭ-холста предназначена для внешней стыковки труб при помощи шестигранных охватов. В центральной внутренней полости муфты имеется буртик-фиксатор для фиксирования зазора между торцами труб.

Пластмассовые водоприемно-соединительные муфты внутренней стыковки изготавливаются способом экструзионно-раздувного формования на многоструйных автоматизированных шнек-машинах. Пресс-формы имеют оснастку для пробивки водоприемных отверстий.

Одним из факторов, обусловливающих незаиление дрен с муфтами внешней или внутренней стыковки, является обеспечение плотности стыковки в системе муфта — торец трубы. Такую стыковку обеспечивают муфты с соединительными патрубками правильной формы. Исследования различных вариантов патрубков позволили установить, что технологическим условиям формирования дренажной линии через криволинейные спускные лотки дреноукладчиков отвечает гладкая конусно-криволинейная поверхность соединительных патрубков, причем наилучшая плотность стыковки достигается при гладких внутренних кромках керамических труб. При стыковке таких труб зазоров шириной более 0,4 мм не отмечается, что практически не представляет опасности заиления дренажных трубопроводов. При использовании керамических труб без зачистки внутренних торцов, т. е. с наличием заусениц и незначительных сколов, в 15 % стыков зафиксированы зазоры более 1 мм, что недопустимо при прокладке дрен в мелкозернистых и пылеватых песчаных грунтах.

Для неустойчивых грунтов разработана конструкция цельной дренажной плети (рис. 3), которая собирается из керамических труб и соединительных муфт на поверхности дренажной трассы до начала процесса разработки дренажной траншеи. Сборка дренажной линии осуществляется с помощью муфт *5* (внутренней или внешней стыковки), гибкого армирующего элемента *3*, состоящего из металлического или капронового троса с пружинными вставками *4* и фиксирующей арматуры *6* и *7*.

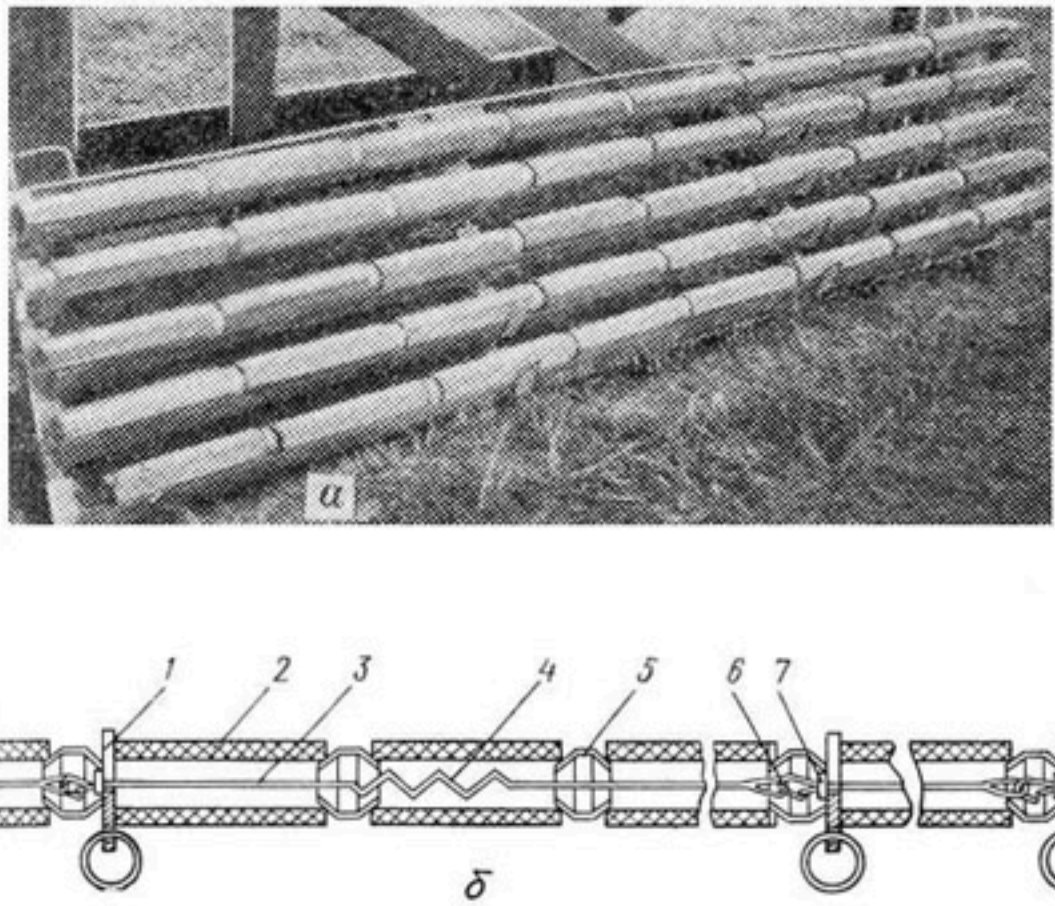


Рис. 3. Сборная дренажная плеть из керамических труб и пластмассовых муфт:

а — общий вид; *б* — схема соединения плети; *1, 7* — концевой стопор; *2* — керамическая труба; *3, 4* — гибкий армирующий элемент с пружинной вставкой; *5* — муфта; *6* — соединительное кольцо

По данным исследований в Львовской области (Львовгидроводхоз, 1978), соединительные муфты из полиэтилена для соединения керамических труб обеспечивают надежную защиту их по всему периметру, позволяют механизировать процесс защиты дренажа от заиления. При этом производительность труда увеличивается на 15—20 %, отпадает необходимость работы в траншеях. Соединение керамических труб с помощью муфт дает возможность осуществлять строительство дренажа узкотраншейными дреноукладчиками и таким образом значительно сократить объемы земляных работ.

Неоднократные проверки на объектах Северо-Запада заложенного дренажа с использованием муфтовых соединений показали надежную работу закрытых дренажных систем.

Несмотря на технологические преимущества соединительных муфт, в настоящее время ведется поиск конструкций, более простых в изготовлении. Можно пред-

положить, что в первую очередь будут внедрены в практику дренажного строительства конструкции муфт, обеспечивающие заданную водопропускную способность и надежную защиту от заиления без применения фильтрующих материалов.

Для пластмассовых гофрированных труб используются 6 видов соединительных деталей (табл. 2; рис. 4). Монтаж соединительных деталей производится по внешнему диаметру труб. Фиксация осуществляется с помощью внутренних выступов на концевых раструбах соединительных деталей, которые при монтаже перескакивают через вершину концевых гофров труб и фиксируют соединение в собранном положении.

При строительстве дренажных трубопроводов из гофрированных дренажных труб и соединительных деталей обычно соблюдают следующие правила. При сопряжении соединительной детали с трубой конец последней отрезается перпендикулярно оси по впадине гофра; продольная ось контактной части соединительной детали после стыковки должна быть совмещенной с продольной осью гофрированной трубы; труба, встав-

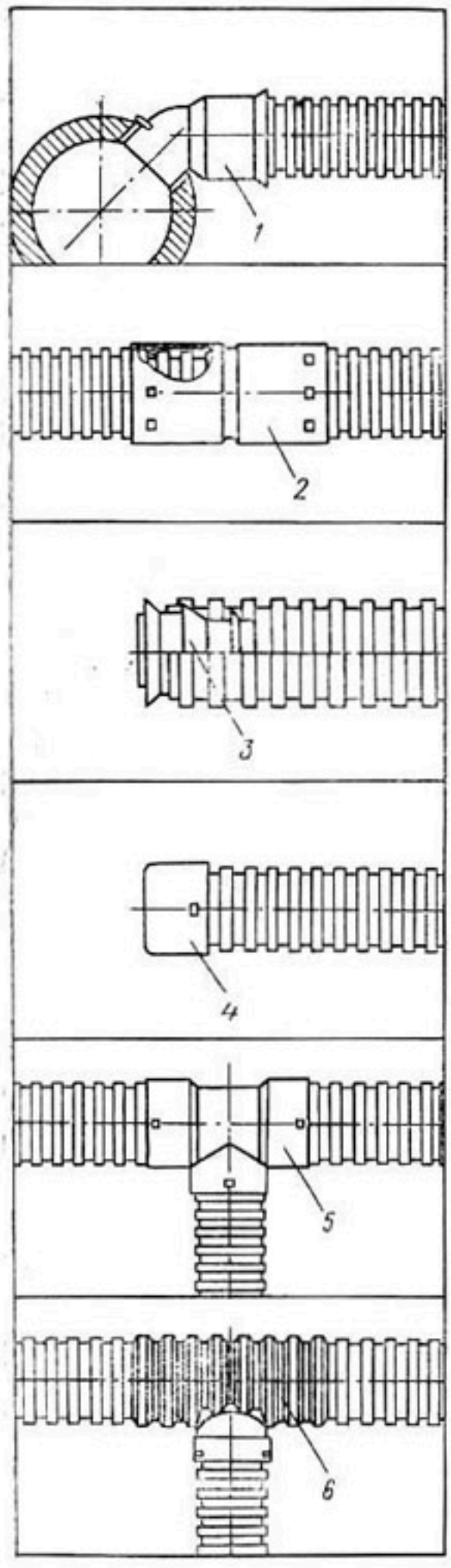


Рис. 4. Схемы соединительных деталей для гофрированных труб

2. Основные параметры пластмассовых соединительных деталей

Деталь	Диаметр, мм	Ориентировочная масса, г	Применение
Угольник 45°	50	27	Для присоединения гофрированных дренажных труб диаметром 50, 63 и 75 мм к гончарному коллектору (рис. 4, *1*)
	63	36	
	75	58	
Муфта	50	30	Для соединения двух одинаковых гофрированных дренажных труб диаметром 50, 63, 75, 90 и 110 мм (рис. 4, *2*)
	63	45	
	75	60	
	90	90	
	110	110	
Заглушка	50, 63, 75	24	Для закрытия концов гофрированных дренажных труб диаметром 50, 63, 75 мм (рис. 4, *3*) и 90 и 110 мм (рис. 4, *4*)
	90	45	
	110	65	
Тройник	50 × 75	100	Для соединения двух гофрированных дренажных труб одного диаметра с третьей другого диаметра: 50 + 100, 50 + 110, 63 + 75, 63 + 90 мм (рис. 4, *5*)
	50 × 110	200	
	63 × 75	65	
	63 × 90	170	
Тройник накладной	63 × 110	82	Для соединения гофрированной дренажной трубы диаметром 63 мм с коллектором из гофрированной дренажной трубы диаметром 110 мм (рис. 4, *6*)

Примечание. Соединительные детали изготавливаются по ТУ 6-05-1609—77 «Детали из пластмасс общего назначения», ТУ 33-184—80 «Детали соединительные из полиэтилена для дренажных полиэтиленовых гофрированных труб», ТУ 33-184—80, ТУ 6-19-051-320—81 «Детали из полиэтилена для дренажных гофрированных полиэтиленовых труб».

ленная в присоединительный раструб муфты, должна выступать за фиксирующие выступы раструба не менее чем на две вершины гофра; накладной тройник с обеих сторон плотно обвязывается и точно фиксируется относительно отверстия в стенке трубы.

Сопряжение пластмассовых дрен с коллектором производится с применением пластмассовых соединительных деталей или керамических труб. В последнем случае керамическую трубу соответствующего диаметра соединяют с коллекторной, а пластмассовую вставляют в нее на длину не менее 10 см.

Сопряжение дрены с коллектором обычно выполняется под углом 60—90°. При угле сопряжения менее 60° целесообразно поворот последних труб впадающей дрены осуществлять по плавной кривой с радиусом порядка 90—100 см. Дрены из пластмассовых труб в данном случае присоединяют к коллектору путем плавного изгиба их устьевой части.

До окончательной засыпки дренажной линии места всех сопряжений и соединений защищаются фильтрующим материалом, а грунт в зоне соединения утрамбовывается.

1.2. Дренажные трубы и защитно-фильтрующие материалы

Конструкция и материалы дренажных труб. При строительстве закрытого дренажа применяются трубы керамические, пластмассовые, асбестоцементные или железобетонные.

Керамические дренажные трубы (ГОСТ 8411—74) наиболее распространены в практике дренажного строительства в Нечерноземной зоне РСФСР. Согласно ГОСТу длина труб принимается 333 мм, но по желанию изготовителя и потребителя трубы диаметром от 100 до 250 мм могут иметь длину 500 мм. Толщина стенки многогранных труб измеряется по ребру. Перекос торца труб не должен превышать 4 мм (табл. 3). Трубы диаметром 40, 50, 75 мм применяют для дрен-осушителей, а диаметром 75 мм и более — для дренажных коллекторов.

Анализ точности формирования дрен свидетельствует, что допуски по внутреннему диаметру и перекосу торцов керамических труб чересчур велики, что не позволяет обеспечить заданную величину зазоров при их стыковке.

Керамические дренажные трубы могут иметь различную форму, зависящую от их назначения и технологии изготовления. Для предотвращения взаимного сдвига труб в дренажных линиях по специальным заказам изготавливают трубы с фигурным торцом, с фасками, с раструбами.

Пластмассовые дренажные трубы (рис. 5) изготавливаются из полиэтилена (ПЭ) и поливинилхлорида (ПВХ). В настоящее время налажен серийный

3. Основные параметры цилиндрических и многогранных керамических дренажных труб, мм (ГОСТ 8411—74)

Внутренний диаметр	Толщина сетки	Длина	Перекос торца, не более
50 ± 2	11 ± 2	333^{+10}_{-5}	3
75 ± 2	13 ± 2	333^{+10}_{-5}	4
100 ± 3	15 ± 3	333^{+10}_{-5}	4
125 ± 3	18 ± 3	333^{+10}_{-5}	5
150 ± 3	20 ± 3	333^{+10}_{-5}	5
175 ± 5	22 ± 5	333^{+10}_{-5}	6
200 ± 5	24 ± 5	333^{+10}_{-5}	6
250 ± 5	25 ± 5	333^{+10}_{-5}	6

выпуск безнапорных гофрированных дренажных труб для устройства горизонтального дренажа с глубиной заложения до 2,5 м. Для изготовления труб применяется полиэтилен высокой плотности (ПВП) по ГОСТу 16338—70.

Водоприемные отверстия диаметром 3,5 и 4 мм находятся во впадинах гофра. К основным преимуществам гофрированных дренажных труб новой конструкции по сравнению с соответствующими типоразмерами труб (ТУ 6-05-1078—72) разработчики относят возможность большей глубины укладки (до 2,5 м), меньшую массу единицы длины трубы и большую площадь водоприемных отверстий (табл. 4).

Спиральнонавитые дренажные трубы ТДСВ (рис. 6) изготовляют на экструзионных технологических линиях путем фиксированной навивки профилированных лент со стреловидным замко́м. Ленты на внешней поверхности имеют двойные ребра, между которыми выполнены водоприемные входные отверстия. В дренажном строительстве могут использоваться трубы с внутренним диаметром от 44 до 117 мм (табл. 5), выпуск которых освоен промышленностью. По пропускной способности спиральнонавитые трубы занимают про-

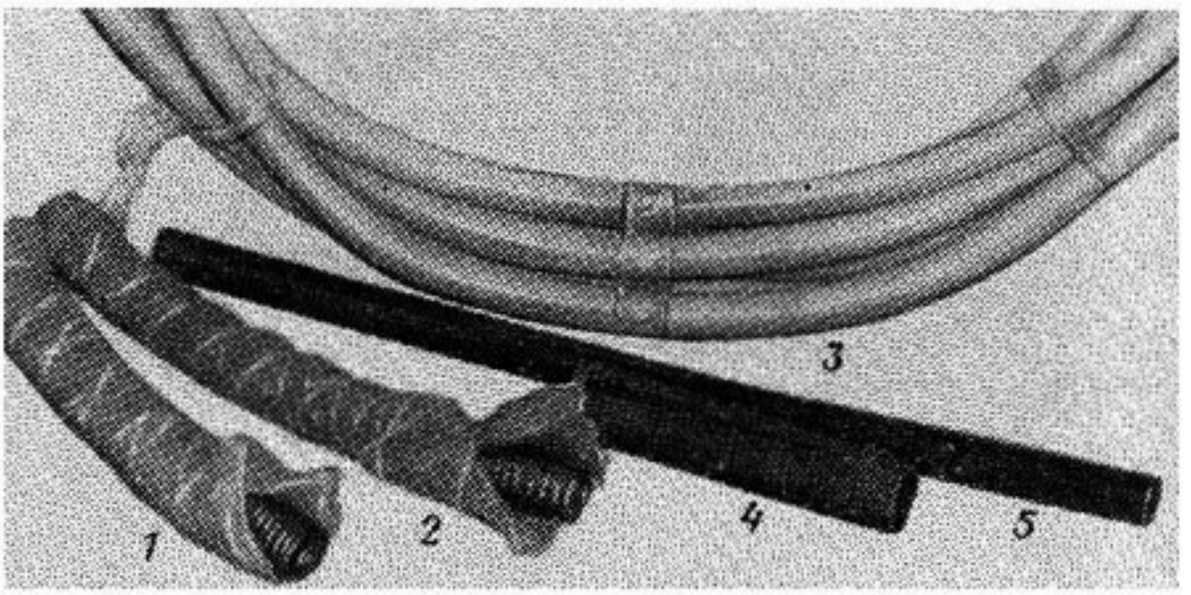


Рис. 5. Конструкции пластмассовых дренажных труб:
1, 2 — гофрированные трубы с оберткой рулонным ЗФМ; *3* — спирально-навитые трубы ТДСВ; *4* — гофрированные трубы с перфорацией 1—1,5 мм; *5* — труба с мелкими гофрами

межуточное положение между гофрированными и гладкостенными трубами. Гибкость ТДСВ обеспечивается не эластичностью материала, а перемещением стрелок профильной ленты в хвостовике, что весьма важно при укладке труб при низкой температуре и для устойчивости их к ударным нагрузкам. Испытания этих труб показали, что они удовлетворяют всем основным требованиям механизированной технологии укладки при узкотраншейном и бестраншейном способах строительства.

Для соединения труб в продольном направлении не требуется специальная арматура — муфты, переходы. Эта операция осуществляется через раструб, образуемый путем вращения конца трубы против часовой стрелки. Вставленный в раструб конец трубы затем закрепляется путем вращения витков по направлению навивки.

Закладка спиральнонавитых труб на опытно-производственных участках в ОПХ СевНИИГиМа (пос. Новоселье) траншейным и бестраншейным способами в различных гидрогеологических условиях показали их технологичность при механизированном процессе строительства закрытого горизонтального дренажа. Так, при прокладке труб бестраншейным дреноукладочным комплексом МД-4, МД-5 производительность дренажной бригады составила 750—900 м/ч. Установлена возмож-

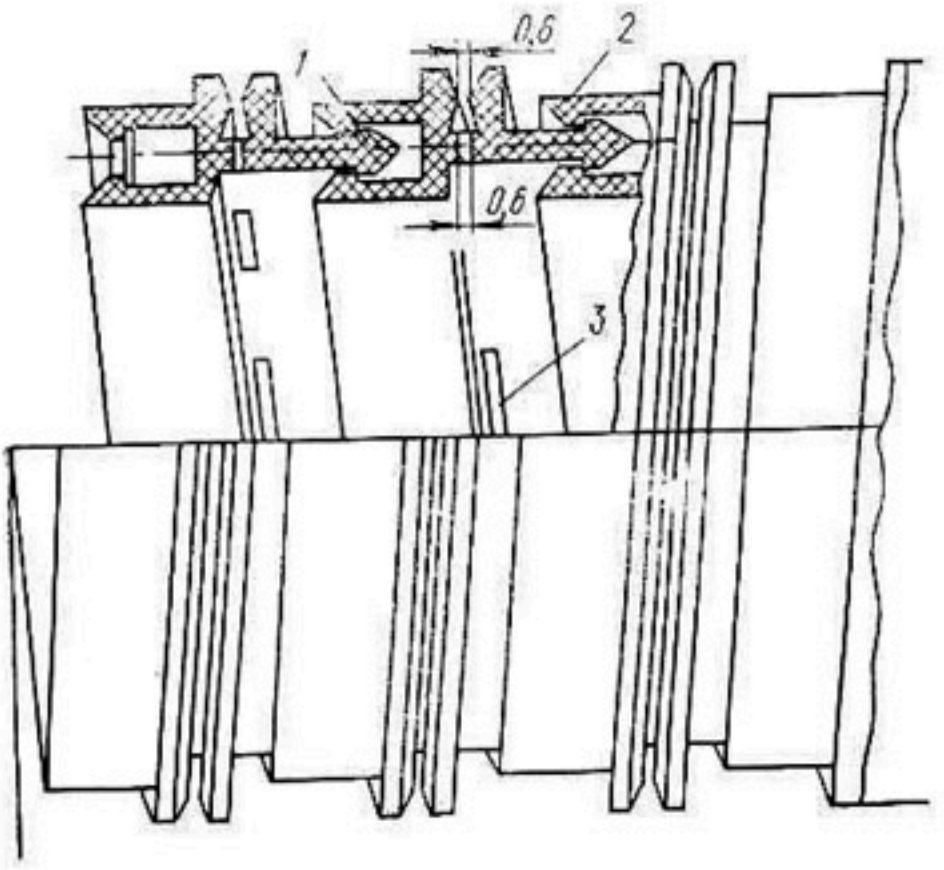


Рис. 6. Схема спиральнонавитой трубы:
1 — стрелка профильной ленты; *2* — хвостовик; *3* — водоприемные отверстия

ность применения ТДСВ при круглогодовом производстве дренажных работ.

В ряде ПМК Ленинградской области при строительстве коллекторов дренажных систем на глубину до 3 м применяются трубы дренажные спиральнозамковые из поливинилхлорида, изготавливаемые из экструдируемой профилированной полосы путем ее спиральной навивки на установке непрерывного действия (табл. 6).

Они применимы практически на всех типах почвогрунтов. При наличии в грунтовых водах железистых соединений более 3 мг/л для предохранения дрен от заиления применяют специальные мероприятия, предусмотренные в «Руководстве по проектированию осушительных систем сельскохозяйственного назначения» (ВТР-П-8—76).

На поверхности труб не допускается наличие трещин, раковин, вздутий, видимых без применения увеличительных приборов. Трубы выдерживают без разрушения давление не менее 40—45 кПа.

Нельзя сбрасывать трубы с высоты более 1 м, ударять по ним тяжелыми предметами, применять тросы

4. Основные характеристики пластмассовых гофрированных труб из ПВП (ТУ 6-06-1078—78)

Показатель	Диаметр трубы, мм			
	63	75	90	110
Диаметр водоприемных отверстий, мм	3,5	4,0	4,0	4,0
Площадь водоприемных отверстий, $см^2/м$	17	18	23	19
Толщина стенки, мм	0,9	0,9	0,9	0,9
Шаг гофра, мм	11,0	13,75	16,0	19,5
Высота гофра, мм	4,3	4,9	6,4	7,8
Масса 1 м погонной длины трубы, кг	0,25	0,32	0,38	0,47

5. Основные технические характеристики спиральнонавитых дренажных труб

Внутренний диаметр, мм	Входные отверстия		Масса, кг/м	Примечание
	Количество, шт./м	Суммарная площадь, $см^2/м$		
44	1870	45	0,16	В трубах всех диаметров входные отверстия имеют размер 4 × × 0,6 мм с шагом нанесения на профиль 15, 20, 25, 30 или 35 мм
57			0,24	
68			0,33	
83	2080	50	0,48	
103			0,70	
117			0,88	

6. Основные параметры спиральнозамковых труб, мм

Внутренний диаметр трубы	Толщина стенки	Длина трубы	Ширина щели	
			в сжатом состоянии	в растянутом состоянии
100±2	1,4±0,2	6000+50	0,8±0,1	2,8±0,2
150±3	1,8±0,2	6000+50	0,8±0,1	2,8±0,2

или цепи в качестве захватных приспособлений и другие операции, которые могут привести к повреждению труб. До начала работ дренажные трубы укладывают на объекте строительства на деревянные стеллажи, соломенные маты и т. п. Длительное хранение труб осу-

ществляется на складах закрытого типа, исключающих попадание прямых солнечных лучей, на расстоянии не менее 1 м от нагревательных приборов при температуре от 5 до 35 °С.

Для подсоединения дрен к коллектору из спирально-замковых труб устанавливаются соединительные переходники из полимерных материалов. Место соединения изолируется ЗФМ и закрывается замко́м из мятой глины.

Спиральнозамковые коллекторные дренажные трубы можно укладывать во всех связных грунтах без ЗФМ. В пылеватых песках, содержащих менее 40 % частиц диаметром более 0,1 мм, необходимо устройство дренажной защиты. Тип и конструкция применяемого защитно-фильтрующего материала обосновываются в проекте мелиорации.

В Приозерской ПМК объединения Ленмелиорация на участке «Первомайский» в 1978—1979 гг. осуществлена опытно-производственная прокладка коллекторов из спиральнозамковых дренажных труб диаметром 100 мм в несуффозионных грунтах без дополнительной обертки труб рулонными стекловолокнистыми материалами. Эксплуатационная производительность дреноукладчика ЭТЦ-202А составила 120—150 м/ч. Производительность бригады по сравнению с укладкой коллекторов из керамических труб увеличилась на 30—40 %. К недостаткам труб из жесткого поливинилхлорида можно отнести невозможность применения их при отрицательных температурах ниже —25 °С и необходимость дополнительной защиты рулонными ЗФМ в суффозионных грунтах.

Для коллекторов закрытых дренажных систем стали широко применяться гладкие полиэтиленовые трубы различных диаметров.

Обычно в практике применяются трубы экструдированные с внутренними диаметрами 100—300 мм. Они доставляются на объект строительства в хлыстах (плетях) длиной 3—6 м.

При производстве дренажных работ у строителей возникают определенные трудности, связанные с формированием раструбов, устройством отводов, торцовкой этих труб и т. д. Ниже кратко излагаются основные требования к выполнению технологических операций с полиэтиленовыми трубами.

Разметка труб производится обычным стандартным инструментом: штангенциркулем, линейкой, рулеткой, угольниками, а также шаблонами. При этом линии реза допускается наносить металлической чертилкой, а размерные линии — мелом или восковым карандашом.

Резка пластмассовых труб выполняется на станках с дисковыми пилами без разведенных зубцов, с равномерно уменьшающейся к центру диска толщиной. При ручной резке используются ножовки по металлу, мелкозубные плотничные пилы и столярные ножовки.

Перекос торца при резке для труб с наружным диаметром 50—160 мм обычно принимается 1 мм, для труб с наружным диаметром более 160 мм — 2 мм. Для торцовки и обточки пластмассовых труб, а также снятия фасок на концах труб применяются приспособления, режущим инструментом которых являются специальные фрезы или резцовые головки с несколькими ножами. Угол заточки фрез (резцов) составляет 25—30°, угловая скорость вращения при механизированной резке — от 110 до 220 рад/с. Обычные фрезы для обработки металла, а также абразивные инструменты применять не следует, так как при обработке полиэтилена они забиваются.

Для формирования раструбов концы пластмассовых труб предварительно разогреваются до размягчения, причем перед этим на них снимается внутренняя фаска под углом 45°. Нагрев и размягчение пластмассовых труб осуществляются в жидкостных ваннах с глицерином, гликолем, трансформаторным маслом (для ПВХ). Температура нагрева устанавливается в заданных режимах терморегулятором. Температуру нагрева жидкости обычно принимают в пределах для труб: ПВП 125 $\pm$ 5 °С, ПНП 100 °С, ПВХ 130 $\pm$ 5 °С. Ограничивается также и время нагрева концов труб: для ПВП с толщиной стенки 3—5 мм — 30—50 с; 6—9 мм — 100—200 с; 10—12 мм — 260—380 с; для ПНП с толщиной стенки 3—5 мм — 40—65 с; 6—9 мм — 120—250 с; 10—12 мм — 330—380 с. Длина нагреваемых концов труб должна быть в $1^1/_2$ раза больше длины формуемого раструба.

Для формирования раструбов в нагретую размягченную трубу вводят формовочную оправку из алюминия или стали строго по оси трубы, чтобы избежать пере-

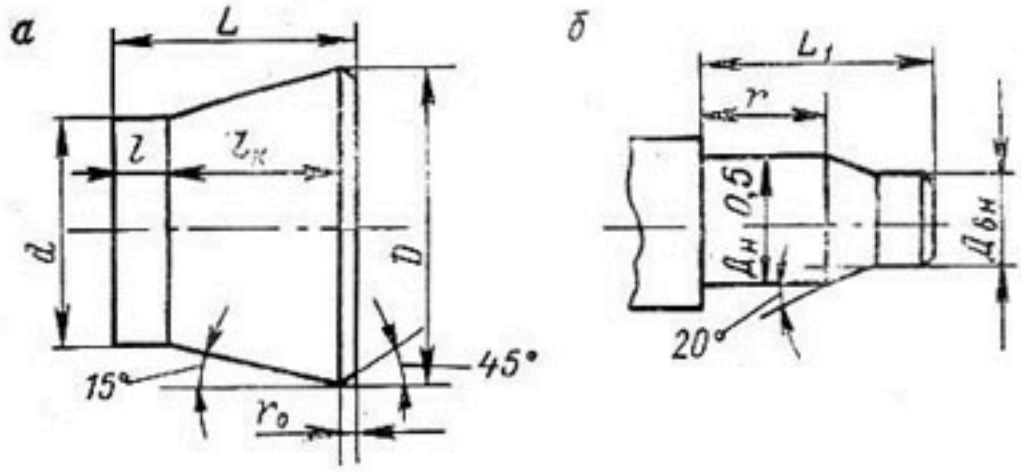


Рис. 7. Формовочные оправки для стыковки пластмассовых коллекторных труб:

а — оправка для формирования конусов на полиэтиленовых трубах из ПВП для фланцевых соединений с распорной втулкой; *б* — оправка для формирования цилиндрических раструбов

коса отформованного раструба. Схемы и размеры оправок представлены на рис. 7 и ниже:

Раструбы

$D_{вн}$	63;	75;	90;	110;	140;	160
r	35;	45;	45;	75;	85:	95
L_1	75;	85;	100;	140—145;	160(165) —	170

Конусы

d	63;	75;	90;	110;	140;	160;	225
D	75,4;	90,8;	105,8;	127,1;	160;	180,8;	248
$r_к$	54;	64;	78;	95;	121;	138;	195
L	60;	70;	76;	100;	114;	125;	140
r	16/4;	16/5;	20/52;	32/6;	36/73;	40/8;	40/95

Угловые отводы из пластмассовых труб могут быть изготовлены гнутьем с предварительным нагревом трубы до размягчения. Во избежание смятия труб при гнутье перед нагревом во внутреннюю полость трубы в качестве наполнителя вставляется набитый песком чехол из плотной ткани или резинового шланга, наружным диаметром на 1—2 мм меньше, чем внутренний диаметр изгибаемой трубы. Трубы небольших диаметров можно изгибать, наполняя их чистым сухим речным песком, нагретым до 100—125 °С. Горячим песком заполняют ту часть трубы, которую подвергают изгибу. Концевые участки наполняют холодным песком и заглушают пробками. Для равномерного прогрева трубу следует нагревать и с внешней стороны.

Для повышения надежности стыковых соединений

гладких пластмассовых коллекторных труб производится их сварка специальными аппаратами. В практике применяется установка типа АСП-2М, предназначенная для сварки, резки, торцовки полиэтиленовых гладких труб диаметром 63—315 мм. Установка состоит из самоходного шасси Т-16М и навесного рабочего органа. На шасси установлен генератор, который работает от двигателя. Подъем в транспортное положение и опускание рабочего органа осуществляются при помощи системы гидроцилиндров, что позволяет точно установить рабочий орган в месте, где производится сварка стыков труб.

Техническая характеристика установки АСП-2М

Наружный диаметр свариваемых полиэтиленовых труб по ГОСТу 18599—73, мм	63—315
Прочность сварного шва по отношению к основному материалу, %	85
Давление на торцах свариваемых труб, кПа	0,08—0,15
Рабочая температура на нагревательном элементе, °С	180—200
Напряжение на нагревательном элементе, В	До 15
Ток на нагревательном элементе, А	До 250
Перемещение рабочего органа вдоль оси самоходного шасси, мм	± 125
Частота вращения фрезы для торцовки, $с^{-1}$	10,99
Диаметр пильного диска, мм	250
Обслуживающий персонал, чел.	2

Время нагрева зависит от толщины стенок труб, причем прогрев труб должен быть равномерным по всей толщине и длине изгибаемого участка, для чего их все время вращают.

При изготовлении отводов из ПВП и ПНП угол сгиба принимается на 25—30° больше, чем требуемый, ввиду упругих остаточных деформаций.

Защитно-фильтрующие материалы. Эффективность работы и долговечность закрытой дренажной системы, где дрены выполняются из керамических труб, в значительной мере определяется качеством выполнения стыковых зазоров, технологичностью и надежностью применяемых защитно-фильтрующих материалов и конструкций.

Практика осушения сельскохозяйственных земель с

помощью дренажа и многочисленные исследования показывают, что для обеспечения его надежной и долговечной работы необходима защита дрен от заиления фильтрующими материалами.

В дренажном строительстве в настоящее время наибольшее распространение получили рулонные защитно-фильтрующие материалы (ЗФМ).

В песчаных грунтах, пылеватых супесях и легких суглинках для защиты от заиления стыки керамических дренажных труб и пластмассовые трубы по всей длине покрываются слоем защитного рулонного материала по всему периметру.

В глинистых грунтах и хорошо разложившемся торфе для увеличения водоприемной способности дрен применяют объемные фильтрующие материалы: песчано-гравийную смесь, мох, фрезерный торф, торфяную крошку, крупнозернистый песок и др., а также рулонные материалы для защиты стыков труб сверху и с боков. В местах сосредоточенного выхода в дренажные траншеи грунтовых вод для защиты керамического и пластмассового дренажа применяют песчано-гравийный фильтр.

Механизированная укладка фильтров из рулонного материала должна выполняться с помощью специальных приспособлений, устанавливаемых на экскаваторах-дреноукладчиках. Рекомендуемые размеры полос рулонных защитно-фильтрующих материалов приводятся в табл. 7.

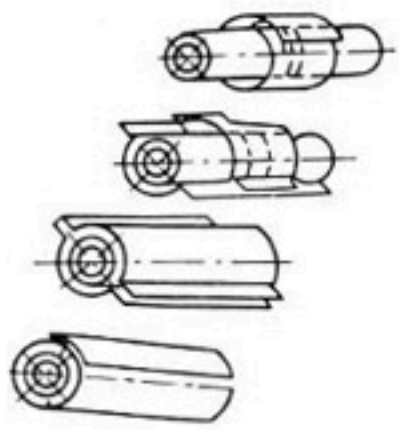
На дрены из керамических труб рулонные защитно-фильтрующие материалы наносят различными способами (табл. 8). Условиям прокладки траншейного дренажа в водонасыщенных неустойчивых грунтах варианты 1 и 2 не отвечают, поскольку обертка труб может осуществляться только с применением ручного труда, что недопустимо в условиях возможных деформаций грунта и поступления воды в траншею.

Основные мелиоративные требования к ЗФМ обычно классифицируются по функциональным (мелиоративно-эксплуатационным), строительно-технологическим (для механизированной укладки дрен), санитарно-гигиеническим и технико-экономическим группам. Для удовлетворения функциональных требований ЗФМ должны обладать водопропускной и защитной способностью, механической прочностью, химической и биохимической стойкостью.

7. Размеры полос рулонных ЗФМ и их расход для покрытия 100 м дрен различных диаметров

Диаметр труб, мм	Сплошная обертка труб					Сплошная лента снизу и полоски на стыках сверху			
	внахлест одной лентой		двумя лентами						
			Ширина полосы, см						
	Ширина полосы, мм	Расход материала, м²	нижней	верхней	Расход материала, м²	Ширина полосы нижней, см	Ширина полос на стыках сверху, см	Длина полос на стыках сверху, см	Расход материала, м²
50	30	30	15	25	40	15	7	25	21
75	40	40	20	30	50	20	7	30	27
100	50	50	20	40	60	20	7	40	30
125	60	60	25	45	70	25	7	45	36
150	70	70	25	55	80	25	7	55	40
175	80	80	30	60	90	30	7	60	44
200	90	90	30	70	100	30	7	70	47

8. Технологические способы защиты дренажных линий рулонными ЗФМ

Вариант	Способ обертки ЗФМ
	Полоска по периметру стыка; укладывается вручную
	Подстилающая лента и полоски сверху по стыкам; укладываются полумеханизированным способом
	Две ленты: подстилочная и покровная по всей длине дрены; процесс укладки механизирован
	Одна лента с образованием цилиндрической оболочки по всей длине дрены; обертка механизирована

Строительно-технологические требования включают хорошую транспортабельность и простоту хранения, технологичность укладки дренажных труб и надежное покрытие их по периметру, достаточную механическую прочность, гигиеничность труда.

Исходя из санитарно-гигиенических требований к применению допускаются ЗФМ, не требующие дополнительных мер по охране труда при транспортировке и выполнении строительных работ и из которых не вымы-

ваются вредные составные элементы при эксплуатации дренажа. К основным технико-экономическим требованиям относятся: хорошая обеспеченность сырьевыми ресурсами, высокая производительность труда при производстве ЗФМ, низкая удельная материалоемкость.

Стоимость ЗФМ на единицу протяженности построенного дренажного трубопровода даже в трудных грунтовых условиях строительства не должна превышать стоимости дренажных труб.

При современных способах строительства дренажа применяют рулонные стеклохолсты типа ВВ-М, ВВ-ЛМ, фильтры из синтетических волокон, полотна нетканые мелиоративные (НКМ, НКлМ, СНЗН), полиэтиленовый холст (ПЭ-холст) и др. Наибольшее применение в мелиоративном строительстве пока получили стеклохолсты. Остальные материалы применяют в незначительных объемах из-за дефицита сырья для их производства и высокой стоимости самих материалов.

Вместе с тем стеклохолсты не отвечают в полной мере всем требованиям, предъявляемым к дренажным фильтрам, что обусловливает поиск новых и улучшение традиционных фильтрующих материалов, которые полностью отвечали бы технологическим требованиям механизированной и безопасной укладки.

Исследования А. И. Мурашко (1977) показали, что ПЭ-холсты и изделия из них надежно предохраняют дренаж от механического заиления в мелкозернистых песках и торфе и значительно увеличивают его осушительный эффект по сравнению с укладкой дрен без фильтров. Фильтрационные свойства ПЭ-холстов зависят от технологии изготовления. Поперечные коэффициенты фильтрации их колеблются от 250 до 1000 м/сут, что вполне отвечает требованиям, предъявляемым к защитным фильтрам дрен.

Опытное строительство гончарного дренажа с применением ПЭ-холста показало, что прочность его позволяет механизировать обертки труб и уменьшить численность бригады, обслуживающей дреноукладчик, на одного рабочего-трубоукладчика.

Пластмассовые дренажные трубы могут предохраняться от заиления путем напыления на них полиэтиленовых волокон, т. е. защитная оболочка может создаваться непосредственно на заводе, выпускающем пластмассовые дренажные трубы. Применение таких труб

позволит полностью механизировать процесс строительства дренажа при узкотраншейном и бестраншейном способах строительства.

Испытание защитно-фильтрующего материала СКЗФМ (О. О. Кулль, 1980) показали его хорошую водопропускную способность в торфе и плывунном песке. Однако из-за его чувствительности к железистым соединениям этот материал можно применять в грунтах, где они содержатся в небольших количествах. При этом дренаж из керамических труб диаметром 75 мм с фильтром из СКЗФМ, обеспечивая нормальную интенсивность осушения, при пропуске обильных паводковых вод работает недостаточно эффективно.

В объединении Ленмелиорация отработана механизированная технология покрытия полиэтиленовых гофрированных труб защитно-фильтрующим материалом (ЗФМ) из полотна нетканого иглопробивного (ТУ 42-21-06—78) на станке типа УФ-1. Поверхность трубы покрывается полотном в один слой плотно, без складок, отслоений и пропусков, при этом обеспечивается нахлест боковых кромок полотна 6—8 см. Закрепление ЗФМ на поверхности трубы осуществляется спиральной навивкой нитей во взаимно противоположных направлениях. Напряжение нитей и шаг навивки спиралей на них обеспечивают плотное прилегание ЗФМ по всей внешней поверхности трубы. При этом шаг спирали принимается не более 6 см. Усилие на разрыв для нити должно быть не менее 150 кН, поскольку укладка пластмассовых труб производится механизированным способом через спускные лотки с многочисленными узлами поворотов. Достаточную прочность показали капроновые нити (ГОСТ 15897—70).

Проведенные расчеты и экспериментальные исследования позволили разработать технические требования к параметрам рулонных ЗФМ, отвечающих условиям механизированной укладки через трубоукладочное устройство мелиоративных экскаваторов:

Предел прочности на разрыв полоски шириной 5 см в сухом состоянии, МПа	Не менее 2,0
Минимальная толщина одного слоя, мм	0,7—1,0
Диаметр волокон, мкм	12—18
Содержание связующего вещества (для стеклохолстов), %	13 ± 2
Начальный коэффициент фильтрации, м/сут	Не менее 100

При погрузочно-разгрузочных работах с бухтами труб необходимо применять захватные приспособления, исключающие повреждение фильтрующего материала на трубах. Нельзя перемещать трубы по земле волоком, сбрасывать и скатывать бухты по наклонной плоскости при разгрузке.

Во избежание кольматажа ЗФМ не рекомендуется укладка труб в разжиженный грунт и в траншею (щель), в воду с большим содержанием взвеси, а также их применение в условиях высокого содержания соединений железа в грунтовых водах (более 6 мг/л) без дополнительных мероприятий, определяемых проектом.

В практике мелиоративного строительства применяются автоматизированные линии для обертывания пластмассовых дренажных труб рулонным ЗФМ.

Техническая характеристика УФ-1

Диаметр пластмассовых труб, мм	50, 63, 75, 90
Вместимость барабанов под пластмассовую трубу длиной, м	До 200
Вместимость кассет для подстилающей ленты или рулонного ЗФМ длиной, м	До 200
Ширина подстилающей ленты или рулона ЗФМ, мм	До 400
Скорость движения пластмассовой трубы, м/мин	20
Шаг навивки нитей, мм	50—60
Установочная мощность электродвигателей, кВт	До 10
Масса оборудования, т	До 3
Обслуживающий персонал, чел.	3

На заводе железобетонных изделий объединения Ленмелиорация проведена отработка технологии производства работ по изоляции пластмассовых труб объемным органическим (торфокрошка) и рулонным синтетическим защитно-фильтрующим материалом с использованием автоматизированных линий.

