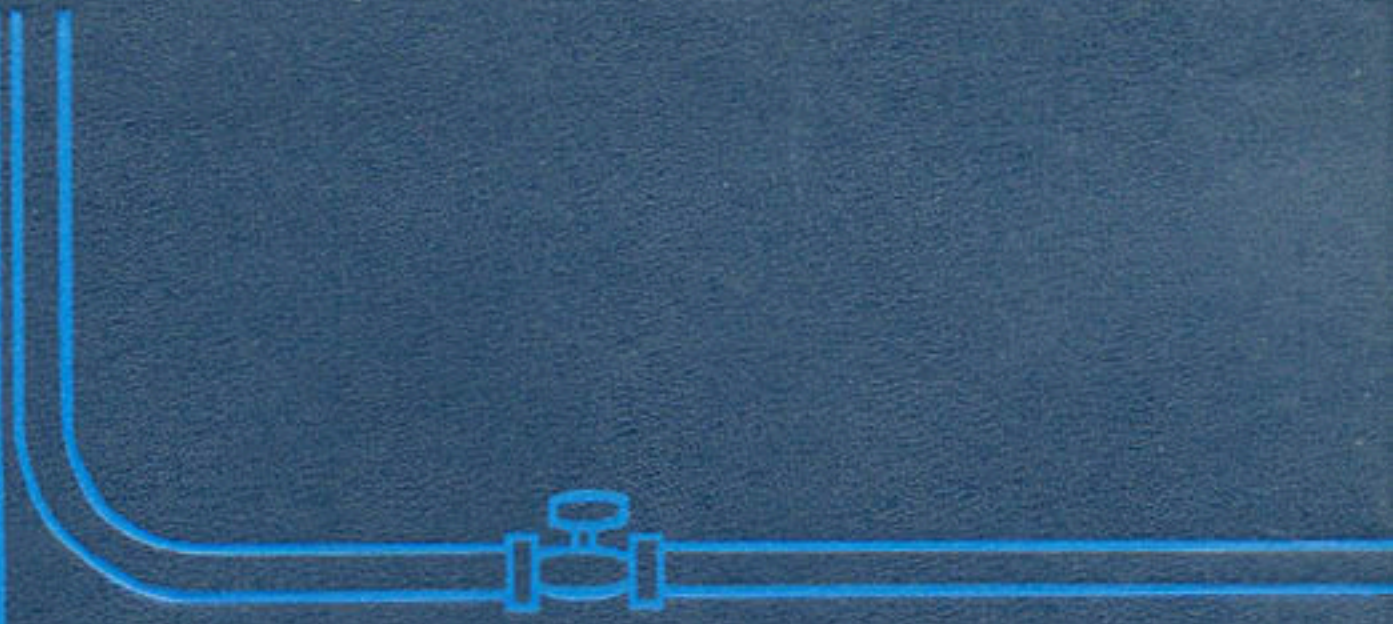
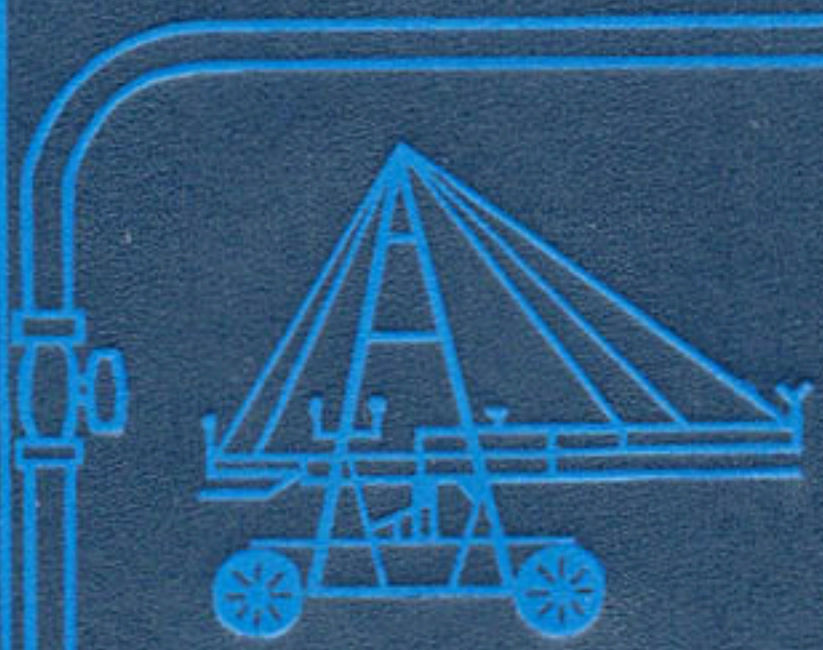
СПРАВОЧНИК

МЕХАНИЗАЦИЯ ПОЛИВА





СПРАВОЧНИК

МЕХАНИЗАЦИЯ ПОЛИВА

МОСКВА
ВО «АГРОПРОМИЗДАТ»
1990

ББК 40.723
М55
УДК 631.347(031)

Авторы: *Б. Г. Штепа, В. Ф. Носенко, Н. В. Винникова, Н. В. Данильченко, И. С. Остапов, Г. Е. Фомин, В. А. Афанасьев*

Редактор **Н. М. Щербакова**

Механизация полива: Справочник/Штепа Б. Г., Носен-
М55 ко В. Ф., Винникова Н. В. и др. — М.: Агропромиздат, 1990. — 336 с.

ISBN 5—10—001424—5

Систематизированы материалы по технике полива. Приведены сведения об условиях полива, подготовке площадей к поливу, параметрах работы поливной техники и внутрихозяйственной части оросительных систем. Для каждого способа орошения даны основные элементы техники полива и краткие характеристики поливных машин. Представлены рекомендации по монтажу и эксплуатации поливных машин, трубопроводов.

Для специалистов сельского и водного хозяйства.

М $\frac{\textbf{3804010000—109}}{\textbf{035(01)—90}}$ **122—89**

ББК 40.723

ISBN 5—10—001424—5

© Коллектив авторов, 1990

ПРЕДИСЛОВИЕ

Сельскохозяйственное производство в СССР развивается в различных климатических зонах от избыточно увлажненных до острозасушливых. В зоне недостаточного увлажнения находится почти 65 % пашни. Сложные климатические условия (на 40 % площадей пашни выпадает осадков менее 400 мм), засухи, повторяющиеся раз в 3...4 года, на значительной части территории приводят к неустойчивости сельскохозяйственного производства в стране.

Площадь орошаемых земель составляет 21 млн га, или 8 % общей площади пашни, что значительно меньше, чем в странах с более благоприятными климатическими условиями.

Развитие ирригации направлено на получение высоких устойчивых урожаев независимо от складывающихся погодных условий.

Проблемы механизации полива выходят далеко за рамки обеспечения роста производительности труда, оказывая определяющее влияние на весь технологический процесс орошаемого земледелия, технический уровень оросительных систем, степень эффективного использования природных и материальных ресурсов, сохранение экологии природной среды.

Совершенствование техники орошения идет в соответствии с развитием всего социалистического сельскохозяйственного производства.

Более 90 % строящейся оросительной сети выполняется в виде напорных трубопроводов, лотков и облицованных каналов, а более 43 % земель орошается механизированно.

Хозяйства страны располагают парком машин, позволяющим в засушливый период довести площадь механизированного полива до 10 млн га. В структуре парка оросительной техники удельный вес высокопроизводительных широкозахватных дождевальных машин достиг 35 % и сохраняет тенденцию дальнейшего увеличения. На базе широкозахватной техники осуществлен переход к созданию крупных технически совершенных оросительных систем. Технический уровень дождевальной техники в последние десятилетия существенно вырос.

Конструкция дождевальных машин всех типов непрерывно совершенствуется. Модернизация базовых моделей дождевальных машин проводится в основном через каждые 3...4 года, реже — через 5...6 лет.

Однако пока еще остается высокой материалоемкость ряда дождевальных машин и ирригационного оборудования, недостаточна надежность трубопроводных сетей; не налажено сервисное обслуживание всех типов машин и оборудования оросительных систем; слабо оснащены оросительные системы измерительной и компьютерной техникой, средствами автоматизации.

Реализуемый партией курс на интенсификацию сельскохозяйственного производства и отказ от экстенсивных путей развития, обусловленный социально-экономическими и экологическими соображениями, предусматривают сосредоточение усилий на реконструкции и коренном улучшении оросительных систем и ирригационного оборудования.

Так, в поверхностном орошении предусматривается уже в ближайшее десятилетие на реконструируемых системах поднять уровень механизации с 6 до 40 %, используя новую технику для поверхностного полива, которая позволит перейти к прогрессивным водосберегающим индустриальным технологиям дискретного полива и полива переменной поливной струей, в том числе по бороздам малой длины.

На современном этапе развития существенно возросли требования сельскохозяйственного производства и рационального природопользования к технике и технологии орошения. Техника и технология орошения должны быть в первую очередь ресурсосберегающими и экологически безопасными. Поэтому на системах с новой и модернизированной техникой предусматриваются экологически безопасные водосберегающие технологии медленного, прерывистого, синхронно-импульсного и мелкодисперсного дождевания и также капельного и внутрипочвенного орошения.

Новое ирригационное оборудование позволит вносить вместе с поливной водой минеральные и органические удобрения, мелиорирующие вещества, ядохимикаты.

Прогресс в технике орошения немыслим без ее типизации и оптимизации на основе внутриотраслевой и межотраслевой унификации двигателей, узлов и машин.

Поливная техника в справочнике рассмотрена в составе оросительного комплекса с позиции системного анализа, а технология полива как составная часть комплексной технологии индустриального возделывания сельскохозяйственных культур.

Типизация поливной техники и ирригационного оборудования при этом выполнена с использованием прогрессивного модульного принципа.

Народнохозяйственный эффект от осуществления технического прогресса в механизации орошения позволит улучшать условия и повысить производительность труда на поливе в 1,5...2,5 раза, снизить площадь отчуждения под каналы и сооружения, обеспечить водосбережение и экологическую безопасность ирригации.

1. МЕХАНИЗИРОВАННОЕ ОРОШЕНИЕ

1.1. Способы и техника полива

Орошение — один из видов водных мелиораций в зонах недостаточного и неустойчивого естественного увлажнения, направленный на предотвращение почвенной и частично атмосферной засух.

Основное назначение орошения: получение гарантированных урожаев сельскохозяйственных культур независимо от складывающихся погодных условий за счет управления водным и связанными с ним воздушным, тепловым, солевым, микробиологическим и питательными режимами в почве. Применяют орошение также для промывки почв, борьбы с атмосферной засухой, как средство против заморозков, для внесения с поливной водой минеральных и органических удобрений, а также химических средств защиты растений от болезней и вредителей (рис. 1.1).

Способ орошения — искусственный прием перевода воды из состояния тока по поверхности почвы и по водоводам в качественно новое состояние почвенной и воздушной влажности.

Способ орошения характеризуется контактами воды с растением, почвой и приземным слоем воздуха, протекающими при этом физическими и физиологическими процессами, длительностью и интенсивностью направленного воздействия на растение и среду.

Различают способы традиционного периодического и «непрерывного», по А. Н. Костякову, орошения. К первым относятся широко применяемые способы полива по полосам и бороздам, дождеванием, при которых интенсивность искусственной водоподачи в 100...1000 раз больше интенсивности водопотребления, а длительность воздействия на растение и среду — кратковременная. Способы «непрерывного» орошения (капельное орошение, синхронно-импульсное дождевание) основаны на малоинтенсивной водоподаче, сопоставимой с интенсивностью водопотребления на протяжении всего вегетационного периода.

Классификация способов и технологий орошения основывается на группе признаков, характеризующих с достаточной полнотой принципиальные отличительные особенности процесса полива и механизма его воздействия на растение и среду (почва — приземный слой воздуха). Главные из этих признаков (табл. 1.1) — характер и механизм перевода воды из состояния водного тока в состояние почвенной и воздушной влажности; степень локальности контактов воды и почвы; длительность и непрерывность процесса орошения; интенсивность водоподачи и степень ее соответствия интенсивности водопотребления растениями.

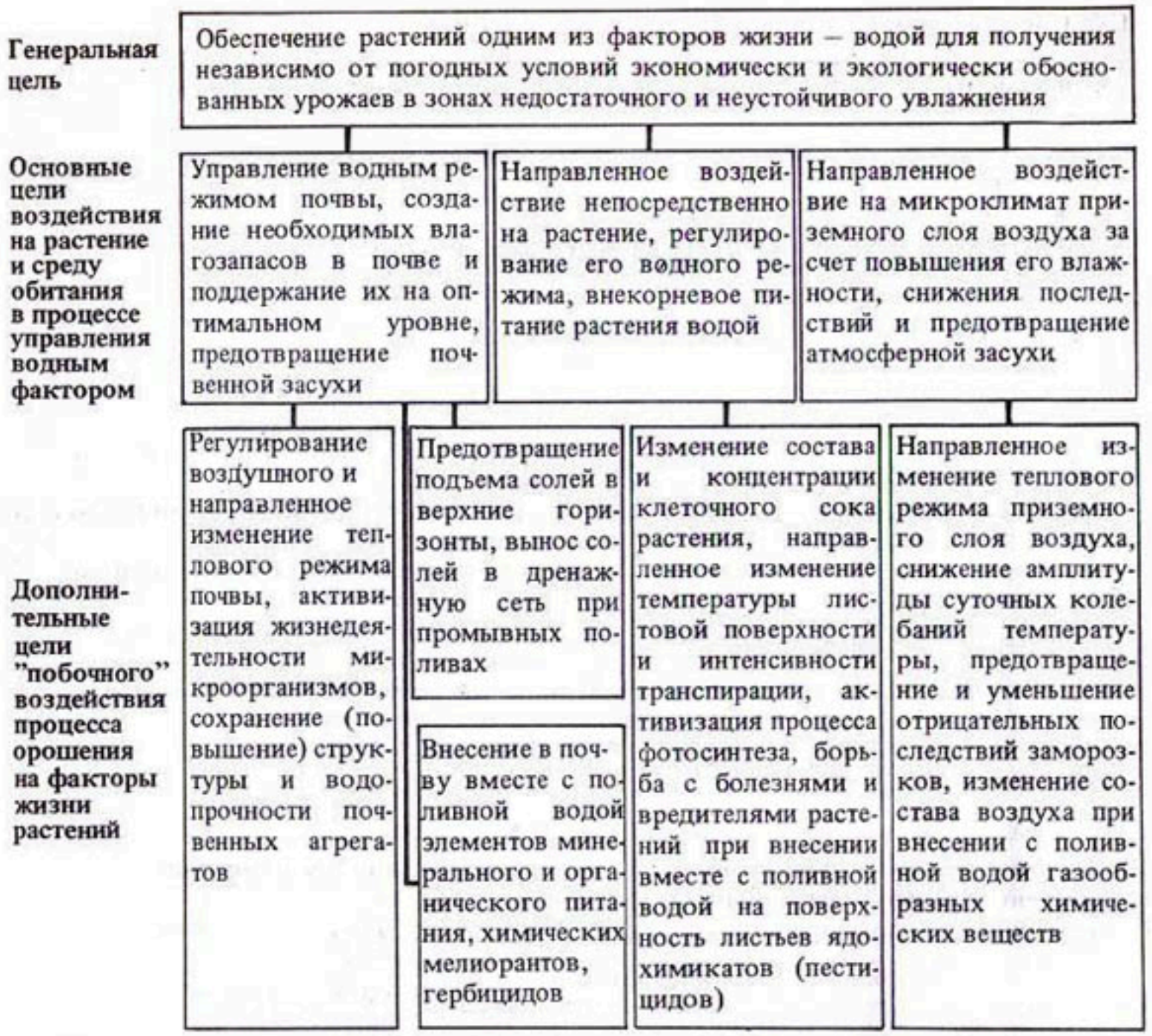


Рис. 1.1. Целевое назначение и основные функции полива

Различают следующие способы орошения (рис. 1.2):

поверхностный полив затоплением, напуском по полосам, когда вода слоем 1...20 см, перераспределяясь по поверхности почвы, увлажняет ее главным образом под воздействием гравитационных сил;

поверхностный по бороздам, когда вода, перемещаясь по гребневанной поверхности почвы слоем в несколько сантиметров, увлажняет ее под воздействием гравитационных и капиллярных сил;

поверхностно-капельный, когда вода подается в виде отдельных капель диаметром 1...2 мм или струй непосредственно на локальный участок поверхности поля и, не перераспределяясь по ней, увлажняет почву главным образом под воздействием капиллярных сил;

дождевание, когда искусственно созданный дождь с каплями диаметром 0,5...2 мм увлажняет приземный слой воздуха, надземную часть растений и слой почвы под воздействием капиллярных сил без перераспределения воды по поверхности почвы;

аэрозольное увлажнение (мелкодисперсное дождевание), когда искусственно созданный туман с каплями размером 100...500 мк, пере-

1.1. Способы полива и их отличительные признаки

Основные отличительные признаки	Способ полива, характеристика отличительных признаков
1. Механизм перевода воды из состояния тока в состояние почвенной и воздушной влажности	1.1. Поверхностный полив затоплением по чекам, напуском по полосам
	1.2. Поверхностный полив по бороздам
	1.3. Капельное орошение с поверхностным водораспределением
	1.4. Дождевание
	1.5. Аэрозольное увлажнение (мелкодисперсное дождевание)
	1.6. Внутрипочвенное орошение
	1.7. Капельное орошение с внутрипочвенным водораспределением
	1.8. Регулирование уровня грунтовых вод (субирригация)
	1.9. Комбинированный дождевально-поверхностный полив
	1.10. Комбинированный дождевально-внутрипочвенный полив
2. Длительность и непрерывность процесса	2.1. Периодическое (традиционное) орошение
	2.2. Непрерывное орошение
3. Степень локальности	3.1. Глобальное (традиционное) орошение
	3.2. Локальное орошение
4. Интенсивность водоподачи и степень ее соответствия интенсивности водопотребления	4.1. Высокоинтенсивное асинхронное орошение
	4.2. Малоинтенсивное абсолютно синхронное орошение
	4.3. Малоинтенсивное синхронное орошение
5. Технические решения водораспределения	5.1. Водооборот между поливными устройствами, работающий в одном технологическом цикле (традиционное орошение)
	5.2. Аккумулирование воды у поливных устройств или группы поливных устройств (магазинное орошение)
	5.3. Вододеление без водооборота и аккумулирования

распределяясь ветром над полем, увеличивает влажность приземного слоя воздуха, увлажняет надземную часть растений и частично поверхностный слой почвы под воздействием капиллярных сил и за счет конденсации влаги;

внутрипочвенный (подпочвенный), когда вода распределяется по всей орошаемой площади или на локальном участке по пористым (перфорированным) трубчатым увлажнителям или кротовинам непосредственно в пахотном (подпахотном) слое почвы, увлажняя ее под действием в основном капиллярных сил;

внутрипочвенно-капельный, когда вода распределяется на локальных участках поля из пористых увлажнителей или микровыпусков непосредственно в основном под действием капиллярных сил;

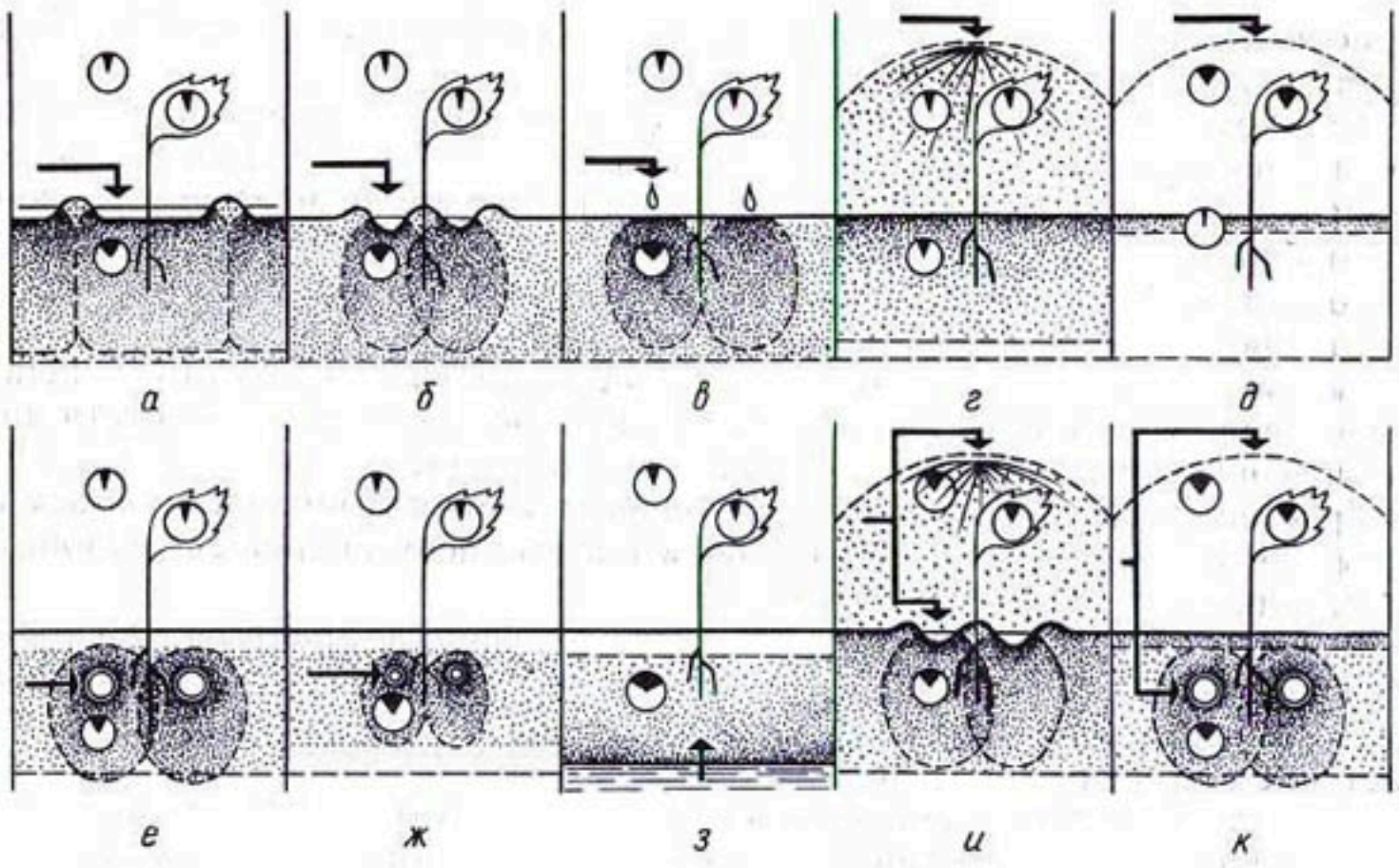


Рис. 1.2. Способы полива (классификационная схема):
а — поверхностный затоплением; *б* — поверхностный по бороздам; *в* — капельный; *г* — дождевание; *д* — аэрозольное увлажнение (мелкодисперсное дождевание); *е* — внутрипочвенный; *ж* — внутрипочвенно-капельный; *з* — подземный (субирригация); *и* — комбинированный дождевально-поверхностный; *к* — комбинированный дождевально-внутрипочвенный

подземный (субирригация), когда искусственно поднимают уровень грунтовых вод и увлажнение корнеобитаемого слоя почвы происходит за счет капиллярного подъема влаги;

комбинированный дождевально-поверхностный — частичное распределение воды по поверхности с увлажнением слоя почвы под действием гравитационных и капиллярных сил, а также в виде дождя или тумана в основном надземной части растений и приземного слоя воздуха;

комбинированный дождевально-внутрипочвенный, когда вода частично распределяется непосредственно в почвенном слое под действием в основном капиллярных сил и в виде искусственного дождя или тумана увлажняет приземный слой воздуха и надземную часть растений.

По территориальному признаку различают глобальное (традиционное) и локальное орошение.

Длительность и интенсивность воздействия на растение и среду в течение вегетационного периода, отдельных фаз развития растений и суточного цикла — определяющие характеристики процесса орошения. По степени приближения интенсивности водоподачи к интенсивности водопотребления орошение различают:

абсолютно синхронное — водоподача полностью соответствует изменяющейся интенсивности водопотребления на протяжении поливного периода и суточного цикла;

синхронное — монотонная водоподача в течение суток в соответствии со среднесуточной интенсивностью водопотребления;

асинхронное — интенсивность водоподачи больше мгновенной и среднесуточной интенсивности водопотребления.

Каждому способу полива присущи свои типы поливной техники, водоподводящей и водораспределительной сети. По типу водораспределения могут быть следующие технические решения оросительных систем:

водооборот между отдельными поливными устройствами или группами устройств, работающими в едином технологическом цикле, когда полив ими проводят поочередно;

аккумулирование объемов воды в специальных резервуарах непосредственно у поливных устройств или на водоподводящей к ним сети для обеспечения технологического процесса орошения;

простейшее вододеление без водооборота и аккумулирования объемов воды для одновременной непрерывной работы всех поливных устройств оросительной системы (участка).

Каждый способ имеет свою технологию полива, характеризующуюся последовательностью операций процесса водораспределения, степенью их механизации и автоматизации, особенностями контактов воды с растением и средой его обитания.

Технологии полива непрерывно совершенствуются. На смену высокоинтенсивным технологиям, в основном позиционного дождевания, пришли малоинтенсивные технологии дождевания — медленное, прерывистое, импульсное. Технология полива по сквозным бороздам постоянной струей характеризуется низкой равномерностью водораспределения и значительными потерями воды на сброс и глубинную фильтрацию. Она должна быть заменена новыми прогрессивными технологиями полива с переменным расходом поливной струи, дискретного (импульсного) водораспределения.

Несовершенных (неперспективных) способов полива нет. Несовершенной может быть технология этого способа. Каждая технология полива характеризуется величиной элементов техники полива (расход поливной струи, длина поливного элемента, интенсивность дождя и др.). Рациональное сочетание величин элементов техники полива устанавливают на основании теоретических расчетов, экспериментальных исследований и пробных поливов.

Природно-хозяйственные факторы или условия проведения поливов (водопроницаемость почвы, уклон, рельеф и др.) оказывают существенное влияние на величину элементов техники полива, поэтому их необходимо дифференцировать в зависимости от условий орошения. Степень оптимальности сочетаний элементов техники полива для определенных условий характеризуется показателями качества и надежности процесса полива, производительностью его труда, сбережением ресурсов.

Степень совершенства технологий и технических средств полива с позиций системного анализа должна оцениваться в составе оросительной системы и комплексной технологии возделывания сельскохозяйственных культур.

Оросительная система (ОС) — сложная, в ряде случаев многофункциональная система (рис. 1.3). Целевое назначение ОС — обеспечить высокую экономически обоснованную и устойчивую в экологическом отношении продуктивность сельскохозяйственного производства (рис. 1.4).

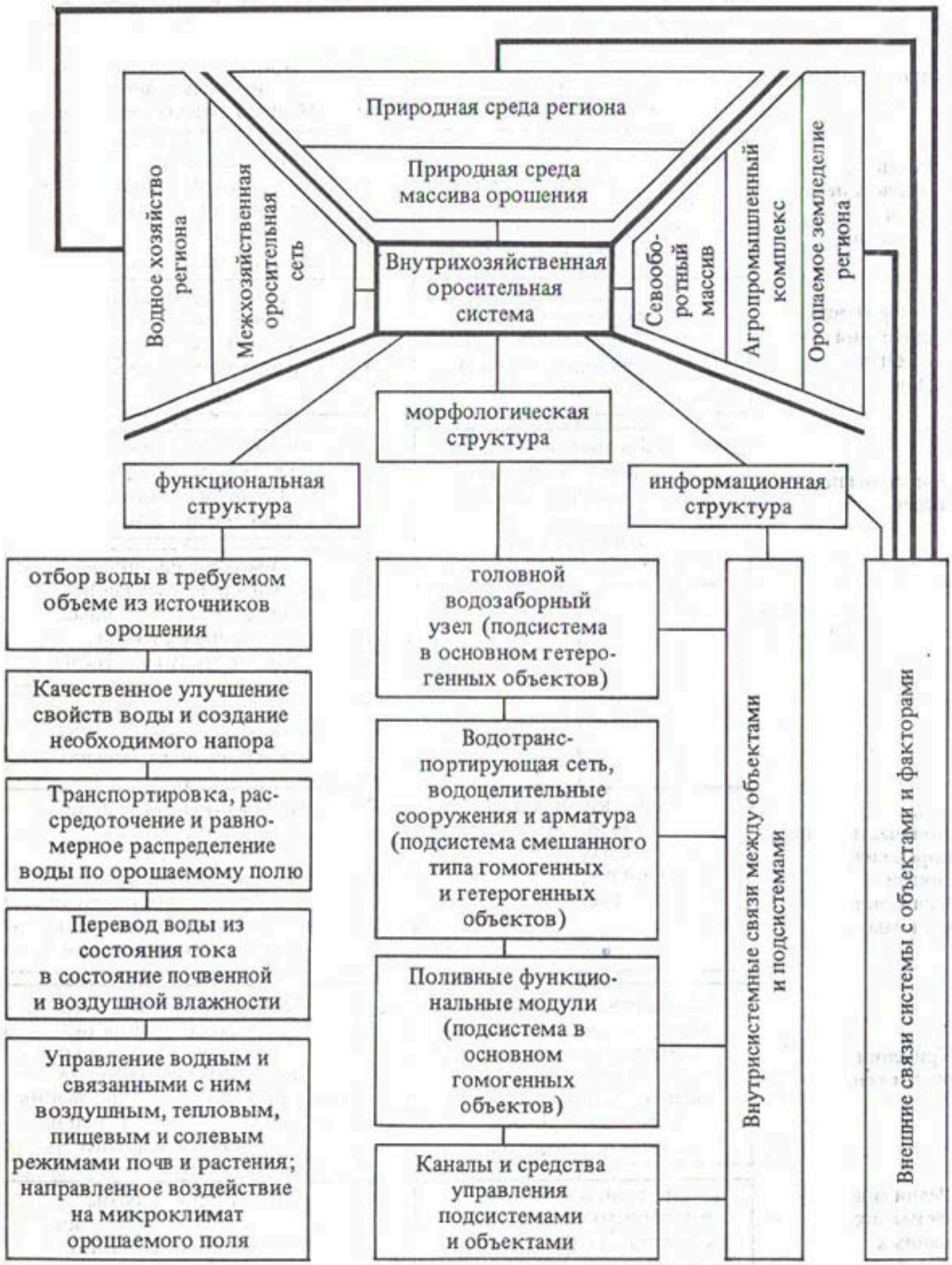


Рис. 1.3. Оросительная система (структурный анализ)

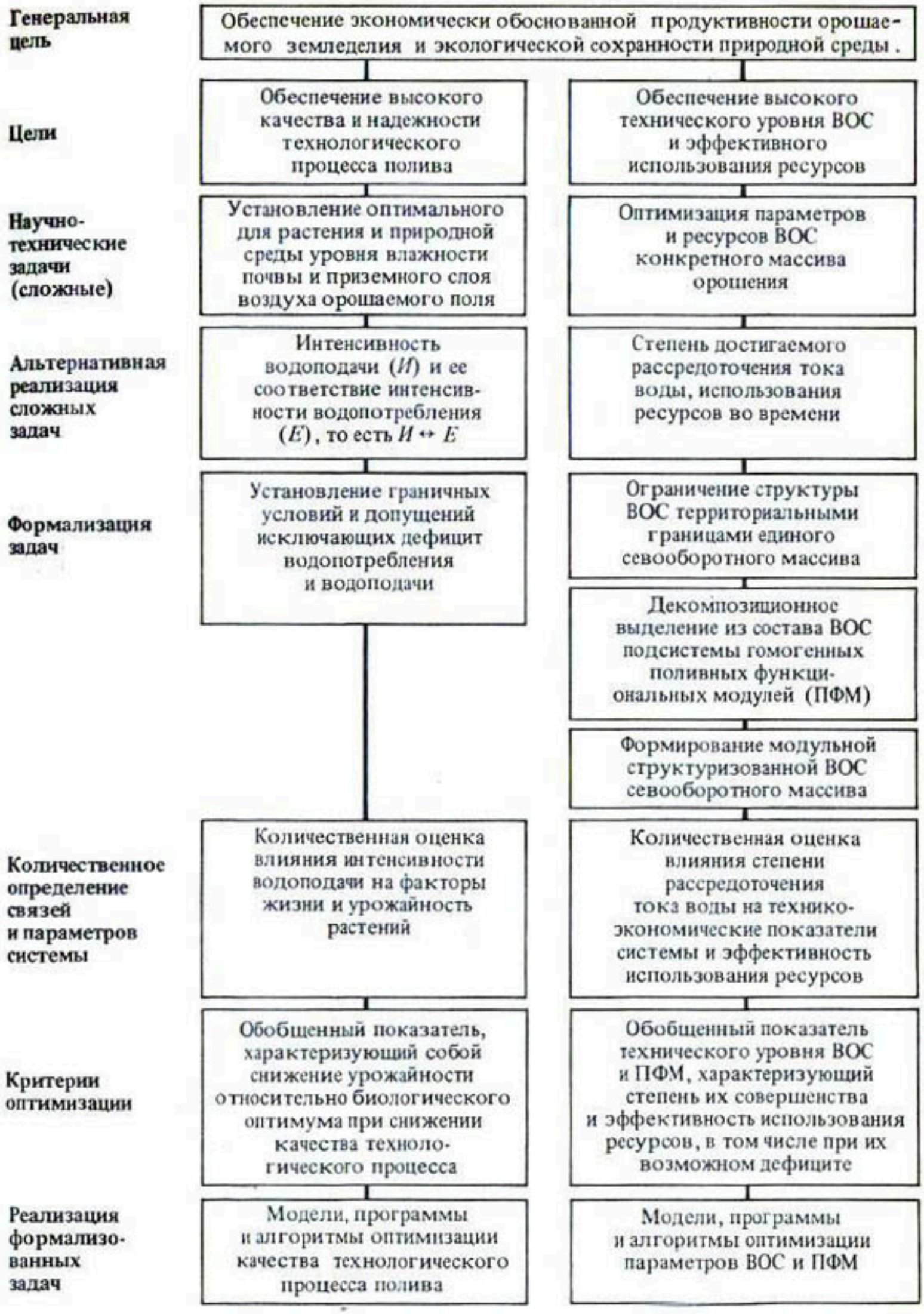


Рис. 1.4. Задачи оптимизации поливной техники в составе внутрихозяйственной оросительной системы

Степень совершенства внутрихозяйственной оросительной системы (ВОС), качество и надежность технологических процессов водозабора, водораспределения и полива, степень использования земельных, водных, трудовых, энергетических и материальных ресурсов зависят от ее свойств и параметров (см. рис. 1.3). Морфологическая структура ВОС включает подсистемы и объекты различного уровня: водозаборный и напорообразующий узел с устройством для качественного изменения свойств воды (гидроподкормщики, фильтры и др.), транспортирующие водоводы с сетевой арматурой (соединительной, регулирующей), водораспределяющие поливные устройства, каналы прямой и обратной связи между объектами и средства управления ими. Состав ОС тесно увязан и во многом обусловлен структурой агропромышленного предприятия, его подсистемами и объектами. В свою очередь, структурные единицы севооборотного массива территориально увязаны с подсистемами и объектами ОС, взаимно ограничивая друг друга.

Информационная структура ОС базируется на входных данных, получаемых как от внутренних подсистем и объектов, так и от объектов агропромышленной системы. Выходную информацию по результатам функционирования ОС используют для обеспечения высокой и устойчивой продуктивности орошаемого земледелия и эффективности водного хозяйства.

ВОС по морфологическим признакам объектов и составляющих ее подсистем относится к смешанному типу. Часть объектов (водозаборный и напорообразующий узел, транспортирующий узел, транспортирующие водоводы старшего порядка с водораспределительной арматурой и др.) неоднотипны или гетерогенны, другие — однотипны, то есть гомогенны (поливные устройства и машины, водоводы младшего порядка с различной арматурой и др.). Подсистему однотипных объектов, число которых на ВОС зависит от ее мощности и размеров и может изменяться от единицы до нескольких десятков и даже сотен, при определенных ограничениях можно рассматривать как самостоятельно функционирующую подсистему — модуль. Поливной функциональный модуль состоит из определенного множества объектов (поливная техника, оросительная сеть и др.) с набором связей между ними, характерными свойствами и параметрами.

Типовые технические решения поливной техники и оросительных систем разрабатывались в виде комплектов передвижного оборудования. В основу создания типовых проектных схем закладывался традиционный принцип конструктивной целостности, требующий индивидуальной переработки их применительно к конкретным природно-хозяйственным условиям.

Новые значительные возможности совершенствования ВОС открываются при переходе на прогрессивный модульный принцип их построения. В ряде отраслей народного хозяйства (судостроение, электронная промышленность и др.) широко применяют модульный или блочно-модульный принцип создания технических средств, обеспечивающий индустриализацию методов их создания и эксплуатации.

В качестве поливного функционального модуля (ПФМ) принято конструктивно и технически завершенное проектное решение оросительного комплекса, являющегося составной соединяемой частью внутрихозяйственной оросительной системы и включающего: единицу поливной тех-

ники или группу единиц ее, работающих в едином технологическом цикле; водопроводящую сеть, арматуру и сооружения; средства и каналы управления, размещенные на участке нормативного сезонного обслуживания этой техникой. На основании системного анализа выделено 150 типов ПФМ и более 1000 типоразмеров, характеризующихся общностью: модификации поливной техники, технологических схем ее работы, технических решений водопроводящей сети (рис. 1.5) и др.

Каждый ПФМ характеризуется регламентирующими картами: состава, применимости, монтажа и эксплуатации, в которых для каждого модуля задействованы основные показатели характеристик. Расчет регламентирующих карт ведут по программе автоматизированного проектирования ПФМ (рис. 1.6).

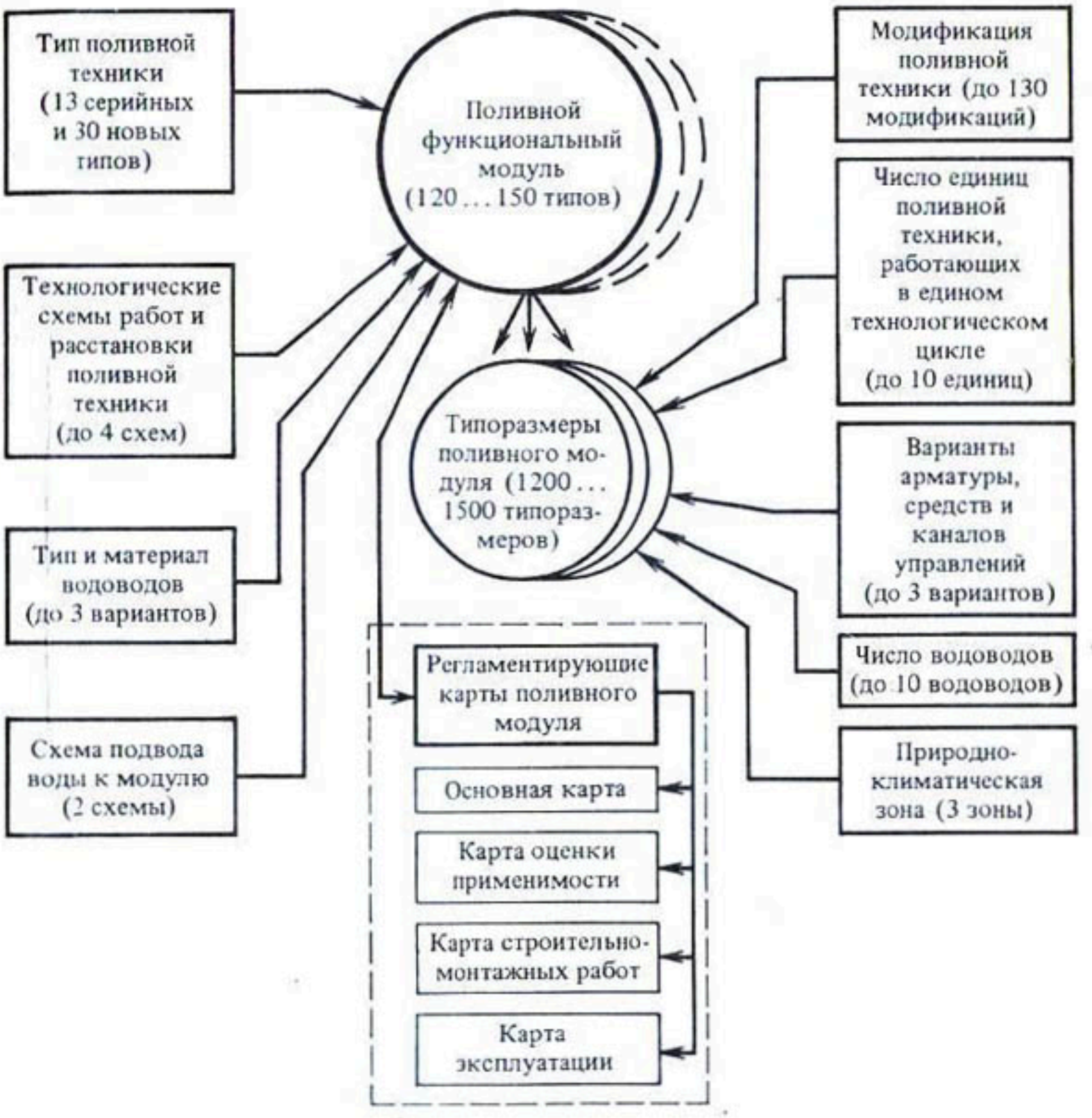


Рис. 1.5. Принципиальная схема оптимизации поливной техники на основе модульного принципа

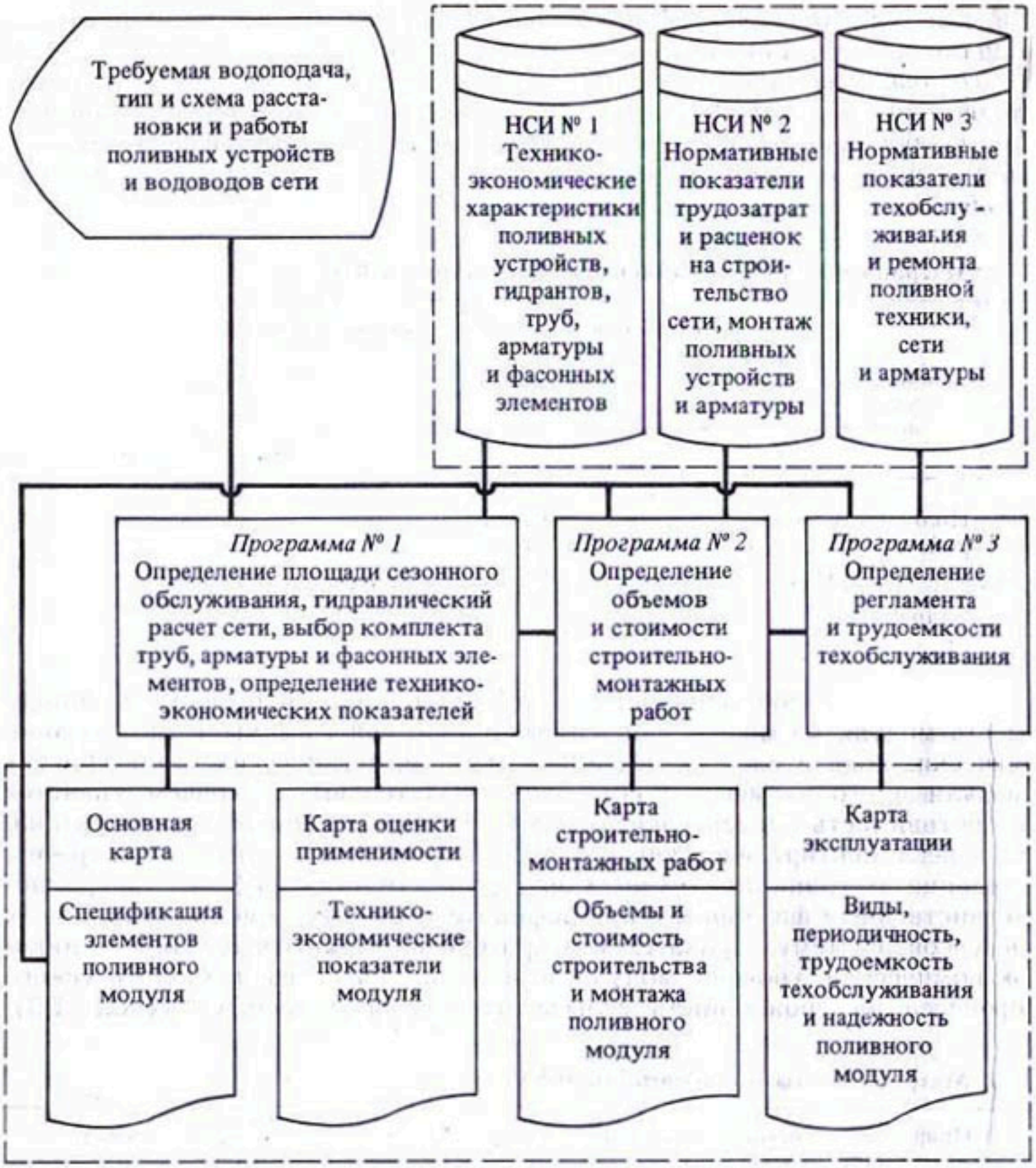


Рис. 1.6. Схема автоматизированного проектирования поливного функционального модуля

Номенклатура модулей охватывает в основном все технически осуществимые и экономически целесообразные решения механизированного подвода и распределения воды на поле (типаж поливной техники, технологии ее работы, схемы сети и подвода воды, материал и т. п.). Число типоразмеров принято минимально необходимым и достаточным для применения модуля в широком диапазоне изменения природно-хозяйственных показателей. Для этого типоразмеры сгруппированы по климатическим зонам из условия обеспечения ими требуемой водопода-

чи, которая составляет для аридной зоны 100 м^3/га в сутки, для субаридной — 80, для гумидной — 60 м^3/га в сутки.

Основная регламентирующая карта содержит геометрические и расходно-напорные характеристики, спецификацию комплектующих элементов и обобщенную графическую схему модуля с указанием оборудования сети, места водоподачи, расстановки поливных устройств, арматуры (табл. 1.2).

1.2. Матрица основной регламентирующей карты ПФМ

Спецификация модуля и его типоразмеров						
№	наименование элементов модуля	масса элемента	стоимость элемента	число элементов в типоразмерах		
				1	2	i
1	Поливное устройство	m_1	C_1	$n_{1,1}$	$n_{1,2}$	$n_{1,j}$
2	Звено трубы	m_2	C_2	$n_{2,1}$	$n_{2,2}$	$n_{2,j}$
i	Гидрант	$\frac{m_i}{\Sigma m}$	$\frac{C_i}{\Sigma C}$	$n_{i,1}$	$n_{i,2}$	$n_{i,j}$

Высокая информативность, а следовательно, полезность и значимость модуля во многом зависят от выбранной системы технико-экономических показателей (ТЭП) и полноты параметрических характеристик модуля и его элементов. При этом обязательным условием является сопоставимость показателей модулей. Эта группа признаков реализована в регламентирующей карте оценки применимости, которая содержит: сведения о границах технической применимости ПФМ по природно-хозяйственным факторам и при дефиците трудовых, земельных и водных ресурсов; систему показателей и критериев, характеризующих технико-экономический уровень модуля и влияние качества технологического процесса на урожайность сельскохозяйственных культур (табл. 1.3).

1.3. Матрица карты применимости ПФМ

Природно-хозяйственные условия применимости модуля			Технико-экономические условия применимости типоразмеров модуля				
№	наименование фактора	границы применимости модуля	№	наименование показателя	значение показателя по типоразмерам модуля		
					1	2	i
1	Скорость ветра	v_{max}, v_{min}	1	Материалоемкость	$m_{1,1}$	$m_{1,2}$	$m_{1,j}$
2	Уклон	i_{max}, i_{min}	2	Трудоемкость	$П_{2,1}$	$П_{2,2}$	$П_{2,j}$
3	Водопроницаемость почв	K_{max}, K_{min}	3	Энергоемкость	$g_{3,1}$	$g_{3,2}$	$g_{3,j}$
i	Высота надземной части растений	H_{max}, H_{min}	i	Приведенные затраты	$ПЗ_{i,1}$	$ПЗ_{i,2}$	$ПЗ_{i,j}$

Система ТЭП содержит удельные материалоемкость, капиталоемкость и энергоемкость, нагрузку на одного оператора, приведенные затраты, коэффициент земельного использования (КЗИ), коэффициент полезного действия (КПД), коэффициент использования во времени основных фондов (КПИ), показатель надежности, показатель качества технологического процесса.

Полнота параметров, характеризующих ПФМ, как и любого объекта, определяется количеством и качественным составом сведений о нем. В регламентирующих картах одного «среднего» по сложности ПФМ задействовано более 100 наименований показателей и приведено более 700 численных и графических характеристик его.

Карта строительно-монтажных работ (табл. 1.4) содержит сведения об объемах, трудоемкости, стоимости основных видов строительных и монтажных работ ПФМ, составе механизмов и машин, используемых при его строительстве, схемы привязки конструктивных элементов модуля в вертикальной плоскости и его деталировку.

1.4. Матрица строительно-монтажной карты ПФМ

№	Наименование вида работ	Состав орудий и машин	Объем и стоимость работ по типоразмерам модуля		
			1	2	i
1	Земляные	Q_1; Q_2	$V_{1,1}$; $C_{1,1}$	$V_{1,2}$; $C_{1,2}$	$V_{1,i}$; $C_{1,i}$
2	Бетонные	O_3; O_4	$V_{2,1}$; $C_{2,1}$	$V_{2,2}$; $C_{2,2}$	$V_{2,i}$; $C_{2,i}$
i	Монтаж оборудования	O_5	$V_{i,1}$; $C_{i,1}$	$V_{i,2}$; $C_{i,2}$	$V_{i,i}$; $C_{i,i}$

В *карте эксплуатации* (табл. 1.5) приведены техническое обслуживание ПФМ (виды, периодичность, трудоемкость), сроки службы, показатели, характеризующие его надежность, нагрузка на машиниста-оператора и специализированое звено по техническому обслуживанию.

1.5. Матрица карты технического обслуживания

Виды и периодичность технического обслуживания	№	Наименование элементов модуля	Показатели надежности		Трудоемкость восстановления по типоразмерам		
			срок службы	наработка на отказ	1	2	i
ТО-1	1	Поливное устройство	T_1	t_1	$\Delta t_{1,1}$	$\Delta t_{1,2}$	$\Delta t_{1,i}$
ТО-2	2	Гидрант	T_2	t_2	$\Delta t_{2,1}$	$\Delta t_{2,2}$	$\Delta t_{2,i}$
ТО-3	i	Водовод	T_i	t_i	$\Delta t_{i,1}$	$\Delta t_{i,2}$	$\Delta t_{i,i}$

Типизация поливной техники в составе оросительного комплекса на основе модульного принципа создает рельные условия для индустриализации методов проектирования, комплектации, поставка и монтажа оборудования, строительства и эксплуатации технически со-

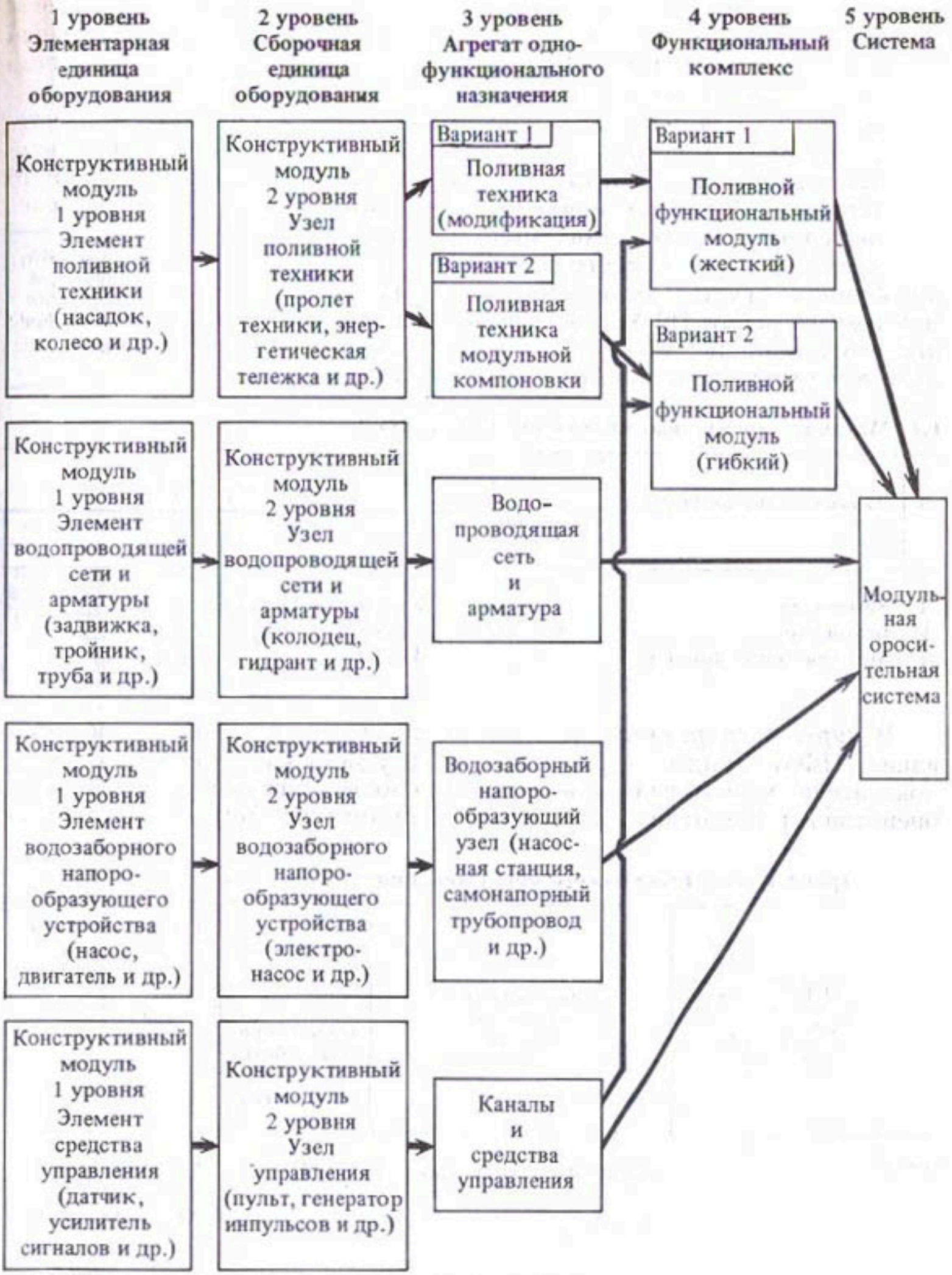


Рис. 1.7. Иерархия модулей оросительной системы

вершенных оросительных систем (рис. 1.7), а также возможность перехода на прогрессивные технологии каталожного и автоматизированного проектирования ВОС в целом (рис. 1.8).

1.2. ТРЕБОВАНИЯ К ТЕХНИКЕ ОРОШЕНИЯ

Полив — сложный и трудоемкий агротехнический прием. Неразрывны и многогранны связи полива с другими постоянно совершенствующимися агроприемами, что во многом предопределяет высокие и разносторонние требования к технике его осуществления.

Современный этап развития сельскохозяйственных мелиораций имеет свои характерные особенности, учет которых необходим при формировании требований к технике орошения.

В первую очередь следует отметить высокие темпы перехода от богарного земледелия к орошаемому, в том числе в зонах неустойчивого увлажнения, использование в которых имеющегося опыта орошения и освоения земель в традиционных зонах неправомерно. Крупномасштабное орошение и, как следствие этого, существенное изменение соотношения между богарными и орошаемыми землями в отдельных регионах и массивах привели к необходимости учета сложных вопросов обеспечения экологического равновесия в природе.

Другое важное обстоятельство, характеризующее современный этап интенсификации развития сельскохозяйственных мелиораций, — ресурсосбережение. Экономное использование трудовых, земельных и водных, а также энергетических материальных ресурсов с учетом роста дефицита последних должно явиться основой развития сельскохозяйственных мелиораций на ближайшую и дальнюю перспективу. Намеченный рост орошаемых земель в ряде экономических районов страны будет происходить в условиях отсутствия или слабого прироста рабочей силы. Для ряда районов определяющим будет и уже сейчас является дефицит пресной воды. Поэтому снижение потерь воды и повышение продуктивности ее использования при орошении становятся особенно актуальными, а требования к технике полива и водоподводящей сети еще более высокими.

На все виды дождевальной и поливной техники разработаны и утверждены агротехнические требования, срок действия которых ограничен, так как техника непрерывно совершенствуется, а следовательно, и повышаются требования к ней. Частные требования к конкретной дождевальной или поливной машине базируются на более общих требованиях сельскохозяйственного производства к технике орошения.

Требования сельскохозяйственного производства к технике орошения должны соответствовать ее целевому назначению (см. рис. 1.6).

Целесообразно выделить следующие три основные группы требований к технике орошения (табл. 1.6): агробиологические (оптимальные условия снабжения растений водой), почвенно-мелиоративные и экологические (сохранение и улучшение плодородия почв, мелиоративного их состояния), организационно-хозяйственные (высокоэффективное использование поливной техники, всех природных и материальных ресурсов, рациональная организация территории труда и водопользования на орошаемых полях без ухудшения условий проведения других агроприемов по уходу за растениями).

1.6. Требования сельскохозяйственного производства к технике орошения

Наименование требований	Принятые показатели для регламентации требований	Рекомендуемые значения показателя, границы изменения
	Агробиологические требования	
Подача воды в нужном количестве и в требуемые для растений сроки в соответствии с биологическими фазами их развития	Параметры режима орошения (поливная норма, межполивной период). Степень соответствия поливной нормы (m) и эвапотранспирации за контролируемый период вегетации (ET)	$\frac{m}{ET} = 1 \pm 0{,}05$
Малоинтенсивное (бесстрессовое) воздействие процесса орошения на растения за счет снижения интенсивности водоподачи	Интенсивность водоподачи (U), степень соответствия интенсивности водоподачи и интенсивности водопотребления (U/E)	1...50
Равномерное распределение воды на поле и по почвенным горизонтам на глубину распространения корневой системы растений	Коэффициенты эффективного (K_{ef}), недостаточного (K_{us}) и избыточного (K_{ov}) полива	$K_{ef} \geqslant 0{,}7$; $K_{us} \leqslant 0{,}15$; $K_{ov} \leqslant 0{,}15$
	Показатель снижения урожайности, в долях единицы из-за неравномерности полива	0,9...1
Обеспечение растения комфортными условиями по влагосодержанию в почве и приземном слое воздуха, соответствующими агробиологическим особенностям его развития	Оптимальное для растения соотношение частей оросительной (поливной) нормы, идущей на увлажнение приземного слоя воздуха и почвенного слоя	0,1...10
Сохранность растений от механических повреждений (поломка стеблей, нарушение корневой системы и др.) в процессе подготовки и проведения полива, а также недопущение отрицательного воздействия на растения тока воды и дождевых капель (полегаемость, угнетение всходов, нарушение цветения)	Коэффициент повреждаемости растений в процессе подготовки и проведения поливов	$\leqslant 0{,}5...2\ \%$
	Среднекубический диаметр капель дождя (d_m) и их кинетическая энергия	$d_m \leqslant 1$ мм
Обеспечение возможности подачи непосредственно к листьям растений воды и растворенных в ней элементов минерального питания, ядохимикатов (пестицидов)	Степень увлажнения листовой поверхности в процессе внесения поливной воды способом дождевания, в том числе растворенными в ней химическими веществами (в долях 1)	0,4...1

Продолжение

Наименование требований	Принятые показатели для регламентации требований	Рекомендуемые значения показателя, границы изменения
Почвенно-мелиоративные и экологические требования		
Обеспечение возможности создания и поддержания в почвенном слое оптимального уровня влажности и аэрации для сохранения структуры и водопрочности почвенных агрегатов, активной жизнедеятельности микроорганизмов в почвообразовательном процессе и повышения плодородия почв	Оптимальное содержание влаги (W_{opt}) и воздуха (S_{ar}) в порах почвы и допустимое отклонение (Δ) в процессе орошения	$W_{opt} = 70...90$ % скважности; $S_{ar} = 10...30$ % скважности; $\Delta = \pm 5$ %
Предотвращение подъема уровня грунтовых вод, образования верховодки и заболачивания почвы за счет малоинтенсивной нормированной водоподачи при орошении, исключения (снижения) потерь воды на сброс и глубинную фильтрацию	Подъем уровня грунтованных вод (ΔH) при орошении за год (оросительный сезон) от исходного состояния (H). Соответствие плановой и фактической водоподачи за контролируемый период (сезон, поливной период)	$\frac{H}{H - \Delta H} \leqslant 1{,}03$
Предупреждение водной эрозии почв током воды при ее распределении на поверхности (борозде)	Соответствие скорости перемещения потока в поливной полосе, борозде (v_i), критически допустимой из условия неразмываемости почвы (v_{cr})	$v_i \leqslant v_{cr}$
Предупреждение лужеобразования при дождевании и стока со всеми вытекающими последствиями (пестрота увлажнения, переувлажнение пониженных участков, водная эрозия)	Соответствие средней интенсивности дождя (ρ_m) и средней скорости впитывания воды в почву (K_m)	$\rho_m \leqslant K_m$
Обеспечение возможности аккумулирования части естественных осадков при их выпадении сразу после завершения полива за счет малоинтенсивного и дробного внесения поливных норм	Аккумулирующая способность почвенного слоя к началу послеполивного периода без поверхностного стока и глубинных утечек	$\geqslant 15...25$ мм
Обеспечение возможности внесения в почву вместе с поливной водой минеральных и ор-	Коэффициент равномерности распределения удобрений и средств химиза-	0,6...1

ганических удобрений, микроэлементов, химмелиорантов, гербицидов	ции по площади при многоцелевом орошении	
Предотвращение подъема солей в верхние горизонты почвы при увлажнительных поливах	Увеличение содержания солей в верхних горизонтах почвы, % исходного состояния за 1 год эксплуатации оросительной системы	0...2
Обеспечение выноса солей в дренажную сеть при промывных поливах	Вынос солей из почвенного слоя, % исходного состояния за промывной полив	>20
Сохранение при орошении структуры и водопрочности почвенных агрегатов, повышение плодородия почвы за счет поддержания в ней оптимального уровня влажности и аэрации	Изменение содержания гумуса в почве при орошении за год исходного состояния	$\geqslant 0{,}97$
	Организационно-хозяйственные требования	
Эффективное использование земельных ресурсов, снижение потерь площади под оросительной сетью и поливной техникой	Коэффициент земельного использования	$\geqslant 0{,}97$
Эффективное использование водных ресурсов, снижение потерь воды на сброс и глубинную фильтрацию	Коэффициент полезного действия техники полива (η) $\eta = \frac{Q_{nt}}{Q_{nt}+\Delta Q_l}$, где Q_{nt} — водоподача нетто; ΔQ_l — потери воды на сброс и фильтрацию	0,8...1
Снижение трудоемкости процесса полива, повышение производительности и прогрессивное изменение характера труда поливальщика	Трудоемкость процесса полива на 1 тыс. м^3 поданной воды	$\leqslant 2$ ч
	Уровень механизации (автоматизации) процесса орошения — отношение продолжительности операций, выполняемых механизированно ($T_м$), к общей продолжительности операций, выполняемых механизированно и вручную ($T_т$)	$\frac{T_м}{T_т+T_м} = 0{,}5...1$
Снижение энергоемкости процесса орошения	Затраты энергии (энергоемкость) на подъем (H) 1 тыс. м^3 поливной воды, кВт·ч:	

Продолжение

Наименование требований	Принятые показатели для регламентации требований	Рекомендуемые значения показателя, границы изменения
	при дождевании	$E_H \leqslant 500...1500$
	при поверхностном, капельном и внутрипочвенном орошении	$E_H \leqslant 50...200$
	$E_H = 2{,}72(H/\eta)$, где η — КПД насосно-силового оборудования	
Обеспечение высокой надежности технологического процесса орошения и долговечности оборудования оросительных систем	Коэффициент готовности поливного оборудования (K_{av})	$K_{av} \geqslant 0{,}96$
	Срок службы поливного оборудования (T_{us})	$T_{us} \geqslant 8$ лет
Снижение материалоемкости оросительных систем	Удельная материалоемкость, т/га: стационарные системы	0,5...1
	полустационарные »	0,1...0,6
Снижение капиталоемкости внутрихозяйственной части оросительных систем	Удельная капиталоемкость, тыс. р/га: стационарные системы	1...3
	полустационарные »	0,2...1,5
Эффективное использование во времени поливной техники и водопроводящей сети	Коэффициент использования технологического оборудования во времени — отношение времени полезного использования (T_{us}) к общему времени (T_{tot})	0,3...1
Исключение ухудшения условий проведения других агроприемов, и в том числе механизированных обработок посевов при орошении	Снижение (%) по сравнению с нормативом производительности тракторных агрегатов при механизированных обработках посевов при орошении	До 10

Техника орошения должна обеспечивать:

малоинтенсивное длительное и положительное воздействие на растение, почву и приземный слой воздуха за счет снижения интенсивности водоподачи и приближения ее величины к интенсивности водопотребления;

исключение потерь воды на сброс и глубинную фильтрацию и доведение КПД техники орошения до максимально возможного значения (0,98);

высокое качество технологического процесса полива за счет равномерного (с коэффициентом эффективного полива более 0,7) распределения воды по всей орошаемой площади, исключения лужеобразования от стока воды по поверхности при искусственном дождевании, а также нарушения структуры и ухудшения водно-физических и физико-механических свойств верхних горизонтов почвы;

высокую надежность технологического процесса полива и доведение коэффициента готовности дождевальных машин и поливного оборудования до 0,98...1, исключение аварийного сброса воды;

возможность продуктивного использования вероятных естественных осадков слоем до 15...20 мм и поддержание аккумулирующей способности верхних горизонтов на соответствующем уровне за счет малоинтенсивного и дробного внесения поливных норм (m), существенно не превышающих среднесуточную эвапотранспирацию (ε), $m = (1...10)\varepsilon$;

возможно малый (0...20 % НВ) диапазон изменения уровня управляемого фактора (влажность почвы), исключающий интенсивный перенос солей в верхние горизонты почвы, что имеет место при значительных колебаниях влажности почвы перед (60...70 % НВ) и после каждого полива (100 % НВ);

аккумуляцию воды не только в почвенном слое, но и в приземном слое воздуха (влажность воздуха при длительном малоинтенсивном дождевании повышается на 5...15 % и соответственно снижаются испарение с поверхности почвы, перенос солей в ее верхние горизонты);

возможность изменения в зависимости от погодных условий года водоподачи в широком диапазоне (от 0 до 100 $м^3$/сут) на протяжении вегетации, а также в осенний и весенний периоды для увеличения влагозапасов в почве при недостаточности осенне-зимних и ранневесенних осадков;

возможность во влажные годы за счет уменьшения водопотребления орошения прилегающей к ОС условно богарной территории без существенной реконструкции водоподводящей сети;

дозированное внесение вместе с поливной водой минеральных и органических удобрений, микроэлементов и химмелиорантов для восстановления и повышения естественного плодородия почв;

оперативное управление поливом, оптимизацию и строгое выдерживание сроков и норм полива с учетом складывающихся погодных условий на основе использования современных средств автоматизации и микропроцессорной техники.