Для механизированной разрезки рулонных ЗФМ применяют станок для резки стеклохолста. Он предназначен для разрезания рулонов стеклохолста на части, необходимые для заправки установок изготовления объемного фильтра пластмассовых дренажных труб.

Техническая характеристика станка

Диаметр разрезаемого рулона, мм	630
Ход ножа, мм	1000

Усилие на штоке, кН (т)	95(9,5)
Марка гидронасоса	НШ-46
Обслуживающий персонал, чел.	1

В настоящее время ведутся всесторонние экспериментальные и производственные исследования по разработке ЗФМ на основе нетканых нитроновых полотен. Это иглопробивной нетканый холст типа ПАН-70 и термоукрепленный холст с полиолефиновой сеткой.

Анализ требований, которым должны соответствовать защитно-фильтрующие материалы, показывает, что для различных по составу грунтов требуются различные фильтры. С точки зрения защиты дрен от заиления, увеличения водозахватной способности, химической и биологической стойкости, а также охраны окружающей среды надежными фильтрами являются правильно подобранные гравийные смеси.

Следует отметить, что способы механизации укладки гравийных фильтров в зоне осушения пока не разработаны. Кроме того, применение их предполагает использование высокопроходимых транспортных средств для доставки гравия к трассам дрен и коллекторов, которыми в настоящее время мелиоративные организации не располагают. Эти обстоятельства обусловливают крайне ограниченное применение гравийной смеси в качестве защитных фильтров.

Из естественных материалов в качестве фильтров для защиты дренажа от механического и биохимического заиления может эффективно использоваться также торф с добавкой ингибиторов. В производственных условиях (А. Жукова, Е. Сапожников, 1976) испытаны 3 варианта защиты дрен: 1) гранулы из низинного тростникового торфа со степенью разложения 45—50 % с добавкой 10 % доломита и 5 % суперфосфата; 2) гранулы из низинного торфа со степенью разложения 45—50 % с добавкой 15 % доломита; 3) гранулы из верхового торфа со степенью разложения 30—35 %.

Обследование фильтров на участке «Судобль» Минской области показало, что за 2 года работы фильтры из гранулированного торфа не размокли и сохранили свою форму; полости дрен, защищенных гранулированным торфом с добавками доломита и суперфосфата, остались чистыми от механического заиления. Зафикси-

рован налет железистых соединений толщиной до 1 мм; на контрольных системах с защитой дрен стеклохолстом высота наилка составила 5—7 мм.

1.3. Системы горизонтального и вертикального дренажа

Горизонтальный дренаж. В последние годы в связи с интенсификацией земледелия широкое распространение в мелиоративном строительстве получили осушительные системы с закрытым горизонтальным гончарным или пластмассовым дренажом. Он представляет собой самотечное устройство, предназначенное для перехвата, приема и отвода избыточных вод за пределы мелиорируемой площади. Горизонтальный дренаж может выполнять функции регулирования уровня грунтовых вод в осушительно-увлажнительных системах при инфильтрационном увлажнении. В разделах 1.1 и 1.2 приведены основные сведения об основных элементах и конструкциях горизонтального дренажа.

Современная закрытая осушительная система с горизонтальным трубчатым дренажом насыщена многими конструктивными элементами и специальными сооружениями.

При устройстве дренажа на слабопроницаемых грунтах сейчас широко применяются различные фильтрующие элементы: специальные колонки индустриального изготовления, фильтры-поглотители и т. п. Получили широкое распространение фильтры-колодцы для перевода стока из открытых каналов в закрытые коллекторы больших диаметров. При устройстве бестраншейных одиночных дрен внедрены оригинальные конструкции облегченных пластмассовых устьев.

При разработке проектов мелиорации на генеральный план закрытой дренажной системы наносятся все ее элементы по действующей системе условных обозначений (рис. 8). Следует отметить сложность принятой рубрикации линейной части дренажных систем. Иногда отдельная дрена имеет символическое обозначение из 6—7 знаков.

Вертикальный дренаж. Наряду с горизонтальным дренажом в гумидной зоне строятся системы вертикального дренажа. Он обычно устраивается на территориях с постоянным избыточным увлажнением, где преобла-

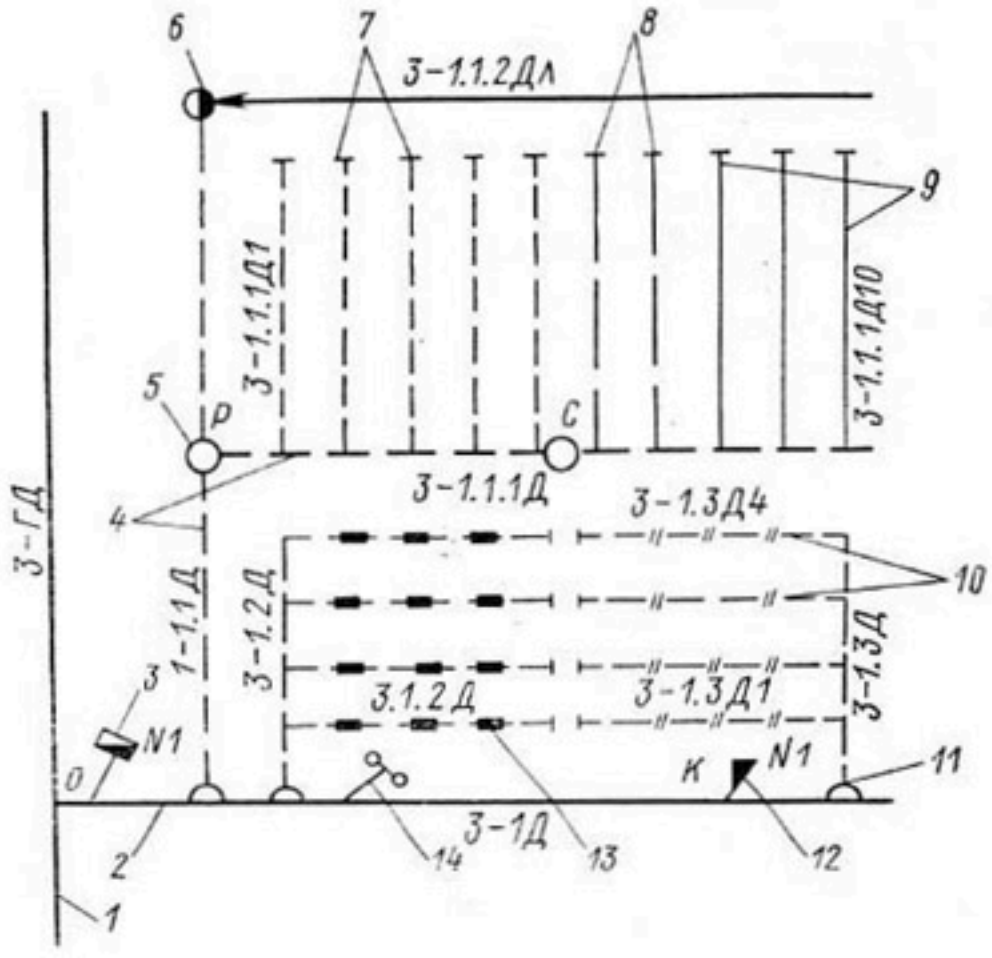


Рис. 8. Схема закрытой системы горизонтального дренажа с условными обозначениями основных элементов:

1, 2 — проводящие каналы второго и третьего порядков (3-ГД, 3-1Д); *3* — шлюз-регулятор открытый (*О*), трубчатый; *4* — закрытые коллекторы первого и второго порядков (1—1.1Д; 3—1.1.1Д); *5* — колодцы распределительный (*Р*) и смотровой (*С*); *6* — фильтр для отвода воды из открытого канала в закрытый коллектор; *7* — траншейные дрены из керамических труб (3—1.1.1Д1); *8* — бестраншейные пластмассовые дрены; *9* — траншейные пластмассовые дрены (3—1.1.1Д10); *10* — дрены с устройством стеллажей (3—1.3Д1); *11* — устье закрытого коллектора; *12* — перепад консольный (*К*); *13* — дрены с фильтрами-поглотителями или колонками (3.1.2Д); *14* — труба-переезд на канале

дает интенсивное подпитывание водоносных почвенных горизонтов, имеющих хорошую водопроницаемость напорными грунтовыми водами.

В соответствии с конкретными гидрогеологическими и почвенно-мелиоративными условиями вертикальный дренаж обеспечивает регулирование водного режима корнеобитаемого слоя почвы, в составе осушительных и осушительно-оросительных систем; ограждение осушаемых площадей от притока грунтовых вод со стороны рек, озер, водохранилищ; снижение напора грунтовых вод в пределах дренируемых и прилегающих к ним территорий.

В зависимости от расположения скважин на объектах мелиорации и типа водного питания вертикальный дре-

наж бывает систематический, выборочный и комбинированный.

Затраты на строительство вертикального дренажа обычно выше, чем горизонтального. Но вертикальный дренаж более эффективен, так как позволяет лучше регулировать режим грунтовых вод, особенно при интенсивных паводках. При составлении проектов вертикального дренажа в каждом конкретном случае необходимо проводить технико-экономическое сравнение с системами горизонтального дренажа, по результатам которого и принимается окончательное решение.

Рекомендациями по проектированию осушительных систем с применением вертикального дренажа (Союзводпроект, БелНИИМВХ, 1979) установлена классификация условий его рационального применения в гумидной зоне в зависимости от четырех типов мелиорируемых площадей.

К первому типу относятся площади, имеющие весьма благоприятные условия для этого дренажа. Здесь грунтовые воды имеют прямую гидравлическую связь с напорными горизонтами. Мощность обводненной толщи единого водоносного слоя превышает 50 м, а коэффициенты фильтрации составляют 8—12 м/сут. Здесь преобладают торф и заторфованные пески мощностью до 3 м; пески средне- и крупнозернистые мощностью от 20 до 100 м с незначительными прослоями суглинков и глин.

Ко второму типу площадей с хорошими условиями для применения вертикального дренажа относятся территории, на которых грунтовые воды с напорными водоносными горизонтами взаимосвязаны через маломощные разделяющие прослои. Водоносные слои грунта имеют хорошую водопроницаемость, примерно такую же, как и у первого типа. На мелиорируемых площадях второго типа обычно распространены торф и заторфованные пески и супеси мощностью до 2,0 м, а также пески разнозернистые мощностью от 30 до 90 м с маломощными прослоями глин и суглинков.

На площадях, относящихся к первому и второму типам, следует устраивать систематический дренаж с расстоянием между скважинами 800—1000 м и более.

К третьему типу площадей, имеющих удовлетворительные условия для применения вертикального дренажа, относятся участки, где гидравлическая связь

грунтовых вод с напорными горизонтами существует в местах размыва моренных суглинков; региональный водоупорный слой обычно залегает на глубине 30 м, преобладают торф и легкие минеральные грунты мощностью до 30 м, а также пески разнозернистые мощностью до 30 м с прослоями глин и суглинков.

К четвертому типу площадей, где допускается применение выборочного вертикального или комбинированного с горизонтальным дренажа, относятся участки, на которых грунтовые воды имеют связь с напорными горизонтами только в отдельных «окнах» размыва. Здесь распространены пылеватые супеси и легкие суглинки мощностью до 1,5 м, а также пески разнозернистые (15—30 м), чередующиеся с суглинками и глинами.

Системы вертикального дренажа подразделяются на осушительные и осушительно-оросительные. Осушительные системы устраиваются на территориях с постоянным избыточным питанием грунтовыми водами за счет их интенсивного поступления из нижележащих напорных горизонтов. Осушительно-оросительные системы устраиваются преимущественно на землях атмосферного питания, используемых под пастбища, овощные культуры и т. п.

В состав осушительно-оросительных систем входят скважины, сифоны, ограждающие и водоотводящие каналы, шлюзы, закрытые напорные трубопроводы, насосные станции, пункты управления и средства автоматики. Технология строительства систем вертикального дренажа подробно изложена в «Инструкции по строительству вертикального дренажа» (ВСНС-1—77. М.: Минводхоз СССР, 1977) и другой специальной литературе.

1.4. Основные требования к качеству дренажных работ

Надежность. Под надежностью закрытого дренажа понимается его способность выполнять заданную ему функцию в конкретных условиях эксплуатации в течение определенного времени. Надежность дренажа закладывается в проекте, обеспечивается во время строительства и поддерживается в процессе эксплуатации. Таким образом, надежность закрытого дренажа реализуется на всех трех этапах его существования. Реали-

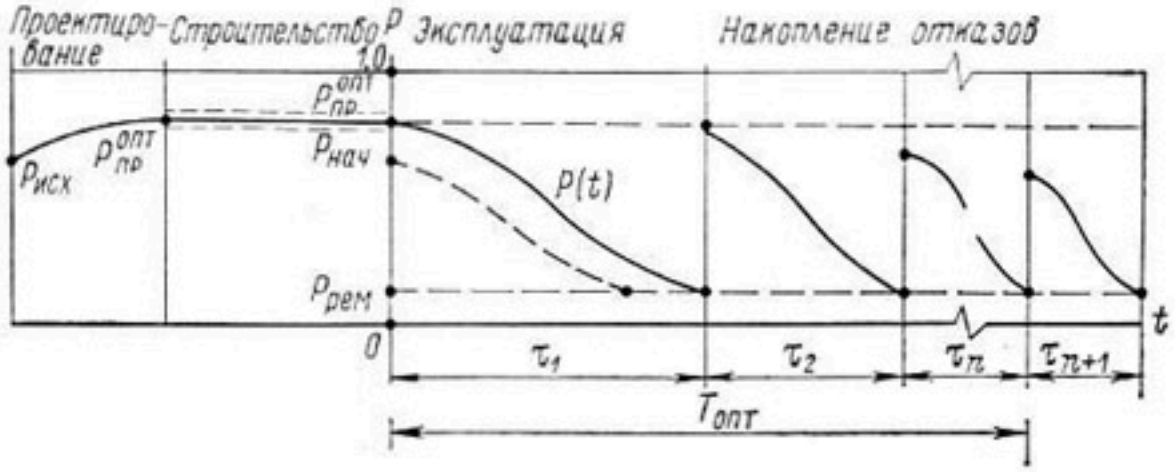


Рис. 9. Схема реализации эксплуатационной надежности закрытого дренажа (τ_1, τ_2, τ_{n+1} — отрезки времени для завершения расчетного цикла надежности)

зация главной характеристики надежности дренажа — вероятности его безотказной работы P — может быть представлена графически в виде изменения P с течением времени τ (рис. 9).

Надежность работы дренажа обеспечивается совокупностью трех его основных свойств: безотказности, ремонтнопригодности и долговечности. Долговечность дренажа определяется его конструкцией, свойствами материалов, из которых он изготовлен, качеством строительства, условиями эксплуатации и уровнем технического обслуживания. Ремонтопригодность дренажа зависит от его конструкции, т. е. приспособленности ее к проведению ремонтов, а также от времени и стоимости восстановления его работоспособности.

Количественно безотказность дренажа выражается в относительных величинах (от 0 до 1), ремонтопригодность — временем, необходимым для восстановления его работоспособности и стоимостью ремонтов, а долговечность — сроком службы или техническим ресурсом (чистым временем работы).

Как видно из рис. 9, в период проектирования дренажа его безотказность должна быть повышена от исходной величины ($P_{исх}$) до некоторого оптимального проектного уровня $P_{пр}^{опт}$ путем проведения детальных комплексных изысканий, надлежащим контролем за качеством изготовления материалов и конструктивных элементов дренажной системы, введением в техно-рабочий проект новых конструктивно-технологических решений. Так как показатели качества объекта, которые предусмотрены при проектировании, обеспечиваются в

процессе его строительства и в процессе изготовления конструктивных элементов, технологическому процессу должно уделяться особое внимание. Он не должен проводиться с отклонениями таких показателей, которые могут ухудшить качество объекта в целом. В период строительства дренажа его надежность должна быть обеспечена не ниже $P_{пр}^{опт}$ путем соответствующей инженерной подготовки строительства и обязательной реализации проектных параметров. В период строительства в основном определяют принятые организационно-технологические решения по обеспечению заданного уровня надежности соответствующими методами контроля качества. Что же касается периода эксплуатации, то здесь в основном определяют успех дела рациональные методы прогнозирования изменения надежности в процессе эксплуатации и обоснованного назначения сроков проведения ремонтов. В период нормальной эксплуатации уровень безотказности неизбежно снижается от начальной величины $P_{нач}$, с которой дренаж поступает в эксплуатацию, до $P_{рем}$, когда необходим планово-предупредительный ремонт. При этом качество строительных работ должно обеспечивать величину $P_{нач}$ как можно ближе к уровню $P_{пр}^{опт}$. Значение предремонтного уровня надежности $P_{рем}$ должно устанавливаться из экономических соображений и целесообразности сроков проведения ремонтных работ. Экономическими соображениями определяется и оптимальная долговечность дренажа $T_{опт}$.

После окончания периода нормальной эксплуатации постепенно и неизбежно наступает период износов. В этот период после последнего ремонта при нормальной эксплуатации надежность дренажа падает более интенсивно, чем раньше, и потребность в восстановлении его работоспособности возрастает. Поэтому техническое обслуживание и ремонты приходится проводить чаще и с бóльшими затратами времени и средств. Наконец, износы и израсходованные на эксплуатацию средства достигают таких размеров, что принимается решение о целесообразности дальнейшей эксплуатации дренажа, или его реконструкции, или замены.

Условия повышения качества дренажных работ. Качество строительства в первую очередь характеризуется степенью соответствия выполняемых работ проекту,

строительным нормам и правилам (СНиП) и техническим указаниям (ТУ), предусматривающим методы, правила и последовательность осуществления этих работ в зависимости от характера и значимости. При этом качество выполненных мелиоративно-строительных работ оценивается с учетом качества проектирования и примененных строительных материалов, деталей, изделий.

Проект определяет основные эксплуатационные параметры осушительной системы, т. е. надежность ее сооружений, безотказность работы оборудования, удобство эксплуатации. Качество мелиоративно-строительных работ зависит от ряда организационных, экономических, производственных и технических причин. В связи с этим, основными путями повышения качества строительства осушительных систем являются: 1) своевременное обеспечение объектов строительства проектно-сметной и технологической документацией (проект производства работ и технологические карты) высокого качества; 2) совершенствование научно обоснованного планирования строительства для создания предпосылок ритмичной работы; 3) высокое качество строительных материалов, изделий и конструкций; 4) своевременное обеспечение производственных подразделений необходимыми машинами, транспортом, инструментом и т. д.; 5) внедрение комплексной системы оплаты труда, стимулирующей повышение качества гидромелиоративных работ; 6) повышение ответственности непосредственных исполнителей за качество их труда; 7) создание и внедрение системы самоконтроля и контроля качества строительства на всех его этапах.

По предъявляемым требованиям к точности выполнения отдельных операций технологического процесса закрытый сельскохозяйственный дренаж занимает ведущее место в мелиоративном строительстве. Опыт строительства и эксплуатации закрытого дренажа позволяет выделить основные технические факторы, определяющие его качественные показатели. Самыми важными из них являются точность выполнения продольного уклона дренажной линии, защита дренажной линии от заиления, надежность узлов сопряжения дрен с коллекторами, дренажных линий с колодцами и устьями, своевременность предварительной присыпки и окончательной засыпки траншей.

Исследованиями установлено, что точность выполненного уклона дна траншеи в значительной степени зависит от величины проектного уклона и состояния поверхности трассы. При увеличении проектного уклона от 0,004 до 0,01 длина участков с местными переуглублениями дна траншей уменьшается на выравненных участках трассы в 10—15 раз, на неровных — в 2—3 раза. Наблюдается прямая зависимость местных отклонений от общего проектного уклона дрен. При общих уклонах дрен 0,002 и 0,004 имеется соответственно 20 и 15 % отклонений, при уклонах 0,006 и 0,008 — 8 и 3 % и при уклоне 0,01—2 %.

При устройстве траншей не допускается наличие участков с обратным уклоном дна. Как исключение допускается на дренажной линии (в среднем длиной 150 м) не больше трех безуклонных участков протяженностью не более 5 м. Отклонение отметок выполненного дна траншеи от проектной для дрен-осушителей ограничивается пределами ±2 см, для коллекторов ±3 см. При этом систематическое накопление ошибок с одним знаком не допускается.

На каждой дренажной линии имеется особо важный элемент — стык между керамическими трубами. Каждый стык должен удовлетворять двум условиям: беспрепятственно пропускать избыточную влагу и не допускать проникновения частичек грунта в полость дрены, т. е. препятствовать заилению дрен. Из многих тысяч стыков достаточно выполнить некачественно несколько, чтобы в результате заиления и закупорки полости дрены прекратилась работа всей дренажной линии или системы дренажных линий, расположенных выше этого стыка. К такому же результату может привести и механическое разрушение одной из многочисленных дренажных труб, особенно на закрытых коллекторах. В связи с этим не может быть одобрена тенденция к увеличению размеров дренажных систем, подключенных к одному дренажному устью.

Слабыми и опасными местами на закрытых дренажных системах являются также места присоединения дрен-осушителей к коллекторам, коллекторов — к смотровым и перепадным колодцам. Здесь при больших зазорах в стыках, отсутствии достаточно надежной фильтрующей засыпки может наблюдаться заиление дренажных линий.

От правильности и тщательности выполнения защиты дренажных линий зависит интенсивность заиления полостей труб частицами грунта, а отсюда — надежность и эффективная работа дренажной системы.

Контроль качества работ по защите дренажных линий от заиления заключается в выборочной проверке качества применяемых защитных материалов при сопоставлении их технических характеристик с указанными в проекте. В необходимых случаях прибегают к данным лабораторных исследований.

При нарушении требования ТУ к первичной присыпке дренажных линий (формирование ее не из пахотного горизонта, а из глинистого бокового валика траншеи) фильтрационные сопротивления в придренной зоне увеличиваются во много раз.

На эффективность работы закрытых дренажных систем существенное влияние оказывает своевременность выполнения эксплуатационных работ: очистка дренажных колодцев и устьев, выполнение работ по очистке открытой отводящей сети и т. д.

В научно обоснованных рекомендациях и действующих нормативных документах определены технические требования при выполнении дренажных работ и установлены критерии оценки их качественных показателей (табл. 9).

Контроль качества керамических труб. Инженерно-технические работники мелиоративно-строительных предприятий, занятые на строительстве закрытого дренажа, не всегда уделяют должное внимание правилам и методике испытаний керамических дренажных труб.

Трубы поставляются потребителям партиями одного типа и диаметра, но не более 50 тыс. шт. Трубы, поставляемые на объекты строительства в меньших количествах, также считают целой партией. В сопроводительном паспорте должна быть отметка о приеме партии техническим контролем предприятия-изготовителя, а также о соответствии партии спецификации. Для контрольной проверки потребителем качества труб и соответствия их требованиям стандарта (ГОСТ 8411—74) принят следующий порядок отбора образцов и применяются следующие методы испытаний.

От предъявленной партии труб отбирают и подвергают внешнему осмотру и проверке размеров 0,5 %

9. Основные требования к качеству выполнения дренажных работ

Контролируемый элемент, параметр системы	Требования, допускаемые отклонения	Способ контроля
1	2	3
Трассировка коллекторно-дренажной сети		
Прямолинейность и параллельность дренажных линий	Отклонения от прямой линии дренажной трассы допускаются при обходе препятствий с минимальным радиусом обхода 2 м	Теодолитом и мерной лентой
	Расхождение параллельных дрен на концах не должно превышать $^1/_{500}$ их длины	Мерной лентой
Расстояние между дренами	Не должно отличаться более чем на ±1 м от указанных в проекте	» »
Пикеты на трассах коллекторов	Разбиваются в среднем через 20 м, устанавливаются также в точках излома рельефа и местах сопряжения дрен с коллектором	» »
Продольный уклон дренажных линий	Для минеральных грунтов и торфяников не менее 0,003. Для плывунов и неустойчивых илистых грунтов не менее 0,005	Нивелированием контрольных точек через нормированное расстояние
Разработка траншей, укладка керамических труб		
Отметки для дренажных траншей	Отклонения фактических отметок дна от проектных не должны превышать ±20 мм для дрен и ±30 мм для коллекторов. Обратный уклон не допускается	Систематическая или выборочная контрольная нивелировка через 2—3 м при уклонах $< 0{,}004$, а при больших уклонах через 5 м
Плановое положение оси дренажных траншей	Плавное искривление оси допускается только при обходе крупных препятствий, которые невозможно устранить. Минимальный радиус обхода 2 м	Радиус обхода контролируется теодолитом или мерной лентой

Продолжение табл. 9

1	2	3
Зазор между керамическими трубами (ГОСТ 8411—74), взаимное смещение относительно продольной оси дрены	Для труб диаметром 50 мм не более 3,5 мм; 75—125 мм — не более 5 мм; 150—250 мм — 7 мм. Зазоры должны быть защищены фильтрующим материалом или специальными муфтами Взаимное смещение труб не более $^1/_3$ толщины их стенок	Специальным щупом (рис. 10), металлической линейкой, штангенциркулем с глубиномером
Переход коллекторов и дрен от одного диаметра к другому	Производится постепенно, разность диаметров не должна превышать 2,5 см Глубина запуска трубы в трубу должна быть не менее 15 см	Замеряется длина запуска трубы меньшего диаметра. Заделка стыка проверяется визуально
Укладка рулонного ЗФМ двумя лентами	Применяется лента подстилочная шириной 150 мм и покровная лента шириной 250 мм	Ширина перекрытия продольных кромок лент проверяется металлической линейкой длиной 20 см с точностью 1 мм
Укладка пластмассовых труб		
Раскладка пластмассовых труб по трассам дрен	Не допускается засорение водоприемных отверстий. По трассам трубы раскладываются не более чем за один день до укладки	Визуально
Соединение (наращивание) пластмассовых труб	Срез торцов пластмассовых труб должен быть перпендикулярен оси трубы. Величина зазора до 2 мм. Рулонный ЗФМ должен плотно прилегать к поверхности трубы	Треугольник, штангенциркуль
Присоединение пластмассовой трубы к пластмассовому коллектору	Пластмассовая дрена должна входить в раструб пластмассового тройника коллектора не менее чем на 5 см. Зазор в контакте трубки дрены с коллектором не более 1 мм	Мерная линейка, щуп

Окончание табл. 9

1	2	3
Присоединение пластмассовой дрены к коллектору из керамических труб	Присоединение производится под углом не менее 60° Пластмассовая дрена должна входить в гончарную трубку, соединяемую с коллектором или в соединительный раструб тройника не менее чем на 5 см. Место соединения изолируется фильтрующим материалом	Мерная линейка, щуп —

труб, но не менее 5 шт., испытанию на морозостойкость, прочность и наличие известковых включений — по 5 труб. Отбор образцов производят в последовательности, заранее установленной приемщиком и поставщиком.

Размеры труб проверяют обычно металлическим измерительным инструментом (линейка, угольник, штангенциркуль), обеспечивающим точность измерения до 1 мм. Внутренний диаметр определяют как среднее арифметическое значение четырех результатов, полученных от измерения штангенциркулем наибольшего и наименьшего диаметра на обоих концах трубы. Овальность трубы определяют как разность между наибольшим и наименьшим внутренним диаметром каждого конца трубы.

Толщину стенки трубы измеряют штангенциркулем на обоих концах трубы. Измерение толщины стенки многогранных труб производят по ребру. Длину трубы определяют как среднее арифметическое значение величин длинной и самой короткой образующей (грани) трубы. Отклонение от перпендикулярности плоскости торцов (перекос) выявляют измерением величины наибольшего зазора между каждым из торцов трубы (уложенной на ровную поверхность с касанием не менее чем в двух точках) и стороной прикладываемого к ним металлического угольника. Искривление трубы по длине измеряется наибольшим зазором между поверхностью трубы и ребром приложенной к ней металлической линейки.

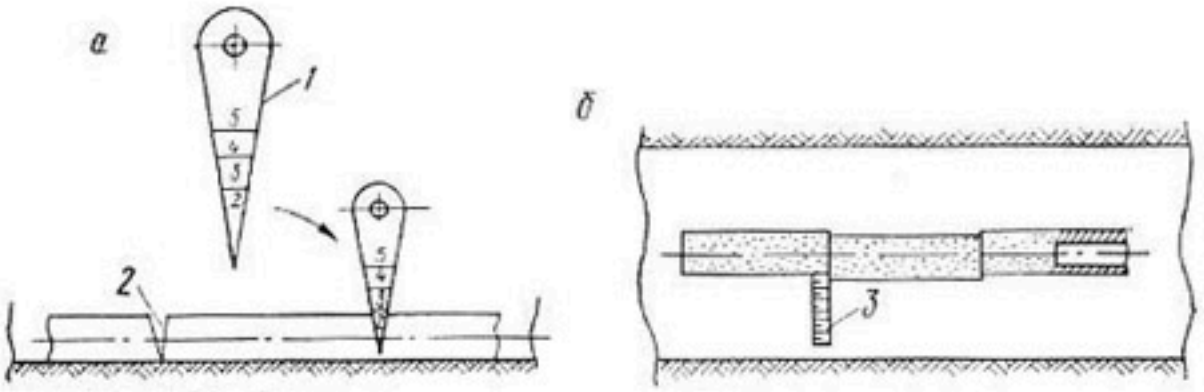


Рис. 10. Контроль качества укладки керамических труб:
а — замер зазора между трубами (вид сбоку); *б* — замер взаимного смещения труб (вид сверху); *1* — щуп с миллиметровой градацией; *2* — зазор между торцами труб; *3* — измерение линейкой смещения торцов труб

Прочность трубы определяют следующим образом. Трубу в воздушно-сухом состоянии укладывают в горизонтальном положении между двумя деревянными брусками сечением 10×10 см и длиной не менее длины испытуемой трубы. На верхний брусок по всей длине накладывают стальную полосу, а между брусками и трубой, для более равномерной передачи давления по всей образующей (грани) трубы, укладывают резиновые прокладки. Нагрузку увеличивают равномерно до величины, при которой наступает разрушение испытуемой трубы.

За величину прочности труб данной партии принимают среднее арифметическое значение результатов испытаний пяти труб-образцов. При этом прочность отдельных испытываемых образцов не должна быть ниже чем на 0,5 кН (50 кгс) против указанных в стандарте.

1.5. Технологические параметры и физико-механические свойства грунтов

Элементы закрытой дренажной системы прокладываются в различных гидрогеологических и почвогрунтовых условиях, правильный учет которых при выборе технологии и средств механизации строительства дренажа в значительной степени определяет качество дренажных работ, последующую эксплуатационную надежность и работоспособность системы в целом.

Производительность дреноукладочных комплексов и мелиоративных машин зависит от того, как их применение увязано с физико-механическими свойствами грунтов.

Гидрогеологические условия территорий, вовлекаемых в мелиоративное освоение в Нечерноземной зоне, отличаются разнообразием и технологической сложностью при проведении мелиоративно-строительных работ. Здесь встречаются волнисто-холмистые равнины, массивы низинных и верховых болот со значительными включениями погребенной древесины. На мелиорируемых площадях с грунтово-напорным питанием имеет место высокий уровень грунтовых вод в течение почти всего года. В пределах водно-ледниковых и древнеаллювиальных минеральных почвогрунтов в активных слоях, подлежащих разработке при дренажных работах, отмечаются значительные валунные включения.

Грунты, в которых укладывается горизонтальный трубчатый дренаж с целью осушения сельскохозяйственных угодий, подразделяются на минеральные и органические. Первые в свою очередь делятся на несвязные, к которым относятся разнозернистые пески и плывуны, и связные — супеси, суглинки и глины. Органогенными породами являются торф и сапропели. Указанные грунты имеют различные физико-технические характеристики, которые определяются гранулометрическим составом, пористостью, пластичностью, фильтрационной прочностью, плотностью и т. д.

Почвогрунты на объектах мелиорации отличаются разнообразием и частой сменяемостью по глубине и простиранию. Нередко на одной системе закрытого коллектора можно встретить 2—3 разновидности грунта: песок, торф и суглинок. Вместе с тем тип грунтов является определяющим при выборе способов защиты дрен от заиления и технологических схем строительства дренажа.

Технологические свойства грунтов в значительной степени определяются гранулометрическим составом, формой минеральных частиц и степенью влажности. В глинистых грунтах частицы имеют плоскую (чешуйчатую) форму, характеризуются сравнительно высоким коэффициентом внутреннего трения.

В песчаных грунтах частицы имеют округлую форму, благодаря чему легко пропускают влагу, меньше впитывая и задерживая ее, имеют незначительное сцепление между частицами, но более высокий коэффициент внутреннего трения.

Влага в грунте присутствует в двух формах: связанной силами поверхностного натяжения с частицами грунта и свободной. Поскольку наличие влаги определяет связь между частицами грунта, она влияет на прочность грунтов и трудоемкость их разработки. При этом до определенного предела влагонасыщения прочность грунтов увеличивается, а затем падает.

Едиными нормами и расценками, применяемыми строительными организациями, предусматривается распределение грунтов по группам. Отнесение грунта к одной из групп производится в зависимости от вида грунта и типа используемой машины. Показатели групп грунтов в зависимости от трудности их разработки экскаваторами непрерывного действия, к которым относятся дреноукладчики, приводятся ниже:

	Группа грунтов
Галька и гравий размером до 80 мм	2
Глина:	
мягкая или насыпная	2
с примесью до 10 % щебня и гравия	2
Грунт гумусного слоя без корней и с корнями	1
Лёсс естественной влажности, рыхлый с примесью гравия и гальки	2
Песок всех видов, в том числе с примесью щебня, гравия или гальки	2
Супесь всех видов, в том числе с примесью до 10 % щебня и гравия	2
Торф без корней и с корнями толщиной до 30 мм	1

В зависимости от группы грунта устанавливаются нормы выработки при выполнении механизированных работ.

Рассмотрим некоторые механические свойства грунтов, влияющие на трудность их разработки.

Важным показателем при разработке землеройными машинами дренажных выемок является разрыхляемость, т. е. способность почвогрунта разрыхляться и увеличиваться в объеме во время разработки. Вместе с тем разрыхленный грунт с течением времени уплотняется. При этом разрыхление грунта, происходящее сразу после его выемки, характеризуется коэффициентом первоначального разрыхления, сохраняющегося после некоторого уплотнения, и коэффициентом остаточного разрыхления (табл. 10).

Производительность дреноукладчиков и машин при разработке траншей или щелей, выполнение по их за-

10. Коэффициент разрыхления почвогрунтов

Грунт и порода	Значение коэффициента разрыхления	
	первоначального	остаточного
Песок, супесь	1,08–1,17	1,01—1,02
Растительный грунт и торф	1,20—1,30	1,03—1,04
Лёссовидный суглинок, рыхлый влажный лёсс, гравий размером до 15 мм	1,14—1,28	1,02—1,05
Тяжелый суглинок, крупный гравий, лёсс естественной влажности	1,24—1,30	1,04–1,07
Глина, суглинок со щебнем	1,26—1,32	1,06—1,09
Отвердевший лёсс, мягкий мергель, опоки, трепел	1,33—1,37	1,11—1,15
Крепкий мергель, мягкий трещиноватый скалистый грунт	1,30—1,45	1,10—1,20

сыпке во многом зависят от связности и пластичности грунтов.

Связность грунта зависит от его механического состава: чем больше в грунте глинистых частиц, тем выше связность; глинистые почвы обладают большей связностью в сухом состоянии, песчаные приобретают некоторую связность в увлажненном состоянии. Показателем, определяющим трудность разработки грунта землеройными машинами, служит удельное сопротивление грунта резанию и копанию. Несвязные (пески, супеси) грунты оказывают значительно меньшее сопротивление копанию и резанию, чем связные (глины, суглинки) грунты.

Пластичность определяется влажностью и способностью грунта раскатываться в жгут. Она выражается числом пластичности, которое представляет собой разность в процентах между наименьшим количеством воды, необходимым для скатывания образца грунта (нижний предел текучести), и наибольшим количеством ее, при котором грунт начинает растекаться (верхний предел текучести). У глины число пластичности равно 36, у суглинки — 12—35, у супеси — от 0 до 12, у песка — 0.

За расчетные параметры для грунтов применительно к условиям гидромелиоративного строительства обычно принимают плотность, угол внутреннего трения, связность и коэффициент фильтрации. В табл. 11 приведены средние значения указанных параметров для минеральных грунтов.

11. Средние значения основных характеристик грунтов

Грунт	Плотность, кг/м³	Пористость, %	Угол внутреннего трения, град	Связность, мН/м²		Коэффициент фильтрации, м/с
				на срезе	на разрыве	
Глина	1700—2000	30—60	7—20	0—20	0—16	$1 \cdot 10^{-9}$—$1 \cdot 10^{-15}$
Суглинок	1500—1800	30—60	12—25	0—16	0—10	$1 \cdot 10^{-7}$—$1 \cdot 10^{-10}$
Супесь	1500—1700	30—60	18—30	0—10	0	$1 \cdot 10^{-6}$—$1 \cdot 10^{-3}$
Мелкий песок	1000—1900	30—50	22—35	0—0,5	0	10^{-5}—10^{-6}
Средний песок	1600—1900	35—50	26—35	0—0,3	0	10^{-4}—10^{-5}
Крупный песок	1600—2000	35—50	27—40	0—2	0	10^{-3}—10^{-4}

Особую сложность с технологической точки зрения представляют пылеватые пески и супеси с большой (более 40 %) пористостью, низкой водоотдачей, и водопроницаемостью. Они создают большие трудности при производстве дреноукладочных работ, так как в процессе вскрытия дренажных траншей экскаваторами непрерывного действия они подвержены разжижению и оплыванию.

Рыхлые водонасыщенные пески независимо от гранулометрического состава при высоком водонасыщении превращаются в вязкую жидкость, что существенно усложняет выполнение операций по защите от заиления укладываемых в траншею дренажных труб.

Сопротивление песчаных грунтов сдвигу находит свое выражение в непосредственном контакте минеральных частиц, поэтому оно обусловливается чистым трением. Величина угла внутреннего трения в песках зависит от их плотности и влажности (табл. 12).

В связи с переходом мелиоративно-строительных организаций на круглогодовое производство земляных работ, отмечается непрерывное увеличение объемов разрабатываемого мерзлого грунта. Поскольку мерзлые грунты имеют повышенную сопротивляемость разрушению при их разработке по трассам коллекторно-дренажной сети, производительность дреноукладочного комплекса существенно снижается. Для специалистов-технологов, занятых на мелиоративно-строительных работах в зимнее время, представляют определенный интерес сведения о продолжительности мерзлого состояния почвогрунтов, изменении их прочностных и физико-механи-

12. Показатели устойчивости и плотности песков в зависимости от влажности

Песчаный грунт	Угол внутреннего трения грунта, град			Объемная масса грунта, кг/м³		
	маловлажного	очень влажного	насыщенного водой	маловлажного	очень влажного	насыщенного водой
Мелкий с примесью ила	40	40	22	1600	1800	2000
Мелкий, чистый, разрыхленный	40	40	25	1600	1800	2000
Мелкий, плотнослежавшийся	45	45	35	1800	1800	2100
Среднезернистый, рыхлый	40	40	35	1700	1800	2000
Среднезернистый, плотный	45	45	40	1800	1900	2100
Крупный, плотный	45	45	45	1800	1900	2100

ческих свойств в процессе сезонного промерзания и др. Согласно современным представлениям мерзлый грунт можно рассматривать как упруго-пластичное вязкое тело. Одним из существенных факторов, определяющих прочность мерзлого грунта, является температура, от величины которой зависит соотношение прочностных связей воды и льда с минеральным скелетом грунта. При понижении температуры прочностные характеристики грунта возрастают.

При воздействии отрицательной температуры вода, содержащаяся в грунте, начинает переходить из жидкого состояния в твердое, т. е. в лед. Процесс замерзания крупнозернистых песков, насыщенных водой, начинается при температуре —0,1...—0,2 °С, а мелкозернистых суглинков и глин — при температуре — 1... — 2 °С и даже ниже.

При дальнейшем воздействии отрицательной температуры все большее количество воды в грунте переходит в лед. В результате этого процесса меняется структура грунта, увеличивается его прочность.

Объекты мелиорации Нечерноземной зоны РСФСР приурочены в основном к четырем температурным районам (установлены СНиП), которые характеризуются

соответствующим количеством отрицательных градусо-суток (табл. 13).

13. Температурные районы Нечерноземной зоны РСФСР

Температурный район	Количество отрицательных градусо-суток	Области и республики, входящие в температурный район
T_1	600—1000	Ленинградская, Новгородская, Псковская, запад Калининской, Смоленская, Брянская, Калужская, Тульская, Орловская, Калининградская
T_2	1000—1400	Запад Вологодской, Ярославская, Костромская, Ивановская, Московская, Владимирская, Горьковская, Рязанская, восток Калининской, Мордовская АССР, Чувашская АССР, Марийская АССР, Карельская АССР
T_3	1400—1800	Запад Архангельской, восток Вологодской, Удмуртская АССР, Кировская, Пермская, запад Коми-Пермяцкого национального округа, Свердловская, Коми АССР
T_4	1800—2000	Восток Архангельской области, восток Коми АССР, восток Коми-Пермяцкого национального округа, восток Свердловской области, Ненецкий национальный округ

Продолжительность мерзлого состояния грунтов и сроки начала промерзания по температурным районам даются с учетом технологической градации по четырем граничным условиям (табл. 14).

14. Продолжительность мерзлого состояния грунтов, дней

Температурный район	Глубина промерзания, см				Общая продолжительность зимнего периода, дней	Дата начала промерзания
	5—25	25—50	50—80	свыше 80		
T_1	60—65	45—50	10	—	135	15/XI
T_2	40—50	30—40	50	—	145	10/XI
T_3	25—30	20—30	60—70	25—30	170	5/XI
T_4	20	20—25	35—45	60	Свыше 170	25/X

Свойства мерзлых грунтов существенно изменяются в зависимости от соотношения компонентов их минерального скелета и от содержания глинистых фракций (диаметр частиц менее 0,005 мм). Сопротивление гли-

15. Шкала сопротивляемости грунтов резанию

Грунт	Влажность, %	Число ударов динамического плотномера при температуре, °С						
		−1	−3	−5	−10	−15	−25	−40
Тяжелая супесь	12	40—50	55—65	90—95	140—155	170—185	230—240	310—330
	19	75—85	140—160	200—230	270—300	340—360	450—480	500—530
	28	65—75	120—130	165—190	215—250	280—300	400—420	460—480
Суглинок	10	28—33	34—37	36—40	40—43	43—50	50—51	60—65
	30	65—75	100—110	140—150	210—230	250—270	350—370	420—440
	59	40—45	50—60	75—80	110—125	165—175	220—240	285—315
Глина	17	35—40	70—80	100—110	150—165	180—200	250—270	290—315
	31	65—70	120—130	140—160	210—220	290—310	290—320	330—360
	49	40—45	65—70	90—100	135—145	180—190	235—245	280—310
Песок	6	12—14	15—18	20—22	25—27	28—30	32—35	40—45
	18	150—160	200—210	220—230	240—250	260—280	285—300	325—340

нистых грунтов действию длительных внешних нагрузок обычно меньше, чем у песка, при одинаковых температуре и степени насыщения пор льдом. Кратковременность воздействия нагрузок на грунт, имеющая место при разработке землеройными машинами непрерывного действия, ведет к изменению соотношения показателей прочности песка и глинистых грунтов, причем у глинистых грунтов — в бóльшей степени.