1.3. ТЕРРИТОРИАЛЬНОЕ РАЗМЕЩЕНИЕ ПОЛИВНОЙ ТЕХНИКИ, ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ ЕЕ ВИДОВ ДЛЯ КОНКРЕТНОГО МАССИВА ОРОШЕНИЯ

Орошаемые земли находятся в умеренно холодном, умеренном и умеренно теплом (субтропическом) почвенно-биоклиматических поясах (рис. 1.9). Орошаемые земли имеются практически во всех союзных республиках. Однако удельный вес их в общем фонде сельскохозяйственных угодий, за исключением республик Средней Азии и Закавказья, невысок (8 %).

В гумидной зоне преобладающим является дождевание (90 %), в аридной — поверхностный способ полива (98 %). В субаридной зоне применяют как дождевание (53 %), так и поверхностный способ полива (47 %).

Наиболее широко дождевание развито:

в южной зоне, характеризующейся неравномерностью распределения осадков как по годам, так и в течение сезона, а также наличием легких почв песчаного и супесчаного механического состава;

в лесостепной зоне, характеризующейся увеличением повторяемости засушливых лет, сравнительно небольшими поливными нормами и широким развитием эрозии почв и изрезанностью рельефа;

в степной зоне, характеризующейся значительной повторяемостью засушливых лет (23...75 %), наличием черноземных почв с хорошей

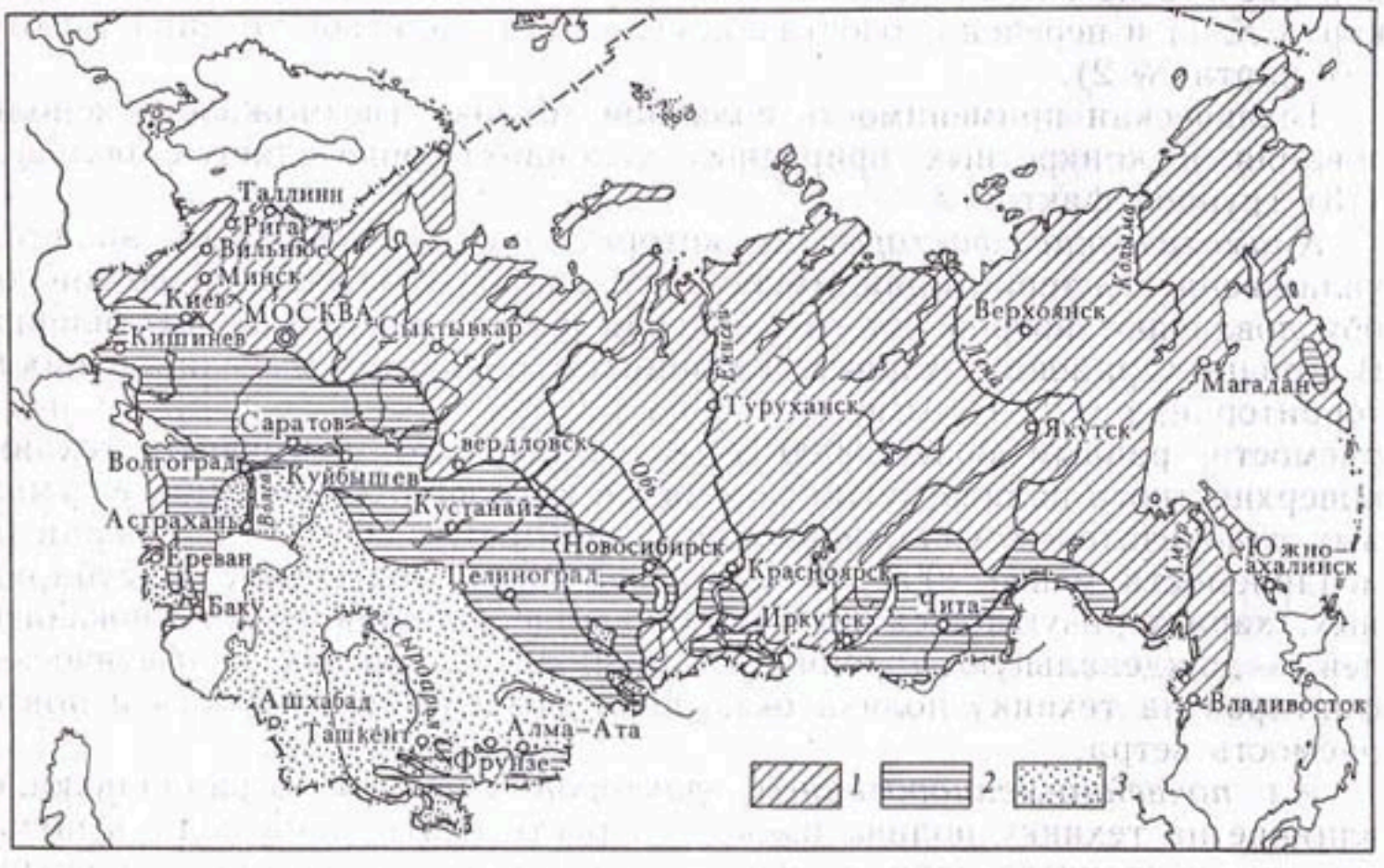


Рис. 1.9. Зоны увлажненности территории СССР:
1 — гумидная (избыточно увлажненная, влажная); *2* — субаридная зона (полувлажная, полузасушливая, засушливая, очень засушливая); *3* — аридная зона (полусухая, сухая, очень сухая)

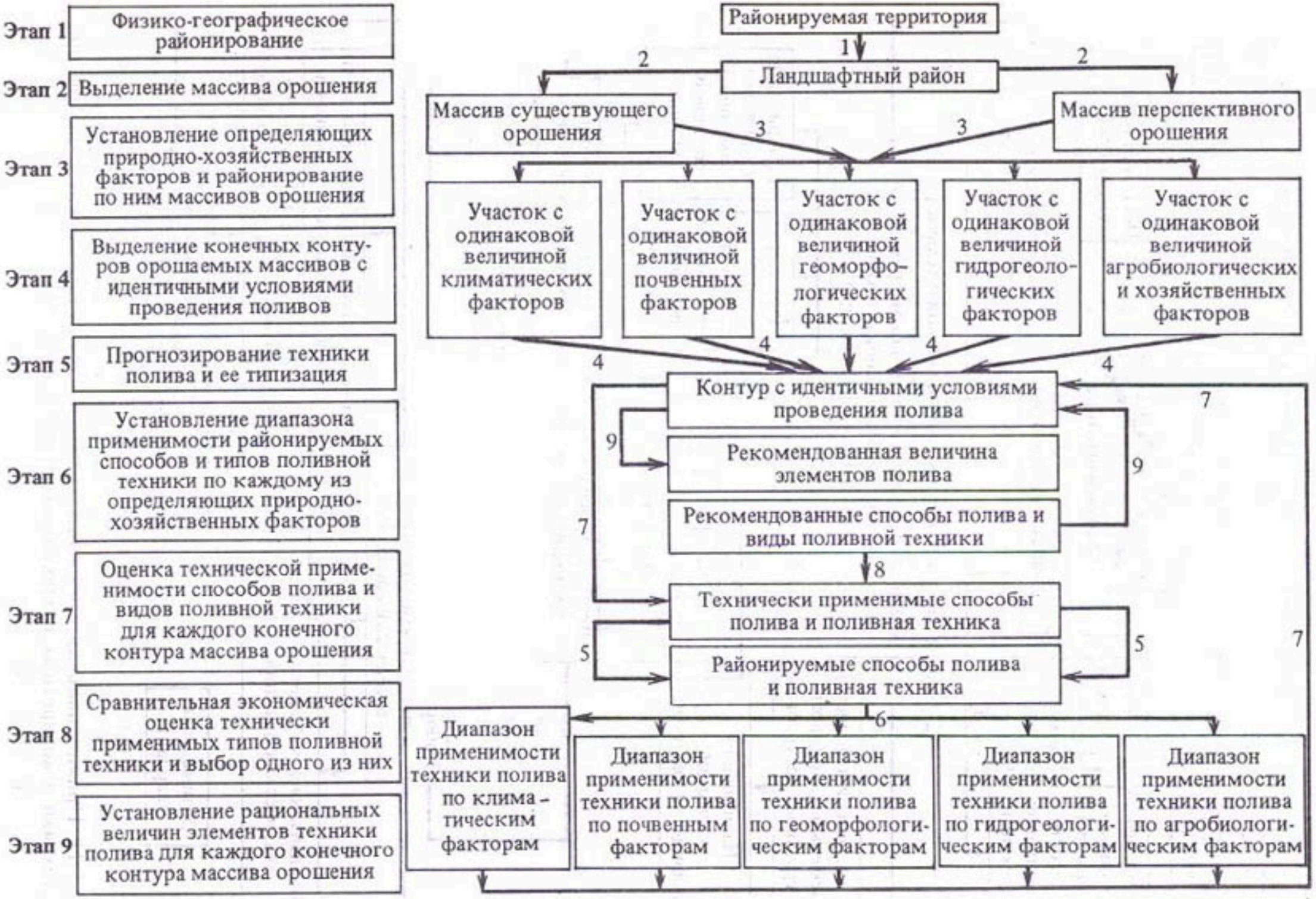


Рис. 1.10. Принципиальная схема районирования территории по способам и технике полива

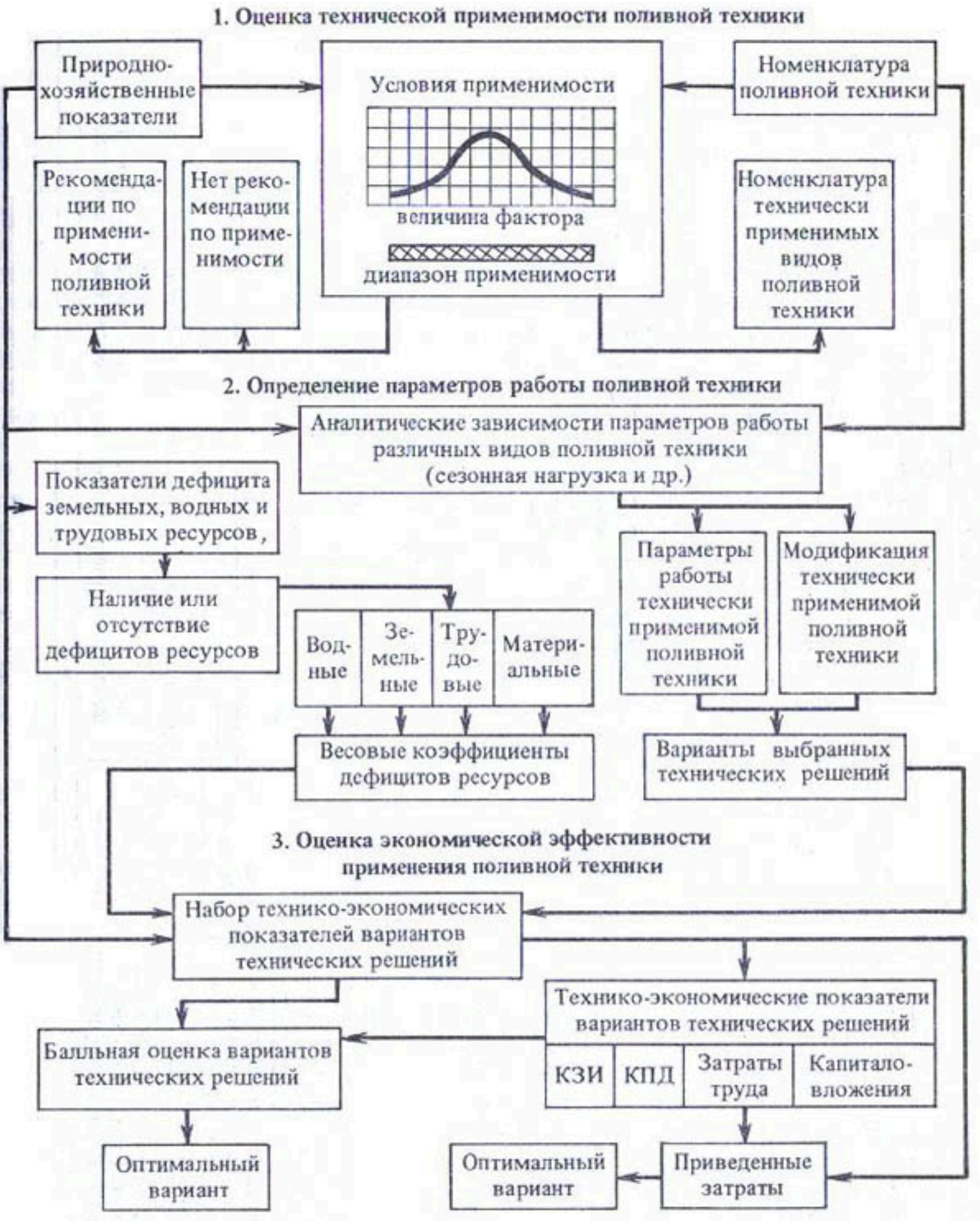


Рис. 1.11. Принципиальная схема оценки применимости при помощи ЭВМ поливной техники в конкретных природно-хозяйственных условиях

распределения по орошаемой площади. Дождевание не рекомендуется применять на почвах слабой водопроницаемости (менее 55 см за первый час) из-за невозможности промачивания почвы на требуемую глубину без образования на поверхности луж и стока воды. На мелиоративно неблагоприятных землях необходимо создавать увлажнительно-промывочный режим с нисходящим водным током. При дождевании, внутрипочвенном орошении такой режим создать сложно.

Из *геоморфологических факторов* непосредственное воздействие на технику полива имеют уклон местности и степень выровненности поверхности почвы. Они ограничивают применение почти всех видов техники поверхностного полива и отдельных видов дождевальной техники (ДДА-100М, ДДН-70 и др.).

Агробиологические и хозяйственные факторы весьма разнообразны и оказывают существенное влияние на применение поливной техники. Высота надземной части растений ограничивает применение машин с малым клиренсом. Наличие на территории естественных и искусственных преград (лесополос, линий электропередач и др.) ограничивает применение в основном широкозахватной техники. В малообжитых районах с дефицитом трудовых ресурсов нецелесообразно применение малопроизводительной техники, в маловодных районах — техники с открытой водопроводящей сетью, в районах с ограниченными земельными ресурсами — техники с низким КЗИ.

Сопоставляя заложенный в ЭВМ банк данных по оценке технической применимости всех серийных и новых видов поливной техники с показателями, характеризующими данный массив орошения (исходная карта № 1), выбирают технически применимые виды поливной техники.

Решение задач по второму этапу программы заключается в установлении параметров работы технически применимых видов поливной техники (на основании использования существующих нормативов и технико-эксплуатационных характеристик поливной техники).

Третий этап работы программы заключается в применении наиболее экономичных типов машин и оборудования из вариантов технических решений, полученных на предыдущих этапах. Для предпроектных и проектных работ на основе анализа технико-экономических показателей средств механизации полива и присущих им элементов ВОС (банк технико-экономических показателей) проводят оценку и ранжирование поливной техники по критерию сравнительной эффективности и приведенным затратам.

В ряде случаев для планирования орошения в новых регионах и прогнозного районирования территории по способам и технике полива необходима оценка по комплексному показателю ее работы и уровню использования ресурсов в конкретных природных условиях.

Разработаны жесткая и гибкая программы комплексной оценки эффективности поливной техники с учетом дефицита каждого из ресурсов с установлением дифференцированных показателей их значимости.

Наличие дефицита любого из ресурсов определяется соотношением

$$DR_{\min} < DR_i < DR_{\max} \tag{1.1}$$

или

$$\frac{DR_i - DR_{\min}}{DR_{\max} - DR_{\min}}, \tag{1.2}$$

где DR_i, DR_{max}, DR_{min} — соответственно значение i-го ресурса в регионе, верхнее и нижнее его граничные значения по всем регионам.

Весовой коэффициент i-го ресурса при этом устанавливают по его дефициту из условия, что сумма весовых коэффициентов всех ресурсов составляет 1.

В результате апробации выявлена высокая (более 80 %) сходимость результатов выбора поливной техники по разработанной программе с использованием ЭВМ и технических решений, рекомендованных проектными и научно-исследовательскими организациями страны.

Трудоемкость выбора поливной техники с помощью ЭВМ, по данным проектных институтов, сократилась в 300...600 раз, а затраты средств — в 11 раз. Например, на выбор поливной техники при предпроектных и проектных работах в регионе Поволжья затрачено более 300 ч на один севооборотный массив площадью до 1,5 тыс. га, а на подготовку исходных данных и на такой же детальный расчет на ЭВМ ЕС-1022 — не более 30 мин, что повысило не только производительность, но и качество проектирования за счет многовариантных проработок.

Разработаны методические основы и алгоритмы для модульной компоновки широкозахватной дождевальной и поливной техники в привязке к конкретному массиву орошения. Поливная техника комплектуется из конструктивных модулей (унифицированных сборочных единиц), выпускаемых заводом. Такой «гибкий» функциональный модуль позволяет существенно повысить эффективность использования поливной техники за счет оптимизации ее конструктивных параметров и рационального территориального размещения.

1.4. ВЗАИМОСВЯЗЬ ТЕХНИКИ И РЕЖИМА ОРОШЕНИЯ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА УРОЖАЙНОСТЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Режим орошения и техника полива как категории, определяющие интенсивность и длительность воздействия оросительных мелиораций на растение и среду его обитания (почва, приземный слой воздуха), тесно и неразрывно связаны друг с другом. Взаимовлияние их многогранно и не исчерпывается основным назначением техники полива — осуществить заданный режим орошения (рис. 1.12).

Урожайность растений существенно зависит от водного фактора. Для получения максимального урожая ($У_{max}$) при определенном агрофоне и метеообстановке растению должны быть созданы комфортные условия увлажненности почвы и приземного слоя воздуха.

Влияние факторов жизни растений на урожай, или его прирост, в общем случае может быть выражено зависимостью:

$$\varepsilon = \Delta У_{max} \prod_{i=1}^{n} [1-(1-f_i)^2], \qquad (1.3)$$

где $\Delta У_{max}$ — максимальный прирост (урожай) при оптимальном обеспечении всеми факторами; f_i — относительная величина i-го фактора (отношение фактической его величины к оптимальной); n — число факторов, влияющих на урожай.

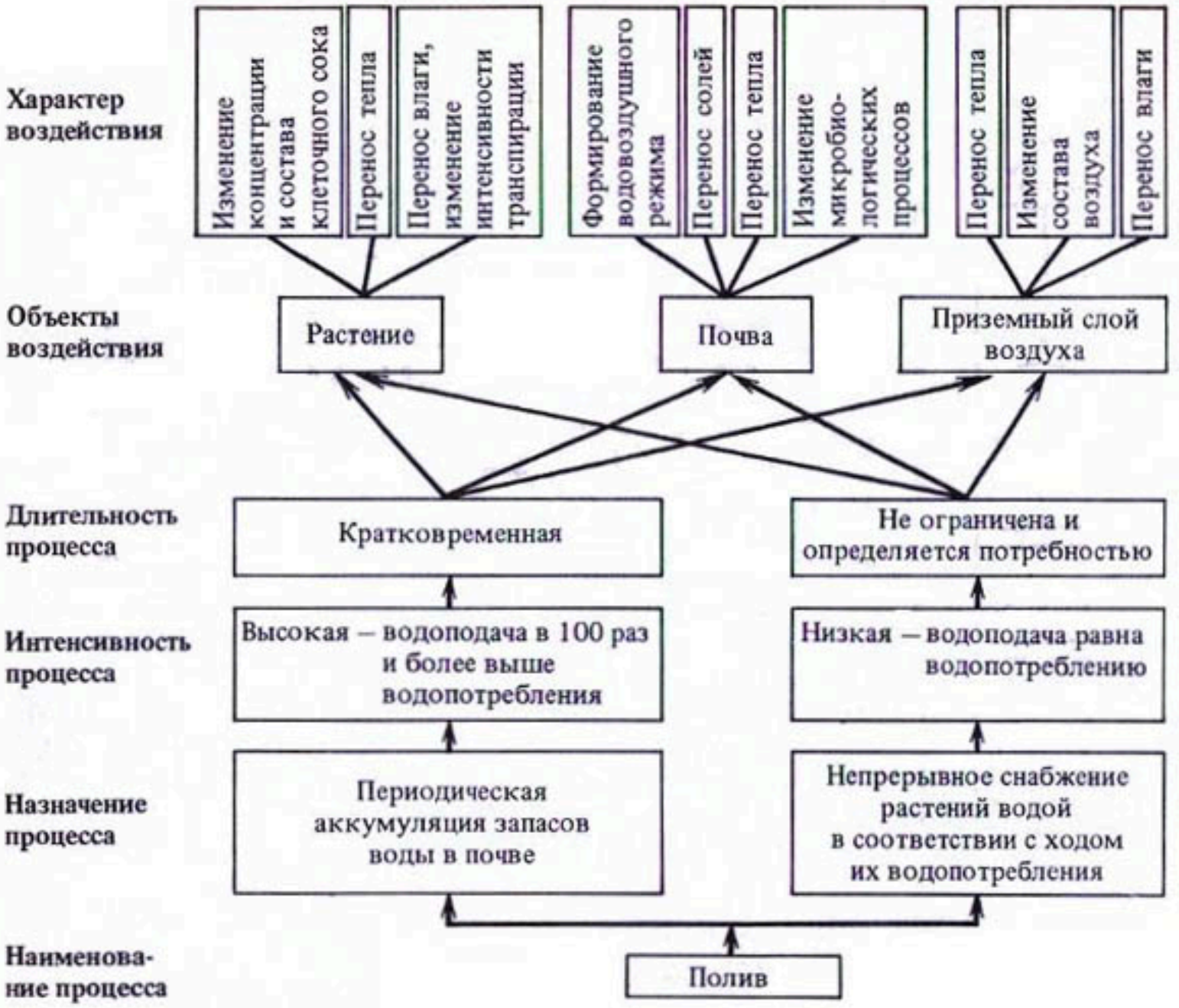


Рис. 1.12. Воздействие полива на растение и среду

Влияние отдельного фактора, особенно находящегося в минимуме и существенно влияющего на урожай (другие факторы неизменны и не находятся в минимуме), оценивается зависимостью

$$Y_i = \Delta y_i [1 - (1 - f_i)^2], \qquad (1.4)$$

где Δy_i — прирост урожая при оптимальном обеспечении i-м фактором.

Начальное (f_{in}) и конечное (f_{lim}) относительные значения факторов, например влажности почвы (рис. 1.13), находят из зависимостей:

$$f_{in} = \frac{\beta_{cr} - \beta_{fad}}{\beta_{opt} - \beta_{fad}}; \qquad (1.5)$$

$$f_{lim} = 1 + \frac{\beta_{FC} - \beta_{opt}}{\beta_{lcr} - \beta_{opt}}, \qquad (1.6)$$

где β_{cr} — начальная влажность почвы до полива (нижний допустимый порог), %; β_{fad} — начальная критическая влажность почвы, ведущая к угнетению и гибели растения (40 % НВ и менее), %; β_{opt} — оптимальная для растения влажность

почвы, %; β_{FC} — конечная влажность почвы (допустимый верхний предел), %; β_{lcr} — конечная критическая влажность почвы, ведущая к угнетению и гибели растения (120 % НВ и более), %.

Наукой и практикой накоплено много информационного материала по установлению критической и оптимальной влажности почвы для всех видов растений. Созданы и функционируют модели роста и хода развития отдельных сельскохозяйственных культур для территорий с различной природной влагообеспеченностью.

В зонах с недостаточной или неустойчивой природной влагообеспеченностью возникающий дефицит водообеспеченности для получения высоких урожаев должен компенсироваться искусственной водоподачей или орошением. Экспериментально установлены тесные связи (рис. 1.14) между коэффициентом снижения урожайности $(1 - У_i/У_{max})$ и дефицитом эвапотранспирации или суммарным водопотреблением, включающим расход воды на испарение с почвы и транспирацию самого растения.

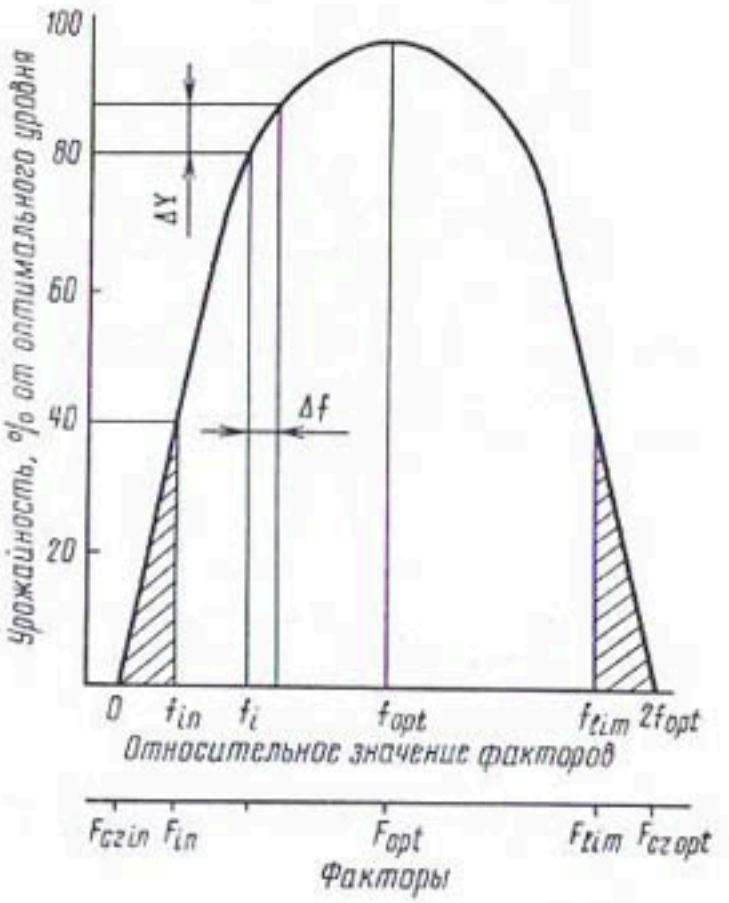


Рис. 1.13. Влияние факторов жизни растений на урожайность

Существующие биоклиматические методы расчета оросительной нормы (M) и ее внутрисезонного распределения основаны на достижении биологического оптимума, то есть получения максимальной урожайности ($У_{max}$) при ожидаемых метеоусловиях и высоком уровне агротехники и плодородия почв. Нормы водопотребления при орошении в реальных условиях рассчитывают для различных уровней агротехники и дефицита эвапотранспирации, обеспечивающих возможность ресурсосбережения (рис. 1.15).

Ряд параметров режима орошения, такие как поливная норма (m) и межполивной период (T), нельзя устанавливать вне связи с техникой орошения. При дождевании поливные нормы снижаются более чем в два раза по сравнению с поверхностным поливом. В последние годы созданы технологии непрерывного орошения с предельно малой разовой водоподачей (капельное орошение, прерывистое дождевание, синхронно-импульсное дождевание).

Параметры режима орошения (m, T) рассчитывают по зависимостям:

$$m = 100\gamma h_z(\beta_{FC} - \beta_{cr}); \quad (1.7)$$

$$T = m/E, \quad (1.8)$$

где γ — объемный вес почвы, т/м^3; h_z — глубина распространения основной массы корней растений в почве, м; β_{FC}, β_{cr} — нижний и верхний пороги влажности почвы, % ППВ; E — суточная эвапотранспирация, м^3/га в сут.

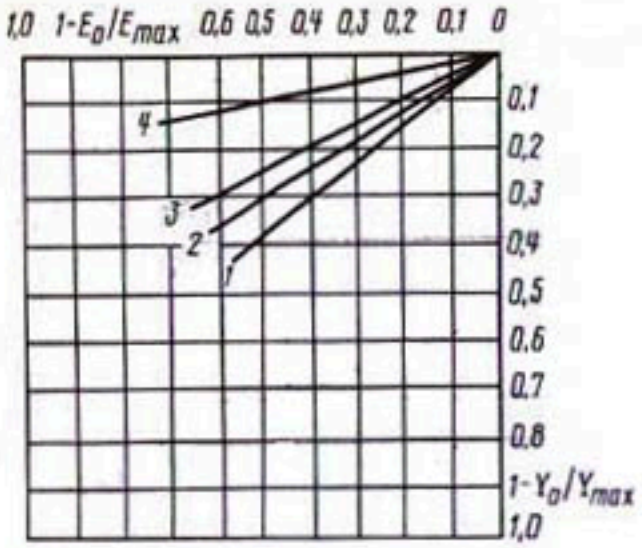


Рис. 1.14. Влияние дефицита эвапотранспирации на урожайность растения:

E_0 — исходная эвапотранспирация; E_{max} — максимальная эвапотранспирация; *1, 2, 3, 4* — фазы развития растения

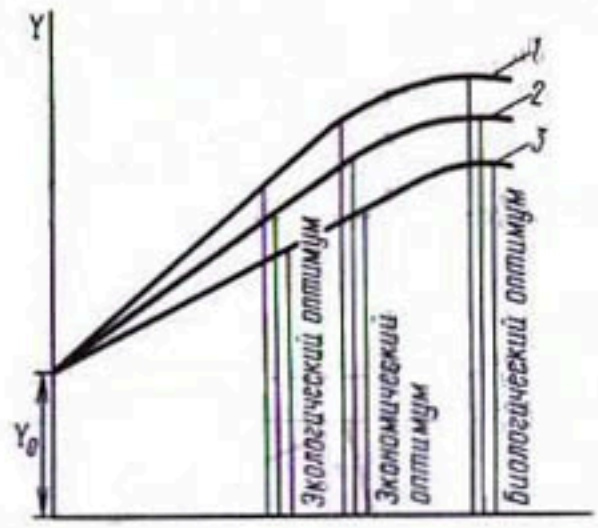


Рис. 1.15. Изменение урожайности растения в зависимости от оросительной нормы для различных уровней агротехники

Эти зависимости можно использовать только для установления предельных значений m и T. Оптимальные же поливные нормы в межполивные периоды устанавливают для каждого вида техники, исходя из организационно-хозяйственных, экономических и экологических требований.

Требуемую водоподачу для обеспечения эвапотранспирации можно обеспечить практически неограниченным числом вариантов (рис. 1.16) сочетаний m, T. Наименьшее отклонение влажности почвы от оптимальной будет при интенсивности водоподачи (U), равной интенсивности водопотребления (E), то есть

$$m = ET\left(1 - \frac{E}{U}\right), \text{ при } E = U. \qquad (1.9)$$

Таким образом, параметры техники орошения (U) существенно влияют на режим увлажнения почвы и в конечном счете на урожайность сельскохозяйственных культур. Высокая урожайность достигается при поддержании влажности почвы без значительных колебаний от оптимального значения (F_{opt}), что подтверждается многочисленными экспериментальными данными (рис. 1.17).

Положительным свойством малоинтенсивных технологий орошения в зонах неустойчивого орошения является также возможность за счет наличия свободной аккумулирующей способности верхних горизонтов почвы более продуктивно использовать естественные осадки вегетационного периода, то есть они экологически безопасны и обеспечивают водосбережение.

Воздействие техники полива непосредственно на растения и среду весьма значительно и учет его необходим.

Использование различных технологий полива позволяет создавать для растений комфортные условия, характеризующиеся определенным сочетанием содежания влаги в почве и приземном слое воздуха (рис. 1.18). Образующийся дефицит влаги в воздухе снижает урожайность растений.

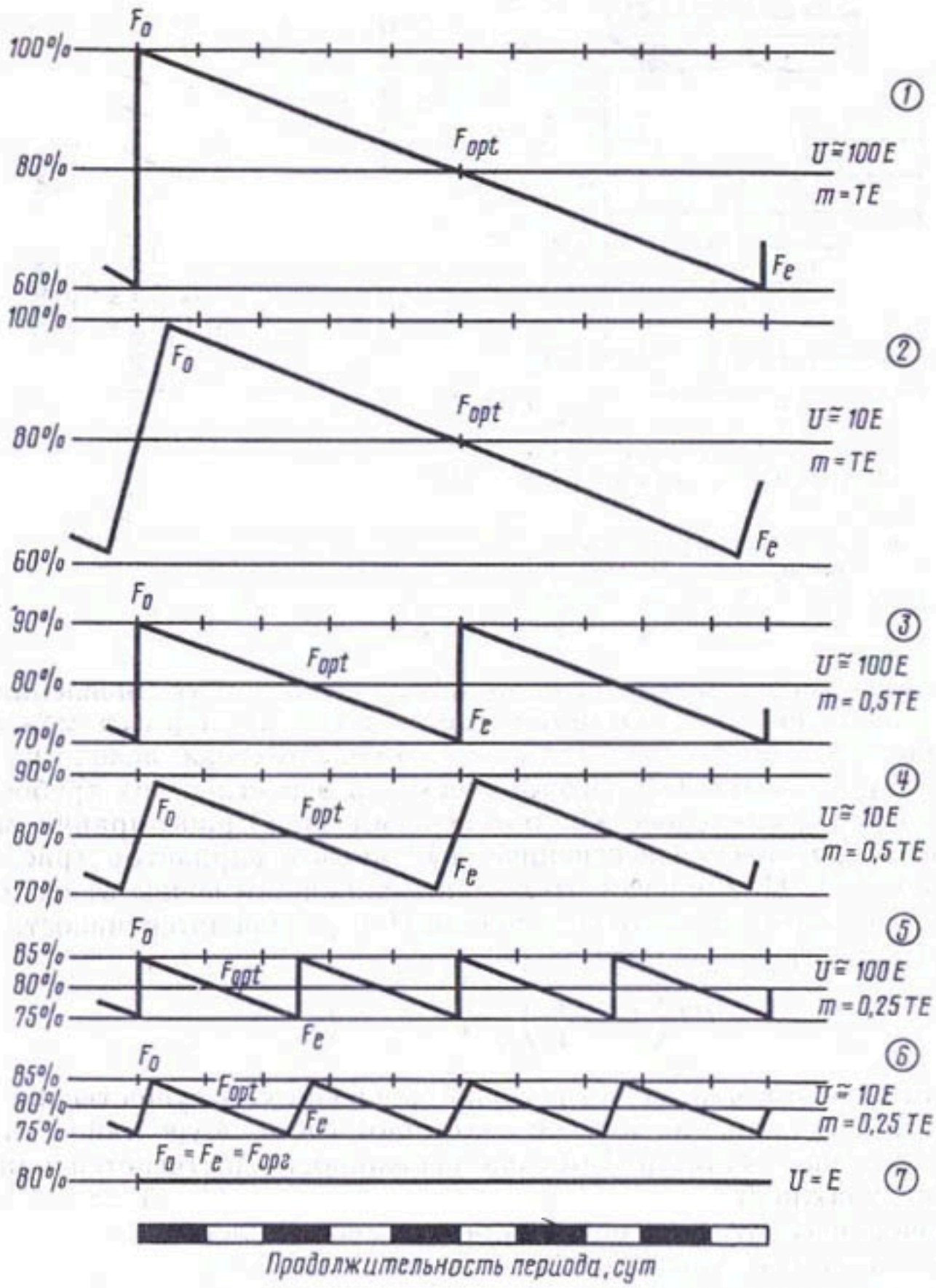


Рис. 1.16. Возможные варианты водоподачи с различным сочетанием поливных норм, межполивных периодов:

F_0, F_e, F_{opt} — начальное, конечное и оптимальное значения фактора (влажность почвы); T — продолжительность межполивного периода варианта водоподачи с максимальной поливной нормой; E — суточная эвапотранспирация; m — поливная норма при различных вариантах водоподачи; U — интенсивность водоподачи; 1...7 — варианты водоподачи

Технологии орошения различаются по степени их воздействия на микроклимат. Очень незначительное воздействие на микроклимат оказывают капельное, внутрипочвенное, поверхностное орошения (микроклиматический коэффициент K_{MC} составляет 0,05...0,2); интенсивное, но кратковременное воздействие — традиционные технологии периодического дождевания ($K_{MC} = 0,25...0,5$); малоинтенсивное длительное воздействие —

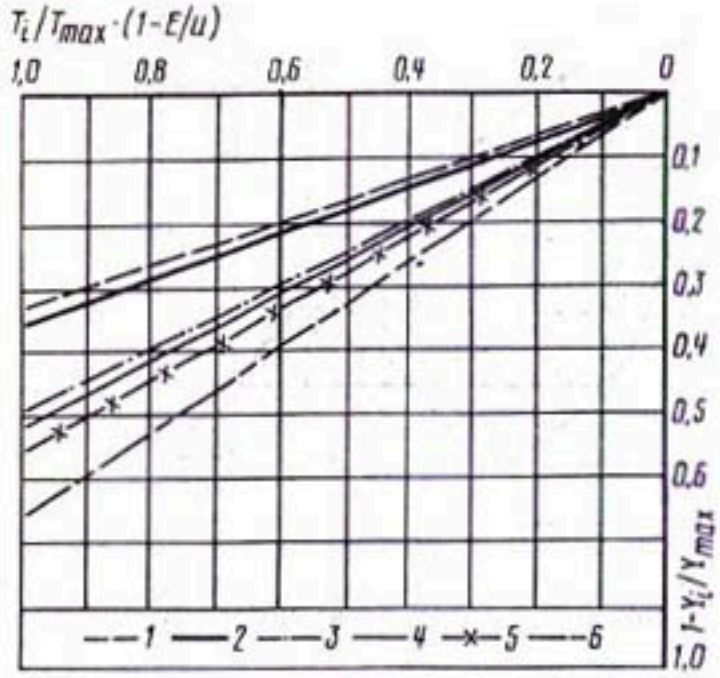


Рис. 1.17. Влияние интенсивности водоподачи на урожайность сельскохозяйственных культур:

1 — салат; *2* — лук на перо; *3* — клевер; *4* — райграс; *5* — овсяница; *6* — тимофеевка; T_i — межполивной период варианта опыта; T_{max} — максимальный межполивной период вариантов опыта; $У_i$ — урожайность сельскохозяйственных культур по вариантам опыта; $У_{max}$ — максимальная урожайность в опыте; E — интенсивность эвапотранспирации; U — интенсивность водоподачи

прерывистое и синхронно-импульсное дождевание ($K_{МС} = 0{,}55...0{,}75$); длительное, почти полностью контролируемое воздействие — аэрозольное увлажнение ($K_{МС} \cong 0{,}9$), в том числе в условиях закрытого грунта.

Экспериментально установлено, что регулирование микроклимата (повышение влажности воздуха на 10...30% и снижение температуры в жаркие часы суток на 2... 8°С) в целях улучшения водного режима и повышения фотосинтеза растений увеличивает урожайность, %: чайных плантаций — на 30...40, плодовых насаждений — на 25...30, зерновых культур — на 15...20.

Отдельные технологии дождевания позволяют переводить в состояние воздушной влажности от 50 до 90% общего количества поданной воды.

Основная часть этой воды (до 60...80%) расходуется на создание микроклимата над орошаемым полем и продуктивно используется растениями, а часть сносится ветром на соседние поля. Чем меньше интенсивность и больше длительность водоподачи, а следовательно, и больше площадь одновременного полива, тем меньше проявляется оазисный эффект и меньше потери воды.

Качество и надежность технологического процесса полива оказывают существенное влияние на эксплуатационный режим орошения и в конечном счете на урожайность сельскохозяйственных культур.

Равномерность водораспределения позволяет приблизить фактические поливные нормы к рекомендованным. В качестве критерия равномерности распределения слоя дождя используют коэффициент эффективного полива (K_{ef}), характеризующий процент площади, политой с интенсивностью в допустимых агротехнических пределах (± 25 % средней ее величины). Для новой дождевальной техники K_{ef} не должен быть менее 0,7. Ощутимое снижение урожая наблюдают при $K_{ef} < 0{,}7$.

Ущерб от недополива части площади зависит не только от величины K_{ef}, но и от природной увлажненности территории и урожая, получаемого на богарных ($У_0$) и орошаемых ($У_{ir}$) землях,

$$\Delta У = 1 - (1 - У_0/У_{ir})(1 - K_{ef}/2)^2, \qquad (1.10)$$

где $\Delta У$ — показатель снижения урожайности, в долях единицы.

При планировании водопользования необходим учет влияния показателей надежности поливной техники и оборудования ОС на эксплуата-

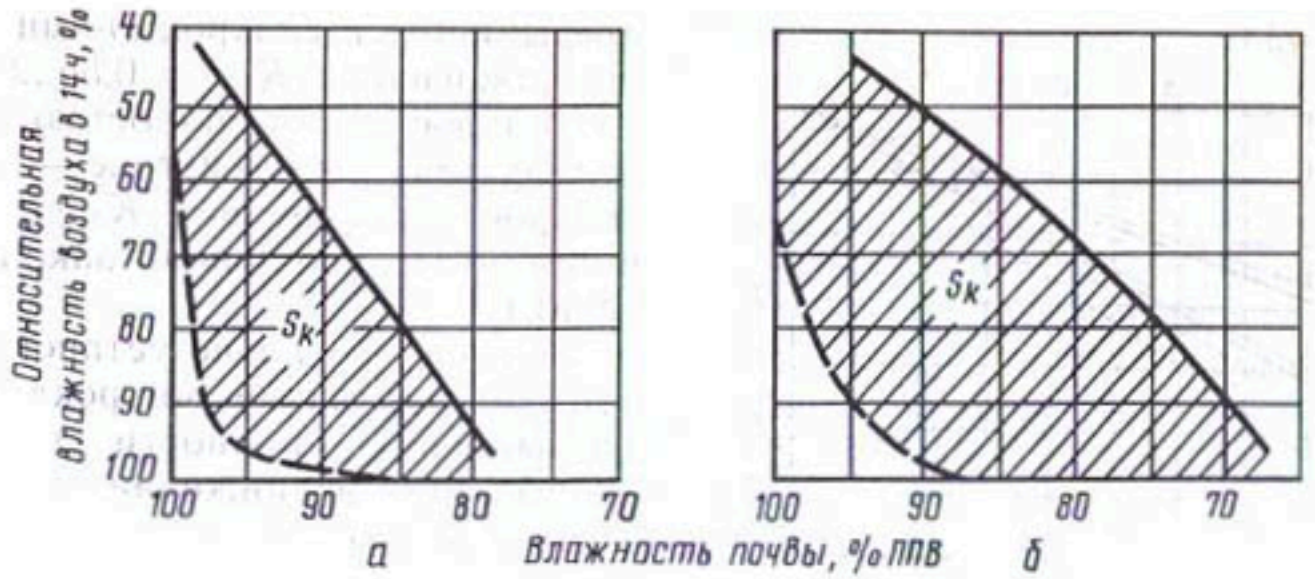


Рис. 1.18. Комфортные условия для растения по содержанию влаги в почве и приземном слое воздуха:
а — для чайного растения в слое 0...50 см; *б* — для яблоневых деревьев в слое 0...100 см; S_k — область благоприятных условий

ционный режим орошения и в конечном счете на урожайность сельскохозяйственных культур. Перебои в работе техники или некачественное водораспределение, вызванное рассеиванием параметров работы поливных устройств нарушают плановый режим водоподачи, что отрицательно сказывается на величине получаемого урожая.

Для ОС, характеризующейся определенным коэффициентом готовности, долговечностью оборудования и средним значением потока отказов, ущерб от недополива и, как следствие этого, недополучение урожая составляют 0...20 %.

Надежность работы технологического оборудования оросительной системы оценивается комплексным показателем — коэффициентом готовности K_{av}. Он характеризует вероятность того, что объект окажется работоспособным в произвольный момент времени, кроме периодов, в течение которых использование объекта по назначению не предусмотрено:

$$K_{av} = \tau_{mf}/(\tau_{mf} + \tau_{mr}), \qquad (1.11)$$

где τ_{mf} — средняя наработка на отказ; τ_{mr} — среднее время восстановления.

Коэффициент готовности технологического оборудования системы должен составлять 0,9...0,95.

Снижение надежности системы приводит к прерыванию процесса полива и в конечном счете к недобору урожая:

$$\Delta У = 1 - (1 - У_0/У_{ir})(1 - K_{av})^2, \qquad (1.12)$$

где $\Delta У$ — снижение урожая, в долях единицы; $У_0$ — урожай, получаемый на богаре; $У_{ir}$ — урожай, получаемый на орошаемых участках.

Использование воды на оросительных системах с механизированным поливом планируют с учетом особенностей использования поливной техники. Режим влажности почвы в начале и в конце орошаемого поля существенно разнится между собой из-за неодновременности полива (рис. 1.19). Различные сочетания поливных норм и межполивных периодов орошаемого поля позволяют поддерживать требуемую влажность почвы.

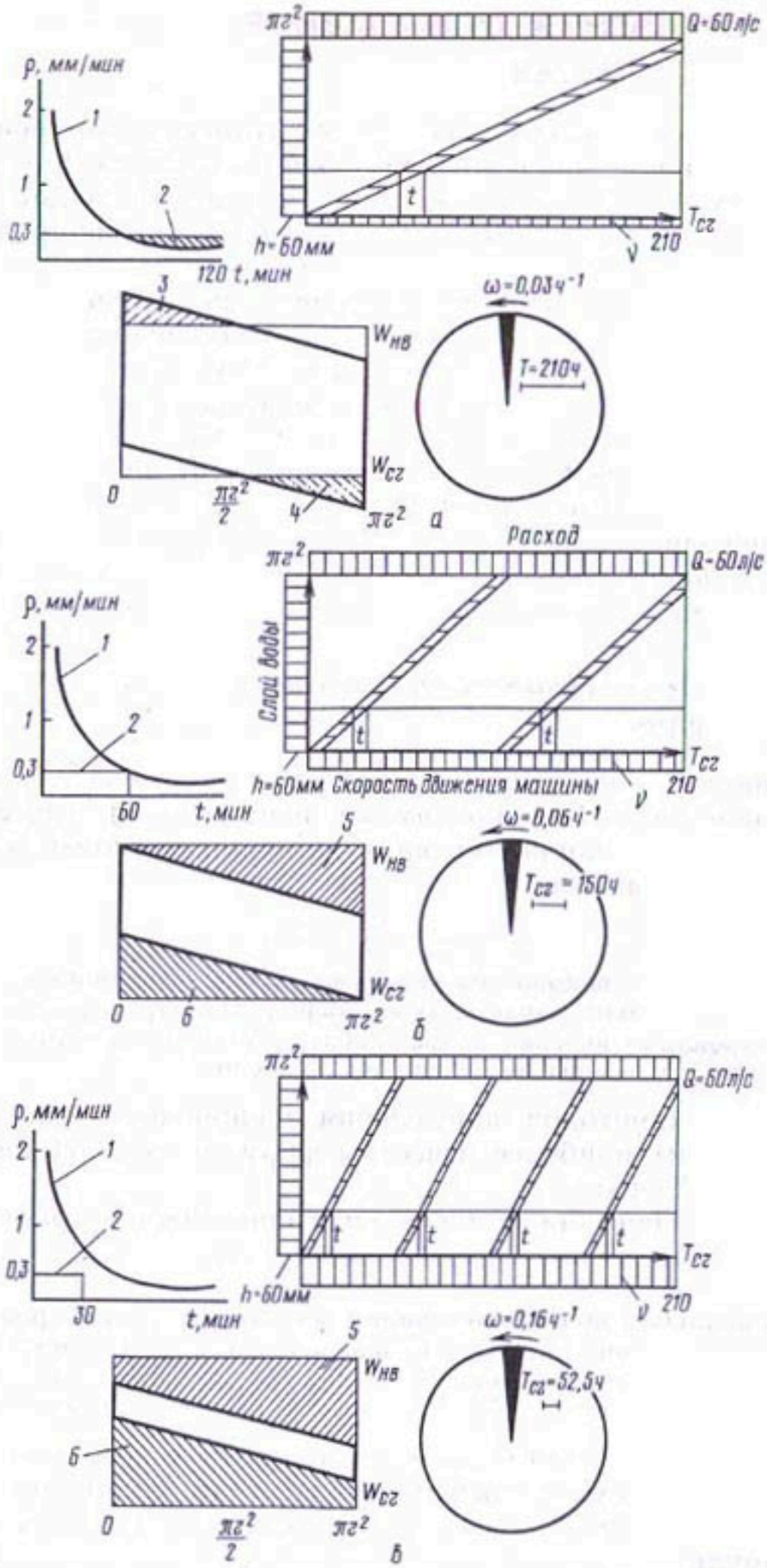


Рис. 1.19. Влияние технологий механизированного полива на параметры эксплуатационного режима орошения на примере использования дождевальной машины кругового действия ДМУ-Б463-60 при поливной норме 600 м³/га:

а — за один проход; *б* — за два прохода; *в* — за четыре прохода; *1* — впитываемость почвы; *2* — интенсивность дождя; *3* — избыток воды; *4* — недостаток воды; *5* — резерв возможной аккумуляции атмосферных осадков почвой; *6* — резерв влагозапасов почвы

1.5. РЕЖИМ ОРОШЕНИЯ, ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОЛИВАМИ

Режим орошения сельскохозяйственных культур характеризует сроки и нормы подачи оросительной воды на поле с целью поддержания необходимой для роста и развития растений влажности почвы, получения высоких урожаев на орошаемых землях и соблюдения природоохранных требований.

Основные показатели режима орошения: сроки проведения полива, величина поливной нормы и длительность межполивного периода. Не менее важны также оросительная норма и гидромодуль.

Наиболее надежным методом установления режимов орошения является метод полевого эксперимента, но он трудоемок и требует больших затрат времени. В зарубежной и отечественной практике широко применяют расчетные методы. При этом суммарное водопотребление (эвапотранспирацию) определяют, как правило, биоклиматическим методом, а оросительную и поливную нормы, сроки поливов и длительность межполивных периодов — методом водного баланса.

1.5.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СУММАРНОГО ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ ОРОШАЕМЫХ КУЛЬТУР

В большинстве расчетных методов для определения суммарного водопотребления за основу принимают испаряемость (потенциальную эвапотранспирацию), скорректированную биологическим и микроклиматическим коэффициентами:

$$ET_{crop} = ETk_{bio}k_o, \tag{1.13}$$

где ET_{crop} — суммарное водопотребление, мм; ET — испаряемость, мм; k_{bio} — биологический коэффициент, характеризующий роль культуры в расходовании воды полем; k_o — микроклиматический коэффициент, учитывающий снижение испаряющей способности атмосферы под влиянием орошения.

Из зарубежных методов определения испаряемости (потенциальной эвапотранспирации) наиболее известны формулы Х. Л. Пенмана, Блейни — Криддла, Л. Тюрка:

формула Х. Л. Пенмана в общем виде описывается уравнением

$$ET = k_w R_{ef} + (1 - k_w)E_x, \tag{1.14}$$

где ET — потенциальная эвапотранспирация, мм/сут; R_{ef} — суммарная остаточная (эффективная) солнечная радиация в эквивалентном слое испарения, мм/сут; k_w — весовой коэффициент, зависящий от высоты местности над уровнем моря и температуры воздуха (табл. 1.7); E_x — изотермическое испарение, мм/сут.

В этом уравнении левая часть характеризует энергетическую, а правая — аэродинамическую (изотермическую) часть испарения.

Остаточную суммарную (эффективную) солнечную радиацию вычисляют по формуле

$$R_{ef} = (1 - \alpha)R_s - R_l, \tag{1.15}$$

где α — альбедо испаряющей поверхности, для воды $\alpha = 0{,}95$; R_s — приходящая коротковолновая радиация, мм/сут; R_l — остаточная коротковолновая радиация, мм/сут.

1.7. Весовой коэффициент k_w

Высота над уровнем моря, м	Температура воздуха, °С											
	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
0	0,49	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77
500	0,51	0,54	0,57	0,60	0,62	0,65	0,67	0,70	0,72	0,74	0,76	0,78
1000	0,52	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79
2000	0,55	0,58	0,61	0,64	0,66	0,69	0,71	0,73	0,75	0,77	0,79	0,81

Изотермическое испарение в уравнении (1.14) определяют по зависимости

$$E_x = (l_a - l_d)f(v), \tag{1.16}$$

где l_a — упругость насыщенного пара, мм; l_d — фактическая упругость насыщения воздуха, мм; $f(v)$ — ветровая функция

$$f(v) = 0{,}35(1 + 0{,}54v_2), \tag{1.17}$$

где v_2 — скорость ветра на высоте 2 м от поверхности земли, м/с;

формулу Блейни — Криддла в последние годы применяют в модифицированном виде

$$ET = n(0{,}46t + 8{,}13)k_a, \tag{1.18}$$

где n — средняя суточная продолжительность дневного времени, % годовой; t — температура воздуха, °С; k_a — поправочный коэффициент, учитывающий влажность воздуха, продолжительность солнечного сияния и скорость ветра, изменяется от 0,5...0,8 в гумидной зоне до 1...1,4 в аридной;

формула Л. Тюрка имеет вид

$$ET = 23{,}4(R_{act} + 0{,}85)(t/t + 15), \tag{1.19}$$

где R_{act} — солнечная радиация, поступающая на горизонтальную поверхность, мм/сут.

$$R_{act} = R_a(0{,}18 + 0{,}62N_{obs}/N_{\max}), \tag{1.20}$$

где R_a — солнечная радиация на границе атмосферы, мм/сут; N_{obs} — наблюденная продолжительность солнечного сияния, ч/сут; $N_{\max}$ — максимально возможная длительность солнечного сияния, ч/сут; t — температура воздуха, °С.

Для применения формул Х. Л. Пенмана, Л. Тюрка или Блейни — Криддла необходимо располагать соответствующей исходной информацией и коэффициентами культуры $k_б$. При наличии таких данных определение водопотребления по приведенным формулам не представляет каких-либо затруднений.

Из отечественных методов определения водопотребления широкое практическое применение получил *метод А. М. и С. М. Алпатьевых,* в котором исходную испаряемость определяют по упрощенной формуле Н. Н. Иванова.

Для устранения нелинейности связи между испаряемостью и дефицитом влажности воздуха, характерной для упрощенной формулы Н. Н. Иванова, в качестве коэффициента пропорциональности по предложению А. М. и С. М. Алпатьевых применяют биологический коэффициент культуры $k_Б$, устанавливаемый экспериментально как отношение фактического суммарного испарения к дефициту влажности воздуха. Накоплено большое количество опытных данных по биологическим коэффициентам, которые можно применять при определении суммарного водопотребления (эвапотранспирации) разных культур в различных природных зонах,

$$ET_{crop} = k_Б \sum d, \tag{1.21}$$

где $k_Б$ — биологический коэффициент; $\sum d$ — сумма средних суточных дефицитов влажности воздуха за расчетный период, мб.

Для определения водопотребления используют и расчетную модель, предложенную Н. В. Данильченко (ВНПО «Радуга»), в основу которой положена модифицированная полная формула Н. Н. Иванова

$$ET = k_t d f(v), \tag{1.22}$$

где k_t — энергетический фактор испарения, мм/мб; d — дефицит влажности воздуха, мб; $f(v)$ — ветровая функция.

Энергетический (температурный) фактор учитывает нелинейность связи ET с d, и вычисляют его по формуле

$$k_t = 0{,}0061(25 + t)^2 / l_a, \tag{1.23}$$

где t — температура воздуха, °С; l_a — упругость насыщенного пара (табл. 1.8), соответствующая этой температуре, мб.

При отсутствии данных наблюдений дефицит влажности воздуха определяют по уравнению

$$d = l_a(1 - 0{,}01\varphi), \tag{1.24}$$

где φ — относительная влажность воздуха, %.

Ветровую функцию вычисляют по зависимости

$$f(v) = 0{,}64(1 + 0{,}19v_2), \tag{1.25}$$

где v_2 — скорость ветра на высоте 2 м от поверхности земли, м/с.

Для перевода флюгерной (наблюденной) скорости ветра к высоте 2 м используют понижающий коэффициент k_v, который в зависимости от высоты измерения H составляет

H, м	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
k_v	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75	0,75	0,75	0,75

Для расчета испаряемости по уравнению (1.22) можно воспользоваться номограммой (рис. 1.20).

В уравнении (1.13) для определения водопотребления по расчетной модели ВНПО «Радуга» микроклиматический коэффициент учитывает возможное изменение метеорологических факторов на сельскохозяйственном поле под влиянием орошения (снижение температуры воздуха и скорости ветра, повышение влажности воздуха). Микроклиматический коэффициент имеет зональный характер и зависит как от размера орошаемой

1.8. Упругость насыщенного пара l_a, мб

Целые градусы, °С	Десятые доли градуса									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	8,1	8,2	8,2	8,3	8,4	8,4	8,5	8,5	8,6	8,7
5	8,7	8,8	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,2	9,2	9,3
6	9,4	9,4	9,5	9,5	9,6	9,7	9,7	9,8	9,9	10
7	10	10,1	10,2	10,2	10,3	10,4	10,4	10,5	10,6	10,6
8	10,7	10,8	10,9	11	11	11,1	11,2	11,2	11,3	11,4
9	11,5	11,6	11,6	11,7	11,8	11,9	12	12	12,1	12,2
10	12,3	12,4	12,4	12,5	12,6	12,7	12,8	12,9	13	13
11	13,1	13,2	13,3	13,4	13,5	13,6	13,7	13,8	13,8	13,9
12	14	14,1	14,2	14,3	14,4	14,5	14,6	14,7	14,8	14,9
13	15	15,1	15,2	15,3	15,4	15,5	15,6	15,7	15,8	15,9
14	16	16,1	16,2	16,3	16,4	16,5	16,6	16,7	16,8	16,9
15	17,1	17,2	17,3	17,4	17,5	17,6	17,7	17,8	18	18,1
16	18,2	18,3	18,4	18,5	18,7	18,8	18,9	19	19,1	19,3
17	19,4	19,5	19,6	19,8	19,9	20	20,1	20,3	20,4	20,5
18	20,6	20,8	20,9	21	21,2	21,3	21,4	21,6	21,7	21,8
19	22	22,1	22,3	22,4	22,5	22,7	22,8	23	23,1	23,2
20	23,4	23,5	23,7	23,8	24	24,1	24,3	24,4	24,6	24,7
21	24,9	25,0	25,2	24,4	25,5	25,7	25,8	26	26,1	26,3
22	26,5	26,6	26,8	26,9	27,1	27,3	27,4	27,6	27,8	27,9
23	28,1	28,3	28,5	28,6	28,8	29	29,2	29,3	29,5	29,7
24	29,9	30	30,2	30,4	30,6	30,8	31	31,1	31,3	31,5
25	31,7	31,9	32,1	32,3	32,5	32,7	32,9	33	33,2	33,9
26	33,6	33,8	34	34,2	34,4	34,6	34,9	35,1	35,3	35,5
27	35,7	35,9	36,1	36,3	36,5	36,8	37	37,2	37,4	37,6
28	37,8	38,1	38,3	38,5	38,7	39	39,2	39,4	39,6	39,9
29	40,1	40,3	40,6	40,8	41	41,3	41,5	41,8	42	42,2
30	42,5	42,7	43	43,2	43,5	43,7	44	44,2	44,5	44,7
31	45	45,2	45,5	45,8	46	46,3	45,5	46,8	47,1	47,3
32	47,6	47,9	48,1	48,4	48,7	49	49,2	49,5	49,8	50,1
33	50,4	50,6	50,9	51,2	51,5	51,8	52,1	52,4	52,7	53
34	53,3	53,6	53,8	54,2	54,5	54,8	55,1	55,4	55,7	56

площади, так и от природной увлажненности региона. В аридной и полуаридной зонах микроклиматический коэффициент изменяется от 1 до 0,75. В гумидной зоне в связи с мелкоконтурностью и мозаичностью орошения, а также высокой природной увлажненностью территории микроклимат орошаемых и неорошаемых сельскохозяйственных полей практически одинаков. Например, в лесной зоне с избыточным увлажнением микроклиматический коэффициент k_o для орошаемых площадей 100...1000 га в целом за вегетацию близок к 1 и лишь в отдельные засушливые декады снижается до 0,94...0,96, а в лесостепной влажной зоне в засушливые декады он может уменьшаться до 0,9...0,92.