Для измерения прочности мерзлых грунтов используют ударник ДорНИИ, динамический плотномер. Принцип воздействия ударника на грунт основан на связи сопротивления грунтов резанию, например рабочими органами непрерывного действия, с вдавливанием наконечника ударника в грунт. Закономерности изменения усилия резания и числа ударов плотномера качественно аналогичны и взаимно линейно коррелируют для всех грунтов различного гранулометрического состава, кроме песка, влажности и температуры.

Число ударов динамического плотномера характеризует сопротивляемость грунта резанию при погружении в грунт на глубину 10 см цилиндрического наконечника площадью 1 см^2 с углом заострения 180°. При установке наконечника площадью 0,5 см^2 с углом заострения 30° число ударов изменяется. Последний тип наконечника целесообразно применять при исследовании твердомерзлых грунтов. При оценке прочностных показателей мерзлых грунтов используется шкала их сопротивления резанию, разработанная А. Н. Зелениным (табл. 15).

2. ИНЖЕНЕРНАЯ ПОДГОТОВКА И ОРГАНИЗАЦИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА

2.1. Разработка проекта производства работ

Инженерная подготовка строительства включает комплекс организационно-технических подготовительных мероприятий, направленных на обеспечение своевременного и ритмичного выполнения плана мелиоративно-строительных работ и планового ввода объектов в эксплуатацию.

Прежде всего детально изучается проектная документация и обследуется в натуре объект, анализируются его гидрогеологические и культуртехнические усло-

вия. Это позволяет заранее наметить выполнение технологических операций, оценить целесообразность предварительного понижения уровня грунтовых вод.

Важное место в этапе подготовки к производству дренажных работ занимает составление проекта производства работ (ППР), который обычно разрабатывается организацией, выполняющей строительные работы.

На строительство больших объектов мелиорации в сложных геологических и климатических условиях проекты производства работ могут разрабатываться по заказу строительных организаций проектно-технологическими (Оргтехводстрой) или проектными организациями. Расходы на разработку ППР относят к накладным в общей смете на строительство объекта.

Обычно разрабатывается несколько вариантов ППР с учетом плана строительно-монтажных работ на текущий и последующие годы. Виды и объемы работ в проекте должны обеспечивать максимальную загрузку коллектива мелиоративно-строительной организации, ее парка машин, механизмов и оборудования с тем, чтобы гарантировать сдачу объектов в эксплуатацию в планируемые сроки.

Основными документами в проекте производства работ являются технологические карты и карты трудовых процессов, в которых устанавливаются рациональный состав бригад и звеньев рабочих, организация строительного процесса и рабочих мест, методы труда, технологическая последовательность и продолжительность операций.

Планирование мероприятий по научной организации труда должно осуществляться на основе плановых заданий по росту производительности труда. Документами для планирования организации труда в бригадах являются бригадные годовые (пятилетние) планы научной организации труда, сведения об исполнителях, сроках и мероприятиях, намечаемых к внедрению, а также об их эффективности.

При разработке ППР в отдельном проекте учитывается пообъектный план ввода в эксплуатацию всех объектов по мелиоративно-строительной организации. В состав ППР согласно СН-47—74 для объекта мелиорации или отдельных его пусковых комплексов обычно включаются:

1) сетевой график или календарный план производства работ в зависимости от степени сложности объекта, в которых на основе объемов строительно-монтажных работ и разработанной технологии устанавливаются последовательность и сроки выполнения работ, определяется потребность в трудовых ресурсах, а также сроки поставки материалов, конструкций и оборудования;

2) строительный план объекта с указанием расположения приобъектных временных транспортных путей, складов, временных инвентарных зданий, сооружений и устройств, используемых для нужд строительства;

3) график поступления на объект строительных материалов, конструкций и оборудования с приложением комплектовочных ведомостей;

4) графики потребности в рабочих, в основных мелиоративных машинах и механизмах;

5) технологические карты на работы, выполняемые новыми методами, на остальные работы — технологические схемы с описанием последовательности и методов производства работ с определением их сроков и стоимости;

6) основные указания по осуществлению контроля и оценке качества мелиоративно-строительных и дренажных работ;

7) мероприятия по организации работ методом бригадного хозяйственного расчета и обеспечению бригад необходимыми материалами, инструментом, оснасткой, приспособлениями и машинами;

8) пояснительная записка с обоснованием решений по производству работ, в том числе выполняемых в зимнее время.

Варианты производства зимних дренажных работ разрабатываются с учетом имеющихся в мелиоративно-строительной организации средств механизации и особенностей конкретного строительного объекта.

На пусковых объектах предстоящего года выполнение работ начиная с ноября позволяет за зимний период сделать значительный объем работ на объекте и довести его готовность к маю до 60—70 %. Это обеспечивает в течение летнего периода ритмичную сдачу пусковых комплексов. При этом исходят из следующих предпосылок: планируемые работы должны обеспечивать условия для быстрого возвращения с наступле-

нием летнего строительного сезона к общему комплексному потоку с ритмичной сдачей объектов или пусковых комплексов в эксплуатацию; подбор видов и объемов зимних работ должен обеспечивать максимальную загрузку коллектива строительного участка и находящихся в его распоряжении машин и механизмов и отвечать условиям качественного выполнения.

Удорожание зимних работ по сравнению с летними принимается по расчетам исходя из условий ритмичного выполнения строительно-монтажных работ. При этом по разным температурным районам условная продолжительность зимнего периода различна: по температурному району $T_1 - 0{,}23$; $T_2 - 0{,}33$; $T_3 - 0{,}40$; $T_4 - 0{,}45$.

Размеры дополнительных затрат при строительно-монтажных работах в зимнее время зависят от типа сооружения и вида строительных работ и исчисляются в процентах от общей стоимости строительно-монтажных работ (табл. 16).

16. Нормы дополнительных затрат при выполнении гидромелиоративных работ, %

Вид работ	Температурный район		
	T_{1-2}	T_3	T_4
Подготовительные и культуртехнические работы	3,0	4,0	4,8
Производство земляных работ по устройству каналов и регулированию водоприемников	8,2	10,1	12,8
Устройство дренажной закрытой сети (земляные работы, укладка труб и устройство фильтров, колодцев, устьев)	7,0	8,3	10,4
Возведение сооружений на осушительной сети	3,5	4,5	6,0

При составлении смет к техническим и технологическим проектам, кроме затрат, определяемых ведомственными нормами дополнительных затрат (ВНДЗ-69), учитываются затраты, связанные с разработкой мерзлых грунтов баровыми машинами в соответствии со «Сметными нормами и расценками на нарезку прорезей в мерзлых грунтах баровыми установками ДГП», утвержденными Минводхозом СССР.

Дополнительные затраты при производстве строительно-монтажных работ без рыхления мерзлых грунтов начисляют в установленном порядке по данным ВНД-69. Земляные работы, выполняемые в зимний период, оформляются соответствующими актами подрядчиком и заказчиком и предъявляются к оплате по фактически выполненным объемам.

2.2. Вынос и закрепление в натуре элементов дренажной сети

Важным этапом в подготовке строительства закрытых дренажных систем является вынос в натуру осей водотоков, каналов и основных сооружений с закреплением их на участке в плановом и высотном положении соответствующими геодезическими знаками. Эти работы обычно осуществляются с привлечением на договорных началах проектно-изыскательских организаций. Финансирование работ производится за счет средств, предусмотренных в сводном сметно-финансовом расчете техно-рабочего проекта осушения (подготовка территории строительства).

Вынос проекта в натуру производится в соответствии со СНиП III-2—75 «Геодезические работы в строительстве» и действующей «Инструкции по выносу в натуру проектов осушительных систем».

В соответствии с техно-рабочим проектом на местности закрепляются знаками точки начала, конца и углов поворота основных каналов, оси сооружений. По основным водотокам и каналам через каждые 2—3 км вне осей их трасс устанавливают постоянные грунтовые реперы и через каждый километр знаки временных реперов, которые независимо от расстояния до ближайшего постоянного репера устанавливаются также в пределах створов крупных гидромелиоративных сооружений.

В процессе разбивки пикетажа на местности отмечают местоположение устьев коллекторов, впадающих в каналы, оси сооружений на каналах; закрепляются регулируемые участки водотоков, причем на последних места поворота фиксируются знаками детальной разбивки. Вынесенные в натуру створы гидромелиоративных сооружений закрепляют на местности створными знаками.

После окончания геодезических работ знаки, фиксирующие на местности местоположение каналов и сооружений, проектная организация передает по акту мелио-

ративно-строительной организации (ПМК). К акту прилагаются план системы в масштабе 1 : 2000 со схемой расположения всех закрепленных точек, ведомость закрепленных в натуре сооружений с каталогом отметок реперов. После сдачи ответственность за сохранность закрепленных в натуре знаков несет ПМК.

В процессе производства работ на объекте мелиорации ПМК обеспечивает сохранность всех разбивочных и геодезических знаков, а в случае повреждения с необходимой точностью их восстанавливает. Строительная трассировка дренажной сети, т. е. детальная разбивка и закрепление параметров коллекторов и дрен относительно закрепленных в натуре основных осей разбивки, производится непосредственно перед началом дренажных работ и выполняется специалистами мелиоративно-строительной организации или геодезистами топографических отрядов проектно-изыскательских организаций, привлекаемыми на субподрядных началах. В процессе трассировки вынужденные отклонения от технорабочего проекта согласовываются с главным инженером.

Работы по выносу проекта в натуру и строительной трассировке дренажа не должны выполняться с большим разрывом во времени. Как показывает производственный опыт мелиораторов Ленинградской, Калининской и других областей, особое внимание при трассировочных работах должно уделяться точности увязки дренажной системы в вертикальной плоскости; при этом проектирование коллекторов и дрен целесообразно производить до начала дренажных работ и обязательно увязывать положение отдельных коллекторов и дрен с отметками элементов высшего порядка.

Ниже излагаются основные рекомендации по рациональному выполнению строительной разбивки коллекторов и дрен.

До начала строительной трассировки дренажных систем следует убедиться, что отметки дна выполненных открытых проводящих каналов соответствуют проектным. При их недостаточной глубине следует сделать соответствующее дноуглубление.

На больших системах строительная разбивка производится последовательно, по частям, начиная с коллекторов высшего порядка, где в качестве контрольных применяют проектные отметки дна коллектора соответствующего порядка.

Закрепление на местности положения дренажной системы проводится в строгой последовательности. Определив направление коллектора по его оси, устанавливают вешки, затем разбивают по его трассе пикеты и проводят их маркировку. Такие же операции проводят по трассам дрен. Техническим нивелированием фиксируются абсолютные отметки пикетов по трассам коллекторов и дрен. После этого ведут проектирование продольных профилей по всем дренажным линиям закрытой системы. Однако важно не допускать при безуклонной поверхности участка занижения глубины дрен (0,4—0,5 м при норме 0,7 м) в их истоках. С другой стороны, при проектировании дрен не следует предусматривать минимальные уклоны, это повысит качественное выполнение продольного профиля дрены экскаватором-дреноукладчиком. Следует отметить, что строительная разбивка и систематический контроль за точностью укладки коллекторно-дренажной сети связаны с большим объемом нивелировочных работ. Число нивелируемых точек иногда достигает 400—500 на 1 га площади дренажной системы. Поэтому вопрос совершенствования геодезического обеспечения строительства заслуживает особого внимания.

В процессе разбивочных работ пикеты выносятся в сторону от проектной оси траншеи на расстояние выноса щупа следящей системы экскаватора-дреноукладчика. Пикетаж по трассам коллекторов и дрен разбивают через каждые 20 м, а также в местах сопряжений дрен и коллекторов. Плюсовые точки устанавливаются в местах резкого изменения рельефа. Направление дрен задается при помощи гониометра или теодолита, можно это сделать и нивелиром с горизонтальным кругом, используя коллекторные пикеты. Следует иметь в виду, что первая пикетная точка (нулевой пикет) на коллекторе располагается на бровке открытого канала, а первая плюсовая точка — на границе разровненного кавальера. Из этой точки целесообразно параллельно проводящему каналу провешивать первую дрену закрытой системы.

При разбивке пикетажа на коллекторно-дренажной сети в каждой пикетной или плюсовой точке устанавливают вешку (сторожок) высотой 50—80 см, а на уровне передаются при нивелировании абсолютные отметки. Пикетные сторожки в верхней части маркируются индексами элементов дренажной сети: указывается номер пике-

та, в конце каждой дренажной линии пишется номер дрены или коллектора и буквы Н (начало) и К (конец). На коллекторах соответственно отмечают местоположение колодцев.

2.3. Доставка и складирование материалов на объекте строительства

Приемка строительных конструкций, материалов и оборудования должна осуществляться по количеству, качеству и комплектности. При этом руководствуются условиями договора, заключенного между поставщиками и потребителями, а также «Положением о поставках продукции производственно-технического назначения».

Материально-техническое обеспечение строительства увязывается со сроками мелиоративно-строительных работ и определяется на основе объемов работ в натуральном выражении по данным проектно-сметной документации и технически обоснованным производственным нормам расхода и нормам производственных запасов материалов. При этом дополнительно рассчитывается расход материалов для работ, выполняемых за счет накладных расходов, и работ, производимых в зимнее время; должны также учитываться потери при транспортировке, погрузке, разгрузке и хранении в соответствии с действующими нормами.

До начала строительства на объект мелиорации завозится 25—30 % материалов и конструктивных элементов, но не менее 2-недельного запаса. При этом основная часть материалов, конструкций, дренажной арматуры доставляется в подготовительный период строительства.

Дренажные трубы, сборные железобетонные изделия и т. д. складируются так, чтобы радиус их перевозки на системе не превышал 1,0—1,5 км. Пластмассовые трубы в бухтах и отрезках следует хранить в закрытых помещениях или под навесом, предохранять от контакта с обогревательными приборами, нефтепродуктами и другими вреднодействующими на пластмассу веществами. При кратковременном хранении на открытом воздухе пластмассовые трубы от попадания прямых солнечных лучей укрываются брезентом, соломенными матами или другими имеющимися на местах материалами.

Особое внимание должно быть уделено хранению ке-

рамических дренажных труб. В полевых условиях их складывают рядами в штабеля. Количество и длина рядов не ограничиваются, но обычно длина бывает в пределах до 10 м. Перед укладкой труб на землю надо уложить доски или жерди, хворост, а в зимнее время предварительно площадку очистить от снега.

Подготовка основания под штабель труб необходима, так как в противном случае трубы во время оттепелей впитывают влагу, а при резких перепадах температур растрескиваются и расслаиваются, обычно в нижних рядах. Если керамические трубы хранятся зимой в контейнерах, то последние устанавливают на подкладки, чтобы предотвратить их примерзание к земле.

Для предварительных расчетов производственного запаса дренажных керамических труб и плановой потребности в них для областей Северо-Запада Ленгипроводхозом и СевНИИГиМом разработаны нормативы (в процентах от годовой поставки), которыми могут воспользоваться строители дренажных систем:

	На 1 января	На 1 мая
Архангельская область	41,2	65,8
Вологодская область	22,7	41,0
Ленинградская область	14,1	29,6
Мурманская область	—	—
Новгородская область	14,1	29,6
Псковская область	18,7	36,3
Карельская АССР	28,7	47,6
Коми АССР	29,3	39,5
Калининградская область	13,9	15,5

Важным моментом в рациональной организации дренажных работ является планирование доставки необходимых грузов на объект мелиорации. В задачу планирования контейнерных и пакетных перевозок входит обеспечение своевременной доставки мелиоративно-строительной организацией на объекты в контейнерах и средствах пакетирования дренажных материалов и конструкций в объемах, необходимых для выполнения годовой программы работ.

Планы контейнерных и пакетных перевозок должны обеспечивать соответствие заданной программе работ и срокам ее выполнения; достижение оптимальных результатов в использовании денежных, трудовых и материально-технических ресурсов при выполнении заданной программы работ; совершенствование технического и ор-

ганизационного уровня складского и транспортного обслуживания строительства на основе внедрения новых средств и передового опыта контейнеризации и пакетирования контейнеров и пакетопригодных грузов.

Грузооборот по каждому виду контейнеро- и пакетопригодных грузов, подлежащих доставке в контейнерах и средствах пакетирования, определяется произведением объема контейнерной и пакетной доставки (т) на расстояние перевозки (км).

Необходимое количество контейнеров и средств пакетирования каждого типоразмера может быть рассчитано по формуле

$$N_i^к = \frac{Q_q T_{об} K_р}{T_{пл} P_к},$$

где Q_q — объем контейнерной (пакетной) доставки в планируемом периоде, т; $T_{об}$ — продолжительность одного полного оборота контейнера, календарных дней; $K_р$ — коэффициент, учитывающий ремонтный фонд контейнеров или средств пакетирования, может быть принят 1,1—1,15; $T_{пл}$ — число календарных дней в планируемом периоде; $P_к$ — полезная нагрузка контейнера, т.

Специализированные контейнеры и средства пакетирования, применяемые для доставки дренажных материалов, изделий и конструкций в мелиоративном строительстве, как правило, являются собственностью грузоотправителей (предприятий промышленности строительных материалов, заводов керамических труб, железобетонных изделий и т. д.).

2.4. Комплектование дренажных бригад, организация строительства

Комплектование дренажных бригад. Численный, профессиональный и квалификационный состав рабочих в бригадах и звеньях устанавливают в зависимости от планируемых объемов выполнения работ с учетом принятой технологии их производства, достигнутого уровня выполнения норм выработки и заданий по росту производительности труда. При этом необходимо обеспечивать максимальное использование производительности ведущей машины, равномерную загрузку членов бригады в соответствии с их профессией и квалификацией и рациональное совмещение профессий.

Необходимым условием рационального формирования бригад является соответствие профессионального и численного состава рабочих характеру и сложности выполняемых объемов работ.

В комплекс работ, поручаемых бригаде, рекомендуется включать технологически связанные или зависимые работы.

Исходными данными для расчета рационального состава бригад служат: комплекс и трудоемкость поручаемых бригаде работ, нормативное время работы ведущей машины, срок производства работ, суточный режим машины и рабочих, уровень выполнения норм выработки рабочими.

Трудоемкость устанавливается на основе действующих норм затрат труда бригадой на данный комплекс работ, определяемый технологическими картами трудовых процессов с учетом данных о выполнении рабочими норм выработки.

Расчет состава дренажной бригады производится в определенной последовательности.

Сначала намечается комплекс работ, подлежащих выполнению бригадой, и на основе калькуляции подсчитывается его нормативная трудоемкость; затем из калькуляции выбираются затраты труда по профессиям и разрядам; разрабатываются рекомендации по совмещению профессий; определяется срок производства работ для бригады, работающей с ведущей машиной, — на основе данных о нормативном времени, необходимом ведущей машине для выполнения намеченного комплекса работ с учетом технологической последовательности выполнения работ; для бригады, работающей без ведущей машины,— по графику производства работ из ППР; рассчитывается численный состав бригады; определяется профессионально-квалификационный состав бригады.

Затраты труда по профессиям и разрядам рабочих устанавливаются на основе выработки по калькуляции трудовых затрат.

Если известны продолжительность выполнения работ в рабочих сутках, достигнутый уровень выполнения норм и планируемый рост производительности труда, то оптимальный численный, профессиональный и квалификационный состав комплексной бригады может быть определен по формуле $H = 100T_р/[П(B_н + B_р)]$, где H — оптимальный состав бригады; $T_р$ — трудоемкость ра-

бот, чел.-дней, определенная по калькуляции затрат труда; $П$ — продолжительность выполнения, принятая в соответствии с графиком производства работ; $В_п$ — выполнение норм выработки бригадой на предыдущем объекте; $В_р$ — планируемый процент роста производительности труда.

Состав бригады уточняется начальником участка и планово-производственным отделом ПМК. В случае доукомплектования бригад в процессе работы квалификация вновь принимаемых специалистов должна соответствовать среднему разряду рабочих бригады. На основании численного, квалификационного и профессионального состава бригады, трудоемкости выполнения работ составляются календарные графики производства работ.

Передовой опыт мелиораторов Литовской ССР, Ленинградской, Калининской и других областей Нечерноземной зоны показывает, что в определенных условиях более эффективно использование при дренажных работах сокращенного звена в составе комплексной бригады за счет рационального перераспределения труда и взаимозаменяемости членов звена при выполнении отдельных рабочих операций. При устройстве закрытого дренажа из керамических труб экскаватором-дреноукладчиком ЭТЦ-202А нормативный состав звена составляет 6 или 5 человек. Е. Миттас на примере хозяйств Литвы наглядно показал экономическую эффективность сокращения численности состава дренажного звена (табл. 17).

При строительстве дренажа в минеральных устойчивых грунтах с механизированной присыпкой дрен оптимальным является звено из 4 рабочих (машиниста, помощника машиниста, 2 рабочих-трубоукладчиков). Этот состав звена рационален и при механизированной обертке труб рулонным ЗФМ и ручной присыпке их гумусным грунтом.

Важным показателем работы дренажного звена может служить коэффициент времени машины $К_в$, определяемый по формуле $К_в = Т_{тех}/(Т_{тех} + Т_{пр}Т_{ср})$, где $Т_{тех}$ — технологическое время, затрачиваемое на копание траншеи, переезды к трассам дрен, заглубление и выглубление рабочего органа и устройство сопряжений; $Т_{пр}$ — простои экскаватора из-за недостаточно слаженной работы рабочих; $Т_{ср}$ — простои экскаватора из-за сокращения числа рабочих.

17. Варианты комплектования звеньев

	Число рабочих		

Чтобы увлажнить почву в борозде заданной нормой и избежать сброса воды, необходимо начальный расход q_1=const с момента времени, равного t_A, постепенно уменьшить до некоторой величины q, рассчитанной на полное впитывание по длине борозды.

Для этого необходимо уравнение (12) решать уже относительно q как неизвестного при $x=l=$const. Для второй стадии полива член ωx, то есть накопленный объем воды в борозде, превратится тоже в константу, так как сброс не предусматривается. Ход решения кратко сводится к следующему.

Объем воды W, который будет впитан на борозде длиной l между моментами времени t_n и t_{n+1}, показан на рисунке 13 заштрихованной площадью.

Согласно формулам (2) и (12), при $x=$const и $\omega x=$ =const объем впитавшейся воды за время $(t_{n+1}-t_n)$ составит:

$$W=a\int_{tn}^{t_{n+1}}[m(t_{n+1}-\tau)-m(t_n-\tau)]x'dt. \qquad (32)$$

Расход же будет равен $\tilde{q}=W:(t_{n+1}-t_n)$.

Далее, применяя формулу (8), а в качестве ядра уравнения функцию $m(t)$ и разбивая время от момента добегания до конца борозды до окончания полива заданной нормой в конце борозды на число интервалов i, ЭВМ задается отыскание $\tilde{q}(t)$ в виде выражения (Лактаев, Будников, 1974):

$$\tilde{q}=A\sum_{i=0}^{i=n}(x'_{i+1}-x'_i)[(t_{n+1}-t_{i+1})^{\beta}-(t_{n+1}-t_i)^{\beta}-$$
$$-(t_n-t_{i+1})^{\beta}+(t_n+t_i)^{\beta}], \qquad (33)$$

$$A=\frac{abK_{уст}}{2(1-\alpha)(2-\alpha)},\quad \beta=2-a.$$

Анализ и расчет показали, что уменьшение начального расхода q_1 во времени происходит асимптотически до q_{min} (рис. 14).

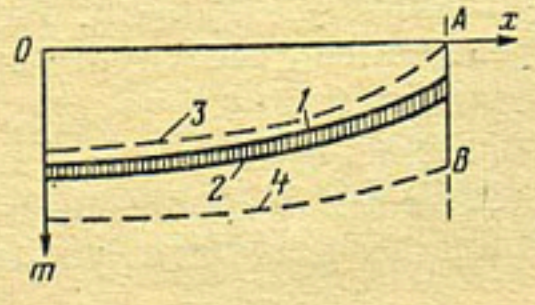


Рис. 13. Эпюры увлажнения в процессе полива переменным расходом: *1* — на начало расчетного интервала; *2* — на конец расчетного интервала; *3* — на момент добегания воды до конца борозды; *4* — на момент окончания полива.

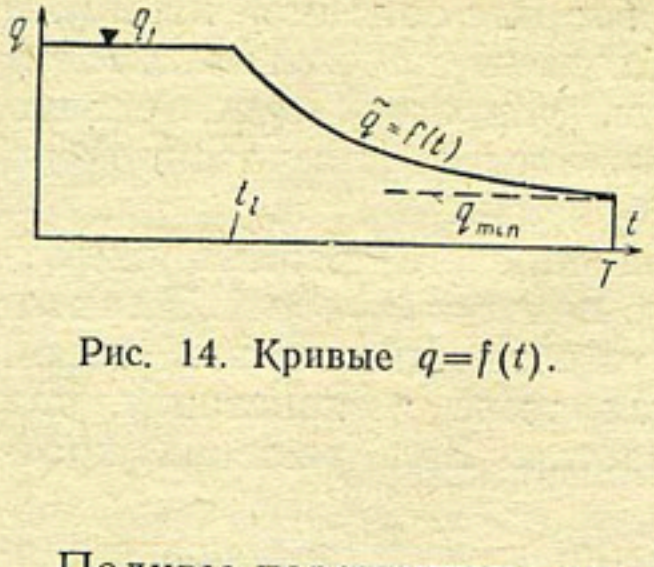


Рис. 14. Кривые $q=f(t)$.

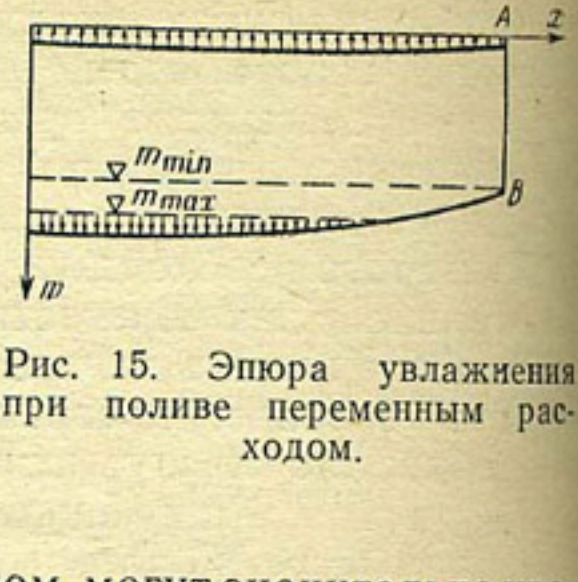


Рис. 15. Эпюра увлажнения при поливе переменным расходом.

Поливы переменным расходом могут значительно увеличить к. п. д. техники полива и сэкономить оросительную воду. К. п. д. техники полива может быть максимальным, если соблюдать следующие условия:

продолжительность добегания воды до конца борозды и общая продолжительность полива должны быть минимальными;

расход воды в борозду должен быть максимальным, тогда при заданном минимальном увлажнении в конце борозды длина ее будет наибольшей;

расход $q(t)$ после добегания струи до конца борозды должен быть переменным.

Соблюдение этих условий позволяет исключить потери на сброс и снизить потери на испарение и на глубинную утечку в начале борозды. При таком поливе можно добиться более равномерного увлажнения по длине борозды (рис. 15) и минимальных затрат воды на полив. Увлажнение в конце борозды, то есть ординаты $AB=m_t=m_{min}$, на рисунках 5 и 15 одинаковы.

Наибольший эффект от перехода полива переменной струей будет в условиях больших и средних уклонов на почвах средней и пониженной водопроницаемости.

Полив переменной струей обеспечит не только экономию воды, но и некоторое повышение урожайности, так как отсутствие сброса одновременно предотвращает вынос почвы за пределы поля и вымыв внесенных минеральных удобрений. Полив с переменным расходом при уширенных междурядьях позволит применять в первую стадию полива на средних и малых уклонах более повышенные расходы q по сравнению с нормативами для постоянного расхода в тех же условиях. А это в свою очередь позволит увеличить длину борозд на 10—15%

по сравнению с нормативной (см. табл. 10) и снизить капитальные вложения на мелиоративное строительство.

В настоящее время только некоторые поливальщики меняют начальный расход q_1 на уменьшенный расход q_2. В перспективе большое внимание будет уделено автоматизации полива, широкое применение найдут поливные устройства, работающие по заранее заданной программе. Программой же работы автоматического устройства-регулятора расхода воды в поливной трубопровод или лоток могут служить кривые, изображенные на рисунке 14.

ПОЛИВ ПО БОРОЗДАМ МАШИНАМИ В ДВИЖЕНИИ

Сейчас таких машин серийного производства нет, а есть экспериментальные образцы. Исследования такого полива проводили ВНИИГиМ (С. С. Ванеян), ВолжНИИГиМ, УкрНИИГиМ, КазНИИВХ на переоборудованных машинах ДДА-100М. Дождевальные насадки машины закрыли. В трубопровод консольной фермы через 60 или 120 см вставили штуцера, а на них надели отрезки шлангов, небольшая часть которых при работе машины в движении волочится по дну борозды. Вода выливается в борозду из концов этих шлангов.

Испытания этих машин показали хорошие результаты.

КазНИИВХ на основе исследований так называемого комбинированного орошения сахарной свеклы, когда первые вегетационные поливы осуществляют дождеванием с малой поливной нормой, а последующие поливы — большими нормами по бороздам с помощью движущихся машин, рекомендует внедрять этот способ в районах свеклосеяния.

Возможность применения этого способа орошения в хлопководческих районах требовала предварительного анализа и разработки технологии, то есть уточнения теории полива, ранее разработанной С. С. Ванеяном.

При движении поливной машины в бороздах образуется лужа. При относительно больших скоростях движения машины u, малых расходах q и большой водопроницаемости почвогрунтов длина лужи l бывает незначительной. В противном случае длина лужи может увеличиться до нескольких сотен метров и появится сброс во-

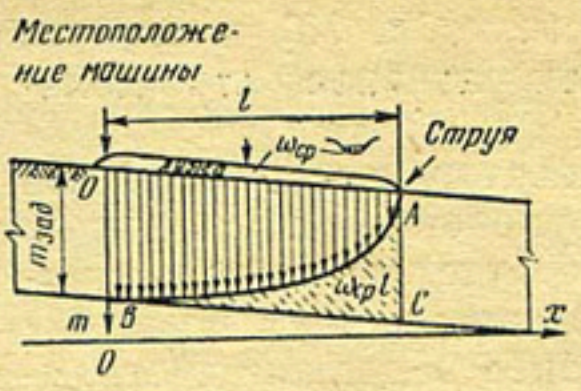


Рис. 16. Схема к расчету режима увлажнения при поливе по бороздам машиной.

ды. Тогда полив по бороздам машинами в движении мало отличается от обычного полива и им трудно управлять.

Для нахождения оптимальных сочетаний u, q, m (задаваемых) и l при разных уклонах и различной водопроницаемости почвогрунтов должна быть установлена аналитическая связь между этими величинами.

Необходимое время существования лужи под любым створом зависит от задаваемой поливной нормы $m_{зад}$. Это время определяют из зависимости (8). Найденное значение t в дальнейших рассуждениях остается постоянным. Схема к расчету режима увлажнения при поливе по бороздам машиной приведена на рисунке 16.

Дальнейшие рассуждения не зависят от направления движения (машины вверх или вниз по уклону).

Балансовое уравнение (3) при работе машины в движении значительно упрощается. Заменяем dx на udt, где u — искомая скорость машины. Стоящий под интегралом $x'=u=\text{const}$. Исходя из заданной m, находим t по $m=f(t)$, а затем, решая уравнение относительно u, находим

$$u=\frac{q}{\omega+aK_{уст}\left(\frac{1}{2}+\frac{b}{2-3a+a^2}t^{1-\alpha}\right)}. \qquad (34)$$

Длину растекания (длину лужи) определяем из простой зависимости

$$l=ut. \qquad (35)$$

Такой полив обеспечивает развномерность увлажнения почвы вдоль поля и исключает потери на глубинную фильтрацию. Чтобы расширить диапазон применимости поливных машин, работающих в движении, и улучшить результаты полива на полях со значительными уклонами, УкрНИИГиМ предложил нарезать поливные борозды с перемычками, которые позволят аккумулировать воду в отсеках.

Для почв с хорошей водопроницаемостью при малом расходе, а также для случаев, когда в бороздах делают

перемычки, формула для расчета скорости машины имеет более простой вид:

$$u = \frac{q}{am_{зад}} = \frac{q}{aK_{уст}\left(t + \frac{b}{1-\alpha} t^{1-\alpha}\right)}, \qquad (36)$$

где t — постоянная величина, определяемая по формуле (8).

Длину лужи вычисляют по тому же уравнению (35).

Исследования полива по бороздам с применением машин такого типа в аридной зоне показали следующее:

условия применения и технология поливов остаются такими же, как и при поливе машиной ДДА-100;

поливные машины, работающие в движении, очень эффективны на полях с малыми (зона II) и средними (зона III) (при наличии отсеков) уклонами при хорошей водопроницаемости почвогрунтов;

на средневодопроницаемых почвах при поливных нормах 800—1000 м³/га машины должны работать на очень малых скоростях или делать 5—6 проходов;

на глинистых и тяжелосуглинистых почвах с водонепроницаемыми прослойками применение таких машин нецелесообразно, так как сильно увеличивается число проходов, снижаются рабочие расходы машины и производительность труда;

при использовании этих машин резко возрастают к. п. д. полива (табл. 26), исключаются потери на сброс и глубинную фильтрацию.

Таблица 26. **Сравнение к. п. д.$_с$ самотечного полива по бороздам с к. п. д.$_{дв}$ полива по бороздам машинами, работающими в движении, и область применения последнего способа полива**

Индексы по уклонам	Супесчаные, А			Легкие суглинки, Б			Средние суглинки, В			Тяжелые суглинки, Г			Глины, Д
	к. п. д.$_с$	к. п. д.$_{дв}$	к. п. д.$_{дв}$ / к. п. д.$_с$ ·100%	к. п. д.$_с$	к. п. д.$_{дв}$	к. п. д.$_{дв}$ / к. п. д.$_с$ ·100%	к. п. д.$_с$	к. п. д.$_{дв}$	к. п. д.$_{дв}$ / к. п. д.$_с$ ·100%	к. п. д.$_с$	к. п. д.$_{дв}$	к. п. д.$_{дв}$ / к. п. д.$_с$ ·100%	
I	Неприменим									Неприменим			
II	62,5	98	157	Применим при устройстве перемычек: 68,7	97	141	70,1	96	137				Неприменим
III	66,7	98	147	77,4	97	125	При $t>0{,}005$ нужны перемычки: 74,8	96	128	67,3	95	143	
IV	66,7	98	147	72,1	97	134	79,8	96	120	75,9	95	126	
V	65,2	98	150	72,1	97	134	75	96	128	76,3	95	125	

При поливе по бороздам машинами длина борозд может быть очень большой. В этом случае она ограничивается только условиями подачи воды к машине, топографической ситуацией и хозяйственной целесообразностью. Следует отметить, что этот способ полива требует больших энергетических затрат.

ОБРАБОТКА ЛОЖА БОРОЗД

Уже в середине 50-х годов было ясно, что чем длиннее поливная борозда, тем выше производительность полива, тем легче поддается полив автоматизации и механизации. Перед исследователями встал вопрос о возможном удлинении борозд. В связи с этим в САНИИРИ были проведены опыты полива по длинным бороздам. Опыты показали, что при существующей водопроницаемости почв и применяемых расходах длина борозд ограничивается условием допустимой неравномерности увлажнения. Поэтому исследования направили на разработку специальных мер по уплотнению ложа борозд, по нарезке щелей, нарезке борозд более оптимального профиля. Было предложено нарезать борозды способом «вдавливания».

Кроме того, было отмечено, что вода в бороздах добегает до конца неодновременно. В бороздах, по которым заднее колесо трактора при нарезке борозд проходило два раза (25%), вода бежит быстрее. В бороздах, по которым колеса трактора не проходили (50%), вода течет медленнее. Среднее положение по скорости продвижения струи занимают борозды, по которым переднее колесо трактора проходит один раз. Для учета этого явления опыты проводили, как правило, на 4, 8 и 12-ти бороздах. Затем определяли средние параметры, по которым и разрабатывали рекомендации.

Для создания таких поливных устройств, которые бы дифференцировали подачу воды в борозды разного типа, были исследованы параметры впитывания раздельно по каждому типу борозд, имеющих местные названия маркер, пушта, саргызма (Авербух, 1973).

Чтобы струи одновременно добегали до конца борозд и равномерно увлажняли почву, были разработаны специальные рабочие органы и разные машины для нарезки борозд. Кроме того, было предложено дифференцировать обработку борозд разного типа, то есть использовать разные рабочие органы для уплотнения и рыхления,

навешивая их в разные места трактора (перед колесами, после них), и применять искусственные структурообразователи почв (препараты К-4, К-6 и др.).

Особенно плодотворно в этом направлении работали ВНИИМиТП (И. Г. Алиев), АзНИИГиМ (Г. М. Гусейнов, А. К. Саранди), АрмИВПиГ (Н. А. Нуриджанян, В. Е. Авакян), а также САНИИРИ (Б. Ф. Камбаров и др.).

По опубликованным результатам опытов ВНИИМиТП, АзНИИГиМ и АрмИВПиГ нельзя установить, на сколь-

Таблица 27. **Возможные повышения к. п. д. техники полива хлопчатника в перспективе**

Индексы		Исходное значение к.п.д.$_1$	Повышение к.п.д. от отдельных мероприятий						Степень общего повышения к.п.д. ($K_1K_2K_3$)	К.п.д. при поливе машинами*
			планировка и правильное сочетание элементов техники полива		от автоматизации полива—полив переменной струей		от комплексной обработки ложа борозды			
по уклонам	по почвам		K_1	к.п.д.	K_2	к.п.д.	K_3	к.п.д.		
I	А	0,47	1,11	0,52	1,02	0,53	1,18	0,62	1,32	—
	Б	0,60	1,12	0,67	1,07	0,72	1,04	0,75	1,25	—
	В	0,66	1,19	0,72	1,16	0,85	1,02	0,86	1,30	—
	Г	0,62	1,11	0,69	1,15	0,79	1,02	0,81	1,31	—
	Д	0,47	1,10	0,52	1,71	0,89	1,01	0,90	1,87	—
II	А	0,56	1,10	0,62	1,27	0,79	1,02	0,81	1,44	0,98
	Б	0,62	1,09	0,68	1,19	0,81	1,02	0,82	1,32	0,97
	В	0,63	1,11	0,70	1,33	0,93	1,06	0,93	1,48	0,96
	Г	0,58	1,10	0,64	1,37	0,88	1,01	0,89	1,53	—
	Д	0,55	1,11	0,61	1,38	0,84	1,01	0,85	1,54	—
III	А	0,60	1,12	0,67	1,03	0,69	1,04	0,72	1,20	0,98
	Б	0,70	1,10	0,77	1,14	0,88	1,01	0,89	1,27	0,97
	В	0,67	1,12	0,75	1,28	0,96	1,00	0,96	1,43	0,96
	Г	0,61	1,09	0,67	1,22	0,82	1,02	0,83	1,36	0,95
	Д	0,64	1,12	0,72	1,17	0,84	1,01	0,85	1,33	—
IV	А	0,60	1,12	0,67	1,00	0,67	1,05	0,70	1,17	0,98
	Б	0,65	1,11	0,72	1,12	0,81	1,02	0,82	1,26	0,97
	В	0,72	1,11	0,80	1,08	0,86	1,01	0,87	1,21	0,96
	Г	0,68	1,12	0,76	1,16	0,88	1,01	0,88	1,29	0,95
	Д	0,66	1,10	0,73	1,01	0,78	1,02	0,80	1,21	—
V	А	0,59	1,10	0,65	1,00	0,65	1,06	0,69	1,17	0,98
	Б	0,65	1,11	0,72	1,00	0,72	1,03	0,73	1,12	0,97
	В	0,67	1,12	0,75	1,00	0,75	1,03	0,77	1,15	0,96
	Г	0,69	1,10	0,76	1,08	0,82	1,02	0,88	1,20	0,95
	Д	0,72	1,11	0,80	1,14	0,91	1,01	0,92	1,28	—

* При коэффициенте использования машины во времени равном единице.

ко увеличивается к. п. д. полива в результате обработки ложа борозд различными способами. В данном случае об эффективности этих мероприятий судят по другим показателям: затраты воды, равномерность увлажнения по длине, возможность удлинения борозд, урожайность.

По методике САНИИРИ примерно можно определить увеличение к. п. д., используя значения $K_{уст}$, b и α, рассчитанные Б. Ф. Камбаровым при проведении опытов на обрабатываемых и контрольных бороздах (табл. 27).

В заключение можно отметить следующее:

невозможно ожидать перевода почвы с одного балла водопроницаемости в другой, более благоприятный по к. п. д., то есть ожидать коренной переделки почвы; однако можно достичь параметров по водопроницаемости b, α и к. п. д. техники полива примерно средних между соседними баллами почв;

благодаря уплотнению первой трети борозды, щелеванию или рыхлению нижней трети на наиболее благоприятной категории почв к. п. д., равный 0,7, повышается примерно на 4%, а самый высокий к. п. д., равный 0,8,— на 2%;

основное преимущество обработки ложа борозды состоит в том, что она позволяет удлинить борозду. Это снизит капиталовложения на автоматизацию полива и повысит производительность труда даже при ручном поливе.

ПЛАНИРОВКА ПОВЕРХНОСТИ ОРОШАЕМОГО ПОЛЯ

Это самое важное и первоочередное мероприятие стоит на последнем месте раздела только потому, что значение планировки в совершенствовании техники поверхностного орошения и агротехники (точный высев, площадь обработки, захватываемая машинами, машинный сбор урожая и др.) общеизвестно и общепризнано.

Выше было доказано, что фактически к. п. д. составляют 0,9 теоретически возможных. Планировка — обязательная и решающая мера для дальнейшего повышения к. п. д.

Кроме того, планировка необходима на равнинных условиях для перехода на более совершенную и экономичную поперечную схему полива вместо продольной, а также в горной и предгорной зонах (зона 1) для перехода на контурную систему земледелия.

ОЦЕНКА СПОСОБОВ ОРОШЕНИЯ И МЕТОДИКА РАЙОНИРОВАНИЯ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ

ФАКТОРЫ, ОБУСЛОВЛИВАЮЩИЕ СПОСОБЫ И ТЕХНИКУ ПОЛИВА

К основным факторам, обусловливающим способы орошения и проектирования техники полива, относятся:

1) водопроницаемость почвогрунтов;
2) средние уклоны местности и рельеф;
3) мелиоративное состояние земель;
4) скорости и повторяемость ветров;
5) агроэкономические требования и экономические возможности.

По факторам 1 и 2, которые можно назвать ведущими, выбирают способ полива (дождевание или поверхностное орошение) и назначают принципиальные технологические схемы и элементы техники полива.

Мелиоративное состояние земель обусловливает режим орошения (промывной, непромывной), расчетные оросительные и промывные нормы. Но надо помнить, что при поверхностном поливе реальные поливные нормы в основном зависят от факторов 1 и 2.

По факторам 3 и 4 уточняют возможность орошения дождеванием, то есть из намеченной территории освоения исключают площади, на которых дождевание неприемлемо.

По фактору 5 в некоторых случаях можно уточнять схему поверхностного полива (длина поливных борозд, поливные устройства и оборудование) в зависимости от обеспечения осваиваемого объекта рабочей силой и степени механизации. Кроме того, проектирование орошения должно быть связано с возможностями обеспечения строительства новыми материалами в запланированные сроки строительства и возможностями обеспечения вновь создаваемых хозяйств поливными машинами и устройствами в период освоения. При дождевании по этому фактору уточняют тип дождевальных машин и систем.

Водопроницаемость почвогрунтов. Поскольку полевых исследований по определению водопроницаемости, как правило, всегда недостаточно, то почвогрунты объекта по водопроницаемости районируют по косвенному признаку: механический состав почв и подстилающих грунтов. Механический состав приводится на всех поч-

венных картах в описаниях почвенных разностей (экспликациях). Оценка в баллах почвогрунтов аридной зоны в зависимости от механического состава приведена в таблице 28.

Таблица 28. **Оценка водопроницаемости почвогрунтов в баллах (А, Б, В, Г и Д)**

Механический состав подпахотного горизонта, слой 0,3—1 м	Механический состав верхнего горизонта, слой 0—0,3 м				
	супеси	легкие суглинки	средние суглинки	тяжелые суглинки	глины
Галечник с песком	А	А	А	Б	В
Супесь	А	А	Б	В	Г
Легкий суглинок	А	Б	В	Г	Г
Средний суглинок	Б	В	Г	Г	Д
Тяжелый суглинок	В	Г	Г	Д	Д
Глины и различные суглинки с наличием водонепроницаемых прослоек	Г	Г	Д	Д	Д

Приведенная оценка водопроницаемости почв, основывающаяся на механическом составе почв и подпахотного горизонта, дана для староорошаемых земель. Как известно, водопроницаемость целинных автоморфных почвогрунтов, особенно просадочных, в процессе многолетнего их использования — от первого года освоения до состояния, когда земля начинает именоваться староорошаемой, сильно снижается. Это обстоятельство необходимо учитывать проектировщикам и хозяйствам, осваивающим земли. Количественных показателей снижения водопроницаемости пока нет. Поэтому на вновь осваиваемых землях расходы воды в борозду и размер поливных норм должны быть в 1,5 раза больше, чем нормативные, для староорошаемых земель. К почвам гидроморфным и переходным это замечание не относится.

В стадии технического проекта районирование территории объекта по водопроницаемости почвогрунтов проводится на почвенных картах масштаба 1 : 50 000, а в стадии рабочего проектирования — на картах в масштабе 1 : 10 000.

Желательно к началу рабочего проектирования иметь результаты полевых исследований водопроницаемости,

чтобы уточнить ее по данным почвенной карты, то есть установить значения параметров $K_{уст}$, b и α на основных почвенных разностях объекта. При определении полевых параметров водопроницаемости выбранные для опытов площадки предварительно надо увлажнить до 0,65—0,7 ППВ в слое 1,5—2 м.

Уклон местности и рельеф. Для проектирования техники полива производят районирование территории по уклонам, основываясь на различиях в технологии бороздкового полива и перспективных конструкциях подводящей сети (см. подраздел «Классификация орошаемых земель по уклонам»).

ВЫБОР СПОСОБА ОРОШЕНИЯ В АРИДНОЙ ЗОНЕ

Из известных трех способов орошения (поверхностное, дождевание и подпочвенное) в Средней Азии наибольшее распространение получил поверхностный способ. Несмотря на ряд недостатков, он доказал свою универсальность. Однако при поверхностном орошении труднее осуществить механизацию и автоматизацию полива, чем при поливе дождеванием. Поэтому, приступая к проектированию орошения, в первую очередь необходимо выяснить, возможно ли на объекте по природным условиям и экономическим соображениям применять дождевание.

Дождевание. В аридной зоне орошение хлопчатника дождеванием прошло производственную проверку в условиях близкого залегания грунтовых вод. Так, в совхозе «Пахтаарал» были получены высокие урожаи при несколько сниженных по сравнению с бороздковым поливом полных оросительных нормах. Но при этом были необходимы обильные запасные или промывные поливы зимой или ранней весной. Несмотря на снижение оросительных норм на поле, водозабор хозяйства остался почти на прежнем уровне, каким он был до внедрения дождевания. Это объясняется трудностями организации круглосуточной ритмичной работы дождевальных машин. Большая часть забираемой воды сбрасывалась.

В условиях глубокого залегания грунтовых вод хлопчатник на площади 35 га уже 20 лет поливают дождеванием на Научно-исследовательской станции техники орошения (НИСТО) САНИИРИ. Оросительная норма составляет 5000 м^3/га, число поливов — 6. Поливные нор-

мы, равные 800—850 м³/га, ДДА-100М выливает за 12—13 проходов. Обильный запасной полив обязателен. В некоторые годы появилась необходимость в предпахотном и вызывном поливе. В начале сентября замечена большая сработка запасов почвенной влаги с глубины до 4 м. Урожайность хлопчатника составляет 30—35 ц/га.

Результаты исследований водопотребления хлопкового поля методом теплового баланса при поливе по бороздам и дождеванием приведены в таблице 29, из которой видно, что водопотребление при обоих способах полива примерно одинаково, то есть не зависит от способа при одинаковой урожайности.

Таблица 29. **Водопотребление хлопкового поля, м³/га** (по данным САНИИРИ)

Месяц	Бороздковый полив			Дождевание		
	1971 г.	1972 г.	1973 г.	1971 г.	1972 г.	1973 г.
Май	833	813	1120	813	813	1160
Июнь	1289	1291	1418	1410	1140	1378
Июль	1697	1654	1715	1781	1654	1754
Август	1875	2062	1909	1984	2018	2006
Сентябрь	1098	1216	1016	1020	1223	1244
Итого:	6792	7036	7178	7028	6848	7542
Среднее за 3 года		7002			7130	

Примечание. Водопотребление измеряли с помощью комплекса приборов АФНИИ, основанных на регистрации теплового баланса.

Дождевание в аридной зоне в условиях почв повышенной водопроницаемости должно иметь ряд преимуществ по сравнению с поверхностным орошением. Главное из них — возможность полной автоматизации полива, то есть высокая производительность труда, возможность проведения поливов малыми нормами при строгом их регулировании.

Но дождевание имеет и недостатки. Поэтому вопрос о дождевании в аридной зоне требует продолжения исследований.

Возможность применения дождевания и выбор типа дождевальной техники в первую очередь зависит от водопроницаемости почв. Одновременно следует учитывать и среднюю поливную норму, которая необходима

для полива без стока. Если на Украине расчетные поливные нормы могут составлять всего 500—600 м³/га, то в аридной зоне они должны быть значительно больше. Так, поливные нормы брутто для зон А, Б, В, Г, Д при глубоком залегании грунтовых вод должны быть соответственно не менее 500, 600, 750, 850 и 1000 м³/га. Эти цифры уже учитывают испарение в процессе дождевания и в первые дни после него, которое составляет 20% поливной нормы. Другими словами, нормы нетто соответственно будут равны 400, 480, 550, 680 и 800 м³/га.

По условиям рельефа дождевание возможно при любых рельефах и уклонах. В зонах I и II рационально стационарное дождевание, в зонах IV и V — дождевание передвижными агрегатами, а в зоне III тип дождевания (стационарное или передвижными машинами) устанавливается технико-экономическими расчетами.

Рассмотрим возможность дождевания по ветровой интенсивности. В европейской части СССР и в более северных широтах азиатской части орошение сельскохозяйственных культур не является систематическим. Там можно делать перерывы в использовании воды, когда ветровая деятельность превышает допустимые пределы. В Средней Азии же орошение систематическое. Поэтому искусственный перерыв в использовании воды влечет за собой потерю воды для хозяйства. Чтобы по технологии полива допускать перерывы, надо строить емкости, аккумулирующие непосредственно в хозяйствах значительную часть объема подаваемой воды из межхозяйственной сети.

Метеорологический справочник «Ветер» не отвечает на вопросы, возникающие при районировании дождевания. Для уверенного назначения дождевания нельзя пользоваться среднегодовыми и среднемесячными данными о силе и повторяемости ветров, так как при расчетах средних скоростей ветров были включены и наблюдения, показывающие штили. Поэтому в справочнике показатели действительных средних скоростей ветра в вегетационный период (май—август), при которых должны работать дождевальные агрегаты, занижены. В сентябре ветровая деятельность ослабевает, следовательно, этот месяц можно не учитывать.

В первом приближении дождевание возможно там, где повторяемость штилей и ветров со скоростями, меньшими нормативных, за май—август не менее 90%.

Приведем предельно допустимые скорости ветра при дождевании:

дальнеструйные и среднеструйные дождевальные насадки при работе по кругу	2 м/с
то же, при работе по сектору	3 м/с
короткоструйное дождевание в позиции	5 м/с
короткоструйное дождевание в движении при устойчивом направлении ветра во времени и при движении машины по ветру или против него	8 м/с

В последнем случае при проектировании поливные участки надо располагать в соответствии с направлением господствующего ветра. Для «Фрегата» пока нет никаких рекомендаций, так как этот вопрос не изучался.

Перед решением вопроса о применении дождевания на каком-либо крупном массиве необходимо проанализировать данные ветрового кадастра САРНИГМИ с учетом вышеприведенных позиций и составить картограммы средней силы и повторяемости ветров. Если же проектный массив по ветровой интенсивности не имеет достаточно надежных данных, то желательно организовать специальные исследования ветрового режима.

Теперь охарактеризуем возможность дождевания по размерам водопотребления и мелиоративным условиям. Ввиду различия в аридной зоне термического режима в вегетационный период, несмотря на разницы в урожайности хлопчатника по регионам и хозяйствам, водопотребление хлопкового поля (транспирация и испарение почвой) колеблется в пределах от 6000 до 8000 м³/га. При очень близком уровне грунтовых вод водопотребление может быть и большим за счет увеличения испарения почвой.

В предгорной зоне с глубоким залеганием грунтовых вод, особенно при наличии почвогрунтов повышенной водопроницаемости, оросительная норма достигает 12—13 тыс. м³/га, из которой почти половина теряется. В этих условиях рационально орошение стационарным дождеванием. Оно позволит осуществить большее число поливов малыми нормами, выровнять режим влажности полей, повысить урожайность и предотвратить эрозию почв. При поверхностном же орошении полив малыми нормами по бороздам в таких условиях невозможен. Кроме того, полив по бороздам здесь очень трудоемок и требует большого числа поливов. Таким образом, дождевание в этих регионах по экономическим соображениям (сни-

жение эксплуатационных издержек) должно внедряться в первую очередь.

На периферии долинных систем и на дельтовых системах в условиях близкого залегания вод и почвогрунтов пониженной водопроницаемости с развитыми капиллярными свойствами оросительные нормы вегетационного периода при бороздковом поливе составляют всего 3500—4000 м³/га. Отметим, что водопотребление хлопкового поля остается прежним — 6000—8000 м³/га или возрастает при сильном повышении уровня грунтовых вод. Разница между водопотреблением и подачей на поле восполняется расходованием грунтовых вод в результате их восходящего движения по капиллярной кайме. Использованные запасы грунтовых вод пополняются фильтрационными потерями промывных и запасных поливов, а на почвах среднего механического состава и более легких грунтовые воды пополняются и вегетационными поливами, поскольку поливные нормы превышают дефицит влаги корнеобитаемого слоя.

Дождевание же на этих системах может снизить оросительную норму до 2000—2500 м³/га. Использование дождевальных машин технически возможно и экономически оправдано (при отсутствии кадров поливальщиков на землях нового орошения). Однако остается необходимость в запасных поливах (влагозарядке). Если систематически не пополнять грунтовые воды в невегетационный период, то есть допустить снижение их уровня до 3—3,5 м, то после определенного числа лет оросительная норма дождевания неизбежно возрастает до размера водопотребления и даже несколько превысит его.

Исключение представляют местности, на которых достаточно близкий уровень грунтовых вод обеспечивается притоком пресных или очень слабо минерализованных грунтовых вод из реки, крупного ирригационного канала, или с вышерасположенных территорий (зоны выклинивания конусов выноса, пойменные террасы Чирчика, Зеравшана и др.). Дождевание машинами в таких случаях возможно и рентабельно.

На мелиоративно-неблагополучных территориях, кроме систематических зимних промывок, даже в вегетационный период необходимо создавать промывной режим орошения хлопчатника. Многолетняя практика хлопкосеющих хозяйств мелиоративно-неблагополучных регио-

нов показывает, что водоподача должна основываться не только на плановых оросительных нормах, так как мелиоративные условия могут изменяться в течение года. К счастью, на большинстве земель (кроме почв Г и Д) промывной режим орошения обеспечивается самой технологией бороздкового полива хлопчатника вручную. Кроме этого, промывной режим дополнительно обеспечивается фильтрационными потерями из оросительной сети, а также из каналов и полей вышерасположенных. К. п. д. оросительной сети пока еще низкий.

Однако в перспективе в связи с неизбежной реконструкцией систем технику полива, промывные нормы и дренаж надо рассчитывать, исходя из достаточно большой подачи воды на поля.

Как показывает опыт строительства и освоения новых больших территорий, в случаях, когда природой не обеспечен естественный отток грунтовых вод в первые годы освоения, несмотря на применение антифильтрационных мероприятий и дренажа, грунтовые воды относительно быстро поднимаются до 3—3,5 м, а вместе с ними поднимаются и соли. В результате эти земли оказываются мелиоративно-неблагополучными. Промывки и промывной режим орошения становятся неизбежными. Такой режим орошения, то есть большими поливными нормами, осуществить дождеванием технически трудно и пока дорого.

Подпочвенное орошение. Исследования эффективности подпочвенного орошения в аридной зоне начали недавно. На опытной станции НИСТО САНИИРИ построен экспериментальный участок подпочвенного орошения в условиях сложного рельефа и больших уклонов для полива сада и винограда.

В Голодной степи созданы экспериментальные участки для полива хлопчатника. Исследования проводят Средазирсовхозстрой, Средазгипроводхлопок, ГСКБ по ирригации, СоюзНИХИ и САНИИРИ.

Результаты показали, что подпочвенное орошение может сократить водопотребление поля, уменьшив испарение почвой, и повысить к. п. д. полива, исключив сброс. Кроме того, оно позволяет автоматизировать полив и внесение удобрений.

До массового внедрения этого способа орошения в производство еще далеко, поэтому желательно ускорить исследования, создав крупные экспериментальные участ-

ки для многолетних всесторонних исследований этого способа орошения в различных природных условиях и с разными культурами. Участки необходимо выбирать в первую очередь с почвами средней водопроницаемости и с наличием на глубине 0,8—1 м водонепроницаемых или слабопроницаемых прослоек мощностью 0,5—0,6 м. Желательно, чтобы на глубине 1,3—1,5 м находился слой супеси или песка, обеспечивающий дренаж и незасоленность экспериментального поля.

Поверхностное орошение. В Средней Азии поверхностное орошение ввиду универсальности применимо во всех условиях для любой сельскохозяйственной культуры. Дальнейшее совершенствование этого способа позволит повышать к. п. д. техники полива и производительность труда. В последние годы успешно внедряется механизация поверхностного орошения; начаты исследования по автоматизации полива, которые хотя проведены и в небольшом объеме, но уже дали обнадеживающие результаты, особенно по гидравлической автоматизации. В ближайшее десятилетие поверхностное орошение в Средней Азии останется основным способом орошения. Перспективное районирование поверхностного орошения и дождевания можно проиллюстрировать в таблице-схеме 30.

Освоение больших регионов пустынных и полупустынных земель и развитие орошения на них связано с постепенным изменением климатических, гидрогеологических и других условий. Оросительные и поливные нормы в процессе освоения постепенно меняются.

Средазгипроводхлопок в 1962—1968 гг. (Г. Н. Павлов, П. А. Коротков), проводя натурные наблюдения за режимом орошения на новых землях Голодной степи, установил, что в первый год использования земель поливные нормы достигают 3500 м³/га, а в последующие годы снижаются до 2200—2500 м³/га. Поэтому Средазгипроводхлопок при разработке режимов орошения крупных целинных регионов рассчитывал водопотребление отдельно для каждого периода: период начального освоения, переходный период и так называемый период базиса.

Несколько позднее Голодностепстрой на более обширном материале проанализировал изменение оросительных норм по годам освоения в зависимости от глубины грунтовых вод, также менявшейся по годам. В ре-

Таблица 30. **Районирование поверхностного орошения и дождевания в Средней Азии**

Индексы по водопроницаемости	Индексы по уклонам				
	I	II	III	IV	V
А					
Б					
В					
Г					
Д					

Примечания.

— зона преимущественного применения стационарного дождевания;

— зона возможного применения как дождевания, так и поверхностного орошения;

— зона применения только поверхностного полива.

зультате анализа большого количества данных В. А. Духовный предложил следующую эмпирическую зависимость:

$$K = 0{,}645H^{0{,}324},$$

где K — коэффициент увеличения фактической оросительной нормы $M_ф$ по сравнению с расчетной M; H — глубина грунтовых вод на конкретный год освоения, м.

Согласно формуле, $K=1$ при $H=4$ м. При $H>4$ м $K>1$, а при $H<1$ м $K<1$. В других природных условиях эта зависимость может быть несколько иной, но закономерность остается такой же.

Это свидетельствует о том, что при освоении крупных регионов пустынных земель Средней Азии более надежно поверхностное орошение, чем дождевание. Однако это не исключает возможность замены поверхностного орошения дождеванием в перспективе, когда водопотребление сильно снизится, а земли будут полностью мелиорированы.

РАЙОНИРОВАНИЕ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ ПО СПОСОБАМ И ТЕХНИКЕ ПОЛИВА

Из содержания предыдущего раздела следует, что орошаемые земли должны быть районированы по наиболее целесообразным способам и технике полива. Для условий аридной зоны методика районирования была составлена в 1968 г. (Лактаев, 1972).

Виды, задачи и масштабы районирования. Можно различать следующие виды районирования.

Республиканское районирование, которое выполняют на картах в масштабах 1 : 200 000, служит для следующих целей:

определение потребности областей и республики в различных видах поливных машин и оборудования, строительных конструкций и материалов;

размещение и организация необходимой индустриальной базы;

распределение поливной техники между областями;

планирование заказов на недостающую технику и поливное оборудование.

Региональное (областное) районирование выполняют на картах в масштабе 1 : 50 000 на основе схем использования водных ресурсов, технических проектов реконструкции и развития оросительных систем крупных регионов. Этот вид районирования служит для распределения поливной техники между административными районами республики.

Детальное (внутрирайонное) районирование выполняют на картах в масштабе 1 : 10 000 для обоснования одностадийных проектов переустройства внутрихозяйственной оросительной сети и генеральных планов переустройства внутрихозяйственной оросительно-дренажной сети. На этом районировании должно основываться распределение поливной техники между хозяйствами района.

В результате районирования техники полива на основе анализа рельефа, почв, мелиоративно-гидрологических, климатических, хозяйственных, агробиологических и других условий существующей и перспективной орошаемой территории на картах изображают ареалы применения усовершенствованных старых и новых автоматизированных и механизированных приемов полива, являющихся на время составления районирования достаточно

Таблица 31. **Техника орошения, подлежащая районированию**

Способ и техника полива	Индекс на карте	Примечание
Полив дождеванием (ареал зеленого цвета)		
Широкозахватными дождевальными машинами, работающими в движении	1	Машины типа ДДА-100М, «Фрегат»
Широкозахватными дождевальными машинами, работающими позиционно	2	Машины типа ДМА-200, «Волжанка»
Дальнеструйными дождевальными агрегатами	3	ДДН-70
Среднеструйными дождевальными установками	4	УДС-25
Новыми перспективными установками с механизированным перемещением дождевальных крыльев	5	
Стационарными дождевальными системами с искусственным напором	6	
Стационарными дождевальными системами с естественным напором	7	Проектируют в зависимости от местных условий
Поверхностный полив (ареал коричневого цвета)		
Полив по бороздам и напуском по полосам с применением:		
лотков и трубопроводов автоматического распределения воды между бороздами (полосами)	1	
подземных трубопроводов (система предложена МГМИ)	2	
гибких трубопроводов, забирающих воду из закрытых водоводов	3	
комбинированной оросительной сети с гибкими трубопроводами	4	
гибких трубопроводов, забирающих воду из железобетонных лотков	5	
гибких трубопроводов с машинами с механической подкачкой	6	Машины ППА-165 и ТШП-40
жестких поливных трубопроводов	7	

Продолжение

Способ и техника полива	Индекс на карте	Примечание
поливных машин	8	
открытых каналов (временных оросителей, выводных борозд), подающих воду с помощью сифонов, трубочек, однобортных выводных борозд	9	
Полив по чекам (выращивание риса)	10	Ареал синего цвета
Лиманное орошение	11	
Террасное орошение	12	Ареал красного цвета

надежными и эффективными. В ведомостях, прилагаемых к карте, должны быть определены площади ареалов применения различной техники полива по районам, областям и итоговые данные по республике (области, району).

Районирование техники полива в будущем предстоит выполнять неоднократно, приурочивая его к составлению очередного народнохозяйственного плана на следующую пятилетку. Это будет обусловлено огромными работами по переустройству оросительной сети и по внедрению прогрессивной техники полива. Кроме того, предлагаемая для внедрения новая техника полива непрерывно совершенствуется, а некоторые рекомендации устаревают.

Предмет и факторы районирования. Из способов поливов районируют полив дождеванием и поверхностный полив по бороздам. Считается, что полив сельскохозяйственных культур хлопкового севооборота напуском по полосам (травы, зерновые), а также полив садов и виноградников вполне осуществим там, где возможен полив хлопчатника по бороздам.

Подпочвенное орошение, как способ, не прошедший производственную проверку, не рассматривается.

В таблице 31 показаны техника полива, подлежащая районированию, и присвоенные индексы.

К факторам районирования техники полива по-прежнему относятся: водопроницаемость почвогрунтов; средние уклоны местности и рельеф, мелиоративное состоя-

ние земель, скорости и повторяемость ветров, агроэкономические требования.

Эти факторы и их количественные параметры были подробно рассмотрены в подразделах: «Классификация почвогрунтов по водопроницаемости», «Классификация почвогрунтов по уклонам», «Факторы, обусловливающие способы орошения и проектирование техники полива» и «Выбор способа орошения в аридной зоне».

Районирование орошаемых земель УзССР. На основании методики, изложенной в работе, отделом орошения САНИИРИ было проведено районирование существующих и перспективных (на 1990 г.) орошаемых земель УзССР по применению наиболее целесообразных способов и техники полива. Согласно этому районированию, каждый способ и техника полива будут занимать следующие площади, % всей площади 1990 г.:

Дождевание	12,5
стационарными системами с естественным напором	2,75
стационарными системами с искусственным напором	4,2
широкозахватными дождевальными агрегатами, работающими в движении (типа ДДА-100)	4,0
новыми перспективными установками	1,55
Поверхностное орошение	87,3
полив по бороздам и напуском по полосам с применением:	
лотков и трубопроводов автоматического распределения воды между бороздами	5,1
подземных поливных трубопроводов	3,6
гибких трубопроводов, забирающих воду из закрытой сети	15,6
гибких трубопроводов, забирающих воду из железобетонных лотков	16,3
поливных машин с гибкими трубопроводами	10,8
жестких поливных трубопроводов	8,5
вручную с помощью трубочек-сифонов	22,6
полив по чекам (выращивание риса)	4,4
террасное орошение	0,4
Подпочвенное орошение в экспериментальных хозяйствах	0,2
Всего	100

Как видно, под дождевание отводится всего 12,5% всей площади, но это уже составляет 475 тыс. га, по сравнению с существующей, равной 1,3 тыс. га. Преимущество сохранит поверхностное орошение (87,3%). Однако нельзя считать такое соотношение незыблемым. Наука движется вперед, накопляются данные производственных испытаний, поэтому данное соотношение может измениться. Возможно, что более быстрыми темпами будет развиваться подпочвенное орошение.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ОРОШЕНИЯ ПО БОРОЗДАМ

Итак, полив по бороздам будет еще долго и верно служить в орошаемом земледелии Средней Азии. Между тем, несмотря на длительный срок существования бороздкового полива, научное обоснование его проектирования до сих пор в нужной мере не разработано.

Достаточно известны принципы и нормы проектирования внутрихозяйственной сети в виде земляных каналов. Эта сеть, располагаемая в соответствии с рельефом местности (по водоразделам), а иногда и микрорельефом, обладает рядом существенных недостатков (неудовлетворительная конфигурация участков, низкие к. п. д., сложная эксплуатация и др.).

Внутрихозяйственная сеть будущего должна быть более совершенной и с высоким к. п. д. Она должна обеспечить автоматизацию водораспределения и полива, ее крупные поля (поливные участки) правильной конфигурации позволяют рационально использовать будущую сельскохозяйственную технику с мощными, высокоскоростными тракторами и широкозахватными орудиями.

Проектировать поля, строить новую оросительную сеть, перестраивать старые хозяйственные системы надо так, чтобы не возникала необходимость в повторных реконструкциях. Как видно, проектирование орошения усложняется. Между тем в настоящее время проектирование нижнего звена оросительной сети и технологии полива непосредственно на полях в достаточной мере не регламентированы.

Первый шаг проектирования схемы сети, технологии полива, поливных устройств — районирование территории объекта или хозяйства по уклонам местности и водопроницаемости почвогрунтов. Это районирование делают на основе изложенных положений и классификаций, но только уже на карте в масштабе 1 : 10 000. В принципе оно не отличается от вышеописанного.

ДОСТОИНСТВА И НЕДОСТАТКИ ПОПЕРЕЧНОЙ СХЕМЫ ПОЛИВА

Различают две принципиальные схемы полива хлопчатника по бороздам: продольную и поперечную (рис. 17). Тип схемы определяет характер расположения

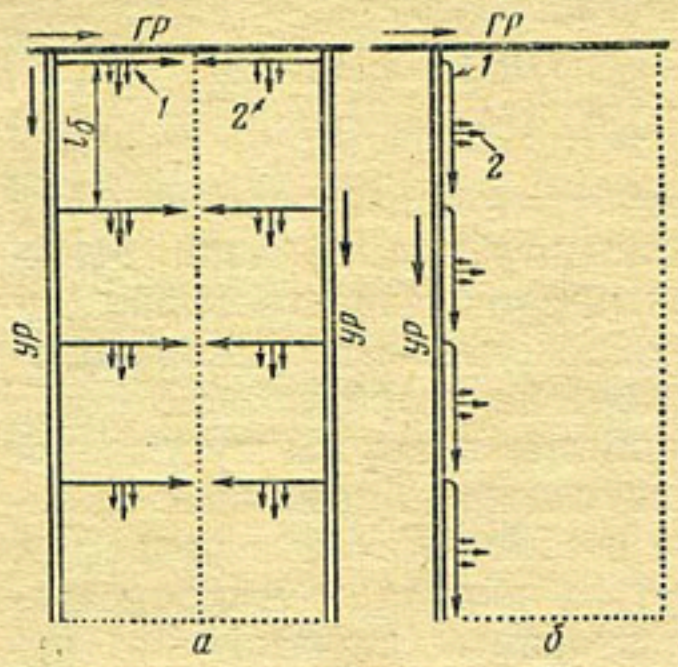


Рис. 17. Продольная (*а*) и поперечная (*б*) схемы полива:
ГР — групповой распределитель; *УР* — участковый распределитель; *1* — ок-арыки, или выводные борозды, или другие устройства, распределяющие воду по бороздам; *2* — направление поливных борозд.

оросительной сети на массиве и удельную протяженность ее каналов.

На рисунке 17 продольная схема изображена двухстороннего командования, а поперечная одностороннего. Однако поперечные схемы (поливные участки) могут быть и двухстороннего командования.

При продольной схеме после полива ок-арыки разравнивают или оставляют, так как они не мешают движению машинно-тракторного агрегата. В этом случае длина гона при культивации равна длине участка, то есть достаточно большая. В поперечной схеме в середине поля ок-арыков нет, борозды нарезают поперек поля. Длина гона при нарезке борозд, внесении удобрений, культивации и других обработках ограничена максимально допустимой длиной борозды $l_б$, зависящей от почвенных условий и поперечного уклона поля.

Поперечная схема давно и широко распространена в предгорной зоне, но в долинах, в новой зоне орошения Голодной степи она появилась сравнительно недавно.

Опыт выращивания хлопчатника в совхозах Голодной степи на уширенных междурядьях по поперечной схеме, предложенной С. М. Кривовязом совместно со специалистами Средазгипроводхлопка П. А. Коротковым, Г. Н. Павловым и другими, показал несомненное преимущество ее по сравнению с узкими междурядьями при продольной схеме поливов. Преимущества такой технологии следующие:

повышается уровень механизации в общем комплексе работ по возделыванию хлопчатника, что очень важно в условиях освоения новых земель, где всегда недостаток рабочей силы вообще, а поливальщиков в особенности;

возрастает урожайность хлопчатника;

уменьшаются производственные затраты и себестоимость хлопка-сырца;

увеличиваются удельные показатели продукции на одного рабочего;

значительно облегчается проведение поливов, следовательно, возрастает производительность труда на поливах;

создаются лучшие условия для внедрения автоматизации полива;

уменьшаются капиталовложения в строительство оросительной сети, а также затраты на приобретение поливного оборудования.

Одновременно с преимуществами полив по поперечной схеме в некоторых условиях имеет и недостатки. Поперечная схема в условиях, где длина поливных борозд (длина гона) не может быть больше 350—400 м, несколько снижает эффективность использования машинно-тракторных агрегатов.

В перспективе, когда появятся очень мощные высокоскоростные тракторы и будет решен вопрос о создании поливных устройств продольной схемы, станет возможным переход на продольную схему. Но еще не вскрыты все возможности дальнейшего совершенствования полива по поперечной схеме. Например, удлинение поливных борозд путем обработок почвы их ложа.

Ошибочно мнение, что на широких междурядьях нужно поливать самыми большими расходами, какие только пропустит борозда (2—3 л/с). Если не снижать эти расходы после добегания и процесса долива (в два-три приема), то нижняя часть участка сильно затапливается и возникают сбросы за пределы поля. Кроме того, эти расходы недопустимы для первых поливов хлопчатника, когда растения еще малы. Поливать переменным расходом при ручном регулировании затруднительно. В то же время сэкономленный в результате снижения подачи воды на поле расход, как правило, использовать невозможно, и его просто сбрасывают.

Перейдем к вопросу применения поперечной или продольной схемы в зависимости от природных и хозяйственных условий.

В отличие от земляных временных оросителей (ок-арыков), переносных шлангов и других приспособлений для полива по продольной схеме стационарные поливные устройства ограничивают движение сельскохо-

зяйственных машин. При междурядных обработках машинно-тракторные агрегаты должны разворачиваться на краях участка, то есть при поперечной схеме полива длина гона неизбежно ограничивается длиной поливных борозд.

Размещение постоянной сети и стационарных поливных устройств по поперечной схеме полива, с одной стороны, сокращает затраты труда на полив, с другой — снижает производительность сельскохозяйственных машин. Поэтому для решения этого вопроса необходимо сопоставить приемлемую длину гона, при которой производительность машин сохраняется достаточно высокой, а потери урожая из-за заминания растений на поворотах не превышают допустимых, с оптимальной длиной борозды, обеспечивающей высокий к. п. д. техники полива.

Опыты СоюзНИХИ и САИМЭ показали, что с уменьшением длины гона увеличиваются время, затрачиваемое на повороты агрегатов, и площади заминания. Длина гона (длина борозд), при которой потери времени и площади не превышают допустимых, составляют 350—400 м. Увеличение длины гона уже не уменьшает потери.

Таблица 32. **Допустимая длина борозд и зоны применения продольной или поперечной схемы**

Уклоны	Индексы по уклонам	Индексы по водопроницаемости				
		А	Б	В	Г	Д
Ширина междурядий 0,6 м						
Более 0,02	I	40	75	125	150	175
0,02—0,0075	II	100	125	200	200	200
0,0075—0,0025	III	175	275	325	400	375
0,0025—0,001	IV	225	300	350	425	400
Менее 0,001	V	150	250	350	550	850
Ширина междурядий 0,9 м						
0,005—0,0025	IIIа	—	—	450	450	400
0,0025—0,001	IV	—	450	600	650	550
Менее 0,001	V	—	—	600	650	1000

Примечание. Выделена зона применения поперечной схемы.

Сопоставляя оптимальную длину борозд по условиям трактороиспользования с нормативными значениями длин борозд, указанных в таблице 10, можно разграничить применение продольной и поперечной схемы в зависимости от природных условий следующим образом (табл. 32).

РАСЧЕТНЫЕ ПОЛИВНЫЕ НОРМЫ И КОЭФФИЦИЕНТ ФОРСИРОВКИ

Поливные нормы (500—800 м³/га), рассчитанные по дефициту влажности корнеобитаемого слоя, при бороздковом поливе обеспечить очень трудно. Минимально возможная подача воды на поле (поливные нормы брутто) при идеальной планировке и идеальном распределении воды по бороздам показаны в таблице 10. В хозяйствах же поливные нормы больше из-за вынужденного увеличения продолжительности полива. Все это должно учитываться в расчетном гидромодуле при определении расходов участковых оросителей, групповых каналов и поливных устройств, подающих воду на поле. Одновременно с этим необходимо учитывать и чередование культур в севообороте. Так, люцерна имеет более высокие водопотребление, удельные расходы (расходы на 1 м полива) и фактические поливные нормы, чем хлопчатник при поливе по бороздам. В связи с этим вводится коэффициент, равный 1,2—1,25, на который следует увеличить теоретические поливные нормы, чтобы получить расчетные. Последние служат для безошибочного установления максимальных расходов каналов и сооружений, подводящих воду к полю.

УЧАСТКИ ПОЛЕВОДЧЕСКИХ БРИГАД И РАСЧЕТНЫЙ РАСХОД УЧАСТКОВОГО ОРОСИТЕЛЯ

В хлопкосеющем хозяйстве участки полеводческих бригад должны быть единицей водопользования, чтобы можно было обеспечить ритмичность агротехнических работ (Лактаев, 1957). В вегетационный период воду на эти участки надо подавать постоянным током и поливать одновременно только одно поле, то есть не распылять ее по внутрибригадной сети. При поливе всех полей бригады необходимо соблюдать внутрибригадный водооборот. Расход, получаемый бригадой, зависит от водо-

проницаемости почв, уклонов и почвенно-гидрологических условий, которые учитываются гидромодулем, а также от площади.

Чем лучше водопроницаемость почв, меньше ее влагоемкость, больше число поливов и короче межполивные периоды, тем выше расчетный гидромодуль и выше темп обработок, то есть площадь бригадного участка с такими условиями должна быть меньше, чем участка со средними условиями.

Чем хуже водопроницаемость почв, больше ее влагоемкость, меньше число поливов и длиннее межполивные периоды, тем ниже расчетный гидромодуль и ниже темп обработок, то есть площадь бригадного участка с такими условиями должна быть больше, чем участка со средними условиями.

В хозяйствах предгорной зоны с мелкоконтурными полями неправильной конфигурации, с большими уклонами производительность машинно-тракторных агрегатов значительно снижается по сравнению с производительностью их в условиях малоуклонных долин. Поэтому площади бригадных участков в предгорной зоне должны быть меньше, чем на равнинах.

Таблица 33. **Площадь участков полеводческих бригад в хлопкосеющих хозяйствах** (числитель — га, знаменатель — % от средней площади в зоне III-В)

Зоны по уклонам	Индексы по водопроницаемости				
	А	Б	В	Г	Д
I, более 0,02	130 / 65	145 / 72	160 / 80	170 / 85	180 / 90
II, 0,02—0,0075	160 / 80	170 / 85	180 / 90	190 / 95	200 / 100
III, 0,0075—0,0025	180 / 90	190 / 95	200 / 100	210 / 105	220 / 110
IV, 0,0025—0,001	200 / 100	210 / 105	220 / 110	230 / 115	240 / 120
V, менее 0,001	220 / 110	230 / 115	240 / 120	250 / 125	260 / 130

Таблица 34. **Расчет максимально возможной подачи воды полеводческим бригадам**

Индексы ареалов районирования	Теоретическая поливная норма, м³/га	Типичный межполивной период, сут.	Теоретический гидромодуль q, л/с·га	Возможный гидромодуль в производственных условиях 1,25q	Площадь участка полеводческой бригады, га	Максимальный расход, л/с
Ширина междурядий 0,6 м						
I-А	1200	11	1,26	1,56	130	202
I-Б	1120	13	0,94	1,17	145	181
I-В	1220	16	0,89	1,11	160	177
I-Г	1440	20	0,84	1,04	170	177
I-Д	2060	25	0,95	1,19	180	214
II-А	960	12	0,93	1,16	160	186
II-Б	1090	14	0,90	1,13	170	192
II-В	1270	18	0,82	1,02	180	184
II-Г	1560	22	0,82	1,03	190	191
II-Д	1800	26	0,80	1,01	200	202
III-А	910	13	0,88	1,10	180	198
III-Б	965	15	0,75	0,94	190	177
III-В	1200	19	0,74	0,92	200	184
III-Г	1500	23	0,76	0,94	210	198
III-Д	1600	27	0,69	0,86	220	199
IV-А	800	14	0,665	0,83	200	166
IV-Б	1040	16	0,75	0,93	210	195
IV-В	1120	20	0,65	0,82	220	181
IV-Г	1300	24	0,63	0,79	230	181
IV-Д	1500	28	0,63	0,78	240	187
V-А	920	15	0,71	0,89	220	196
V-Б	1050	18	0,67	0,84	230	193
V-В	1200	22	0,63	0,79	240	190
V-Г	1310	26	0,585	0,73	250	182
V-Д	1380	30	0,535	0,67	260	174
Ширина междурядий 0,9 м						
III-В	1140	19	0,70	0,87	200	176
III-Г	1410	23	0,71	0,89	210	187
III-Д	1600	27	0,69	0,86	220	189
IV-Б	930	16	0,67	0,83	210	174
IV-В	1200	20	0,695	0,87	220	194
IV-Г	1370	24	0,665	0,83	230	190
IV-Д	1440	28	0,60	0,75	240	180
V-В	1145	22	0,60	0,76	240	182
V-Г	1300	26	0,58	0,72	250	180
V-Д	1330	30	0,52	0,65	260	169

Обобщая рекомендации по площади участков поливодческих бригад в хлопкосеющих хозяйствах и опыт лучших бригад в совхозах Голодной степи, а также учитывая необходимость увеличения этой площади в перспективе, установили размеры участков бригад в зависимости от природных условий (табл. 33).

Результаты расчета максимально возможной подачи воды бригаде при максимальном гидромодуле и коэффициенте форсировки, равном 1,25, приведены в таблице 34.

Из анализа максимально возможных расходов, приведенных в таблице 34, видно, что расчетные расходы внутрибригадных водоводов всех типов (трубопроводы, железобетонные лотки, бетонированные каналы и др.) можно привести к единому стандартному расходу, равному 200 л/с. Это позволит облегчить проектирование, промышленное изготовление, монтаж водоводов и аппаратуры.

ОСНОВНЫЕ СХЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ БОРОЗДКОВОГО ПОЛИВА

Существует пять основных технологических схем полива. Каждая из них может иметь много вариантов технических решений, включая элементы автоматизации или даже полную автоматизацию.

Продольная схема полива на наклонной плоскости. Схема изображена на рисунке 18. Длина участкового распределителя L может достигать 2—2,5 км. Она обусловливается в основном максимально допустимой вы-

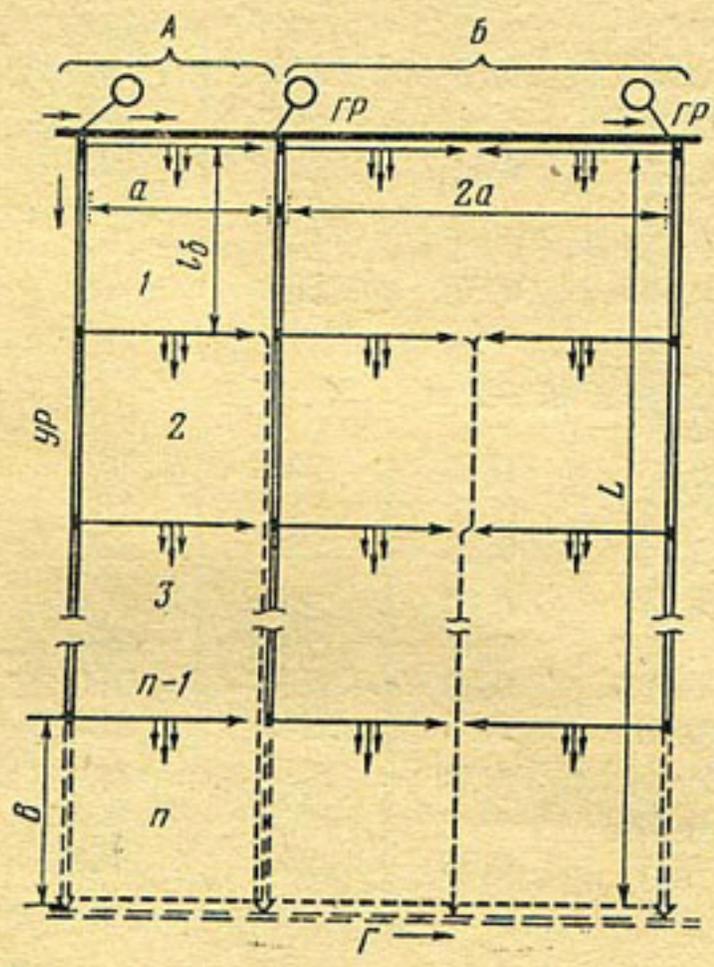


Рис. 18. Продольная схема полива на наклонной плоскости: *А* — вариант одностороннего командования; *Б* — вариант двухстороннего командования; *ГР* — групповой распределитель; *УР* — участковый распределитель; *В* — сбросная (промывная) часть *УР*; *Г* — коллектор; *1, 2, ... п*—1, *п* — поливные делянки.