При расчетах можно использовать данные таблиц 1.9 и 1.10 и рисунок 1.21, где показана связь между k_o и увлажненностью территории k_u за расчетный период:

$$k_u = (W_a + P)/ET, \qquad (1.26)$$

где W_a — активные запасы влаги в корнеобитаемом слое почвы на начало расчетного периода, мм; P — атмосферные осадки за период, мм; ET — испаряемость за тот же период, мм.

При использовании для расчета метеорологических данных, полученных непосредственно на орошаемых землях, микроклиматический коэффициент принимают $k_o = 1$.

Под биологическим коэффициентом k_{bio} обычно понимают роль растений в расходовании воды сельскохозяйственным полем. Практически это коэффициент пропорциональности между фактическим испарением воды с поля и испаряемостью, который, помимо биологической роли растений, учитывает природно-хозяйственные и погодные особенности региона (частоту и обильность атмосферных осадков в вегетационный период, уровень агротехники и т. д.).

Для разных культур значение биологических коэффициентов различно, что обусловливается индивидуальностью характера в биологических ритмах роста и развития растений.

Биологические коэффициенты имеют заметно выраженный зональный характер. Так, в гумидной зоне на протяжении вегетации биологический

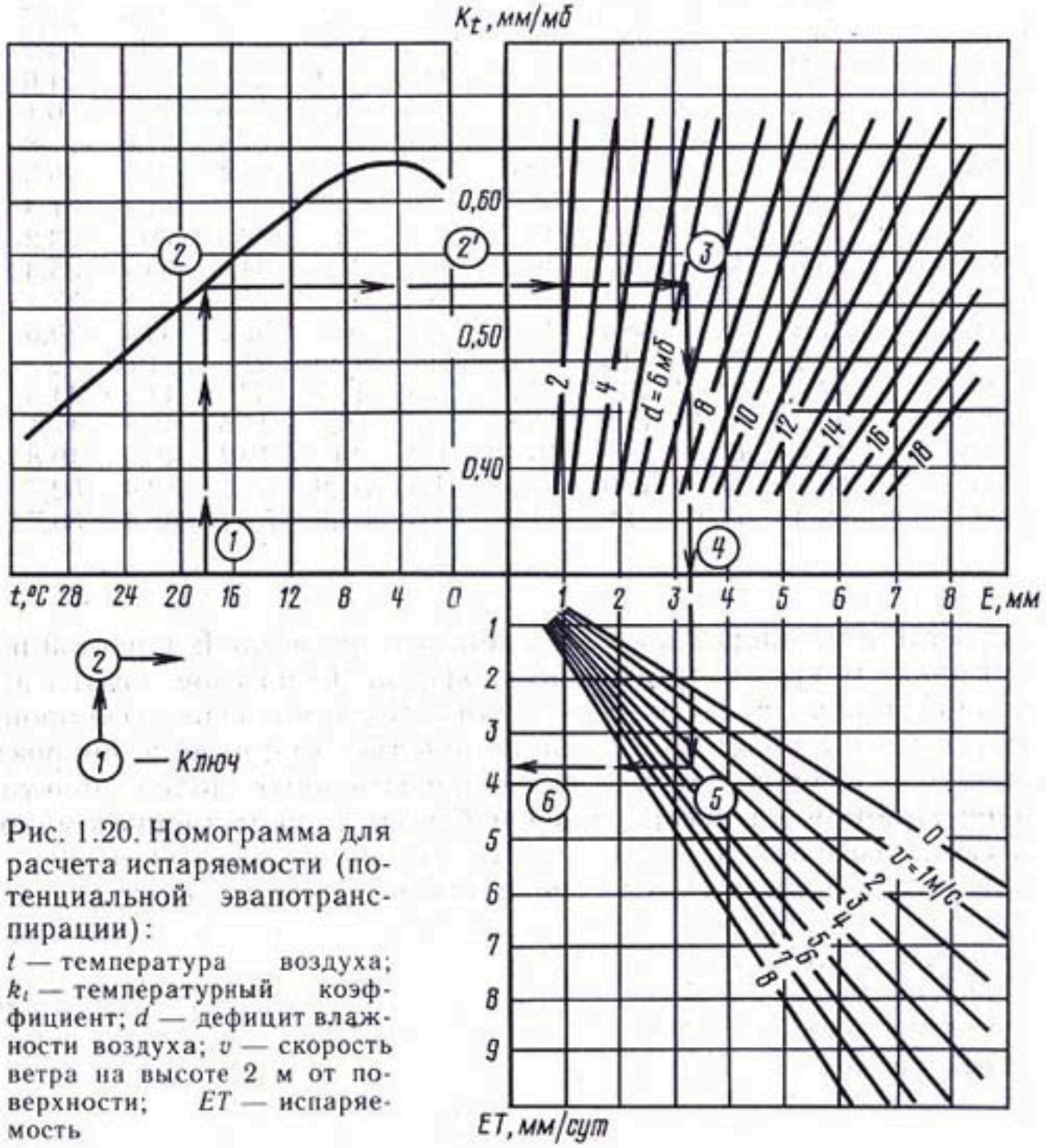


Рис. 1.20. Номограмма для расчета испаряемости (потенциальной эвапотранспирации):

t — температура воздуха; k_t — температурный коэффициент; d — дефицит влажности воздуха; v — скорость ветра на высоте 2 м от поверхности; ET — испаряемость

1.9. Микроклиматический коэффициент k_o в зависимости от размера орошаемой площади и увлажненности территории

Орошаемая площадь, га	Коэффициент увлажненности территории k_u										
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1
100	0,85	0,88	0,91	0,93	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99
1000	0,81	0,85	0,88	0,91	0,93	0,94	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99
10 000	0,76	0,82	0,86	0,89	0,91	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99
50 000	0,72	0,78	0,83	0,87	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,97	0,98

1.10. Внутрисезонное колебание микроклиматического коэффициента k_o в различных природных зонах

Природные зоны	Месяцы						
	04	05	06	07	08	09	10
Лесостепная	1	0,95	0,95	0,96	0,97	0,99	1
Умеренно степная	1	0,94	0,92	0,91	0,93	0,93	0,99
Сухостепная	1,0	0,93	0,89	0,85	0,84	0,87	0,95
Полупустынная	0,96	0,86	0,85	0,83	0,82	0,83	0,90
Пустынная	0,93	0,84	0,81	0,80	0,80	0,80	0,84

коэффициент ориентировочно изменяется от 0,75 до 1,1, а в аридной — от 0,5 до 1,15.

Среднемноголетние биологические коэффициенты для орошаемых культур в лесостепной, степной и полупустынной зонах при определении водопотребления по расчетной модели ВНПО «Радуга» [зависимости (1.13)...(1.22)] приведены в таблице 1.11. При расчетах суммарного водопотребления (эвапотранспирации) для конкретных лет, погодные условия которых отличаются от средних многолетних, используют биологические коэффициенты k_{bio} (табл. 1.12), соответствующие этому году,

$$k_{bio} = k_{bio}\sigma = k_{bio}(0{,}3/\alpha + 0{,}7) = \\ = k_{bio}(0{,}3ET/ET_i + 0{,}7), \quad (1.27)$$

где σ — поправочный коэффициент; α — отношение средней многолетней испаряемости за расчетный период ET, вычисленной по уравнению (1.22), к испаряемости ET_i в расчетном году.

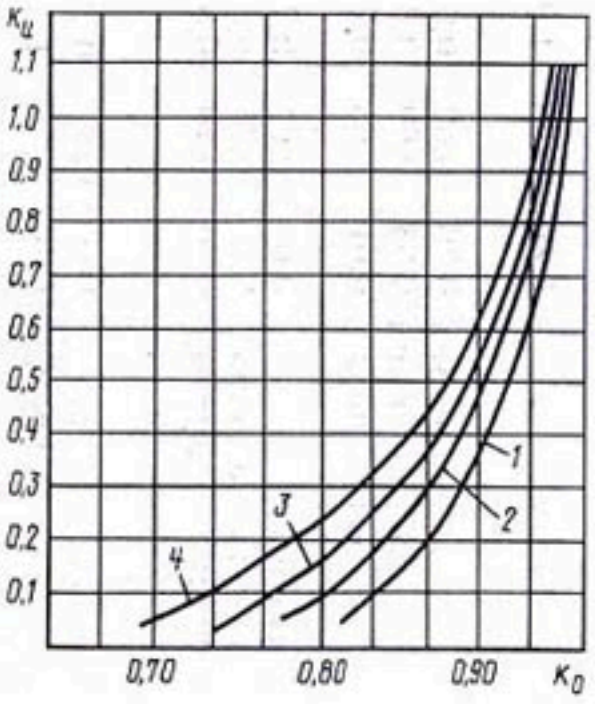


Рис. 1.21. Зависимость микроклиматического коэффициента k_0 от размера орошаемой площади F и природной увлажненности региона k_u:
1 — F_1=100 га; *2* — F_2=1000 га; *3* — F_3=10000 га; *4* — F_4=50000 га

1.11. Биоклиматические коэффициенты k_{bio} орошаемых сельскохозяйственных культур для различных природных зон

Сельскохозяйственные культуры	Сумма температур Σt, °С от начала периода водопотребления*														
	0...200	201...400	401...600	601...800	801...1000	1001...1200	1201...1400	1401...1600	1601...1800	1801...2000	2001...2200	2201...2400	2401...2600	2601...2800	2801...3000
Лесостепная зона															
Озимая пшеница	0,82	0,87	0,96	1,07	1,1	1,06	0,87	0,6	—	—	—	—	—	—	—
Яровая пшеница	0,77	0,81	0,92	1,04	1,1	1,07	0,92	0,7	—	—	—	—	—	—	—
Картофель (поздний)	0,76	0,78	0,85	0,96	1,06	1,1	1,05	0,91	0,68	0,52	—	—	—	—	—
Кукуруза, подсолнечник	0,76	0,78	0,82	0,88	0,97	1,05	1,1	1,09	1,03	0,94	0,85	—	—	—	—
Капуста (ранняя)	0,85	0,91	0,96	1,04	1,09	1,08	1,03	0,96	—	—	—	—	—	—	—
Капуста (поздняя)	0,81	0,85	0,9	0,95	1,02	1,08	1,1	1,08	1,02	1,00	0,98	0,97	—	—	—
Овощи (огурцы, свекла столовая и др.)	0,8	0,82	0,88	0,95	1,05	1,1	1,06	1,01	0,92	—	—	—	—	—	—
Кормовые корнеплоды	0,74	0,77	0,83	0,91	1,02	1,1	1,06	0,94	0,8	0,68	—	—	—	—	—
Люцерна прошлых лет	0,82	0,89	0,98	1,07	1,1	0,81	0,87	1,01	1,1	0,81	0,87	1,01	—	—	—
Пастбище	0,86	0,96	1,07	0,82	0,92	1,05	0,82	0,93	1,05	0,82	0,93	1,05	—	—	—
Степная зона															
Озимая пшеница	0,76	0,82	0,94	1,07	1,12	0,99	0,65	—	—	—	—	—	—	—	—
Яровая пшеница	0,63	0,69	0,8	1,01	1,11	1,05	0,8	0,56	—	—	—	—	—	—	—
Картофель (поздний)	0,61	0,65	0,72	0,84	1,01	1,12	1,12	1,02	0,82	0,60	—	—	—	—	—
Кукуруза	0,6	0,64	0,7	0,83	0,92	1,04	1,11	1,12	1,03	0,85	0,65	—	—	—	—
Капуста (поздняя)	0,72	0,78	0,87	0,98	1,06	1,1	1,11	1,08	1,03	0,95	0,86	0,8	—	—	—
Овощи (томаты, столовая свекла и др.)	0,76	0,79	0,88	0,98	1,06	1,1	1,1	1,04	0,97	0,89	0,82	—	—	—	—
Сахарная свекла	0,62	0,66	0,72	0,78	0,85	0,94	1,02	1,09	1,14	1,14	1,09	1,02	0,91	0,8	0,66
Люцерна прошлых лет	0,76	0,83	1	1,12	0,75	0,83	1	1,11	0,75	0,83	1	1,1	0,75	0,83	1

Продолжение

Сельскохозяйственные культуры	Сумма температур Σt, °С от начала периода водопотребления*														
	0...200	201...400	401...600	601...800	801...1000	1001...1200	1201...1400	1401...1600	1601...1800	1801...2000	2001...2200	2201...2400	2401...2600	2601...2800	2801...3000
Орошаемое пастбище	0,8	0,91	1,07	0,79	0,91	1,06	0,79	0,91	1,06	0,79	0,91	1,06	0,79	0,91	1,06
Пожнивная кукуруза	0,52	0,55	0,62	0,73	0,86	0,97	1,05	—	—	—	—	—	—	—	—
Подпокровная люцерна (после уборки покровной культуры)	0,53	0,58	0,7	0,91	1,08	0,76	0,82	—	—	—	—	—	—	—	—
Зона сухих степей и полупустынь															
Озимая пшеница	0,7	0,76	0,9	1,08	1,13	0,95	0,6	—	—	—	—	—	—	—	—
Яровая пшеница	0,56	0,62	0,79	1,01	1,12	1,03	0,76	0,5	—	—	—	—	—	—	—
Картофель (поздний)	0,54	0,58	0,66	0,79	0,96	1,1	1,12	1,01	0,8	0,57	—	—	—	—	—
Кукуруза	0,53	0,56	0,65	0,76	0,89	1,02	1,11	1,12	1,04	0,84	0,63	—	—	—	—
Капуста (поздняя)	0,7	0,77	0,88	0,97	1,05	1,11	1,1	1,05	0,96	0,87	0,8	0,76	—	—	—
Овощи (томаты, столовая свекла и др.)	0,72	0,75	0,86	0,97	1,06	1,1	1,1	1,03	0,9	0,8	0,72	—	—	—	—
Сахарная свекла	0,56	0,62	0,67	0,74	0,82	0,92	1	1,08	1,13	1,12	1,08	1	0,9	0,77	—
Люцерна прошлых лет	0,75	0,83	1,01	1,12	0,71	0,8	1	1,12	0,71	0,8	1	1,12	0,71	0,8	1
Орошаемые пастбища	0,76	0,9	1,07	0,76	0,9	1,06	0,76	0,9	1,06	0,76	0,9	1,06	0,76	0,9	1,06
Пожнивная кукуруза	0,5	0,54	0,6	0,71	0,87	0,99	1,08	1,1	1,08	—	—	—	—	—	—
Подпокровная люцерна (после уборки покровной культуры)	0,5	0,55	0,66	0,9	1,08	0,71	0,8	1	—	—	—	—	—	—	—

* Для многолетних культур началом периода водопотребления является возобновление вегетации; для однолетних — дата посева (посадки).

1.12. Расчетный биологический коэффициент k_{bio} в зависимости от отношения испаряемости фактической ET_i к средней многолетней ET

Средний биологический коэффициент k_{bio}	ET_i/ET								
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
0,3	0,43	0,39	0,36	0,34	0,32	0,31	0,3	0,29	0,28
0,4	0,58	0,52	0,48	0,45	0,43	0,41	0,4	0,39	0,38
0,5	0,72	0,65	0,60	0,56	0,54	0,51	0,5	0,48	0,47
0,6	0,87	0,78	0,72	0,67	0,65	0,62	0,6	0,58	0,57
0,7	1,01	0,91	0,84	0,79	0,76	0,72	0,7	0,68	0,67
0,8	1,16	1,04	0,96	0,9	0,87	0,83	0,8	0,78	0,76
0,9	1,31	1,17	1,08	1,01	0,97	0,93	0,9	0,87	0,85
1	1,45	1,3	1,2	1,12	1,08	1,04	1	0,97	0,95
1,1	1,59	1,43	1,32	1,23	1,29	1,14	1,1	1,06	1,04
1,2	1,73	1,56	1,44	1,34	1,3	1,24	1,2	1,16	1,14

Продолжение

Средний биологический коэффициент k_{bio}	ET_i/ET							
	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
0,3	0,28	0,27	0,27	0,27	0,26	0,26	0,26	0,25
0,4	0,37	0,36	0,36	0,35	0,35	0,35	0,34	0,34
0,5	0,46	0,45	0,45	0,44	0,44	0,43	0,43	0,42
0,6	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52	0,52	0,52	0,51
0,7	0,65	0,64	0,63	0,62	0,61	0,61	0,6	0,59
0,8	0,74	0,73	0,72	0,71	0,7	0,69	0,69	0,68
0,9	0,84	0,82	0,81	0,8	0,79	0,78	0,77	0,76
1	0,93	0,91	0,9	0,88	0,87	0,87	0,86	0,85
1,1	1,02	1	0,99	0,97	0,96	0,95	0,95	0,93
1,2	1,11	1,09	1,08	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02

Суммарное водопотребление сельскохозяйственных культур для различных природно-хозяйственных зон, соответствующее условиям оптимального водообеспечения растений и высокой урожайности, показаны в таблице 1.13. Изменение водопотребления имеет зональный характер и существенно колеблется по годам. Если на орошаемых землях фактическая проектная или плановая урожайность ниже максимальной, то суммарное водопотребление, приведенное в таблице 1.13, уменьшают. Снижение сезонного водопотребления (в долях максимального) в связи с уменьшением урожайности (в долях максимальной, соответствующей максимальному водопотреблению) может быть аппроксимировано следующим уравнением:

$$ET_{crop} = 0{,}59 + 0{,}85У_i - 0{,}44У_i^2, \qquad (1.28)$$

где ET_{crop} — водопотребление, в долях $ET_{crop\,max}$; $У_i$ — урожайность, в долях $У_{max}$.

Водопотребление при оптимальном водообеспечении растений изменяется непропорционально изменению урожайности (рис. 1.22). Так, при снижении урожайности на 50 % максимальной суммарное водопотребление снижается лишь на 10 %.

1.13. Суммарное водопотребление (эвапотранспирация) некоторых сельскохозяйственных культур в различных природно-хозяйственных зонах, мм

Культуры	Вероятность непревышения, %	Природная зона					
		лесная (k_u = =0,86... 1,2)	лесостепная (k_u = =0,51... 0,85)	умеренно-степная (k_u = =0,41... 0,5)	сухостепная (k_u = =0,31... 0,4)	полупустынная (k_u = =0,19... 0,3)	пустынная (k_u = =0,05... 0,18)
Зерновые колосовые	50	270	310	350	390	420	450
	75	290	350	400	430	460	490
	95	320	390	460	480	530	560
Кукуруза	50	320	400	470	530	580	640
	75	350	440	520	580	630	690
	95	400	500	590	650	700	760
Сахарная свекла	50	—	480	570	640	710	790
	75	—	550	630	690	750	830
	95	—	630	700	750	810	870
Люцерна прошлых лет	50	360	480	580	660	720	830
	75	400	510	630	690	760	860
	95	490	590	710	770	830	920
Картофель	50	280	350	420	450	500	—
	75	310	380	450	490	540	—
	95	350	430	490	540	600	—
Овощные (капуста, томаты, лук, огурцы и др.)	50	280	360	430	470	520	620
	75	320	390	460	500	560	650
	95	370	440	510	550	610	700
Кормовые корнеплоды	50	280	380	440	480	540	640
	75	320	410	480	530	590	690
	95	360	460	540	600	650	740

1.5.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОРОСИТЕЛЬНОЙ НОРМЫ

Оросительная норма — количество воды, которое подается на гектар орошаемой площади за вегетационный период, измеряемое в $м^3$/га или мм слоя воды. Определяют ее как разницу между суммарным водопотреблением (эвапотранспирацией) культуры и ее природной водообеспеченностью. Обычно оросительную норму принимают равной дефициту суммарного водопотребления культуры за вегетационный период

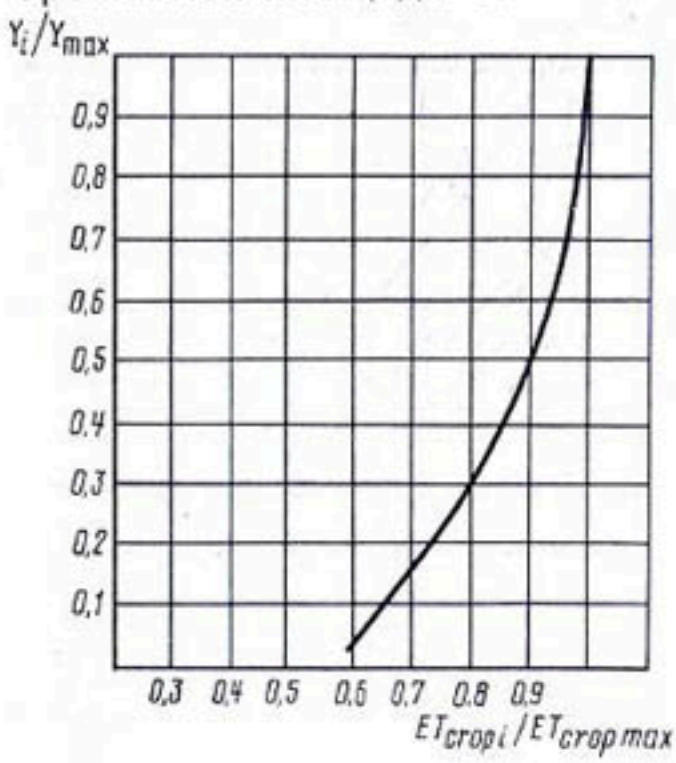


Рис. 1.22. Зависимость водопотребления ET_{crop} от урожайности (уровня агротехники) при оптимальной водообеспеченности растений:
$У_{max}$ — максимальная урожайность, т/га; $У_i$ — расчетная урожайность, т/га; $ET_{crop\,max}$ — водопотребление, соответствующее получению $У_{max}$, мм; $ET_{crop\,i}$ — водопотребление, соответствующее получению $У_i$, мм

$$M = \sum_{i=1}^{n} \Delta ET_{crop}, \qquad (1.29)$$

где M — оросительная норма нетто; $\sum_{i=1}^{n} \Delta ET_{crop}$ — сумма дефицитов водопотребления за вегетационный период культуры.

Дефицит водопотребления для любого периода вегетации определяют по уравнению водного баланса, которое в упрощенном виде имеет вид:

$$\Delta ET_{crop} = ET_{crop} - W_{ai} - P_i\alpha - V_{gr} + V_i, \qquad (1.30)$$

где ET_{crop} — суммарное водопотребление культуры за расчетный период, мм; W_{ai} — активный запас почвенной влаги на начало расчетного периода, мм; P_i — атмосферные осадки за период, мм; α — коэффициент использования осадков; V_{gr} — капиллярный приток грунтовых вод в расчетный слой, мм; V_i — отток влаги за пределы расчетного слоя, мм.

В этом уравнении активный запас почвенной влаги W_a вычисляют как разницу между исходным запасом влаги W_{in} в расчетном слое почвы и допустимым (предполивным) запасом воды в том же слое W_{cr}.

Коэффициент использования осадков α определяют таким образом. Если $P_i \leqslant ET_{crop} + (W_{FC} - W_{in})$, то $\alpha = 1$, а если $P_i > ET_{crop} + (W_{FC} - W_{in})$, то $\alpha = [ET_{crop} + (W_{FC} - W_{in})]/P_i$ [W_{FC} — наименьшая влагоемкость (водоудерживающая способность) максимального расчетного слоя почвы для данной культуры, мм; W_{in} — запас влаги в том же слое почвы на начало расчетного периода, мм].

Значение грунтовых вод в обеспечении растений влагой зависит от глубины их залегания, мощности корневой системы растений, литологического строения зоны аэрации, а также частоты смачивания поверхности почвы атмосферными осадками и поливами. При отсутствии экспериментальных данных капиллярное использование грунтовых вод рассчитывают по зависимости

$$V_{gr} = ET_{crop}k_g, \qquad (1.31)$$

где V_{gr} — используемые грунтовые воды, мм; ET_{crop} — суммарное водопотребление за расчетный период, мм; k_g — коэффициент использования грунтовых вод, в долях суммарного водопотребления.

Для ориентировочных расчетов коэффициент использования грунтовых вод принимают по таблице 1.14 или по рисунку 1.23.

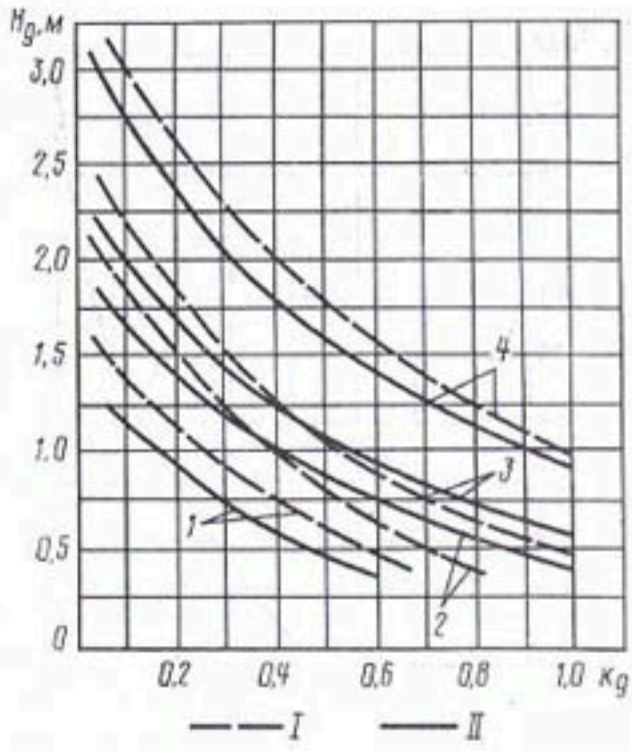


Рис. 1.23. Изменение коэффициента k_g, характеризующего использование грунтовых вод в долях водопотребления ET_{crop} тяжелые и легкие по механическому составу почвы:
1 — поверхность без растительности; *2* — растения с глубиной корней до 60 см; *3* — то же, до 100 см; *4* — то же, более 100 см; H_g — глубина залегания грунтовых вод; k_g — коэффициент использования грунтовых вод

1.14. Коэффициент использования пресных грунтовых вод k_g в зависимости от глубины их залегания, типа почв и агрофона

Глубина залегания пресных грунтовых вод H_g, м	Легкие по механическому составу почвы				Тяжелые по механическому составу почвы			
	поверхность без растительности	культуры с корневой системой, см			поверхность без растительности	культуры с корневой системой, см		
		до 60	до 100	более 100		до 60	до 100	более 100
0,5	0,45	0,85	1	1	0,55	0,75	0,95	1
1	0,15	0,4	0,55	0,9	0,25	0,35	0,5	0,95
1,5	—	0,15	0,25	0,55	0,05	0,2	0,3	0,65
2	—	—	0,1	0,3	—	0,05	0,15	0,4
2,5	—	—	—	0,15	—	—	0,05	0,25
3	—	—	—	0,05	—	—	0	0,1

Примечание. При минерализованных грунтовых водах приведенный в таблице коэффициент уменьшается в 1,5...2 раза.

По уравнениям (1.29) и (1.30) определяют количество оросительной воды, необходимое для обеспечения увлажнительного режима орошения, то есть поддержания оптимальной влажности почвы.

Количество воды для орошения засоленных и склонных к засолению земель вычисляют на основе прогноза солевого режима зоны аэрации.

Оптимальные биоклиматические оросительные нормы нетто некоторых сельскохозяйственных культур в Центральном, Волго-Вятском и Центрально-Черноземном районах приведены в таблице 1.15, а дифференцированные по природно-климатическим зонам оптимальные биоклиматические нормы, определенные по расчетной модели ВНПО «Радуга», — в таблице 1.16.

1.15. Оптимальная биоклиматическая оросительная норма нетто (мм) орошаемых культур в среднесухой год (75 % вероятности непревышения) при глубоком залегании грунтовых вод

Экономические районы	Коэффициенты увлажнения k_u	Культуры			
		картофель поздний	капуста поздняя	люцерна	многолетние травосмеси
Центральный					
Брянская область	0,96	100	120	130	155
Владимирская »	0,91	120	130	150	170
Ивановская »	0,93	115	130	140	165
Калининская »	1,2	70	80	80	90
Калужская »	1,09	80	95	95	115
Костромская »	1,12	80	90	100	110
Московская »	1,03	95	110	110	130
Орловская »	0,85	130	140	175	195
Рязанская »	0,78	140	155	190	220

Продолжение

Экономические районы	Коэффициенты увлажнения k_u	Культуры			
		картофель поздний	капуста поздняя	люцерна	многолетние травосмеси
Смоленская область	1,20	65	75	70	85
Тульская »	0,84	130	140	170	190
Ярославская »	1,1	85	95	110	120
Волго-Вятский					
Горьковская область	0,83	135	140	170	190
Кировская »	0,95	110	120	130	150
Марийская АССР	0,83	135	145	180	205
Мордовская »	0,72	165	170	220	255
Чувашская »	0,75	155	160	205	240
Центрально-Черноземный					
Белгородская область	0,63	200	210	280	305
Воронежская »	0,56	230	250	320	355
Курская »	0,77	150	160	210	230
Липецкая »	0,68	175	185	260	280
Тамбовская »	0,61	210	225	290	320

1.16. Оптимальная биоклиматическая оросительная норма нетто (мм) **сельскохозяйственных культур** (при глубоком залегании грунтовых вод)

Культуры	Вероятность непревышения, %	Природные зоны					
		лесная (k_u = =0,86 ...1,2)	лесостепная (k_u= =0,51 ...0,85)	степная (k_u= =0,41 ...0,5)	сухостепная (k_u= =0,31 ...0,4)	полупустынная (k_u = =0,19 ...0,3)	пустынная (k_u= =0,05 ...0,18)
Кукуруза	50	60	160	260	320	400	500
	75	110	220	320	380	460	550
	95	200	320	410	460	540	630
Сахарная свекла	50	—	190	300	390	540	680
	75	—	270	390	470	600	740
	95	—	380	490	570	680	840
Многолетние травы	50	80	200	320	430	570	760
	75	130	280	400	510	640	830
	95	220	390	530	620	740	930
Картофель	50	60	140	230	300	370	—
	75	100	190	300	360	430	—
	95	170	270	380	440	500	—
Овощные (капуста, томаты, лук, огурцы и др.)	50	70	160	250	300	380	490
	75	120	210	300	350	430	540
	95	200	310	390	440	520	630
Кормовые корнеплоды	50	60	150	240	310	380	490
	75	100	200	310	370	440	550
	95	190	300	390	460	540	640

Биоклиматические оросительные нормы, приведенные в таблицах 1.15 и 1.16, рассчитаны на высокий уровень агротехники и получение максимальной урожайности.

При урожайности ниже максимальной (фактически достигнутой или проектной) оптимальные биоклиматические нормы уменьшают с учетом зависимости (1.28).

Кроме того, эти нормы не учитывают возможного использования грунтовых вод. При близком залегании уровня грунтовых вод биоклиматические расчетные нормы снижают, используя расчетные зависимости (1.30) и (1.31).

Так как в процессе полива неизбежны непроизводительные потери оросительной воды (в оросительной сети и непосредственно на поле), то при планировании водопользования и его реализации необходимо оперировать оросительными нормами брутто, учитывающими эти потери.

Оросительную норму в зависимости от биоклиматического характера ее внутрисезонного распределения подают на поле частями, в виде поливных норм, которые рассчитывают с учетом биологических требований растений и сохранения почвенного плодородия.

1.5.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОЛИВНОЙ НОРМЫ

Поливная норма — количество воды, которое подают на поле за один полив, измеряется в $м^3/га$ или мм слоя воды.

В общем случае величина поливной нормы зависит от водно-физических свойств почвы, степени ее иссушения к моменту полива, необходимой глубины промачивания, способа и технологии полива.

Предельную поливную норму вычисляют по формуле А. Н. Костякова

$$m = W_{FC} - W_{cr} = 10\gamma h_z(\beta_{FC} - \beta_{cr}), \qquad (1.32)$$

где m — расчетная поливная норма, мм; W_{FC} — наименьшая влагоемкость или водоудерживающая способность расчетного слоя почвы, мм; W_{cr} — допустимый или фактический запас влаги в том же слое почвы, мм; h_z — расчетный слой увлажнения почвы, мм; γ — объемная масса расчетного слоя почвы, $т/м^3$ или $г/см^3$; β_{FC}, β_{cr} — влажность почвы, соответствующая наименьшей влагоемкости и допустимому порогу иссушения, % массы.

Согласно этой зависимости, поливную норму устанавливают исходя из условия доведения влажности в расчетном слое почвы до наименьшей влагоемкости.

Динамика расчетного (корнеобитаемого) слоя почвы в гумидной и аридной зонах приводится в таблице 1.17.

При поливе дождеванием поливную норму назначают с учетом интенсивности и качества дождя, впитывающей способности почвы, состояния агрофона, рельефа и уклона поверхности.

Так как необходимое качество и эффективность дождевания обеспечиваются только при поливе достоковыми нормами, то в отличие от поверхностного (гравитационного) полива поливная норма при дождевании может быть меньше на тяжелых и больше на легких по механическому

1.17. Внутрисезонная динамика нарастания корневой системы орошаемых культур, см

Орошаемые культуры	Порядковый номер декады от начала вегетации*													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Гумидная зона														
Озимая пшеница	50	50	60	70	75	80	80	80	80	—	—	—	—	—
Яровая пшеница	35	35	40	55	70	75	80	80	80	—	—	—	—	—
Картофель (поздний)	30	30	35	45	55	60	65	65	65	65	65	65	—	—
Кукуруза	35	40	50	60	70	75	80	80	80	80	80	80	—	—
Капуста (поздняя)	30	35	40	50	55	60	60	60	60	60	60	60	60	—
Овощи (огурцы, томаты и др.)	30	35	40	45	50	50	50	50	50	50	50	—	—	—
Кормовые корнеплоды	30	35	40	50	60	70	70	70	70	70	—	—	—	—
Люцерна в год посева	30	30	35	45	60	70	75	80	80	80	80	80	80	—
Люцерна прошлых лет	55	60	70	85	90	90	90	90	90	90	90	90	90	—
Пастбище	40	45	50	55	60	60	60	60	60	60	60	—	—	—
Злакобобовые (многоукосные травосмеси)	45	50	60	70	75	75	75	75	75	75	75	75	75	—
Однолетние травы	30	35	45	55	70	75	75	75	75	75	75	75	75	—
Многолетние насаждения	60	65	70	85	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Аридная зона														
Озимая пшеница	55	60	75	85	90	90	90	90	90	—	—	—	—	—
Яровая пшеница	40	45	55	70	80	85	90	90	90	90	—	—	—	—
Картофель (поздний)	40	40	45	55	65	70	75	75	75	75	75	75	—	—
Кукуруза	40	45	55	70	80	85	90	90	90	90	90	90	—	—
Капуста (поздняя)	30	35	40	50	55	60	60	60	60	60	60	60	60	—
Овощи (огурцы, томаты и др.)	30	35	40	50	55	60	60	60	60	60	60	—	—	—
Сахарная свекла	40	40	45	55	70	75	80	80	80	80	80	80	80	80
Люцерна в год посева	35	35	40	50	65	80	85	85	85	85	85	85	85	85
Люцерна прошлых лет	60	65	75	85	90	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Пастбище	45	50	55	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
Злакобобовые (многоукосные травосмеси)	50	55	65	75	80	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Однолетние травы	35	40	50	60	75	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Многолетние насаждения	75	80	90	95	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

* Для однолетних культур за начало расчетного периода принимают дату посева (посадки), для многолетних — дату возобновления вегетации.

составу почвах, в связи с чем режим орошения дождеванием должен базироваться на технологически возможных поливных нормах.

Во всех случаях технологическая норма полива дождеванием не должна превышать достоковую (эрозионно допустимую) норму (мм)

$$m_{adm} = P/(\sqrt{\rho}\, e^{0,5d}), \qquad (1.33)$$

где P — показатель, характеризующий впитывающую способность почвы, мм, который в зависимости от водопроницаемости составляет (по Н. С. Ерхову), мм:

Водопроницаемость	Слабая и очень слабая	Средняя	Хорошая	Сильная и очень сильная
P	$\leqslant 30$	30...60	60...90	$\geqslant 90$

ρ — интенсивность дождя, мм/мин; e — основание натурального логарифма, $e=2{,}72$; d — средний диаметр капель дождя, мм.

Если достоковая поливная норма получается меньше расчетной, вычисленной по формуле, то расчетную норму реализуют за несколько приемов технологическими нормами, не превышающими достоковую.

Достоковые поливные нормы на разных почвах при различных интенсивностях дождевания и структуре дождя приведены в таблице 1.18.

Достоковую поливную норму для конкретных условий можно определить по номограмме (рис. 1.24).

При орошении дождеванием разовая норма полива зависит не только от глубины корневой системы, а в первую очередь от интенсивности и качества дождя, впитывающей способности почвы. При этом максимальное приближение реализуемой поливной нормы к расчетной должно обеспечиваться за счет оптимизации технологических схем полива.

Достоковые нормы, приведенные в таблице 1.18, учитывают главным образом свойства орошаемой почвы и энергетические параметры дождя (крупность капель и интенсивность). В конкретных условиях достоковая норма зависит в определенной степени также от уклона орошаемой поверхности, предполивной влажности почвы и состояния агрофона (растительного покрова и взрыхленности или уплотненности поверхностного слоя почвы). Поэтому их можно корректировать.

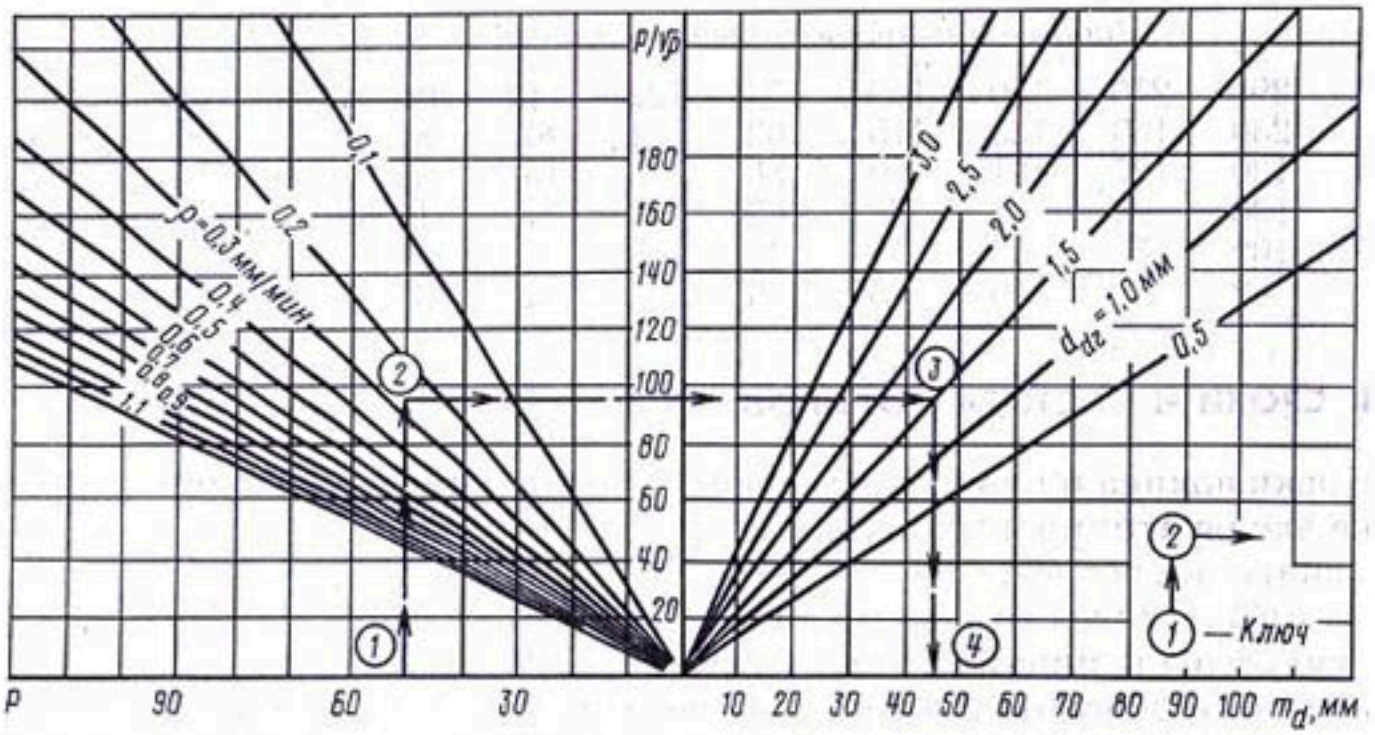


Рис. 1.24. Номограмма для определения достоковой поливной нормы:
P — параметр, характеризующий впитывающую способность почвы; ρ — интенсивность дождя; мм/мин; d_d, — средний диаметр капель дождя, мм; m_d — достоковая поливная норма

1.18. Достоковые (доэрозионные) поливные нормы для различных почв и энергетических параметров дождя, мм

Средний диаметр капель дождя d, мм	Интенсивность дождя ρ, мм/мин											
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2
Почвы слабой водопроницаемости (P = 30 мм)												
0,5	74	52	43	37	33	30	28	26	25	24	23	22
1	58	41	33	29	26	23	22	20	19	18	17	17
1,5	45	32	26	22	20	18	17	16	15	14	14	13
2	35	25	20	17	16	14	13	12	12	11	11	10
2,5	27	19	16	14	12	11	10	10	9	9	8	8
3	20	15	12	10	9	8	7	7	6	6	5	5
Почвы средней водопроницаемости (P = 60 мм)												
0,5	147	104	85	74	67	60	56	53	50	47	45	44
1	115	81	66	58	51	47	43	41	38	36	35	34
1,5	90	63	52	45	40	37	34	32	30	29	27	26
2	70	49	40	35	31	28	26	25	23	22	21	20
2,5	55	39	31	28	25	22	21	19	18	17	16	16
3	44	31	25	21	19	17	16	15	14	13	13	13
Почвы выше средней проницаемости (P = 90 мм)												
0,5	222	157	130	110	99	91	85	79	74	70	68	65
1	172	122	100	86	77	70	65	61	58	55	52	50
1,5	135	95	78	67	60	55	51	47	45	43	41	39
2	104	74	64	52	47	43	40	37	35	33	32	30
2,5	81	58	47	41	37	33	30	29	28	26	25	24
3	65	45	36	32	31	27	24	22	21	20	19	18
Почвы сильной водопроницаемости (P = 120 мм)												
0,5	296	210	170	149	134	122	112	105	99	95	90	85
1	230	163	133	115	103	94	87	81	77	73	69	66
1,5	180	127	104	90	80	73	67	63	60	57	54	52
2	136	99	81	70	62	57	53	49	47	44	42	40
2,5	109	77	63	55	48	45	41	39	36	35	33	31
3	82	60	49	43	39	35	32	31	29	28	26	24

1.5.4. СРОКИ И ЧАСТОТА ПОЛИВОВ

Сроки полива и продолжительность межполивных периодов при разработке эксплуатационных режимов орошения на предстоящий сезон устанавливают в соответствии с внутрисезонным распределением оросительной нормы. Для этого по декадным дефицитам водопотребления орошаемых культур для принятого года расчетной обеспеченности строят суммарную (интегральную) кривую сезонного нарастания дефицитов водопотребления (рис. 1.25), которую и используют для графического определения режима орошения. Число поливов, сроки их проведения и продолжительность межполивных периодов определяют с учетом размеров поливных норм (расчетных, достоковых, технологических).

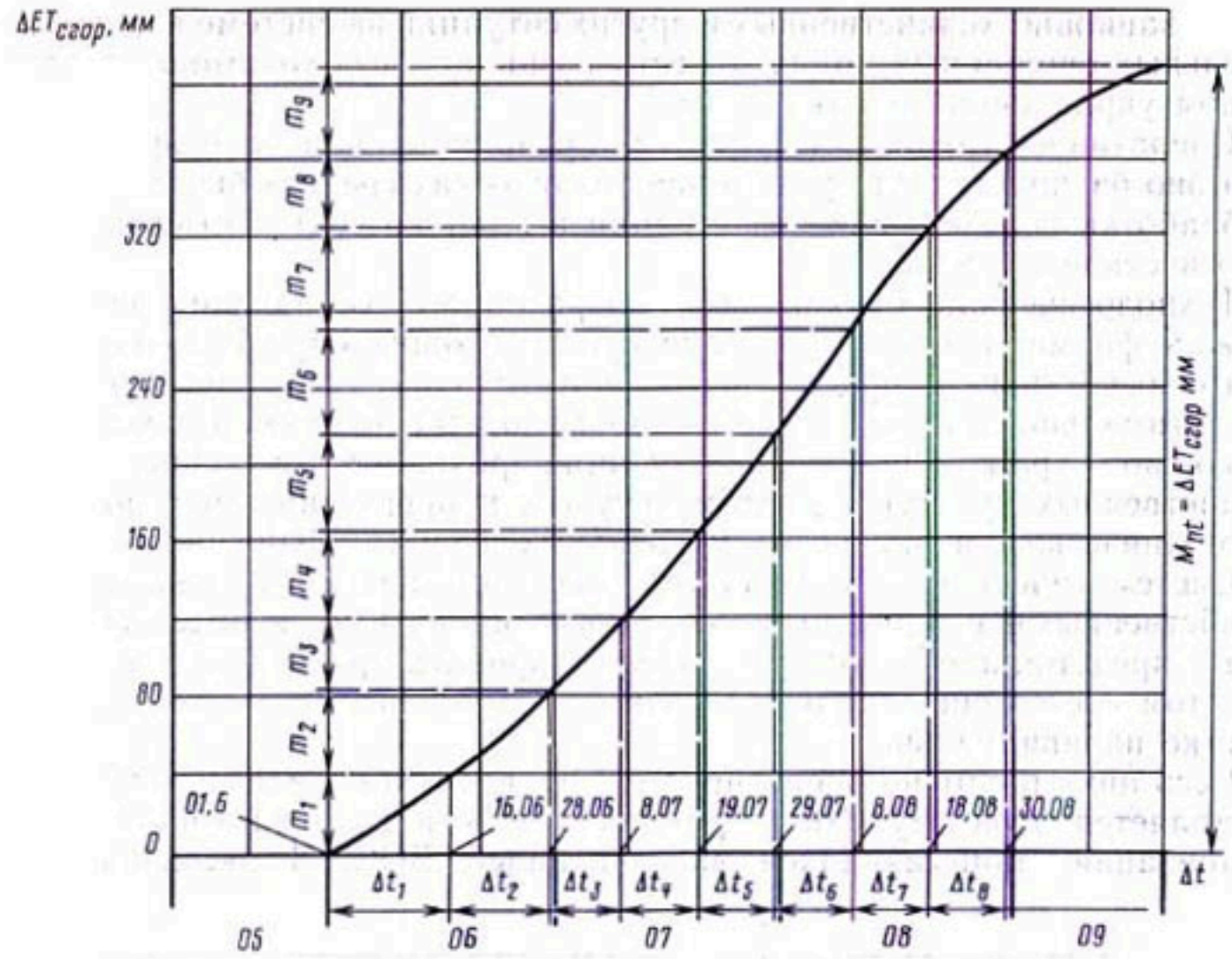


Рис. 1.25. Графоаналитический расчет поливного режима по интегральной кривой дефицита водопотребления:
m — поливная норма; ΔET_{crop} — дефицит водопотребления; M_{nt} — оросительная норма, нетто; Δt — межполивной период, 16.06... 30.08 — средние даты поливов

В общем виде связь между поливной нормой и длительностью межполивного периода, то есть временем между двумя смежными поливами, выражается зависимостью

$$\Delta t = (m + P\alpha + W_a)/ET_{crop}, \qquad (1.34)$$

где Δt — межполивной период, сут; m — реализованная поливная норма нетто, мм; P — атмосферные осадки за период, мм; α — коэффициент использования осадков; W_a — запасы влаги в расчетном слое почвы сверх критических на момент полива, мм; ET_{crop} — среднее суточное испарение влаги полем за период Δt, мм.

Если за рассматриваемый период могут быть использованы грунтовые воды, то они должны быть учтены.

Число поливов культуры за вегетацию N зависит от оросительной и поливной норм

$$N = M/m_{mit}, \qquad (1.35)$$

где M — оросительная норма, мм; m_{mit} — средняя поливная норма, мм.

1.5.5. ОПЕРАТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПОЛИВАМИ

В процессе реализации эксплуатационных режимов орошения систематически возникает необходимость в корректировке запланированных сроков и норм полива с учетом изменяющихся погодных, агротехнических,

организационно-хозяйственных и других ситуаций на системе в целом и на отдельных орошаемых полях, то есть возникает необходимость в оперативном управлении поливами.

Оперативное управление поливами проявляется наиболее эффективно, если оно базируется на применении технических средств быстрого сбора и обработки необходимой информации и наличии соответствующей технологической службы.

Технологическая служба для оперативного управления поливами должна формироваться в системе существующих служб эксплуатации внутрихозяйственных оросительных систем с целью устойчивого обеспечения оптимальной для растений влажности почвы и получения максимально возможного урожая за счет оптимизации сроков и норм полива сельскохозяйственных культур с учетом текущих и прогнозируемых погодных, агротехнических, почвенно-мелиоративных и других факторов.

Систематический (ежедневный) учет погодных и организационно-хозяйственных факторов позволяет прогнозировать почвенные влагозапасы на предстоящие 5...10 сут и корректировать сроки и нормы полива с учетом состояния влажности почвы и растений на каждом поливном участке индивидуально.

Весь цикл работ по оперативному управлению поливами (ОУП) осуществляется этой службой в рамках хозяйств водопользователей или организаций, занимающихся эксплуатацией ВОС. Функционирование

Основные функции	Функциональные задачи
Разработка плановых режимов орошения севооборотных культур на предстоящий сезон	Сбор и анализ сведений о техническом состоянии оросительной системы, структуре и размещении посевов, размещении поливной техники на полях, других исходных данных. Разработка плановых эксплуатационных режимов орошения севооборотных культур на предстоящий сезон
Контроль и анализ мелиоративного состояния орошаемых земель	Сбор и оценка данных о водно-физических свойствах почв, динамике уровня грунтовых вод, их минерализация и др. Определение исходных влагозапасов в почве на орошаемых полях и дальнейший их контроль
Оперативное планирование и корректировка графиков полива	Сбор и анализ текущей метеорологической информации, сведений о состоянии почвы и растений, оперативных данных о текущем состоянии оросительной системы, поливной техники и о реализованных поливах. Планирование сроков и норм полива на предстоящие 10 сут и их корректировка на основе оценки текущей ситуации и прогнозной информации. Принятие решений, подготовка и передача рекомендаций для реализации плана поливов
Оперативное управление поливами	Контроль выполнения оперативных планов и качества полива. Консультации технического и административного персонала. Сбор информации о выполнении оперативного плана полива. Вторичное использование информации в целях учета и отчетности

службы ОУП основано на применении информационно-вычислительных комплексов на базе персональных микро-ЭВМ типа «Искра-226», «Искра-1030», ЕС-1840, СМ-1810 и др. Один информационно-вычислительный комплекс (ИВК) на базе микро-ЭВМ может обслуживать до 20...25 тыс. га.

Основные функции и задачи технологической службы оперативного управления поливами приведены на с. 57.

Структурно-функциональная схема оперативного управления поливами обычно является замкнутой с несколькими контурами информационных связей (рис. 1.26).

Центральное звено технологической службы ОУП — отдел технологического обеспечения орошения (ТООр), в котором концентрируется и обрабатывается вся исходная информация и готовятся управляющие решения. Базой для создания такого отдела может быть почвенная лаборатория, существующая в системе инженерной эксплуатационной службы.

По функциональным признакам в отделе ТООр могут выделяться следующие структурные подразделения: группа оперативного планирования поливов (ОПП); группа математического обеспечения (МО); почвенно-мелиоративная лаборатория (ЛПМ).

Ориентировочный состав, численность и структура отдела ТООр в зависимости от обслуживаемой площади приведены в таблице 1.19.

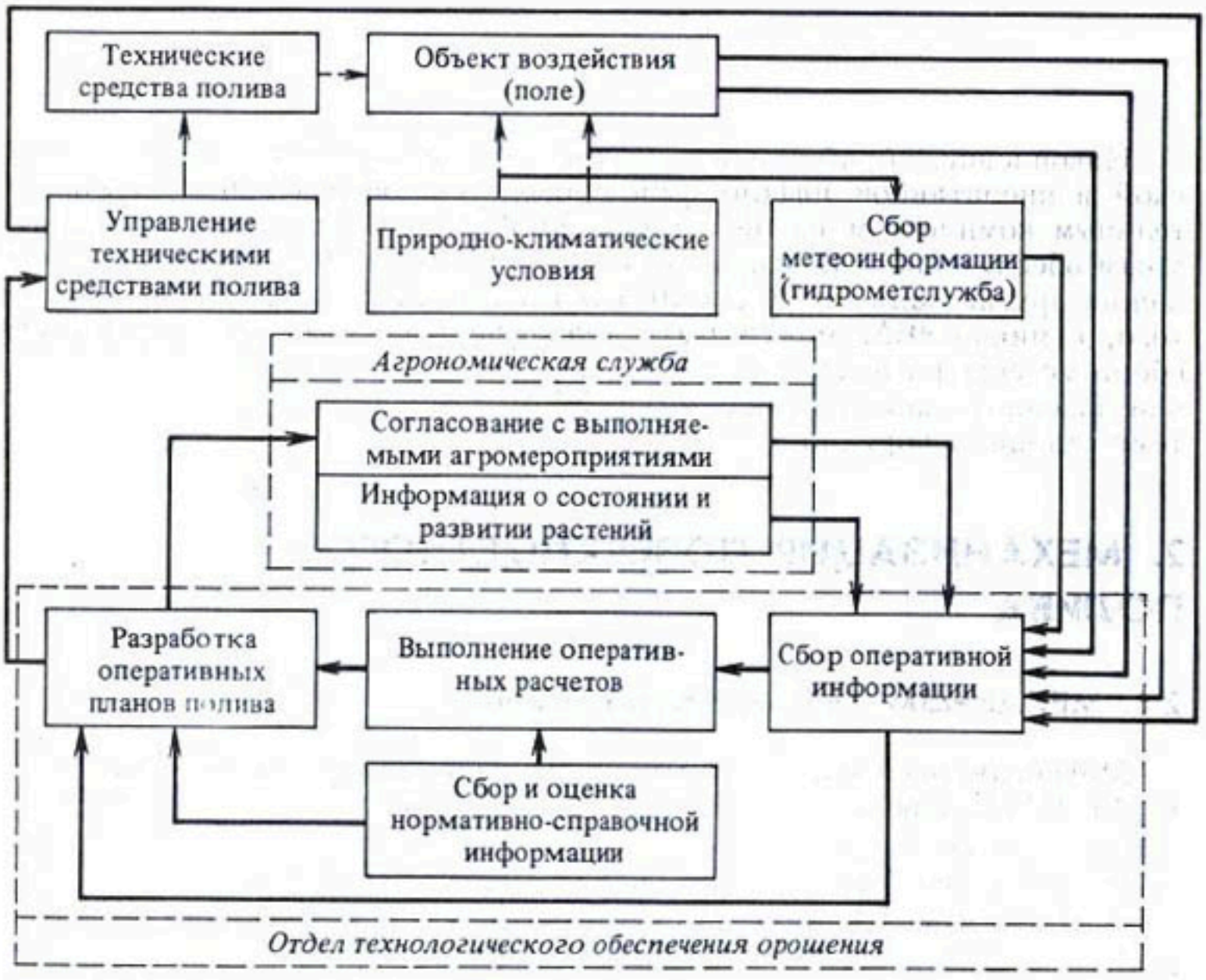


Рис. 1.26. Структурно-функциональная схема оперативного управления поливами

1.19. Структура, состав и численность ТООр

Структура	Состав	Численность (чел.) в зависимости от площади обслуживания, тыс. га		
		5	10	25
Группа оперативного планирования поливов	Инженер-гидротехник	1	1	1
	Агрометеоролог	—	1	1
	Техник-оператор	—	1	2
		1	3	4
Группа математического обеспечения	Инженер-оператор ЭВМ	1	1	1
	Техник-оператор ЭВМ	—	1	2
		1	2	3
Почвенно-мелиоративная лаборатория	Почвовед	—	1	1
	Техник	2	2	5
		2	3	6
	Итого	4	8	13

Накопление, обработка и хранение постоянной нормативно-технической и оперативной информации проводится информационно-вычислительным комплексом на базе микро-ЭВМ с соответствующим программным обеспечением. В перспективе ЭВМ можно использовать и для решения других задач в АСУ сельскохозяйственного предприятия. Кроме того, к микро-ЭВМ может быть подключена система автоматического сбора метеорологической и другой оперативной информации. При наличии надежных каналов связи микро-ЭВМ может быть подключена к системе старшего порядка.

2. МЕХАНИЗАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА

2.1. МЕХАНИЗМ УВЛАЖНЕНИЯ ПОЧВЫ

Механизм поступления воды в почву при поверхностном орошении (табл. 2.1) заключается в горизонтальном перемещении тока воды по поверхности поля (сплошным слоем и по бороздам) и вертикальном просачивании ее в почву гравитационным и капиллярным путем.

А. Н. Костяковым предложены зависимости, учитывающие динамичность скорости впитывания на элементарной увлажняемой площадке,

$$K_{p1} = K_v/t^{\alpha}; \quad K_m = K_v/(1-\alpha)t^{\alpha}, \qquad (2.1)$$

2.1. Классификационная схема распределения воды при поверхностном орошении (по А. Н. Костякову)

Распределение воды на поле	Технология полива	
	с малым напором и расходом воды	с более высоким напором и расходом воды
По поверхности поля:		
сплошным слоем	По полосам	Затопление
по бороздам	По проточным бороздам	По глубоким тупым бороздам

где K_{p1} — скорость впитывания в момент времени t, см/ч; K_v — коэффициент водопроницаемости данной почвы в первую единицу времени, см/ч (табл. 2.2); α — коэффициент затухания скорости впитывания, изменяющийся от 0,2 до 0,8 для различных почв (табл. 2.2); K_m — средняя скорость впитывания воды почвой за время t, см/ч; t — продолжительность впитывания, ч.

Для аппроксимации процесса впитывания воды почвой применима формула с дополнительным членом установившейся скорости впитывания

$$K_{p1} = K_s t^{-\alpha} + K_{vst}, \qquad (2.2)$$

где K_s — коэффициент, зависящий от водно-физических свойств почвы (табл. 2.3); K_{vst} — установившаяся скорость впитывания воды в почву, м/ч (табл. 2.3).

В связи с неодновременностью покрытия водой створов по длине поливных элементов средняя скорость впитывания по длине будет несколько меньше средней скорости впитывания на элементарной площадке K_m, и (по Л. Б. Бунетяну) применительно к формуле А. Н. Костякова

$$K_m = \frac{K_v}{(1-\alpha)(2-\alpha)} t^{-\alpha}. \qquad (2.3)$$

При поливе сплошным слоем вода почвой поглощается в вертикальном направлении преимущественно гравитационным путем, а при поливе по бороздам — в вертикальном и боковом направлениях преимущественно капиллярным путем.

2.2. α и K_v для обыкновенных сероземов (по данным К. А. Жаровой)

Почвы	α	K_v, см/ч
Супесчаные (подстилаемые галечником, супесчаными глинистыми отложениями)	0,07...0,31 (0,14)	8...32 (17,6)
Средние суглинки (подстилаемые галечником, легкими суглинками, с прослоями тяжелого суглинка)	0,11...0,75 (0,45)	2,4...17,5 (8,4)
Сероземно-луговые сильно солончаковые лессовидные тяжелые суглинки	0,31...0,86 (0,75)	1,8...9,6 (6)

Примечание. В скобках дано среднее значение.

2.3. Параметры формулы впитывания (по Н. Т. Лактаеву)

Пахотный слой	α	Подпахотный слой	K_{vil}, м³/ч	K_i
Почвы хорошей структуры в рыхлом состоянии	0,333	Супесь	0,015	1,45
		Легкий суглинок	0,0088	2,5
		Средний »	0,0045	4,55
		Тяжелый »	0,0025	7,05
		Глины	0,0015	14,6
Почвы обычной средней структуры и плотности	0,6	Супесь	0,015	0,73
		Легкий суглинок	0,008	1,47
		Средний »	0,0045	2,5
		Тяжелый »	0,0025	4,5
		Глины	0,0015	7,9
Слабоструктуренные почвы сильно уплотненные	0,75	Супесь	0,015	0,48
		Легкий суглинок	0,008	0,39
		Средний »	0,0045	1,55
		Тяжелый »	0,0025	2,9
		Глины	0,0015	4,7

Скорость (м/с) продвижения воды по поверхности орошаемого поля

$$v_a = c\sqrt{hi_a}\,, \qquad (2.4)$$

где h — слой воды, м; i_a — уклон поверхности; c — скоростной коэффициент, зависящий от коэффициента шероховатости поверхности поля, м/с, $c = 1{,}4...4$.

Скорость поглощения воды почвой в общем виде

$$v_{ads} = K_v\frac{h_a + d_h + h_{cap} + P_{ag}}{d_h}\,, \qquad (2.5)$$

где K_v — коэффициент фильтрации почвы, см/ч; h_a — слой воды на поверхности, см; d_h — слой почвы, пропитавшийся водой, см; h_{cap} — высота капиллярного поднятия воды в данной почве, см; P_{ag} — избыточное давление воздуха в почве, см.

2.2. ЗАТОПЛЕНИЕ ЧЕКОВ

Способ полива затоплением применяют при промывках, влагозарядке почвы, орошении риса на массивах с очень малым уклоном (менее 0,001).

Поливные чеки — система прямоугольных безуклонных или малоуклонных площадок затопления размерами от 0,2 до 1...5 га и более, разделенных земляными валиками трапецеидального сечения. На участках с особо неблагоприятным рельефом, как исключение, допускаются косоугольные чеки с углом пересечения продольных и поперечных валиков, не превышающим 70°.

На крупных картах-чеках площадью до 20...30 га с широким фронтом залива и сброса поперечные валики не устраивают.

Продольные валики сооружают постоянными, поперечные — постоянными или временными, переходимыми или непереходимыми для сельскохозяйственных машин. Высота валиков 35 см, ширина поверху 30...35 см, заложение откосов переходимых валиков не менее 1 : 4, непереходимых — 1 : 1,5.

При поливе затоплением воду на чек или карту-чек подают большим током, она впитывается в почву под действием гравитационных сил.

Чеки устраивают возможно бóльших размеров. Ограничивающими размеры чека условиями являются допустимое увеличение объема планировочных работ и глубины срезки грунта.

Размеры чека зависят от требуемой глубины его затопления и уклона поверхности.

Режим затопления рисового чека определяется условиями возделывания культуры риса.

Допустимое отклонение слоя затопления чека от среднего значения при возделывании риса составляет ± 5 см.

Водоподача для затопления чека при глубоком залегании грунтовых вод зависит от интенсивности испарения и поглощения воды почвой:

$$Q_{ch} t_{fl} = A_{ch}(h_{fl} + h_E + h_{ads} + h_{ad}), \qquad (2.6)$$

где Q_{ch} — расход воды при затоплении рисового чека, м^3/ч; t_{fl} — длительность затопления чека, ч; A_{ch} — площадь чека, м^2; h_{fl} — требуемый слой затопления, м; h_E — слой испарения в период заполнения чека (определяют по известным зависимостям испаряемости), м; h_{ads} — слой поглощения воды почвой (устанавливают по средней скорости впитывания с учетом неодновременного покрытия водой площади чека), м; h_{ad} — дополнительный слой воды, обеспечивающий при данной фильтрации и размерах чека его заполнение в требуемые сроки, м.

2.3. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИВА ПО ПОЛОСАМ

Поливы по полосам применяют на культурах сплошного сева (зерновые, травы и др.) и при влагозарядке. Различают поливы с верхним и боковым выпуском воды на полосы, формируемые ограничительными продольными валиками.

Полив по полосам с боковым впуском воды применяют, когда трудно осуществить полив по полосам с верхним впуском воды, например при значительных поперечных уклонах. При этом воду на полосу подают через каждые 10...20 м из вспомогательной борозды, нарезаемой вместо продольного ограничительного валика полосы.

Полив по полосам с верхним впуском воды из временной сети или поливного устройства применяют на спланированных площадках при поперечных уклонах не более 0,002. Продольный уклон при этом не должен превышать 0,015.

Параметры элементов техники полива по полосам с верхним впуском зависят от степени спланированности, продольного и поперечного уклонов, поливной нормы, водопроницаемости почвы, принятой агротехники возделываемой культуры.

Длину полос l_{bor} принимают 50...500 м, в некоторых случаях — до 1000 м. Длинные полосы нарезают на хорошо спланированных площадках с продольным уклоном 0,001...0,003 при слабой водопроницаемости почвы.

Удельный расход воды в голове полосы q_{osp} устанавливают от 1 до 20 л/с на 1 м ширины полосы. Максимальный удельный расход допустим при продольных уклонах 0,001...0,003. При бóльших уклонах увеличение расхода воды в полосе может вызвать размыв и вынос почвы.

Ширину полос b принимают от 1,8 (узкие полосы) до 10...30 м (широкие полосы). Наиболее распространены полосы шириной 3,6...4,2 м (табл. 2.4). Широкие полосы устраивают на тщательно спланированных площадях при отсутствии поперечных уклонов.

2.4. Элементы техники полива по полосам с шириной захвата 3,6 м и высотой валиков 0,15 м

Почвы	Уклон в направлении полива	Длина полос, м	Удельный расход, л/с на 1 м
Легкосуглинистые высокой водопроницаемости	0,003	200	5,5
	0,006	150	4
Среднесуглинистые средней водопроницаемости	0,003	400	8
	0,006	350	7
Тяжелосуглинистые низкой водопроницаемости	0,003	500	8,5
	0,006	400	7,5

Высота ограничительных валиков H зависит от расхода воды в полосе, величины продольных и поперечных уклонов (от 0,1...0,15 до 0,2...0,25 м).

Гидравлические элементы потока в головной части полосы определяют из соотношений:

$$\chi = b - 2mH + 2mh_0\sqrt{1 + m^2};$$

$$h_0 = \sqrt{q_{sp}/c}; \qquad (2.7)$$

$$S = h_0(b - 2mH + mh_0), \qquad (2.8)$$

где χ — смоченный периметр, м; b — ширина полосы, м; m — заложение откосов валиков; H — высота валиков, м; h_0 — слой воды, м; q_{sp} — удельный расход поливной струи, м^3/(с·м); c — коэффициент скорости, см/ч; S — живое сечение, м^2.

Предельный расход (м^3/с) поливной струи в голове полосы из условия неразмываемости

$$q_{lim} = v_{cr}^2/c, \qquad (2.9)$$

где v_{cr} — критическая из условия неразмываемости скорость, м/с, $v_{cr} = 0{,}15...0{,}2$ м/с.

Продолжительность (с) добегания струи по полосе вычисляют по формуле А. Н. Костякова:

$$t_l = (nK_{cm}l_{bor}/q_{sp})^{1/\alpha}, \qquad (2.10)$$

где n — коэффициент, учитывающий накопление объема воды в полосе, по А. Н. Костякову, примерно равный 1,1; K_{cm} — средняя скорость впитывания воды в почву за первую единицу времени, м/с; l_{bor} — длина полосы, м; q_{sp} — удельный расход поливной струи, м^3/(с·м).

Продолжительность t_l добегания струи на различную длину l_{bor} полос можно вычислить из формулы

$$l_{bor} = v_0 t_l^{\beta}, \qquad (2.11)$$

где v_0 — скорость продвижения воды по сухой полосе за первую единицу времени, м/мин; β — коэффициент уменьшения скорости продвижения воды по сухой полосе, $\beta = 0{,}5...1$, максимального значения достигает при слабой водопроницаемости почв и больших удельных расходах струи.

Сопряженные значения длин полос и расходов поливных струй подбирают по формуле

$$T = ml_{bor}/(3600q_{sp}), \qquad (2.12)$$

где T — продолжительность полива, приблизительно равная продолжительности добегания, ч; m — заданная поливная норма, м (в виде слоя воды).

Равномерность увлажнения почвы по длине поливной полосы зависит от продолжительности увлажнения различных створов. Для внесения заданной поливной нормы m головная часть поливных полос должна несколько переувлажняться, а концевая — недоувлажняться. Неравномерность распределения поливных норм по длине поливных элементов характеризуется коэффициентом неравномерности увлажнения η — отношением фактических поливных норм в концевой и головной частях полос:

$$\eta = (m - \Delta m)/(m + \Delta m) = (t_l/T)^{1-\alpha}, \qquad (2.13)$$

где m — заданная поливная норма, м; Δm — отклонения от заданной поливной нормы, м; t_l — продолжительность прохождения воды в концевой части полосы, ч; T — продолжительность полива, ч; α — коэффициент затухания скорости впитывания воды в почву.

2.4. ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИВА ПО БОРОЗДАМ

При поливе по бороздам вода движется по ним отдельными струями и впитывается в почву под действием гравитационных и капиллярных сил через смачиваемую поверхность. Полив по бороздам — основная и самая распространенная технология полива. По бороздам поливают пропашные культуры (хлопчатник, свеклу, картофель, кукурузу и т. д.), виноградники, сады, а в некоторых районах и узкорядные культуры (зерновые, травы и т. д.). В последнем случае борозды должны быть засеяны.

Поливные борозды — система параллельных русл малого поперечного сечения, проложенных по поверхности поля с определенным положительным (иногда нулевым) уклоном, обеспечивающим поступательное движение воды от их начала к концу.

Размер и форма поперечного сечения поливных борозд при механизированном устройстве их зависят от бороздоформирующего орудия (окучника, бороздореза), физико-механических свойств почв и ширины междурядья возделываемых пропашных культур. Различают нарезаемые при широких междурядьях глубокие (18...24 см), среднеглубокие (15... 18 см) и мелкие (10...15 см) борозды.

Борозды, имеющие в концевом створе перемычку, называют тупыми (глухими). Применяют их на малоуклонных (до 0,003) участках с тем, чтобы перепад геодезических отметок в головном и концевом створах дна борозд не превышал $^1/_3$ их глубины.

Сквозные, или проточные, не имеющие в концевом створе перемычек борозды применяют на участках с большим диапазоном уклонов: от очень малых (0,001) до очень больших (0,03 и более).

Борозды-щели, нарезаемые специальным орудием, применяют для увеличения их впитывающей способности на слабоводопроницаемых почвах. Ширина формируемой щели в дне борозды составляет 3...4 см, а глубина — 10...15 см.

Вдавленные борозды, формируемые окучником с профилированными катками, применяют на почвах повышенной водопроницаемости для уменьшения их впитывающей способности и для повышения устойчивости ложа борозд к размыву.

Засеваемые *мелкие борозды* нарезают специальными окучниками в агрегате с сеялками узкорядных культур сплошного сева (зерновые, колосовые и др.), растения при этом размещаются не только по гребням, но и по откосам и дну борозд.

Направление поливных борозд по отношению к основному уклону местности выбирают с учетом обеспечения качественного проведения поливов и возможности механизированных обработок пропашных культур. Поливные борозды желательно нарезать вдоль склона местности. В этом случае уменьшается возможность перелива воды через гребни борозд. Борозды под углом к общему склону местности нарезают только при выровненной поверхности и отсутствии ложбин и микропонижений в направлении максимального уклона.

Воду в поливные борозды подают в основном в их головном створе и в промежуточных створах по длине.

При этом водоподача в борозды может быть:

с постоянным расходом в период заполнения борозд без проточности (сброса) в концевом створе;

с постоянным расходом в период добегания воды до конца борозды, практически без проточности;

с постоянным расходом в период полива, включая период доувлажнения, как правило, со значительной проточностью в концевом створе борозд;

с переменным дискретно уменьшенным расходом в период доувлажнения, при сравнительно небольшой проточности;

с переменным плавно изменяющимся расходом в период доувлажнения, без проточности;

с постоянным расходом и перемещаемым вдоль борозды очагом увлажнения;

прерывистой с постоянным или дискретно уменьшающимся расходом на протяжении нескольких цикличных периодов добегания, практически без проточности в концевом створе борозд. При такой технологии поливной ток рассредоточивается по площади и во времени.

Для импульсной подачи воды в борозды в качестве распределяющих устройств можно использовать поливные трубопроводы. Расход поливной струи остается постоянным, регулируется продолжительность импульса подачи воды в отдельные группы борозд. Автоматические переключающие клапаны простейших конструкций можно рассчитать на выдачу полного и половины расхода; возможны кратковременные попуски для доувлажнения почвы в конце борозд.

Разновидности технологий распределения воды по бороздам характеризуются общностью взаимосвязей между элементами техники полива и показателями качества технологического процесса.

Элементы техники полива по бороздам: длина поливных борозд, размер и форма их поперечного сечения, расход поливной струи с учетом продолжительности полива. Величина элементов техники полива зависит от конкретных природно-хозяйственных условий, или, точнее, от условий проведения поливов: уклона дна борозд, выровненности (спланированности) поверхности поливного участка, водопроницаемости, величины рекомендованной поливной нормы, ширины междурядья возделываемой культуры.

2.5. Расчетные зависимости для установления предельных значений поливных струй и длин поливных борозд

Элементы техники полива	Расчетная или экспериментальная зависимость	Примечание
Максимальный расход поливной струи в начале борозды, л/с:		
из условия неразмываемости при $i_{fur} = 0{,}003...0{,}02$	$q_{lim} = q_{red}/i_{fur}$, где q_{red} — сокращенный расход струи, л/с	Экспериментально установлено $q_{lim} = 0{,}004$ л/с для почв средней и слабой сопротивляемости размыву; $q_{red} = 0{,}005$ л/с для почв повышенной сопротивляемости размыву. Для каменистых почв расход в борозду можно увеличить в 2...10 раз
из условия исключения переполнения борозд при $i_{fur} < 0{,}003$	$q_{lim} = 1{,}28\sqrt{i_{fur}}(0{,}6H - 2\Delta)^2$, где H — глубина борозды, см; Δ — точность планировки	
Предельная длина борозды, м	$l_{lim} = q_{lim}/(\chi\mu K_{st})$, где χ — смоченный периметр борозды, м; μ — коэффициент, учитывающий уменьшение χ по длине борозды, $\mu = 0{,}75...0{,}85$; K_{st} — установившаяся скорость впитывания, м/ч	$l_{lim} = 50...500$ м. Смоченный периметр в голове борозды может быть равен 0,1 м

От того, насколько верно выбрано сочетание величин элементов техники полива, зависят качество полива и производительность труда поливальщика.

Качество выполненного технологического процесса полива оценивают: по степени приближения фактической поливной нормы к заданной, равномерности увлажнения почвы по длине борозд, наличию и величине перелива воды через гребень борозд, размыву ложа борозд, наличию потерь воды на сброс и глубинную фильтрацию.

Наиболее распространен полив по бороздам поливной струей с переменным расходом. Условно полив разделяют на два периода — период добегания воды до конца поливной борозды и период дополнительной водоподачи с целью доувлажнения почвы в концевой части борозд.

Технология и величина элементов техники полива по бороздам изменяется в широких пределах в зависимости от конкретных условий проведения поливов и сложившихся приемов их осуществления.

Расчетные формулы для определения элементов техники полива по бороздам и их предельные значения приведены в таблице 2.5. Предельная величина элементов техники полива позволяет ограничить диапазон поисков оптимальных вариантов для различных природных условий.

Для расхода поливной струи ограничивающими факторами являются эрозия почвы при повышенных уклонах и переполнение борозд при малых уклонах их дна. Предельная длина борозды определяется предельным расходом поливной струи.

Максимальный допустимый расход поливной струи из условий предотвращения перелива воды через гребни борозд зависит от их пропускной способности.

При больших уклонах дна борозд для предотвращения размыва расход струи уменьшают до 0,1 л/с, а в отдельных случаях до 0,03...0,05 л/с. При использовании завышенных расходов за сезон с одного гектара площади может быть вынесено до 5...15 т плодородной почвы. При увеличении количества взвеси в потоке до предела его транспортирующей способности вынос почв прекращается. Размыв ложа борозд происходит при средних скоростях потока более 0,1...0,15 м/с.

Задача назначения оптимальных величин элементов техники полива, как правило, решается дополняющими друг друга методами: теоретический расчет, полевой опыт, пробный полив. Рекомендуемые сочетания элементов техники полива по бороздам с постоянным и переменным расходом воды на основании всех трех методов приведены в таблице 2.6.

Метод расчета элементов техники полива по бороздам. Он базируется на использовании теоретических и экспериментальных зависимостей, отражающих механизм увлажнения почвы при поверхностном способе.

Теория расчета элементов техники поверхностного полива, включающая все основные случаи распределения воды на поле и увлажнения почвы, разработана А. Н. Костяковым. Основой теории поверхностного полива является уравнение баланса воды в поливном элементе с учетом динамичности скорости впитывания воды в почву.

Разработаны алгоритмы и программы решений задач по подбору элементов техники бороздкового полива на ЭВМ с использованием имеющихся зависимостей механизма увлажнения почвы поверхностным током воды.

2.6. Рекомендуемые сочетания элементов техники полива по бороздам для типовых условий

Почвогрунты	Показатель	Продольный уклон вдоль поливных борозд, обычно совпадающий с наибольшим уклоном местности				
		0,04	0,01	0,005	0,00175	0,0005
При постоянном расходе (по данным Н. Г. Лактаева)						
Сильноводопроницаемые (супеси и легкие суглинки, подстилаемые галечником, примерно с глубины 1 м)	l_{fur}, м	40	105	180	200	150
	q_{fur}, л/с	0,1	0,5	0,75	1,5	1
	t_1, ч	5,5	1,3	3	1,25	1,8
	t_2, ч	2,5	1,9	0,5	0,75	0,2
	t_{tot}, ч	8	3,2	3,5	2	2
Повышенной водопроницаемости (легкие мощные суглинки)	l_{fur}, м	75	130	250	300	250
	q_{fur}, л/с	0,1	0,25	0,75	1	0,75
	t_1, ч	7,8	4,6	2,8	3,1	4,6
	t_2, ч	14	9,4	5,9	5,2	5,8
	t_{tot}, ч	6,2	4,8	3,1	2,1	1,2
Средневодопроницаемые (средние суглинки)	l_{fur}, м	100	175	300	300	350
	q_{fur}, л/с	0,1	0,25	0,5	0,5	0,5
	t_1, ч	6	5	5,2	6	10
	t_2, ч	17	11	7,8	6,5	4
	t_{tot}, ч	23	16	13	12,5	14
Пониженной водопроницаемости (тяжелые суглинки)	l_{fur}, м	150	200	325	400	600
	q_{fur}, л/с	0,1	0,1	0,25	0,25	0,5
	t_1, ч	9	18	19	20	13
	t_2, ч	32,5	29	26	17	8
	t_{tot}, ч	41,5	47	36	37	21
Слабоводопроницаемые (глины, суглинки, подстилаемые непроницаемыми прослойками)	l_{fur}, м	125	150	250	300	600
	q_{fur}, л/с	0,05	0,05	0,1	0,1	0,25
	t_1, ч	14	20	20	34	35
	t_2, ч	76	67,5	55	41	20
	t_{tot}, ч	90	87,5	75	75	55
При переменном расходе						
Сильноводопроницаемые (супеси и легкие суглинки, подстилаемые галечником примерно с 1 м)	l_{fur}, м	40	105	200	250	—
	q_{fo}/q_{fc}, л/с	0,1/0,05	0,5/0,25	1/0,5	2/1	—
	t_0, ч	5,5	1,3	1,7	1,1	—
	t_c, ч	2,5	1,9	1,3	0,8	—
	t_{tot}, ч	8	3,2	3	1,9	—
Повышенной водопроницаемости (легкие и мощные суглинки)	l_{fur}, м	75	130	300	350	—
	q_{fo}/q_{fc}, л/с	01/0,05	0,25/0,125	1/0,5	1,5/0,75	—
	t_0, ч	7,8	4,6	2,4	1,8	—
	t_c, ч	6,2	4,8	3,1	3,2	—
	t_{tot}, ч	14	9,4	5,5	5	—
Средневодопроницаемые (средние суглинки)	l_{fur}, м	100	175	350	350	400
	q_{fo}/q_{fc}, л/с	0,1/0,05	0,25/0,125	0,75/0,375	0,75/0,375	0,75/0,375
	t_0, ч	6	5	3,8	4,5	0,5
	t_c, ч	17	11	7,2	7	3,5
	t_{tot}, ч	23	16	11	11,5	11
Пониженной водопроницаемости (тяжелые суглинки)	l_{fur}, м	100	200	400	400	600
	q_{fo}/q_{fc}, л/с	0,05/0,25	0,1/0,05	0,05/0,25	0,5/0,25	0,75/0,375
	t_0, ч	12	18	6,5	7,5	10,9
	t_c, ч	37	29	18,5	15,5	8,1
	t_{tot}, ч	49	47	25	23	19
Слабоводопроницаемые (глина, суглинки, подстилаемые непроницаемыми прослойками)	l_{fur}, м	125	250	350	450	700
	q_{fo}/q_{fc}, л/с	0,01/0,025	0,1/0,05	0,25/0,0125	0,25/0,125	0,5/0,25
	t_0, ч	14	18,0	10	18	18
	t_c, ч	86	67	40	41	26
	t_{tot}, ч	100	85	50	59	44

Примечание. q_{fo} — полный расход; q_{fc} — сокращенный расход.

Движение воды в борозде можно охарактеризовать как установившееся, с переменным расходом вдоль пути по руслу неустойчивого параболического сечения. В связи с впитыванием воды в почву по длине поливных борозд изменяется расход поливных струй, а следовательно, и другие гидравлические параметры малого потока. Для каждого створа борозды, за исключением головного, характерно изменение расхода поливных струй от 0 в момент добегания до конечной величины установившейся проточности или сброса воды.

Продолжительность добегания воды по сухой борозде с учетом динамичности скорости впитывания ее в почву вычисляют по формуле А. Н. Костякова

$$t_l = \left[\frac{b_{act} n K_v l_{fur}}{(1-\alpha) q_0} \right]^{1/\alpha}, \qquad (2.14)$$

где t_l — продолжительность добегания струи до конца борозды, ч; b_{act} — активная ширина поглощения воды в борозду, м; n — коэффициент, учитывающий накопление воды в борозде; K_v — коэффициент водопроницаемости, м/ч; l_{fur} — длина борозды, м; α — коэффициент затухания скорости впитывания; q_0 — расход воды в голове борозды, м^3/ч.

Сущность расчета элементов техники поверхностного полива по бороздам нормой добегания заключается в решении уравнения

$$\frac{m l_{fur}}{q_0} b = \left[\frac{b_{act} n K_v l_{fur}}{(1-\alpha) q_0} \right]^{1/\alpha}, \qquad (2.15)$$

где m — заданная поливная норма, м; b — ширина междурядья возделываемой культуры, м.

При поливе по проточным бороздам со сбросом уравнение (2.15) примет вид:

$$\frac{m l_{fur} b}{q_0 (1-\sigma)} = \left[\frac{b_{act} n K_v l_{fur}}{(1-\alpha) q_0} \right]^{1/\alpha}, \qquad (2.16)$$

где σ — сток в долях от подачи воды в голове борозд.

Из-за отсутствия строго очерченного фиксированного русла гидравлические параметры в голове борозды, как правило, устанавливают по эмпирическим зависимостям

$$S_{fur} = A q_0^{2\beta} / i_{fur}^{\beta}; \qquad (2.17)$$

$$\chi = A_1 q_0^{2\gamma} / i_{fur}^{\gamma}, \qquad (2.18)$$

где S_{fur} — живое сечение в голове борозды, м^2; A, β — опытные коэффициенты, численно равные 0,128 и 0,375, по А. М. Кривовязу, 0,062 и 0,3, по Н. Т. Лактаеву; i_{fur} — уклон дна борозды; χ — смоченный периметр в голове борозды, м; A_1, γ — опытные коэффициенты, численно равные 0,106 и 0,135, по А. М. Ляпину, 0,69 и 0,125, по А. М. Кривовязу, 0,105 и 0,165 по В. Ф. Носенко.

Длина (м) добегания струи по сухой борозде, по данным И. Г. Алиева (1963), А. А. Акжанова (1962), В. Ф. Носенко (1960), В. В. Изюмова (1967), может быть выражена также эмпирической формулой

$$l = v_0 t_l^{\gamma}, \qquad (2.19)$$

где v_0 — скорость продвижения воды по сухой борозде за первую единицу времени, м/с; γ — коэффициент замедления скорости продвижения воды по сухой борозде; t_l — продолжительность добегания, с.

Формула (2.19) проста и хорошо согласуется с опытными данными, по которым зависимости $l = f(t)$ до определенных пределов в логарифмической сетке координат выражаются прямыми линиями. Коэффициент γ в зависимости от впитывающей способности ложа борозды и расхода поливной струи изменяется от 0,4 до 0,9 и достигает максимального значения при слабой водопроницаемости почв и значительном расходе поливных струй.

Метод разработки рекомендаций по данным полевого опыта. Этот метод является основным, реально устанавливающим связь элементов техники полива с показателями, характеризующими условия и качество проведения полива на конкретном массиве орошения. По результатам полевого опыта выбирают рациональные сочетания элементов техники полива сопоставлением полученных показателей с критериями, отражающими требуемое качество технологического процесса.

При разработке рекомендаций по величине элементов техники полива по бороздам на основе результатов полевого опыта используются следующие критерии: допустимое отклонение средних фактических поливных норм от заданных на протяжении всех вегетационных поливов не должно превышать 10...15 %; норма добегания не должна быть менее 0,65 и более 0,85 заданной поливной нормы; коэффициент неравномерности увлажнения почвы по длине поливных борозд не должен быть менее 0,75 (для отдельных культур 0,7); потери воды на сброс в конце борозд при поливе струей с постоянным расходом не должны превышать 30 % водоподачи и с переменным расходом — 10 %; должно быть обеспечено исключение переливов воды через гребни борозд, визуально наблюдаемых размывов ложа борозд и недопущение увеличения мутности воды по их длине; расход поливной струи должен быть меньше предельно допустимого (из условия недопущения размыва и переливов) на 10...20 %; длина борозды должна быть меньше предельно допустимой.

Рекомендации по технике полива, полученные опытным путем на делянках, относят к территории всего орошаемого района. Недостаток метода: невозможность распространения полученных рекомендаций на другие орошаемые районы с отличными от рассмотренных природными условиями.

Метод пробных поливов. Он предназначен для уточнения величин элементов техники полива непосредственно на поливном участке. Пробные поливы, совмещенные с производственными, позволяют проверить рекомендуемую величину элементов техники полива и добиться наибольшего приближения фактических поливных норм к расчетным на каждом поле хозяйства со специфическими условиями проведения поливов. Проводить их могут агрономы хозяйства, а также сами поливальщики, используя простейшее оборудование.

На практике большое значение имеет определение времени, в течение которого необходимо поддерживать воду в борозде для внесения в почву заданной поливной нормы. Эта задача может быть решена при

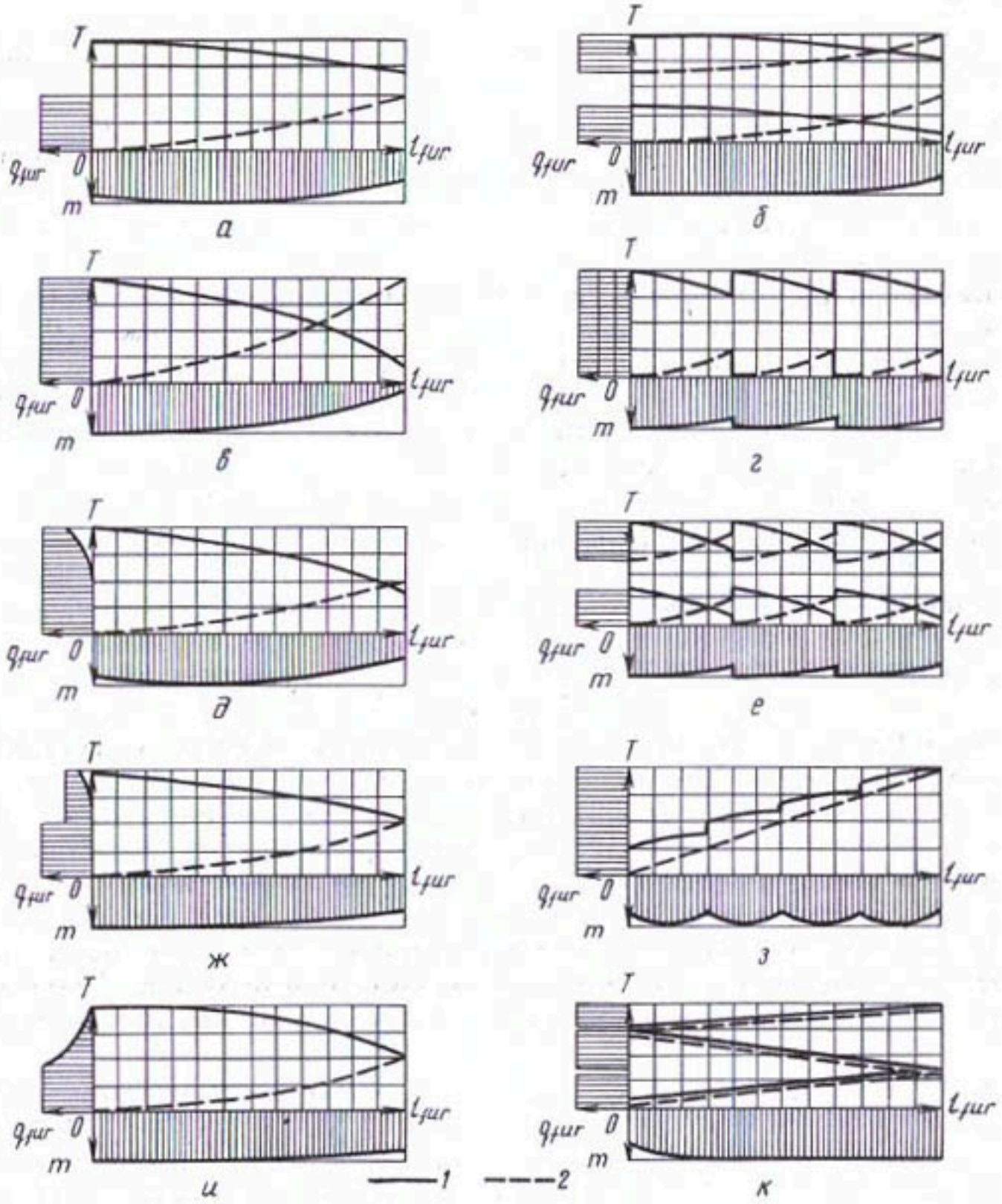


Рис. 2.1. Циклограммы технологий водораспределения по тупым и проточным бороздам:

а, в — нормой затопления; *б* — цикличными нормами добегания; *г* — с доувлажнением постоянной струей из рассредоточенных по их длине водовыпускных устройств; *д* — с доувлажнением постоянной струей; *е* — цикличными нормами добегания из рассредоточенных по их длине водовыпускных устройств; *ж* — с доувлажнением уменьшенной струей; *з* — в движении с одноразовым проходом поливного устройства; *и* — с доувлажнением переменной струей в соответствии с впитывающей способностью; *к* — в движении с многократными проходами поливных устройств; T — продолжительность полива; l_{fur} — длина борозды; q_{fur} — расход поливной струи; m — поливная норма; *1* — продолжительность увлажнения; *2* — продолжительность добегания

проведении специального опыта на коротком отрезке борозды, ограниченном щитками и заполненном водой до требуемого уровня.

Необходимая продолжительность стояния воды в борозде для внесения заданной нормы определяется продолжительностью впитывания эквивалентного ей объема воды в отрезке борозды при поддержании в нем постоянного уровня.

Пробные поливы проводят также для установления расхода поливной струи. Проводят его в следующей последовательности. На поливном участке выбирают несколько поливных борозд (3...4), объемным способом или водосливом регулируют подачу в их голове поливных струй разного расхода, величину которых ориентировочно назначают по существующим рекомендациям. Фиксируют продолжительность добегания струи до конца борозды и устанавливают фактическую норму добегания. Предпочтение отдают струе с расходом, при котором норма добегания составит $^{2}/_{3}$...$^{3}/_{4}$ заданной поливной нормы.

Технологии механизированного водораспределения по бороздам приведены на рисунке 2.1.

2.5. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА

2.5.1. ПОЛИВНАЯ АРМАТУРА

При поливе по бороздам без армирования оголовков вода подается через прокопы в бортах выводных борозд. Для закрепления грунта прокопов применяют одерновку борозд, что требует значительных затрат ручного труда и средств. Более приемлемы способы вододеления с помощью переносной арматуры: трубок, поливных щитков, оголовков, а также одиночных и групповых сифонов.

Переносная поливная арматура позволяет осуществлять нормированную водоподачу в борозды при сравнительно небольших дополнительных затратах на гектар обслуживаемой площади.

Характеристики поливных щитков и сифонов приведены в таблицах 2.7 и 2.8.

Сифоны неразряжающиеся предназначены для подачи воды из временных оросителей в поливные борозды при поливе хлопчатника и других сельскохозяйственных культур.

2.7. Пропускная способность щитков

Напор воды, см	Расход поливной струи, л/с		
	при круглом отверстии диаметром 2 см	при треугольной вырезке с углом 90°	при треугольной вырезке с углом 45°
2	0,12	0,08	0,05
3	0,15	0,22	0,13
4	0,17	0,45	0,26
5	0,19	0,78	0,45
6	0,2	1,23	0,71

2.8. Пропускная способность сифонов

Напор воды, см	Расход поливной струи (л/с) при внутреннем диаметре сифона, см				
	2	3	4	5	6
2	0,12	0,26	0,51	0,83	1,23
4	0,17	0,38	0,73	1,18	1,75
5	0,20	0,45	0,88	1,42	2,1
8	0,24	0,53	1,03	1,65	2,45
10	0,26	0,58	1,14	1,83	2,72
12	0,30	0,66	1,28	2,07	3,16
14	0,31	0,69	1,36	2,18	3,24

Сифон неразряжающийся комбинированный (СНк) состоит из колена, изготовленного из дюралюминиевой трубы, и из двух водосборников, изготовленных из полиэтилена (рис. 2.2).

Сифон неразряжающийся пластмассовый (СНп) состоит из колена, изготовленного из полиэтиленовой трубы, и двух водосборников, изготовленных из полиэтилена (рис. 2.3).

Водосборник крепят к колену с плотной посадкой. Затраты труда на сборку 90 сифонов — 1,6 чел.-ч. Один рабочий обслуживает 90... 120 сифонов.

В период работы неразряжающихся сифонов (табл. 2.9) уровень воды в канале должен быть выше верхней кромки стакана водосборника. Когда уровень воды опускается ниже его кромки, работа сифона прекращается, но он не разряжается, так как в стаканах остается определенный объем воды, препятствующий поступлению воздуха во внутреннюю полость. Вода, находящаяся в сливном и входном оголовках, создает разряжение в верхней части сифона. Это гарантирует неразряжаемость сифона при понижении уровня воды в источнике. Стакан, установленный на сливном оголовке, позволяет регулировать расход воды.

Расходно-напорные характеристики сифонов приведены на рисунке 2.4.

Ввиду несложности конструкции проведение плановых технологических обслуживаний сифонов во время эксплуатации не предусмотрено.

Рис. 2.2. Сифон неразряжающийся комбинированный:
1 — колено алюминиевое; *2* — стакан пластмассовый

Рис. 2.3. Сифон пластмассовый:
1 — колено; *2* — стакан

2.9. Техническая характеристика неразряжающихся сифонов

Показатели	СНк-00.000	СНп-00.000
Тип	Переносной	Переносной
Материал	Комбинированный	Пластмассовый
Внутренний диаметр, мм	25	35,4
Наружный диаметр, мм	27	40,8...41,3
Толщина стенки, мм	1	2,75...3,4
Высота, мм	296	370
Длина, мм	950	1544
Общая масса, кг	0,438	1,295
Расход при напоре 0,1 м, л/с	0,400	0,96
Производительность чистой работы, $м^3/ч$	120...160	200...260
Продолжительность заправки одного сифона, с	23	54
Коэффициент технологического обслуживания	0,95...0,96	0,92...0,94
Коэффициент надежности технологического процесса	0,99	0,99
Коэффициент использования времени смены	0,94...0,95	0,92...0,94
Обслуживающий персонал, чел.	1 на 90 сифонов	1 на 90 сифонов

По окончании поливного сезона сифоны очищают от налипшего грунта, промывают в чистой воде и укладывают на специальные стеллажи.

По данным хронометража, затраты труда по подготовке 98 сифонов СНп к хранению составили 0,28 чел.-ч, а СНк — 0,37 чел.-ч.

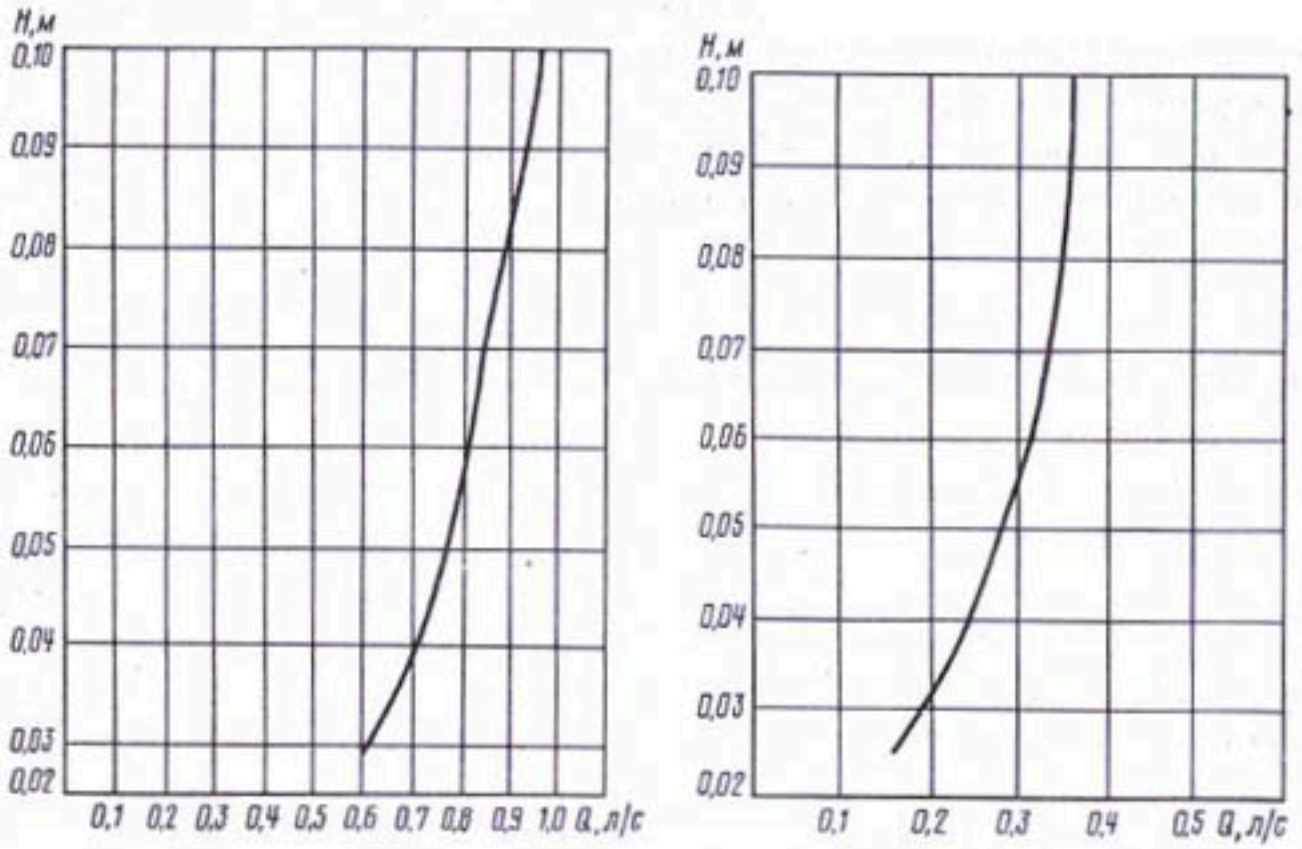


Рис. 2.4. Расходно-напорные характеристики сифонов пластмассового неразряжающегося с внутренним диаметром 35,4 мм и 25 мм

2.5.2. ГИБКИЕ И ЖЕСТКИЕ ПЕРЕДВИЖНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

Передвижные поливные трубопроводы рекомендуется применять на спланированных массивах со средними уклонами 0,003...0,006 и почвами низкой водопроницаемости, то есть там, где нарезают поливные борозды повышенной длины.

Гибкие трубопроводы можно перемещать, применяя различные намоточные устройства и машины, а также вручную.

Полиэтиленовые и капроновые шланги можно использовать как для транспортировки воды (транспортирующий гибкий трубопровод), так и для ее распределения в поливные борозды, полосы (поливной трубопровод). Полиэтиленовые поливные трубопроводы устраивают с нерегулируемыми, а трубопроводы из мелиоративной ткани — с регулируемыми отверстиями.

Распределение воды в борозды из трубопроводов с помощью специальных водорегулирующих приспособлений целесообразно применять в условиях повышенных уклонов и сложного рельефа местности. При более спланированном рельефе местности возможно распределение воды в борозды без регулирующих приспособлений. Для равномерного распределения воды необходимо выбирать удачное сочетание длины трубопровода, уклона по его трассе и напора в голове трубопровода с учетом изменения расхода воды по длине трубопровода.

При расчете поливных трубопроводов нужно учитывать изменение расхода воды по длине. Жесткий поливной трубопровод можно рассчитать по формуле

$$Q_k = \sqrt{\frac{d_p^5(H_0 - H_L + i_L l_p)}{0{,}0277\lambda l_p}}, \qquad (2.20)$$

где Q_k — расход воды в поливном трубопроводе, равный сумме расходов воды в поливные борозды, м^3/с; d_p — диаметр трубопровода, м; H_0, H_L — пьезометрический напор в начале и в конце трубопровода, м; i_L — геодезический уклон по трассе трубопровода; l_p — длина трубопровода или фронт одновременной раздачи воды, м; λ — коэффициент сопротивления по длине трубопровода, который ориентировочно можно вычислить по формуле

$$\lambda = 0{,}015/d_p^{0.92}. \qquad (2.21)$$

Гибкий полиэтиленовый поливной трубопровод можно рассчитывать по формуле

$$Q_{nl} = \sqrt{\frac{d_p^5\left(\frac{1-n^2}{n^2}H_L + i_p l_p\right)}{0{,}0277\lambda l_p - 0{,}091 d_p}}, \qquad (2.22)$$

где n — величина, учитывающая зависимость коэффициента расхода от скорости, изменяется от 0,93 при скорости 1 м/с до 0,85 при скорости 2 м/с.

Остальные обозначения те же, что и в формуле (2.20).

Чтобы поливные трубопроводы не заиливались, скорость в них не должна быть менее критической. При диаметре частиц наносов до 0,1 и

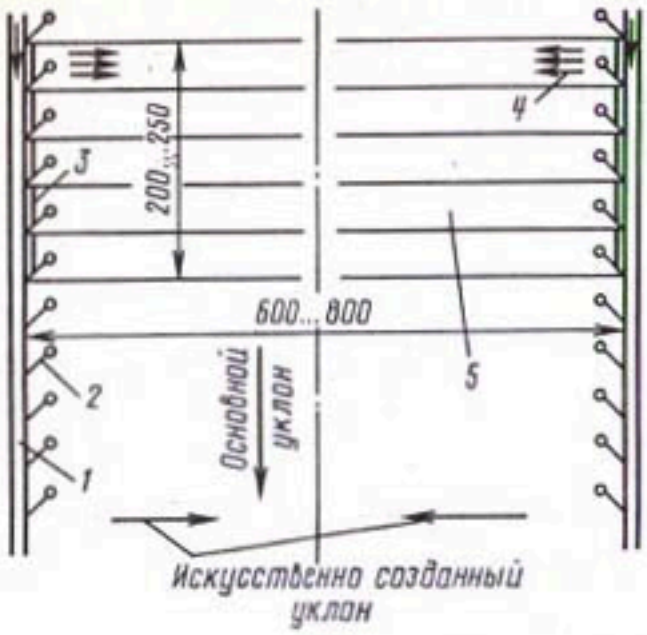


Рис. 2.5. Схема оросительной сети с применением гибких трубопроводов (поперечная схема, $i = 0{,}001...0{,}003$):
1 — внутрихозяйственный канал или лоток; *2* — водовыпуск в гибкие поливные трубопроводы; *3* — гибкий поливной трубопровод; *4* — направление полива; *5* — площадь одновременного полива (размеры в м)

мутности воды не более 5 г/л критическую скорость (м/с) можно определить по формуле Г. М. Зюликова:

$$v_{cr} \geqslant 0{,}045 \sqrt{d_{wa}^{0.25} \rho 8 g 1/\lambda}, \qquad (2.26)$$

где d_{wa} — средневзвешенная гидравлическая крупность наносов, мм/с; ρ — мутность оросительной воды, т/м^3; g — ускорение свободного падения, м/с^2; λ — коэффициент гидравлического сопротивления.

Поливные трубопроводы применяют по трем принципиально различным схемам.

1. Гибкие или жесткие трубопроводы служат для замены выводной борозды, их укладывают на поле перпендикулярно к направлению поливных борозд (рис. 2.5). Собирают и укладывают трубопроводы вручную или намоточными устройствами.

При такой схеме использования трубопроводов возможны однотактные и многотактные поливы при продольной и поперечной схемах расположения временной сети. Однотактный полив проводят, когда пропускная способность трубопровода позволяет подать воду во все борозды.

2. Гибкие трубопроводы служат для замены всей временной сети. Часть трубопроводов, заменяющая временные оросители, является транспортирующей и служит для подвода воды к поливным трубопроводам. Гибкий поливной трубопровод с отверстиями по длине, как и в первой схеме, позволяет автоматизировать распределение воды между бороздами (рис. 2.6).

3. Транспортирующий трубопровод укладывают в почву ниже пахотного горизонта. На поверхность выходят гидранты с задвижками, к которым подключают поливные трубопроводы, укладываемые на поверхности на время полива. Расстояние между гидрантами соответствует длине поливных борозд (рис. 2.7).

Использование поливных трубопроводов предъявляет повышенные требования к оросительной воде: мутность воды в случае применения шлангов не должна превышать 1...1,5 г/л, для подземных трубопроводов — 3,4 г/л. Режим промывки шлангов и подземных трубопроводов зависит от мутности. Содержащийся в воде плавающий мусор должен быть задержан и удален сороудерживающими решетками и сетками, устанавливаемыми обычно в водозаборном сооружении.

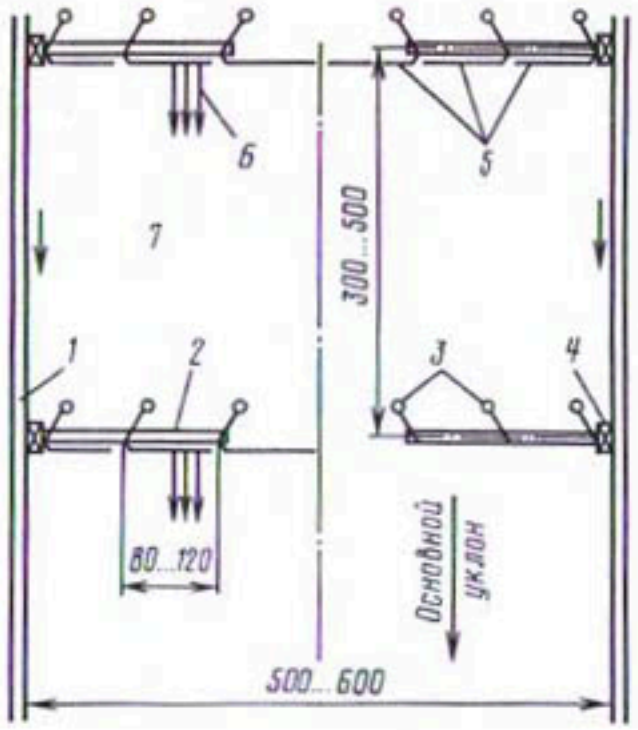


Рис. 2.6. Схема оросительной сети с применением гибких трубопроводов (продольная схема, $i = 0{,}03...0{,}07$):
1 — межхозяйственный канал; *2* — участковый распределитель; *3* — водовыпуск в гибкий поливной трубопровод; *4* — водозабор; *5* — гибкие поливные трубопроводы; *6* — направление полива; *7* — площадь одновременного полива (размеры в м)

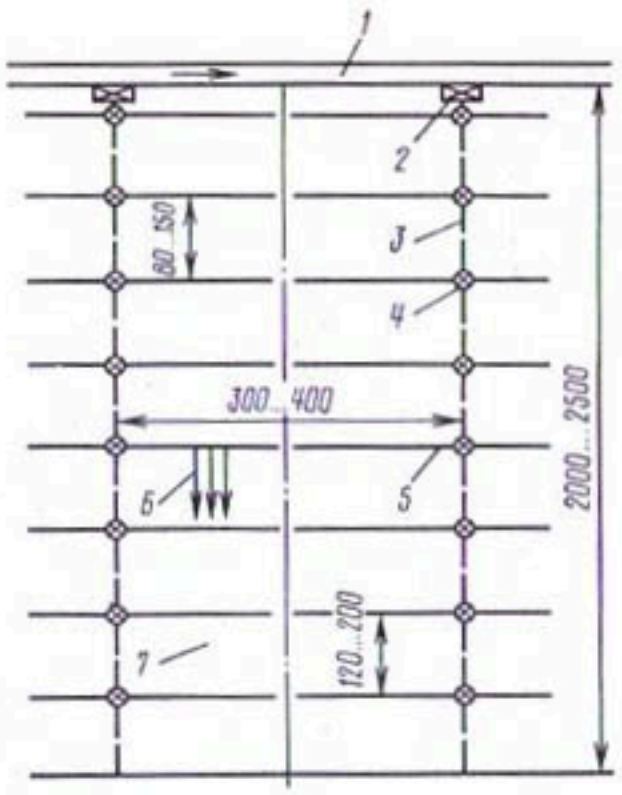


Рис. 2.7. Схема оросительной сети с применением гибких трубопроводов для уклонов 0,01...0,03:
1 — межхозяйственный канал; *2* — водозабор; *3* — закрытый транспортирующий трубопровод; *4* — гидрант-водовыпуск; *5* — гибкий поливной трубопровод; *6* — направление полива; *7* — площадь одновременного полива (размеры в м)

Тип поливных трубопроводов выбирают по величине действующих напоров, расстоянию между поливными бороздами, виду орошаемой сельскохозяйственной культуры и в соответствии с организацией территории и другими условиями.

Схема работы трубопроводов зависит от величины и соотношения продольного и поперечного уклонов. Поперечную схему применяют на уклонах менее 0,003 при тщательной планировке в направлении полива. Поперечные схемы предусматривают полив по удлиненным бороздам (300...400 м) поливной струей с большим расходом (1,5...2,5 л/с) и требуют расстояний между бороздами не менее 0,9 м.

При очень малых уклонах (часть земель узбекской Голодной степи) возможно встречное направление движения воды в бороздах, что достигается искусственно создаваемым уклоном за счет легких планировок при объеме до 150...200 м^3/га (рис. 2.8). Такая схема позволяет довести расстояние между внутрихозяйственными оросителями или лотками до 600...800 м и увеличить этим длину гона. Ввиду больших расходов поливных струй предусмотрено использование коротких (40...60 м) отрезков гибких капроновых поливных шлангов большого диаметра (350...420 мм) с забором воды сифонами из лотков или через специальные водовыпуски из открытых оросителей.

На средне- и тяжелосуглинистых грунтах при уклонах 0,003...0,007, когда используются борозды длиной 300...500 м, при хорошем качестве планировки в направлении полива может быть также применена поперечная схема полива. Длина поливных шлангов (по данным ВНИИГиМ)

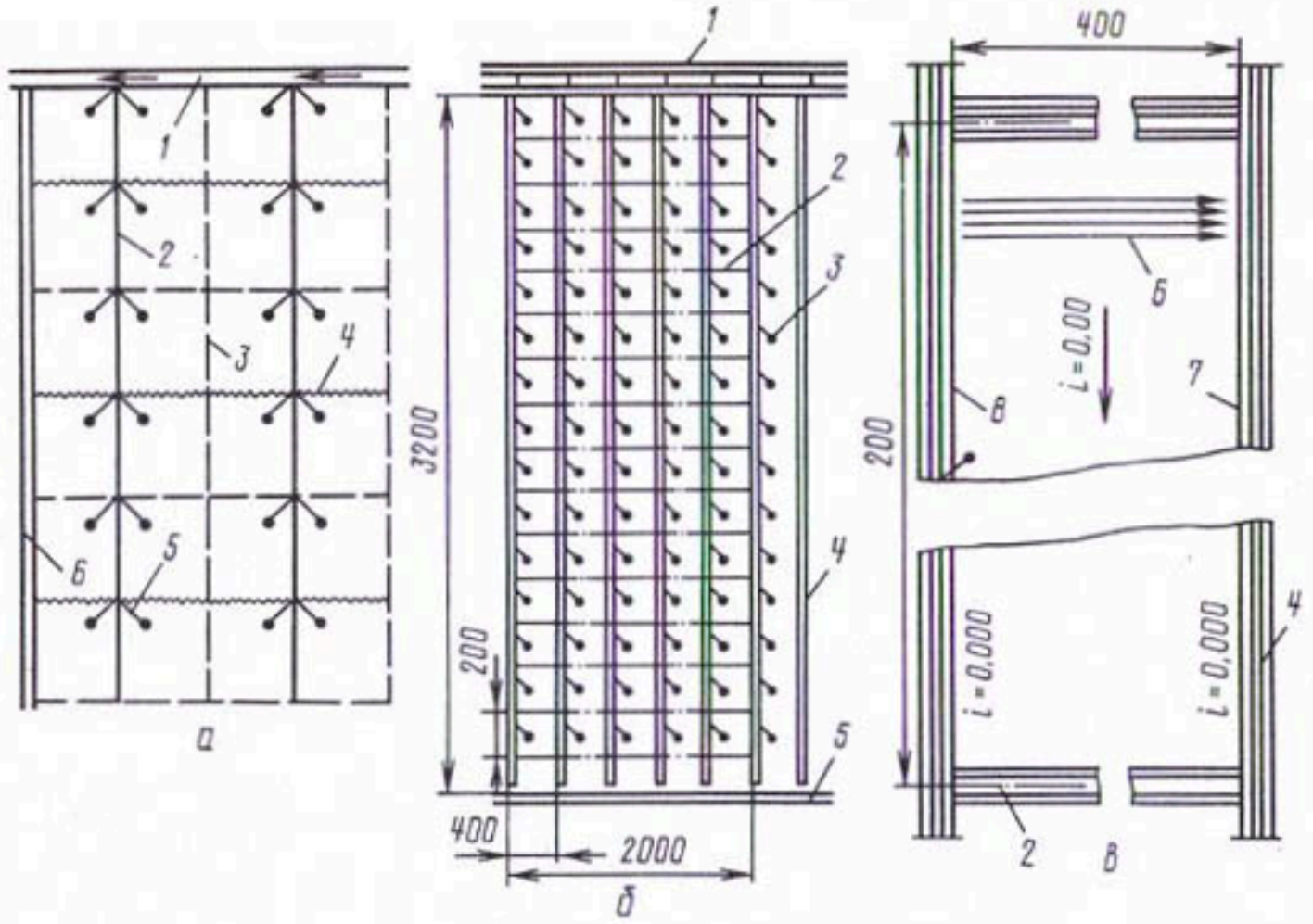


Рис. 2.8. Схема сети для полива по постоянным поливным участкам на очень малых уклонах (0,0005...0,0003):
а — в колхозе им. Калинина (Ташаузский район, Туркменская ССР); *1* — магистральный канал; *2* — картовый ороситель; *3* — грунтовая дорога; *4* — временный чиль; *5* — водовыпуски; *6* — дорога гравийная; *б, в* — в Голодной степи; *1* — оросительный канал; *2* — дрены; *3* — водовыпуск в поливной участок; *4* — лотки; *5* — коллектор; *6, 7, 8* — поливные, сбросная и выводная борозды (размеры в м)

составляет 80...100 м, расход поливных струй — 0,5...1,5 л/с, диаметр гибких шлангов — 420 и 350 мм. Возможно удлинение секций гибких шлангов до 100...200 м.

Комбинированную оросительную самонапорную сеть закрытых поливных перфорированных по ширине междурядий трубопроводов и гибких шлангов применяют на массивах с уклоном, постепенно выполаживающимся от 0,02 до 0,005. В верхней части, примыкающей к каналу, где напоры не превышают 3...4 м, используют гибкие шланги, в остальной части — подземные поливные перфорированные трубопроводы. Подземные трубопроводы применяют при подаче поливных струй расходом не менее 0,2 л/с, так как поливные отверстия, рассчитанные на меньший расход, подвержены засорению или закупорке плавающим мусором и твердыми включениями ввиду малого диаметра поливных отверстий (2...4 мм).

На землях, где расход поливных струй составляет меньше 0,2 л/с, а также на уклонах 0,01...0,03 при расходе поливной струи 0,2...0,005 л/с и длине борозд 80...200 м используют только гибкие шланги с питанием от гидрантов закрытой распределительной сети. Длина гибких трубопроводов в этом случае должна быть 150 м.

В зависимости от рельефа местности используют следующие гибкие трубопроводы.

Уклон	Материал и диаметр поливного трубопровода
Свыше 0,015...0,02	Полиэтиленовые шланги диаметром 150...250 мм с постоянным диаметром нерегулируемых водовыпусков
0,015...0,005 и менее	Капроновые шланги диаметром 250...350 мм с регулируемыми и нерегулируемыми водовыпусками

На больших уклонах (0,01...0,03) при продольной схеме, где применяют короткие поливные борозды (75...100 м), устройство стационарных закрытых поливных трубопроводов сопряжено с дополнительными капиталовложениями. В этих условиях, особенно на легких почвах, где имеются включения галечника и остроконечных камешков, заклинивающих отверстия в закрытом поливном трубопроводе, что усложняет эксплуатацию, желательно применять жесткие передвижные поливные трубопроводы.

Для полуавтоматического распределения воды на участках с хорошей планировкой ВНИИГиМ было предложено применять гибкие трубопроводы с окантованными отверстиями постоянного диаметра, выбираемого в зависимости от расчетной струи. Трубопровод располагают по расчетному уклону (0,002...0,005). Регулировку струй при этом проводят одновременно по всей длине гибкого трубопровода, изменяя напор в его голове задвижкой.

Если по трассе гибкого трубопровода имеется переменный уклон, требуется индивидуальное регулирование каждой поливной струи. Для этой цели лучшие показатели имеет регулируемый водовыпуск с жестким клапаном повышенного сопротивления или лепесткового типа конструкции ГСКБ по ирригации.

Жесткие трубопроводы долговечней гибких шлангов, они доступны для осмотра, легко промываются, возможна взаимозаменяемость отдельных секций. Они могут заменить открытые оросители в земляном русле на просадочных лессовых грунтах.

Недостаток жестких трубопроводов — сложность технологии перемещения их с одной позиции на другую, параллельную позицию. Перемещать их желательно по одной и той же трассе.

Поливные передвижные комплекты с жесткими и гибкими трубопроводами. Трубопроводы ТАП-150 из тонкостенных алюминиевых труб и комплекты гибких трубопроводов КП-160 применяют в основном в хлопковой зоне.

Разборный трубопровод ТАП-150 из алюминиевого сплава предназначен для полива хлопчатника и других сельскохозяйственных культур по бороздам преимущественно в условиях сложного рельефа местности. Полив можно проводить по поперечной или продольной схемам с одной или нескольких позиций за сезон, а также по поперечной относительно направления борозд схеме на влагоемких почвах при уклонах местности до 0,004.

В комплект оборудования входят 19 звеньев трубопровода с быстроразборными соединениями, присоединительный рукав и илосборник. Каждое звено имеет шесть водовыпускных отверстий с регуляторами расхода поливных струй.

Трубопровод может работать с питанием от лоткового водовыпуска, в том числе сифонного, а также от гидранта закрытого оросителя.

Возможна подача воды из временных оросителей, выполненных в полувыемке-полунасыпи.

При работе от закрытой сети трубопровод ТАП-150 подсоединяют к двум соседним стоякам-распределителям закрытого трубопровода. Внутри стояка установлена щитовая перегородка для поддержания необходимого уровня воды. Начало трубопровода присоединяют к напорной части стояка, а конец — к безнапорной части следующего, расположенного ниже, стояка распределителя.

Предварительно разобранный трубопровод ТАП-150 с позиции на позицию перемещают трактором или вручную. Краткая техническая характеристика трубопровода ТАП-150 приведена ниже.

Ширина захвата, м	102
Максимальный расход, л/с	До 30
Площадь полива с одной позиции, га	До 40
Расход поливной струи, л/с	0,02...0,1
Производительность, га/ч	До 0,15
Диаметры трубопроводов, мм:	
переносного поливного	150
стационарного распределительного	189...250
Допустимые уклоны	До 0,1
Масса комплекта, кг	349

Комплект гибких трубопроводов КП-160 предназначен для полива по бороздам с питанием от закрытой или открытой оросительной сети с расположением его вдоль или поперек направления оросителя (продольная и поперечная схемы полива). Возможна работа в агрегате с низконапорной насосной станцией при заборе воды из различных водоемов.

В состав комплекта входят транспортирующий и поливной трубопроводы, крестовины, пластмассовые кольца, лотковый сифон с вакуум-насосом, зажимы-заглушки. Техническая характеристика комплекта гибких трубопроводов КП-160 приведена ниже.

Распределяемый расход минимальный, л/с	60
Напор, м	1...3
Материал и тип трубопровода	Капроновый с полиизобутиленовым покрытием, быстроразборный
Общая длина транспортирующего трубопровода диаметром 300 мм, м	700
Длина поливного трубопровода диаметром 160 мм, м	400
Длина одного отрезка трубопровода, м	50
Расстояние между водовыпусками, м	0,6...0,9
Масса комплекта, кг	1110
Производительность за 1 час основной работы (поливная норма 1200 $м^3$/га), га	0,24
Площадь полива с одной позиции, га	16...24
Обслуживающий персонал, чел.	2
Трактор Т28Х4МА	1 на 5 комплектов

Поливной комплект КОПО-100 с полиэтиленовыми транспортирующими и поливными трубопроводами предназначен для вегетационных, влагозарядочных и промывных поливов при возделывании хлопка и дру-

гих сельскохозяйственных культур с питанием от лотковых сифонов или водовыпусков, от гидрантов закрытых оросителей, с забором воды из оросителей в земляном русле. Ниже приведена его техническая характеристика.

Расход, л/с	35...60
Напор, м	1
Расстояние между водовыпусками, м	0,6...0,9
Площадь полива с одной позиции, га	19,2
Длина транспортирующего трубопровода диаметром 210 мм, м	400
Длина одного поливного трубопровода, м	800
Масса, кг	380
Срок службы, сезонов	1...3

В таблице 2.10 приведены рекомендации по подбору сочетаний распределительной сети и поливных устройств.

2.10. Различные сочетания участковой распределительной сети и поливных устройств в зависимости от уклонов орошаемого участка (по данным САНИИРИ)

Уклон	Тип распределительной сети и поливного устройства	Примечание
Менее 0,0015	Автоматизированные поливные лотки	Поперечная схема расположения
	Гибкие поливные трубопроводы	Продольная схема расположения
	Автоматизированные лотки, однобортные оросители	Полив по постоянным поливным участкам на маловлагоемких почвогрунтах
	Поливы и использование гидрантов-водовыпусков с расходом 100...120 л/с	Поливной цикл в течение 1,5 суток
0,0015...0,004	Закрытые самонапорные транспортирующие трубопроводы, гибкие поливные шланги	Удельная протяженность стационарной сети — 7,5... ...20 м на 1 га, шлангов — 4...12 м на 1 га
	Жесткие разборные трубопроводы типа ТАП-150	При поперечной схеме полива на влагоемких грунтах
	Стационарные подземные перфорированные трубопроводы с управляемым расходом в борозду	На коротких отрезках борозд
0,004...0,02	Загущенная сеть малонапорных закрытых трубопроводов с водосливными стояками-водовыпусками и жесткие поливные трубопроводы.	
Более 0,02	Закрытые трубопроводы в сочетании с жесткими трубопроводами, работающими в безнапорном режиме	
	Загущенная сеть стационарных трубчатых оросителей с дозированной подачей смачивающей струи	

Для выбора оптимальных сочетаний для конкретных местных условий выполняют расчет с использованием оптимизационной функции. Оптимизацию проводят по минимальным приведенным затратам.

2.5.3. ПОЛИВНЫЕ ПЕРЕДВИЖНЫЕ АГРЕГАТЫ С ГИБКИМИ ШЛАНГАМИ ППА-300 И ППА-165У

Поливной передвижной агрегат ППА-300 предназначен для полива затоплением сопутствующих культур в рисовом севообороте, а также для распределения воды в полосе или группе поливных борозд. Состоит он из навесной насосной станции, гибкого поливного трубопровода, намоточного устройства.

Рама присоединяется к тягам навесного устройства трактора. С левой стороны рамы на стойке установлен щиток приборов, на котором размещены манометр и вакуумметр. Насос — осевой горизонтальный (пропеллерный) марки ОГ5-30; вал насоса соединен с одноступенчатым шестеренным редуктором, находящимся в одном блоке; рабочее колесо насоса и ведомая шестерня редуктора имеют общий вал.

Всасывающий трубопровод состоит из двух частей, соединяемых при установке машины на позицию. При транспортировке машины часть трубопровода с фильтром отсоединяют и закрепляют на кронштейне, установленном на поворотной части трубопровода.

Подъем всасывающей линии осуществляется с приводом от гидросистемы трактора.

Напорная линия, имеющая на конце два кольцевых зига для присоединения поливного трубопровода, крепится к клапанной коробке. Закрытие клапана осуществляют с помощью натяжения троса ручкой из кабины трактора.

Газоструйный вакуум-аппарат служит для создания разряжения в камере насоса и заполнения ее водой. Устанавливают его на выхлопной трубе трактора.

Механизм намотки предназначен для раскладки и сборки поливного трубопровода. На сварной разборной раме, смонтированной спереди трактора, установлен барабан для намотки поливного трубопровода. Барабан приводится в действие аксиально-плунжерным гидродвигателем, работающим от гидросистемы трактора, от которой приводится в действие и тросовая лебедка.