тянутостью участка полеводческой бригады. Участковый распределитель должен обслуживать желательно одну полеводческую бригаду. Это условие надо соблюдать для всех схем полива.

Расстояние между водовыпуском из участкового распределителя определяется оптимальной длиной поливных борозд и равно частному от деления длины L на длину борозд $l_б$. Результат округляют до ближайшего целого числа. Расстояние между участковыми распределителями при одностороннем командовании зависит от следующего:

стандартного расхода участкового распределителя;

условий командования участкового распределителя над поверхностью поля, то есть от максимально возможного расхода его водовыпусков;

принимаемого расхода воды в поливную борозду;

число переключений (тактов) поливных устройств, распределяющих воду по бороздам.

Число переключений поливных устройств при одностороннем командовании может быть не более двух. Это ограничивает расстояние между участковыми распределителями и резко снижает возможность автоматизации полива. При двухстороннем командовании расстояние между ними может быть увеличено в два раза и тем самым значительно снижена удельная протяженность водоводов. Однако на равнинном рельефе с односторонним уклоном вдоль водоводов или поперек них возможно только одностороннее командование, так как проектирование двухстороннего командования потребовало бы неоправданно больших объемов планировочных работ. Условие выбора одностороннего или двухстороннего командования участковых распределителей необходимо соблюдать при проектировании всех схем.

Длина гона при любой обработке до первого полива может быть очень большой, а после первого полива она, как правило, ограничивается поливной делянкой, то есть длиной борозды. Это объясняется тем, что в совхозах после полива ок-арыки обычно не разравнивают и сохраняют их на весь сезон. Естественно, они мешают работе агрегатов. В колхозах (староорошаемая зона) ок-арыки разравнивают кетменем перед каждой культивацией и восстанавливают перед следующим поливом. Такие ок-арыки имеют небольшое поперечное сечение и соответственно небольшие расходы (Q=15—20 л/с).

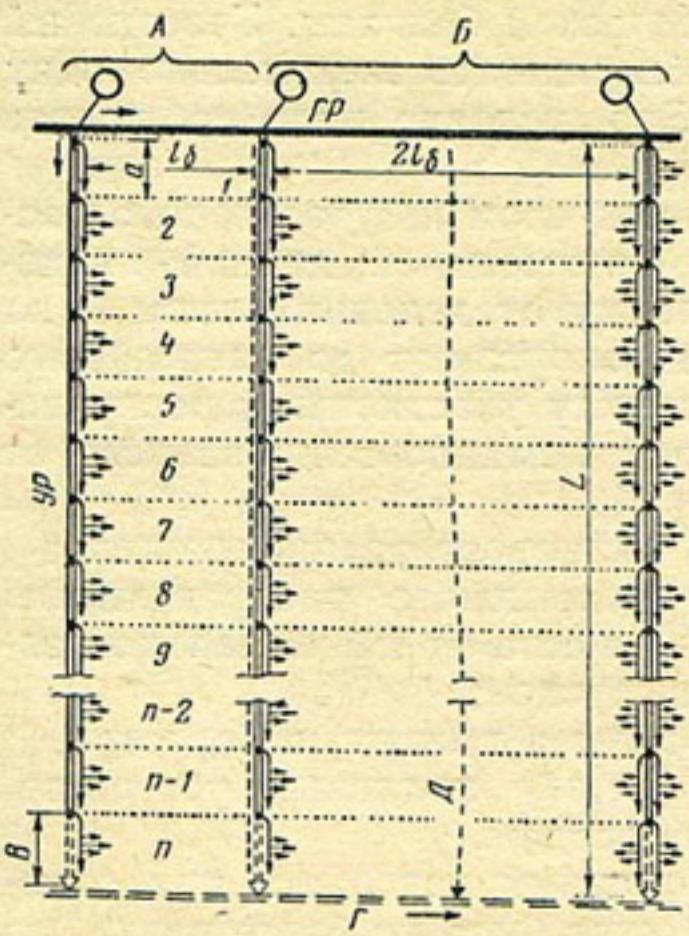


Рис. 19. Поперечная схема полива на наклонной плоскости: *А* — вариант одностороннего командования; *Б* — вариант двухстороннего командования; *ГР* — групповой распределитель; *УР* — участковый распределитель; *В* — сбросная (промывная) часть *УР*; *Г* — коллектор; *Д* — сбросная канава или дрена; *1, 2, ... n*—1, *n* — поливные делянки; *a* — ширина делянки.

Опыт применения переносных поливных устройств (шлангов) показывает, что для механизированной сборки шлангов после полива в поле необходимо иметь незатапливаемые полосы. Это ограничивает длину гона при послеполивной культивации.

При поливе по относительно длинным бороздам (350—400 м и более) вместо ок-арыков и переносных поливных устройств (трубопроводов) целесообразно применять стационарные лотки с автоматическим распределением воды между бороздами.

Длина гона может быть очень большой при использовании закрытых (подземных) поливных устройств (предложение И. А. Шарова, Г. Ю. Шейнкина, И. Вырлева), если полив проводится одновременно по всем закрытым трубопроводам и почва поспевает одновременно.

Продольная схема незаменима какой-либо другой при повышенной водопроницаемости почвогрунтов и больших уклонах, когда длина поливной борозды не может быть более 250—300 м.

Поперечная схема полива на наклонной плоскости. Схема изображена на рисунке 19. Понятие поливного участка этой схемы не совпадает с понятием участка по продольной схеме. Площадь его не равна произведению $Ll_б$ или $L2l_б$. Вся площадь, подвешенная к участковому распределителю, включает в себя несколько переменных во времени поливных участков. Длина L этой площади, то есть участкового распределителя, не может быть более 2—2,5 км, а ширина массива равна нормированной длине поливной борозды. Одновременно поливаемый

участок включает в себя несколько полос или делянок.

Ширина полосы полива из водовыпусков на участковом распределителе равна частному от деления наиболее удобного (стандартного) расхода водовыпуска на нормированный расход борозды, умноженному на ширину междурядий. Стандартный расход водовыпуска определяется следующими условиями.

Во-первых, *а* должна быть не более 50 м, в крайнем случае 70 м. В этом случае легче обеспечить гидравлическую автоматизацию распределения воды между бороздами, так как еще соблюдается горизонтальный уровень у воды, обеспечивающий равенство напоров над всеми поливными отверстиями. Если сделать один впуск воды посередине поливного устройства или два по обоим концам его, то ширину поливной делянки можно увеличить до 100 м.

Во-вторых, через водовыпуск в поливное устройство не должен поступать чрезмерно большой расход, равный, например, половине расхода участкового распределителя (200 : 2 = 100 л/с). В противном случае необходимо увеличить командование участкового распределителя над полем, что вызывает лишние расходы на строительство и создает неудобства в эксплуатации.

Однако есть расчетные методы и конструкции поливных устройств с более длинным фронтом полива (до 250—300 м) и большим расходом (до 200 л/с).

К таким конструкциям относятся два типа поливных лотков. Первый тип предложен А. М. Кундузовым, Н. Г. Лактаевым и Л. Г. Щуровой *, второй — А. Г. Щуровой (1971). В этих устройствах поверхность воды в лотке уже не горизонтальна. В связи с этим положение центра выходных отверстий меняется эквидистантно поверхности воды в лотке. Для второго лотка линия его дна проектируется с таким расчетом, чтобы, несмотря на переменный расход, глубина и напоры над отверстиями вдоль лотка оставались постоянными. Это достигается тем, что уклон дна лотка меняется по длине.

Поперечная схема значительно легче поддается автоматизации, чем продольная. Для облегчения автоматизации и точного водораспределения при поперечной схеме с односторонним командованием рядом с участковым

---

* Авторское свидетельство № 355297, 1972 г.

распределителем лучше располагать стационарное, а не переносное поливное устройство для распределения воды между бороздами. При двухстороннем командовании по трассе участкового распределителя требуется уже не одно, а три стационарных устройства. Поэтому необходимо разработать конструкцию, которая позволяла бы одновременно распределять воду на две стороны и пропускать ее транзитом вниз. Возможно, потребуется дистанционное управление водовыпусками на основе гидравлической или пневматической автоматики. В настоящее время уже имеется ряд обнадеживающих предложений. В случае положительного решения задачи поперечную схему полива можно будет считать совершенной.

Условия работы тракторов определяются размером $l_{бор}$, которая должна быть более 350—400 м. Это обеспечивается, когда применяют широкие междурядья и увеличенные расходы в борозды, то есть на средних и малых уклонах вдоль поливных борозд. Уклон участкового распределителя в этом случае значения не имеет.

Область применения этой схемы была показана в таблице 32.

Продольная схема полива на горизонтальной плоскости. Условия, для которых рекомендуется полив на горизонтальной плоскости по делянкам (рассматриваемая схема и следующая за ней), характеризуются тяжелым мелиоративным состоянием земель, плоским или чашеобразным рельефом, затрудненным оттоком грунтовых вод и близким их залеганием к поверхности земли.

В некоторых случаях грунтовые воды перед освоением земель могут находиться глубоко, но в процессе освоения они обязательно поднимутся, несмотря на устройство дренажа.

Режим орошения как в период освоения, так и в процессе эксплуатации включает промывки большими нормами, создающими слабоминерализованный верхний слой грунтовых вод (пресную подушку) и пресную капиллярную кайму. В вегетационный период режим орошения может осуществляться относительно малыми оросительными, но большими поливными нормами при ограниченном числе поливов. Как при промывках, так и при вегетационных поливах важно равномерно распределять воду по полю. Это условие не соблюдается при бороздковом поливе с уклоном вдоль борозды. В этом случае необходима планировка под горизонтальную плос-

кость, которая позволит совместить поливы по затапливаемым бороздам с промывками.

Посевы должны быть широкорядными, с глубокими бороздами. Только на почвогрунтах с очень слабой водопроницаемостью междурядья могут быть по 0,6 м.

В результате больших расходов вода быстро доходит до каждой точки поля. Емкости в бороздах и подпоры позволяют быстрее вылить воду на поле. Большая часть оросительной воды аккумулируется в бороздах и впитывается в почву уже после прекращения подачи воды. Перечисленные особенности обусловливают лучшую равномерность увлажнения поля (лучшее качество полива) и ускоренное завершение полива (большую производительность), чем в предыдущих схемах.

В СССР такая схема полива впервые была внедрена в колхозе им. Калинина Ильялинского района Ташаузской области Туркменской ССР.

Теоретического метода расчета полива по затапливаемым бороздам относительно большой длины пока нет. Примерный расчет при проектировании заключается в том, чтобы отыскать оптимальную подачу воды на делянку (оптимальный расход в борозду) из условия недопущения накопления воды на поле выше определенной отметки, например отметки на 5—7 см ниже среднего уровня гребня борозд. Впитывание в стадии добегания можно рассчитывать так же, как и в разделе «Теория бороздкового полива», а в последующую стадию затопления — графоаналитическим методом. Для первого полива хлопчатника, когда совершенно недопустимо затопление корневой шейки растений, а глубина борозд наименьшая, необходимо по отрезкам времени сопоставлять выливаемый расход (слой) с впитыванием воды и накоплением ее в бороздах, не допуская затопления гребней. Практически, чтобы избежать затопления гребней или большого сброса, рекомендуется снижать подачу воды на поле и расходы в борозду.

Продольная схема полива на горизонтальной плоскости изображена на рисунке 20. Плановое расположение оросительной сети, подводящей воду к полю, такое же, как в первой схеме. Особенностью является наличие: земляных валиков, ограждающих делянки; нижней распределительной борозды (нижнего ок-арыка); частых водовыпусков особой конструкции на участковом распределителе. Положительные качества схемы заключа-

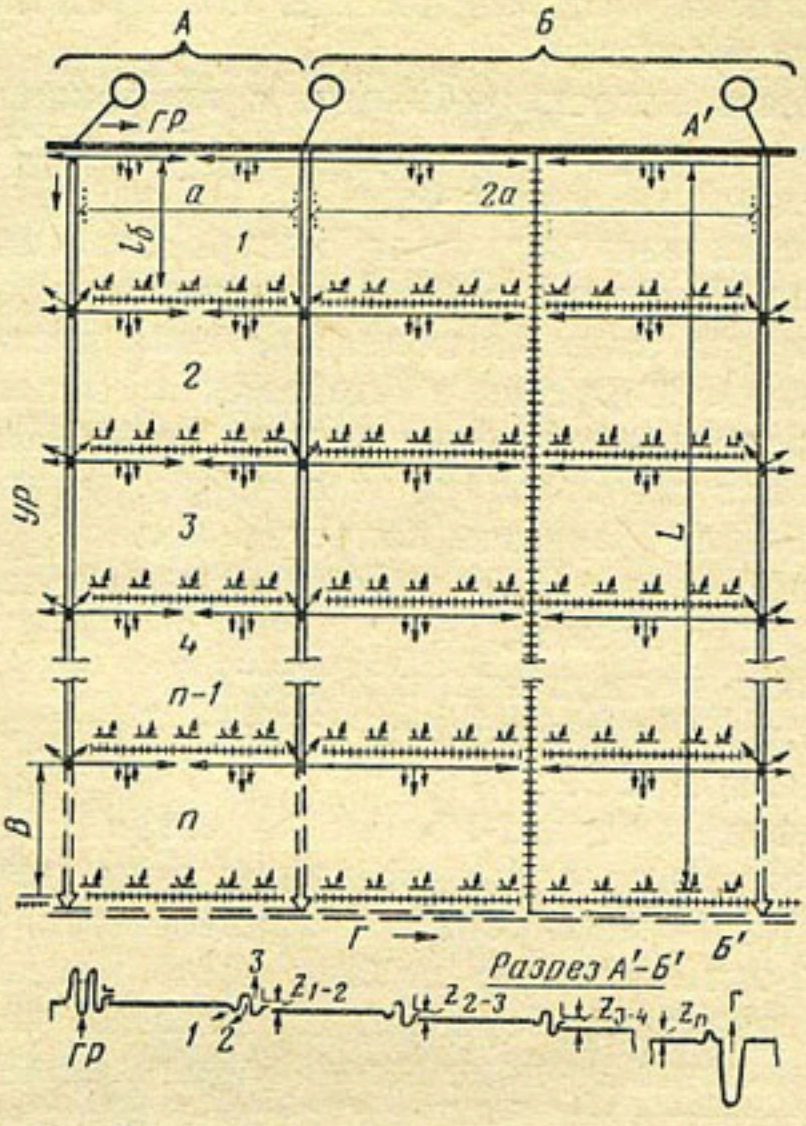


Рис. 20. Продольная схема полива на горизонтальной плоскости:

А — вариант полива из близко расположенных участковых распределителей (*УР*); *Б* — вариант полива из далеко расположенных *УР*; *ГР* — групповой распределитель; *УР* — участковый распределитель; *В* — сбросная (промывная) часть *УР*; *Г* — коллектор; *1* — нижняя распределительная борозда; *2* — валик, ограждающий делянки; *3* — поливное устройство, или верхняя распределительная борозда.

ются в том, что можно одновременно подавать воду из двух и даже из четырех углов (водовыпусков). Большие расходы повышают производительность труда. Кроме того, в этой схеме по сравнению с предыдущими лучше санитарно-гигиенические условия труда. Конструкция водовыпусков должна обеспечивать подачу воды как на вышерасположенную, так и на нижерасположенную делянку, а пропускная способность их должна быть в 2—2,5 раза больше, чем пропускная способность водовыпусков первой схемы.

Размер $l_{бор}$ в данной схеме определяется технико-экономическими возможностями, так как он зависит от затрат на планировку. Минимальная длина борозды по условиям эксплуатации тракторного парка составляет 400 м. Максимальная длина определяется нормативами. Ее можно принимать по рекомендациям к поперечной схеме (второй) для уклонов менее 0,001. Предельный объем планировочных работ равен 2500 м³/га. В Средней Азии этот предел можно увеличить, если усовершенствовать технологию и уменьшить стоимость планировочных ра-

бот, а также пренебречь некоторым снижением урожайности в первые 2—3 года после планировки.

Ширина поливной делянки a определяется расходом водовыпуска, равным половине стандартного расхода участкового распределителя, нормативным расходом в борозду и шириной междурядий. Ограничения величины L такие же, как и для предыдущих схем. Поскольку величина a всегда меньше величины $l_{бор}$, данную схему полива следует применять, когда уклоны вдоль участкового распределителя, то есть уклоны по направлению поливных борозд, меньше поперечного уклона. Схема легко поддается гидравлической автоматизации.

Условия работы тракторов по этой схеме удовлетворительные, так как минимальная длина делянок принимается равной 400 м.

Область применения третьей схемы полива ограничивается типовыми комбинациями условий под индексами: IV-В, IV-Г, IV-Д, V-А, V-Б, V-В, V-Г и V-Д.

Поперечная схема полива на горизонтальной плоскости. Схема изображена на рисунке 21. Используют эту

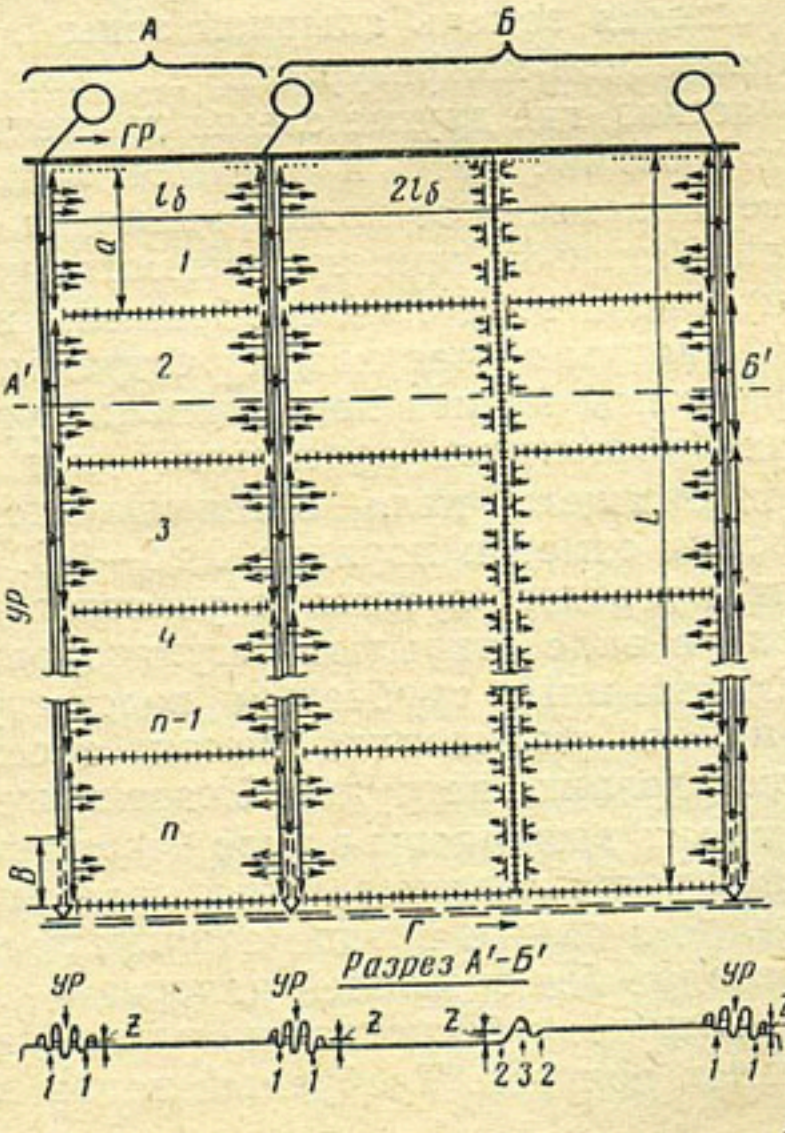


Рис. 21. Поперечная схема полива на горизонтальной плоскости:

А — вариант двухстороннего полива из близко расположенных участковых распределителей; *Б* — вариант одностороннего полива из более разреженной сети участковых распределителей; *ГР* — групповой распределитель; *УР* — участковый распределитель; *В* — сбросная часть *УР*; *Г* — коллектор; *1* — поливное устройство, распределяющее воду по бороздам; *2* — нижняя распределительная борозда; *3* — валик, ограждающий делянки.

схему на мелиоративно-неблагополучных территориях с очень малыми уклонами. Принципиально она отличается от предыдущей только тем, что направление полива (борозд) перпендикулярно трассам участковых распределителей. Сосредоточение водораспределения на одной трассе облегчает автоматизацию и наблюдения за поливом, а также позволяет несколько упростить конструкцию и снизить затраты.

Эту схему лучше применять, когда уклон местности по направлениям участковых распределителей больше поперечного уклона, по которому нарезают борозды, поскольку длина $l_б$ всегда больше величины a.

По этой же причине в рассматриваемой схеме участковые распределители расположены реже, чем в предыдущей, то есть она дешевле.

Условия работы машинно-тракторных агрегатов и область применения схемы такие же, как в предыдущей (третьей) схеме.

Комбинированная продольно-поперечная схема. Как следует из названия схемы, она включает элементы вышеописанных первой и второй схем и применяется для орошения земель адырной зоны и мелких участков неправильной конфигурации на равнинах, то есть трудных участков, где другие схемы применить невозможно. Проектирование сети и техники полива в таких условиях всегда зависит от квалификации и опыта проектировщиков. Типичные примеры возможных решений при проектировании этих схем изображены на рисунке 22.

Напоры в участковых распределителях. Для поперечной схемы полива командование уровня воды в водоводах (участковых оросителях) над поверхностью земли прилежащего поля обеспечивается минимальной разностью отметок порядка 0,25—0,5. Первая цифра относится к водовыпускам из участкового распределителя на поле в виде открытых регуляторов, вторая — к автоматизированным трубчатым водовыпускам. Таким образом, на указанных схемах обеспечить необходимое командование нетрудно. Участковые распределители могут быть выполнены в виде бетонированных каналов, железобетонных лотков, укладываемых непосредственно на землю, а также в виде закрытых самонапорных трубопроводов без гасителей напора.

Сложнее обеспечить командование при продольных схемах поливов. Требуемый напор в таких схемах зави-

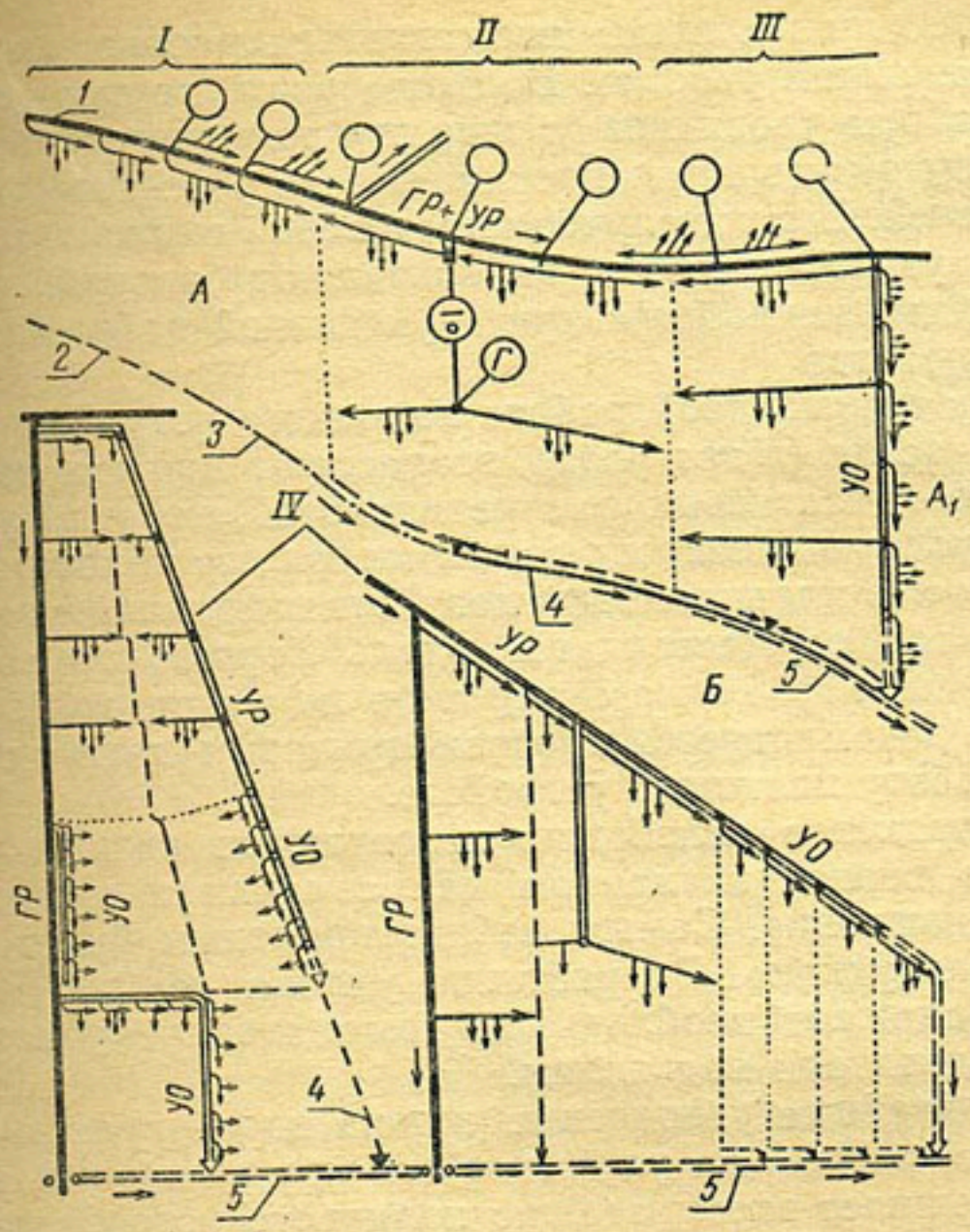


Рис. 22. Комбинированные поперечно-продольные схемы:

I, II и *III* — примеры комбинированных схем на коротких, средних и длинных склонах; *IV* — то же, на равнинах; *А* — поперечная схема; $А_1$ — элементы поперечной схемы; *Б* — продольные схемы; *ГР* и *УР* — групповой и участковый распределители; *УО* — участковый ороситель; *1* — водораздел; *2* — тальвег; *3* — сбросная канава; *4* — дрена; *5* — коллектор.

сит от стандартных расходов водовыпусков, от уклона поля в направлении, перпендикулярном к участковому распределителю, и от поливного устройства, применяемого для распределения воды между бороздами.

Стандартные расходы водовыпусков в разных условиях могут составлять 1, $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$, $^1/_8$ и $^1/_{16}$ часть стандартного расхода участкового распределителя, равного 200 л/с, что соответственно дает следующий ряд расчетных расходов водовыпусков: 200, 100, 67, 50, 25 и 12,5 л/с. Чем больше стандартный расход водовыпусков, тем больше должно быть командование участкового распределителя над полем. Расход водовыпуска определяется

при продольной схеме нормативным расходом в борозду и шириной участка. Большие расходы при двух тактах работы увеличивают ширину поливного участка, но сокращают удельную протяженность участковых распределителей. В этом случае значительно снижаются затраты на устройство сети, но возникают большие эксплуатационные неудобства при двухтактной работе поливного устройства.

При однотактной работе поливного устройства сужается участок (в два раза), возрастают затраты на строительство участковых распределителей, но зато упрощаются условия внедрения автоматизации полива. Учитывая, что в хлопкосеющих хозяйствах подавляющее число обработок осуществляется вдоль борозд, то есть ширина участка большого значения не имеет, для этих хозяйств рекомендуется предусматривать только однотактную работу поливных устройств.

В практике неизбежно встречаются разные уклоны поля в перпендикулярном направлении к участковому распределителю. Самым неблагоприятным будет случай нулевого уклона. Возрастание уклона до 0,0025 постепенно снижает необходимое командование участкового распределителя над полем.

Дальнейшее увеличение уклона вдоль трассы поливного устройства не улучшает его командование, а только осложняет эксплуатацию поливного устройства (трубопровода). Напоры в концевой части трубопровода начинают возрастать, ухудшая равномерность распределения воды. Полив из трубопроводов с нерегулируемыми отверстиями становится невозможным.

Необходимое командование зависит от материала и конструкций поливных трубопроводов. Чем больше сопротивление регулируемых водовыпусков в борозды (сложные водовыпуски), тем больше должен быть напор в голове трубопровода.

Результаты расчетов свидетельствуют о большом диапазоне необходимого командования в зависимости от конкретных условий. На основе этих расчетов участковые оросители рекомендуется делать в виде:

бетонированных каналов и железобетонных лотков, укладываемых на землю или земляную подушку (при необходимом напоре над полем до 0,7 м);

железобетонных лотков на опорах (при напоре от 0,7 до 1,25 м).

Предпочтение отдают первому варианту. Второй вариант приемлем для особых условий, когда поливать нужно только по коротким бороздам продольной схемой (поперечная схема невозможна). При больших уклонах вдоль участкового распределителя необходимое командование можно предусматривать не по всей трассе, а только в местах водовыпусков на поле (узел с перепадом).

Иногда в таких случаях целесообразнее применять закрытый водовод.

При напоре более 1,25 м полив осуществляют машинами типа ППА-165. В этом случае участковые оросители могут быть заглубленными и одновременно служить дренами, что вполне возможно и целесообразно для зоны малоуклонных и мелиоративно-неблагополучных земель в сочетании с поливами по третьей или четвертой схеме.

ПРИВЯЗКА СХЕМ ПОЛИВА

На основании приведенного выше описания возможных схем полива, их достоинств и недостатков в таблице 35 приведена привязка этих схем полива к типовым сочетаниям уклонов местности и водопроницаемости почвогрунтов по принятой в данной работе классификации.

Таблица 35. **Привязка схем полива к типовым сочетаниям уклонов местности и водопроницаемости почвогрунтов**

Уклоны	Индексы по уклонам	Индексы по водопроницаемости				
		А	Б	В	Г	Д
Для междурядий 0,6 м						
Более 0,02	I	1+5	1+5	1+5	1+5	1+5
0,02—0,0075	II	1	1	1	1	1
0,0075—0,0025	III	1	1	1	2	2
0,0025—0,001	IV	1	1	2+3+4	2+3+4	2+3+4
Менее 0,001	V	1	1	2+3+4	2+3+4	2+3+4
Для междурядий 0,9 м						
0,006—0,0025	IIIа	—	—	2	2	2
0,0025—0,001	IV	—	2+3+4	2+3+4	2+3+4	2+3+4
Менее 0,001	V	—	—	2+3+4	2+3+4	2+3+4

Примечание. Схемы поливов обозначены арабскими цифрами в той последовательности, в какой они перечислены выше по тексту.

Приведенные рекомендации нельзя принимать как абсолютно непреложные нормы проектирования. Природные условия очень разнообразны. В первую очередь имеется в виду рельеф и мезорельеф территории объекта, определяющие плановое положение внутрихозяйственной сети, а также наличие непереносимых элементов ситуации (дорог, поселков, границ, хозяйств, крупных коллекторов, ЛЭП и др.). На всей территории проектного хозяйства нельзя наметить такого расположения ирригационной сети, которое обеспечивало бы абсолютную реализацию в натуре вышеописанных схем полива. Упомянутые обстоятельства в большой мере обусловливают в конкретных условиях возможные длины участковых распределителей, длину и ширину поливных участков, длину поливных борозд. Поэтому при проектировании внутрихозяйственной сети задача состоит в том, чтобы наилучшим образом приблизиться к принципиальным схемам, а при проектировании технологии полива — к оптимальным сочетаниям элементов техники полива ($l_б$, q, t_1, t_2 и T) в зависимости от конкретных сочетаний уклонов и водопроницаемости почв в каждой части хозяйства.

На вновь осваиваемых землях широко будет применяться вторая (поперечная) схема полива с шириной междурядий 0,9 м.

Расчеты показали, что при поперечной схеме оптимальные длины борозд значительно повышаются по сравнению с продольными схемами в тех же условиях. Они даже превышают привычный предел (400 м), принимаемый в проектах по Голодной степи. Теория подсказывает, что при поперечных схемах можно значительно увеличить расстояния между участковыми распределителями, то есть уменьшить затраты. Однако надо учесть, что для автоматизации полива параллельно участковым распределителям должны располагаться поливные устройства в виде лотков с автоматическим водораспределением между бороздами. Поэтому при одностороннем командовании на трассе участкового распределителя будут расположены рядом два устройства, а при двухстороннем командовании даже три.

Участковый распределитель рекомендуется предусматривать в виде закрытых водоводов из армированных труб или бетонированных каналов с расходами 200 л/с и небольшим напором (0,3—0,4 м), а поливные устройст-

ва — в виде относительно коротких железобетонных лотков с расходами 25—50 л/с длиной, определяемой делением этих расходов на нормативный расход в борозду. Частное должно быть умножено на ширину междурядий. Лоток необходимо располагать рядом с бровкой бетонированного участкового распределителя.

Разрабатывая рекомендации по оптимальному сочетанию элементов техники полива для этой схемы, исходили из того, чтобы не поливать переменным расходом и одновременно не допускать сброса воды за пределы участка. Поэтому нормативная длина поливных борозд получилась весьма большой, и в ряде случаев ее нельзя будет выполнить из-за местных рельефных условий. В этом случае длину борозд можно несколько уменьшать, но одновременно надо сокращать и расход в борозду, иначе появится сброс с поля за пределы участка.

Сброс можно предотвратить, поливая переменным (уменьшающимся во времени) расходом. Можно также предусматривать перекачку воды из сбросов в близрасположенный оросительный канал для повторного использования. Эти приемы еще недостаточно изучены, требуют более высокой степени автоматизации полива или автоматизированных насосных станций. Рекомендуется осуществлять их в порядке экспериментального строительства.

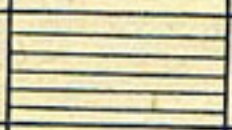
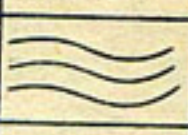
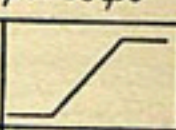
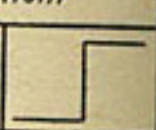
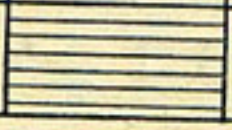
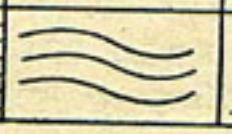
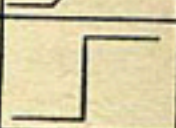
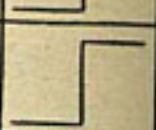
Для более точной оценки водопроницаемости почвогрунтов в стадии рабочего проектирования необходимо иметь почвенную карту масштаба 1 : 10 000 с описанием механического состава почв и подстилающих грунтов, с материалами опытов по наблюдениям за водопроницаемостью и параметрами к формуле впитывания. При определении параметров впитывания на богарных делянках необходимо малую естественную влажность их почв предварительным поливом довести до 0,65—0,70 ППВ.

Необходимые для этого почвенные исследования должны быть включены в обязательный перечень мелиоративных исследований и выполняться своевременно до составления рабочих чертежей.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ОРОШЕНИЯ В ПРЕДГОРНОЙ ЗОНЕ

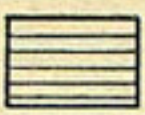
При проектировании орошения в условиях предгорий территорию следует районировать не только по уклонам и водопроницаемости почв, но и по сложности рельефа.

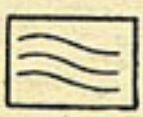
Таблица 36. **Классификация земель предгорий по рельефам и уклонам и привязка отдельных видов поверхностиого полива**

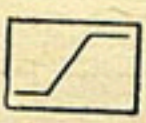
Рельеф	Основная классификация	Дополнительная классификация			
		I-2. Зона средних предгорных склонов	I-3. Зона крутых склонов		
	I-1. Зона очень больших уклонов		подзона а	подзона б	подзона в
	0,025-0,05	0,05-0,1	0,1-0,2	0,2-0,3	более 0,3
Простой (слабоволнистый)			Таких уклонов на данном рельефе нет		
Средней сложности					
Сложный					

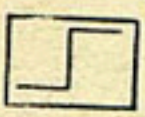
Примечания.

— Полив по бороздам по максимальному уклону; применяется обычная система сельскохозяйственных машин в хлопководстве;

 — Полив по бороздам с уположенным уклоном, близким к горизонталям; обычная система машин хлопководства;

 — Полив по контурным бороздам; желательно внедрение специальной (горной) системы сельскохозяйственных машин;

 — Террасирование с устройством земляных валиков и сопрягающих крутых наклонных плоскостей; горная система сельскохозяйственных машин;

 — Террасирование с устройством подпорных контрфорсных стенок; горная система сельскохозяйственных машин.

Для этой зоны предлагается следующая классификация рельефа:

слабоволнистый рельеф — местность расчленена относительно неглубокими тальвегами со спокойными покатостями;

рельеф средней сложности — местность расчленена тальвегами и водоразделами с сильно выраженным волнистым строением;

сложный рельеф — местность сильно расчленена оврагами или западинами с крутыми склонами; сильноволнистые покатые склоны относительно узких горных долин, а также сильноволнистые склоны с увалами и отдельными холмами (адырные рельефы).

Предлагается также более детальная градация уклонов для зоны I. Получаемая таксономическая схема с указанием дополнительных индексов изображена в таблице 36.

Опыт возделывания хлопчатника в предгорной зоне показывает, что его можно выращивать на рельефах с уклонами до 0,1 и даже несколько более, проводя полив по максимальным уклонам. Нормативы, приведенные в таблице 10, рассчитаны на максимально допустимый уклон 0,05. На основе опыта освоения адырных земель Ферганской долины составлены временные рекомендации по технике бороздкового полива для полей с уклонами от 0,05 до 0,1 (табл. 37).

Таблица 37. **Временные рекомендации по технике бороздкового полива для полей с уклонами от 0,05 до 0,1**

Длина поливных борозд, м	Расход в борозду, л/с	Время полива, ч			Теоретическая поливная норма, м³/га		Теоретический к. п. д. техники полива
		добегания	доливания	всего	брутто	нетто	
Почвы повышенной водопроницаемости (А, Б)							
60	0,075	8	7,4	15,4	1150	750	0,65
Почвы средневодопроницаемые (В)							
100	0,075	8	20,6	28,6	1290	900	0,70
Почвы пониженной водопроницаемости (Г, Д)							
125	0,05	20	44	64	1540	1000	0,65

При освоении земель под хлопчатник с уклонами от 0,1 до 0,2 (такая тенденция имеется) борозды следует

направлять не по наибольшему уклону, а намечать их наискось к горизонталям. В этих случаях, учитывая направления борозд и получаемые уклоны, элементы техники полива для каждого поля назначают по рекомендациям таблицы 10, уменьшая длину борозд и расходы в них на 20—25%.

При возделывании винограда, плодовых культур и пропашных (за исключением хлопчатника) с междурядьями 0,9 м и более на участках с уклоном 0,1 и круче лучше перейти на контурную систему земледелия.

При дальнейшем увеличении крутизны следует переходить на террассирование с большим объемом земляных работ. Хотя микрорельеф предгорной зоны хороший, капитальные планировки все равно необходимы. Планировки с большими срезками и насыпками нужны для упорядочения территории, более удобного хозяйствования на ней, повышения коэффициента земельного использования.

Освоенные предгорья по климатическим условиям приближаются к курортным зонам, поэтому важно обеспечить высокоэффективное использование этих земель и охранять их от ирригационной и водной эрозии устройством террас. Конечно, на маломощных землях террасирование невозможно. Эти земли надо осваивать введением контурной системы земледелия.

Оросительная сеть в зоне предгорий должна быть закрытой. Понятие о стандартных расходах в 200 л/с к этой зоне не относится. Расчетные расходы трубопроводов в данной зоне зависят от площади водовода и составляют в среднем 50—70 л/с. Орошение на почвогрунтах А, Б, В (по баллам водопроницаемости) лучше проводить дождеванием из стационарных систем. Во избежание поверхностного стока на типичных и темных сероземных почвах в предгорьях следует осуществлять мелкокапельное дождевание с меньшей интенсивностью дождя по сравнению с нормативами для долин.

Однако опыт орошения в предгорьях свидетельствует, что в этой зоне также успешно применим и поверхностный способ. Аккуратный и тщательный полив небольшими струями — основное средство предотвращения ирригационной эрозии. Закрытая система с часто расставленными гидрантами и стационарные поливные трубопроводы и лотки намного облегчают проведение поверхностного полива в предгорьях.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА

ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ОЦЕНКА ПОЛИВНЫХ УСТРОЙСТВ

Теоретические основы рациональной технологии полива были изложены выше. Однако этими положениями теоретический базис, необходимый для проектирования поливных устройств и конструирования машин, не исчерпывается. Особое значение в этом отношении имеет раздел гидравлики, изучающий закономерности движения переменной (вдоль потока) массы.

Основное требование к поливным устройствам заключается в том, чтобы они обеспечивали равномерное распределение воды между бороздами и полную автоматизацию этого процесса.

При автоматизации полива максимально допустимое отклонение от среднего (нормированного) расхода в борозде должно быть $\pm 10\%$, а среднеквадратичное отклонение — $\pm 5\%$.

В настоящее время эти отклонения при поливе по шлангам составляют от ± 15 до $\pm 30\%$ и считаются в хозяйствах допустимыми, так как при ручном регулировании они еще больше. Кроме того, регулирование с помощью оголовков борозд из дерна или бумажных салфеток требует времени значительно больше.

Равномерность распределения воды по фронту полива зависит от гидравлического режима поливных устройств. Можно различать следующие схемы устройств, автоматизирующих полив (рис. 23).

Схема 1. Открытый лоток с постоянным уклоном дна имеет отверстия или насадки одинаковых диаметров, расположенные параллельно свободной поверхности воды в лотке.

Схема 2. Открытый лоток имеет отверстия или насадки, расположенные на одной высоте от дна, которое устроено с переменным уклоном по длине для обеспечения $h = \text{const}$ вдоль потока.