Поливной трубопровод предназначен для транспортирования и распределения воды напуском; состоит из четырех отрезков гибкого капронового прорезиненного рукава длиной по 120 м. Отрезки между собой соединяют запасовкой конца отрезка трубопровода вовнутрь начала следующего и закрепляют петлями и застежками, равномерно расположенными по диаметру, или с помощью патрубков и хомутов.

На каждом отрезке имеются шесть водовыпусков, расположенных диаметрально по два на расстоянии 20 м друг от друга.

Водовыпуски изготовлены из той же ткани, что и трубопровод, приклеены и пришиты к трубопроводу. На каждом водовыпуске имеется лента для регулирования расхода воды от 0 до 25 л/с. Под первые шесть водовыпусков с помощью лямок и застежек закрепляют полотна-гасители для гашения струи воды и предотвращения размыва почвы в зоне истечения из водовыпусков.

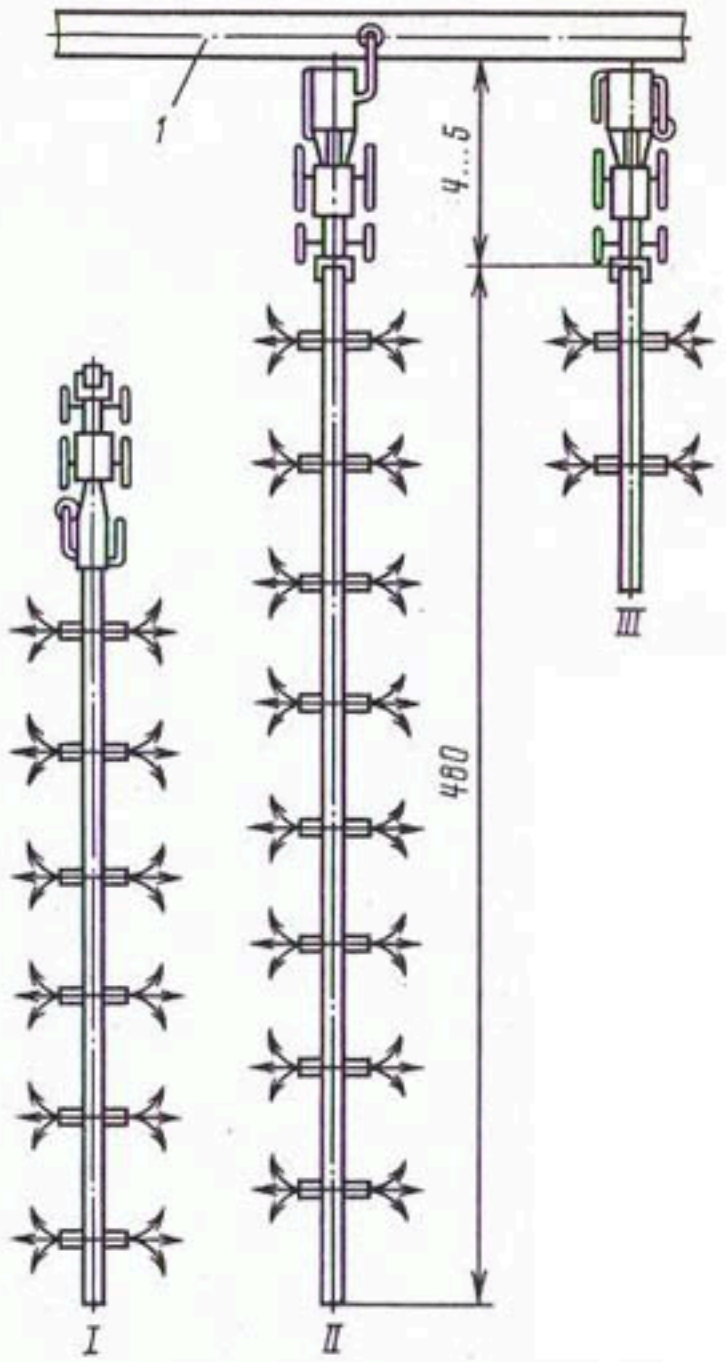


Рис. 2.9. Схема полива поливным передвижным агрегатом ППА-300:
I — ороситель; $Q = 400$ л/с; *I* — раскладка трубопровода; *II* — полив; *III* — сборка трубопровода (размеры в м)

Технология работы (рис. 2.9). Полив проводится позиционно. Перед установкой агрегата на позицию поливной трубопровод раскладывают.

При движении трактора по трассе раскладки трубопровод под действием собственной тяжести разматывается. После окончания размотки каждого отрезка трубопровода агрегат останавливается, начало отрезка соединяется с концом расположенного трубопровода путем запасовки его вовнутрь и закрепления с помощью петель и застежек. После укладки требуемой длины трубопровода агрегат подъезжает к оросителю, устанавливается на позицию, тракторист опускает всасывающий трубопровод, присоединяет к напорному патрубку поливной трубопровод и включает эжектор.

Во время полива поливальщик следит за распределением воды, выходящей из водовыпусков, а при необходимости — прикрывает их или регулирует подачу. Кроме этого, в начале работы поливальщик подсоединяет к поливному трубопроводу полотна-гасители.

Обслуживают агрегат тракторист и поливальщик. Машины ППА-300 позволяют увеличить производительность труда на поливе в 2...2,5 раза по сравнению с работой вручную.

Применение агрегата ППА-300 на вегетационных поливах люцерны в рисовых чеках сплошным затоплением позволяет при хорошей равномерности увлажнения почвы экономить до 40 % воды, используемой в основном из сбросных каналов. Экономия трудовых затрат в расчете на год по сравнению с ручным распределением воды в чеки составляет около 800 чел.-ч.

Техническая характеристика поливного передвижного агрегата ППА-300

Агрегатируется с тракторами	МТЗ-50 и ЮМЗ
Привод	От ВОМ трактора
Потребляемая мощность, кВт	22,2...28,1
Рабочие скорости, км/ч:	
при раскладке трубопровода	1,65...2,8
при сборке	3...4,8

Транспортная скорость, км/ч	10
Производительность в час чистой работы при поливной норме 1200 $м^3$/га, га	0,53
Сезонная производительность, га	115...315
Обслуживающий персонал, чел.	2
Габариты, мм:	
в рабочем положении	
длина	7950
ширина	2350
высота	3580
в транспортном положении	
длина	7075
ширина	2068
высота	3450
Дорожный просвет, мм	465
Масса конструктивная, кг	1240
Рабочий напор, м	5...7,8
Расход, л/с	245...312
Допустимая высота всасывания, м	1,5
Частота вращения рабочего колеса, $мин^{-1}$	1560
Марка гидродвигателя механизма намотки	МНШ-46У
Длина поливного трубопровода, м	240
Частота вращения барабана, $мин^{-1}$	45,5
Диаметр троса, мм	4
Трубопровод поливной:	
материал	Мелиоративная капроновая ткань
толщина стенки, мм	0,5
диаметр, мм	350...420
рабочий напор, м	До 3
число отрезков	4
число водовыпусков по длине трубопровода	24
число полотен-гасителей	12
расстояние между водовыпусками, м	20
расход воды из водовыпуска, л/с	0...25
диаметр водовыпуска, мм	120
длина водовыпуска, м	0,68
масса 1 м трубопровода, кг	0,5

Универсальный поливной передвижной агрегат ППА-165У предназначен для полива пропашных культур по бороздам (рис. 2.10).

Агрегат включает навесную на трактор класса тяги 0,9...1,4 насосную станцию, намоточное устройство со вспомогательным оборудованием, гибкий поливной трубопровод в комплекте. Ниже приведена техническая характеристика ППА-165У.

Агрегатируется с тракторами	Т-40, МТЗ-50, Т-54В, Т-28Х4
Расход воды, л/с	150...200
Расход воды по водовыпускам, л/с	0...2
Напор, м	4...5,5
Ширина междурядий, см	60, 70 и 90
Площадь, поливаемая с одной позиции, га	8...10
Производительность при норме полива 1200 $м^3$/га, га/ч	0,6

Сезонная производительность, га	120
Масса машины с комплектом трубопровода без трактора, кг	1212
Транспортная скорость, км/ч	15
Обслуживающий персонал, чел.	2
Гибкий трубопровод:	
диаметр, мм	300
длина, м	300
длина отрезка, м	100
Тяговый трос:	
длина, м	250
диаметр, мм	5...6,5
Габаритные размеры в транспортном положении, мм (с трактором МТЗ-50)	6930×2172×2485
Масса с комплектом трубопровода (без трактора), кг	1240

2.5.4. КОЛЕСНЫЕ ПОЛИВНЫЕ ТРУБОПРОВОДЫ

Трубопровод поливной АПШ-1 предназначен для позиционного полива сельскохозяйственных культур с распределением воды в борозды или полосы длиной 300...500 м с забором воды из открытой оросительной сети или с питанием от гидрантов закрытых оросителей.

Трубопровод состоит из нескольких однотипных секций (рис. 2.11).

Секция длиной 9 м включает основную алюминиевую трубу диаметром 220 м и откидной шлейф диаметром 100 мм, снабженный водовыпускными отверстиями.

Трубопровод требуемой длины собирают из нескольких однотипных секций с помощью гибких соединительных вставок. Концы секций в местах крепления гибкой вставки устанавливают на оси колесных тележек. Откидной шлейф трубопровода имеет длину 9 м. Расстояния между водовыпускными отверстиями для распределения воды в борозды соответствуют ширине междурядья и составляют (по требованию заказчика) 60, 70 или 90 см. Число водовыпускных отверстий на одном шлей-

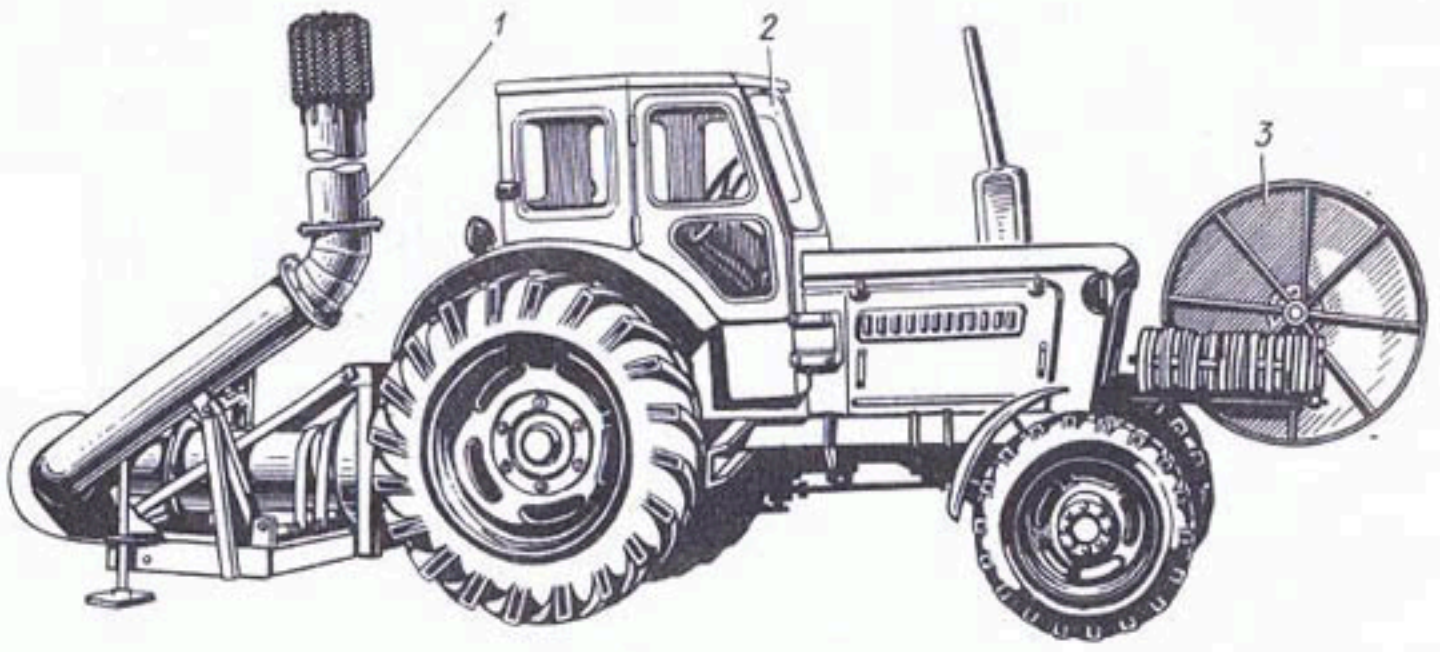
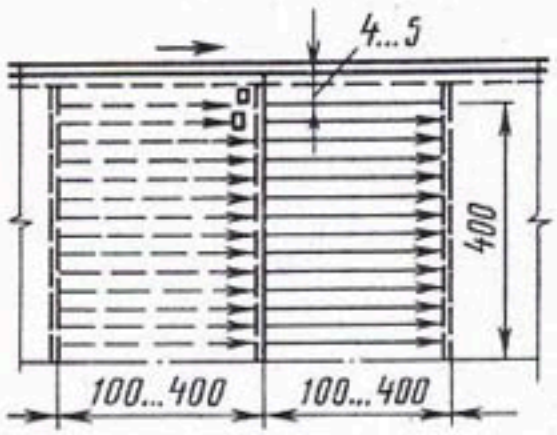
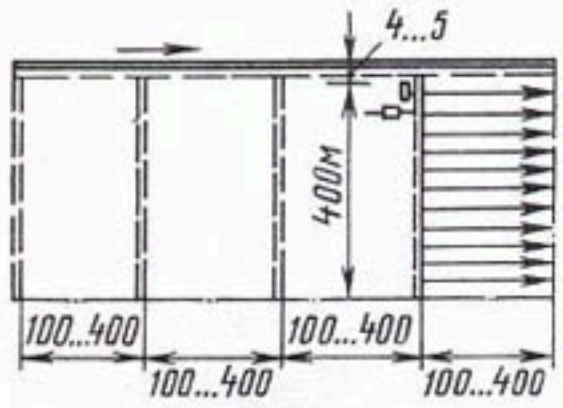
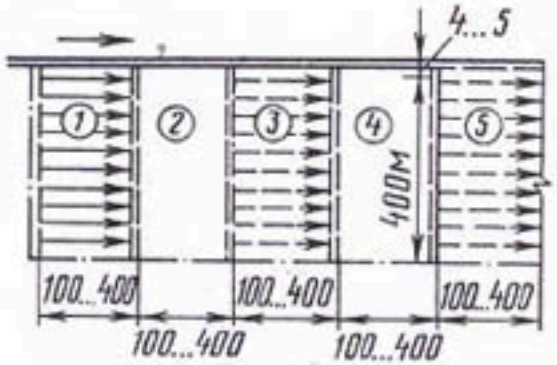
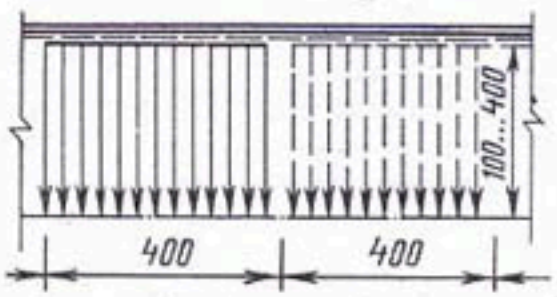


Рис. 2.10. Поливальщик передвижной агрегатный (универсальный) ППА-165У: *1* — всасывающая линия; *2* — трактор; *3* — барабан-контейнер

2.11. Технологические схемы работы шланговых машин ППА-300 и ППА-165У

Схема расстановки и перемещения машин	Описание схемы работы	Достоинства схемы	Недостатки схемы
	Поливной трубопровод располагают перпендикулярно оросителю. После окончания полива его перемещают на следующую позицию. Полив начинают с головы оросителя	Транспортировку осуществляют по полевой дороге, расположенной вдоль оросителя	Трубопровод раскладывают по мокрому полю
	Полив начинают с конца оросителя, поливной трубопровод также расположен перпендикулярно оросителю	Транспортируют и раскладывают трубопровод по сухому полю	Увеличивается время ожидания заполнения канала до требуемой отметки, увеличиваются потери воды из оросителя

Продолжение

Схема расстановки и перемещения машин	Описание схемы работы	Достоинства схемы	Недостатки схемы
	Поливные трубопроводы располагают перпендикулярно оросителю. Полив осуществляется через одну позицию	Транспортируют и собирают трубопровод по сравнительно сухому полю, нет холостого перегона в конце полива поля	Увеличивается время на смену позиций
	Поливной трубопровод размещают вдоль оросителя	Улучшаются условия раскладки и сборки поливного трубопровода	Сокращается расстояние между оросителями, и, следовательно, увеличиваются капитальные затраты

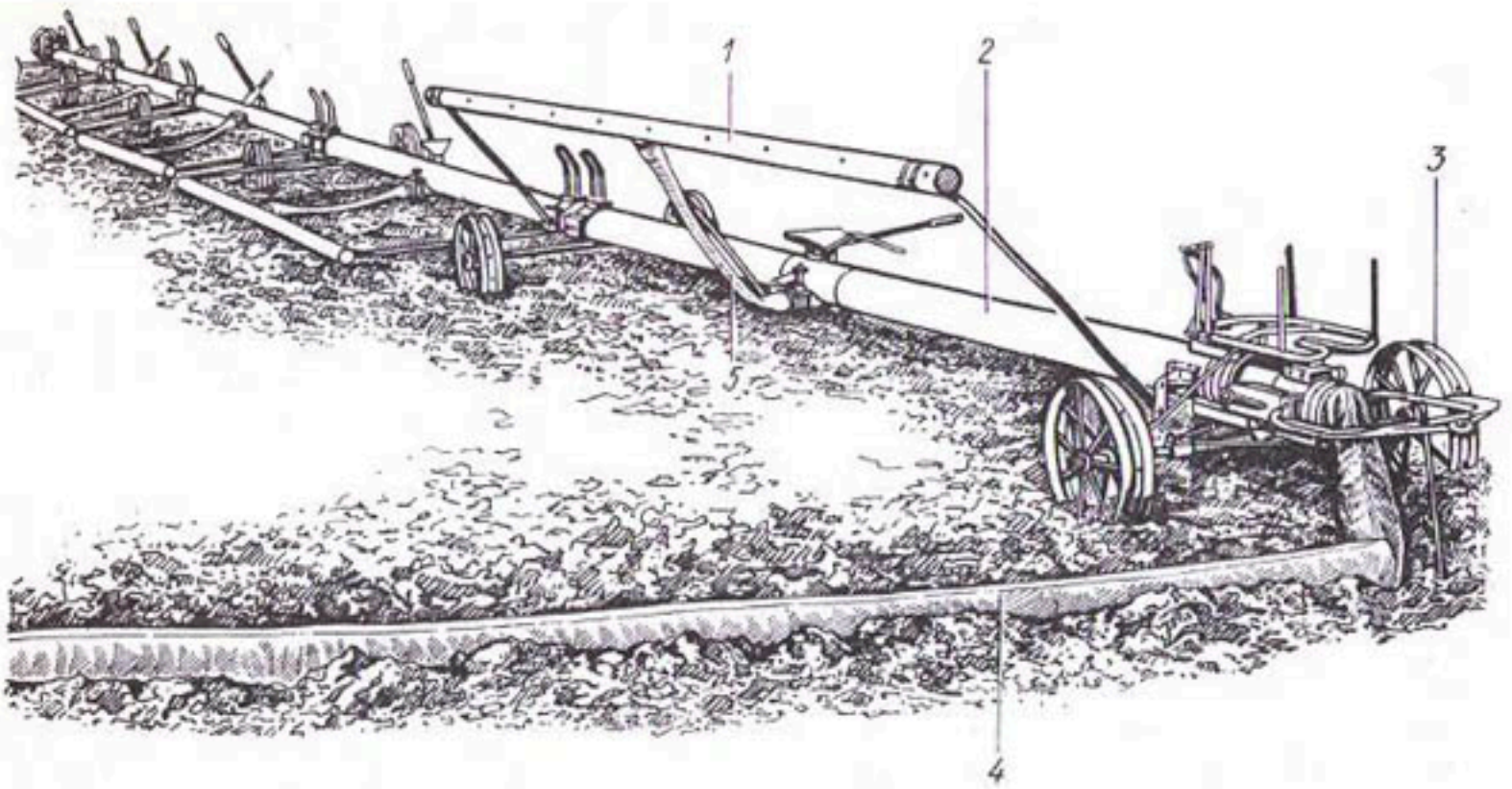


Рис. 2.11. Поливной трубопровод АПШ-1:
1 — шлейф откидной; *2* — основной трубопровод (секция); *3* — колесная тележка; *4* — подводящий рукав; *5* — подводящий патрубок

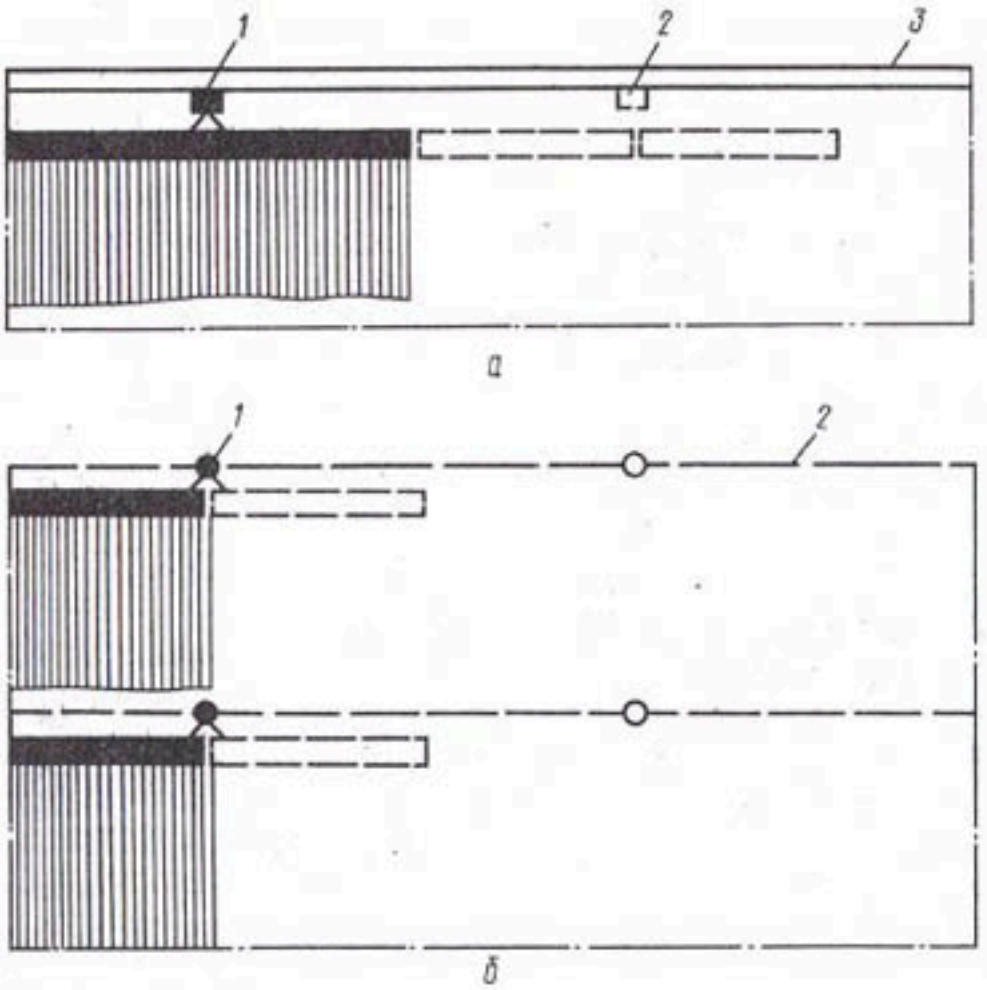


Рис. 2.12. Технологические схемы полива АПШ-1:
а — из открытой оросительной сети; *1, 2* — первая и вторая позиции насосной станции; *3* — открытый ороситель; *б* — полив АПШ-1 с питанием от закрытой оросительной сети; *1* — гидрант рабочий; *2* — закрытый ороситель

фе — 11...16. Расход воды, подаваемой в борозды, регулируют одновременно по всем водовыпускам шлейфа задвижкой, установленной в месте соединения откидного шлейфа с основным трубопроводом.

При поливе с забором воды из открытых оросителей (рис. 2.12, *а*) два поливных трубопровода, имеющих длину до 100 м, агрегатируют с насосной станцией СНП-150/5А. По длине борозд или полос каждым трубопроводом распределяется расход до 100...120 л/с.

При поливе с питанием от гидрантов закрытых оросителей (рис. 2.12, *б*) поливной агрегат включает два трубопровода длиной по 100 м и трактор класса тяги 0,9. Трубопроводы устанавливают на двух параллельных закрытых оросителях, оборудованных гидрантами.

Колесный трубопровод ТКП-90 (ТКУ-100) предназначен для полива по бороздам пропашных сельскохозяйственных культур на почвах высокой и средней проницаемости.

Трубопровод имеет два крыла с шестнадцатью свободно вращающимися муфтами, имеющими калиброванные диафрагмы; муфты устанавливают в стыках фланцев труб между каждыми четырьмя колесными секциями. К муфтам крепят низконапорные плоскосворачиваемые шланги-шлейфы с водовыпускными отверстиями; расстояние между водовыпускными отверстиями соответствует ширине междурядья (рис. 2.13).

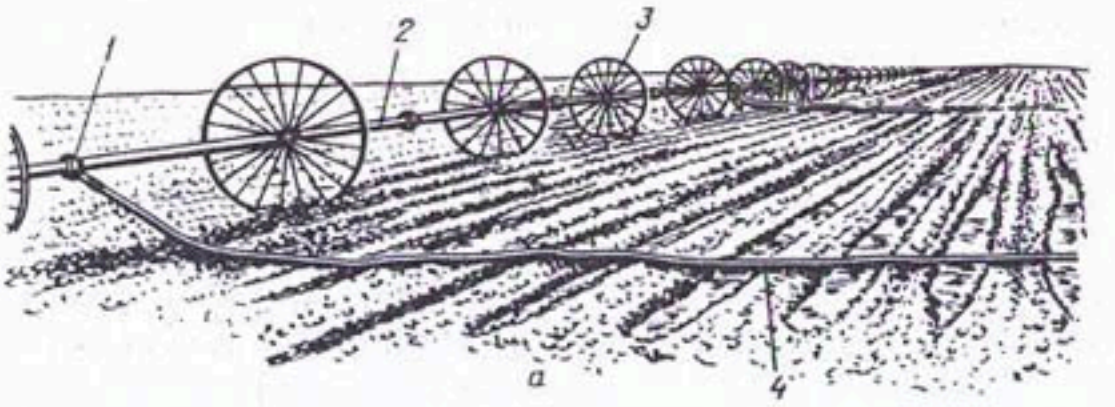
Полив проводят позиционно с подключением колесного трубопровода к гидрантам закрытой оросительной сети (рис. 2.14).

Краткая техническая характеристика колесного трубопровода ТКП-90 приведена ниже.

Расход, л/с	До 110
Напор на гидранте, м	10...20
Число муфт	16
Расстояние между муфтами, м	50,4
Число шлейфов	16
Длина шлейфа, м	21,2
Число водовыпускных отверстий	41, 27, 21
Расстояние между водовыпусками в шлейфе, м	0,45, 0,7, 0,9
Площадь, поливаемая с одной позиции при ширине участка 800 м, га	1,44
Производительность чистой работы при поливной норме 800 м^3/га, га/ч	0,45
Обслуживающий персонал, чел.	1 на 4 крыла
Масса, кг	5000

2.5.5. КОМПЛЕКТ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ПОЛИВА ПО БОРОЗДАМ

Сезонно-стационарный комплект предназначен для полива по бороздам пропашных сельскохозяйственных культур на почвах средней и пониженной водопроницаемости. Обеспечивается полив затоплением тупиковых борозд переменной струей с дискретной водоподачей. Питание осуществляется от гидрантов закрытых оросителей, расположенных параллельно поливным бороздам. Обслуживаемый одним оператором комплект для полива площади 120...160 га включает от 16 до 24 поливных шланговых устройств АШУ. Это полустационарная конструкция, включающая устройство со шлангом, имеющим в концевой части регулируемые водовыпуски (3...5 и более) с калиброванными отверстиями



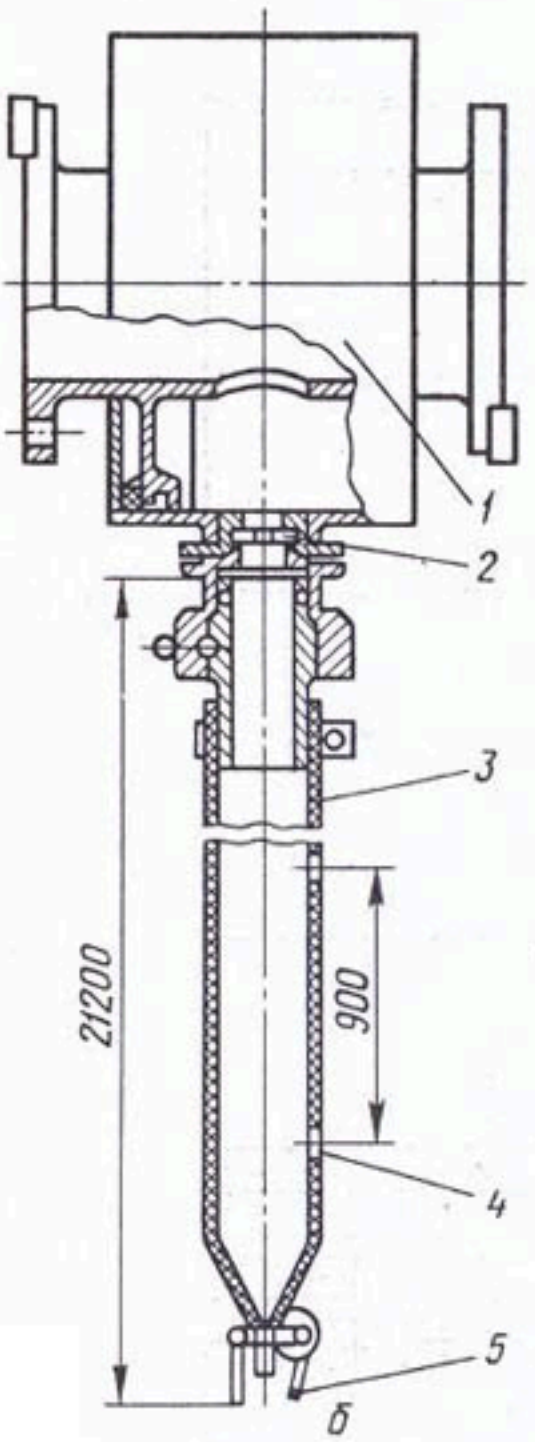


Рис. 2.13. Поливной трубопровод ТКП-90: *а* — общий вид; *1* — муфта; *2* — водопроводящий пояс; *3* — опорное колесо; *4* — гибкий поливной шлейф; *б* — муфта со шлейфом для полива по бороздам; *1* — муфта; *2* — диафрагма; *3* — гибкий шланг; *4* — водовыпускные отверстия (20 шт.); *5* — заглушка-зажим для промывки шлейфа

и гасителями поливных струй, гидромеханизм привода барабана, командный генератор (рис. 2.15).

Полив происходит в автоматическом режиме. Гидроприводы всех намоточных устройств срабатывают одновременно в запрограммированном режиме по сигналам командного генератора; при этом поливные шланги перемещают каждый раз на одно междурядье. Расход водовыпусков регулируют перекрытием части сечения калиброванного отверстия. Технологическая схема работы комплекта приведена на рисунке 2.16, а краткая технико-эксплуатационная характеристика — ниже.

Тип	Полустационарный
Расход, л/с	3...4,5
Давление на входе, МПа	0,3...0,4
Число водовыпусков	3...5
Расстояние между водовыпусками, м	0,6; 0,7; 0,9
Рабочая длина поливного шланга, м	100...200
Масса установки (без воды) со шлангом, кг	330...410
Габариты (высота, ширина, длина), м	1,8×1,8×1,7
Коэффициент использования рабочего времени	0,95

Сезонная нагрузка на одно устройство при поливной норме 600 м^3/га, га	4...8
Число устройств, обслуживаемых оператором	16...24
Раскладку поливных шлангов на исходную позицию проводят трактором	Любого класса

Жесткие трубопроводы АПШ-1 и ТКП-90, а также шланговые устройства можно использовать в составе поливных модулей, основные параметры и элементы которых с перечисленной выше техникой приведены в таблицах 2.12...2.17, а схемы модульных участков и монтаж их элементов — на рисунках 2.17 и 2.18.

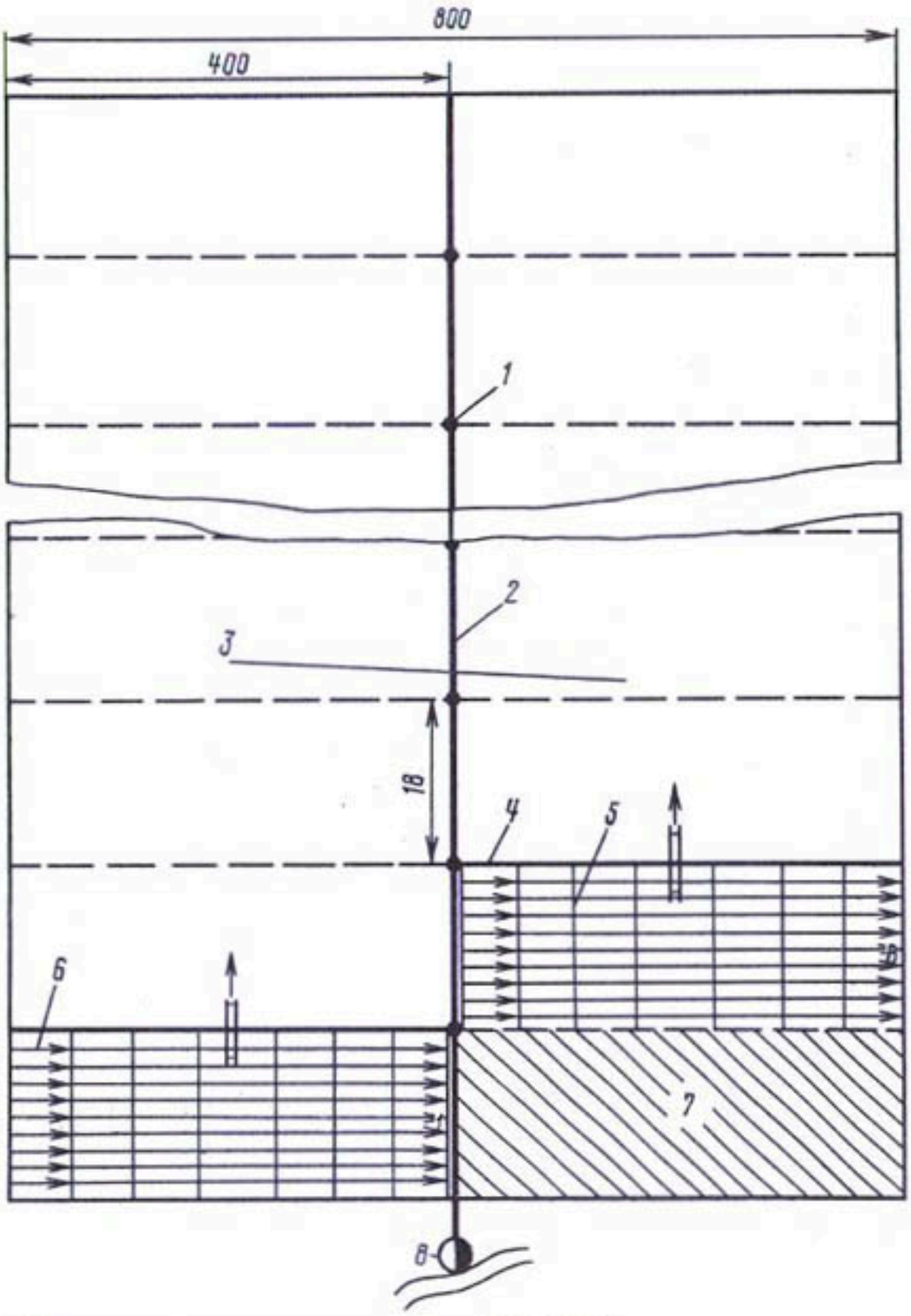


Рис. 2.14. Технологическая схема полива ТКП-90:
1 — гидрант; *2* — трубопровод; *3* — уклон поля; *4* — крыло ТКП-90; *5* — гибкий шланг с отверстиями; *6* — поливная борозда и направление полива по уклону; *7* — политая площадь (размеры в м); *8* — насосная станция

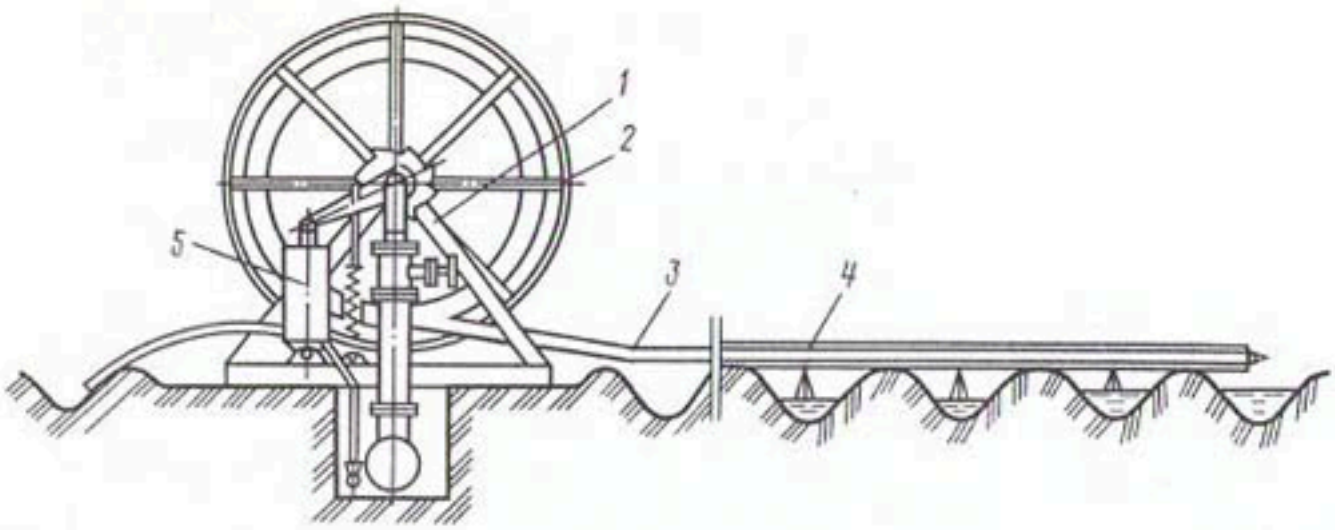


Рис. 2.15. Схема шлангового поливного устройства АШУ-32:
1 — рама; *2* — барабан; *3* — шланг поливной; *4* — водовыпускные отверстия; *5* — гидроцилиндр

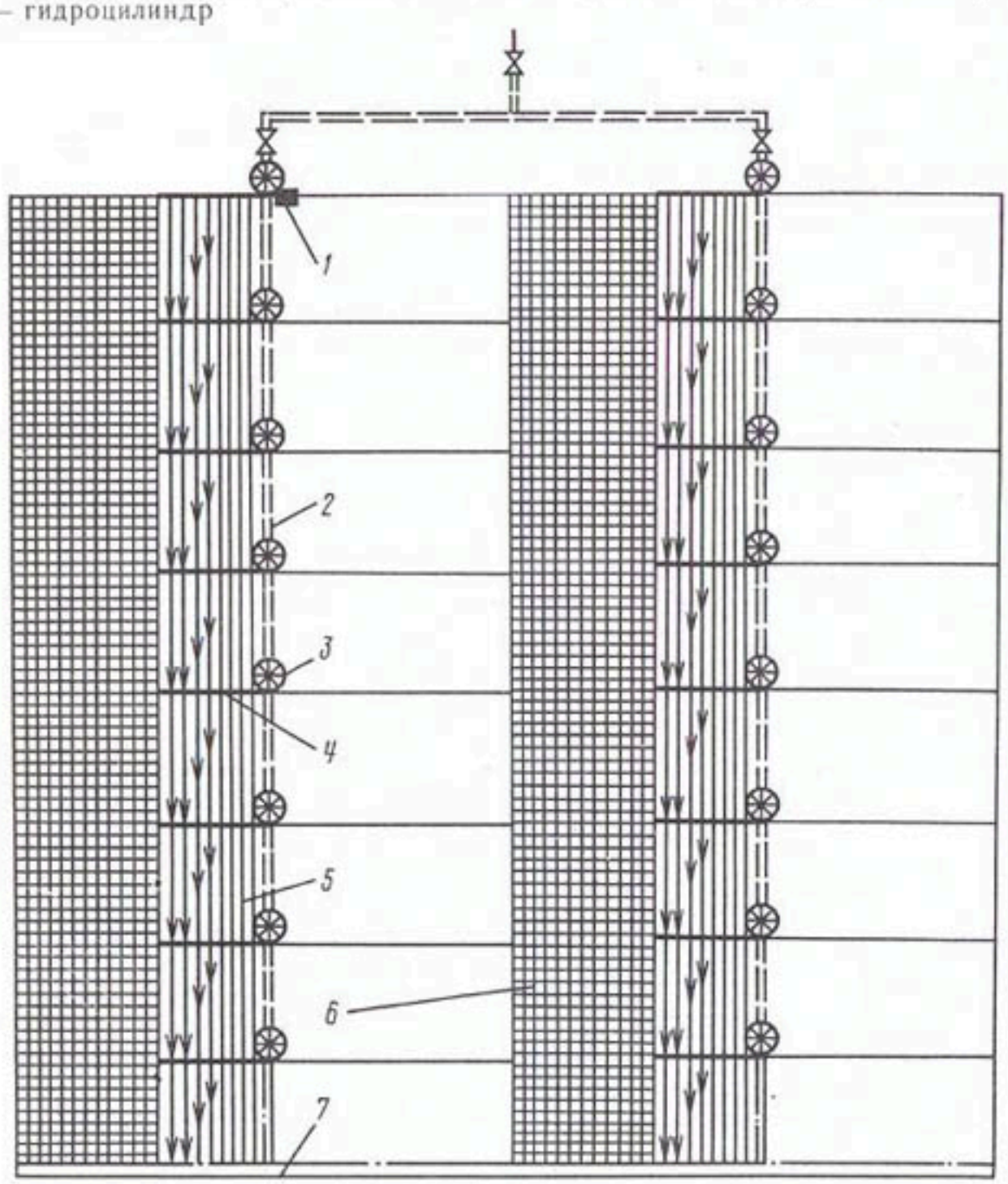


Рис. 2.16. Схема автоматизированной системы со шланговыми поливными устройствами АШУ-32:
1 — генератор импульсов; *2* — оросительный трубопровод; *3* — АШУ-32; *4* — шланг поливной; *5* — поливные борозды; *6* — политая площадь; *7* — канал сбросной

2.12. Основные параметры и технико-эксплуатационные характеристики поливного модуля с трубопроводом АПШ-1, сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу участка

Параметры	Типоразмер					
	1	2	3	4	5	6
	водоподача суточная 100 $м^3$/га			водоподача суточная 80 $м^3$/га		
Площадь, га	144	208	192	176	272	256
Длина, м	3600	5200	2400	4400	6800	3200
Ширина, м	400	400	800	400	400	800
Расход, $м^3$/с	200	300	300	200	300	300
Напор, м	17,5	14,2	10,1	20,1	16,9	11,5
Число оросителей, м	2	2	2	2	2	2
Материалоемкость основного оборудования, т	356,5	824,65	415,43	428,66	1066,91	535,75
Удельная материалоемкость, т/га	2,48	3,96	2,16	2,43	3,92	2,09

2.13. Состав и число комплектующих элементов поливного модуля с поливным трубопроводом АПШ-1, сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу участка

Наименование и марка элемента модуля	Позиция на рисунках 2.17,*а* и 2.18,*а*	Типоразмер					
		1	2	3	4	5	6
		водоподача суточная 100 $м^3$/га			водоподача суточная 80 $м^3$/га		
АПШ-1 (100-200)	*1*	2	—	—	2	—	—
АПШ-1 (150-200)	*1*	—	2	—	—	2	—
АПШ-1 (150-400)	*1*	—	—	2	—	—	2
Трактор Т-40М (ТУ 23.152—77)		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Колодец прямоугольный бетонный (типовой проект 401—69):	*5*						
3000×3000×1800		—	1	1	—	1	1
2500×2500×1800		1	—	—	1	—	—
3000×2500×1800		—	1	1	—	1	1
2500×2000×1800		1	—	—	1	—	—
Патрубок П-300-400		7	7	7	7	7	7
Тройник 300-400 (ГОСТ 820-02—76)	*8*	1	1	1	1	1	1
Крестовина К 300-400		1	1	1	1	1	1
Труба ВТ9 (ГОСТ 539—80)							
$D_н$ = 400 мм	*4*	—	2500	1200	—	3350	1600
$D_н$ = 300 мм		1750	—	—	2150	—	—
Затвор							
$D_н$ = 400 мм (ТУ 25 07-1206—78)	*9*	—	6	6	—	6	6
$D_н$ = 300 мм/(ТУ 33-335—85)		6	—	—	6	—	—

Продолжение

Наименование и марка элемента модуля	Позиция на рисунках 2.17,*а* и 2.18,*а*	Типоразмер					
		1	2	3	4	5	6
		водоподача суточная 100 м³/га			водоподача суточная 80 м³/га		
Гидрант (задвижка $D_n = 200$ мм) (ГОСТ 8437—75)	*2*	36	52	24	44	68	32
Гидрант (металлоконструкция) (типовой проект 820-236)	*9*	36	52	24	44	68	32
Клапан защитный КЗГ-120 (ТУ 33-107—78)	*6*	2	2	2	2	2	2
Затвор $D_n = 100$ мм/(ТУ 33-335—85)		2	2	2	2	2	2
Гидрант (металлоконструкция) (типовой проект 820-236)		2	2	2	2	2	2
Вантуз В-6 (ТУ 33-186—81)	*3*	4	4	4	4	4	4
Клапан выпуска и защемления воздуха КВЗВ (ТУ 33-40—81)	*10*	4	4	4	4	4	4
Задвижка 30ч6бр $D_n = 50$ мм (ГОСТ 8437—75)	*11*	4	4	4	4	4	4
Гидрант (металлоконструкция) (типовой проект 820-236)	*12*	4	4	4	4	4	4
Муфта «САМ-9» ($D_n = 300...400$ мм) (ГОСТ 539—80)	*13*	1710	2495	1174	2105	3280	1530
Муфта чугунная ($D_n = 300...400$) (ГОСТ 17584—72)		77	109	53	93	141	69
Дополнительное оборудование — гидроподкормщик							
Насос-дозатор ДП 11.640.ПС		1	1	1	1	1	1
Технологическое оборудование (ТУ 33-74—77)		1	1	1	1	1	1

2.14. Основные параметры и технико-эксплуатационные характеристики поливного модуля с трубопроводом ТКП-90, сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу участка

Параметры	Типоразмер					
	1	2	3	4	5	6
	водоподача суточная 100 м³/га					
Площадь, га	81,2	59,4	53,8	61,2	59,4	56,2
Длина, м	720	792	828	720	792	864
Ширина, м	850	750	650	850	750	650
Расход, м³/с	90	84	78	90	84	78
Напор, м	23,8	23,8	23,4	23,6	23,8	23,6
Материалоемкость основного оборудования, т	48,09	49,52	52,69	41,63	44,16	47
Удельная материалоемкость, т/га	0,59	0,83	0,98	0,68	0,74	0,84

Продолжение

Параметры	Типоразмер					
	7	8	9	10	11	12
	водоподача суточная 80 м³/га					
Площадь, га	76,5	72,9	67,9	79,6	70,2	65,5
Длина, м	900	972	1044	936	936	1008
Ширина, м	850	750	650	850	750	850
Расход, м³/с	90	84	78	90	84	78
Напор, м	24,7	24,6	24,3	24,8	24,4	24,2
Материалоемкость основного оборудования, т	58,04	61,21	64,66	51,93	51,03	53,88
Удельная материалоемкость, т/га	0,76	0,84	0,95	0,65	0,73	0,82

2.15. Состав и число комплектующих элементов поливного модуля с трубопроводом ТКП-90, сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу участка

Наименование и марка элемента модуля	Позиция на рисунках 2.17, *б* и 2.18, *б*	Типоразмер											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		водоподача суточная 100 м³/га							водоподача суточная 80 м³/га				
ТКП-90-800-18 (крыло)	*1*	2	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—
ТКП-84-700-18 »	*1*	—	2	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
ТКП-78-600-18 »	*1*	—	—	2	—	—	—	—	—	2	—	—	—
ТКП-90-800-36 »	*1*	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	—	—
ТКП-84-700-36 »	*1*	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	—
ТКП-78-600-36 »	*1*	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2
Колодец из железобетонных колец К-15-18, (типовой проект 820-189)	*6* *6*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Патрубок ПД002-003	*9*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Трубы асбестоцементные ВТ6 (ГОСТ 539—80):	*5*												
$D_н$=300 мм		171	189	198	162	180	198	216	234	252	216	216	234
$D_н$=250 мм		5	—	—	9	—	—	5	—	—	9	—	—
$D_н$=200 мм		—	5	5	—	9	9	—	5	5	—	9	9
Гидрант (задвижка 30ч6бр) $D_н$=150 мм (ГОСТ 8437—75)	*4*	40	44	46	20	22	24	50	54	58	26	26	28
Присоединитель-	*11*	40	44	40	20	22	24	50	54	58	26	26	28

Продолжение

Наименование и марка элемента модуля	Позиция на рисунках 2.17, *б* и 2.18, *б*	Типоразмер											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		водоподача суточная 100 м³/га							водоподача суточная 80 м³/га				
ный патрубок ($D_н$ = 200... 300 мм; l = 2190 мм)													
Клапан защитный КЗГ-120 (ТУ 33-107—78)	*2*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Затвор $D_н$=100 мм (ТУ 33-335-85)	*10*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Присоединительные патрубки ($D_н$=200...250 мм; l = 1970 мм)	*11*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Вантуз В-6 (ТУ 33-186-81)	*3*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Клапан впуска и защемления воздуха КВЗВ (ТУ 33-46—81)	*12*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Задвижка 30ч6бр ($D_н$=50 мм) (ГОСТ 8437—75)	*13*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Присоединительные патрубки ($D_н$=200...250 мм; l=1970 мм)	*11*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Затвор:													
$D_н$=300 мм (ТУ 33-335—85)	*14*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$D_н$=250 мм (ГОСТ 8437—75)	*14*	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
$D_н$=200 мм (ТУ 33-335—85)		—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Муфта чугунная ($D_н$=200...300 мм) (ГОСТ 17584—72)		85	93	97	45	49	53	105	113	121	57	57	61
Муфта «САМ-9» (ГОСТ 539—80)		136	150	157	151	167	183	171	185	199	199	199	215
Дополнительное оборудование — гидроподкормщик													
Насос-дозатор ДМ 11.640 ПС	*7*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Технологическое оборудование (ТУ 33-74—77)	*8*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

2.16. Основные параметры и технико-эксплуатационные характеристики поливного модуля с автоматизированными шланговыми поливными устройствами АШУ-32, сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу участка

Параметры	Типоразмер									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	водоподача суточная 100 м³/га					водоподача суточная 80 м³/га				
Площадь, га	32	28	24	20	16	38,4	33,6	28,8	24	19,2
Длина, м	1600	1400	1200	1000	800	1920	1680	1440	1200	960
Ширина, м	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
Расход, л/с	32	28	24	20	16	32	28	24	20	16
Напор, м	35,8	35,6	35,6	35,4	35,4	35,8	35,8	35,6	35,6	35,4
Длина борозды $l_{бг}$, м	200	200	200	200	200	240	240	240	240	240

2.17. Состав и число комплектующих элементов поливного модуля с автоматизированными шланговыми поливными устройствами АШУ-32, сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу участка

Наименование и марка элемента модуля	Позиция на рисунках 2.17, *в* и 2.18, *в*	Типоразмер									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		водоподача суточная 100 м³/га					водоподача суточная 80 м³/га				
Катушка со шлангом	*1*	8	7	6	5	4	8	7	6	5	4
Генератор управления	*3*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Намоточное устройство с долей трактора		0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Колодец Кс-15-18 (ТП 820-189)	*2*	1	1	1	1	1	1	1		1	1
Задвижка 30ч6бр (ГОСТ 8437—75)	*13*										
$D_п = 200$ мм		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
$D_п = 150$ мм		—	—	—	1	1	—	—	—	1	1
Металлоконструкция (ПФ)	*14*	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Гидрант $D_п = 200$ мм	*5*	4	3	2	—	—	4	3	2	—	—
Гидрант $D_п = 150$ мм	*7*	2	2	2	3	2	2	2	2	3	2
Гидрант $D_п = 100$ мм	*9*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Гидрант концевой	*10*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Труба асбестоцементная ВТ9 (ГОСТ 539—80)											
$D_п = 200$ мм	*4*	150	100	50	—	—	181	120	60	—	—
$D_п = 150$ мм	*6*	100	100	100	100	50	120	120	120	120	60
$D_п = 100$ мм $l = 2950$ мм	*8*	134	134	134	134	134	161	161	161	161	161
Переход 200×150; $l = 1000$ мм (ГОСТ 19903—74)	*12*	1	1	1	—	—	1	1	1	—	—

Продолжение

Наименование и марка элемента модуля	Позиция на рисунках 2.17, *в* и 2.18, *в*	Типоразмер									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		водоподача суточная 100 м³/га					водоподача суточная 80 м³/га				
Переход 150×100; l = 1000 мм (ГОСТ 19903—74)	*11*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Муфта чугунная Жибо (ГОСТ 17548—72)											
D_n = 200 мм		8	6	4	—	—	8	6	4	—	—
D_n = 150 мм		5	5	5	6	4	5	5	5	6	4
D_n = 100 мм		4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Муфта САМ-9 (ГОСТ 539—80)											
D_n = 200 мм		149	99	49	—	—	180	119	59	—	—
D_n = 150 мм		99	99	99	99	99	119	119	119	119	59
D_n = 100 мм		133	133	133	133	133	160	160	160	160	160

2.6. СТАЦИОНАРНЫЕ СИСТЕМЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ОРОШЕНИЯ

Стационарные оросительные системы предназначены для полива высокорентабельных культур (хлопчатника, садов, виноградников). Для снижения капитальных затрат на строительство таких систем и обеспечения возможности механизированной обработки посевов расстояние между трубопроводами последнего порядка (а следовательно, и длину поливных борозд) принимают максимально возможным (как правило, не менее 300...400 м).

Различают стационарные системы с распределением воды в поливные элементы: из закрытых перфорированных трубопроводов, малонапорных трубопроводов с подземными водовыпусками, лотков и бетонированных каналов и с помощью стационарно-сезонных комплектов.

Закрытые перфорированные трубопроводы позволяют автоматизировать процесс распределения воды по бороздам длиной не менее 300 м.

Перфорированные пластмассовые, асбестоцементные, бетонные трубопроводы диаметром 100...300 мм укладывают поперек борозд ниже пахотного горизонта. Вода через отверстия диаметром 3...8 мм пробивается на поверхность в каждом междурядье в виде родничков и движется в борозде по уклону.

Для равномерного распределения поливных струй длина трубопроводов не должна превышать 150...250 м. Вода в поливные трубопроводы подается из транспортирующих трубопроводов при напоре 4...6 м.

Гидравлический расчет закрытого перфорированного поливного трубопровода проводят по зависимостям, приведенным ниже, с использованием вспомогательных графиков.

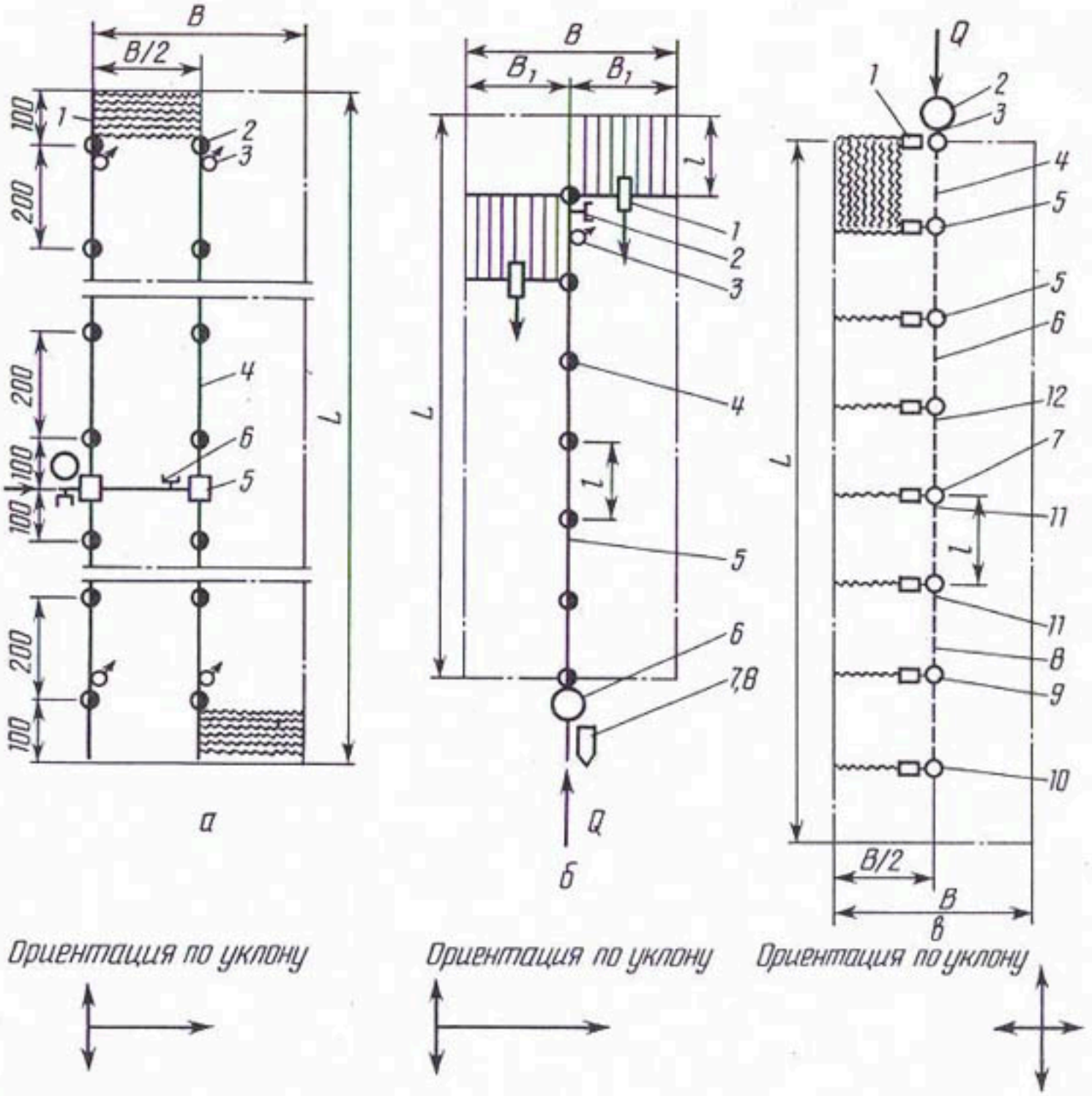


Рис. 2.17. Схема модульного участка с поливом:
а — АПШ-1 (обозначения см. табл. 2.13); *б* — ТКП-90 (обозначения см. табл. 2.14); *в* — АШУ-32 (обозначения см. табл. 2.15) (размеры в м)

$$Q_{cal} = l_p q_m / b, \tag{2.24}$$

где Q_{cal} — расчетный расход в начале поливного трубопровода, л/с; l_p — длина поливного трубопровода, м; q_m — средняя величина поливной струи, подаваемой в борозду, л/с; b — ширина междурядий, м.

Диаметр (м) поливного трубопровода в голове участка

$$d_{po} = 1{,}13\sqrt{Q_{cal}/v_{adm}}, \tag{2.25}$$

где v_{adm} — максимально допустимая скорость в трубопроводе (не более 2,5...3 м/с).

Диаметры (м) поливных отверстий

$$d_{out} = \sqrt{Q_{cal}/3{,}48\mu\sqrt{H_{pz}}}, \tag{2.26}$$

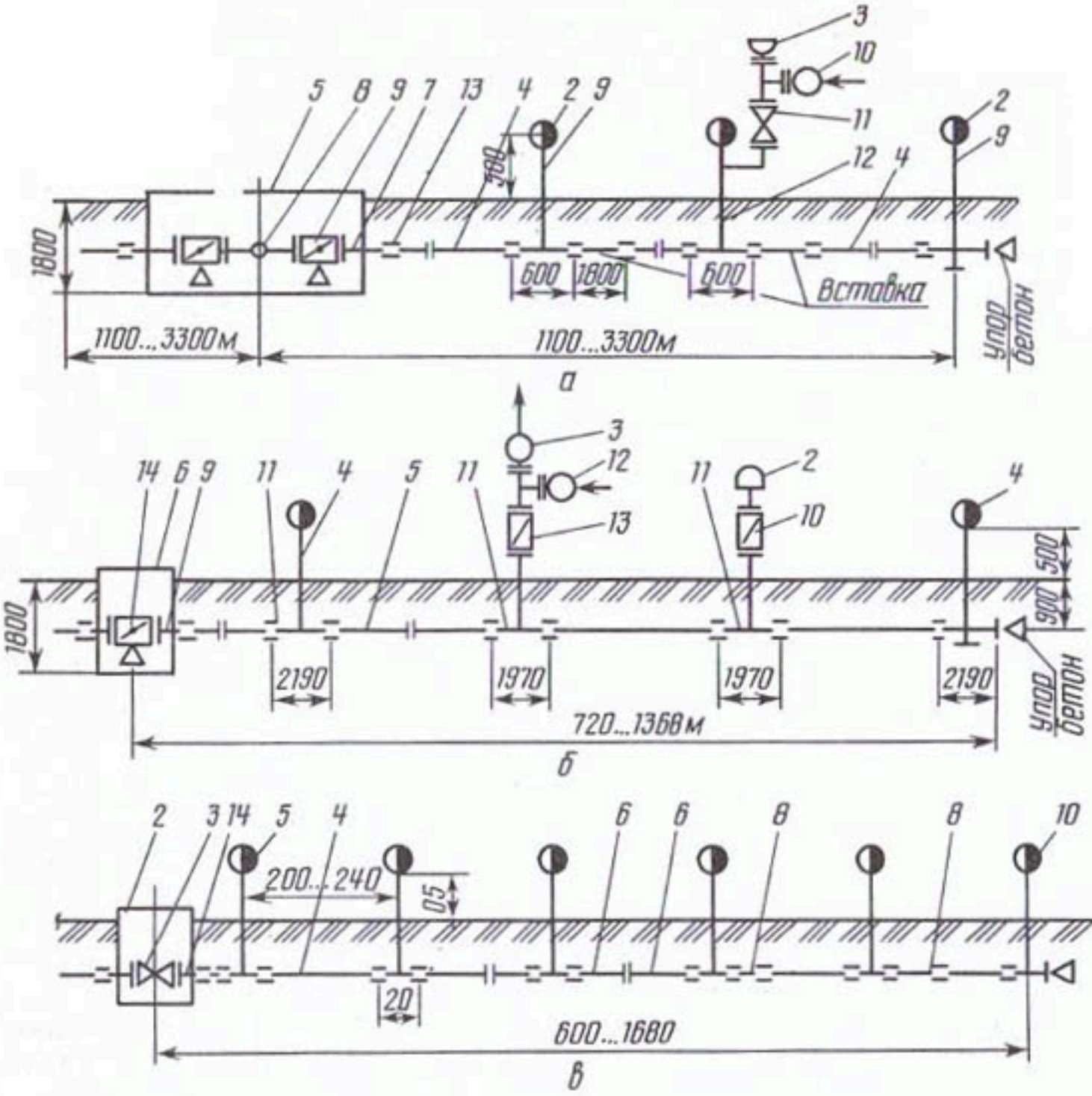


Рис. 2.18. Схема монтажа элементов поливных модулей:
а — с трубопроводом АПШ-1 (обозначения см. табл. 2.13); *б* — с трубопроводом ТКП-90 (обозначения см. табл. 2.14); *в* — со шланговым устройством АШУ-32 (обозначения см. табл. 2.15)

где μ — коэффициент расхода отверстия при наличии продольной скорости,

$$\mu = 2{,}1\mu_e/2{,}1\,\mathrm{Fr}, \qquad (2.27)$$

где μ_e — коэффициент расхода отверстия при отсутствии продольной скорости (для асбестоцементных трубопроводов принимают $\mu_e = 0{,}95$); Fr — число Фруда; H_{pz} — действующий пьезометрический напор, м.