Схема 3. Открытый лоток с постоянным положительным или нулевым уклоном дна имеет отверстия или насадки, расположенные на одном уровне относительно дна. Однако отверстия или насадки имеют различные ди-

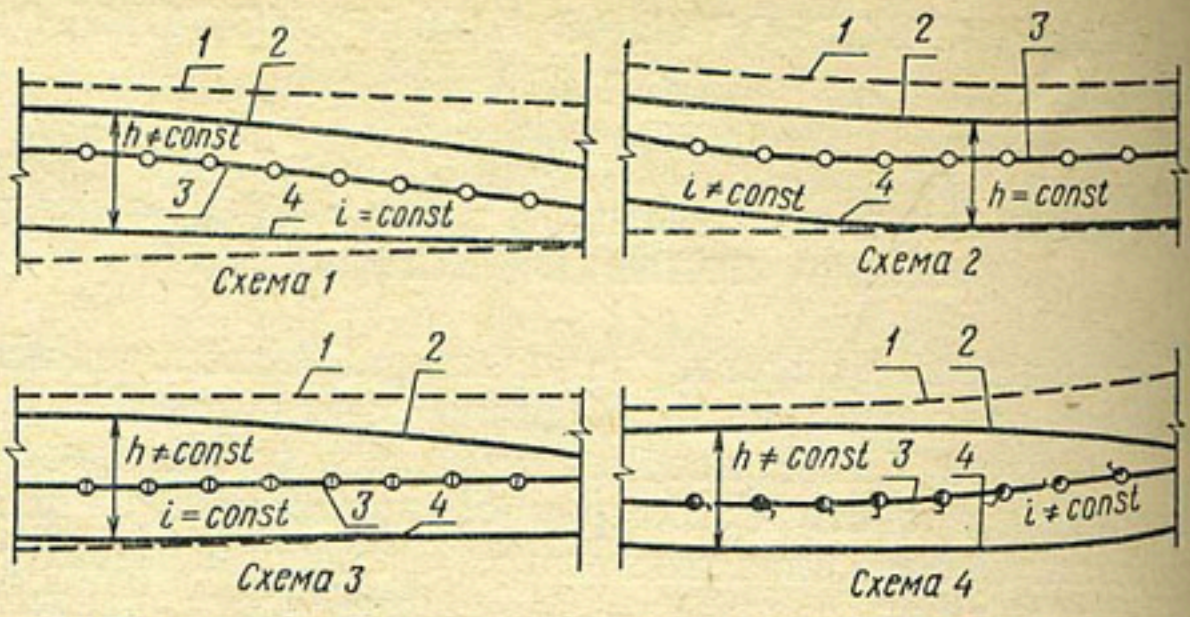


Рис. 23. Возможные схемы устройств, автоматизирующих полив (по гидравлическим режимам):

1 — бровка лотка; *2* — свободная поверхность воды; *3* — ось центра водовыпусков; *4* — дно лотка.

аметры или меняющиеся коэффициенты расходов за счет различных сопротивлений.

Схема 4. Открытый лоток с любым приемлемым для данного поля уклоном (постоянным, переменным) имеет водовыпуски-регуляторы, которые тарируют один раз на весь период эксплуатации, а регулируют каждый раз в начале полива.

Каждая из указанных схем может быть осуществлена в виде отдельного лотка с глухой перемычкой в конце или при благоприятных условиях (достаточных уклонах поля) в виде секций длинного каскадного лотка. Секции каскада отделяются небольшими перепадами с затворами. Уровень воды в каждой секции при пропуске воды в нижнюю секцию, то есть при транзитном режиме, должен находиться ниже водовыпусков в борозды.

Теоретические основы движения жидкости переменной массы наиболее подробно разработаны Г. А. Петровым.

Уравнение Г. А. Петрова, полученное им из условия непрерывной раздачи по длине водовода, имеет вид:

$$d\left(\frac{\alpha_0 v^2}{2g}\right)+dh+dz+i_F dx+\frac{\alpha_0(v-\Theta)v}{g}\frac{dQ}{Q}=0, \quad (37)$$

где α_0 — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения скорости по живому сечению; v — средняя скорость; h — глубина; z — отметка дна; i_F — уклон сил трения,

$$i_F=\frac{Q^2}{\omega^2 C^2 R};$$

ω — площадь живого сечения; R — гидравлический радиус; C — коэффициент Шези; Θ — проекция скорости отделяющегося расхода на направлении скорости основного потока; Q — расход потока.

По рекомендации Г. А. Петрова α_0 принимается равным 1,035; угол отделения массы (расхода) по отношению к основному потоку обычно составляет 90°, поэтому $\Theta=0$, а последний член левой части уравнения (37) при этом условии записывается в виде:

$$\frac{\alpha_0(v-\Theta)v}{g}\cdot\frac{dQ}{Q}=\frac{\alpha_0 v}{g\omega}dQ. \qquad (38)$$

Уравнение (37) без дополнительных математических связей между входящими в него параметрами (неизвестными) не решается. При проектировании его решают приближенным интегрированием, ведя расчет от сечения к сечению, расположенных на достаточно близком расстоянии Δx одно от другого.

Для проектирования используется следующее расчетное уравнение:

$$\Delta h=\frac{Q^2_{ср}\Delta x}{\omega^2_{ср}C^2_{ср}R_{ср}}+\frac{\alpha_0(v_2^2-v_1^2)}{2g}-\Delta z+\frac{\alpha_0(Q_2^2-Q_1^2)}{2g\omega^2_{ср}}, \qquad (39)$$

где Δh — разность глубин в расчетных сечениях, или разность напоров (для трубопроводов); Δx — длина отрезков между расчетными сечениями; Δz — разность отметок дна, которая при постоянном уклоне дна равна $\Delta z=i\Delta x$; остальные обозначения прежние.

Точность гидравлического расчета по формуле (39) зависит от числа (длины) расчетных отрезков Δx. По этой формуле можно рассчитывать лотки для всех четырех вышеперечисленных схем. В то же время для схемы 2 уравнение (37) легко интегрируется, то есть получается простая расчетная формула $z=f(x)$.

Исходная расчетная схема показана на рисунке 24. Запас удельной энергии в сечении 1—1 (нижнем), соответствующий уровню $Э_{1-1}$, равен

$$Э_1=z_1+h_1+\frac{v^2}{2g}.$$

Чтобы получить задаваемый режим потока, то есть определить необходимое превышение дна dz в сечении 2—2 (верхнем), необходимо уровень $Э_{1-1}$ довести до уровня $Э_{2-2}$, то есть прибавить:

энергию на возрастание скоростного напора

$$d\left(\frac{\alpha_0 v^2}{2g}\right);$$

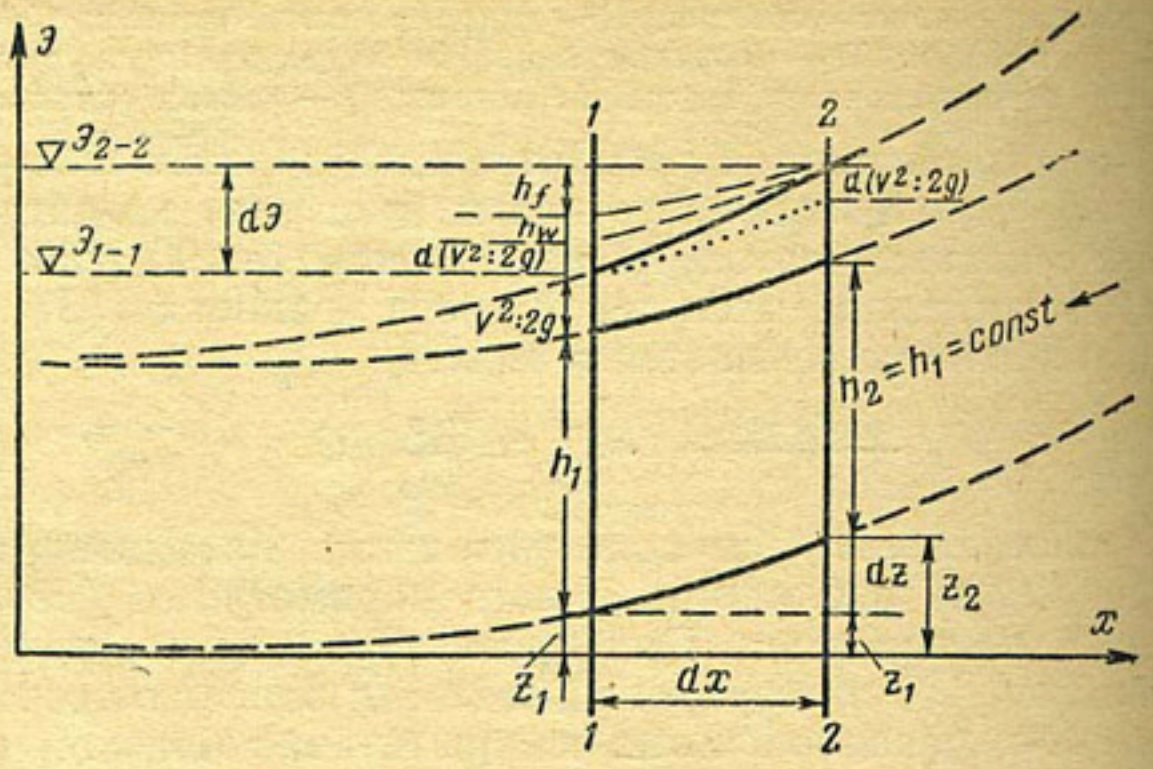


Рис. 24. Схема к выводу расчетной формулы (41) и (42).

потери энергии на отделение массы h_w, причем, согласно уравнению (38), при $\Theta=0$

$$h_w=\frac{\alpha_0 v}{g\omega}\,dQ;$$

потери энергии на трение

$$h_F=\frac{Q^2}{\omega^2C^2R}\,dx.$$

Тогда, согласно уравнению Бернулли, с корректирующим членом h_w, предлагаемым Г. А. Петровым, который приводит ординаты чертежа в сечениях к единому масштабу, можно записать:

$$z_1+h_1+\frac{\alpha_0 v_1^2}{2g}+d\left(\frac{\alpha_0 v^2}{2g}\right)+\frac{\alpha_0 v}{g\omega}\,dQ+\frac{Q^2}{\omega^2C^2R}\,dx=z+dz+h_1+$$

$$+\frac{\alpha_0 v_1^2}{2g}+d\left(\frac{\alpha_0 v^2}{2g}\right).$$

После сокращений и переносов уравнение упрощается

$$dz=\frac{Q^2}{\omega^2C^2R}\,dx+\frac{\alpha_0 v}{g\omega}\,dQ. \qquad (40)$$

Для нашего частного случая, то есть для расчета гидравлического режима по схеме 2: $h=\text{const}$, $\omega=\text{const}$,

$$Q=qx,\ dq=qdx,\ v=\frac{Q}{\omega}=\frac{qx}{\omega},\quad \frac{vdQ}{g\omega}=\frac{q^2x}{g\omega^2}dx,$$

$$dz=\frac{q^2}{\omega^2C^2R}x^2dx+\frac{\alpha_0q^2}{g\omega^2}xdx.$$

После итегрирования

$$z=\frac{q^2}{3\omega^2C^2R}x^3+\frac{\alpha_0q^2}{2g\omega^2}x^2+C', \qquad (41)$$

так как при $x=0$, $z_0=0$, $C'=0$ (постоянная интегрирования).

Полученное уравнение $z=f(x)$ не является уравнением линии удельной энергии $\Im=f(x)$ для неравномерного режима при постоянном расходе

$$\Im(x)=z(x)+\frac{v_x^2}{2g}+h(x). \qquad (42)$$

С учетом формулы (41) уравнение $\Im(x)$ для лотка автоматического полива при $h=\text{const}$ имеет вид:

$$\Im(x)=\frac{q^2}{3\omega^2C^2R}x^3+\frac{\alpha_0q^2}{2g\omega^2}x^2+h. \qquad (43)$$

В знаменателе второго члена правой части отсутствует двойка, что указывает на дополнительные затраты энергии на отделение расхода (массы) по пути.

Уравнение (41) имеет существенный недостаток. Поскольку для заданного гидравлического режима наполнение лотка и гидравлический радиус постоянны вдоль потока, то и коэффициент Шези C, зависящий от R и n, считается постоянным. Однако известно, что коэффициент C зависит также и от числа Рейнольдса (Re), то есть скорости и кинематической вязкости. Если вязкость можно считать постоянной, то скорость в лотках существенно меняется вдоль пути, то есть коэффициент C является функцией x.

Для расчета лотков, монтируемых из параболических железобетонных секций индустриального изготовления,

$$C=f(\text{Re})=f(v)=f\left(\frac{q}{\omega}x\right)$$

рекомендуется определять, основываясь на эмпирическом соотношении ЮжНИИГиМ, полученным в результате полевых гидравлических исследований подобных лотков:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda(1{,}74-0{,}63\mathrm{Re}\cdot 10^{-6})}} =$$

$$=8{,}39\lg[0{,}19\mathrm{Re}\sqrt{\lambda(1{,}74-0{,}63\mathrm{Re}\cdot 10^{-6}}]-30{,}63. \qquad (44)$$

Для наших расчетов сложное соотношение ЮжНИИГиМ (44) с точностью $\pm 3\%$ можно заменить более простой для интегрирования зависимостью:

$$\lambda=\frac{0{,}0035}{v^{1{,}5}}+0{,}019. \qquad (45)$$

Так как

$$C=\sqrt{\frac{8g}{\lambda}},\ \text{а}\ \frac{1}{C^2}=\frac{\lambda}{8g},$$

то получаем

$$\frac{1}{C^2}=\frac{0{,}0000446}{v^{1{,}5}}+0{,}000245.$$

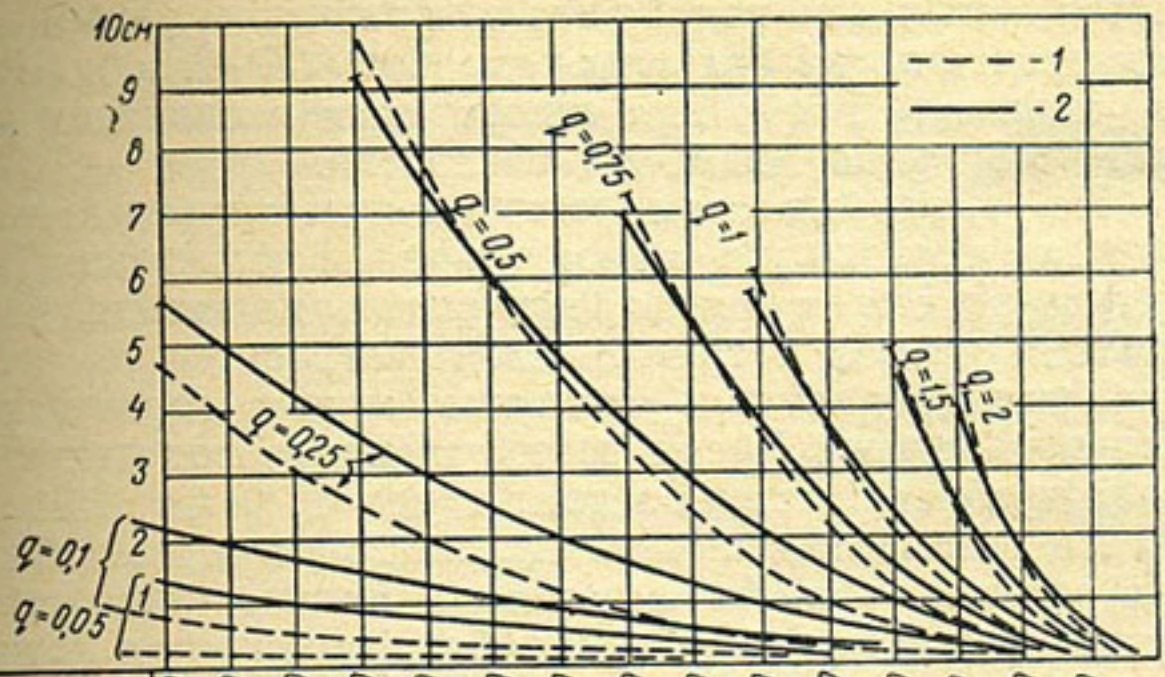
Расчетная формула (41) заменяется более точной с учетом изменения коэффициента C вдоль потока:

$$z=\frac{\alpha q^2}{2g\omega^2}x^2+\frac{0{,}0000297q^{1/2}}{^1/_2R}x^{3/2}+\frac{0{,}0000807q^2}{\omega^2R}x^3. \qquad (46)$$

На рисунке 25 показаны продольные профили дна лотка автоматического полива, смонтированного из лотков ЛР-60 при наполнении $h=0{,}5$ м.

Получаемые профили дна существенно различны по характеру начертания и отметкам. Особенно велики различия для лотков с малыми расходами. Формула (46) точнее учитывает гидравлику потока с переменным расходом. Для коротких лотков, вернее для лотков с головным расходом менее 100 л/с, то есть при относительно малых расходах и скоростях, потери по пути не превышают 1—2 см. Устанавливается почти горизонтальная свободная поверхность. Поэтому такие лотки можно не рассчитывать, а назначать поперечное сечение в начале лотка конструктивно из условия $v_0\leqslant 0{,}3$ м/с. Короткие лотки применимы для поперечных схем полива (второй и четвертой).

Точность гидравлических расчетов зависит от надежности исходных параметров (коэффициентов λ или n, коэффициента расхода водовыпусков μ). Поэтому перед



Расстояние, м	Расходы в борозду, л/с: 0,05	0,1	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0
	Условные отметки дна (за нуль принята отметка дна в конце лотка), см							
300	1,3	2,5	5,7	—	—	—	—	—
280	1,2	1,9	4,0	—	—	—	—	—
260	1,1	1,7	4,2	—	—	—	—	—
240	0,9	1,5	3,6	9,1	—	—	—	—
220	0,8	1,3	3,0	7,4	—	—	—	—
200	0,7	1,1	2,4	6,0	—	—	—	—
180	0,6	0,9	2,0	4,8	—	—	—	—
160	0,5	0,7	1,6	3,7	6,0	—	—	—
140	0,4	0,6	1,3	2,8	5,2	—	—	—
120	0,3	0,4	1,0	2,1	3,7	5,8	—	—
100	0	0,3	0,7	1,4	2,5	3,8	—	—
80	0	0,2	0,5	0,9	1,6	2,4	4,6	—
60	0	0	0,3	0,6	0,9	1,3	2,5	4,0
40	0	0	0,1	0,3	0,4	0,6	1,1	1,7
20	0	0	0	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4
0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 25. Продольные профили дна лотков автоматического полива при разных расходах в борозды:

1 — рассчитаны по формуле (41) при $C=\text{const}=46{,}9$ (по Агроскину) и $n=0{,}017$,
2 — рассчитаны по формуле (46) при $C=15$ (в конце лотка) и $C=56$ (в начале лотка).

массовым внедрением важно провести в достаточном объеме гидравлические исследования на экспериментальных лотках. Кроме точности расчета, то есть наличия надежных λ, n и μ, необходимо соблюдать высокую точность выполнения проектных отметок при монтаже лотка на трассе.

Несколько выше требования будут к лоткам, которые одновременно подают воду на полив и пропускают ее транзитом в нижележащие секции этого же лотка. Когда поднята концевая перемычка и на пороге перепада устанавливается критическая глубина, уровень воды в лотке должен быть ниже водовыпусков в борозду. Чтобы

обеспечить такое положение в транзитном режиме, надо применять лотки больших размеров (ЛР-80 или ЛР-100) и уменьшать напор над отверстиями в поливном режиме, увеличивая диаметры отверстий.

Из указанных схем лотков автоматического полива лучшую технологию имеют вторая и четвертая. Секции лотков этих схем можно изготовлять на заводе. К недостаткам первой и третьей схемы относится то, что при транспортировании и монтаже можно перепутать отдельные секции. Кроме того, установка водовыпусков в поле требует больших затрат труда.

По эксплуатационным достоинствам первые три схемы равнозначны. Автоматизация полива четвертой схемы достигается только при разовой тарировке лотка перед пуском в эксплуатацию.

Стационарные поливные трубопроводы (подземные и наземные) лучше всего проектировать по второй схеме, если это позволяет уклон поля.

Переносные поливные трубопроводы (полужесткие и гибкие шланги) обычно работают по четвертой схеме. Такие поливные трубопроводы нельзя считать средством полной автоматизации или механизации полива. Поливальщик тратит время на регулировку воды по бороздам и практически не достигает желательной равномерности распределения воды между бороздами. Погрешность должна составлять $\pm 10\%$ среднего расхода. В производственных условиях отклонения обычно равны 30—40%. Работу поливальщика облегчает наличие водовыпусков-регуляторов.

ЛОТКИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПОЛИВА

Эти устройства могут идеально автоматизировать полив в условиях, где возможны достаточно длинные борозды.

Вопросами гидравлической автоматики водораспределения между бороздами занимались Южгипроводхоз, ЮжНИИГиМ, Институт автоматики АНКиргССР, САИМЭ, ВНИИКАМ и др.

Хорошие результаты в теоретической разработке и в практическом применении способов автоматизации полива с помощью лотков получила Л. Г. Щурова. Она в 1967 г. в лаборатории орошения САИМЭ провела исследования гидравлики переменной массы с вариантами по

расходам и уклонам на модели лотка параболического сечения длиной 16 м (масштаб 1 : 10).

На хлопковых полях САИМЭ было построено четыре лотка для гидравлических исследований при поливе 32 гектаров хлопчатника.

Результаты трехлетних полевых гидравлических и других исследований позволили сделать следующие выводы:

предложенные и исследованные конструкции поливных лотков обеспечивают хорошую равномерность водораспределения по бороздам, отклонения от среднего расхода составляют ±10%;

допустимые отклонения от равномерного водораспределения сохраняются и при изменении головного расхода в пределах 0,65—1,5 от расчетного;

равномерное распределение воды из лотков по полю обеспечивает лучшее качество полива и снижение поливных норм на 10—12% по сравнению с поливами вручную на соседних контрольных полях;

поливные лотки позволяют значительно облегчить труд поливальщика, сократить затраты труда на полив и повысить производительность труда в 3 раза за счет увеличения рабочего расхода, которым оперирует поливальщик;

общий экономический эффект от замены временной оросительной сети поливными лотками составляет 54 руб/га в год, затраты полностью окупаются за 4,5 года эксплуатации;

лотки целесообразно устраивать на расход 200 л/с; диаметры водовыпусков должны быть 0,02—0,05 м, при меньших диаметрах увеличивается засоряемость водовыпусков; длина насадок водовыпусков допускается не более пяти диаметров; отметки водовыпусков не должны превышать уровня поля более чем на 30 см из условий неразмываемости оголовков борозд;

поливные лотки целесообразно применять на почвах средней и пониженной водопроницаемости, позволяющей проводить полив по достаточно длинным бороздам (не менее 300—400 м). Наиболее благоприятными для работы поливных лотков являются уклоны 0,001—0,003 и наиболее приемлемыми будут поперечные схемы полива.

Поливные лотки, особенно каскадного типа, можно применять не только на равнинах, но и на всхолмленных рельефах. Б. Ф. Камбаров в 1966 г. на косогорном поле

НИСТО САНИИРИ построил лоток длиной 70 м для деления воды на 116 борозд. Уклон земли по трассе равен 0,015, лоток же поставлен горизонтально и сопрягается с оголовками поливных борозд при разности отметок от 5 (в начале) до 100 см (в конце) короткими наклонными плоскостями, закрепленными от размыва. Поливные отверстия расположены близко к урезу воды, чтобы при транзитном режиме вода не изливалась через них.

Лоток сооружен из железобетонных секций. Расчеты, в которых была использована формула Г. А. Петрова, показали, что при такой ограниченной длине существенного уклона свободной поверхности не будет. Разность отметок составляет всего 6—7 мм, поэтому-то лоток был поставлен горизонтально. Точность монтажа трубок-насадок по вертикали равна ±3 мм. Это позволило добиться почти равномерной раздачи воды (отклонения ±5%).

Лабораторией строительных материалов и деталей САНИИРИ предложены поливные лотки треугольного поперечного сечения с облицовкой из тонкостенных бетонных плит-пакетов. При изготовлении на заводе в такой бетонной плите через каждые 60 см оставляют отверстия, в которые при монтаже вставляют специальные вкладыши с рабочим отверстием для выпуска воды. В процессе монтажа можно менять высотное положение вкладыша. Гидравлические и эксплуатационные испытания таких лотков еще не проводились. В случае их приемлемости они будут дешевле стандартных параболических лотков.

Детали конструкций и материалы лотков автоматизированного полива могут быть разными. Небольшая стоимость и стандартизация будут способствовать успешному внедрению. Подобные устройства были в колхозах уже 15 лет назад. Поливными лотками служили земляные канавы, а водовыпусками — жестяные поливные трубки, заложенные в дамбочках.

Недостаток данных лотков автоматического полива заключается в том, что невозможно менять расходы в бороздах и в начале лотка более чем в 1,5 раза без нарушения гидравлического режима, от которого зависит равномерность распределения. А в производстве такая необходимость может возникать. Так, в первый год освоения и в последующие годы полив люцерны и хлопчатника требует разных расходов. Для полива люцерны

можно дополнительно к стандартным водовыпускам устраивать более крупные водовыпуски-люки. Полив сниженными расходами или переменными расходами можно вести с помощью кольцевых вставок в отверстиях.

Несмотря на этот недостаток, можно предположить, что лотки автоматического полива найдут широкое применение как в долинах, так и в предгорьях. Даже при продольных схемах полива, если эти устройства использовать только на верхней половине или на третьей части участка, то задача автоматизации полива на этом поле будет уже решена на 50 или 30%.

СТАЦИОНАРНЫЕ (ЗАКРЫТЫЕ) ТРУБОПРОВОДЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ПОЛИВА

Закрытые поливные трубопроводы требуют бóльшего напора (более 3,5—4 м), чем лотки автоматизированного полива. Поэтому подводящая сеть к полям должна быть также из закрытых водоводов (трубы под землей).

Как правило, до хозяйства и внутри хозяйства до распределителей с расходами 150—200 л/с вода транспортируется открытыми бетонированными каналами, лотками или каналами с другими антифильтрационными покрытиями. Участковые распределители желательно постепенно заменять трубами. Такие системы в отличие от закрытых систем с машинным водоподъемом от насосных станций иногда называют самонапорными закрытыми системами.

Самонапорные системы применимы на уклонах от 0,0025 и более. В первую очередь их строят там, где большие уклоны и сложные рельефы (см. табл. 1). На уклонах менее 0,0025 стоимость трубопроводов резко возрастает, потому что увеличиваются их диаметры (до 0,5 м) или возрастает их удельная протяженность.

Проектирование, строительство и эксплуатация распределительных трубопроводов хорошо известны. Основные вопросы возникают при работе с поливными трубопроводами, которые при продольной схеме полива должны автоматически и равномерно распределять воду не с краю, а в середине поля и одновременно не мешать движению машинно-тракторных агрегатов.

Для пропашных культур поливной закрытый трубопровод должен иметь отверстия, расположенные в соот-

ветствии с шириной междурядий, а для других культур отверстия заменяют часто расставленными гидрантами (водовыпусками), в зависимости от конкретных требований.

Закрытые распределительные трубопроводы в предгорной зоне Средней Азии получили достаточно широкое распространение, а закрытые поливные трубопроводы применяют пока только экспериментальные. Опыты начаты относительно недавно. Уже выявлены существенные преимущества закрытых поливных трубопроводов по сравнению не только с обычным поливом, но и с поливом гибкими шлангами. Однако недостаточно изучены многолетние эксплуатационные показатели и надежность работы поливных трубопроводов.

Система, предложенная МГМИ (И. А. Шаров, Г. Ю. Шейнкин и др.), компонуется по продольной схеме. Участковые распределители выполнены в виде транспортирующих подземных трубопроводов диаметром 25—35 см. От попадания в систему излишних наносов и мелкого мусора в голове системы необходимы отстойники и сороулавливающие решетки. От транспортирующего трубопровода с помощью задвижек «Лудло» под углом 90° отходят стационарные закрытые поливные трубопроводы, которые укладывают в землю на глубину 25—30 см. Испытания были проведены на трубопроводах длиной 250—400 м, с переменным диаметром по длине. В конце устроена дроссельная задвижка-промывник для очистки трубопровода после каждого полива от наносов и сброса пульпы в специальную канаву.

По длине трубопровода через 60 см просверлены отверстия с переменным диаметром. Наибольший диаметр в конце трубопровода должен быть не более 4 мм. Напор в голове трубопровода превышает 4 м, а по длине трубопровода меняется в зависимости от рельефа и потерь на трение. Над отверстиями устроен обратный фильтр, как правило, из мелкогравийной отсыпки.

Благодаря напору вода из трубы через отверстия преодолевает фильтр и слой грунта в 20—25 см и в виде родников поступает в борозды, образуя маленькие воронки размыва.

Система приспособлена к условиям полива, требующим небольшие нормативные расходы в борозду и относительно короткие борозды.

Достоинства системы:

равномерность водораспределения лучше, чем при ручном поливе и поливе по шлангам;

очистка трубопроводов от наносов проще;

производительность труда на поливе увеличивается в 2—3 раза;

производительность механизмов на обработках посевов повышается на 15—20%;

к. з. и. увеличивается на 4—5%.

Недостатки системы:

воронки, образованные во время полива, иногда сливаются и нарушается правильное водораспределение; кроме того, после полива воронки мешают движению машинно-тракторных агрегатов;

отверстия засоряются изнутри и снаружи, поэтому необходим постоянный надзор в процессе полива и ручная прочистка отверстий;

не решен вопрос полива люцерны, требующего бо́льших удельных расходов, чем полив хлопчатника.

Исследованиями Таджикской экспедиции НИС МГМИ было установлено, что такие системы повышают урожайность хлопчатника на 10—15%. Срок окупаемости капитальных затрат составляет 2—3 года.

Система, предложенная Л. А. Валентини, Р. М. Авербух и И. В. Вырлевым, в отличие от вышеописанной конструкции поливного трубопровода имеет не отверстия, а штуцера, на которые надевают короткие отрезки гибких полиэтиленовых трубок. Это делают перед первым поливом при пробном пуске воды в закрытый трубопровод. Рабочий рукой продавливает насыщенный водой слой засыпки, нащупывает штуцер и надевает на него конец гофрированного шланга, ось которого совмещают с осью ряда. Наружный конец шланга имеет два отростка (двойник), через которые вода подается в две соседние борозды.

Шланги на установленных местах сохраняют до осени, так как они не препятствуют междурядным обработкам, а затем убирают, чтобы не мешать пахоте.

Гидравлический режим этой конструкции более устойчив, поэтому эксплуатация ее надежнее.

Самонапорные закрытые системы с выводом воды на поверхность через постоянные водовыпуски являются наиболее рациональными системами для полива многолетних рядовых культур (плодовые, виноград и другие) по бороздам.

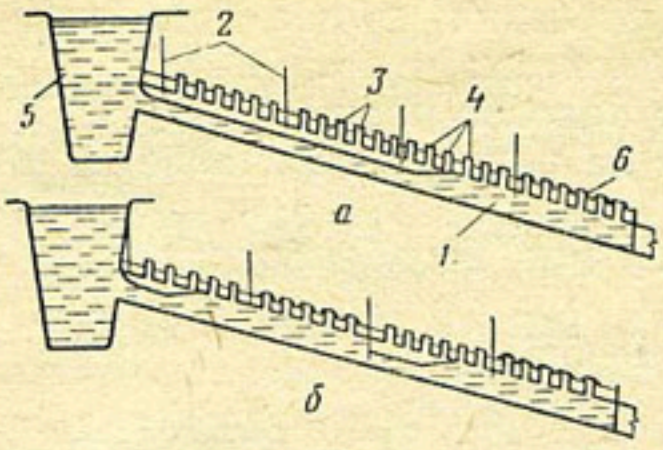


Рис. 26. Схема устройства и работы распределительно-поливного трубопровода:

а — распределение воды в борозды при закрытии одной из задвижек; *б* — распределение воды в борозды через две группы поливных отверстий одновременно; *1* — распределительно-поливной трубопровод; *2* — перегораживающие задвижки; *3* — поливные отверстия; *4* — патрубки над отверстиями; *5* — канал или лоток; *6* — излив воды из патрубков.

Кроме того, их можно применять для полива по полосам и по затапливаемым бороздам, подавая воду в группу борозд. В этом случае на поливном закрытом трубопроводе через 2—3 м по осям рядов растений устраивают водовыпуски. Для полива по полосам расстояние между водовыпусками может быть увеличено до 8—10 м, но рабочие расходы водовыпусков будут достаточно большими, поэтому потребуются специальные устройства для гашения напора и защита от размыва мест излива.

Самонапорные закрытые системы при наличии необходимого количества труб могут быть осуществлены как для продольных, так и для поперечных схем полива любых модификаций.

Из рассматриваемого типа систем с точки зрения автоматизации полива особый интерес представляет система МГМИ (Сурин, 1974), схема которой изображена на рисунке 26.

Заложенная в землю труба имеет задвижки, разделяющие ее на бьефы (участки одновременного полива) и отверстия-насадки для выпуска воды немного выше поверхности земли в междурядья виноградника, сада или пропашных культур. Такая труба выполняет роль как распределительного, так и поливного трубопровода одновременно. Особенностью гидравлического режима трубопровода является то, что при транзитном пропуске воды в трубе обеспечивается безнапорное движение воды. Закрытие задвижки создает подпор и излив воды только на длине до вышерасположенной задвижки.

Многолетние испытания закрытых систем такого типа, проведенные на площади около 1000 га Самгорского массива в северном Таджикистане, показали их высокую технико-экономическую эффективность.

Поливные трубопроводы с предварительно отрегулированным гидравлическ-

ким режимом предусматривают работу при четвертом гидравлическом режиме и предназначены для полива в предгорной зоне. Для исследования такого трубопровода на одном из косогорных полей НИИСТО САНИИРИ были заложены две асбестоцементные трубы на глубину 45 см с переменным уклоном (0,03—0,038). Длина труб составляла 70 м, диаметр — 141 мм. В отверстия, просверленные через 1, 2 м в шахматном порядке, были вставлены водовыпуски с регулирующим винтом. На водовыпуски надевали полиэтиленовые трубки диаметром 1,5 см и длиной 65—70 см для вывода воды на поверхности. Перед эксплуатацией, то есть до засыпки траншеи, вся система (каждый водовыпуск) была отрегулирована на нормированный расход в борозду, равный 0,1 л/с, методом попыток. Максимальные отклонения расходов водовыпусков от среднего расхода составляли ±0,02 л/с, или ±20%, то есть была обеспечена достаточная равномерность распределения воды по фронту полива.

ПЕРЕНОСНЫЕ ГИБКИЕ ПОЛИВНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

Поливные трубопроводы делают из технической капроновой ткани диаметрами 145, 200, 350, 420 и 460 мм. Длина их составляет 100—120 м. Пропускная способность трубопроводов в зависимости от диаметров и напоров меняется от 30 до 300 л/с.

В поливные трубопроводы через 0,6 или 0,9 м вставляют водовыпуски-регуляторы *. Поливные трубопроводы работают в четвертом гидравлическом режиме, то есть поливальщики после пуска воды должны дополнительно регулировать распределение воды по водовыпускам вручную. На длинных трубопроводах (200—300 м) для этого требуется около одного часа, на коротких (50—100 м) — значительно меньше.

Максимальный напор, который может выдержать материал (шов) трубопровода, равен 3—3,5 м. Минимальный рабочий напор, обеспечивающий нормативный расход в борозду в конце шланга, должен быть не менее 1,5 диаметра трубопроводов. Обычный напор в начале трубопроводов в условиях Голодной степи составляет 1,2—1,3 м, а расход — 60—70 л/с.

* Выпускаемые ранее трубопроводы с отверстиями, снабженными клапанами, в хлопководческой зоне заменяются трубопроводами с регулируемыми водовыпусками конструкции ГСКБ по ирригации.

Воду в трубопроводы можно подавать следующими способами.

I. Самотечно с помощью:

гидрантов закрытых водоводов (при напоре более 3—4 м необходимы гасители напора);

железобетонных лотков через специальные водовыпуски или при помощи переносных сифонов;

любых каналов, имеющих достаточное командование или возможность подпора воды, в том числе и из земляных каналов через трубчатые водовыпуски.

II. Принудительно:

передвижными насосами разных марок;

насосами, смонтированными на поливных машинах типа ППА-165.

Переносными гибкими трубопроводами можно поливать как по продольной, так и по поперечной схемам полива. Причем полив по поперечной схеме менее трудоемок, более производителен и имеет меньшую удельную протяженность трубопроводов (на 1 га), чем полив гибкими трубопроводами по продольной схеме. Появились гибкие трубопроводы с целью автоматизации полива по продольной схеме. Однако механизированная раскладка по полю трубопроводов для полива и последующая механизированная уборка их с увлажненного поля оказались сложнее, чем предполагали.

Полив с применением гибких трубопроводов включает следующие операции:

транспортирование трубопроводов и инвентаря (муфты, хомуты и другое) к месту полива;

намотка отрезков трубопроводов на катушку намоточных устройств;

подготовка трассы под трубопровод (проход трактора с окучником и ручная подправка);

укладка трубопроводов на поле трактором с намоточным устройством, поливальщики при этом вручную подправляют положение шланга, не допуская его перекручивания и ненаправленного положения водовыпусков;

соединение отрезков муфтами вручную *;

пуск воды и регулировка расходов в борозды по водовыпускам в начале полива;

наблюдение за поливом и повторное регулирование расходов по некоторым водовыпускам;

---

* Иногда трубопроводы соединяют внахлестку (1—1,5 м).

промывка трубопроводов от наносов (при мутности оросительной воды более 0,5 г/л);

уборка трубопровода с поля механически или вручную и намотка его на катушки.

Как видно из перечня операций, необходимая механизация полива еще не обеспечена. В условиях плохого микрорельефа требуемая равномерность распределения воды по фронту полива не достигается, поэтому доброкачественная планировка — важное условие успешного применения трубопроводов. Трудно отрегулировать режим при недостатке командования в начале трубопроводов и при большой их длине. В средних условиях (совхозы Голодной степи) отклонения от нормативного расхода в борозду составляют 30—50%, то есть примерно такие же, как и при обычном поливе. По водовыпускам с завышенными расходами наблюдается размыв ложа начальных участков борозд.

Стоимость полива гибкими трубопроводами в 1,5—2 раза выше, чем стоимость ручного полива из ок-арыков. Причина в том, что необходимы большие отчисления на амортизацию дорогих капроновых шлангов из-за относительно малого срока службы их (3—5 лет).

Часть указанных недостатков можно устранить или уменьшить их влияние при поливе гибкими трубопроводами не по продольной, а по поперечной схеме. В этом случае значительно снижается рабочая длина трубопровода, получается достаточным командование, улучшается распределение по фронту полива, облегчается сборка трубопроводов (на краю поля), снижается потребность в трубопроводах на один гектар и соответственно уменьшаются амортизационные издержки и стоимость полива.

Несмотря на перечисленные недостатки полива с помощью шлангов по продольной схеме, производительность труда такого полива в 1,5—2 раза выше, чем ручного обычного полива из ок-арыков. Объясняется это тем, что шланги обеспечивают расход в 1,5—2 раза больше, чем при поливе из временных оросителей. На одного поливальщика приходится 30—35 л/с вместо 15—20 л/с при работе на ок-арыках и выводных бороздах.

Полив шлангами обеспечивает более широкий фронт полива и большой одновременный выход площади из-под полива, следовательно, создаются лучшие условия для использования машинно-тракторных агрегатов на вегета-

ционных обработках поля. Ликвидация полос, занимаемых временными оросителями, увеличивает к. з. и. пахотных земель участка минимум на 2—2,5%.

Именно поливы гибкими трубопроводами наряду с широкой комплексной механизацией хлопководства позволяют новым совхозам Голодной степи получать достаточно высокий и дешевый по себестоимости урожай хлопка-сырца при больших площадях, обслуживаемых одним рабочим.

ПЕРЕНОСНЫЕ ПОЛУЖЕСТКИЕ ПОЛИВНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

Опыт применения переносных жестких дождевальных трубопроводов показал, что даже при легкой и быстрой сборке и разборке перенос относительно легких звеньев труб по непросохшему полю является неприятной и трудоемкой операцией.

Создание и испытания полужестких трубопроводов для полива хлопчатника были начаты ГСКБ по ирригации в 1968 г. Одновременно началось конструирование труботранспортера для перевозки, раскладки и сборки труб. В настоящее время экспериментальный завод ГСКБ выпускает такие трубы диаметром 300 мм и в опытном порядке изготовляет трубы как меньших (для дренажа), так и значительно больших диаметров (для сооружений).

Поливной комплект трубопровода состоит из 56 труб общей длиной 300 м. Трубы соединяют между собой гибкими муфтами с быстросъемными соединениями. На трубах имеются регулирующие водовыпуски, позволяющие поливать пропашные культуры с междурядьями как 60, так и 90 см.

В 1968—1970 гг. ГСКБ совместно с САМИС, СоюзНИХИ, ТИИИМСХ и САНИИРИ провели исследования полива полужесткими трубопроводами. Результаты показали, что по сравнению с поливом гибкими шлангами в данном случае обеспечивается более устойчивый гидравлический режим и упрощается регулирование водораспределения по фронту полива при большой длине полужесткого трубопровода (300 м).

Полиэтиленовые трубы малых диаметров (70—100 мм) могут найти широкое применение в зоне больших уклонов и сложных рельефов как поливные трубопроводы для полива из закрытой сети.

В колхозе им. Свердлова Наманганской области по проекту Узгипроводхоза на площади 500 га построена опытно-производственная закрытая система. На последнем звене закрытых трубопроводов через 12 м установлены гидранты для подключения к ним коротких переносных шлангов или жестких трубопроводов. Трубопроводы с гидрантами расположены по наибольшему уклону. С таким же уклоном должны укладываться и поливные переносные трубопроводы. Поливные же борозды нарезают по минимальным уклонам.

Исследования техники полива на этом объекте позволили Б. Ф. Камбарову сделать следующие выводы:

распределение воды с помощью коротких трубопроводов (на 20 борозд) значительно облегчается по сравнению с применяемым в колхозе поливом по коротким выводным бороздам *, затраты времени на водораспределение снижаются, качество полива улучшается;

перенос вручную шестиметровых отрезков труб с позиции на позицию требует больших затрат времени. Для этой цели надо иметь самоходную тележку и достаточный запас труб, чтобы перевозить их по сухому полю. Ручная разгрузка-погрузка труб на тележку необременительна;

на трассах трубопроводов, идущих по водоразделам, для удобства работы трубы лучше не переносить, а иметь их в необходимом количестве для проведения всех поливов как стационарное оборудование;

на адырном рельефе часто целесообразнее поливать сборными полиэтиленовыми трубопроводами длиной 50—100 м, имеющими водовыпуски-регуляторы;

полужесткие поливные трубопроводы найдут также широкое применение при поливе по террасам и при контурном орошении.