При поливе над закрытыми поливными трубопроводами при суглинистой засыпке образуются воронки размыва конусообразной формы с диаметром на поверхности 200...650 мм.

Подземные поливные трубопроводы могут быть оборудованы специальными стояками-водовыпусками.

От водовода, которым может служить облицованный канал или трубопровод, по наибольшему уклону прокладывают подземный трубопровод, на котором через определенные промежутки, равные ширине террасы, устанавливают стояки-водовыпуски. В конце трубопровода располагают промывную задвижку. Вода в стояки-водовыпуски поступает через отверстия в поливном трубопроводе, размер которых рассчитывают.

В качестве стояков-водовыпусков можно использовать гидрант-водовыпуск постоянного напора конструкции И. С. Меркурьева (ВНИИГиМ).

При однорядовом расположении культур на террасе вода из гидранта поступает через патрубки по обе стороны рядка. При многорядовом расположении культур воду можно распределять с помощью небольшого гибкого отрезка шланга с отверстиями, подключенного к стояку-водовыпуску.

Для полива виноградников и садов по бороздам в предгорьях на местности с уклонами 0,004...0,2 можно использовать самонапорную оросительную сеть с подземными распределительными и поливными трубопроводами с патрубками-водовыпусками преимущественно с продольной схемой полива. Распределительные трубопроводы прокладывают по наибольшему уклону местности на глубине 80...100 см, поливные — поперек рядков виноградника вдоль межклеточных дорог на глубине 40...60 см от верха трубы.

В поливных трубопроводах просверлены отверстия, находящиеся под рядками виноградника, диаметры которых по длине трубопровода определяют расчетом. Над поливными отверстиями устанавливают патрубки-водовыпуски из полиэтиленовых труб диаметром 100...125 мм. В верхней части патрубков расположены выходные отверстия. В голове распределительных трубопроводов устроены водозаборные сооружения с сороудерживающими сетками; на концах всех трубопроводов предусматривают промывные задвижки.

Распределением воды одновременно в 100...150 борозд управляют при помощи регулирующей задвижки в голове поливного трубопровода.

Небольшой поверхностный сброс воды с верхних ярусов используют для полива нижерасположенной площади. Технические параметры закрытой сети при продольной схеме полива приведены ниже.

Длина распределительного трубопровода, м	500...2500
Расстояние между распределительными трубопроводами, м	300...500
Площадь полива из одного распределительного трубопровода, га	15...125
Длина поливного трубопровода, м	150...250
Расход струи из водовыпускного отверстия, л/с	До 4
Оптимальные рабочие напоры в поливных трубопроводах, м	1...4
Производительность труда поливальщика за одну смену, га	До 8...12
Коэффициент земельного использования	0,94

По сравнению с временной сетью в земляном русле закрытая оросительная сеть позволяет снизить затраты воды в 1,5...1,7 раза, повысить коэффициент использования земли на 6 % и увеличить урожайность за счет возможности выдерживать заданный поливной режим.

Для распределения воды в поливную сеть на стационарных системах поверхностного орошения можно использовать поливные лотки различных конструкций.

Автоматизированный поливной лоток с гидромеханическим управлением по временной программе предназначен для полива по длинным бороздам струей с постоянным расходом на почвах средней и пониженной водопроницаемости.

Лоток с односторонней раздачей воды и поперечной схемой полива состоит из однотипных секций (используют лотковые блоки ЛР-80 с отверстиями в дне, шаг которых равен принятой ширине междурядий). Схема оросительной сети с автоматизированными поливными лотками приведена на рисунке 2.19.

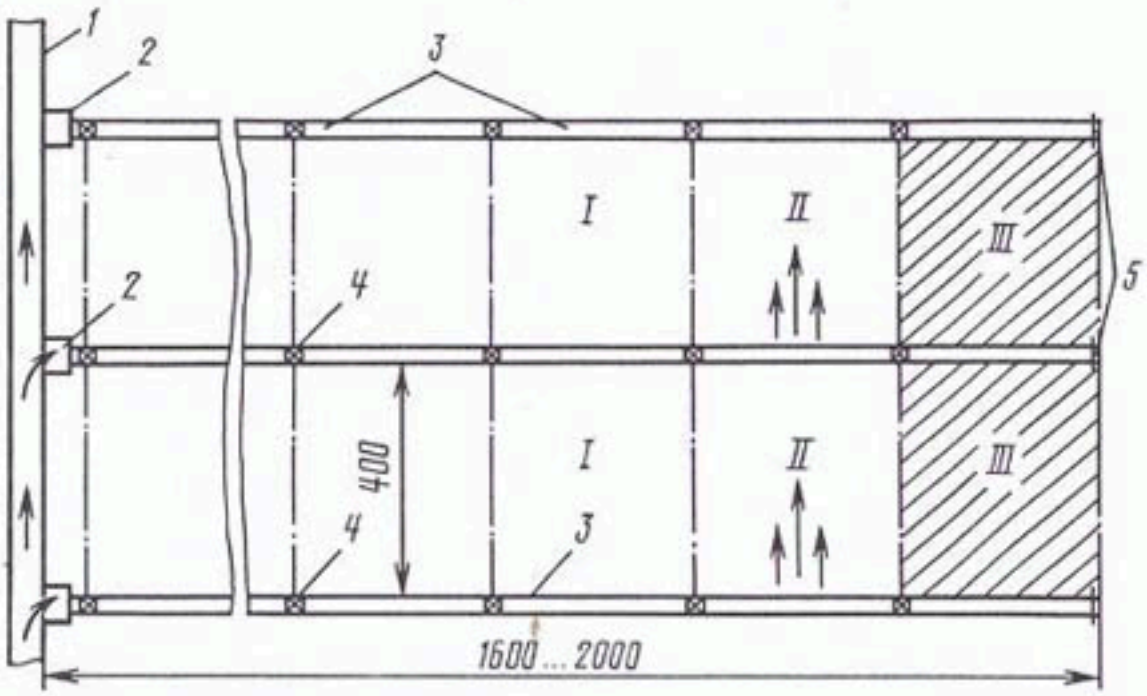


Рис. 2.19. Схема оросительной сети с автоматизированными поливными лотками:
1 — внутрихозяйственный распределительный канал; *2* — головное сооружение; *3* — поливные секции лотка; *4* — автоматические затворы; *5* — концевой щит; *I* — нарезка борозд; *II* — полив; *III* — обработка (размеры в м)

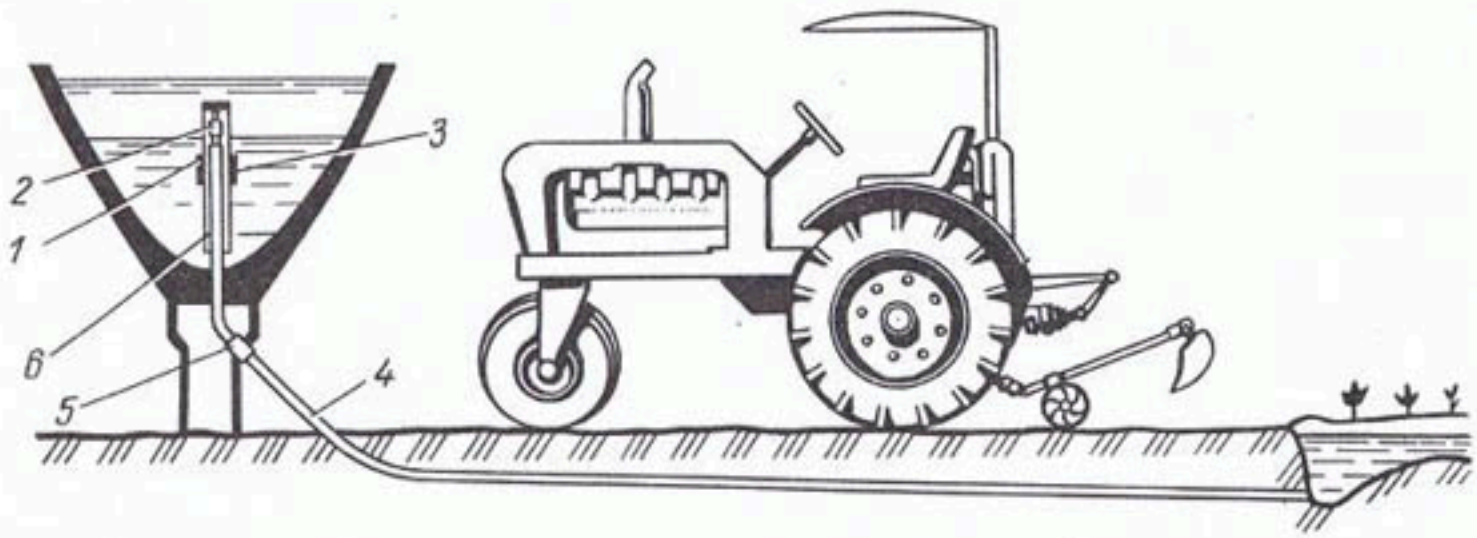


Рис. 2.20. Схема подачи воды из лотка в оголовки поливных борозд:
1 — патрубок; *2* — втулка регулировочная; *3* — поплавок; *4* — шланг полиэтиленовый; *5* — втулка подсоединительная; *6* — стакан

Воду из лотка в борозды подают сифонными водовыпусками. К водовыпуску присоединен полиэтиленовый шланг, по которому вода проходит под прилотковой полосой и поступает в оголовки поливных борозд (рис. 2.20). Управляют поливом с помощью автоматического гидромеханического затвора с временным устройством, обеспечивающим выдачу заданной поливной нормы.

2.7. ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРИМЕНИМОСТИ ПОЛИВНОЙ ТЕХНИКИ

Оценку применимости и выбор поливной техники для конкретных орошаемых участков проводят в зависимости от климатических, почвенно-мелиоративных, геоморфологических, хозяйственно-организационных условий. Если этим условиям удовлетворяют несколько технических средств и технологий, то окончательный выбор проводят при многофакторном комплексном анализе эффективности возможных вариантов с оптимизацией по приведенным затратам или получаемой прибыли на модульных участках оросительной системы. Такой анализ осуществляют, используя ЭВМ и соответствующее программное обеспечение.

Условия применимости поливной техники в зависимости от природно-хозяйственных факторов даны в таблице 2.18.

2.8. РИСОВЫЕ ОРОСИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Рисовые системы размещают в районах с благоприятными климатическими условиями и достаточными водными ресурсами, с общими уклонами поверхности земли до 0,005, в основном на землях с неблагоприятными для возделывания других культур почвенно-мелиоративными условиями.

Рис возделывают в севообороте с другими (сопутствующими) культурами. Число полей (3...8), содержание риса (50...75 %) в рисовом севообороте, состав севооборотных культур и схему их чередования принимают по рекомендациям научно-исследовательских организаций для конкретных природно-экономических условий; площадь поля — 50...150 га.

Первичным элементом рисового севооборота является поливная (рисовая) карта, ограниченная по периметру картовыми оросителями и сбросами, валиками и дорогами. Длина карты 400...1200 м, ширина 140...360 м (кратно 20 м). Карту разбивают поперечными валиками на чеки площадью, как правило, не менее 3 га.

Для нормального развития риса необходимо увлажнение почвы в фазу прорастания и всходов, а также регулирование слоя воды в чеке в пределах 10...15 см в последующие фазы развития.

Поливной сезон риса разделяют на два периода — первоначального затопления и поддержания слоя воды.

При посеве риса с самолетов в воду первоначальное затопление рисовых карт проводят не более чем за 3—4 суток до начала сева, а в сухую почву — оно должно быть завершено не позже чем за трое суток после посева. Между картовыми оросителями вводится водооборот.

2.18. Условия применимости поливной техники в зависимости от природно-хозяйственных факторов

Поливная техника и водоподводящая сеть	Природно-хозяйственные факторы									
	климатические		почвенно-мелиоративные			геоморфологические			хозяйственные	
	дефицит водного баланса, тыс. $м^3$/га	скорость ветра, м/с	средняя скорость впитывания за первый час, см/ч	глубина залегания сильно фильтрующего подстилающего почву слоя, м	глубина залегания минерализованных грунтовых вод, м	максимальный уклон местности	требуемый объем планировочных работ, $м^3$/га	минимальный размер участка, м	высота надземной части растений, м	поливная норма, $м^3$/га
Поливная арматура с забором воды из каналов, лотков. Показатели определены по неразряжающимся сифонам диаметром 36 мм (в расчете принят комплект из 90 сифонов)	3...10	До 20	1...15	Более 1,5	Более 1	0,001... 0,01	До 200	100	До 4	800... 1200
Передвижные колесные трубопроводы при работе от открытой сети	3...10	До 20	1...10	Более 1,5	Более 1	0,002... 0,006	До 200	200	До 4	800... 1200
Передвижные гибкие трубопроводы с забором воды из закрытой сети (показатели определены по системе И. И. Величко)	3...10	До 20	1...10	Более 1,5	Более 1	0,002... 0,006	До 200	200	До 4	800...1200

Поливные шланговые машины с забором воды из каналов (показатели определены по ППА-165У)	3...10	До 20	1...5	Более 1,5	Более 1	0,001... 0,004	До 200	200	До 4	800...1200
Многоопорная поливная машина со шлейфами позиционного действия (показатели определены по машине «Волжанка» с приспособлением для полива по бороздам)	3...10	До 15	1...20	Более 0,5	Более 1	0...0,02	До 400	200	До 1,1	200...1200
Автоматизированное самоходное поливное шланговое устройство АШУ	3...10	До 20	1...15	Более 1	Более 1	0...0,03	До 200	200	До 4	800...1200
Стационарная система с закрытыми перфорированными поливными трубопроводами (показатели определены по системе конструкции Шарова — Шейнкина)	3...10	До 20	1...5	Более 1,5	Более 1	0,004... 0,03	До 200	200	До 4	800...1200
Стационарная система с надземной распределительной сетью (показатели определены при поливе из лотков)	5...10	До 20	1...5	Более 1,5	Более 1	0,001... 0,006	До 700	400	До 4	800...1200

При этом внутри карты продолжительность первоначального залива не должна быть более суток.

Гидромодуль [л/(с·га)] рисового чека определяют по расчетным периодам изменения слоя воды в чеке

$$q = m/(86{,}4\tau), \qquad (2.28)$$

где m — норма полива за расчетный период, м^3/га; τ — продолжительность расчетного периода, сут.

Сопутствующие рису пропашные культуры поливают по безуклонным бороздам или дождеванием из временных оросителей, нарезаемых на поливной период внутри чеков, а культуры сплошного сева — дождеванием, кратковременным форсированным затоплением или по полосам. При поливе затоплением во избежание вымокания растений чеки могут быть разбиты временными валиками на более мелкие, затапливаемые и осушаемые последовательно. В Приморском крае сопутствующие культуры не поливают.

Конструкция рисовой системы должна предусматривать возможность повторного использования дренажно-сбросных вод.

Картовые оросители и сбросы желательно устраивать двухстороннего командования, то есть в период первоначального затопления они должны обеспечивать затопление самого высокого чека слоем 10...15 см, а в период поддержания уровня воды в чеке — до 25 см. Минимальный перепад уровней воды в водовыпуске 15 см. Картовые оросители, как правило, устраивают с горизонтальными дамбами.

Уровень воды в картовом сбросе при кратковременном максимальном расходе должен быть не менее, чем на 0,5 м ниже поверхности самого низкого чека. Глубину картовых сбросов назначают, как правило, при закрытом систематическом дренаже 1...1,5 м, а при работе сбросов как дрен — 2...2,5 м.

Поверхности чеков планируют под горизонтальную плоскость и разделяют планировку: на строительную, выполняемую в процессе строительства или реконструкции рисовой системы; капитальную, выполняемую в процессе капитального ремонта при наибольшей разности отметок поверхности чеков более 20 см, и эксплуатационную, выполняемую хозяйствами один раз в 1...3 года в межвегетационный период.

Для возможности проведения капитальной планировки и ремонта сети в составе рисового севооборота предусматривают агромелиоративное поле, которое может быть использовано для выращивания быстро вегетирующих культур.

Строительную планировку поверхности рисовых полей нужно проводить с минимальным нарушением плодородного слоя. При маломощном плодородном слое почвы и при глубоких срезках необходимо применять специальные способы планировочных работ, обеспечивающие сохранение верхнего слоя почвы, или мероприятия по восстановлению нарушенного планировкой плодородия почвенного слоя.

При недопустимых срезках плодородного слоя почвы растительный слой с мест больших срезок и насыпей (а иногда со всего чека) предварительно снимают и после планировки возвращают обратно (кулисная и другие виды планировок).

При освоении под рисосеяние заторфованных земель с мощностью торфа до 0,5 м проводят минерализацию торфа для создания пахотного слоя, отвечающего агротехническим и агробиологическим требованиям.

При грунтах, подверженных длительным деформациям, планировку выполняют в два этапа: в период строительства и после одного-двух лет использования площадей под посевы риса.

Проектирование строительной планировки и картовых каналов выполняют на топографических планах обычно в масштабе 1:2000 сеткой квадратов 20×20 м, в вершинах которых выставлены отметки существующей поверхности.

Проектирование картовых каналов и строительной планировки поверхности рисовых карт можно выполнять на ЭВМ с использованием разработанных для этих целей программ.

После окончания строительной планировки отклонения точек спланированной поверхности от средней отметки чека после замочки не должно превышать ±5 см. Повышению качества планировки способствует применение лазерной техники (например, системы «Калина-1»).

Качество планировки чека определяют по формуле

$$\Delta = \sqrt{\frac{\sum (h_i - h_m)^2}{n-1}}, \qquad (2.29)$$

где h_i — отметка i-го квадрата, см; h_m — средняя отметка поверхности чека, см; n — число съемочных квадратов.

Δ не должно превышать 2,5 см, а максимальная разница отметок в чеке — не более 6 см (на 10 % площади — 10 см).

В каждом чеке предусматривают съезды с дороги шириной не менее 8 м и уклоном не более 20 %.

Чековые валики, как правило, постоянные непроходимого типа, конструкцию и размеры которых назначают в соответствии с таблицей 2.19.

Разница между отметками поверхности соседних чеков — террасность — должна быть не более 0,25...0,3 м, а максимальная разница отметок поверхности чеков в карте — не более 1 м.

Для улучшения условий создания и сброса слоя воды по периметру чека нарезают чековые канавки трапецеидального (ширина по дну 0,35 м, глубина 0,5 м) или треугольного (глубина 0,3 м) сечения с одиночным заложением откосов.

2.19. Нормативная ширина чековых валиков поверху в зависимости от их типа

Тип валика	Условия применения	Ширина поверху, м
I	Между смежными чеками при глубине чековой канавки менее 0,5 м	0,4
II	Между смежными чеками при глубине чековой канавки 0,5...0,8 м и при одностороннем к валику расположении оросителя-сброса карты-чека	1
III	Между смежными картами при двустороннем к валику расположении оросителя-сброса	3

Водным режимом на рисовом чеке управляют при помощи чековых водовыпусков, которые, как правило, размещают в противоположных углах его.

Чековые водовыпуски подразделяют на водовыпуски из оросителя в чек, из чека в сброс и из оросителя-сброса в чек. Чековые водовыпуски принимают по действующим типовым проектам или проектам повторного применения.

На рисовых системах должна быть обеспечена возможность автоматизации всех технологических процессов по поддержанию необходимых уровней воды в чеках и водораспределению с максимальным использованием гидравлической автоматизации.

При каскадном регулировании по нижнему бьефу должны быть обеспечены командные уровни воды, в том числе перепад на водовыпусках из оросителя в чек не менее 25 см.

Конструкция автоматизированных чековых водовыпусков должна обеспечивать точность регулирования уровней воды в чеках ± 2 см.

На рисовых системах при необходимости устраивают дренаж — закрытый и открытый горизонтальный, вертикальный, комбинированный, кротовый, а на орошаемых землях проводят кротование, глубокое рыхление, щелевание, гребневание.

Междучековый отсечный закрытый дренаж глубиной до 0,8 м устраивают на засоленных землях между чеками с перепадами уровней более 30 см, и предназначается он для перехвата минерализованных вод, недопущения повышенного засоления на полосе шириной 15...20 см, прилегающей к нижерасположенному чеку.

Систематический закрытый дренаж в пределах рисовой карты предназначен для обеспечения промывного режима в период вегетации риса и поддерживания уровня грунтовых вод в чеках, исходя из требований сопутствующих культур и проведения работ по пахоте и уборке урожая во вневегетационный период.

Проектируют рисовые системы в соответствии с ВСН 33-2.2 «Рисовые оросительные системы, нормы проектирования».

Современные типы компоновок рисовых карт: краснодарская, кубанская и карта-чек.

Карта краснодарского типа (рис. 2.21) представляет собой прямоугольный участок, по одной из длинных сторон которого (при одностороннем командовании) проложен картовый ороситель, а по другой — картовый сброс. Поперечными валиками карта разделена на чеки, оснащенные водовыпусками из картового оросителя в чек и водовыпусками из чека в картовый сброс. Последний предназначен для отвода поверхностных вод с карты, а на засоленных землях выполняет и функции дрены. Чеки, как правило, «сквозные» — поперек карты оросителя к сбросу. Площадь карты 10...30 га, длина до 120 м, ширина 150...250 м. Площадь чеков 1...4 га.

Основные недостатки карты краснодарского типа: трудоемкость и сложность распределения воды и поддержания оптимальных глубин затопления в чеках, поперечные валики снижают производительность работы машин и ухудшают качество работ, осушение карты происходит неравномерно, затруднен переезд из чека в чек автотранспорта и комбайнов.

Карта-чек — рисовая карта с широким фронтом залива и сброса.

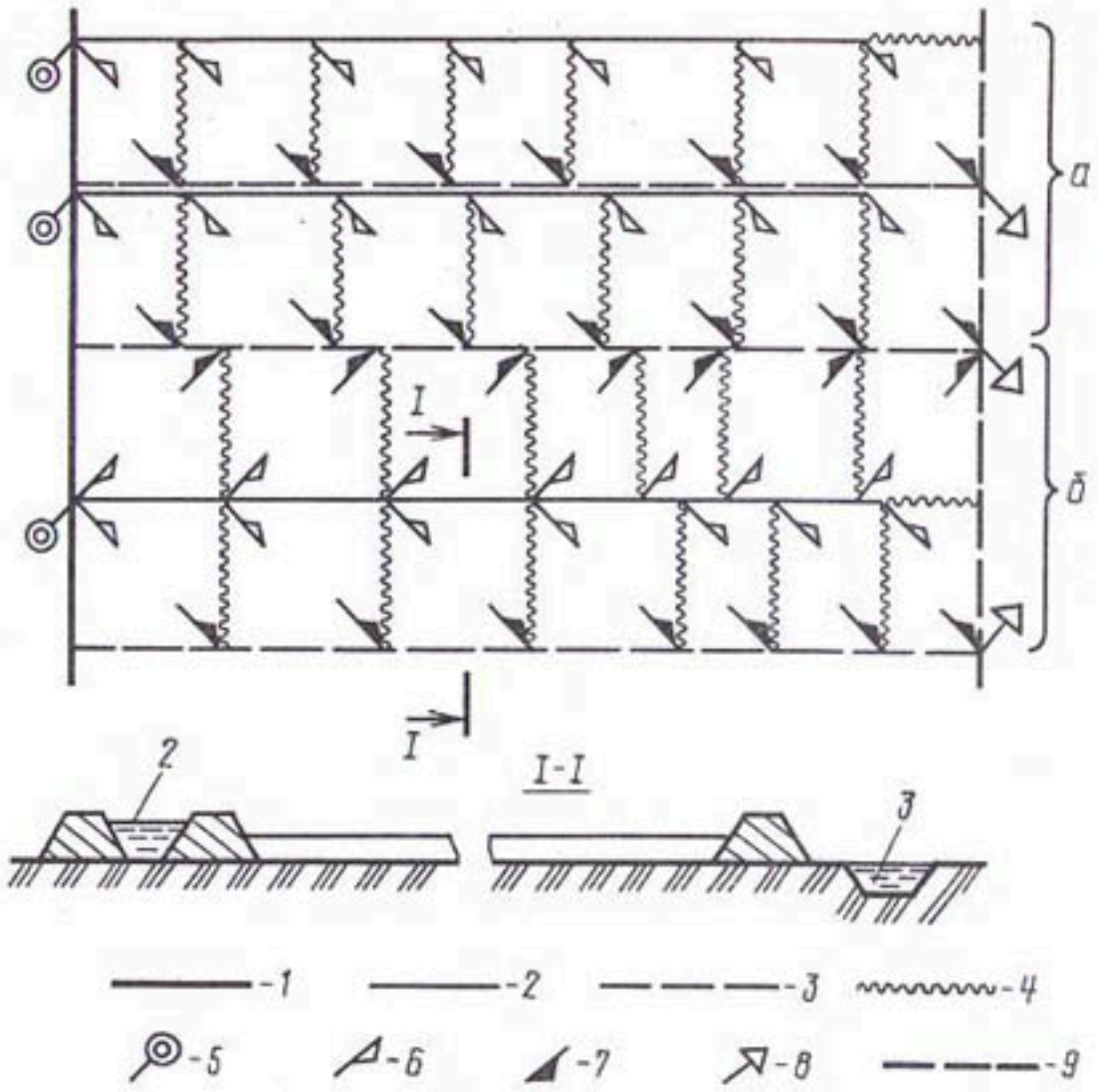


Рис. 2.21. Схема карты краснодарского типа:
1 — участковый распределитель; *2, 3* — картовые оросительный и сброс; *4* — валик; *5, 6* — водовыпуски из распределителя в оросительный и из оросителя в чек; *7, 8* — водовыпуски из чека в сброс и из сброса в коллектор; *9* — коллектор; *а, б* — одностороннее и двухстороннее командование

Вся карта представляет собой (рис. 2.22) большой чек, спланированный под одну отметку. Карты-чеки применяют при спокойном безуклонном рельефе. Площадь карт-чеков 8...12 га, длина 500...600 м, максимальная — 1000 м. Вдоль карты в выемке устраивают однобортный канал, являющийся оросителем-сбросом. Затопление карты-чека происходит быстро и спокойно из оросителя-сброса. Проще, чем в обычной карте, осуществляется сброс воды с чека, так как вода поступает по всему фронту длины карты в сброс-ороситель. Это создает благоприятные условия для своевременного и высококачественного выполнения сельскохозяйственных работ.

Оросители-сбросы могут быть одностороннего и двустороннего командования. При одностороннем командовании одну из бровок оросителя-сброса обваловывают. В начале и в конце оросителя-сброса устраивают сооружения для впуска и сброса воды.

Число водорегулирующих сооружений на картах чеках в два-три раза меньше, чем на обычных картах, что облегчает автоматизацию. Строительство оросителя-сброса проще, чем оросителя в насыпи.

Недостаток карты-чека: отсутствие дренированности в период вегетации риса, что сказывается как на его урожайности, так и на урожайности сопутствующих сельскохозяйственных культур.

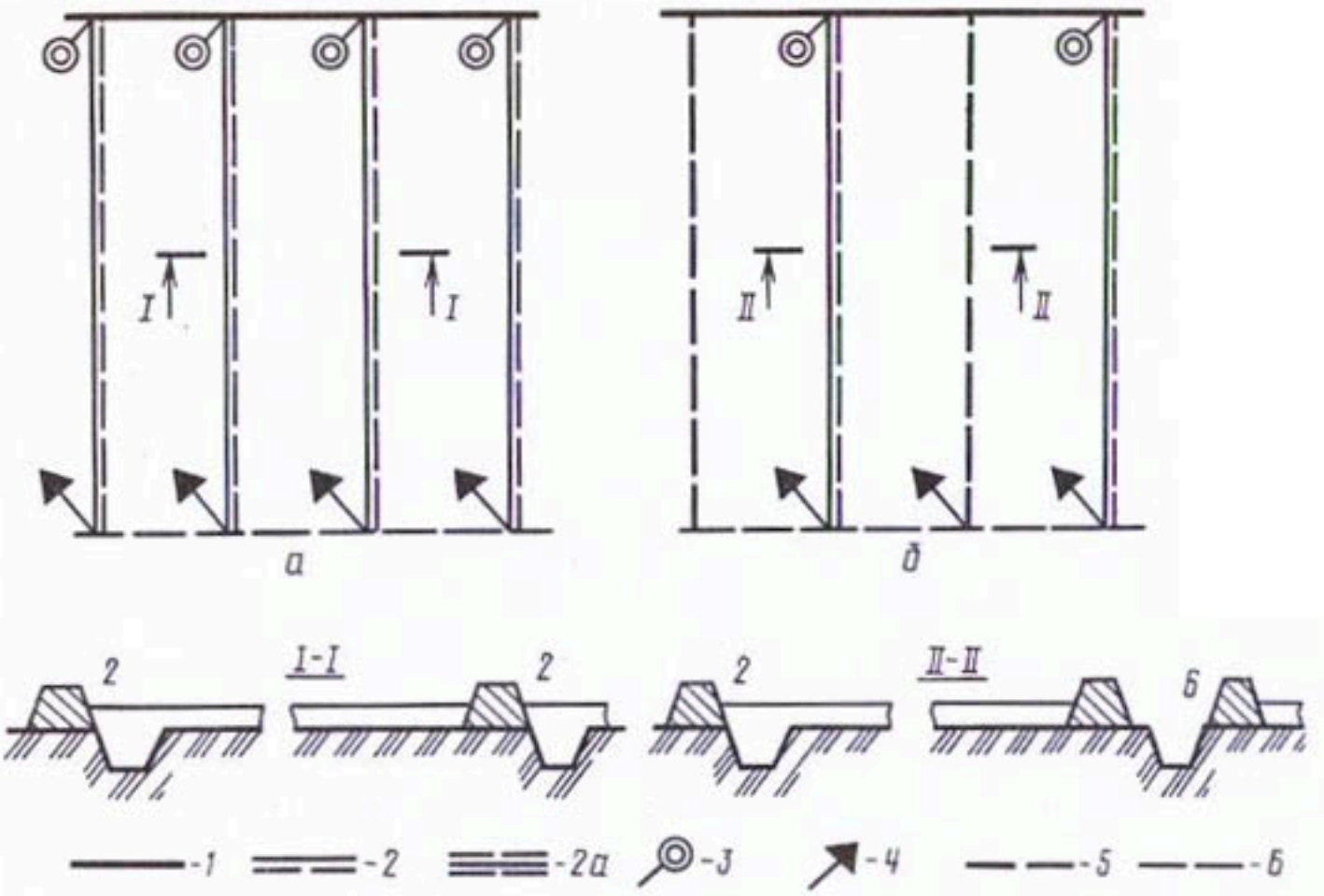


Рис. 2.22. Схема карты-чека:

а — без дренажа; *б* — с дренажом; *1* — участковый распределитель; *2* — ороситель-сброс; *2а* — ороситель-сброс двухстороннего командования; *3* — водовыпуск из распределителя в ороситель-сброс; *4* — водовыпуск из оросителя-сброса (дрены) в коллектор; *5* — коллектор; *6* — открытые дрены

При сбросе воды с карт-чеков и снижении уровня воды в картовом оросителе-сбросе ниже поверхности карты-чека иногда наблюдается смыв разжиженного поверхностного слоя почвы и происходит деформация поверхности карты-чека.

Большая площадь карты-чека требует глубоких срезок и высоких насыпей, что связано не только с большими объемами планировочных работ, но и усложняет их проведение.

Применительно к засоленным землям Астрахангипроводхозом разработаны карта-чек с оросителем-сбросом двустороннего действия и открытыми дренами (рис. 2.23).

На засоленных землях, кроме оросителей-сбросов устраивают открытые или закрытые картовые дрены. При междренном расстоянии 400 м сооружают спаренные оросители-сбросы, а при междренном расстоянии около 200 м — оросители-сбросы двустороннего командования (см. рис. 2.23). Сопутствующие культуры можно поливать напуском или дождеванием. На засоленных землях ширина карт-чеков определяется междренным расстоянием, а при применении дождевальных машин назначается кратной ширине захвата машин.

Карта кубанского типа — кубанская рисовая оросительная система — состоит из конструктивных модулей, каждый из которых обслуживает севооборотное поле, где проходит весь технологический цикл выращивания риса или сопутствующих ему в севообороте сельскохозяйственных культур.

Севооборотное поле состоит из трех ячеек, оконтуренных дренами, картовыми сбросами и коллекторами. Каждая ячейка имеет два поливных участка, представляющих собой элементарную площадку — «Клетку дренирования». Каждый из шести поливных участков поля севооборота содержит четыре чека (рис. 2.24).

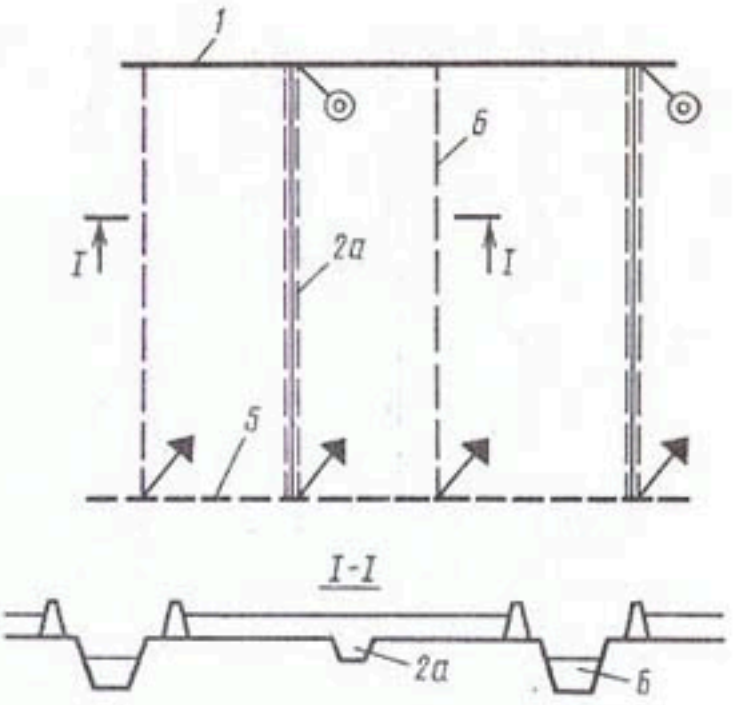


Рис. 2.23. Схема карты-чека с оросителем-сбросом двустороннего действия (условные обозначения см. рис. 2.22)

Участковый распределитель прокладывают по оси поля, как правило, перпендикулярно водоподводящему каналу старшего порядка. Участковые коллекторы располагают по двум сторонам поля параллельно распределителю, а по третьей стороне поля параллельно старшему водоподводящему каналу прокладывают коллектор старшего порядка. Посередине поливного участка до половины его длины устраивают ороситель в насыпи, из которого подают воду в чеки.

По границе поливных участков между участковым распределителем и дорогой прокладывают дренажные каналы, продолжением которых являются дренажно-сбросные, проходящие между дорогой и участковым коллектором.

Эксплуатационные дороги совмещают с дамбами водопроводящих каналов (кроме оросителей), а полевые дороги располагают по линии раздела чеков и вдоль распределителя и коллектора старшего порядка.

Каналы и дороги армируют сборными гидротехническими сооружениями. Чековые сооружения компонуют в узлы.

По периметру чеков устраивают чековые валики высотой 0,3...0,4 м.

При общем уклоне местности более 0,0015 поливные участки предусматривают с расположением длинной стороны перпендикулярно (или под углом) к уклону, а при меньших уклонах — параллельно.

В конструкции кубанской рисовой системы полностью стандартизированы элементы внутрихозяйственной сети в пределах поля севооборота. Площадь чеков — 6 га (200×300 м), картовые оросители и сбросы — двустороннего командования. Площадь поливного участка 24 га, модуль из 6 поливных участков общей площадью 144 га представляет собой поле севооборота. В эксплуатации упрощаются планирование, учет, водораспределение, а также организация и производство работ по ремонту сети и сооружений, планировке чеков.

В целях унификации планировочных схем внутрихозяйственной сети в качестве конструктивного модуля принято три типа севооборотов: квадратные 1200×1200 м (площадью 144 га), прямоугольные 1800×800 м и 1200×600 м (площадью соответственно 144 и 72 га).

Размеры чека кубанской рисовой системы приняты: 200×300 м и 120×300 м.

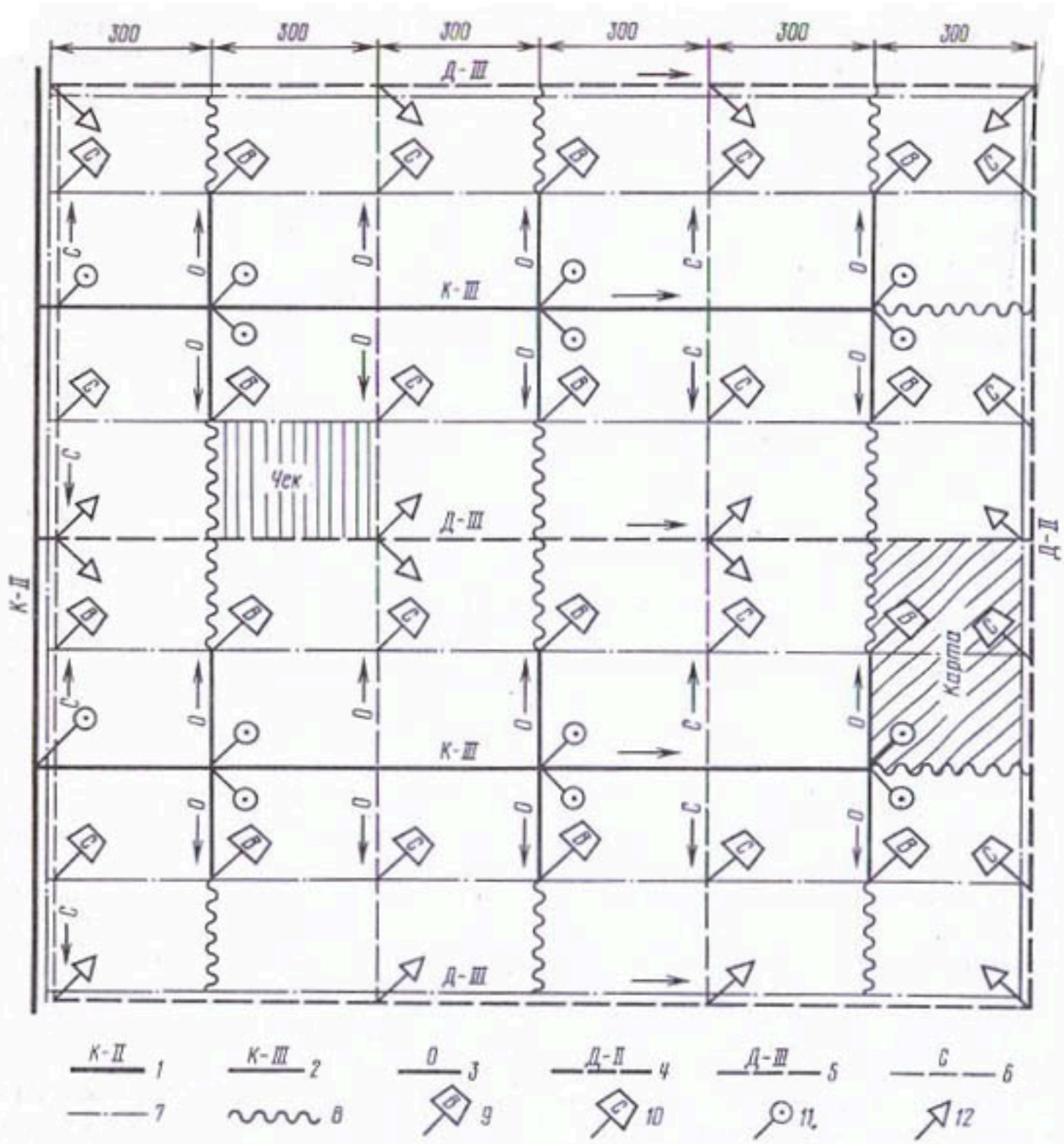


Рис. 2.24. Схема рисовой оросительной системы «Кубанская»:
1 — распределитель II порядка; *2* — распределитель III порядка; *3* — картовый ороситель; *4* — коллектор II порядка; *5* — коллектор III порядка; *6* — картовый сброс; *7* — дорога; *8* — межчековый валик; *9* — узел водовыпусков в чеки в конце картового оросителя; *10* — узел водовыпусков из чеков в картовые сбросы и коллекторы; *11* — водовыпуск в голове распределителя III порядка и картового оросителя; *12* — водовыпуск в конце коллектора и картового сброса

Число типоразмеров гидротехнических сооружений по сравнению с картами краснодарского типа сокращается с 47 до 9.

Чековые сооружения (ВОЧ — водовыпуск из оросителя в чек и ВЧС — водовыпуск из чека в сброс) пропускной способностью 100... 120 л/с привязывают согласно проекту «Гидротехнические сооружения из унифицированных железобетонных конструкций для повторного применения в проектах оросительных систем. Чековые сооружения на рисовых системах»; «Водовыпуски из оросителя в чек»; «Сбросные чековые сооружения ВУСТ-30»; «Водовыпуски в рисовые чеки из сброса в чек».

Карта дальневосточного типа получила распространение в специфических условиях Приморского края с муссонным климатом. В ней отсутствуют периферийные и продольные валики. Ороситель-сброс устраивают в низовой стороне, что обеспечивает отвод слоя воды с карт и с пахотного горизонта. Залив чеков осуществляется за счет переполнения оросителя-сброса и свободного перелива воды по всему фронту его примыкания к карте.

Картовый ороситель-сброс обеспечивает беспрепятственный сброс воды с любой точки. Грунт из выемки оросителя-сброса используют для насыпки картовых дорог. Дно картового оросителя-сброса на 0,6...1 м ниже средней плоскости чека, ширина по дну — 0,6 м, заложение откосов — 1:5. Поперечные валики высотой 0,35 м с заложением откосов 1:4 обеспечивают проходимость сельскохозяйственных машин и орудий и проведение внутрикартовой обработки почвы.

На картах с убывающим каскадом чеков разность отметок между их поверхностями должна быть 0,15...0,4 м.

Длина карт 600...1200 м, ширина 100...120 м, максимальная площадь 10...12 га, расход, подаваемый на карту, до 100...150 л/с.

В зависимости от рельефа местности устраивают карту-чек или карту с расходом отдельных чеков.

Принятые параметры карты обеспечивают первоначальное затопление ее в течение трех суток, их увязывают с современными требованиями, предъявляемыми к рисовым системам.

Конструкция сооружений на картовой сети обеспечивает возможность полуавтоматического поддержания заданного уровня воды.

Внедрение карт дальневосточного типа позволило сократить расходы воды на орошение риса до 10...20 %, упорядочить работу поливальщиков и довести среднегодовую нагрузку на одного работника до 60...70 га вместо 30...40 га при работе на старых картах, увеличить КЗИ на 2...3 %, сократить срок залива карт до 2...3 сут вместо 5...7 сут, ускорить сброс воды с карт в 2...2,5 раза.

Рисовые оросительные системы со скважинами вертикального дренажа имеют вместо открытых картовых дрен в середине поля севооборота скважину вертикального дренажа (рис. 2.25).

Система включает сеть водоподводящих каналов, внутрихозяйственный распределитель, распределитель последнего порядка, картовый ороситель и гидротехнические сооружения для регулирования расходов и уровня воды. Для отвода воды от скважины вертикального дренажа устраивают концевой сброс в коллектор. Вдоль распределителей, коллекторов и рисовых карт с противоположной стороны картового оросителя прокладывают насыпные дороги.

Глубина скважины 50 м. Скважину оборудуют электрическими погружными насосами типа ЭЦВН.

Вертикальный дренаж, выполняя роль первичных дрен, создает необходимую дренированность в покровных отложениях, обеспечивает устойчивое рассоление почвогрунтов и грунтовых вод, понижая их уровень на необходимую глубину. Система не требует создания поверхностных сбросов и проточности воды на рисовых чеках. Обновление воды на рисовых чеках, их опорожнение, осуществляются за счет впитывания слоя воды в почвогрунт при работающих скважинах.

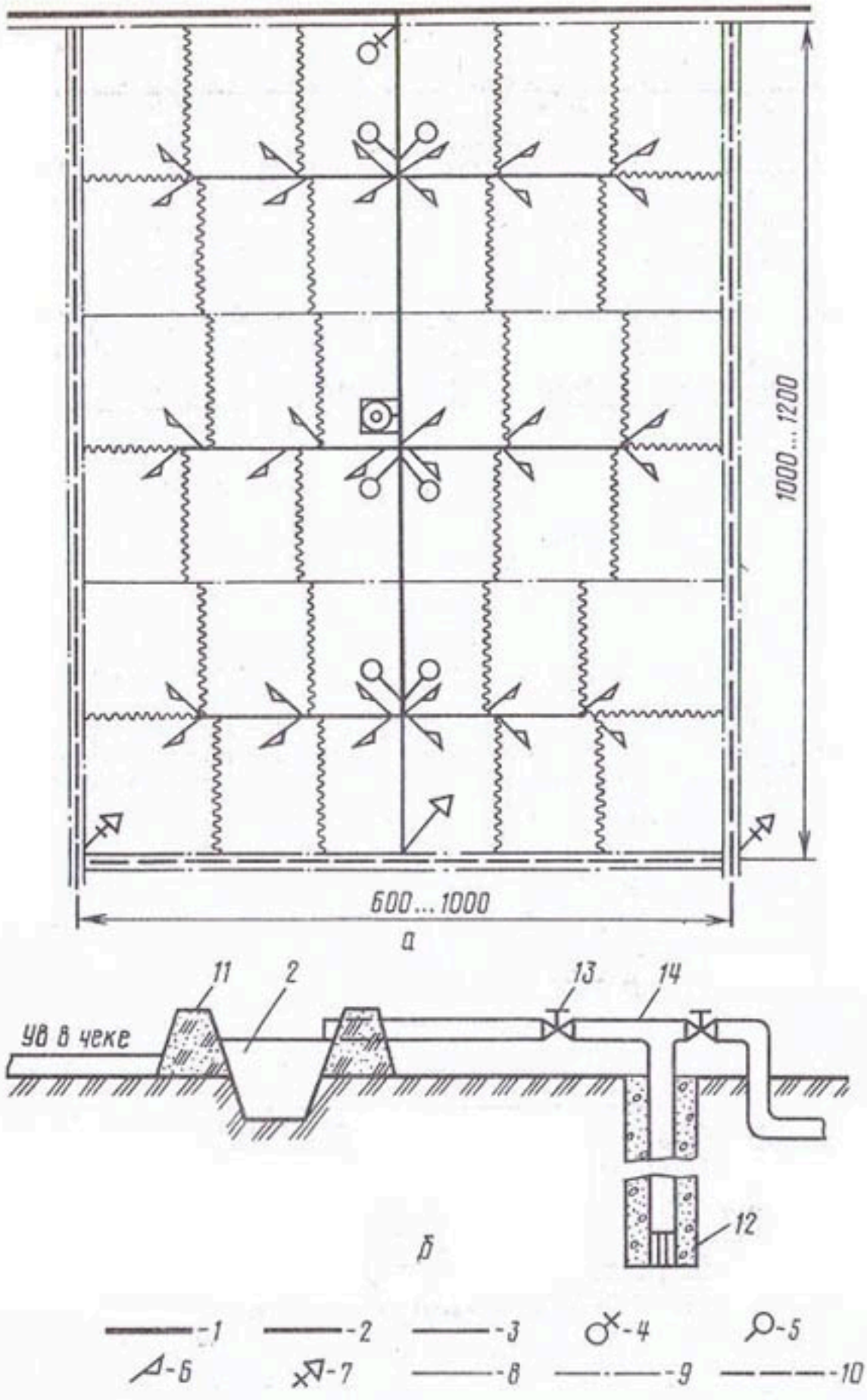


Рис. 2.25. Схема рисовой системы с вертикальным дренажом:
а — поле севооборота; *б* — отвод воды от скважин вертикального дренажа; *1* — внутрихозяйственный распределитель; *2* — распределитель последнего порядка; *3* — картовый оросительь; *4...7* — гидротехнические сооружения для регулирования расходов и уровня воды; *8* — концевой сброс в оросительь; *9* — коллектор; *10* — дорога; *11* — чековые валики; *12* — валики вертикального дренажа; *13* — задвижка; *14* — трубопровод (размеры в м)

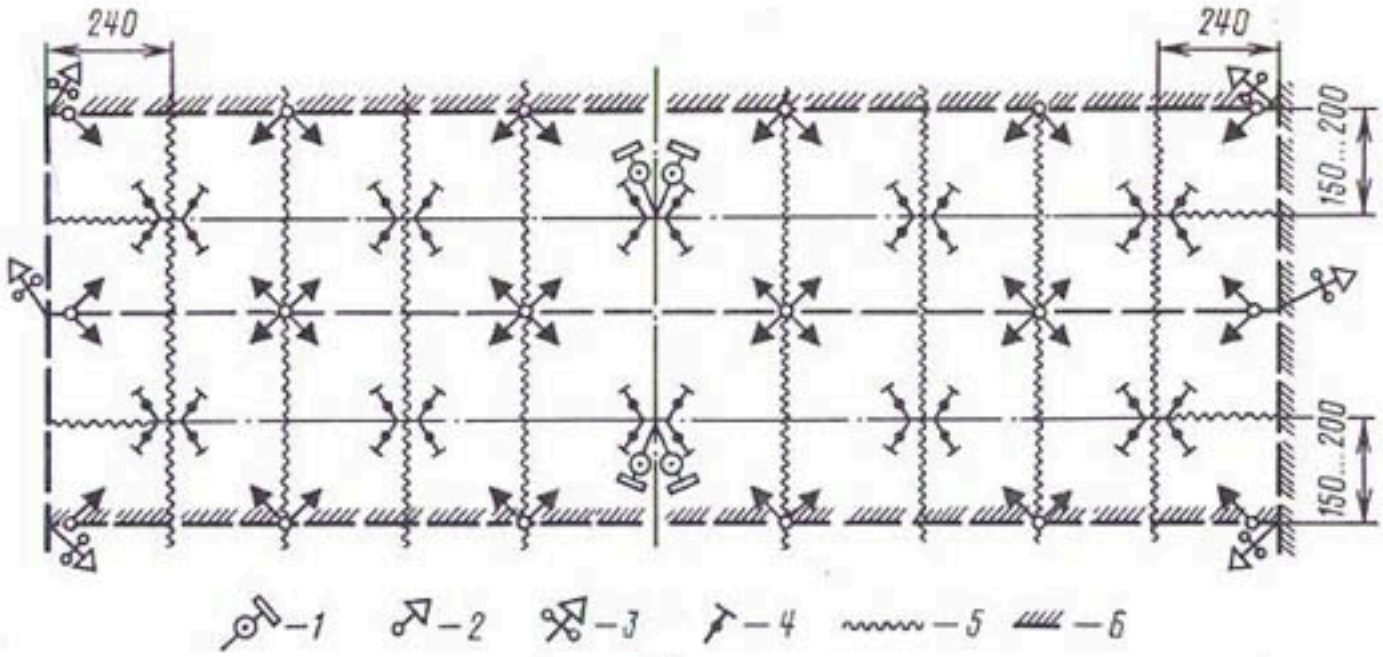


Рис. 2.26. Схема закрытой рисовой системы:

а — схема рисового поля с закрытой картовой оросительной и дренажно-сбросной сетями; *1* — водовыпуск из напорного в картовый трубопровод; *2* — водовыпуск из чека в сброс; *3* — водовыпуск из картовой дрены-сброса в коллектор; *4* — водовыпуск из картового трубопровода в чек; *5* — чековый валик; *6* — граница поля; *б* — водовыпуск из чека в закрытую дрену-сброс; *1* — входной оголовок; *2* — крышка, d=1240 мм; *3* — приемный железобетонный колодец d=1 м; *4* — картовая дрена-сброс из асбестоцементных труб; *в* — водовыпуск в чек из закрытого картового оросителя; *1* — автоматический регулятор уровня; *2* — закрытый картовый ороситель из асбестоцементных труб (размеры в м)

Использование дренажных вод на орошение сокращает забор воды на систему до 20 %. Дренажный модуль вертикального дренажа увеличивается в 1,5 раза по сравнению с открытыми дренами. Отсутствие открытых первичных дрен повышает КЗИ. Система рекомендуется при реконструкции действующих рисовых систем.

Закрытые рисовые системы с оросительной и дренажной сетью стали применять в связи со строительством рисовых систем на массивах с плывунными грунтами и торфяниками, а также с дефицитом водных ресурсов и широким применением машинного водоподъема. Кроме общеизвестных преимуществ закрытой сети, упрощается автоматизация водоподачи.

Укрюжгипроводхозом (С. Г. Нусимович) разработана и осуществлена конструкция закрытой рисовой системы (рис. 2.26) для условий дельты Дуная. Вода подается насосной станцией по напорному трубопроводу на севооборотный участок площадью 500...800 га, затем поступает непосредственно в картовые оросители из асбестоцементных труб (диаметр 300...500 мм), а из них через гидравлические автоматы в чеки.

Сброс представляет собой открытый канал глубиной 0,7...1 м. Под картовой дорогой, идущей вдоль сброса, на глубине 2...2,5 м закладывают трубчатую дрену диаметром 200...250 мм. Картовые трубчатые оросители двустороннего действия располагают на расстоянии 300...400 м друг от друга. Такое же расстояние между сбросами и дренами.

Длина карты 1 км, длину чека принимают кратной ширине захвата дождевальной машины ДДА-100МА, применяемой для полива сопутствующих культур. Продольными валиками чеков служат дороги над картовым трубчатым оросителем и над закрытой дреной вдоль сброса. Ширина дороги — 3 м, КЗИ и КПД такой системы повышаются до 0,95.

Широкое внедрение конструкции закрытой рисовой сети сдерживается из-за дефицита труб.

Автоматизация орошения риса, то есть автоматизация процессов водораспределения и управления водным, частично тепловым и солевым режимами рисовых полей, весьма перспективна. Регулирование температуры и минерализации воды в рисовых чеках возможно за счет периодического полного сброса воды с чека, некоторого повышения высоты затопления и проточности воды в чеке.

Наиболее просто может быть решено поддержание постоянного уровня воды в чеках при помощи гидроавтоматов «по нижнему бьефу», устанавливаемых или совмещаемых с водовыпусками из картового оросителя в чек.

Разработан и испытывается ряд конструкций регуляторов уровня воды для рисовых чеков РУР200/300, РУТ, РЧП200/300, РУР-СУ, гидропневморегулятор уровня воды и др.

3. ДОЖДЕВАНИЕ

3.1. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНИКИ ПОЛИВА И ТЕХНОЛОГИИ ФОРМИРОВАНИЯ ДОЖДЕВОГО ОБЛАКА

При дождевании вода подается на поля в виде искусственного дождя, переходя из состояния водяного тока в состояние воздушной и почвенной влажности без образования на поверхности луж и стока.

Искусственный дождь, создаваемый машинами и установками, характеризуется интенсивностью, размером и спектром капель, слоем осадков за один цикл полива, равномерностью распределения осадков по орошаемому полю.

Интенсивность дождя ρ_t (мм/мин) в точке на поверхности почвы представляет собой приращение слоя осадков dh (мм) за отрезок времени dt_0 (мин)

$$\rho_t = dh/dt_0. \qquad (3.1)$$

Интенсивность в различных точках контура увлажнения неодинакова, поэтому для характеристики дождевого облака используют действительную интенсивность ρ_{act} (мм/мин), с которой дождь воздействует на почву и растения.

При поливе движущимися (вращающимися) машинами и аппаратами дождь выпадает в каждой точке орошаемой площади периодически: в этом случае для его характеристики используют среднюю интенсивность дождя ρ_m (мм/мин).

Средняя интенсивность дождя не зависит от скорости движения (вращения машины) аппарата.

Для дождевальных машин, работающих в движении, важным параметром, характеризующим технологию дождевания, является слой осадков за один проход или оборот машины (табл. 3.1).

3.1. Расчетные зависимости для определения характеристик дождя различных типов машин и аппаратов

Дождевальная машина (аппарат)	Действительная интенсивность дождя ρ_{act}, мм/мин	Средняя интенсивность дождя ρ_m, мм/мин	Слой осадков за один проход или оборот машины h, мм
Дождевальные машины, работающие в движении с фронтальным перемещением	$\frac{60Q_M}{bl}$	$\frac{60Q_M}{b}$	$\frac{60Q_M}{V_m b}$
Дождевальные машины, работающие в движении с перемещением по кругу, струйные дождевальные аппараты	$\frac{60Q_M}{\pi R^2}$	$\frac{60Q_M}{\pi R^2}$	$\frac{60Q_M}{\pi R^2 n}$
Дождевальные многоопорные машины позиционного действия	$\frac{60Q_M(q_{noz})}{a}$	$\frac{60Q_M}{bl}$	—

Примечание. Q_M — расход машины, л/с; b — ширина площади захвата машины дождем, м; l — длина площади захвата машины дождем, м; L — длина бьефа, м; V_m — средняя скорость движения машины (с учетом кратковременных остановок), м/мин; R — радиус действия машины (аппарата), м; n — частота вращения аппарата (машины); q_{noz} — расход одного аппарата, л/с.

Величина слоя осадков зависит от скорости перемещения облака дождя, влияет на процесс впитывания воды в почву и определяет поливную норму, мм

$$m = 10hn, \tag{3.2}$$

где h — слой осадков за один проход (цикл полива), мм; n — число проходов (циклов).

Оптимальной продолжительностью дождевания считают период до лужеобразования или стока воды на поле. Практически до этого момента скорость впитывания воды в почву больше или равна действительной (для машин, работающих в движении) или средней интенсивности дождя.

Интенсивность дождя, обеспечивающую в данных условиях выдачу требуемой нормы полива без стока воды, называют допустимой. Для различных технологий дождевания ее определяют экспериментально (табл. 3.2). Она зависит от водопроницаемости почв, уклона поля, растительного покрова, состояния верхнего слоя почвы и от других факторов (табл. 3.3).

3.2. Допустимая средняя интенсивность дождя при поливных нормах 300...500 м³/га, мм/мин

Почвы	Позиционное дождевание	Дождевание в движении машинами и аппаратами
Черноземы легкосуглинистые	0,8...1	0,3...0,35
Черноземы средние и тяжелосуглинистые	0,5...0,8	0,22...0,27
Каштановые и дерново-подзолистые суглинистые почвы	0,4...0,6	0,12...0,2
Сероземы светлые среднесуглинистые	0,3...0,5	0,07...0,15

3.3. Допустимая интенсивность дождя в зависимости от вида почвы, уклона и наличия культур, мм/мин

Почвы	Уклон							
	i_a=0...0,05		i_a=0,05...0,08		i_a=0,08...0,12		i_a>0,12	
	с культурой	без культуры	с культурой	без культуры	с культурой	без культуры	с культурой	без культуры
Песчаные	0,85	0,85	0,85	0,64	0,64	0,44	0,42	0,21
То же, подстилаемые более плотной подпочвой	0,74	0,64	0,53	0,42	0,42	0,32	0,32	0,17
Легкие супесчаные	0,74	0,42	0,53	0,34	0,42	0,25	0,32	0,17
То же, подстилаемые более плотной подпочвой	0,53	0,32	0,42	0,21	0,32	0,17	0,21	0,13
Среднесуглинистые	0,42	0,21	0,34	0,17	0,25	0,13	0,17	0,09
То же, подстилаемые более плотной подпочвой	0,25	0,13	0,21	0,11	0,17	0,07	0,13	0,04
Тяжелые суглинки и глины	0,09	0,07	0,07	0,04	0,05	0,034	0,04	0,025

Допустимую бесстоковую норму полива (мм) без образования стока можно вычислить по эмпирической зависимости

$$m_{adm} = P/\sqrt{\rho_m} e^{0.5 d_d}, \qquad (3.3)$$

где P — показатель свободного (безнапорного) впитывания воды в почву, мм; ρ_m — средняя интенсивность дождя для машин позиционного действия и действительная интенсивность для машин, работающих в движении, мм/мин (табл. 3.4); e — основание натурального логарифма; d_d — средний диаметр капель дождя, мм.

3.4. Характеристика качества дождя дождевальных машин и установок

Показатель	КИ-50 «Радуга»	ДДА-100МА	ДДН-70	ДДН-100	ДКШ-64 «Волжанка»	ДКГ-80 «Ока»	ДМ «Фрегат»	ДФ-120 «Днепр»	ДКН-80	ЭДМФ «Кубань-Л»
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,23	0,22*	0,4	0,32	0,27	0,16... 0,21	0,28	0,28	0,31... 0,33	0,002**
Средний диаметр капель дождя, мм	1	1,6... 1,7	1,9... 2,9	1,4... 2,5	1,5	1,1	0,8... 1,4	1,2	1,5	0,9

* Длина бьефа 300 м.
** Длина бьефа 1000 м.

Показатель впитывания численно равен достоковой норме при поливе дождем с интенсивностью 1 мм/мин. Ниже приведены ориентировочные значения показателя P (мм) для различных видов почв:

для глинистых и тяжелосуглинистых	20...30
для среднесуглинистых	30...60
для легкосуглинистых и супесчаных	60...90
для песчаных	>90

В зависимости от допустимой поливной нормы определяют число проходов и требуемую скорость движения машины.

Продолжительность (мин) непрерывного дождевания до образования луж можно определить по эмпирической зависимости

$$\tau_{pud} = A/\rho_m \gamma_p, \qquad (3.4)$$

где A и γ_p — параметры, характеризующие водопроницаемость почв и определяемые опытным путем при непрерывном дождевании; ρ_m — средняя интенсивность дождя, мм/мин.

Для слабоводопроницаемых почв параметр A не превышает 5...6, а на легких почвах достигает 20...30. Величина параметра γ_p колеблется от 1,3 до 1,7.