ПОЛИВНЫЕ ШЛАНГОВЫЕ МАШИНЫ

Ряд таких машин создан в Ташкентском ГСКБ по ирригации. Из них на поливе хлопчатника успешно применяют ППА-165, а на поливе люцерны и других культур — ППА-300.

---

* Ввиду дефицита полиэтиленовых труб колхоз им. Свердлова полностью их не получил. Поэтому на большей части площади ведется обычный полив с помощью ок-арыков, но с подачей воды из гидрантов.

В комплект ППА-165 входят: навешенная на трактор насосная станция ННС-165; прицепная шланговая тележка ТШП-400, предназначенная для транспортировки, раскладки и сборки 800 м гибких трубопроводов диаметром 350 мм; муфты, хомуты и зажимы для соединения трубопроводов. Расчетный расход агрегата составляет 165 л/с, напор — 4 м.

Технология полива машиной ППА-165 в принципе не отличается от полива трубопроводами, описанными выше, но имеются некоторые особенности, обусловленные наличием насоса и рабочими параметрами машины:

машина может подавать воду из каналов, имеющих уровень воды ниже отметок орошаемого поля;

создаваемый машиной относительно большой напор и расход обусловливают успешное применение более длинных трубопроводов (широкий фронт полива) с лучшей равномерностью водораспределения по бороздам, чем это достигается при самотечной подаче воды в поливные трубопроводы из каналов и лотков;

по той же причине меньше влияет на качество водораспределения плохой микрорельеф по трассе уложенного трубопровода.

Сложность полива зависит от соотношения затрат активного времени на распределение воды и пассивного времени, то есть времени, когда полив проводится как бы самотеком без участия человека.

Производительность труда зависит от среднего расхода, приходящегося на одного поливальщика. При поливе ППА-165 этот расход увеличивается примерно в 2 раза по сравнению с поливом гибкими шлангами из лотков, то есть производительность труда может быть в 2 раза больше. Однако, как и всякая сельскохозяйственная машина, ППА-165 круглосуточно весь поливной сезон работать не может. По данным исследований, фактический коэффициент использования агрегата во времени составляет 0,65—0,7. Поэтому фактическая производительность агрегата ППА-165 по сравнению с поливом гибкими шлангами из лотков или каналов повышается не более чем на 20%, но по сравнению с обычным поливом из ок-арыков возрастает в 2 раза.

Стоимость полива увеличивается в связи с затратами на эксплуатацию трактора (горючее, ремонт, амортизационные отчисления и др.).

На основе вышеуказанного можно сделать вывод, что

при достаточных напорах в подводящей оросительной сети и хорошей планировке поверхности полей применение ППА-165 нецелесообразно.

Однако ППА-165 может найти широкое применение в условиях малоуклонных, мелиоративно неблагополучных территорий на специально построенных системах, на которых заглубленные земляные каналы распределяют воду по всей территории и одновременно служат коллекторами и дренами. Сеть каналов-дрен делит слабоуклонную территорию системы, не считаясь с мезорельефом, на множество оптимальных поливных участков прямоугольной формы. Участки планируют под горизонтальную плоскость. На каждом пересечении, созданной сетью (углы участков), строят стандартные гидротехнические узлы для подпора и распределения воды, совмещая их с переездами. Одновременно они являются рабочими позициями агрегата ППА-165.

Такая система обладает существенными преимуществами в организации территории, в создании условий внедрения комплексной механизации сельскохозяйственного производства и особенно условий механизации промывных и вегетационных поливов, что очень существенно для освоения новых земель при отсутствии опытных поливальщиков.

Такие системы упрощают технологию строительства каналов, сооружений и планировки, поскольку отпадает необходимость в командовании сети над полями, возведении высококачественных дамб, бетонировании каналов, постройки более сложных сооружений и планировках под наклонные плоскости.

В эксплуатационном отношении она тоже имеет ряд полезных особенностей: упрощаются водозабор и водораспределение; используется значительная часть дренажной воды совместно с подаваемой из источника оросительной водой; созданная сеть заглубленных каналов-дрен служит достаточной регулирующей емкостью стока, образующегося в результате неравномерной во времени работы агрегатов ППА-165; можно полностью механизировать очистку.

Простой план системы, стандартизации элементов и сооружений позволят легко осуществить в перспективе автоматизацию и телеуправление. Система может быть полностью электрифицирована, а следовательно, и переведена на АСУ, контролирующую и обеспечивающую

водный режим каждого участка и соответствующее водораспределение в подводящей сети. Впоследствии переносные поливные трубопроводы могут быть заменены стационарными поливными лотками или поливными трубопроводами.

Две экспериментальные системы, основанные на принципе совмещения оросительных каналов с дренами, построены в Ростовской области и Калмыцкой АССР. Поливы осуществляются по широким длинным полосам с помощью передвижных поливных машин ПМП-1 и ППУ-500. Для бороздкового полива в аридной зоне эти машины не подходят из-за большого удельного расхода на 1 м фронта полива.

ПОЛИВНЫЕ МАШИНЫ С ЖЕСТКИМ ТРУБОПРОВОДОМ

Машины такого типа представляют собой перевозимые длинные трубчатые водоводы с выпусками, расположенными в соответствии с шириной междурядий.

Впервые такой трубопровод из тонкостенных стальных труб диаметром от 100 до 250 мм, снабженный регулируемыми водовыпусками типа скользящих заслонок, был разработан и испытан И. П. Конардовым в 1947 г. В 1959—1960 гг. ЮжнИИГиМ изготовил и испытал жесткий поливной трубопровод диаметром 180 мм с водовыпусками высокого сопротивления (конструкция Ю. Г. Филиппова).

В 1963—1967 гг. ВНИИГиМ провел производственную проверку поливного трубопровода-шлейфа (конструкции Метельского-Хейдорфа). Результаты показали, что можно регулировать расходы в борозды, обеспечивать равномерное водораспределение по фронту полива, производить ночные поливы и перемещать его с одной позиции на другую способом волочения без разборки на отдельные секции. На этой основе в 1968 г. ВНИИГиМ разработал «Техническое решение механизации поверхностных самотечных поливов с помощью жестких поливных трубопроводов для проектных и конструкторских организаций. Трубопровод предложили укладывать на «лафет» (салазки) и перемещать волоком, используя трактор-тягач. Длина трубопровода может достигать 500 м, а вес — 8 т.

Такую машину можно применять на пологих равнинах с системами, запроектированными с учетом главно-

го требования ее — обеспечение прямолинейного поступательного и обратного движения.

ВНИИМиТП разработал, создал и испытал опытные образцы двух новых поливных машин. УПТ-300 (200) — универсальный передвижной колесный трубопровод с питанием из открытой оросительной сети на расход 300 и 200 л/с и ПТ-50/2 — поливной колесный трубопровод с питанием от высоконапорной закрытой сети на расход до 70 л/с.

В рабочем положении трубопровод автоматически переводится с колесных осей непосредственно на землю, а после полива поднимается. Машина может поливать участки, расположенные как направо, так и налево по ходу машины, если трасса является местным водоразделом. Для гашения скорости истечения из водовыпусков и для централизованного регулирования по всем водовыпускам сразу используют водовыпуски повышенного сопротивления. Машина ПТ-50/2 может проводить как поверхностный полив, так и дождевание.

В последние годы ЮжНИИГиМ создал и испытывает две новые поливные машины для полива по бороздам: трубопровод-шлейф и поливной телескопический агрегат. В серийном производстве эти машины пока не появились и в условиях Средней Азии не испытывались. По принципу работы они подходят для полива хлопчатника на специально запроектированных системах.

Передвижные поливные трубопроводы перетаскивают тракторы, а вода в них подается насосом. Водораспределение происходит при относительно больших напорах по сравнению с самотечным поливом. На трубопроводах применяют регулируемые водовыпуски с малым коэффициентом расходов — сложные водовыпуски.

Сейчас уже многие источники орошения в аридной зоне зарегулированы водохранилищами. В последних сильно развиваются мелкие водоросли. Попадая в поливные трубопроводы, они забивают сложные водовыпуски. Очистка их требует затрат ручного труда.

Для условий Голодной и Каршинской степей, где применена сеть железобетонных лотков на опорах с командованием 1—1,2 м, Г. А. Безбородов предложил оригинальные трубопроводы-шлейфы, значительно отличающиеся от вышеописанных:

во-первых, трубопроводы выполняются из дюралюминиевых труб диаметрами 10—15 см, что сразу облег-

чает трубопровод и позволяет перемещать его на салазках с меньшими тяговыми усилиями;

во-вторых, подача воды из лотка осуществляется сразу из нескольких водовыпусков или сифонов, располагаемых через 12 или 24 м; это значительно уменьшает диаметр трубопровода и одновременно улучшает гидравлические условия водораспределения;

в-третьих, водовыпуски заменяются сквозными отверстиями, площадь которых регулируется в зависимости от необходимого расхода в борозду.

Опытные образцы дюралюминиевых трубопроводов испытаны на полях экспериментального хозяйства САНИИРИ совхоза 1-а Голодной степи и показали хорошие результаты.

ПЕРЕУСТРОЙСТВО ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРОСИТЕЛЬНО-ДРЕНАЖНОЙ СЕТИ

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ

Любые из описанных выше средств автоматизации и механизации полива требуют правильной конфигурации и хорошей планировки полей. Эти условия легче выполнить, проектируя орошение на новых землях, а не на староорошаемых, где поля имеют небольшие площади, неправильную конфигурацию и обсажены деревьями. В последние годы по переустройству полей и хозяйственной сети делается сравнительно мало и не так, как следовало бы. В большинстве случаев переустройство представляет собой выборочное, бессистемное укрупнение и исправление поливных участков с реконструкцией отдельных отрезков каналов.

Сейчас эти работы планируются и финансируются отдельно по следующим позициям:

улучшение мелиоративного состояния;

планировка орошаемых земель;

повышение водообеспеченности;

переустройство внутрихозяйственной сети.

В соответствии с этими позициями плана строительные работы, входящие в комплекс переустройства, осуществляют по отдельным, не связанным между собой одностадийным проектам. Такая практика переустройства, проводимая без единой системы, основанной на комп-

лексном генеральном плане для каждого хозяйства, не решает основных задач переустройства и приведет к необходимости его повторного осуществления.

Для ближайших 10 лет переустройство хозяйственной сети должно быть первой стадией реализации научно-технического прогресса в орошаемом земледелии. В результате переустройства полей и внутрихозяйственной сети должны быть созданы пространственные условия и такое техническое состояние мелиоративного фонда (каналов, сооружений и др.), при которых было бы возможным на староорошаемых землях повсеместно использовать мощные высокоскоростные тракторы с широкозахватными машинами; внедрять автоматизацию или механизацию полива, резко повышать производительность труда, достигать минимальных эксплуатационных издержек, увеличивать валовой сбор и урожайность сельскохозяйственных культур, снижать затраты воды на единицу урожая, повышать водообеспеченность как отдельных хозяйств, так и всех хозяйств оросительной системы.

Переустройство полей и внутрихозяйственной сети — сложное и очень дорогое мероприятие, которое проводят в действующем хозяйстве. Поэтому создаются определенные помехи производственной деятельности. Поскольку в период переустройства не должен снижаться выход сельскохозяйственной продукции, то основная строительная работа — планировка — должна проводиться только в невегетационный период и очередно по частям хозяйства, а процесс переустройства должен быть достаточно длительным (не менее 10 лет).

Переустройство отдельных полей, каналов и дрен по частным локальным проектам, как это сейчас делается, вызовет неизбежность бросовых работ и необходимость повторного переустройства. Это значит, что капиталовложения в первое переустройство будут потеряны. Кроме этого, особо следует выделить потери времени, которые значительно влияют на процесс интенсификации сельскохозяйственного производства на староорошаемых землях.

Описанные выше задачи и содержание переустройства определяют способ и характер их решения. Технические решения при проектировании (генеральные планы) должны учитывать достаточно отдаленную перспективу. В первую очередь следует руководствоваться требовани-

ями рациональной организации территории орошаемого хозяйства. Оросительная и коллекторная сети должны быть, как правило, прямолинейными, а поливные участки — крупными, правильной конфигурации и с идеальной поверхностью.

Новая внутрихозяйственная сеть, выполняемая на первой стадии переустройства в виде обычных земляных каналов, в будущем должна позволять проводить мероприятия, которые временно были отложены. Мероприятия последующего этапа включают облицовку всей внутрихозяйственной сети, установку железобетонных лотков, устройство закрытых водоводов, внедрение прогрессивных автоматизированных поливов и закрытого дренажа. Но они не должны изменять границы поливных участков и вызывать повторных планировок полей.

Характер и степень изменения внутрихозяйственной сети при переустройстве зависит от значимости звена. Для распределительной сети, положение которой исторически было обусловлено рельефом, необходимо предусматривать только спрямления трассы на отдельных участках. Главное при реконструкции этих каналов — изменения продольного профиля.

Положение распределителей нижнего звена и участковых оросителей устанавливают вновь, особенно не считаясь с мезорельефом местности.

Во избежание появления бросовых работ должно быть запрещено:

составление генеральных планов переустройства сети хозяйства без наличия генерального плана реконструкции межхозяйственной (государственной) оросительной системы в целом или той ее части, которая связана с переустройством данного хозяйства;

составление рабочих чертежей по объектам внутрихозяйственного переустройства без наличия утвержденного генерального плана, а также финансирование строительных объектов, связанных с переустройством внутрихозяйственной сети по частным рабочим чертежам.

Учитывая громадный объем и большую стоимость предстоящих работ по переустройству, надо улучшить планирование, финансирование и отчетность этих работ. Кроме того, надо повысить ответственность за их выполнение, как за важную позицию народно-хозяйственного плана в системе показателей ММиВХ СССР.

В этой связи необходимо уточнить термины показа-

телей государственных планов мелиоративных мероприятий. Так, качественное улучшение мелиорированных земель (очень неудачный термин), переустройство оросительной сети, планировка орошаемых земель, повышение к. п. д. (борьба с потерями), повышение водообеспеченности, бетонирование каналов — все это взаимосвязано, взаимодополняемо и должно осуществляться комплексно на основе единой проектной проработки.

В настоящее время исполнители могут отчитываться по нескольким позициям плана одним и тем же объемом работ. Существующая структура плана и отчетности по мелиоративным мероприятиям в будущем не позволит достаточно отчетливо судить о реконструкции государственных (межхозяйственных) систем и о переустройстве внутрихозяйственных систем.

В первую очередь необходимо разграничить перечень основных позиций и финансирование реконструкции государственных оросительных систем и переустройства внутрихозяйственных оросительных систем. Кроме стоимостного выражения и площади охвата, часть показателей должна иметь натурное измерение с целью более реального планирования и увязки в материальных балансах ММиВХ СССР. Предлагается следующая система для контроля мелиоративных мероприятий.

Реконструкция государственных мелиоративных систем:

повышение водообеспеченности (плотины, крупные новые каналы, насосные станции, расширение и реконструкция каналов), тыс. га, зоны охвата;

бетонирование существующих межхозяйственных каналов, тыс. $м^3$;

развитие межхозяйственной коллекторной сети и регулирование водоприемников (в необходимых случаях специальные насосные станции), тыс. га зоны влияния;

строительство вертикального дренажа, тыс. га зоны влияния;

внедрение автоматики и телемеханики, млн. руб.

Переустройство внутрихозяйственной сети и мелиорация существующих орошаемых земель (комплексный показатель, тыс. га площади, охваченной переустройством).

Под специальный контроль берутся только следующие мероприятия:

составление генеральных планов и технорабочих проектов, тыс. га;

внедрение закрытого дренажа, км;

внедрение закрытых трубопроводов, км;

бетонирование внутрихозяйственных каналов, тыс. м^3;

внедрение железобетонных лотков, км;

установка (монтаж) стандартных сборных железобетонных гидротехнических сооружений, тыс. шт. условных сооружений (по 0,5 м^3 бетона в среднем);

планировка поверхности орошаемых земель, тыс. га;

внедрение дождевания на землях старого орошения, тыс. га;

прочие земляные работы, тыс. руб.

К числу прочих земляных работ, входящих в комплекс переустройства, относятся следующие виды земляных работ:

земляные работы по реконструкции оросительной сети — уничтожение старых каналов, спрямление каналов, в частных случаях это проведение новой мелкой сети;

земляные работы по развитию или реконструкции обычных открытых дрен, которые могут быть выполнены хозяйством или подрядчиком за средства хозяйства;

пересадка тутовых насаждений, которая в массовом порядке начнется не ранее 1980 г., так как связана с появлением в сельском хозяйстве новой пересадочной машины. Эти работы могут выполнять районные отделения Узсельхозтехники под надзором шелководов.

Уровень организации работ должен соответствовать значимости переустройства и размерам предстоящих капиталовложений. В ОблУОС (БасУОС), очевидно, надо создать отделы переустройства, или особые группы, которые должны заниматься всем комплексом работ, связанных с переустройством на территории области. Они должны осуществлять планирование, контроль выполнения и приемку как проектных, так и строительных работ по переустройству.

Переустройство оросительной сети в Средней Азии — мероприятие межведомственное; поэтому в проведении его, кроме самих хозяйств, должны принимать участие местные органы водного и сельского хозяйства, а в ряде случаев и другие органы. Переустройство может выполняться на ассигнования по госбюджетным планам, а также на собственные средства хозяйств. Органом, ответственным за переустройство, должна быть специальная областная межведомственная комиссия (Совет).

Для реализации изложенных принципов проведения

предстоящего этапа переустройства, недопущения потерь в народном хозяйстве как средств, так и времени необходимо регламентировать этот процесс нормативными документами. В 1969 г. были утверждены разработанные автором «Временные методические указания по составлению генеральных планов переустройства внутрихозяйственной оросительной и коллекторно-дренажной сети в колхозах и совхозах УзССР».

По заданию НТС ММиВХ СССР подготовлены и находятся в стадии утверждения «Методические указания по проектированию переустройства внутрихозяйственной оросительной и коллекторно-дренажной сети в республиках Средней Азии».

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ГЕНЕРАЛЬНЫХ ПЛАНОВ

Составление генеральных планов обеспечивает наиболее рациональное решение комплекса всех мероприятий по переустройству с учетом конкретных условий каждого хозяйства. При этом важно учесть не только требования мелиорации, но и других сторон сельскохозяйственного производства (механизация, организация территории и др.).

Наряду с такими документами, как проект внедрения севооборотов, генеральный план центрального поселка, схема электрификации хозяйства и другими, генеральный план переустройства должен являться обязательным документом долговременного пользования. Он служит техническим заданием на составление одностадийных проектов переустройства частей территории хозяйства и отдельных объектов.

Желательно одновременно составлять проект организации территории хозяйства и генеральный план переустройства полей и внутрихозяйственной сети. Однако отсутствие первого не может служить задержкой составления генплана, так как в условиях орошаемого земледелия организация территории во многом определяется плановым положением оросительно-дренажной сети и другими требованиями орошения.

Учитывая неотложность составления генеральных планов для всех хозяйств и вытекающий из этого большой объем проектных работ, по возможности надо упростить методику составления плана, состав промежуточной и исходной документации и процедуру оформления.

Так, заданием на составление генплана может служить письменное распоряжение распорядителя кредитов на водохозяйственное строительство. Исходными материалами для проектирования генпланов являются:

топографический план территории хозяйства с сечением горизонталей 0,5 м для равнинных земель и 1 м для предгорий;

выкопировка с утвержденных схем или технических проектов реконструкции межхозяйственной сети на территории хозяйства *;

выкопировка из утвержденной районной схемы планировки;

почвенная карта хозяйства.

Работа по составлению генерального плана ведется в такой последовательности:

сбор исходных материалов;

полевое обследование земель и внутрихозяйственной сети, корректировка топографического плана;

составление одного или нескольких вариантов (эскизов) ганерального плана;

обсуждение и выбор окончательного варианта генерального плана на заседании Совета по переустройству в присутствии руководителя и специалистов хозяйства;

доработка принятого варианта генерального плана, проведение расчетов, составление краткой пояснительной записки;

комплектование документов генерального плана и оформление его.

В генеральном плане переустройства внутрихозяйственной сети должно быть сделано следующее:

предусмотрено максимально возможное сокращение точек выдела воды хозяйству из межхозяйственной (государственной) оросительной сети;

указано перспективное положение оросительной и коллекторно-дренажной сети, инженерных коммуникаций и сооружений, которое обеспечило бы наиболее рациональную организацию территории;

установлено мелиоративное состояние земель и разработан комплекс мелиоративных мероприятий (состав, объем), обеспечивающих повышение плодородия исполь-

---

* Если таких документов еще нет, то надо срочно составлять перспективные схемы межхозяйственной распределительной и коллекторной сети хотя бы для тех хозяйств, в которых намечается первоочередное составление генеральных планов.

зуемых земель и освоение неиспользуемого внутрихозяйственного земельного резерва;

намечены мероприятия по повышению к. п. д. внутрихозяйственной оросительной системы;

решены вопросы совершенствования техники полива, выбрано место опытного участка для первоочередного внедрения прогрессивной техники полива, намечены способы его полива, технологическая схема и конструкции;

предусмотрено оснащение внутрихозяйственной сети сооружениями;

установлены ориентировочные объемы работ по переустройству сети и планировке поливных участков;

установлена ориентировочная стоимость выполнения всех работ, связанных с переустройством;

установлена очередность включения в переустройство отдельных частей территории хозяйства (очередность планировки поверхности проектных полей и связанных с планировкой других земляных работ), очередность реконструкции основных хозяйственных и групповых распределителей и постройки наиболее крупных сооружений.

При этом особое внимание надо уделить вопросам:

использования для орошения сбросных и дренажных вод;

аккумуляции и суточного регулирования получаемой хозяйством оросительной воды.

Все технические решения генерального плана должны быть достаточно радикальными, чтобы впоследствии не тормозить процесс интенсификации производства.

ОСОБЕННОСТИ СОСТАВЛЕНИЯ ТЕХНОРАБОЧИХ ПРОЕКТОВ

Составление технорабочих проектов по переустройству — обычное проектирование водохозяйственных объектов в соответствии с техническими указаниями и нормами. Особенностью этой стадии проектирования переустройства являются два обстоятельства:

заданием на проектирование является составленный ранее генеральный план и письмо-распоряжение, поэтому без этих документов нельзя составлять технорабочие проекты переустройства внутрихозяйственной сети;

для того чтобы не допускать разрывов во времени между изысканиями, проектированием и производством

работ, технорабочие проекты переустройства надо составлять постепенно по частям территории хозяйства — очередям, установленным генеральным планом.

Технорабочие проекты разрабатывают на основе планово-высотной съемки (масштаб 1 : 2000), принимаемой для проектирования планировочных работ. По объему этот вид работ — основной в переустройстве. Планировочные работы должны обеспечить не только идеальный микрорельеф поля, но и необходимый мезорельеф, без чего нельзя добиться прямолинейности оросительной сети и правильной конфигурации поливных участков. В проектировании надо предусмотреть единовременность и комплексность проведения всех видов земляных работ. После переустройства территории каждой очереди нельзя оставлять резервы, кавальеры, а ширина полос отчуждений должна быть не более проектной.

При проектировании планировок для действующих хозяйств надо стремиться к максимальному сохранению существующей поверхности полей. С этой целью рекомендуется:

повышать отметки земли в местах западин и тальвегов, в первую очередь грунтом из близко расположенных отвалов дрен и коллекторов, излишних дамб и кавальеров оросительной сети, полос, где предусматривается прокладка новых дрен;

при понижении отметок земли грунт в первую очередь надо отвозить на близко расположенные бывшие заболоченные места, в отдельные ямы (карьеры, выработки), резервы вдоль дорог и оросительных каналов, а также в подушки новых каналов и дорог, на места предполагаемых спрямлений каналов и засыпаемых коллекторов и в наиболее пониженные угловые части проектных поливных участков, где для создания проектной поверхности в виде наклонной плоскости необходимы большие подсыпки на относительно небольшой площади.

Технорабочий проект — основа для финансирования и проведения строительных работ.

ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

Переустройство внутрихозяйственной ирригационно-мелиоративной сети является не только дорогим, но и сложным продолжительным процессом. Успех этого дела зависит как от значительного увеличения ассигнований, так и от развития строительной базы, от обеспечен-

ности строительных организаций механизмами, оборудованием и материалами.

Развитие соответствующей индустриальной базы, необходимой для создания совершенных внутрихозяйственных мелиоративных систем, очевидно, потребует несколько лет. Однако эти годы не могут быть потеряны нами. В связи с этим процесс переустройства должен пройти два этапа.

Первый этап. В соответствии с генеральным планом необходимо: создать крупные поливные участки правильной конфигурации и закончить, наконец, капитальную планировку полей, чтобы к этому делу впоследствии не возвращаться. Бетонирование основных каналов, строительство закрытых водоводов и закрытых дрен на первом этапе не исключаются, но широкого размаха они не достигнут.

Второй этап. Необходимо забетонировать все каналы до участков распределителей, последние заменить железобетонными лотками или закрытыми водоводами; построить закрытый дренаж, аккумулирующие емкости для регулирования стока, системы повторного использования воды и внедрить автоматизированную технику полива.

Кроме этих этапов, следует различать очередность производства работ по годам и по частям территории хозяйства. Работы по переустройству, особенно работы первого этапа, могут проводиться только сезонно (ноябрь—март), когда поля свободны от посевов, а колхозники и рабочие совхозов загружены недостаточно. Водохозяйственное строительство желательно планировать так, чтобы на ноябрь—март можно было переключить, хотя бы частично, рабочих и механизмы строительных организаций ММиВХ СССР с других объектов на работы по переустройству.

Сейчас пока нет достаточно ясного представления о предстоящих затратах и объемах работ по переустройству внутрихозяйственной сети на староорошаемых землях по каждой республике и областям аридной зоны. Решением их вопросов для условий Кашкадарьинской области УзССР занимался Х. Т. Ташев. Результаты его исследований показали:

удельные затраты на переустройство, в зависимости от сложности объекта, составят от 1000 до 2000 руб/га; то есть в среднем 1500 руб/га;

срок окупаемости капиталовложений равен 4—5 годам;

необходимо развитие мощностей строительной индустрии и строительных организаций;

необходимо усиление проектных организаций, в особенности их топографических отделов;

ассигнования на водохозяйственное строительство в области должны ежегодно возрастать на 8,5—9 млн. руб.;

30% выделяемых ассигнований должно направляться на переустройство внутрихозяйственной сети;

при соблюдении указанных условий переустройство внутрихозяйственной сети и полей на староорошаемых землях может быть выполнено за 10—12 лет.

По другим проработкам (Узгипроводхоз) средняя удельная стоимость переустройства оценивается гораздо выше — 3—3,5 тыс. руб. на 1 га, что, возможно, растянет срок выполнения работ.

К. П. Д. ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ И МЕЖХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ. ПОВЫШЕНИЕ ВОДООБЕСПЕЧЕННОСТИ

СИНХРОННОСТЬ МЕЖДУ ПОДАЧЕЙ ВОДЫ ХОЗЯЙСТВУ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЕЕ НА ПОЛЯХ

По характеру работы различают:

крупные оросительные системы регулярного орошения;

более мелкие системы с орошением по потребности в зависимости от складывающихся метеорологических условий.

В Средней Азии все системы относятся к первому типу. Издавна считалось, что с большим трудом забранная из реки вода должна быть полностью использована на поливы. Практика орошения в условиях маловодья, а оно до проведения народных мелиоративных строек 1938—1941 гг. было почти повсеместным, доказала возможность выполнения этого требования. Удельное водопотребление брутто (на 1 га) было значительно меньшим, чем сейчас.

На мелких поливных участках при небольших расходах, достаточном числе поливальщиков и внимательном отношении их к воде как днем, так и ночью добивались

подобия синхронизации колебаний режима источников орошения с водопотреблением на полях. Однако это отнюдь не было идеальным управлением. Просто при снижении поступления воды в хозяйство и в бригаду прекращался полив части участков, и наоборот. Низкая урожайность обусловливалась экстенсивностью производства, а также недостаточной водообеспеченностью и несвоевременностью поливов.

Отсюда можно сделать вывод, что управлять водой и поливами из условия полного использования оросительной воды, даже в современных условиях при более высокой технике, очень сложно.

Во-первых, рабочий расход воды для группы поливальщиков непостоянен, а зависит от размера поливаемого поля, или части поля (при поперечной схеме), если желают достичь одновременного поспевания почвы. Рабочий расход тем больше, чем больше поливной участок, и наоборот. Кроме того, этот расход на полив люцерны должен быть больше, чем на полив хлопчатника.

Во-вторых, начало ручного полива требует достаточно продолжительного времени, в течение которого рабочий расход меняется скачками.

В-третьих, в хозяйствах, хорошо обеспеченных водой в первую половину вегетации, чтобы не затопить молодой хлопок, подача воды на поле на ночь сокращается на одну треть, а то и наполовину. Если считать, что поливальщики уходят с поля в 22 ч, а приходят в 6 ч, то потери воды, подаваемой к полям, составят 10—15%.

Отметим, что потери будут больше при механизированном поливе, включая даже дождевание передвижными машинами, так как коэффициент использования машин во времени не может быть равен единице: обычно он составляет 0,65—0,7. Поэтому в перспективе следует ориентироваться не на механизацию полива, а на его гидравлическую автоматизацию.

Как известно, излишки поданной к полю воды, возникающие в результате изменения (уменьшения) расхода в бороздах (полив переменным расходом), направляются в сброс, то есть тоже являются потерями.

Перечисленные обстоятельства указывают на то, что потребность в воде полеводческой бригады непостоянна во времени и меняется скачками. Предусмотреть все эти изменения в предварительной документации, то есть плане водопользования, невозможно.

В последние десятилетия на ряде систем появились значительные потери нового типа, суть их заключается в следующем.

Раньше составители планов водопользования и проектировщики очень большое внимание уделяли укомплектованию графиков гидромодуля. Сдвигали сроки поливов, укорачивали, или удлиняли поливные периоды ведущих культур, чтобы очертания графика были ближе к режиму источника орошения (маловодные системы) или к режиму водопотребления ведущих культур (водообеспеченные системы). Воду в систему забирали в соответствии с этими графиками. До определенного времени это было верно и объяснялось следующими обстоятельствами: пестрота природных условий, разнообразие сельскохозяйственных культур, растянутые сроки сева, исторический навык водопользователей, заключающийся в том, что подаваемую воду использовали обязательно полностью. Одну часть полей преднамеренно поливали как бы про запас — ранее оптимального срока потребности в воде посеянной культуры, а остальную часть — с большим опозданием по сравнению с этими сроками. Причина была в недостатке воды.

В настоящее время условия сильно изменились. Сильно повысилось водообеспечение за счет регулирования стока, гарантированного водозабора, расширения магистральных каналов и машинного водоподъема. Крупные хлопководческие хозяйства обладают мощной техникой и проводят сев хлопка в считанные дни. В хозяйствах нет такого сильного разнообразия культур, как раньше. Многие новые совхозы, как правило, имеют довольно однообразные по своей территории почвенно-гидрогеологические условия.

Потребность хлопчатника в первом поливе наступает почти одновременно на всех полях, а поскольку имеется техническая возможность удовлетворить эту потребность посредством форсированной подачи воды по магистральному каналу, то первый полив осуществляется теперь в более сжатые сроки.

Проектирование систем и планирование водопользования ведется по старой методике, а водопользование на полях складывается по-своему (табл. 38). Согласно расчетной формуле, форсированный гидромодуль равен максимальному гидромодулю по укомплектованному графику, умноженному на коэффициент форсировки K, обычно

Таблица 38. **Сопоставление планового и фактического режимов орошения хлопчатника**

№ поливов	Оптимальный срок полива	Поливная норма, м³/га	Сроки поливов: начало	Сроки поливов: конец	Продолжительность полива	Гидромодуль, л/с·га	q, % $q_{форс}$
Плановый режим орошения							
1	6/VI	900	26/V	18/VI	24	0,434	44,6
2	28/VI	1000	19/VI	8/VII	20	0,578	69,4
3	17/VII	1100	9/VII	25/VII	17	0,750	77
4	4/VIII	1100	26/VII	13/VIII	19	0,671	69
5	23/VIII	900	14/VIII	2/IX	20	0,520	53,5
Итого		5000	25/V	2/IX	100	—	—
Фактический режим орошения на системах с высокой водообеспеченностью							
1	6/VI	1600	3/VI 1/VI	22/VI 25/VI	10 25	0,925	95
2	3/VII	1500	28/VI 26/VI	15/VII 17/VII	18 22	0,965	99
3	28/VII	1400	22/VII 18/VII	6/VIII 10/VIII	16 24	1,012	104
4	23/VIII	1300	14/VIII 11/VIII	2/IX 4/IX	19 25	0,853	87
Итого		5800	1/VI	4/IX	96	—	—

Примечание. Числитель — расчетные значения, знаменатель — фактические.

принимаемому для хозяйств 1,25—1,3. Так, $q_{форс} = 0{,}75 \cdot 1{,}3 = 0{,}975$ л/с.

Как видно из таблицы 38, в производственных условиях ограничиваются меньшим числом поливов, так как поливные нормы больше расчетных. Межполивные периоды несколько увеличиваются без особого ущерба для достигнутого уровня урожайности.

Полная подача воды должна была бы осуществляться в соответствии с графиком, изображенным на рисунке 27, *А*. Фактическая же подача показана на рисунке 27, *Б* (линия *а*, *б*, *в*, . . , *и*, *к*). О возможности снижения водоподачи в отрезки времени *г—д*, *е—ж* и *з—и* водополь зо-

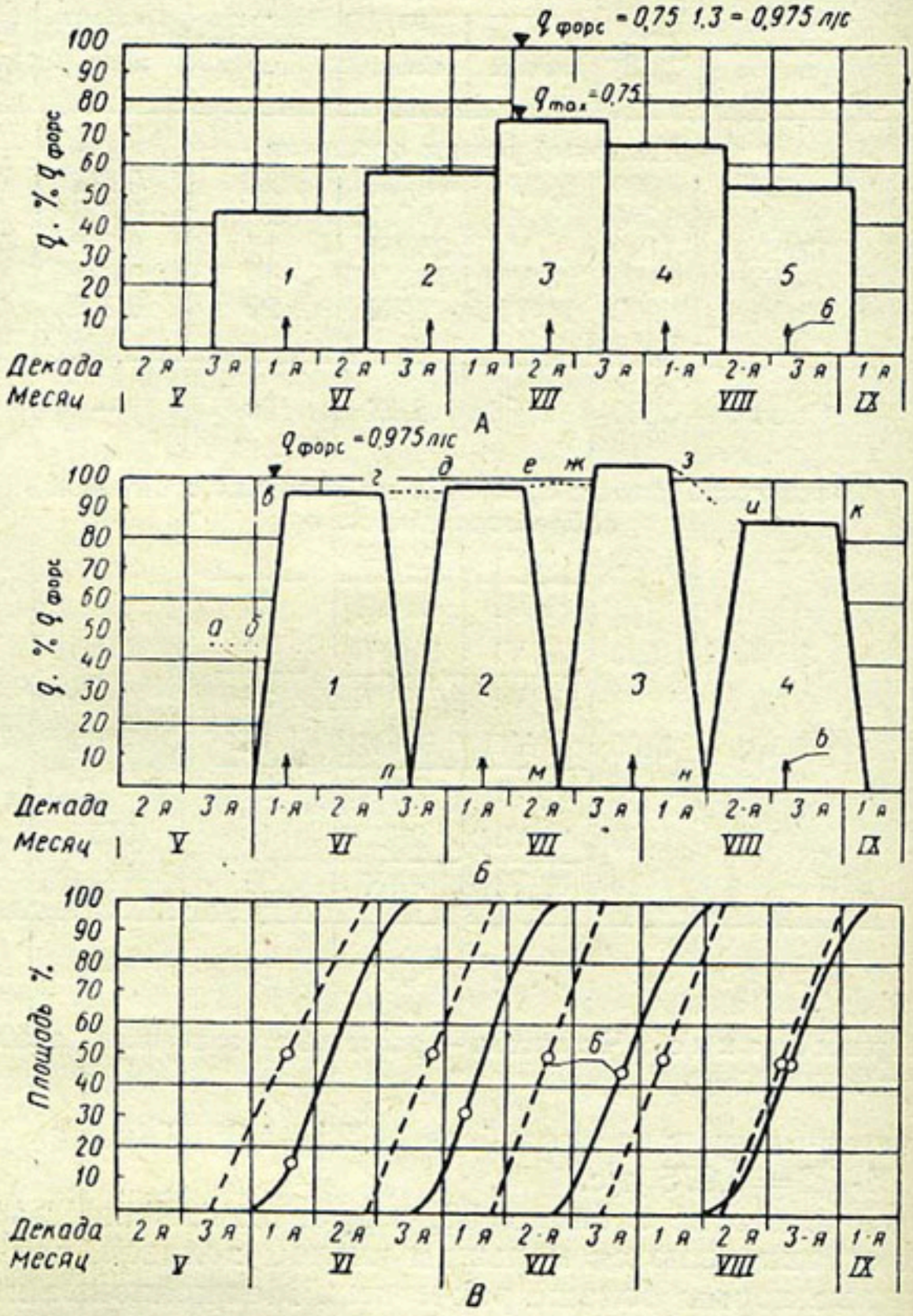


Рис. 27. Сопоставление планового и фактического режимов орошения хлопчатника:

А — плановая подача воды; *Б* — фактическая подача воды; *В* — плановый и фактический ход полива; *1, 2, 3, 4, 5* — номера поливов; *6* — оптимальный срок полива для среднего дня сева.

ватели не заявляют из-за перестраховки, а лица, распределяющие воду, об этих возможностях просто не знают. Поэтому треугольники *гдл, ежм* и *зин* — это невольные излишки водоподачи. Часть излишков используется на полив прочих культур, часть — сбрасывается в коллекторно-дренажную сеть. В общем в хозяйствах осуществляется водопользование по потребности при форсированном действии межхозяйственной сети.

Здесь обращается внимание не на количественную оценку сброса, а на суть причин недостаточного использования воды и наличие резервов.

Очевидно, старый метод расчета водопотребления по сомкнутым вплотную столбикам графика гидромодуля с широким основанием первого столбика, то есть при большой продолжительности первого полива, не является оптимальным решением. С точки зрения получения максимально возможного урожая на всех полях это решение не оптимальное, а вынужденное. Но пока приходится считаться с тем, что существующие системы еще не могут проводить первый полив в более сжатые сроки, соразмерные со сроками фактического сева, из-за следующих причин:

повышенной водопроницаемости почв;

ограниченности коэффициента форсировки магистральных каналов, который равен обычно 1,1—1,15.

Так, из-за недоучета возможностей техники полива, трудности осуществления синхронизации между подачей воды и использованием ее на полях, наличия ряда неизбежных потерь создалось положение, при котором фактические удельные водозаборы в системы сильно возросли по сравнению с теоретическими. Оросительные системы большую часть вегетационного периода работают в форсированном режиме, и все-таки воды не хватает. В наиболее ответственные моменты вегетационного периода, в разгар очередного полива хлопчатника, несоответствие между требованием на воду и возможностями их удовлетворения создает впечатление маловодья и низких значений фактических к. п. д. внутрихозяйственных систем.

К. П. Д. ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЙ СИСТЕМЫ

К. п. д. внутрихозяйственной системы является сейчас самой мало изученной величиной из всех к. п. д., составляющих общий к. п. д. оросительной системы от головного

водозабора до эвапотранспирации на полях. При водохозяйственных расчетах и составлении планов водопользования обычно пользуются нормативными значениями к. п. д. внутрихозяйственных систем. Описанный выше недостаток воды, обусловленный низким к. п. д. техники полива и неизбежными потерями, вызванными организационными причинами, одни специалисты зачастую объясняют исключительно низкими к. п. д. хозяйственной оросительной сети, другие — плохим использованием воды в хозяйстве, наличием большого сброса мутной оросительной воды в коллекторно-дренажную сеть. При этом не учитывается, что сброшенные 5 л/с мутной воды могут интенсивно окрасить поток расходом в 1 м³/с.

Для дальнейших рассуждений примем следующие условия:

потери воды, обусловленные технологией бороздкового полива, уже достаточно выяснены и учтены выше в понятии к. п. д. техники полива;

потери воды, обусловленные асинхронностью между подачей воды хозяйству и использованием ее на полях, — это не потери на фильтрацию во внутрихозяйственной сети;

к. п. д. оросительной системы хозяйства определяется потерями на фильтрацию во внутрихозяйственных каналах.

Потери, обусловленные несоответствием во времени размерам водоподачи в хозяйства и использованием ее на полях, практически отсутствуют в хозяйствах с низкой водообеспеченностью, но достаточно велики в хозяйствах с высокой водообеспеченностью:

Водообеспеченность хозяйств, % к плану	70	80	90	100	110	120	125
Потери, % получаемой воды	1	3	5	8	12	18	20

В какой-то степени в настоящее время эти потери неизбежны и с ними надо считаться. Их учитывают, принимая при проектировании достаточно высокие коэффициенты форсировки для хозяйственных систем, а в производстве — осуществляя форсированную сверхплановую подачу воды. В данной работе они учтены назначением стандартных расходов в 200 л/с.

В будущем же эти потери в хозяйствах нежелательны. Во-первых, они влекут необходимость излишнего за-

паса в системах, большие сечения каналов и трубопроводов; во-вторых, хозяйственные сбросы смешиваются с дренажной водой и если сброшенная вода полностью не пропадает, то снижает свое качество.

Снизить эти потери, возможно, позволит внедрение АСУ водораспределения и водопользования в хозяйствах, а также внедрение автоматизации в верхнем или нижнем бьефе. Однако эти средства ввиду большой инерционности процесса и длинного пути к головным водохранилищам без близко расположенных регулирующих механизмов решить проблему не смогут.

Пока технически наиболее простыми приемами снижения и использования этих потерь будут:

аккумулирующие емкости в хозяйствах и на системах;

описанные выше системы повторного использования воды с перекачкой;

концевые сбросы вышерасположенной системы (магистрали), передающие излишки воды в нижерасположенную систему (без потери командования) или в реку по специальному тракту без смешивания с минерализованной водой:

сбросные тракты хозяйства-река, в которых вода не смешивается с дренажными водами.

более раннее начало первого полива хлопчатника, чем это делается сейчас;

соблюдение дисциплины водопользования, проведение поливов и ночью, и в праздничные дни; своевременное заявление в УОС о предстоящем снижении потребности хозяйства в воде, что особенно полезно на системах с водохранилищами.

После окончания реконструкции внутрихозяйственных систем при наличии описанных выше технических средств можно приступить к организации телеавтоматики управления водой в хозяйстве.

Полевых исследований по изучению потерь и к. п. д. внутрихозяйственной сети ввиду чрезвычайной трудоемкости опытов на территории современных крупных хозяйств проведено очень мало. САНИИРИ и ТИИИМСХ за последние 15 лет определили фактические к. п. д. всего в 20 хозяйствах. Непосредственно под руководством автора такие исследования были осуществлены в колхозе им. Свердлова Ташкентской области, в трех хозяйствах Ферганской области (исполнители А. З. Лымарев,

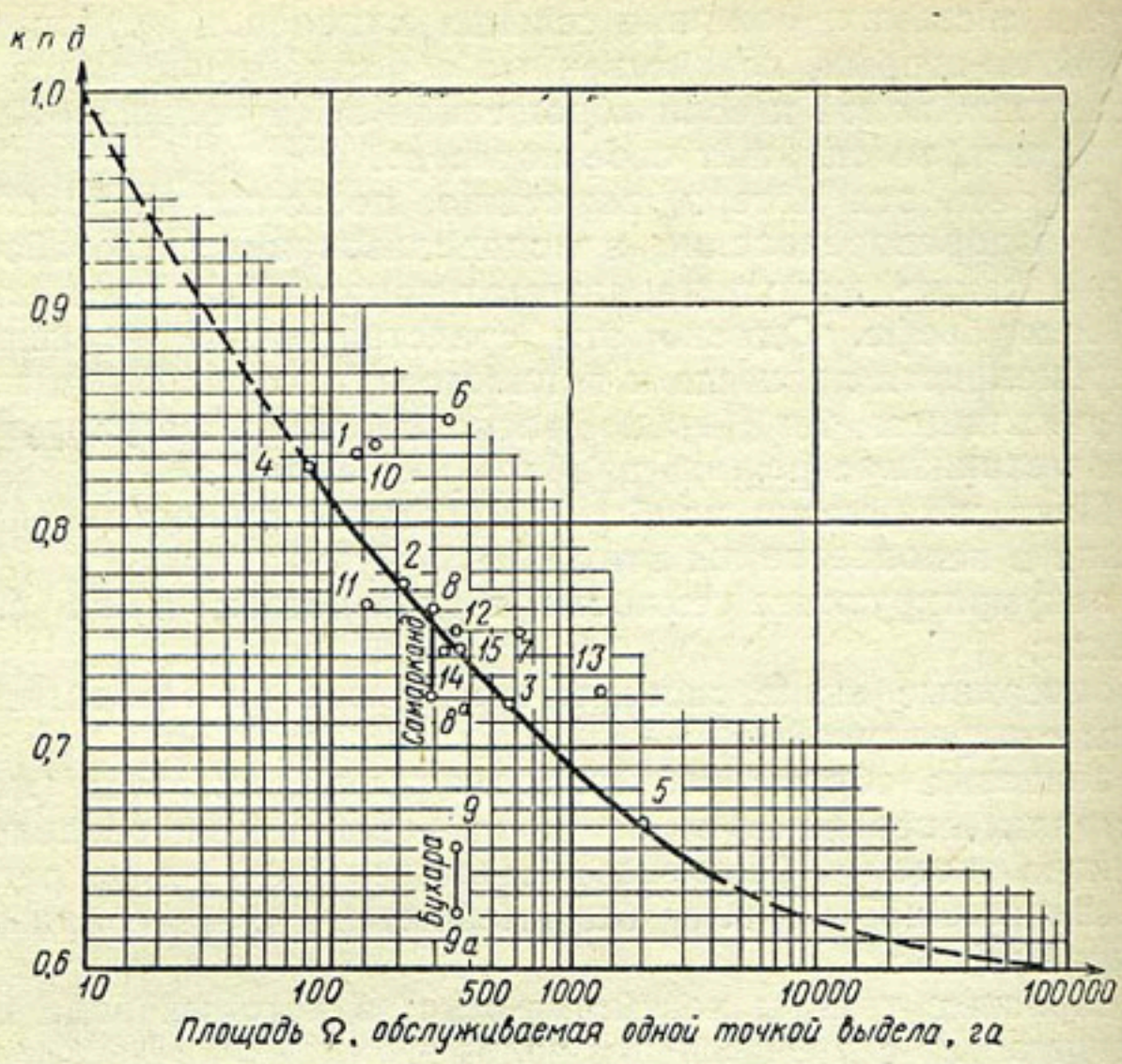


Рис. 28. Приближенная зависимость к.п.д.$=f(\Omega)$ внутрихозяйственной сети из земляных каналов.

В. А. Пушкин). Фактические к. п. д. в трех колхозах Кашкадарьинской области установил Х. Т. Ташев. Кроме перечисленных специалистов, определением потерь к. п. д. занимались А. И. Иванов, А. А. Рачинский, А. Ф. Синякин, А. В. Бочарин и др. По результатам их исследований построена зависимость к. п. д.$=f(\Omega)$ (рис. 28).

Предельные значения фактических к. п. д. в большой степени зависят от числа точек выдела воды в хозяйство. К. п. д. в хозяйствах менялись в пределах от 0,66 до 0,83. Среднее значение к. п .д. в большинстве хозяйств было равно 0,72—0,77. Минимальные значения к. п. д. внутрихозяйственной сети были получены в колхозе им. Калинина Сагарчагинского района Марыйской области (исследования А. В. Бочарина, точка 5 на рисунке 28), орошаемые земли которого разбросаны по территории отдельными массивами (к. з. и.$=0{,}48$) и имеют одну точку выдела. Эти массивы представлены преимущественно

средне- и легкосуглинистыми почвами, на глубине 2—2,5 м встречаются прослойки и линзы супесей и песков. Максимальное значение к. п. д., равное 0,85, получено в колхозе им. XVIII партсъезда Чарджоуского района ТуркмССР в условиях очень близкого залегания грунтовых вод (исследования А. Ф. Синякина, точка 6 на рисунке 28). Высокое значение к. п. д. имеет сеть колхоза им. Свердлова, Янгиюльского района Ташкентской области (точка 1 на рисунке 28). Грунтовые воды в этом колхозе залегают глубоко, но зато к. з. и. очень высокий (0,94); протяженность сети мала, так как полив проводится по поперечной схеме при длине борозд 300—400 м; грунты средне- и тяжелосуглинистые. Колхоз имеет 8 точек выдела: из них 3 средних и 5 мелких площадью менее 100 га.

По полученным 15 точкам установлена приближенная зависимость к. п. д. внутрихозяйственной сети из земляных каналов от площади, обслуживаемой точкой выдела, для средних условий. Точки 9 и 9*а* выпали из намеченной закономерности и оценены малонадежными.

Анализ имеющегося материала по определению потерь и к. п. д. позволил сделать следующие выводы:

удельные потери на фильтрацию в постоянно действующих внутрихозяйственных каналах примерно равны рассчитанным по формулам А. Н. Костякова для грунтов средней водопроницаемости;

потери в периодически действующей сети несколько больше. Их можно рассчитать по формуле, предложенной Х. Т. Ташевым:

$$\sigma_t = \frac{B}{t\alpha} + \frac{A}{Q^n}, \qquad (47)$$

которая показывает, что процесс фильтрации состоит из двух стадий, а потери являются не только функцией расхода, но и времени. Для грунтов средней водопроницаемости эта формула будет иметь следующий вид:

$$\sigma_t = \frac{36{,}5}{t^{0{,}67}} + \frac{1{,}78}{Q^{0{,}7}}; \qquad (48)$$

фактически к. п. д. внутрихозяйственной сети, как правило, на 8—10% выше к. п. д., принимаемых в планах водопользования РайУОС.

Этот запас только несколько смягчает положение, так как не учитываемые в планах к. п. д. техники

полива и «организационные» потери значительно превышают его.

Едва ли в ближайшее десятилетие станет известным точное значение к. п. д. каждого хозяйства. Однако следует существенно уточнить (повысить) значение нормативных к. п. д. При назначении планового нормативного к. п. д., чтобы не сделать грубых ошибок, в какой-то степени надо учитывать специфику условий хозяйств, влияющих на к. п. д.

К. п. д. зависит от следующих основных факторов:

1) фильтрационных свойств почвогрунтов;

2) режима водораспределения в хозяйстве — степени сосредоточения воды;

3) средневзвешенной площади поливных земель, орошаемых из точки выдела и к. з. и., то есть от числа точек выдела, а не от общей площади хозяйства;

4) удельной протяженности оросительной сети, длины холостых частей и планового расположения основной распределительной сети;

5) глубины залегания грунтовых вод (до и более 2,5 м);

6) мутности оросительной воды, то есть степени кольматации;

7) технического состояния сети и сооружений.

Факторы 1, 3, 4 и 5 определяют специфику условий хозяйства, то есть его объективные особенности.

Расчет к. п. д. по факторам 2, 6 и 7 для всех хозяйств системы должен быть одинаковым.

В 1960 г. составлена методика полевых исследований и расчета нормативных к. п. д. хозяйственной сети. Суть этой методики заключается в следующем: составляется план хозяйства с районированием территории по механическому составу подстилающих почвогрунтов на основе почвенных карт республиканских Гипроземов; осуществляется переход от механических составов к баллам водопроницаемости, используя таблицу 33; наносится оросительная сеть хозяйства; выбираются типовые постоянно и временно действующие каналы, на которых в поле определяются фактические потери для установления параметров к формулам А. Н. Костякова, Х. Т. Ташева, М. М. Кабакова *; назначаются участки одновре-

* Если не ставится задача получения параметров непосредственно из замеров потерь, то для последующего расчета к. п. д. их берут из справочников.

менного полива в центре тяжести площадей полеводческих бригад и других хозяйственных подразделений; устанавливаются расчетные расходы воды на поливаемое поле (100, 125, 150, 200 л/с); рассчитываются потери и расходы снизу (с полей) — вверх (до точек выдела) по соответствующим формулам; строится кривая к. п. д. = $=f(Q_{бр})$.

По кривой можно определить средний к. п. д. за вегетационный период по среднедействующему расходу, а также нормативные к. п. д. для каждой декады.

Проведенные по такой методике расчеты дают следующие близкие к фактическим нормативные значения к. п. д. внутрихозяйственной сети в земляных руслах для современного положения (табл. 39).

Таблица 39. **Нормативные значения к. п. д. внутрихозяйственной сети в земляных руслах**

Условия, определяющие величину потерь и к. п. д.	К. п. д., учитывающий только потери на фильтрацию	К. п. д., учитывающие „организационные" потери	Общий к. п. д. хозяйства
Благоприятные:	0,83	0,92	0,76
каналы проходят в слабоводопроницаемых грунтах, грунтовые воды залегают на глубине 1,5—2 м, средняя точка выдела обслуживает менее 100 га, к. з. и. более 0,9			
Средние	0,77	0,92	0,71
Неблагоприятные:	0,72	0,92	0,66
каналы проходят в сильноводопроницаемых грунтах, грунтовые воды залегают глубже 5 м, средняя точка выдела обслуживает более 500 га, к. з. и. менее 0,6			

Для последующей оценки комплексного к. п. д. оросительных систем на современном этапе примем среднее значение к. п. д., равное 0,71. Переустройство внутрихозяйственной оросительной сети на староорошаемых землях и строительство совершенных систем на новых землях существенно повысят внутрихозяйственные к. п. д. через 10—15 лет. На основе литературных данных, ис-

Таблица 40. **Перспективные значения к. п. д. переустроенной внутрихозяйственной сети**

Этапы переустройства и конструкция сети	К. п. д. низового звена с расходами до 200 л/с внутрихозяйственной сети, обслуживающей				К. п. д. высшего звена внутрихозяйственной сети с расходами более 400 л/с	К. п. д. хозяйственной системы в целом (5)×(6)
	поселок и мелкие хозяйственные подразделения		полеводческие бригады хлопковых севооборотов			
	50 га	100 га	150 га	200—250 га		
1	2	3	4	5	6	7
Первый этап — *осуществлено бетонирование межбригадных каналов; к. п. д. каналов низшего звена повышены за счет снижения их протяженности*						
Низовое звено в виде обычных земляных каналов:						
благоприятные условия	0,96	0,95	0,94	0,93		0,86—0,88
средние условия	0,94	0,92	0,91	0,90	0,93—0,95	0,85—0,86
неблагоприятные »	0,90	0,87	0,86	0,85		0,79—0,81
Второй этап — *реконструированы все каналы, внедрена новая техника полива*						
Закрытые трубопроводы из высоконапорных металлических или асбестоцементных труб	0,998	0,995	0,990	0,985		0,95—0,93
Закрытые трубопроводы из низконапорных армоцементных, центрифугированных, железобетонных и других труб, а также каналы со сборной облицовкой и с погребенной полиэтиленовой пленкой	0,995	0,99	0,98	0,97		0,90—0,92
Железобетонные лотки промышленного изготовления	0,99	0,98	0,97	0,96	0,93—0,95	0,89—0,91
Сборные облицовки (без пленки)	0,98	0,97	0,96	0,95		0,88—0,90
Монолитный бетон	0,97	0,96	0,95	0,94		0,87—0,89

Продолжение

Этапы переустройства и конструкция сети	К. п. д. низового звена с расходами до 200 л/с внутрихозяйственной сети, обслуживающей				К. п. д. высшего звена внутрихозяйственной сети с расходами более 400 л/с	К. п. д. хозяйственной системы в целом (5)×(6)
	поселок и мелкие хозяйственные подразделения		полеводческие бригады хлопковых севооборотов			
	50 га	100 га	150 га	200—250 га		
1	2	3	4	5	6	7
Другие антифильтрационные мероприятия на каналах, проходящих в сильноводопроницаемых грунтах: кольматация, глинистые и бентонитовые экраны, погребенная пленка с учетом разрывов в ряде мест из-за пробивки пленки корнями сорняков и землероями	0,96	0,95	0,94	0,93		0,86—0,88

Примечание. В графах 6 и 7 данные указаны в зависимости от протяженности каналов и валовой площади хозяйства.

следований Средазгипроводхлопка и материалов Голодностепстроя можно сделать вывод, что переустроенные хозяйственные системы и системы на новых землях будут иметь следующие к. п. д. (табл. 40). Для прогноза использования воды примем перспективный к. п. д. внутрихозяйственного звена оросительной системы, равный 0,89.

К. П. Д. МЕЖХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ

Имеются достаточно достоверные данные о к. п. д. межхозяйственной части оросительных систем в ежегодных отчетах органов эксплуатации министерств мелиорации и водного хозяйства республик Средней Азии. В последние десятилетия проведены очень большие работы по реконструкции межхозяйственных оросительных систем и по бетонированию каналов.

К. п. д. межхозяйственного звена оросительных систем по областям УзССР существенно повысился и имеет устойчивые значения:

Ташкентская	0,81	Бухарская	0,86
Сырдарьинская	0,92	Кашкадарьинская	0,86
Ферганская	0,89	Сурхандарьинская	0,90
Андижанская	0,83	Хорезмская	0,80
Наманганская	0,85	Каракалпакская АССР	0,84
Самаркандская	0,80		

Данные приведены без учета потерь в межобластных и межреспубликанских каналах. К. п. д. средневзвешенный по орошаемым площадям равен 0,85.

Эффективность бетонирования каналов и возможность увеличения к. п. д. межхозяйственной сети после реконструкции с учетом полного бетонирования всех каналов для условий Кашкадарьинской области исследовал Х. Т. Ташев. Результаты показали, что бетонирование каналов снижает потери в 5—6 раз по сравнению с земляными каналами в тех же условиях. Поскольку более половины каналов в области уже забетонировано и существующий к. п. д., по данным Х. Т. Ташева, уже равняется 0,88, то увеличение составит 0,08, а перспективный к. п. д. получится равным 0,96.

По данным подразделов «К. п. д. внутрихозяйственной системы» и «К. п. д. межхозяйственных систем» можно получить осредненное значение технических к. п. д. систем от головного водозабора до полей (табл. 41).

Таблица 41. **Осредненные значения технических к. п. д. оросительных систем**

Система	Существующее положение				Перспектива			
	к. п. д.	потери, % головного водозабора			к. п. д.	потери, % головного водозабора		
		всего	фильтрация	сбросы и техническая утечка		всего	фильтрация	сбросы и техническая утечка
Межхозяйственная	0,85	15	14	1	0,95	5	4,5	0,5
Внутрихозяйственная	0,71	25	18	7	0,89	10,5	9	1,5
Вся оросительная система	0,60	40	32	8	0,845	15,5	13,5	2

Примечания. 1. Проценты показаны с округлением до полупроцента. 2. В фильтрацию из каналов включены потери на испарение с водной поверхности, которые оцениваются не более 1,5—2% фильтрации.

УЛУЧШЕНИЕ МЕЖХОЗЯЙСТВЕННОГО ВОДОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Степень использования воды непосредственно в хозяйствах в большой мере зависит от качества подачи воды хозяйству. Под качеством подачи подразумевается стабильность поступаемого расхода во времени (сутки, декады). Случайный «пик» водоподачи используется на поливы в незначительной мере и вызывает увеличение сброса. Каждый «провал» снижает к. п. д. техники полива, то есть увеличивает потери. Плохая водоподача дезорганизует ход полива и агротехнических работ, связанных с ними.

Практическое осуществление плана водораспределения на ряде систем относительно просто, а на некоторых системах очень сложно, так как связано с определенными трудностями, обусловленными характером режима источника орошения. Во-первых, фактический расход реки в какой-либо год не может точно соответствовать принятым в плане декадным расходам расчетного гидрографа. Во-вторых, в течение декады и суток расход источника орошения колеблется, то есть фактический коэффициент водообеспеченности меняется во времени.

Для количественной оценки колебания расходов источника орошения, а также расходов в важнейших створах системы (голова магистрального канала, голова распределителя) предложен показатель постоянства расходов, определяемый разностью между единицей и статистическим коэффициентом изменчивости ряда наблюденных расходов за декаду

$$П_1 = 1 - \frac{\sqrt{\frac{\Sigma (Q_{факт} - Q_{ср})^2}{n}}}{Q_{ср}}, \qquad (49)$$

где $Q_{ср}$ — среднеарифметический расход из n наблюдений за декаду; $Q_{факт}$ — фактический расход каждого наблюдения.

С помощью этого показателя по трудности осуществления планового распределения воды оросительные системы разделяются на два типа:

I тип — системы, использующие только часть расхода источника. Показатель $П_1$ для систем этого типа получается выше 0,97. Водообеспеченность таких систем высокая и заранее известная. К этому же типу относятся системы на источниках орошения с зарегулирован-

ным стоком. Водообеспеченность их может быть недостаточной, но она при оперативном водораспределении всегда известна заранее, поэтому плановое вододеление осуществлять легко.

II тип — системы с незарегулированными источниками (реками), из которых вода в бо́льшую часть вегетационного периода полностью разбирается на орошение. Показатель $П_1$ на этих системах меньше 0,9. Водообеспеченность таких систем непостоянна и заранее неизвестна, поэтому плановое вододеление на таких системах осуществлять очень трудно.

Есть, конечно, системы и промежуточного характера, которые в отдельные периоды можно отнести к системам I типа, а в другие — к системам II типа.

Оценка деятельности управления оросительной системы (УОС) по выполнению основных показателей утвержденного плана водораспределения могла бы основываться на двух понятиях, сформулированных так:

понятие «выполнение плана водоподачи какому-либо хозяйству» означает подачу воды в хозяйство в точном соответствии с утвержденным планом в каждый день планируемого периода или определенного отрезка времени (декада, месяц);

понятие «выполнение плана водораспределения по оросительной системе» заключается в наличии первого понятия (факта) одновременно для всех хозяйств оросительной системы.

Однако такая оценка деятельности УОС неприемлема. Из-за технического несовершенства систем и недостаточной точности исходных данных, используемых при составлении плана водопользования, подача воды хозяйству за какой-либо отчетный период может колебаться в пределах 90—110% плана. Практика показала, что отклонение в таких пределах не вызывает отрицательных последствий для водопользователей. Задача вододеления, диспетчерской и линейной служб заключается в осуществлении такого водораспределения на системе, которое бы наилучшим образом соответствовало составленному плану водораспределения.

Полного соответствия между плановыми и фактическими показателями для всех хозяйств и во все декады планируемого периода достичь невозможно. Однако и возникающие отклонения подачи воды хозяйствам должны быть нормированы.

Качество водораспределения на оросительных системах необходимо оценивать по удельному весу случаев водоподачи, укладывающихся в интервале от 90 до 110% плана, используя следующие показатели:

$П_2$ — отношение числа хозяйств, получивших воду за вегетационный период в пределах 90—110% плана к общему числу хозяйств на системе;

$П_3$ — отношение числа случаев подачи воды хозяйствам в пределах 90—110% плана к общему числу случаев, которое равно произведению числа хозяйств в системе на число декад отчетного периода (вегетационного, невегетационного, а также критического).

Соответствие фактического вододеления плановому можно считать идеальным, если показатели $П_1$, $П_2$ и $П_3$ равняются единице. Однако в производстве пока так не получается, особенно на оросительных системах II типа, на которых показатели, как правило, значительно ниже единицы. Обычно показатели $П_1$=0,90—0,98; $П_2$= =0,50—0,60; $П_3$=0,25—0,50. Приведенные цифры — это не количественное выполнение плана, а качественная оценка деятельности УОС по водораспределению. Например, если $П_3$=0,50, то это означает, что 50% случаев подачи воды хозяйствам находилось в пределах 90—110% плана, а другая половина случаев подачи была или менее 90% плана, или более 110% плана. Величина и частота отклонений от плана связаны определенной закономерностью, близкой к кривой нормального распределения.

Системы I типа по простоте управления и качеству водораспределения совершеннее систем второго типа.

Выше было упомянуто о громадных работах, проведенных в Средней Азии по повышению водообеспеченности. В результате постройки плотин, головных водозаборных сооружений, специальных каналов по переброске воды из многоводных систем в маловодные (кольцевание), водохранилищ, реконструкции межхозяйственных систем стало несравненно легче забирать воду из рек в магистральные каналы. Стабилизировались головные расходы этих каналов. Как правило, выполняются и, к сожалению, даже значительно перевыполняются планы забора и подачи воды за вегетационный период, то есть растут оросительные нормы брутто.

Однако повышение водообеспеченности не однозначно одновременному улучшению качества водораспреде-

ления. На основании последних исследований САНИИРИ можно отметить, что хотя к настоящему времени качество водораспределения по сравнению с прошлыми десятилетиями и улучшилось, но еще не достигло нормативных значений показателей $П_1 \geqslant 0{,}97$, $П_2 \geqslant 0{,}75$, $П_3 \geqslant 0{,}667$ (табл. 42).

Таблица 42. **Значения $П_1$, $П_2$ и $П_3$ для оросительных систем Узбекской ССР**

Показатели	Нарпайская система				Дальверзинская система				Гузарская система	
	1935—1940 гг.	1947 г.	1955 г.	1970 г.	1935—1940 гг.	1947 г.	1955 г.	1970 г.	1968—1971 гг.*	1970 г.
$П_1$ в голове магистрального канала	0,80	0,86	0,94	0,91	0,97	0,97	0,98	0,97	0,96	0,98
$П_1$ в точках выдела воды хозяйствам	0,75	0,79	0,84	0,89	0,84	0,83	0,83	0,91	0,88	0,91
$П_1$ по колхозам, расположенным в конце распределителей	0,72	0,75	0,79	0,86	0,78	0,78	0,77	0,87	0,85	0,87
$П_2$	0,22	0,41	0,50	0,61	0,27	0,27	0,27	0,45	0,60	0,83
$П_3$	0,17	0,39	0,51	0,46	0,15	0,17	0,20	0,27	0,37	0,57

* До 1968 г. данных не было.

Нарпайская система до 1945 г. была системной II типа. С 1946 г. водообеспеченность системы повышалась, она начала получать воду из Каттакурганского водохранилища. Это позволило Нарпайской системе приблизиться к системе I типа. В результате качество водораспределения по этой системе за три последних десятилетия значительно улучшилось.

Дальверзинская система была построена как инженерная система первого типа. Хотя система вполне водообеспечена, но из-за плохой дисциплины водопользова-

ния качество водораспределения улучшилось незначительно.

План водораспределения на Дальверзинской системе выполняют за счет внеплановых водозаборов из р. Сырдарьи.

Гузарская система до 1967 г. была очень маловодной. С 1968 г., после пуска в эксплуатацию Пачкамарского водохранилища и реконструкции магистральных каналов, водообеспеченность этой системы резко повысилась. Теперь по условиям водопользования ее можно отнести к системам I типа. Пачкамарское водохранилище значительно облегчило водораспределение на Гузарской системе и способствовало резкому повышению показателей. Однако, по данным отдела эксплуатации САНИИРИ, средние показатели за 1968—1971 гг. ниже, чем возможные для системы первого типа. Только в исключительно многоводном 1970 г. были достигнуты более высокие значения показателей.

Приведенные данные свидетельствуют, что водораспределение имеет еще очень большие резервы. В первую очередь к ним относятся организационные меры, направленные на повышение дисциплины водораспределения, на достижение более высоких значений показателей $П_1$, $П_2$ и $П_3$, которыми, к сожалению, органы эксплуатации еще не пользуются.

Дальнейшее повышение качества водораспределения будет происходить путем полного зарегулирования стока всех используемых на орошение рек и внедрения автоматических систем управления (АСУ) на оросительных системах.

Внедрение АСУ — мероприятие сложное и, очевидно, будет осуществляться поэтапно. На первом этапе АСУ должна будет обеспечить автоматическое распределение воды между хозяйствами на основе принятого плана вододеления и наличия воды в связанных между собой источниках орошения и водохранилищах.

Очевидно, на оросительных системах, источники орошения которых еще не зарегулированы (Зеравшан, Сох и др.), экономически более эффективно сначала построить плотины для небольшого регулирования стока в короткие отрезки времени (декада, пятидневка). Такие плотины могут срезать суточные пики расходов источников и заполнять провалы, которые неблагоприятно отражаются на качестве водораспределения воды между

хозяйствами и на использовании воды в них. АСУ водораспределения на системах с таким регулирующим устройством будет более надежной и эффективной.

Последующий этап внедрения АСУ будет включать в себя учет объективной потребности хозяйств в оросительной воде.

Поскольку водопользование в хозяйствах тесно связано с другими сельскохозяйственными работами, то было бы неправильным создавать узкоспециализированные АСУ (только по водопользованию). Следовательно, АСУ хозяйств должны управлять агротехническим процессом хозяйства в целом. Эти комплексные хозяйства АСУ должны иметь связь с АСУ межхозяйственного водораспределения оросительной системы. Задачи АСУ хозяйства следующие: составлять оптимальный прогноз агротехнических работ на ближайшие дни; посылать в АСУ системы заявки на необходимое количество воды; получать от последней надежные сведения о предстоящей водоподаче хозяйству; повторно рассчитывать краткосрочный план агротехнических работ в хозяйстве и выдавать соответствующие команды.

В АСУ хозяйства должны быть заложены условие, что нельзя первый полив на всех полях сделать в оптимальные сроки, а также требование соблюдения определенного ритма поливов и других работ, исходя из возможностей как самого хозяйства, так и оросительной системы.

Только в очень далекой перспективе возможно ждать решения пропагандируемой сейчас задачи — осуществления водораспределения и полива на основе точного и беспрерывного учета объективных физиологических показателей растений. Трудности решения этой задачи не только в ее кибернетической сложности, в несовершенстве датчиков или электроники, но и в неприспособленности современных оросительных систем поверхностного орошения. Конечно, на площади 100 га можно построить экспериментальную систему с увеличенными форсированными расходами, с непродолжительным использованием водоводов во времени, со сбросами воды, то есть с низким к. п. д. Но на миллионах гектаров пока трудно даже вообразить такую систему, напоминающую городской водопровод.

Если такие системы теоретически возможны, то только на базе подпочвенного орошения, закрытых водо-

водов и очистки воды, то есть когда каждому полю беспрерывно будет подаваться чистая вода расходом, равным гидромодулю, умноженному на площадь поля.

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РЕЗЕРВЫ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ

Дополнительные резервы оросительной воды можно изыскать в результате трех крупных мероприятий.

1. Полное зарегулирование стока Амударьи, Сырдарьи, Зеравшана и других позволит упорядочить русло рек и использовать поймы для интенсивного земледелия, за исключением заповедных или специальных территорий. Выигрыш здесь получается не от дополнительной воды, а от ликвидации безвозвратных потерь воды на транспирацию и испарение со свободной поверхности пойм (пески).

Превращение крупных рек в инженерные водотоки и народнохозяйственное использование сотен тысяч гектаров пойменных земель — крупное мероприятие, связанное со многими вопросами: судоходством, складированием наносов и использованием их, устройством береговых коллекторов для транспортирования испорченной воды, специальной агрономией пойменных земель. Этот комплекс вопросов требует исследований и проектных проработок.

2. Задача коренной мелиорации земель состоит не только в том, чтобы повысить их бонитет и продуктивность. Рассоление земель в перспективе позволит снизить годовое водопотребление. Некоторые земли вообще не надо будет промывать, а земли, переведенные в более благоприятный балл по засолению, потребуют сниженных норм промывок. Воду, подаваемую сейчас в невегетационный период для промывок, можно в значительной мере сохранить в водохранилищах и использовать для орошения.

Следует отметить, что в настоящее время вода в невегетационный период используется недостаточно полно. Ночью в связи с отсутствием контроля много воды направляется непосредственно в сбросную сеть. Очень часто вода на промывных полях прорывает временную сеть, валики и поступает в сбросную сеть. В результате этого коллекторная сеть переполняется, а фактические промывные нормы, измеренные в поле, а не рассчитанные по водозабору брутто, меньше плановых.

Рекомендации по улучшению качества промывок общеизвестны: хорошая планировка полей вплоть до осуществления горизонтальной плоскости на трудномелиорируемых землях, соблюдение агротехнических правил промывок. Кроме того, для повышения качества промывок большое значение будут иметь следующие мероприятия:

облегчение условий труда поливальщиков во время невегетационного водопользования (наличие надежных каналов, ограждений, сооружений), поэтому переустройство потребуется в первую очередь на мелиоративно неблагополучных землях;

повышение эффективности дренажа, от которой также зависит темп рассоления, то есть скорейшая разработка и внедрение принципиально новых видов дренажа и дренажных устройств.

3. В Средней Азии воды дренажной (заурной) сети издавна использовали для орошения сельскохозяйственных культур. На такой сети устанавливали перемычки, запруды. Вода или деривацией подавалась на командную отметку, или периодически в нужное для посевов время подпиралась, поднимая уровень грунтовых вод под полями прибрежной полосы, — своего рода подпочвенное орошение. Наиболее широко дренажные воды применялись на территории Ферганской долины, имеющей уклоны от 0,005 до 0,002. На более крутых и пологих уклонах дренажную сеть не устраивали.

До 1946 г. дренажные воды не являлись существенной частью водных ресурсов (не более 2—3%). В дальнейшем коллекторно-дренажная сеть развилась настолько значительно, что на неблагополучных в мелиоративном отношении территориях по удельной протяженности она почти сравнялась с внутрихозяйственной оросительной сетью.

Современные мощные коллекторно-дренажные системы собирают большой дренажный сток, транспортируют его и сбросную воду с полей и оросительной сети в реки или в понижения соседних с оазисами пустынь (табл. 43).

В связи с недостатком оросительной воды использование коллекторно-дренажных вод считается полезным. Однако степень использования коллекторно-дренажных вод и орошаемые ими площади многие годы в количественном отношении никем не определялись и оставались неучтенным внутренним резервом каждой области.

Таблица 43. **Забор воды из источников орошения на полив и сток коллекторно-дренажных систем по областям УзССР**
(по данным отчетов ОблУОС за 1971 г.)

Область	Забор воды из источника орошения на полив, млн. м³	Сток коллекторно-дренажных вод, млн. м³	Отвод коллекторной сетью, % подачи на орошение	Примечание
Ташкентская	5169	2893	56	Используется полностью
Сырдарьинская	2070	1223	59	Используется частично
Ферганская	4188	2188	52,2	Используется полностью
Андижанская	4143	2274	55	То же
Наманганская	3339	2330	70	» »
Самаркандская	2800	585	20,4	» »
Бухарская	3162	632	20	Не используется
Кашкадарьинская	1119	102	9	» »
Сурхандарьинская	3052	723	23,7	» »
Хорезмская	3929	1904	48,5	» »
Каракалпакская АССР	6402	688	10,7	» »
Всего	39374	15542	40	

В Ферганской области, как указывалось выше, коллекторно-дренажные воды широко применяют для орошения. Первые крупные исследования в этом направлении были проведены САНИИРИ (А. У. Усманов, Г. В. Еременко, Р. А. Гейнц и др.) в 1963—1967 гг. (табл. 44).

Коллекторно-дренажную воду используют с июня до середины августа. За это время из коллекторов забирается от 140 млн. до 160 млн. м³ воды, то есть в среднем за три года 150 млн. м³. Половина воды забиралась самотеком с помощью запруд, половина — насосами. Забранные 150 млн. м³ равнозначны расходу 20—25 м³/с, что составляло в те годы по отношению к головному водозабору Ферганской области за весь вегетационный период всего 4,5—5%. Как правило, эта вода потребляется на месте. Использование коллекторно-дренажных вод равносильно увеличению головного водозабора примерно на 7—8%.

Аналогичные учеты в других областях Узбекистана показали, что, например, в 1974 г. было забрано более 2200 млн. м³ коллекторно-дренажной воды, что составило

Таблица 44. **Водозабор из источников орошения Ферганской области и сброс коллекторно-дренажных вод за пределы** (осредненные данные за 1964—1967 гг.)

Показатели	За год	За вегетационный период	За невегетационный период
Водоподача из источников орошения и распределение стока по периодам:			
млн. м³	4100	3160	940
средний расход, м³/с	130	200	60
%	100	77	23
Сброс за пределы области в устьях коллекторов и распределение стока сбросов по периодам:			
млн. м³	2100	640	1460
средний расход, м³/с	66,6	40,6*	92,6
%	100	30	70
Отношение сброса к водозабору, %	51	20	155***
Минерализация сбросных вод в устьях коллекторов, г/л	2,24	3,0**	1,9
Вынос солей за пределы области, млн. т	4,7	1,92	2,78
Условный вынос солей с 1 га орошаемой площади (принято 300 тыс. га), т/га	15,7	6,4	9,3
То же, с 1 га мелиоративно неблагополучных земель (принято 200 тыс. га), т/га	23,5	9,6	13,9

* Кроме того, не доходит до устьев, а используется на орошение примерно 20—25 м³/с (июнь — середина августа).

** Средняя минерализация воды в первичных дренах на неблагополучной в мелиоративном отношении территории равна 4—6 г/л.

*** Сказывается сток осадков, гистерезис движения потоков грунтовых вод и прямые сбросы оросительной воды.

около 7% водозабора из рек. В маловодные 1974—1975 гг. в устьях коллекторов Ферганской долины и Голодной степи в вегетационный период расходы воды были мизерными. Расходы Сырдарьи в среднем и нижнем ее течениях резко снизились по сравнению с многолетними данными, одновременно возросла и минерализация речной воды.

Данные, приведенные в таблицах 43 и 44, свидетельствуют об экстенсивном хозяйственном использовании воды, особенно в невегетационный период. Следует обратить внимание на воду, сбрасываемую в условиях, когда коллекторно-дренажный сток уже не может использоваться для орошения нижерасположенной территории,

но даже и при возможности его последующего использования часть стока, забираемого в невегетационный период в верхних и средних течениях рек, можно было бы сохранить в верховых водохранилищах до лета.

При наличии низовых водохранилищ как будто все равно, ограничивать ли водоподачу верховым системам и сбрасывать воду вниз по рекам или не ограничивать подачу верховым системам, имея в виду неизбежность автоматического сброса рассредоточенными расходами через внутрихозяйственную сеть.

Первый вариант более рационален по следующим причинам:

1. При втором варианте несколько увеличиваются невосполнимые потери воды за счет возрастания испарения с водной поверхности оросительной и особенно коллекторно-дренажной сети;

2. Второй вариант не содействует воспитанию дисциплины водопользования; одна возможность легкого осуществления прямых сбросов на практике приводит к снижению доли стока оросительной воды, проходящей через толщу почвогрунтов и увеличению доли бесполезного в мелиоративном отношении поверхностного транзитного стока;

3. При втором варианте коллекторно-дренажная сеть более загружена, уровни воды в ней повышены, эффективность дренажа более низкая.

Большого внимания заслуживает проблема очистки минерализованных дренажных вод с целью повторного использования и сохранения качества воды в нижних течениях рек и внутренних озерах. Очистные станции следует располагать в устьях закрытых хозяйственных дренажных систем, а не на мощных открытых водотоках (крупные межхозяйственные коллекторы), обычно совмещающих функции трактов талых, дождевых, селевых и сбросных вод.

Индустрия опреснения вызовет необходимость ограничивать подачу воды хозяйствам оптимальной потребностью без наблюдаемых в настоящее время излишних форсировок. Мелиоративно-рассолительная система должна оканчиваться в хозяйствах. На территории хозяйства она не должна иметь никакой связи с оросительной и сбросной сетью, но после очистки вода может возвращаться в хозяйство для повторного использования или направляться в реку другим водопользователям.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

Авербух Р. М. Некоторые причины неравномерности увлажнения поля. — «Хлопководство», 1973, № 4.

Будников Г. И. К решению прямой и обратной задачи теории бороздкового полива. — В сб.: Вопросы вычислительной и прикладной математики, Ташкент, 1971, вып. 2.

Валентини Л. А., Авербух Р. М. Подземный поливной трубопровод с гибкими шланговыми водовыпусками. — «Хлопководство», 1967, № 12.

Лактаев Н. Т. Методы улучшения колхозного водопользования. — «Труды САНИИРИ», Ташкент, 1957, вып. 88.

Лактаев Н. Т. Проект методических указаний для проведения полевых опытов по изучению техники бороздкового полива, камеральной обработке результатов и обоснование этих указаний. Ташкент, «Наука», 1965.

Лактаев Н. Т. Принципы переустройства внутрихозяйственной оросительно-дренажной сети». — В сб.: Эксплуатация оросительных систем и пути ее улучшения. Научные труды ВАСХНИЛ, М., «Колос», 1971.

Лактаев Н. Т. Методика районирования орошаемых земель в целях применения наиболее рациональных способов и техники полива сельскохозяйственных культур. — В сб.: Техника полива сельскохозяйственных культур. Научные труды ВАСХНИЛ, М., «Колос», 1972.

Лактаев Н. Т., Будников Г. И. Переменный расход при бороздковом поливе. —«Труды САНИИРИ», Ташкент, 1974, вып. 141.

Легостаев В. М., Коньков Б. С. Мелиоративное районирование. Ташкент, Госиздат УзССР, 1950.

Петров Г. А. Движение жидкости с изменением расхода вдоль пути. М., Стройиздат, 1951.

Режимы орошения и гидромодульное районирование по УзССР. Коллектив авторов под руководством В. М. Легостаева и М. П. Медниса. Ташкент, «Узбекистан», 1971.

Сурин В. А. Совершенствование техники полива виноградников и садов на каменистах почвах. — В сб.: Водные мелиорации в СССР, М., «Наука», 1974.

Шредер В. Р., Сафонов В. Ф., Паренчик Р. И. Районирование режимов орошения. —«Гидротехника и мелиорация», 1966, № 8.

Щурова Л. Г. Гидравлический расчет оросительных лотков с равномерной раздачей поливного расхода в борозды. — В сб.: Гидравлика и гидротехника, Киев, 1971, № 13.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 3

Теория бороздкового полива 5

Полевые исследования 9

Обзор применяемой техники полива 9
Методика полевых опытов 15
Камеральная обработка 17
Классификация почвогрунтов по водопроницаемости . . . 21
Классификация орошаемых земель по уклонам 24
Типовые сочетания водопроницаемости почвогрунтов и уклонов местности 24

Нормативы техники полива 26

К. п. д. техники полива — критерий оптимизации 26
Исходные условия решения задачи 28
Расчет нормативов полива 38

Уточнение оросительных норм и к. п. д. техники полива в производственных условиях 43

Районирование орошаемых земель 43
Оросительные нормы и к. п. д. техники полива в производственных условиях 48
Годовые оросительные нормы и коэффициент использования воды 57
Народнохозяйственный коэффициент использования воды при орошении 64

Совершенствование техники бороздкового полива и ожидаемая эффективность 67

Теоретическое обоснование полива переменной струей. Ожидаемая эффективность 67
Полив по бороздам машинами в движении 71
Обработка ложа борозд 74
Планировка поверхности орошаемого поля 76

Оценка способов орошения и методика районирования орошаемых земель 77

Факторы, обусловливающие способы и технику полива . . 77
Выбор способа орошения в аридной зоне 79
Районирование орошаемых земель по способам и технике полива 87

Проектирование поверхностного орошения по бороздам . . 91

Достоинства и недостатки поперечной схемы полива . . . 91
Расчетные поливные нормы и коэффициент форсировки . . 95
Участки полеводческих бригад и расчетный расход участкового оросителя 95
Основные схемы технологии бороздкового полива . . . 98

Привязка схем полива 109
Особенности проектирования поверхностного орошения в предгорной зоне 111
Совершенствование поверхностного полива 115
Основы проектирования и эксплуатационная оценка поливных устройств 115
Лотки автоматизированного полива 122
Стационарные (закрытые) трубопроводы автоматического полива 125
Переносные гибкие поливные трубопроводы 129
Переносные полужесткие поливные трубопроводы . . . 132
Поливные шланговые машины 133
Поливные машины с жестким трубопроводом 136
Переустройство внутрихозяйственной оросительно-дренажной сети 138
Основные принципы 138
Особенности составления генеральных планов 143
Особенности составления технорабочих проектов 145
Организационные вопросы 146
К. п. д. внутрихозяйственных и межхозяйственных систем. Повышение водообеспеченности 148
Синхронность между подачей воды хозяйству и использованием ее на полях 148
К. п. д. внутрихозяйственной системы 153
К. п. д. межхозяйственных систем 161
Улучшение межхозяйственного водораспределения . . . 163
Дополнительные резервы водных ресурсов 169
Указатель литературы 174

Николай Тимофеевич Лактаев

ПОЛИВ ХЛОПЧАТНИКА

Редактор Г. П. Попова
Художник В. М. Лукьянов
Художественный редактор Н. Ф. Шлезингер
Технический редактор Н. В. Суржева
Корректор А. И. Кудрявцева

ИБ № 788

Сдано в набор 7/VI 1977 г. Подписано к печати 13/IX 1977 г. Формат 84×108¹/₃₂. Бумага тип. № 2. Усл.-печ. л. 9,24. Уч.-изд. л. 10,07. Изд. № 209. Тираж 5000 экз. Заказ № 2768. Цена 40 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос», 103716, ГСП, Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19

Типография им. Смирнова Смоленского облуправления издательств, полиграфии и книжной торговли, г. Смоленск, пр. им. Ю. Гагарина, 2.