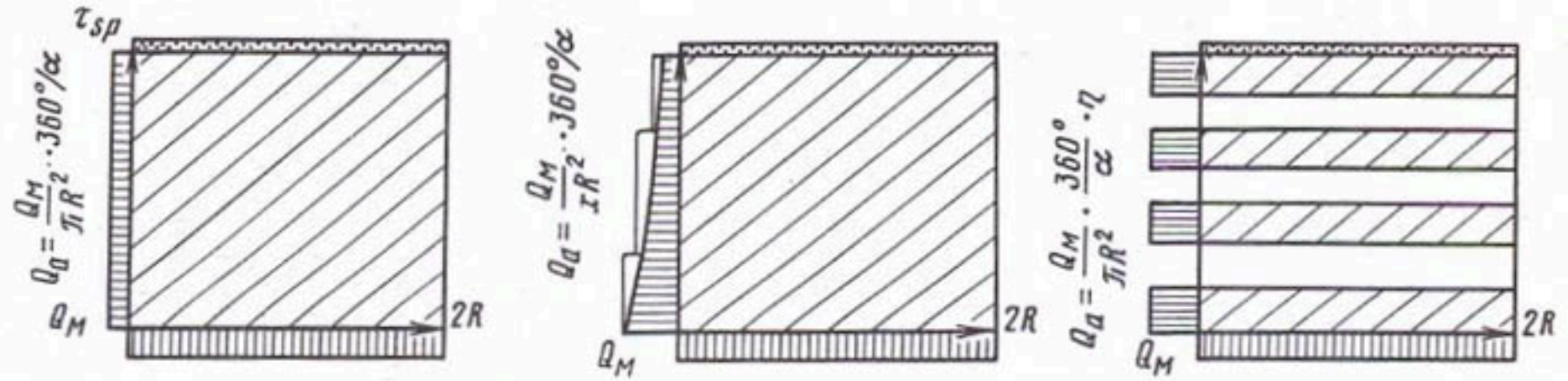
Для пойменных и террасных почв, например, Московской области $\gamma_p = 1{,}5$.

Для оценки качества дождевания важное значение имеют диаметры образуемых капель. Для орошения сельскохозяйственных культур наи-

3.5. Технологии распределения воды во времени и пространстве при дождевании

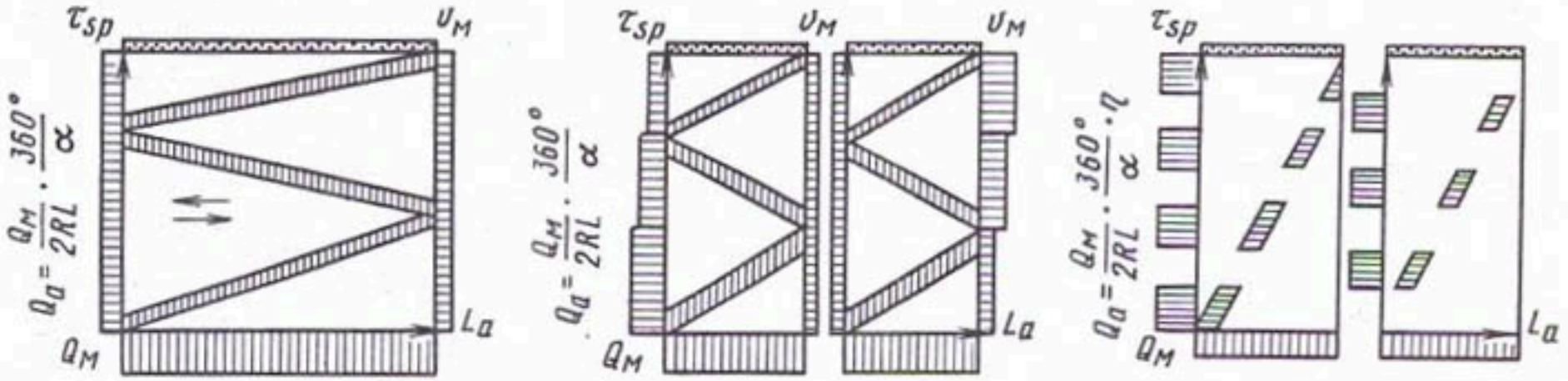
Технология дождевания	Расход водораспределяющего устройства		
	постоянный	переменный	цикличный

Позиционное дождевание насадками (щелевыми, дефлекторными) с истинной интенсивностью



$$h_a = Q_a \tau_{sp} \beta_E;\ h_{sp} = Q_a \tau_{sp} (1 - \beta_E)$$

С фронтальным однократным или многократным перемещением дождевого облака (ДМ «Кубань», ДДА-100М)

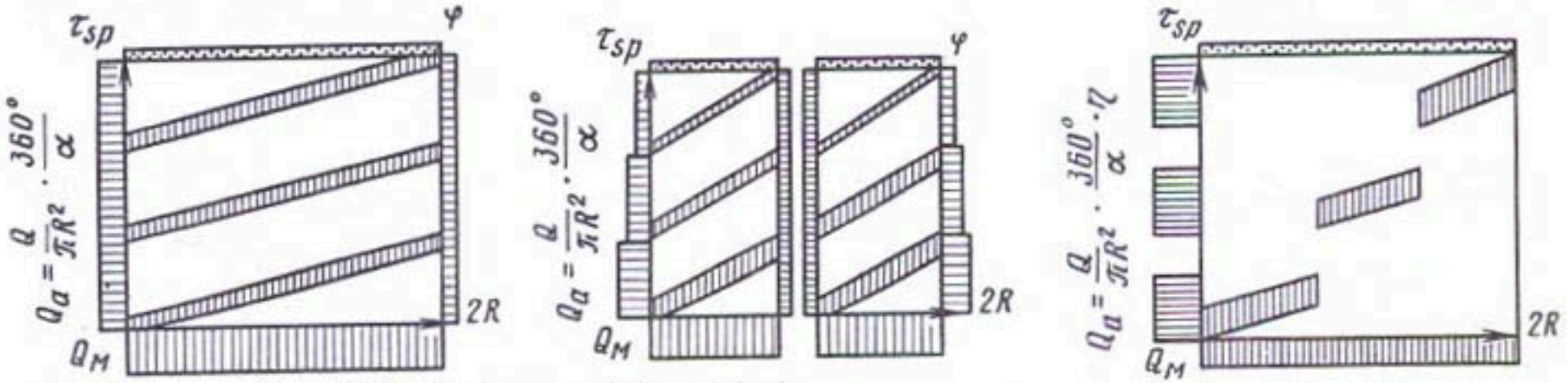


$$h_a = Q_a \cdot \frac{L_a n}{V_M} \beta_E;\ h_{sp} = Q_a \frac{L_a n}{V_M} (1 - \beta_E)$$

Q_a — интенсивность водоподачи, м³/с; Q_M — расход водораспределяющего устройства, м³/с; τ_{sp} — продолжительность полива, с; h_a, h_{sp} — слой дождя, увлажняющий почву и воздух, м; β_E — испарение в процессе дождевания, в долях водоподачи; R — радиус действия дождевального аппарата (насадки), машины кругового действия, м; L_a — длина участка в направлении движения водораспределяющего

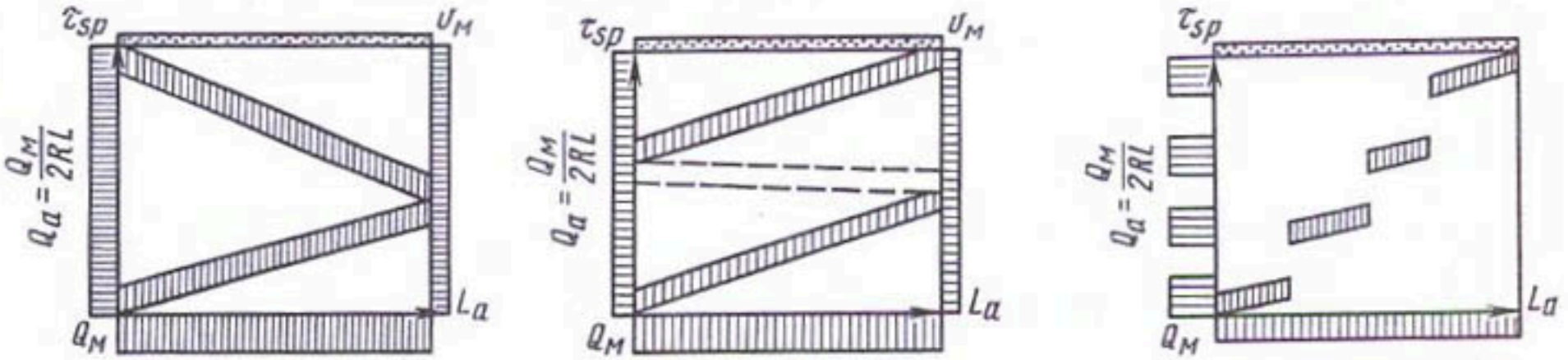
устройства, м; $V_{M\varphi}$ — линейная и угловая скорости перемещения водораспределяющего устройства, м/с; η — безразмерный коэффициент, учитывающий цикличность работы водораспределяющего устройства; α — угол сектора дождевания насадки (аппарата), °; n — число проходов и оборотов водораспределяющего устройства.

С угловым перемещением непрерывного или прерывисто формируемого дождевого облака (струйный аппарат)



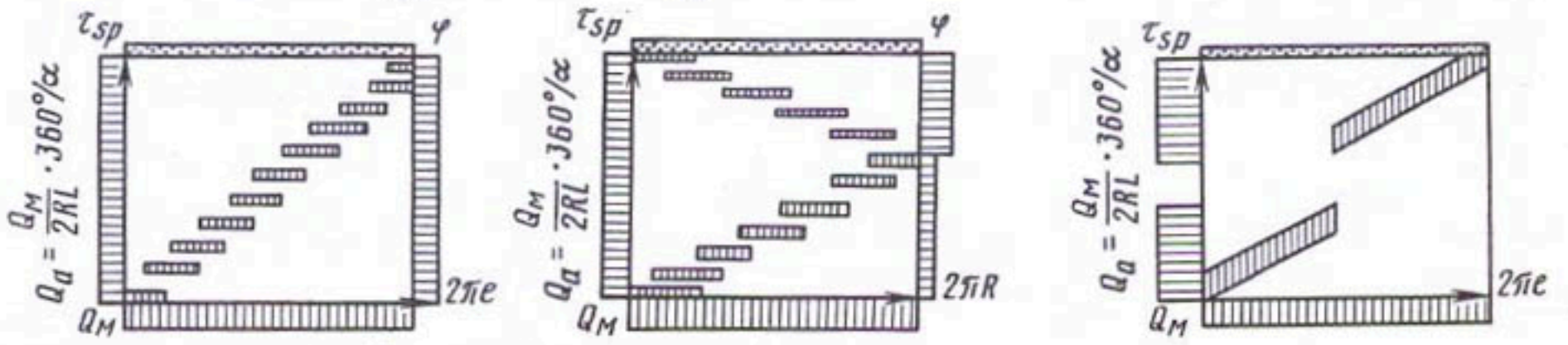
$$h_a = Q_a \beta_E n/\varphi\,;\; h_{sp} = Q_a(1-\beta_E)n/\varphi$$

С фронтально-угловым перемещением дождевого облака (фронтально-перемещаемый струйный дождевальный аппарат)



$$h_a = Q_a \frac{n}{V_M}\beta_E\,;\; h_{sp} = Q_a \frac{n}{V_M}(1-\beta_E)$$

С двойным угловым перемещением непрерывно формируемого дождевого облака (ДМ «Фрегат»)



$$h_a = Q_a \frac{n^2}{\varphi}\beta_E\,;\; h_{sp} = Q_a \frac{n}{V_M}(1-\beta_E)$$

более благоприятен дождь, состоящий из капель диаметром 0,4...0,9 мм. Капли дождя крупнее 0,9 мм в определенных условиях повреждают растения и нарушают структуру почв. Дезагрегация почвы приводит к резкому снижению скорости впитывания. Высокая водопроницаемость почвы при одной и той же интенсивности сохраняется значительно дольше при мелкокапельной структуре дождя.

Одна из основных качественных характеристик искусственного дождя — степень равномерности распределения его на орошаемой площади. Агротехническими требованиями к дождевальным машинам и установкам предусмотрен коэффициент эффективного полива не менее 0,7, то есть более 70 % площади должно быть полито с интенсивностью в допустимых пределах: не менее 0,75 и не более 1,25 ρ_m.

Технологии формирования дождевого облака. Характеризуются они структурой и факелом дождя аппарата или насадки, а также их расположением на водораспределяющем устройстве и параметрами перемещения по орошаемой площади.

Технологии распределения искусственного дождя во времени и пространстве, оказывающие существенное влияние на качество полива и его воздействие на почву и растения, приведены в таблице 3.5.

3.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА И ТЕХНОЛОГИИ ПОЛИВА

3.2.1. РАБОЧИЕ ОРГАНЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ДОЖДЯ. ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ НАСАДКИ И АППАРАТЫ

Для создания искусственного дождя применяют дефлекторные (отражательные) и струйные насадки и аппараты.

В дефлекторных насадках компактная струя воды, вытекая из отверстия с определенной скоростью, ударяясь о дефлектор или обтекая его, образует тонкую водяную пленку, которая в воздухе распадается на отдельные капли, а в струйных, вытекая из сопла с большой скоростью в атмосферу и встречая сопротивление воздуха, постепенно распадается на капли.

Типы дождевальных насадок, область их применения и расчетные формулы приведены в таблице 3.6. Общие виды насадок и их напорно-расходные характеристики показаны на рисунке 3.1, а некоторые их параметры — в таблице 3.7.

Струйные дождевальные аппараты условно подразделяют на средне- и дальнеструйные. К среднеструйным относят аппараты, которые имеют дальность полета струи от 15 до 35 м, а к дальнеструйным — аппараты с дальностью полета струи от 35 до 100 м и более.

Ниже приведены некоторые эмпирические формулы для определения дальности (м) полета неподвижной струи:

формула Ф. И. Пикалова (действительна при $\theta_0 = 32°$ и $H_a/d_j > > 1000$)

$$R = 0{,}42H_a + 1000d_j, \tag{3.5}$$

где H_a — напор на входе в сопло, м; d_j — диаметр струи при выходе из сопла, м;

формула Марквардте

$$R = \frac{2H_a \sin 2\theta_0}{1 + 4\lambda H_a/d_j \sin \theta_0}, \qquad (3.6)$$

где $\lambda = 1 - e^{-H_a/1,6d_j}$; e — основание натуральных логарифмов;

формула Б. М. Лебедева (действительна при $800 < H_a/d_j < 4000$)

$$R = \frac{H_a}{0,4 + 0,00025H_a/d_j}. \qquad (3.7)$$

При наличии в стволе выпрямителя вместо 0,4 берут 0,5.

При частоте вращения ствола аппарата 0,1...1 мин$^{-1}$ дальность полета дождевальной струи уменьшается соответственно на 5...15 %. При безветренной погоде форма площади захвата дождем представляет собой круг с радиусом R, а при ветре — эллипс, у которого большая ось совпадает с направлением ветра и равна примерно $2R$, а малая уменьшается по мере увеличения скорости ветра. Интенсивное сужение эллипса происходит при скорости ветра до 3...3,5 м/с.

Степень сжатия эллипса при скорости ветра до 8 м/с можно вычислить по формуле Ф. С. Салахова и С. Х. Гусейн-заде

$$P = 0,34e^{-0,35v_w} + 0,66, \qquad (3.8)$$

где P — отношение ширины эллипса к его длине; e — основание натуральных логарифмов; v_w — скорость ветра, м/с.

Отечественные среднеструйные и дальнеструйные дождевальные аппараты по типу привода вращения ствола разделяют на коромысловые и с активной гидравлической турбинкой.

Среднеструйные дождевальные аппараты могут иметь до трех рабочих сопл. Коромысло дождевального аппарата в горизонтальной или вертикальной плоскостях отклоняется за счет энергии потока воды, а обратно возвращается пружиной. При обратном движении коромысла под действием пружины происходит удар о ствол аппарата и корпус его поворачивается на угол 2...3°.

При вращении ствола аппарата осуществляется прерывистое дождевание, при котором суммарный слой осадков образуется из отдельных слоев, выдаваемых через определенные промежутки времени, благодаря чему вода успевает впитываться и полив происходит без стока.

Общий вид дождевальных аппаратов «Роса» и их расходно-напорные характеристики показаны на рис. 3.2. Среднеструйными дождевальными аппаратами «Роса» укомплектовываются установки КИ-50 и КИ-25, машины «Днепр» и «Ока».

Основные технические характеристики серийно выпускаемых среднеструйных дождевальных аппаратов приведены в таблицах 3.8 и 3.9.

Общий вид и расходно-напорные характеристики дождевальных аппаратов ДКШ-64 00.060 и ДКН-80.05 показаны на рисунке 3.3, а дождевальных аппаратов машины «Фрегат» — на рисунке 3.4.

Дальнеструйные дождевальные аппараты различают по типу механизма привода вращения ствола (коромысловые, с активной гидравлической турбинкой, реактивные, вакуумные и др.). Применяют их на

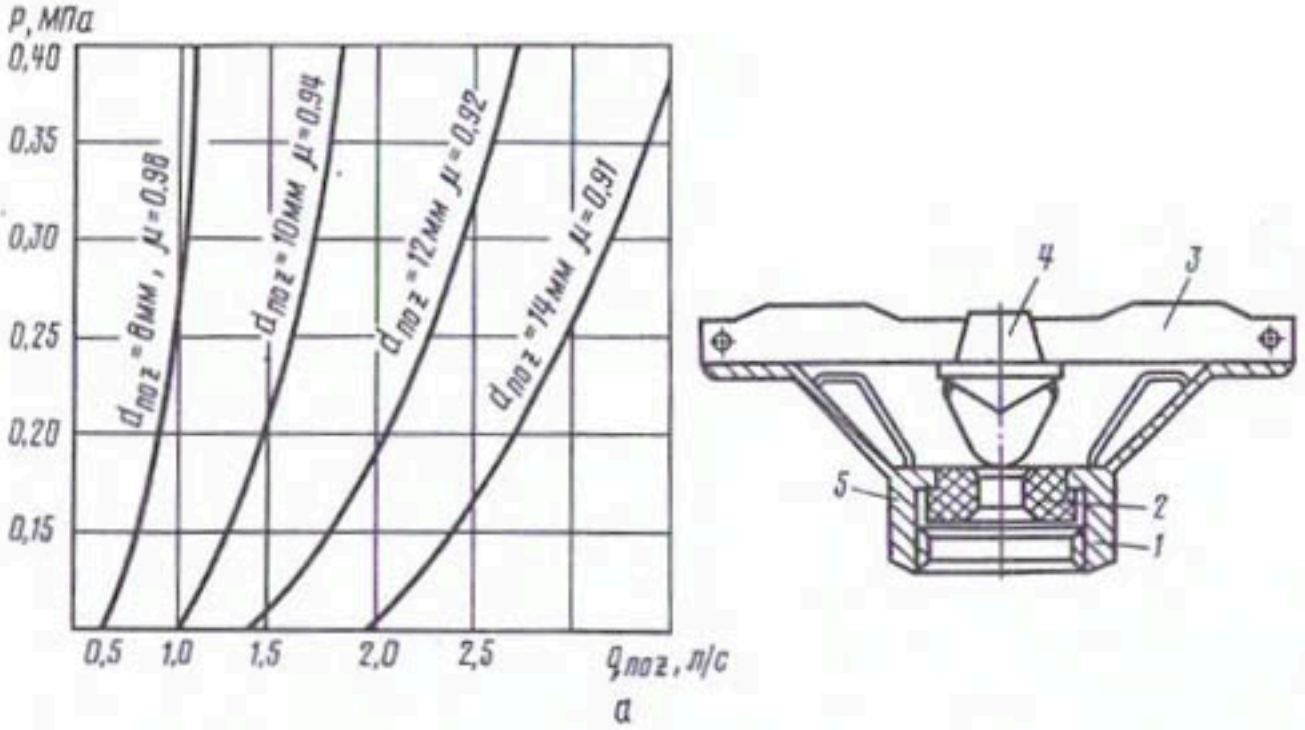
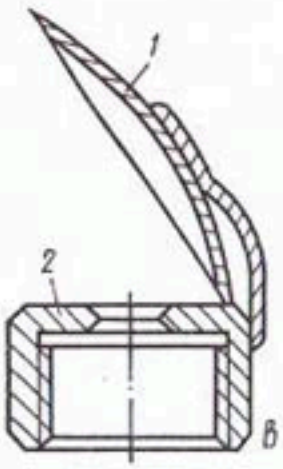
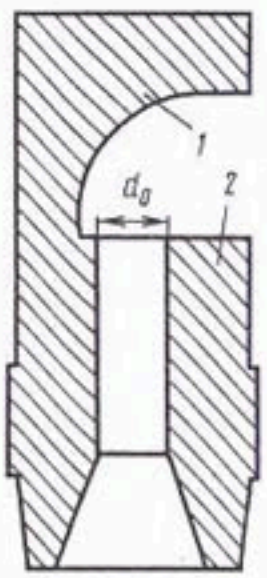
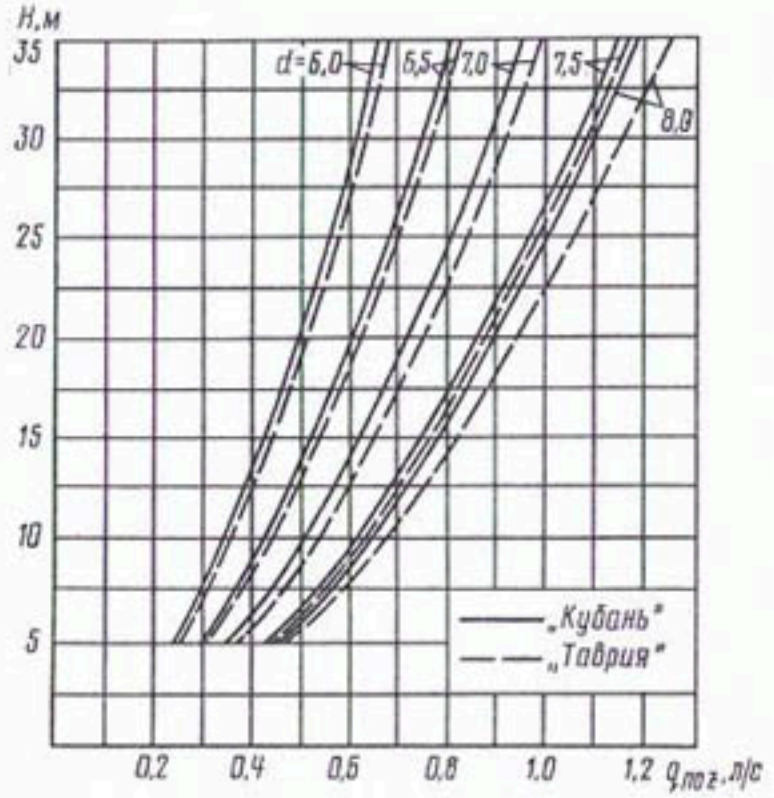
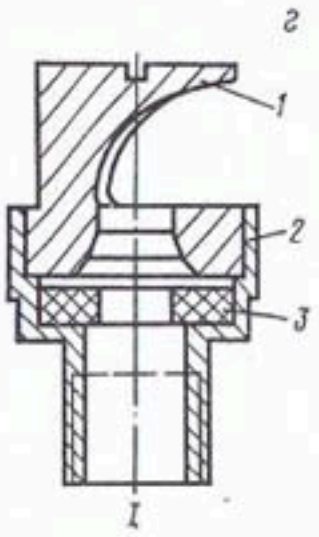


Рис. 3.1. Общий вид насадок и их напорно-расходные характеристики:
а — короткоструйная дефлекторная насадка ДДА-100МА: *1* — гайка присоединительная; *2* — сопло сменное; *3* — рассекатель; *4* — дефлектор; *5* — корпус; $q_{пог}$ — расход насадки, л/с; *P* — давление на входе в насадку, МПа; $q_{пог}$ — диаметр сопла, мм; μ — коэффициент гидравлического трения; *б* — центробежная насадка конструкции ВНПО «Радуга»: *1* — крышка; *2* — корпус; *3* — патрубок; *4* — сопло; d_{in} — диаметр входного отверстия, мм; d_0 — диаметр выходного отверстия, мм;









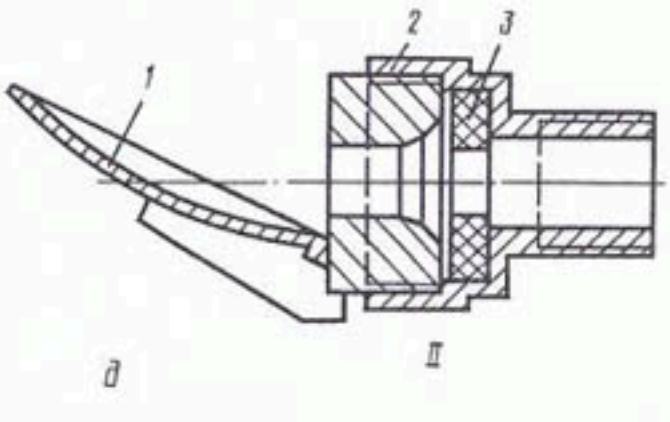


Рис. 3.1. *Продолжение.*

в — насадка с ложкообразным дефлектором: *1* — дефлектор; *2* — корпус; *г* — щелевая дефлекторная насадка МДЭФ «Кубань» и «Таврия»: *1* — корпус; *2* — дефлектор; *H* — напор на входе в насадку, м; *д* — дефлекторная насадка со стабилизаторами расхода для ЭДМФ «Кубань»: *I* — основная; *II* — концевая; *1* — дефлектор; *2* — корпус; *3* — кольцо стабилизатора

3.6. Дождевальные насадки. Расчетные формулы и область применения

Тип насадки	Расчетные формулы		Область применения
	расход q_{noz}, л/с	радиус орошаемого круга (сектора) R, м	
Дефлекторная круговая	$q_{noz} = \mu\omega\sqrt{2gH}$, где μ — коэффициент расхода, $\mu = 0{,}8...0{,}94$; ω — площадь поперечного сечения выходного отверстия насадки, м^2; g — ускорение свободного падения, г/см^2; H — напор перед выходным отверстием, м	$R = \dfrac{H}{0{,}43 + 0{,}0014(H/d_s)}$, где d_s — диаметр проходного отверстия насадки, м	Дождевальный агрегат ДДА-100МА, орошение приусадебных участков, декоративное садоводство
Дефлекторная, секторная		$R_{sec} = \dfrac{H}{1{,}15 + 0{,}00003(H/b_{sl})}$; $2000 < H/b_{sl} < 5000$, где b_{sl} — ширина прорези, м	Широкозахватные дождевальные машины, орошение приусадебных участков, декоративное садоводство
Центробежная	$q_{noz} = \dfrac{K_1}{\sqrt{1 + K_2^2 \dfrac{K_1^2}{1 - K_1^2}}} S\sqrt{2gH}$, где K_1, K_2 — коэффициенты, при $K_2 = 4$ $K_1 = 38$, $K_2 = 3$ $K_1 = 44$; $K_2 = R_l r_j / r_{noz}^2$, где R_l — расстояние от оси подводящего трубопровода до центра сопла насадки, м; r_j — радиус действия вытекающей струи, м; r_{noz} — радиус входного патрубка насадки, м; S — площадь поперечного сечения сопла, м^2		Для распределения с поливной водой животноводческих стоков; орошение приусадебных участков, питомников, декоративное садоводство

3.7. Характеристика дождевальных насадок (работа без перекрытия)

Тип насадки	Диаметр сопла, мм	Напор, мм	Скорость ветра, м/с	Расход на площадь захвата, л/с	Гидравлический коэффициент μ	Площадь захвата, м²	Интенсивность дождя, мм/мин	Среднекубический диаметр капли, мм
Дефлекторная конусная	12	14	0	1,33	0,906	192	0,416	1,58
	14	15	1,5	1,61	0,908	326	0,296	0,91
Ложкообразная секторная	7	10	1,3	0,293	0,696	59	0,298	1,37
		15	0,8	0,436	0,723	86,7	0,304	1,37
		25	1,15	0,5	0,686	93,5	0,321	1,37
		38	0,27	0,702	0,699	102,1	0,413	1,37
Дефлекторная с полусферическим отражателем (типа «Кубань»)	6	20	0	0,385				
	6,5	22		0,453	0,83	52...56	0,44...0,6	—
	7	20	0	0,525	0,83	52...56	0,44...0,6	—
	7,5	20	0	0,602	—			
	8	20	0	0,685	—	52...56	0,44...0,6	—
Центробежная	10	15	2,09	0,287	0,252	175,5	0,098	0,82
Ложкообразная с выровненным расходом	6	15	0,99	0,28	0,68	80,8	0,208	1,24
		25	1,2	0,367	0,61...0,62	97	0,227	1,24
		37	1,1	0,366	0,48...0,51	107,5	0,204	1,24

стационарных дождевальных системах, в стационарно-сезонных комплектах, на дождевальных машинах.

Дождевальные аппараты работают с вращением ствола по кругу или в заданном секторе. Частота вращения ствола аппарата должна быть такой, чтобы скорость движения концевой части струи по периметру увлажненной части поверхности орошаемого участка не превышала 2 м/с. При большей частоте вращения происходит изгиб струи, дальность полета ее уменьшается.

Дальность полета струи воды зависит от достигаемого выпрямления потока ее внутри ствола, диаметра сопла и напора воды, а качество дождя — главным образом от отношения напора к диаметру струи (сопла) (табл. 3.10).

Дальнеструйные дождевальные аппараты типа ДД выпускают односопловые (ДД-15 и ДД-30) и двухсопловые (ДД-50 и ДД-80).

Наибольшее распространение получил аппарат ДД-30 (см. рис. 3.5, *б*).

Механизм вращения ствола аппаратов ДД-15 и ДД-30, имеющий три червячных редуктора, работает с приводом от турбинки, входящей лопатками в струи воды на глубину 7...10 мм. От глубины погружения их в струю зависит частота вращения турбинки, что обеспечивает изменение в некоторых пределах частоты вращения ствола аппарата. При вращении турбинка частично дробит струю, что улучшает качество распределения дождя возле аппарата.

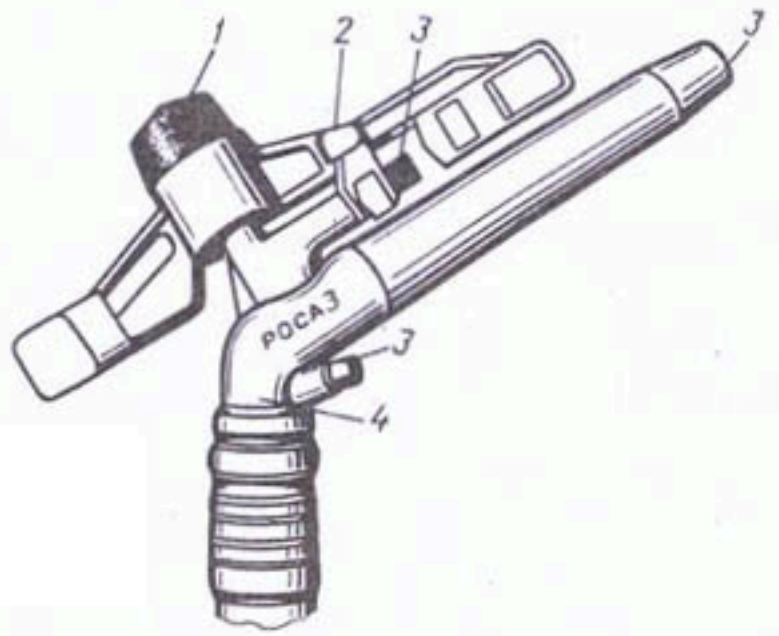
Дальнеструйные дождевальные аппараты ДД-50 и ДД-80 по конструкции аналогичны аппаратам ДД-15 и ДД-30 и отличаются от них наличием малого сопла, отходящего от колена, расположением турбинки и механизма передачи вращения.

Дальнеструйные дождевальные аппараты типа ДД и их расходно-напорные характеристики показаны на рисунке 3.5.

При эксплуатации на стационарных системах дождевальные аппараты типа ДД устанавливают на вертикальные трубчатые стояки на высоте не менее 1,5 м над поверхностью почвы.

Техническая характеристика дальнеструйных дождевальных аппаратов приведена в таблице 3.11.

Параметры средне- и дальнеструйных дождевальных аппаратов приведены в таблице 3.12.



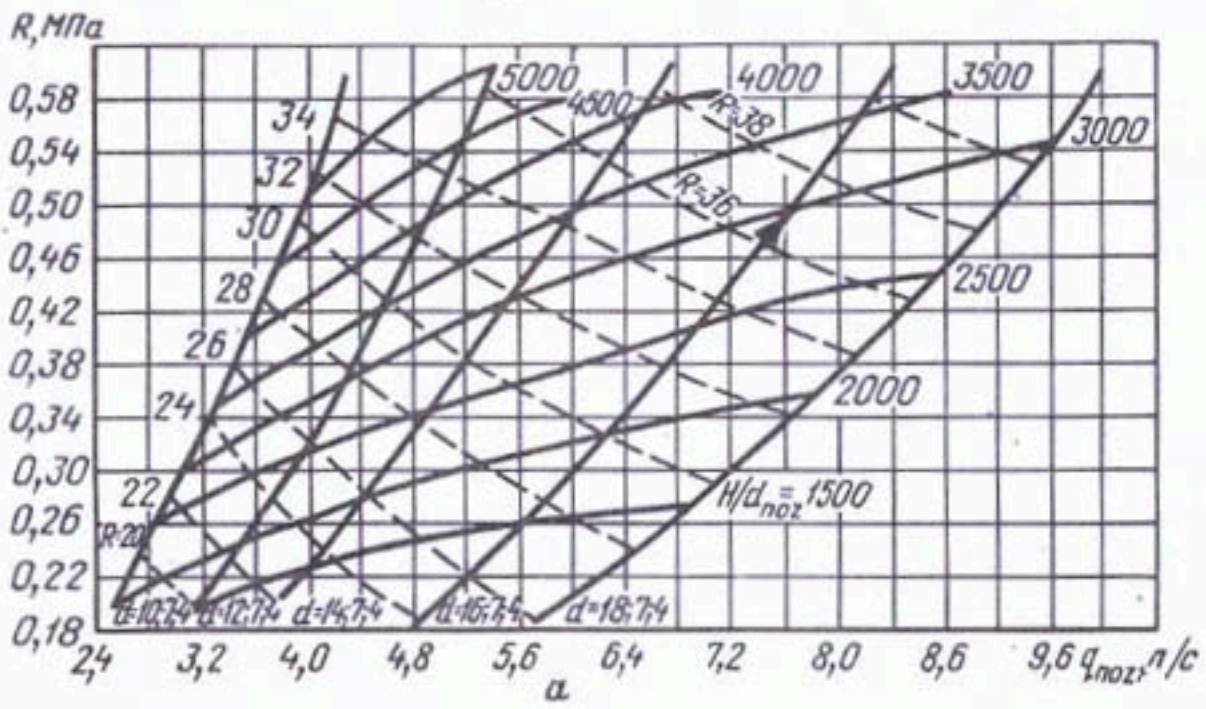
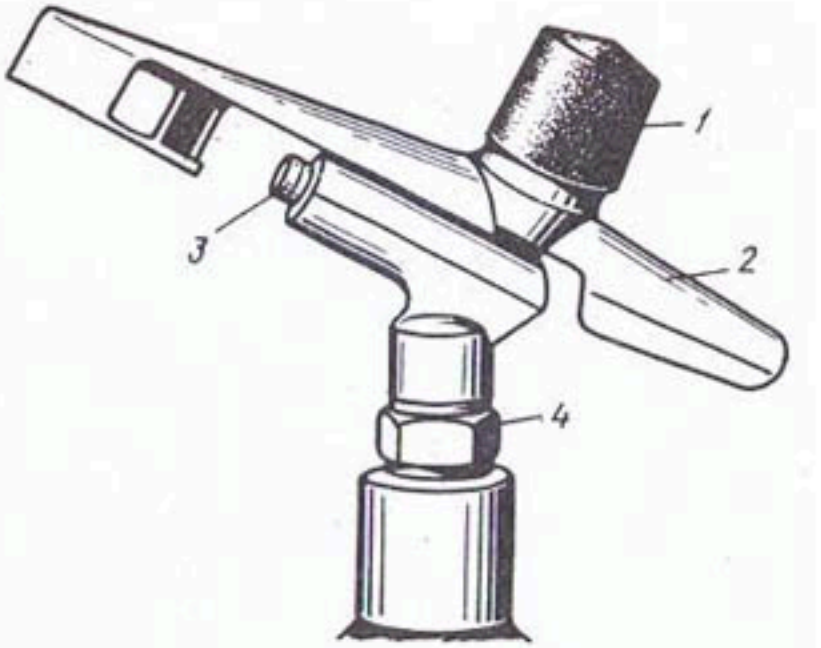


Рис. 3.2. Среднеструйные дождевальные аппараты «Роса» и их напорно-расходные характеристики:

а — «Роса-3»; *б* — «Роса-1»; *1* — колпачок возвратной пружины; *2* — корсмысло; *3* — сопло; *4* — корпус; *P* — давление у аппарата, МПа; *H* — напор на сопле, м; q_{noz} — расход аппарата, л/с; d_{noz} — диаметр сопла, мм; *R* — дальность полета струи, м



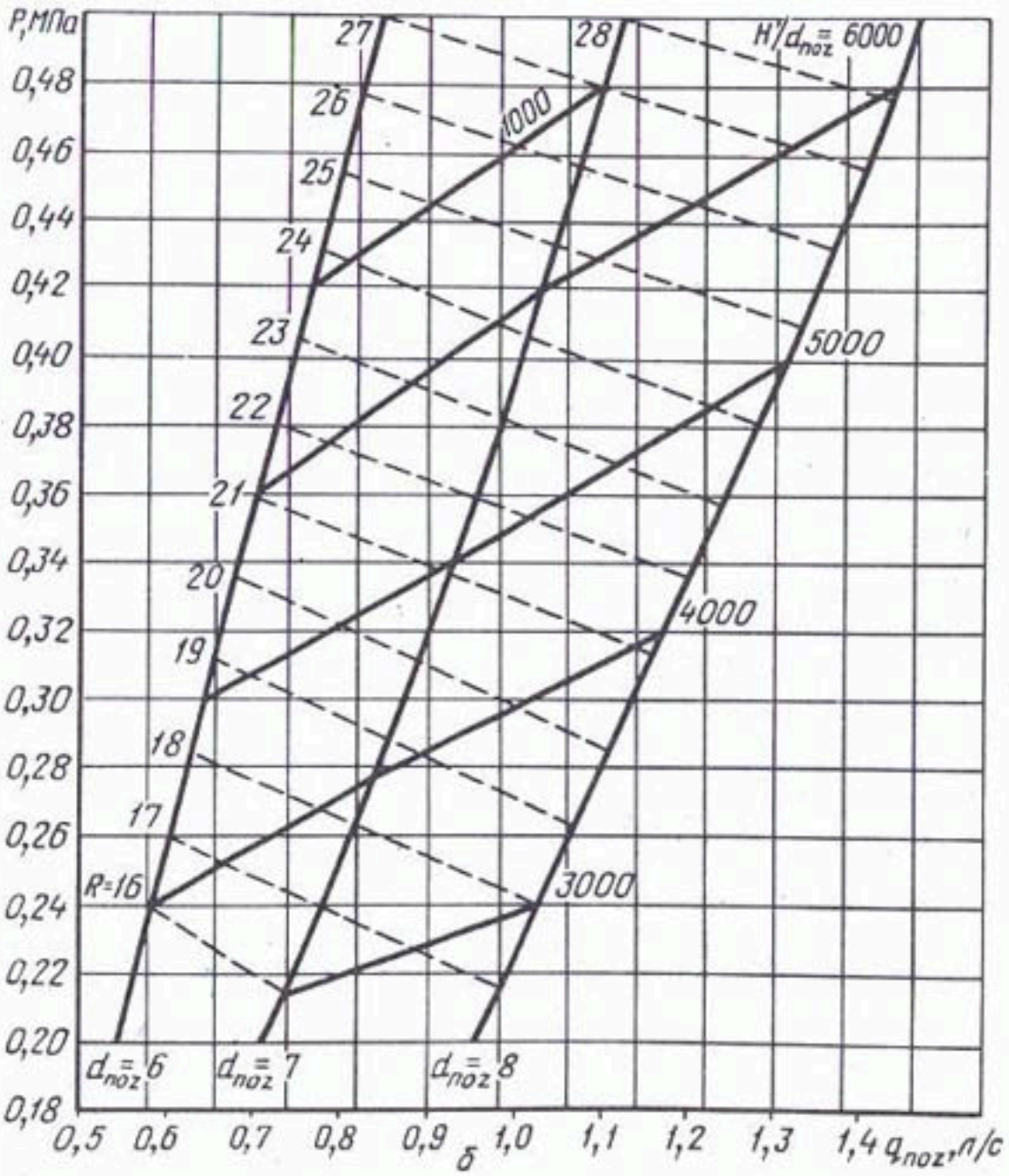
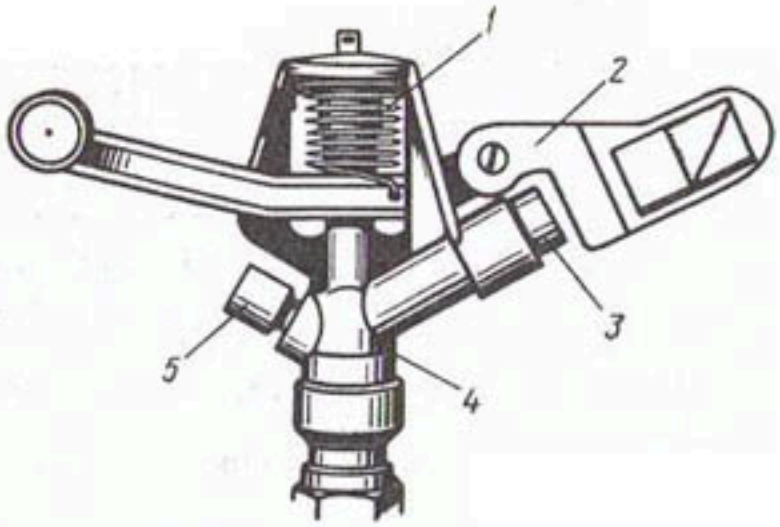


Рис. 3.2. *Продолжение*



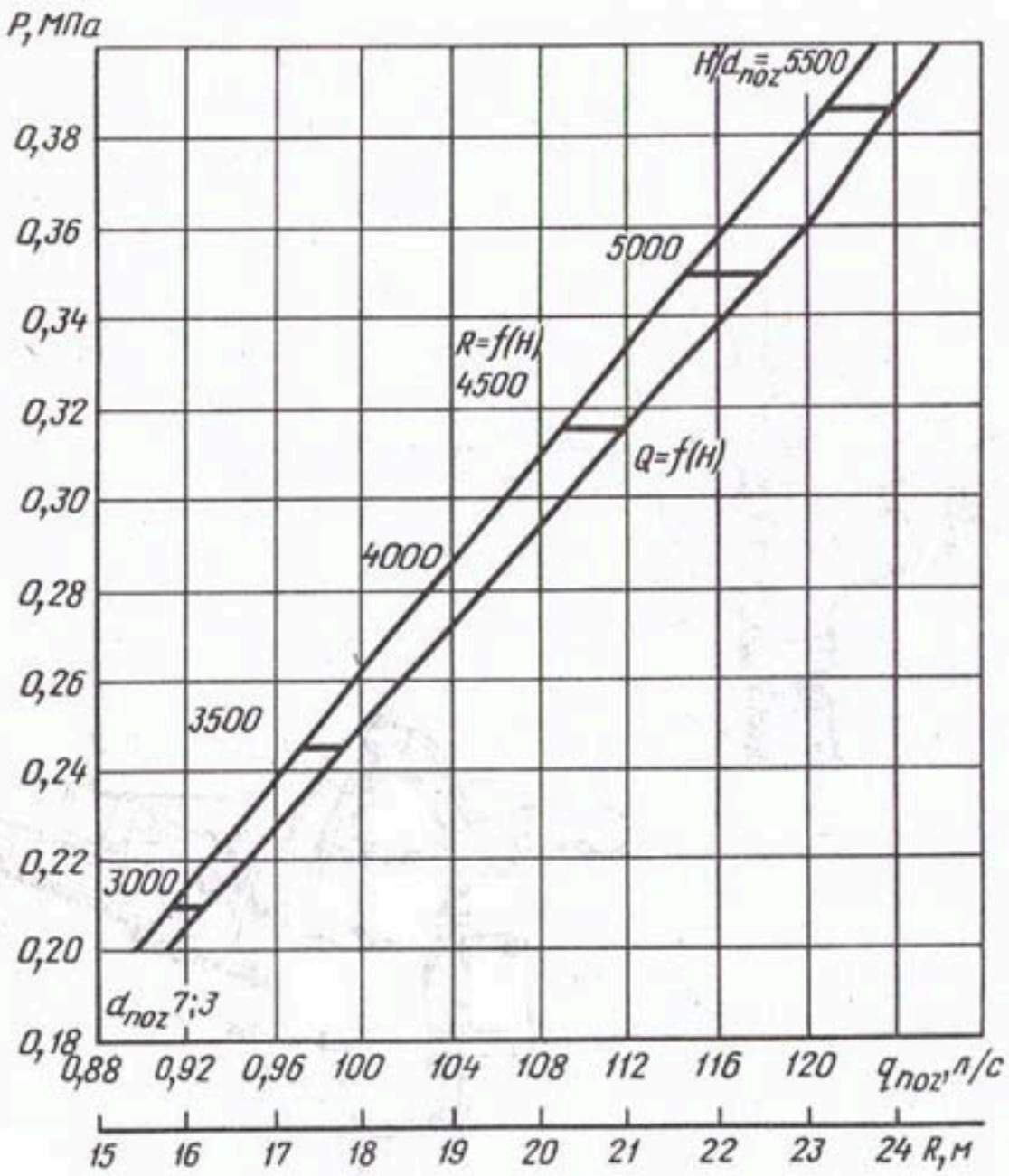


Рис. 3.3. Среднеструйный дождевальный аппарат ДКШ-64.00.060 и его расходно-напорная характеристика: *1* — пружина возвратная; *2* — коромысло; *3* — сопло; *4* — корпус; *5* — пробка (остальные обозначения см. рис. 3.2)

3.8. Техническая характеристика среднеструйных дождевальных аппаратов

Параметры	«Роса-1»	«Роса-2»	«Роса-3» улучшенной конструкции	ДКШ-64.00.060	ДКН-80.05.000
Расход, л/с	0,45...1,25	1...3,4	2,5...9,5	1	4...5
Давление перед аппаратом, МПа	0,2...0,5	0,2...0,5	0,2...0,6	0,35...0,4	0,4...0,6
Радиус полива по крайним каплям, м	13...21	15...28	23...40	18...19	25...27
Средний слой дождя без перекрытия, мм/мин	0,51... 0,05	0,08	0,09... 0,15	0,053... 0,059	0,12... 0,13
Частота вращения, $мин^{-1}$	0,25...0,5	0,25...0,5	0,25...1	0,5...0,75	0,5...1
Диаметр сопл, мм:					
основного	6,7,8	5, 7, 8, 9	10, 12, 14, 16, 18	7	14, 18
вспомогательных		7; 4	7; 4	3	—
Технология работы аппарата	Полив по кругу	Полив по кругу и сектору		Полив по кругу	
Масса, кг	0,63	1,45	1,5	0,19	2

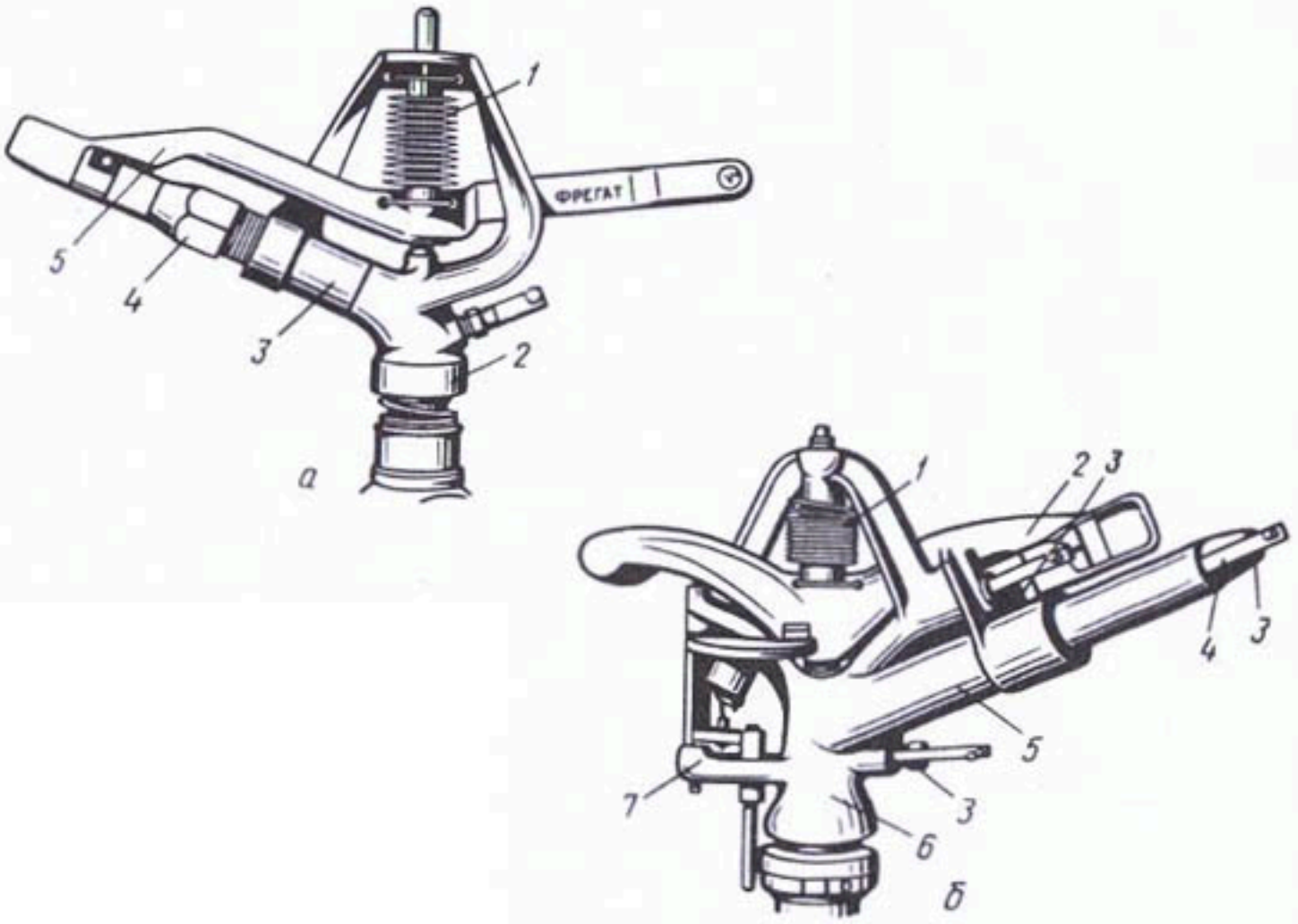


Рис. 3.4. Дождевальные аппараты «Фрегат» и их напорно-расходные характеристики:

а — серии № 4: *1* — возвратная пружина; *2* — корпус; *3* — ствол; *4* — сопло; *5* — коромысло; *6* — концевой аппарат; *1* — возвратная пружина; *2* — коромысло; *3* — сопло; *4* — рассекатель; *5* — ствол; *6* — корпус; *7* — секторный механизм

3.9. Техническая характеристика дождевальных аппаратов машины «Фрегат» ДМУ

Параметры	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4	Концевой (трехсопловый) ДМ-07.090	Концевой (двухсопловый) ДМ-07.140
Расход, л/с	0,092...0,57	0,28...1	0,82...2,75	2,16...3,9	5,4...14,2	2,8...5,8
Давление в сжатом сечении струи, МПа	0,14...0,35	0,18...0,42	0,18...0,5	0,3...0,5	0,42...0,7	0,25...0,5
Радиус полива по крайним каплям, м	11...13	13...17	16...24	20...30	32,5...35,5	25...30
Средняя интенсивность дождя без перекрытия, мм/мин	0,09...0,07	0,04...0,06	0,06...0,09	0,10...0,08	0,1...0,21	0,26
Частота вращения, мин $^{-1}$	0,75...1	0,25...0,5	0,25...0,5	0,25...0,5	0,25...0,5	0,25...0,5
Диаметр сопл, мм:						
основного	2,8; 3,2	3,6; 3,9; 4,3; 4,8; 5,1; 5,6;	5,6; 6; 7,1 7,9; 8; 9,5	9,5; 10,3 11; 1; 11,9	12,7; 14,3 15,9; 17,5	12,7; 13,5; 14,3; 15,9
вспомогательных	—	Заглушка 2,4; 3,2	4,3; 4,8 5,6	5,6	7,9; 9,5 6,3; 7,9	6,3
Масса, кг	0,4	0,5	1,2	1,7	5,3	1,7
Технология работы		По кругу			По сектору	

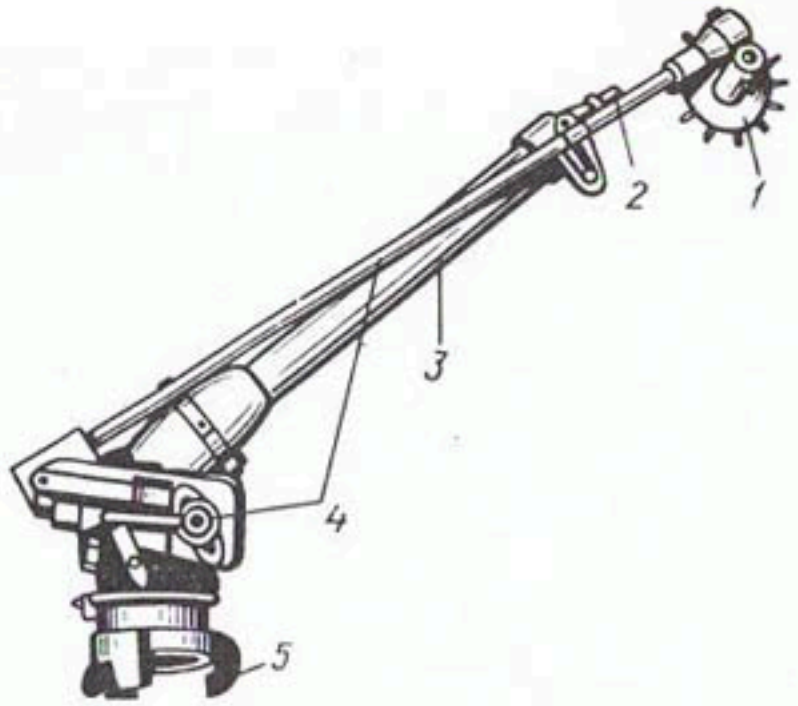
3.10. Параметры и характер распада струи на капли

H/R	H/d_j	Характер распределения струи; применимость искусственного дождя
0,59	До 900	Сплошная струя, не распадающаяся на капли (для орошения непригодна)
0,62...0,72	900...1500	Слабый распад струи на крупные капли (для орошения непригодны)
0,77	1500...1600	Распад струи на капли средней крупности (орошение трав на лугах и пастбищах)
0,83	1700...1800	Распад струи на более мелкие капли (орошение взрослых сельскохозяйственных культур)
0,91	2000...2200	Распад струи на мелкие капли (орошение всех сельскохозяйственных культур)
1	2400...2600	Распад струи на очень мелкие капли (орошение рассады самых нежных растений и цветов)
1,11 и более	3000 и более	Мелкодисперсное распыление струи (туман)

Примечание. H — напор перед соплом, м; R — дальность полета струи, м; d_j — диаметр струи, м.

3.11. Техническая характеристика дальнеструйных дождевальных аппаратов

Параметры	ДД-15	ДД-30	ДД-50	ДД-80
Расход, л/с	5...15	15...30	38...55	55...85
Давление перед аппаратом, МПа	0,5...0,6	0,5...0,6	0,5...0,7	0,5...0,7
Радиус полива по крайним каплям, м	35...50	40...60	44...70	57...80
Частота вращения, $мин^{-1}$	0,15...0,2	0,15...0,2	0,2	0,2
Диаметр сопла, мм	16; 22; 26	26; 30; 34	32; 36; 40	40; 46; 52
Масса, кг	15	16	23,5	25,5



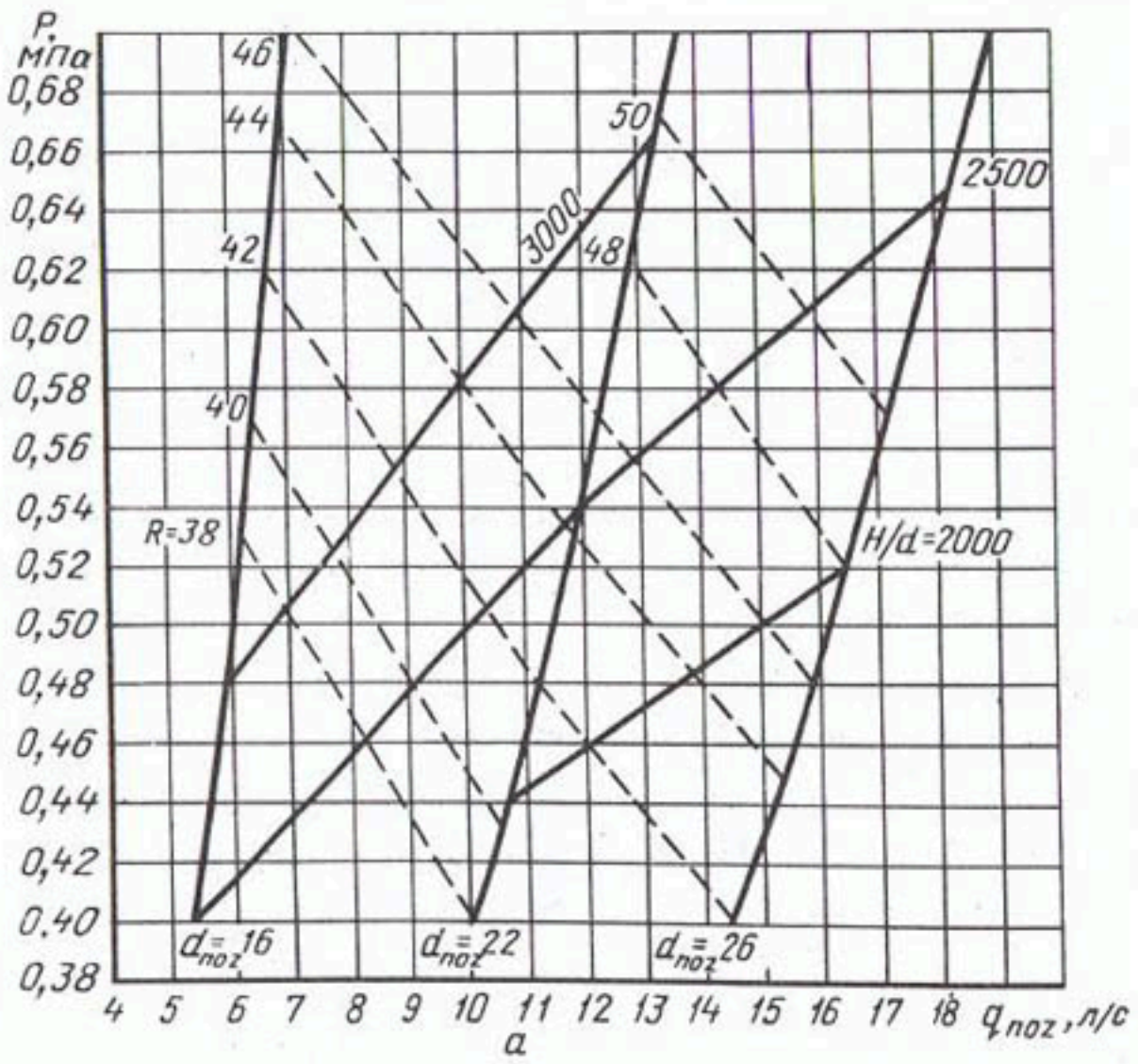
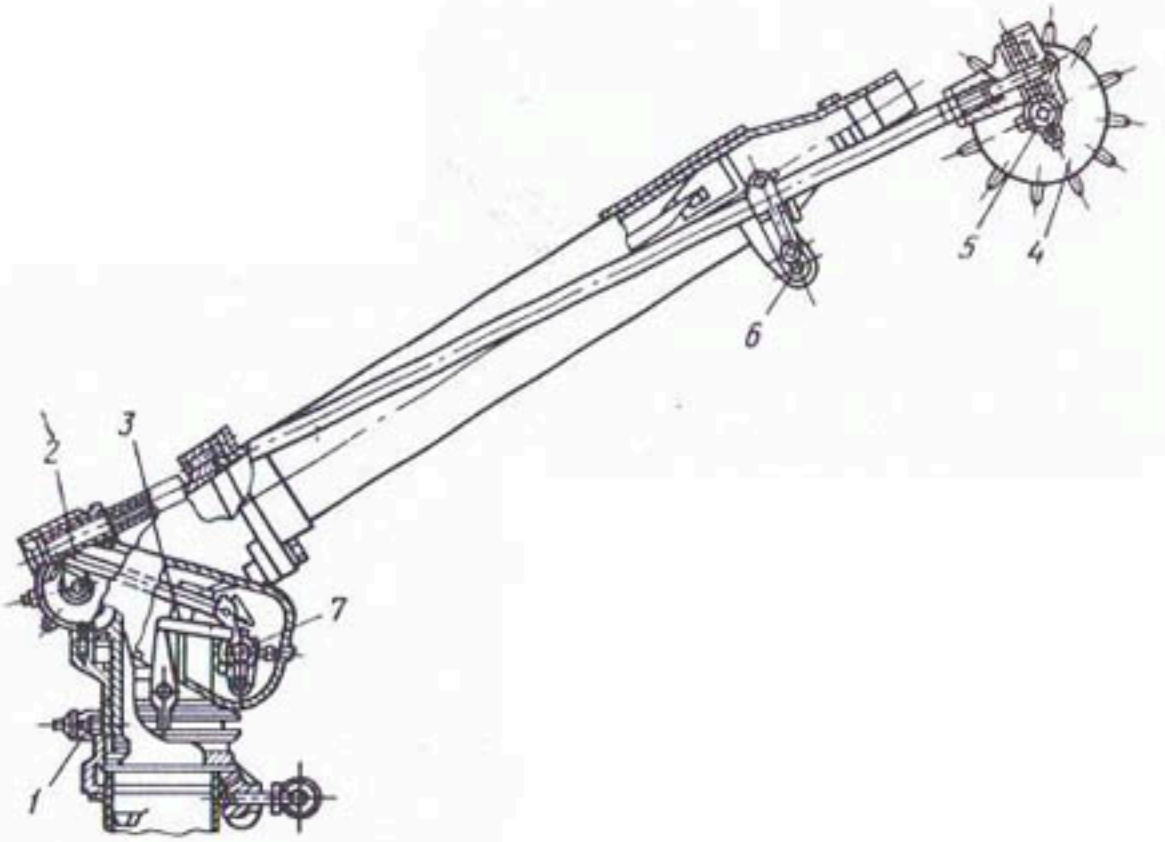


Рис. 3.5. Дальнейструйные дождевальные аппараты и их расходно-напорные характеристики:

а — аппарат ДД-15: *1* — турбинка; *2* — сопло; *3* — ствол; *4* — механизм вращения; *5* — присоединительное устройство;



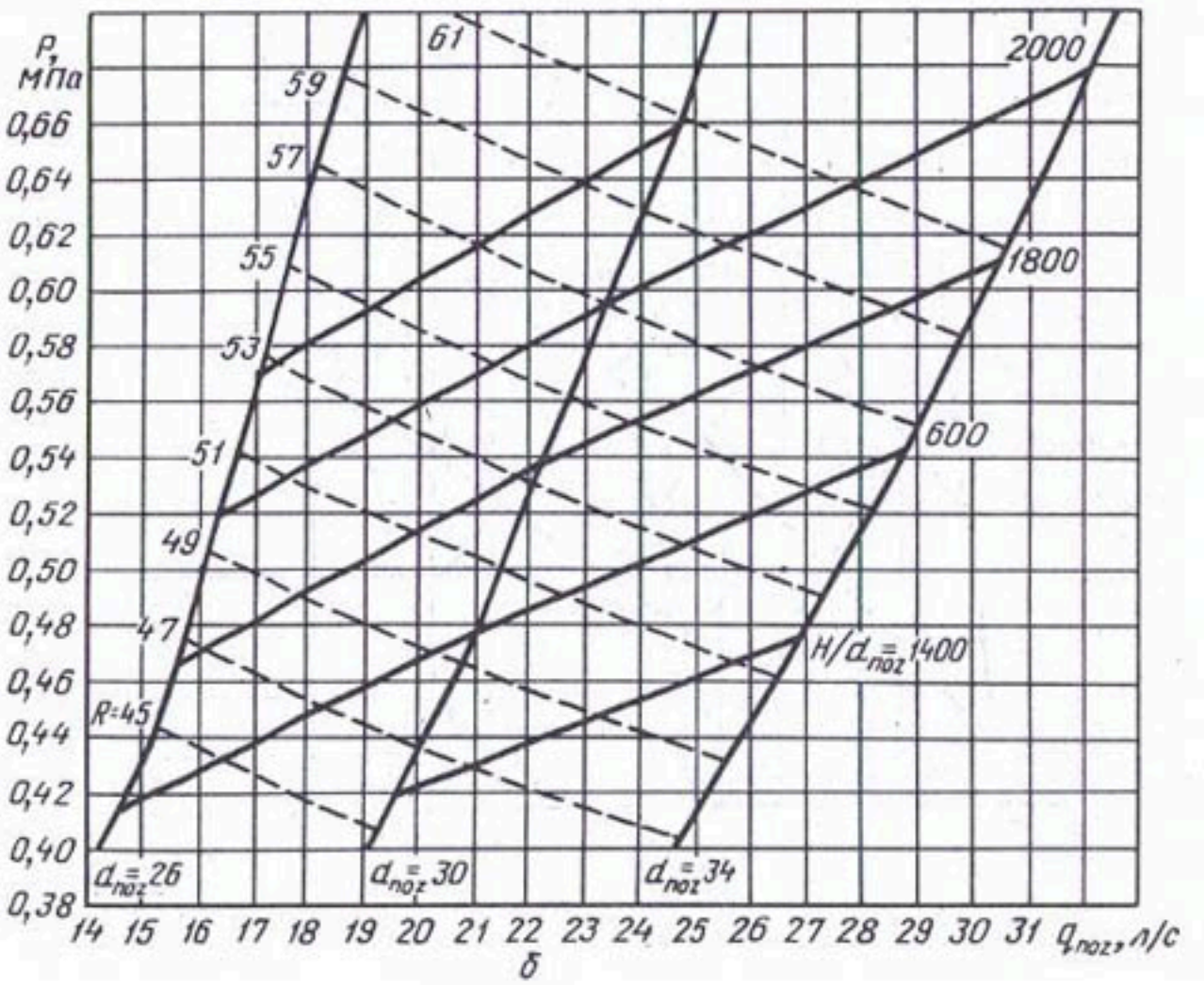
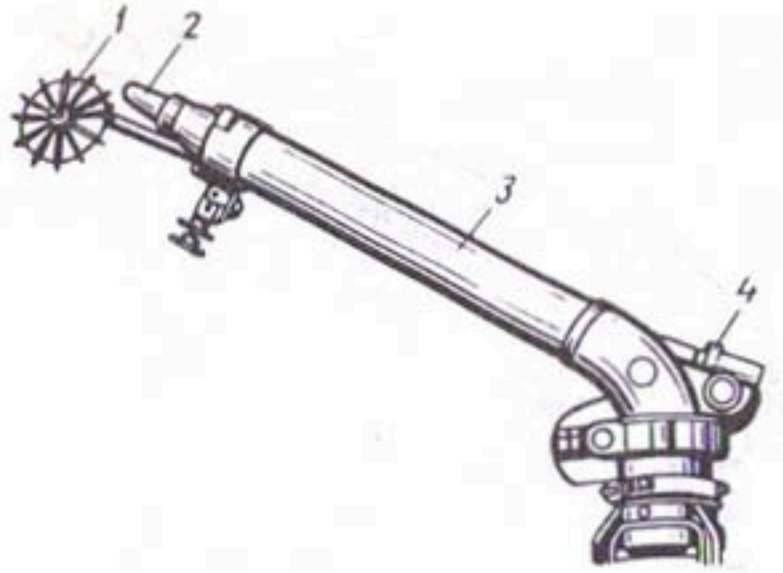


Рис. 3.5. *Продолжение*

б — схема дождевального аппарата ДД-30: *1* — секторный упор; *2, 5* — червячные передачи; *3* — механизм реверса; *4* — турбинка; *6* — регулировочный упор; *7* — механизм поворота ствола;



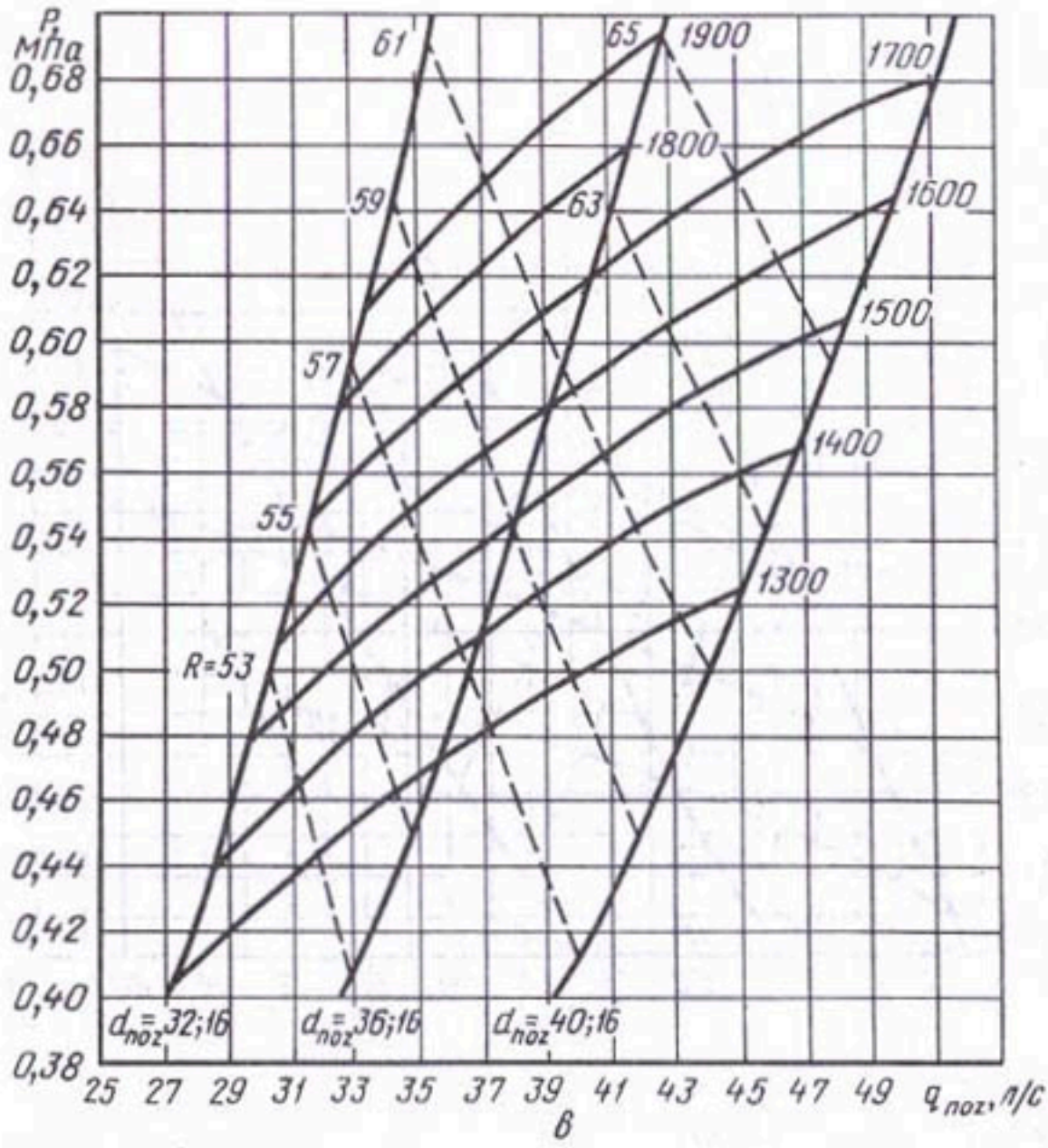
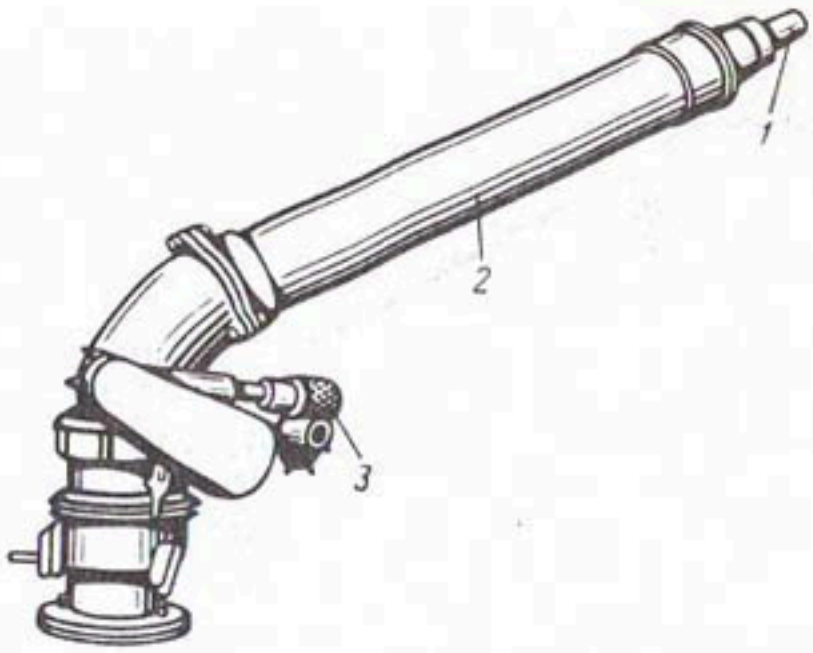


Рис. 3.5. *Продолжение*
в — аппарат ДД-50: *1* — турбинка; *2* — сопло; *3* — ствол; *4* — механизм вращения;



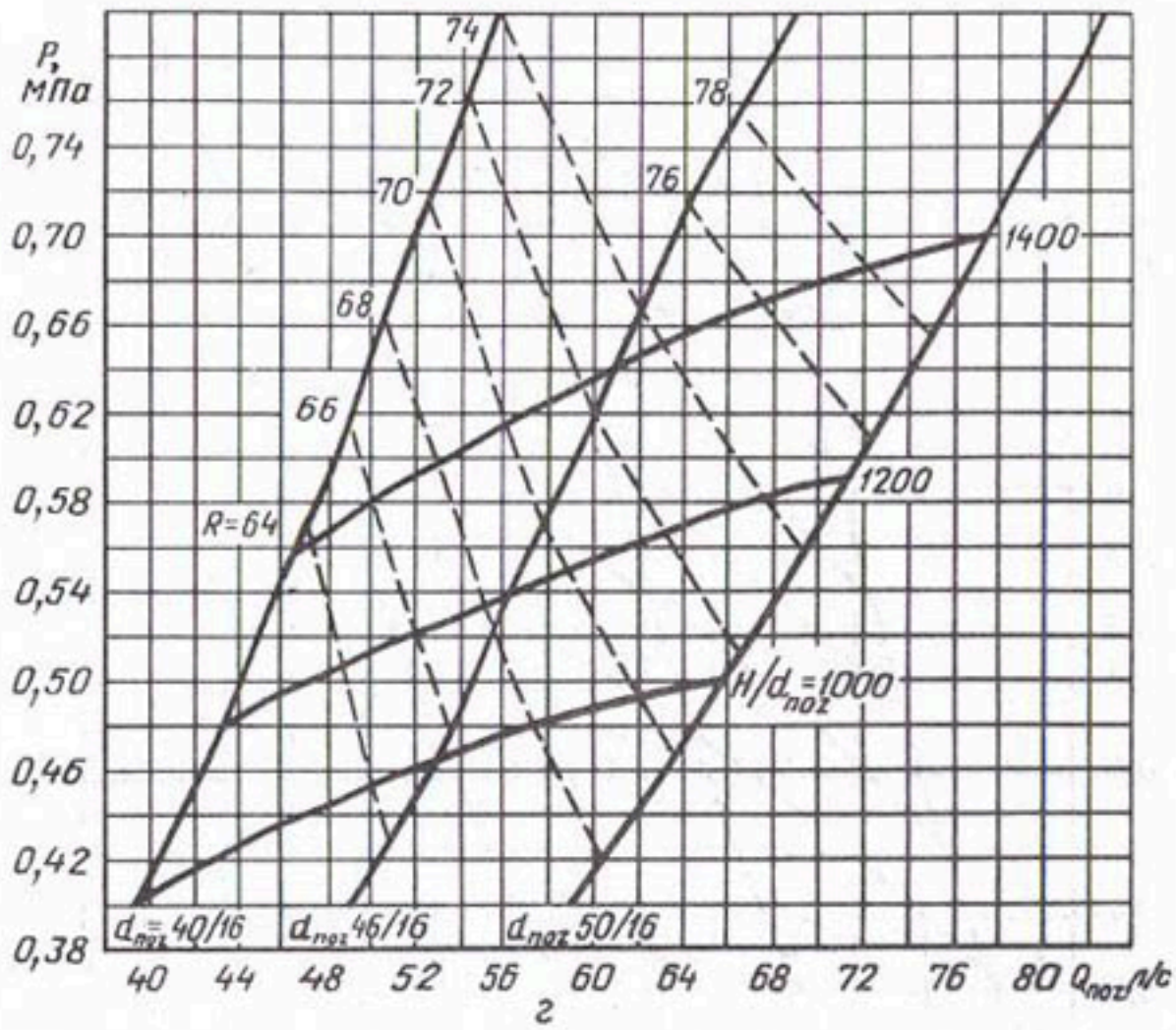


Рис. 3.5. *Продолжение*

г — аппарат ДД-80: *1* — сопло; *2* — ствол; *3* — механизм вращения (остальные обозначения см. рис. 3.2)

3.12. Параметры дождевальных аппаратов (ГОСТ 17238—77)

Тип аппарата	Исполнение 1			Исполнение 2		
	расход воды, $дм^3/с$ (предельное отклонение 5 %)	минимальное и максимальное давление, МПа	дальность полета струи (по крайним каплям), не менее, м	расход воды, $дм^3/с$	минимальное и максимальное давление, МПа	дальность полета струи (по крайним каплям), не менее, м
			Среднеструйные			
1	0,45	0,2	10	0,12	0,2	8
				0,5	0,5	12
	1,25	0,5	20	0,3	0,2	10
				1	0,5	15
2	1	0,2	15	0,8	0,2	15
				2,7	0,5	25
	3,4	0,5	25	2	0,2	20
				3,5	0,5	25
3	2,5	0,25	20	2,5	0,25	20
				6	0,6	30
	9,5	0,6	35	5	0,25	28
				10	0,6	35
			Дальнеструйные			
	10	0,5	35	—	—	—
4	15	0,7	50	—	—	—
	15	0,5	40	—	—	—
5	30	0,7	60	—	—	—
	30	0,5	50	—	—	—
6	50	0,7	65	—	—	—
	50	0,5	65	—	—	—
7	80	0,7	75	—	—	—

Примечание. Дальность полета струи определяют при скорости ветра, равной 0, и высоте установки аппаратов от земли: для типов 1...3 — 1 м; для остальных типов — 1,5 м.

3.2.2. ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ, УСТАНОВКИ, ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ

По технологии производства полива дождевальные машины, установки, оборудование и системы можно разделить на следующие основные типы:

дождевальные машины и установки, работающие позиционно с питанием от гидрантов закрытых оросителей или с забором воды из открытых оросителей (с механическим перемещением между позициями, с ручным перемещением между позициями);

дождевальное оборудование, работающее с позиционным расположением намоточного устройства и с дождевальными аппаратами, поливающими в движении с подводом воды по гибкому шлангу;

дождевальные машины, работающие в движении (с перемещением по кругу, с перемещением фронтально);

сезонно-стационарные автоматизированные системы (КСИД, ДАУ);

стационарные системы и устройства.

По технологиям дождевания (выдачи оросительной нормы) всю эту технику разделяют на работающую с прерывистой (цикличной) выдачей оросительной нормы, а также с непрерывным в течение вегетации снабжением растений влагой в соответствии с изменением их водопотребления (синхронное импульсное дождевание).

Машины для позиционного полива с питанием от гидрантов напорных трубопроводов и открытых оросителей. К машинам, работающим позиционно с питанием от гидрантов напорной оросительной сети и механическим перемещением между позициями, относятся колесные дождевальные трубопроводы, шлейфы, многоопорные машины «Днепр».

Машины ДДН-70 можно использовать для полива с забором воды от гидрантов закрытых трубопроводов, а также из открытых оросителей.

Колесный дождевальный трубопровод ДКШ-64 «Волжанка» предназначен для полива низкостебельных (высотой до 1,2 м) зерновых, технических и овощных культур, многолетних трав, лугов и пастбищ на участках с уклоном местности не более 0,02.

Машина представляет собой самоходный колесный трубопровод, снабженный среднеструйными аппаратами. Полив проводится позиционно с питанием водой от гидрантов закрытой оросительной сети, расположенных на расстоянии 18 м друг от друга. Переезд с позиции на позицию осуществляется фронтально с приводом от двигателя внутреннего сгорания (ДВС) мощностью 3 кВт.

Машина имеет два дождевальных крыла, работающих независимо друг от друга с питанием от различных гидрантов. Каждое крыло состоит из 32 однотипных звеньев (длина 12,6 м) алюминиевых труб диаметром 130 мм с фланцевыми соединениями, имеющими резиновые уплотнительные кольца, посередине которых, как на оси, крепится ходовое колесо. На присоединительном фланце расположены среднеструйный дождевальный аппарат ДКШ-64.00.060 кругового действия и сливной автоматический клапан.

Дождевальные аппараты имеют самоустанавливающий механизм для обеспечения их вертикального положения после перекатывания трубопровода.

В центре крыла смонтирована ведущая тележка на четырех колесах с двигателем и реверс-редуктором, снабженная тормозами для повышения устойчивости на позиции и заградительным щитом колеса.

Присоединительное устройство входной части дождевального крыла включает гибкий шланг и колонку для присоединения к гидрантам оросительного трубопровода. Схема дождевальной машины «Волжанка» представлена на рисунке 3.6.

Полный комплект машины состоит из следующих основных деталей: тележки в сборе — 2, трубы 130×2, 5×12600 мм — 60, трубы 130×2, 5×5990 мм — 4, колес опорных — 64.

Машина может поставляться с длиной крыла 150, 200, 250, 300, 350 и 400 м. В комплект входят также 50 гидрантов с фланцем диаметром 200 мм для присоединения к закрытой оросительной сети и два гидроподкормщика ГПД-50 (рис. 3.7).

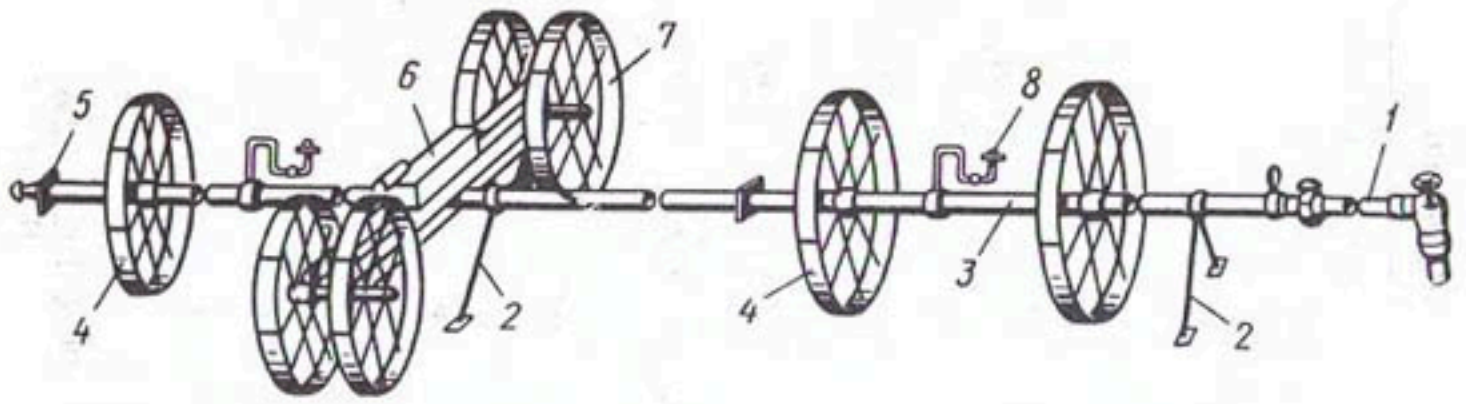


Рис. 3.6. Дождевальная машина «Волжанка»:
1 — шланг присоединительный; *2* — упор тормозной; *3* — звено трубопровода; *4* — колесо опорное; *5* — заглушка концевая; *6* — тележка ведущая; *7* — колесо ведущее; *8* — дождевальный аппарат с механизмом самоустановки

Техническая характеристика модификаций машины «Волжанка» приведена в таблице 3.13, а рекомендуемые технологические схемы работы на поливе сельскохозяйственных культур — в таблице 3.14.

Продолжительность работы крыльев «Волжанки» на позиции в зависимости от поливной нормы и величины испарения дана в таблице 3.15.

Машину ДКШ-64 «Волжанка» и ее модификации можно использовать в составе поливных модулей. Ниже рассмотрены технико-эксплуатационные и технологические параметры поливного модуля с применением машины ДКШ-64 «Волжанка», сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу модульного участка.

Схемы поливного модуля и монтажа его элементов показаны на рисунке 3.8, а основные параметры, состав элементов и технико-эксплуатационные характеристики — в таблицах 3.16 и 3.17.

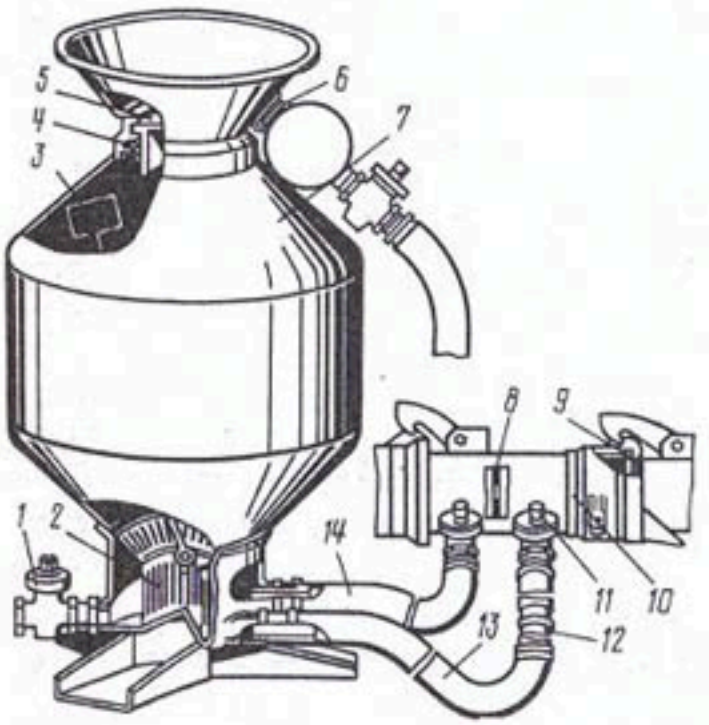


Рис. 3.7. Гидроподкормщик ГПД-50:
1 — сливной кран; *2* — решетчатый стакан и корпус; *3* — тяга; *4* и *9* — манжеты; *5* — заглушка; *6* — скоба; *7* — бак; *8* — диафрагма; *10* — подсоединительная труба; *11* — кран; *12* — смотровая трубка; *13* и *14* — отводящий и подводящий рукава

Коэффициент использования времени смены K_{sh} в зависимости от поливной нормы m приведен ниже.

m, мм	20	30	40	50	60	80
K_{sh}	0,73	0,8	0,83	0,85	0,86	0,88

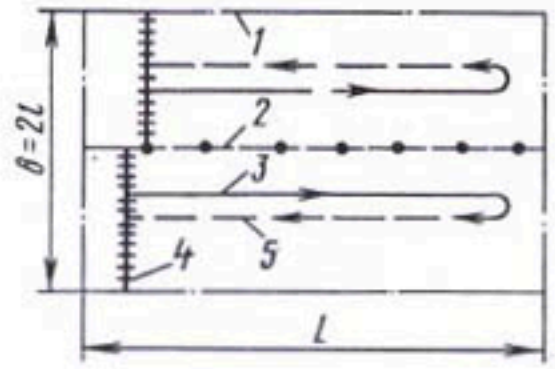
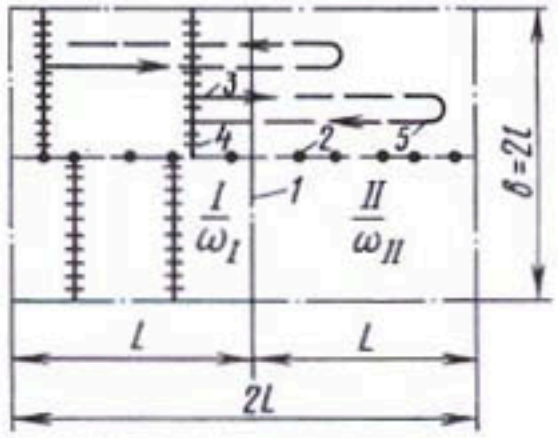
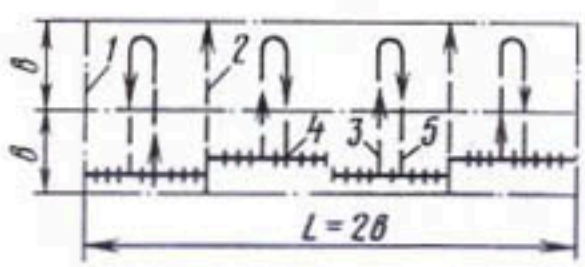
Дождевальный колесный трубопровод ДКГ-80 «Ока» с поочередной работой среднеструйных аппаратов и управлением с торца предназначен для позиционного полива низкостебельных сельскохозяйственных культур (зерновых, овощных, кормовых, многолетних трав, лугов и пастбищ) во всех зонах орошаемого земледелия.

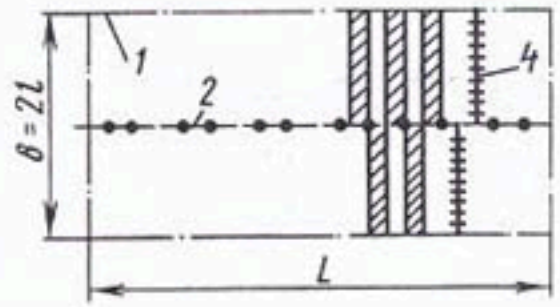
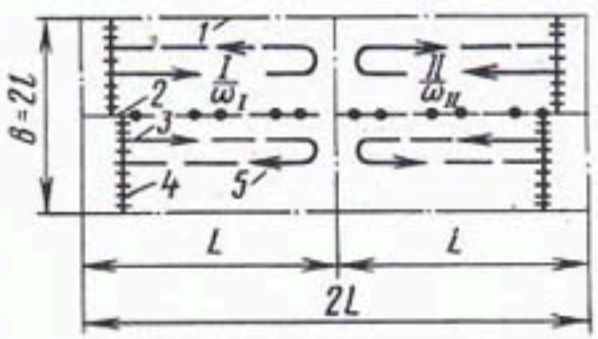
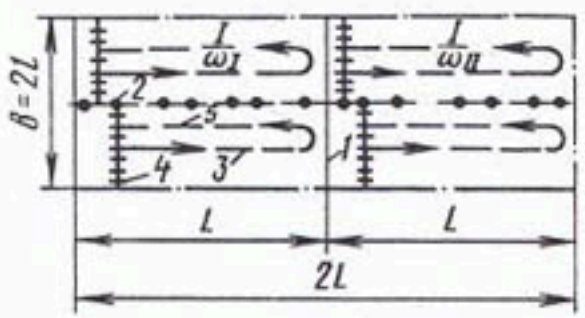
Машина представляет собой колесный дождевальный трубопровод типа «Волжанка» с двумя крыльями (длина крыла 400 м) и среднеструйными дождевальными аппаратами.

3.13. Техническая характеристика модификации машины «Волжанка» с дождевальными аппаратами ДКШ-64.00.060

Показатели	ДКШ-64-800	ДКШ-56-700	ДКШ-48-600	ДКШ-40-500	ДКШ-32-400	ДКШ-24-300	ДКШ-64-400	ДКШ-48-300
Производительность чистой работы при поливной норме 600 $м^3$/га, га/ч	0,39	0,34	0,29	0,24	0,19	0,15	0,39	0,29
Ширина захвата, м	800	700	600	500	400	300	400	300
Расход воды, л/с	64	56	48	40	32	24	64	48
Давление, МПа	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,35	0,35
Площадь, поливаемая с одной позиции, га	1,44	1,26	1,08	0,7	0,72	0,54	0,96	0,72
Мощность двигателя, кВт	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29	0,29
Скорость передвижения при смене позиций, м/мин	6...9	6...9	6...9	6...9	6...9	6...9	6...9	6...9
Расстояние между гидрантами, м	18	18	18	18	18	18	24	24
Число:								
звеньев длиной 12,6 м	60	52	44	36	28	20	28	20
дождевальных аппаратов	64	56	48	40	32	24	32	24
Удельное давление колес на грунт, кПа/$см^2$	30	30	30	30	30	30	30	30
Расход воды одним дождевальным аппаратом, л/с	1	1	1	1	1	1	1	1
Габаритные размеры в рабочем положении м	5,96×(395,5×2)×1,91	5,96×(343×2)×1,91	5,96×(293×2)×1,91	5,96×(243×2)×1,91	5,96×(192×2)×1,91	5,96×(141,5×2)×1,91	5,96×(192×2)×1,91	5,96×(141,5×2)×1,91
Масса, кг	5565	4985	4405	3825	3245	2665	3295	2715

3.14. Технологические схемы расстановки и работы дождевальных машин «Волжанка» на поливе сельскохозяйственных культур

Схемы расстановки и перемещения машины	Описание работы	Достоинства	Недостатки
	«Волжанка» работает на одном поле по обычной схеме: в одном направлении перемещается в рабочем положении, в другом — холостым перегоном на исходную позицию	Возможность закладки лесополос по периметру всего поля. Ороситель рассчитывают на один рабочий расход машины	Максимальная продолжительность полива поля и большие переходы оператора при обслуживании нескольких машин
	Две «Волжанки» работают спаренно одна за другой в одном направлении на расстоянии, равном половине длины поля. Обе машины обслуживает один оператор	Минимальная продолжительность полива поля. Оператор перемещается только по дороге (вдоль оросителя) и может использовать транспорт. Хорошие условия для визуального контроля за работой машины	Ороситель увеличенного диаметра на два рабочих расхода машины. Перегон (холостой) по мокрому полю. Возможны взаимные помехи при работе и холостом перегоне крыльев. Большие расстояния между лесополосами
	Две «Волжанки» работают на двух смежных полях, располагаясь в линию параллельно длинной стороне поля. Обслуживает один оператор	Продолжительность полива поля минимальная. Оросители рассчитаны на один рабочий расход машины. Вхолостую крылья перегоняются только по сухому полю	По одной стороне смежных полей нельзя устраивать лесополосы. Удлиняется путь оператора при переходах от машины к машине (при движении по дороге)

	«Волжанка» работает с перемещением через гидрант без длинных холостых перегонов крыльев. Исходная позиция — середина поля (участка). Первоначальное размещение может быть аналогичным предыдущей схеме	Исключаются длинные холостые перегоны. Передвижение осуществляется только по сухому полю. Между полями по периметру возможна закладка лесополос, обеспечивается равномерная загрузка поливальщика	Незначительно снижается коэффициент использования сменного времени
	Машины работают на смежных полях, перемещаясь навстречу одна другой в рабочем положении и в противоположном направлении при холостом перегоне	Оператор перемещается только по дороге вдоль оросителя	Большая неравномерность загрузки оператора, плохой визуальный контроль при наличии лесополосы между смежными полями I и II
	Машины работают на смежных полях, перемещаясь в одном направлении на равном расстоянии	Оператор перемещается только по дороге вдоль трубопровода, имеет равномерную загрузку и хорошие условия для наблюдения за работой машин	Недостаточен визуальный контроль за работой установки при наличии лесополос между смежными полями I и II

Примечание. *1* — границы поля; *2* — оросительный трубопровод с гидрантами; *3* — рабочий ход крыла; *4* — крыло «Волжанки»; *5* — холостой перегон; *I*, *II* — номера полей; ω_I, ω_{II} — площади полей; *l* — длина крыла; *h* — длина поля; *b* — ширина поля.

3.15. Продолжительность работы ДКШ-64 «Волжанка» на позиции в зависимости от поливной нормы, мин

Поливная норма, мм	Затраты воды на испарение, %					
	0	5	10	15	20	25
10	38	40	42	45	48	51
20	75	80	84	90	96	102
30	112	118	126	135	144	153
40	150	160	168	180	192	204
50	188	200	210	225	240	255
60	226	240	252	270	288	306
80	301	320	336	360	384	408

Водопроводящий трубопровод каждого крыла составляется из взаимозаменяемых секций алюминиевых труб диаметром 150 мм и длиной 11,8 м с жестко закрепленными на них колесами и автоматическими сливными клапанами (рис. 3.9). В середине крыла установлена тележка с гидроприводом для перекатывания трубопровода с позиции на позицию (рис. 3.10).

В качестве гидродвигателя применен поршневой цилиндр двустороннего действия. Управление гидродвигателем осуществляется оператором с конца крыла, расположенного у гидранта оросительного трубопровода.

Подводящая линия гидропривода включает колонку, питающий и управляющий трубопроводы, механизм самоустановки, переходную муф-

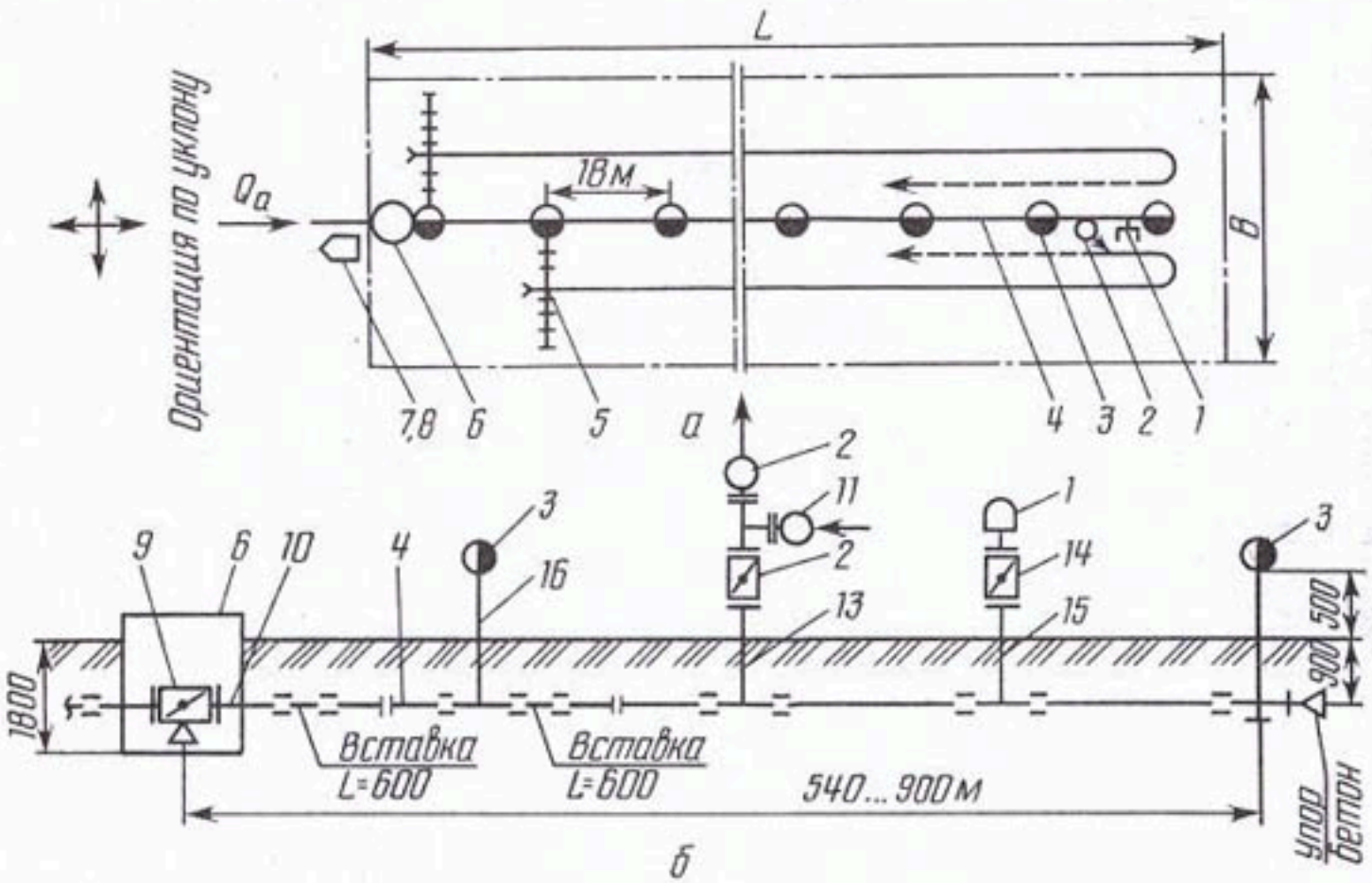


Рис. 3.8. Схема поливного модуля с машиной ДКШ-64 «Волжанка» (*а*) и его монтажа (*б*) (условные обозначения см. табл. 3.17)

3.16. Основные параметры и технико-эксплуатационные характеристики поливного модуля с машиной ДКШ-64 «Волжанка», сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу модульного участка при различной водоподаче

Параметры	Типоразмер											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	водоподача суточная 100 м³/га						водоподача суточная 80 м³/га					
Площадь, га	43,2	37,8	32,4	27	21,6	16,2	54,72	47,88	41,04	34,2	27,36	20,52
Длина, м	540	540	540	540	540	540	684	684	684	684	684	684
Ширина, м	800	700	600	500	400	300	800	700	600	500	400	300
Расход, л/с	64	56	48	40	32	24	64	56	48	40	32	24
Напор, м	53,63	49,84	47,13	45,58	44,03	40,78	54,64	50,62	47,72	48,84	44,86	44,72
Число оросителей	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Материалоемкость основного оборудования, т	40,17	39,59	39,01	32,48	31,9	31,32	47,03	46,45	45,87	44,09	43,51	42,93
Удельная материалоемкость, т/га	0,92	1,04	1,2	1,2	1,48	1,93	0,86	0,97	1,12	1,29	1,59	2,09
Нагрузка на одного оператора, га/чел.	54	47,2	40,5	33,7	27	20,2	109,4	95,8	82,1	68,4	54,7	41
Удельная энергоемкость, тыс. кВт·ч/га	2,45	2,27	2,15	2,17	2,01	1,86	1,16	1,08	1,01	1,04	0,95	0,88
Коэффициент земельного использования	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Коэффициент полезного действия	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Коэффициент использования во времени основных фондов	0,68	0,66	0,64	0,63	0,6	0,57	0,63	0,61	0,59	0,57	0,55	0,52
Показатель надежности	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Показатель качества технологического процесса	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91

3.17. Состав и число комплектующих элементов поливного модуля с машиной ДКШ-64 «Волжанка», сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу модульного участка при различной водоподаче

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунке 3.8	Типоразмер											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		водоподача суточная 100 м³/га						водоподача суточная 80 м³/га					
ДКШ-64 (крыло) (ТУ 23.2.654—80)	*5*	2	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—
ДКШ-56 (крыло)		—	2	—	—	—	—	—	2	—	—	—	—
ДКШ-48 (крыло)		—	—	2	—	—	—	—	—	2	—	—	—
ДКШ-40 (крыло)		—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	—	—
ДКШ-32 (крыло)		—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	—
ДКШ-24 (крыло)		—	—	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2
Колодец К-15-18 (ГОСТ 820—80)	*6*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Патрубок ПД 002+0025	*10*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Труба ВТ9 ($D_н$=250 мм) (ГОСТ 539—80)	*4*	112	112	112	—	—	—	144	144	144	—	—	—
То же ($D_н$=200 мм)		3	3	3	112	112	112	3	3	3	144	144	144
То же ($D_н$=150 мм)		—	—	—	3	3	3	—	—	—	3	3	3
Гидрант (задвижка 30ч6бр $D_н$=150 мм) (ГОСТ 8437—75)	*3*	30	30	30	30	30	30	38	38	38	38	38	38
Присоединительный патрубок ($D_н$=150... 250 мм; l=2200 мм)	*16*	30	30	30	30	30	30	38	38	38	38	38	38
Клапан защитный КЗГ-120 (ТУ 33-107—78)	*1*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Затвор ($D_н$ = 100 мм) (ТУ 33-335—85)	*14*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Присоединительный патрубок ($D_н$=150... 200 мм; l=1970 мм)	*15*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Вантуз В-6 (ТУ 33-186—81)	*2*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Клапан впуска и защемления воздуха КВЗВ (ТУ 33-46—81)	*11*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Задвижка 30ч6бр ($D_н$=50 мм) (ГОСТ 8437—75)	*12*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Присоединительный патрубок ($D_н$=150... 200 мм; l=1970 мм)	*13*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Затвор ($D_н$=250 мм) (ГОСТ 8437—75)	*9*	1	1	1	—	—	—	1	1	1	—	—	—
То же ($D_н$=220 мм) (ТУ 30-335—85)		—	—	—	1	1	1	—	—	—	1	1	1

Продолжение

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунке 3.8	Типоразмер											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		водоподача суточная 100 м³/га						водоподача суточная 80 м³/га					
Муфта чугунная (D_n=150...250 мм) (ГОСТ 17584—72)		65	65	65	65	65	65	81	81	81	81	81	81
Муфта «САМ-9» (ГОСТ 539—80)		85	85	85	85	85	85	109	109	109	109	109	109
Дополнительное оборудование — гидроподкормщик													
Насос-дозатор ДМ 11.640	*7*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Технологическое оборудование (ТУ 33-74—77)	*8*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

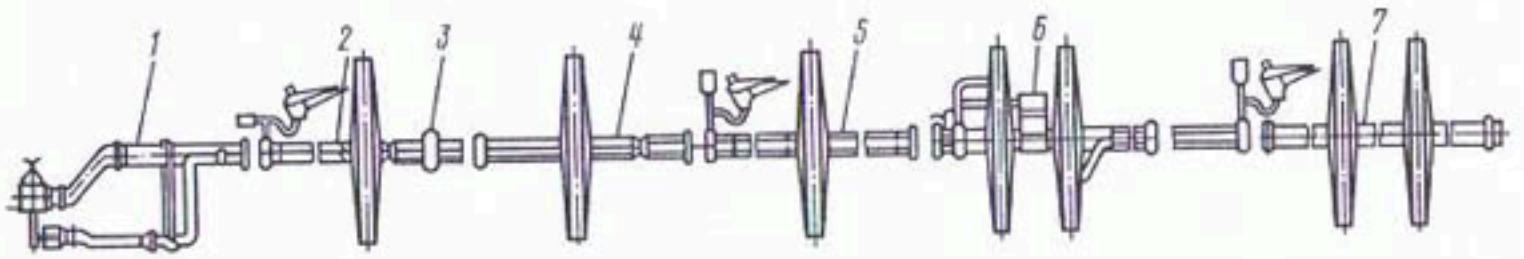


Рис. 3.9. Схема компоновки дождевального крыла машины ДКГ-80 «Ока»:
1 — узел присоединения к гидранту телескопический; *2* — секция с дождевальным аппаратом (нормально открытый); *3* — программное устройство; *4* — секция без аппарата; *5* — секция с дождевальным аппаратом (нормально закрытый); *6* — тележка с гидроприводом; *7* — концевая секция

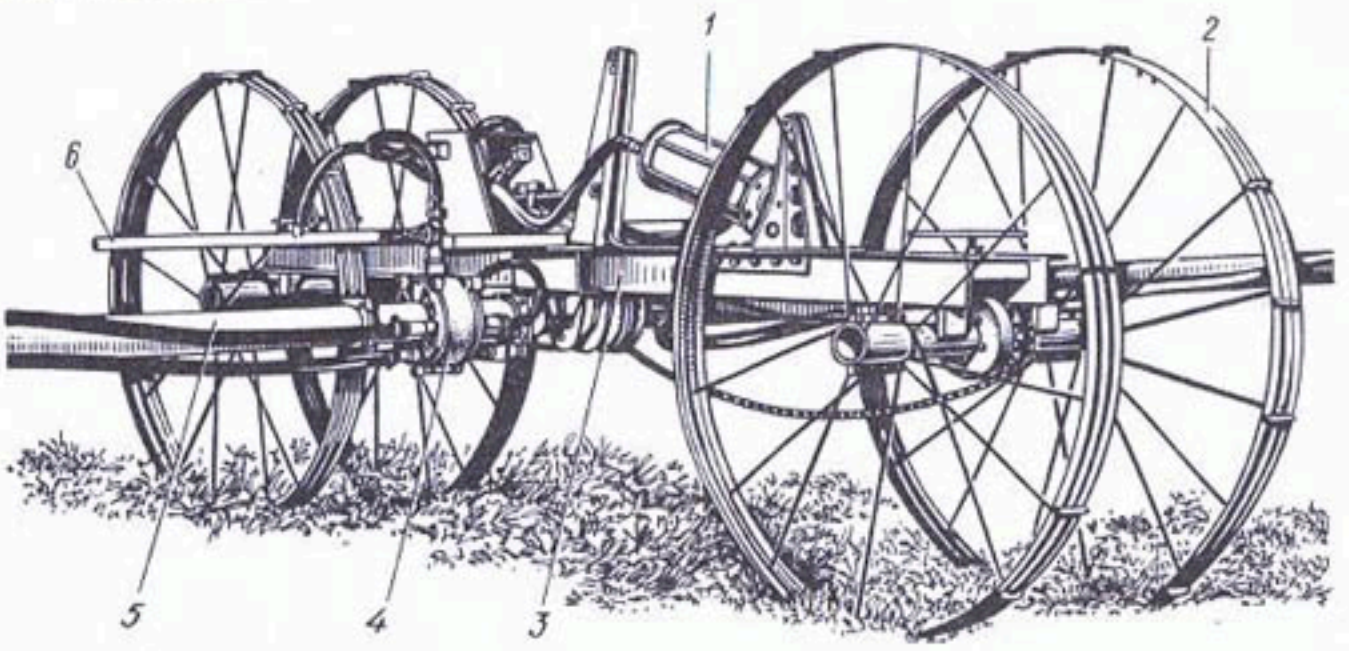
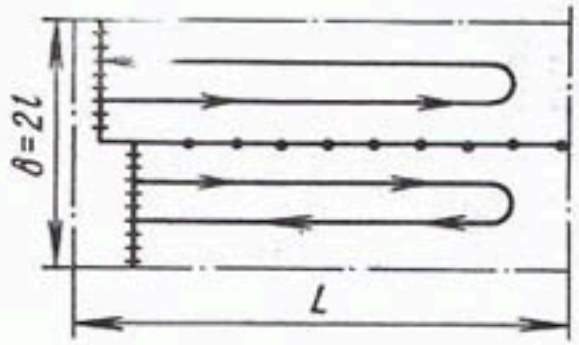
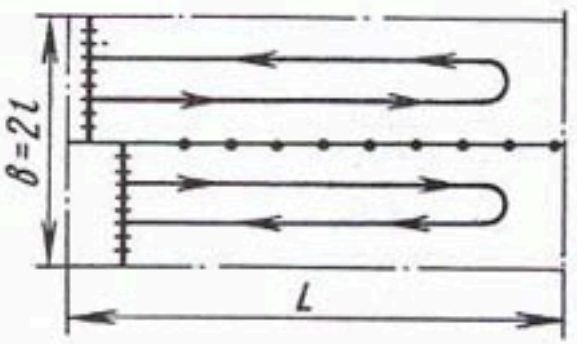


Рис. 3.10. Центральная тележка колесного трубопровода ДКГ-80 «Ока» с гидроприводом:
1 — гидродвигатель; *2* — колесо ведущее; *3* — рама; *4* — муфта обводная; *5* — трубопровод управляющий; *6* — трубка сливная

3.18. Технологические схемы работы дождевальной машины ДКГ-80 «Ока»

Схема расстановки и перемещения машины	Описание работы	Достоинства	Недостатки
	Машина обслуживает одно поле. В одном направлении движется в рабочем состоянии с выдачей расчетной поливной нормы. Возвращается на исходную позицию холостым перегоном	Поливной трубопровод рассчитывают на один расход машины. Обеспечивается возможность закладки лесополос по всему периметру поля	Большие проходы оператора-поливальщика при обслуживании нескольких машин
	Машина обслуживает одно поле. В одном направлении выдает меньшую часть поливной нормы, а при возвращении — остальную часть нормы. Исходной позицией может быть середина поля	Поливной трубопровод рассчитывают на расход одной машины. Отсутствуют холостые перегоны. Обеспечиваются возможность закладки лесополос по периметру всего поля и выдача больших поливных норм без стока	Большие проходы оператора-поливальщика при обслуживании группы машин. Уменьшается сменная производительность машины, повышается загрузка оператора-поливальщика

ту и гидравлический переключатель. К гидранту оросительной сети каждое крыло присоединяется с помощью колонки и узла присоединения. Через каждые две секции установлены дождевальные аппараты «Роса-3» с механизмами самоустановки в вертикальное положение и с гидроуправляемыми клапанами (рис. 3.11).

Дождевальные аппараты работают поочередно через один, двумя группами (нормально открытые и нормально закрытые). Переключаются дождевальные аппараты с помощью программатора, который подает импульсы давления к гидроклапанам по управляющему трубопроводу.

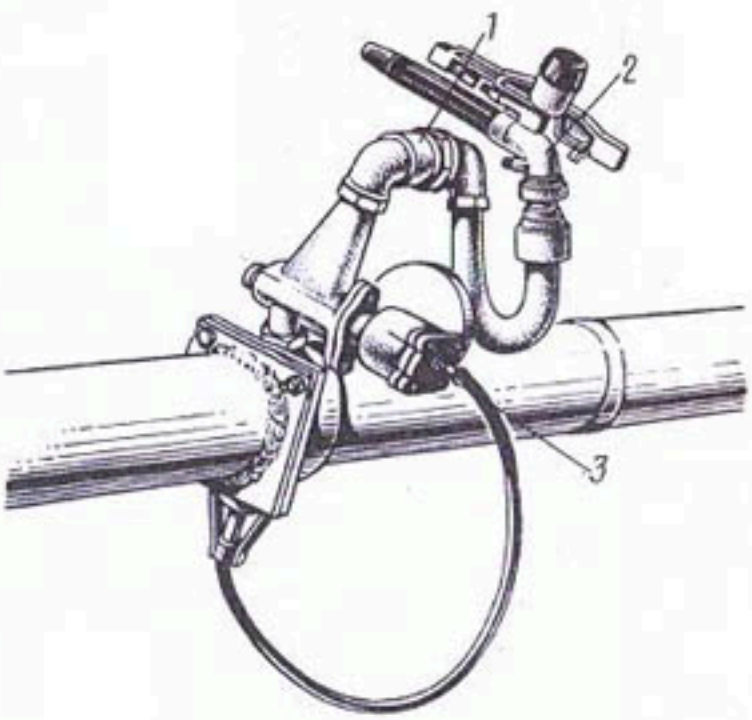


Рис. 3.11. Механизм самоустановки и гидравлический управляющий клапан дождевального аппарата ДКГ-80 «Ока»:

1 — механизм самоустановки; *2* — дождевальный аппарат «Роса-3М»; *3* — гидравлический управляющий клапан

Групповая работа среднеструйных дождевальных аппаратов позволяет увеличить длину захвата и, следовательно, расстояния между гидрантами до 36 м, а время стоянки на позиции — в 1,5...2 раза по сравнению с серийной машиной «Волжанка». Применение гидропривода при управлении перемещением машины с торца трубопровода обеспечивает сокращение затрат времени на технологическое обслуживание. Поэтому один оператор может обслуживать 3...4 машины и увеличить производительность труда на поливе в 2...3 раза по сравнению с машиной «Волжанка».

Ниже приведена техническая характеристика машины ДКГ-80 «Ока».

Тип машины	Самоходный дождевальный трубопровод позиционного действия
Привод	Гидравлический с использованием энергии оросительной воды
Ширина захвата (расстояние между оросителями), м	800
Расход, л/с	100
Давление на гидранте, МПа	0,5
Расстояние между позициями, м	36
Производительность чистой работы при поливной норме 600 м^3/га, га/ч	0,6
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,21
Скорость движения во время смены позиций, м/мин, при поливе:	
вегетационном	5...9
влагозарядковом	3,5...4
Площадь, поливаемая с одной позиции, га	2,88

Высота трубопровода над землей, м	0,9
Диаметр поливного трубопровода и толщина стенки, мм	150×2
Масса машины, кг	6400
Обслуживающий персонал, чел.	Один на 2...3 машины

Рекомендуемые технологические схемы работ машины ДКГ-80 «Ока» приведены в таблице 3.18, а продолжительность работы на позиции в зависимости от поливной нормы и величины испарения — в таблице 3.19.

3.19. Продолжительность работы ДКГ-80 «Ока» с рабочим расходом 100 л/с на позиции, мин

Поливная норма, мм	Затраты воды на испарение, %					
	0	5	10	15	20	25
10	48	50	53	55	58	60
20	96	101	106	111	115	120
30	144	151	159	166	173	180
40	192	202	212	221	230	240
50	240	252	264	276	288	300
60	288	302	317	331	346	360
80	384	404	423	442	461	480

Коэффициент использования времени смены K_{sh} для различной поливной нормы m приведен ниже.

m, м³/га	200	300	400	500	600	800
K_{sh}	0,70	0,76	0,81	0,84	0,86	0,88

Схемы поливного модуля и монтажа его элементов показаны на рисунке 3.12, а основные параметры, состав элементов и технико-эксплуатационная характеристика поливного модуля приведены в таблицах 3.20 и 3.21.

Дождевальный колесный трубопровод ДКН-80 (рис. 3.13) предназначен для полива кормовых культур, лугов и пастбищ как чистой водой, так и водой в смеси с подготовленными животноводческими стоками. Удобрительная смесь должна содержать не более 2 % сухого вещества с размером частиц до 10 мм.

Трубопровод имеет высокую степень унификации с машиной ДКШ-64 «Волжанка». Основными узлами, в конструкцию которых внесены изменения, являются механизм самоустановки дождевального аппарата, сливной клапан с принудительным открытием, односопловый среднеструйный дождевальный аппарат ДКН-80.05.00, разработанный на базе аппарата «Роса-3»; введено устройство для крепления и самоустановки аппарата на конце крыла.

Механизм самоустановки обеспечивает вертикальное положение дождевального аппарата и сливного клапана. Он включает патрубок с квадратными фланцами, такими же, как и у звеньев крыла, верхнюю и нижнюю полумуфту с прокладкой и резиновыми манжетами. К на-

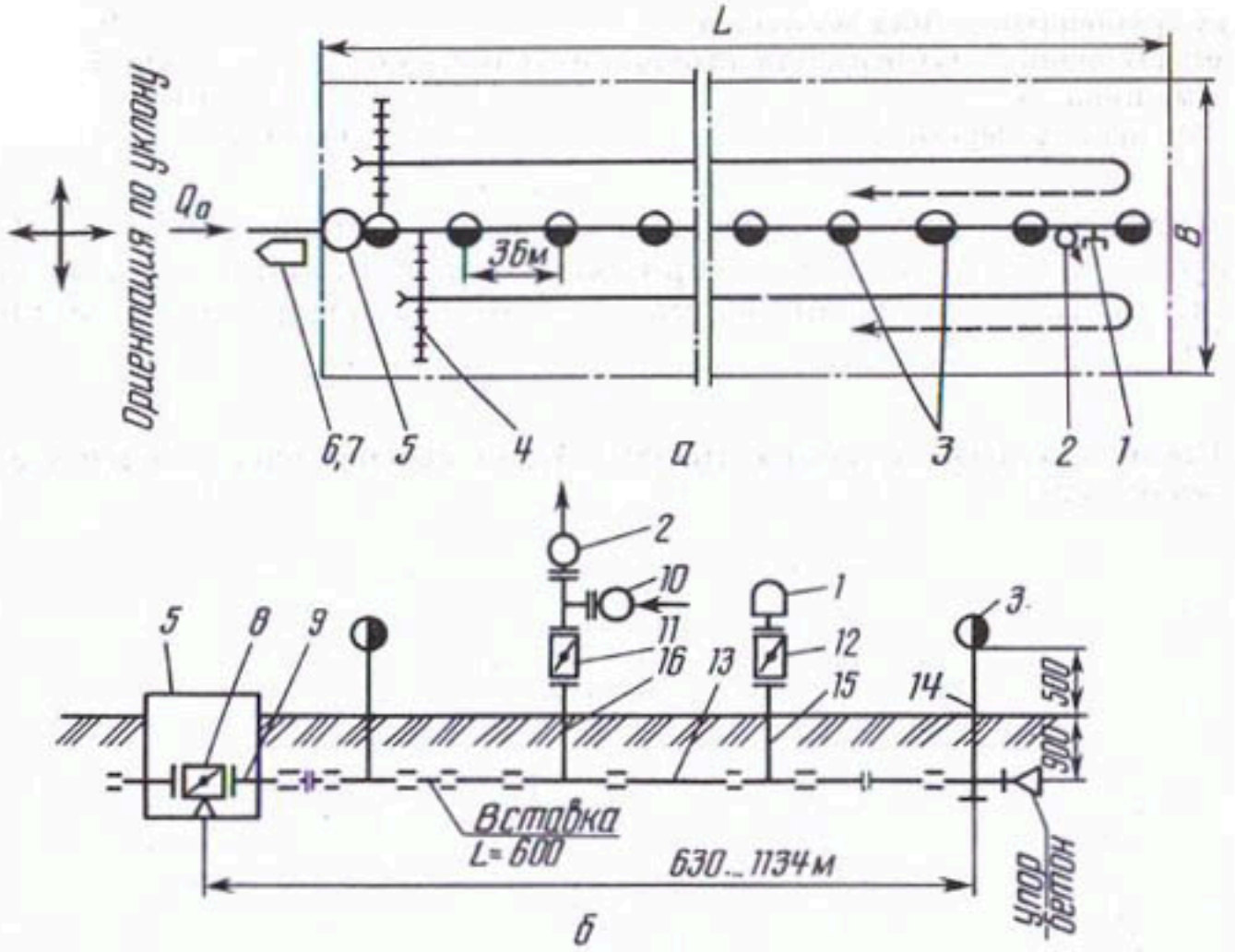


Рис. 3.12. Схема поливного модуля с машиной ДКГ-80 «Ока» (*а*) и его монтажа (*б*) (условные обозначения см. табл. 3.21)

ружным торцам муфты присоединены стабилизирующие ролики и специальный кронштейн с грузом. На верхней полумуфте устанавливают дождевальный аппарат (рис. 3.14); в отверстии нижней полумуфты закрепляют сливной клапан.

3.20. Основные параметры и технико-эксплуатационные характеристики поливного модуля с машиной ДКГ-80 «Ока», сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу модульного участка

Параметры	Типоразмер								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	водоподача суточная 100 м³/га			водоподача суточная 80 м³/га			водоподача суточная 60 м³/га		
Площадь, га	51,8	45,4	38,9	69,1	60,5	51,8	92,2	80,6	69,1
Длина, м	648	648	648	864	864	864	1152	1152	1152
Ширина, м	800	700	600	800	700	600	800	700	600
Расход, л/с	80	70	60	80	70	60	80	70	60
Напор, м	62,8	62	57,8	63,8	63,8	59,1	65	66,2	60
Материалоемкость основного оборудования, т	38,35	35,44	34,84	56,78	44,81	44,21	73,42	57,3	56,7
Удельная металлоемкость, т/га	0,74	0,78	0,9	0,82	0,74	0,85	0,8	0,71	0,82

3.21. Состав и число комплектующих элементов поливного модуля с машиной ДКГ-80 «Ока», сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу модульного участка для различной водоподачи

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунке 3.12	Типоразмер								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		водоподача суточная 100 м³/га			водоподача суточная 80 м³/га			водоподача суточная 60 м³/га		
ДМ «Ока»-800	4	2	—	—	2	—	—	2	—	—
ДМ «Ока»-700		—	2	—	—	2	—	—	2	—
ДМ «Ока»-600		—	—	2	—	—	2	—	—	2
Колодец К-15-18 (ГОСТ 820—80)	5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Патрубок ПД (002—003)	9	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Труба ВТ9 (D_n=300 мм) (ГОСТ 539—80)	13	128	—	—	176	—	—	240	—	—
То же (D_n=250 мм)		—	128	128	—	176	176	—	240	240
То же (D_n=200 мм)		8	8	8	8	8	8	8	8	8
Гидрант и задвижка (D_n=100 мм) (ГОСТ 8437—75)	3	18	18	18	24	24	24	32	32	32
Присоединительный патрубок (D_n=300...200 мм); l=2000 мм	14	18	18	18	24	24	24	32	32	32
Клапан защитный КЗГ-120 (ТУ 33-104—72)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Затвор (D_n=100 мм) (ТУ 33-335—85)	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Присоединительный патрубок (D_n=200 мм; l=1200 мм)	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Вантуз В-6 (ТУ 33-186—81)	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Клапан впуска и защемления воздуха КВЗВ (ТУ 33-46—81)	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Задвижка 30ч6бр (D_n=50 мм) (ГОСТ 8437—75)	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Присоединительный патрубок (D_n=200 мм; l=1200 мм)	16	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Затвор (D_n=300 мм) (ТУ 33-335—85)	8	1	—	—	1	—	—	1	—	—
Затвор (D_n=250 мм) (ГОСТ 8437—75)	8	—	1	1	—	1	1	—	1	1
Муфта чугунная (D_n=300...200 мм) (ГОСТ 17584—72)		41	41	41	53	53	53	69	69	69
Муфта «САМ Г» (ГОСТ 539—80)		119	119	119	161	161	161	217	217	217
Дополнительное оборудование:										
гидроподкормщик насос-дозатор ДМ 11.640	6	1	1	1	1	1	1	1	1	1
технологическое оборудование (ТУ 33-74—77)	7	1	1	1	1	1	1	1	1	1

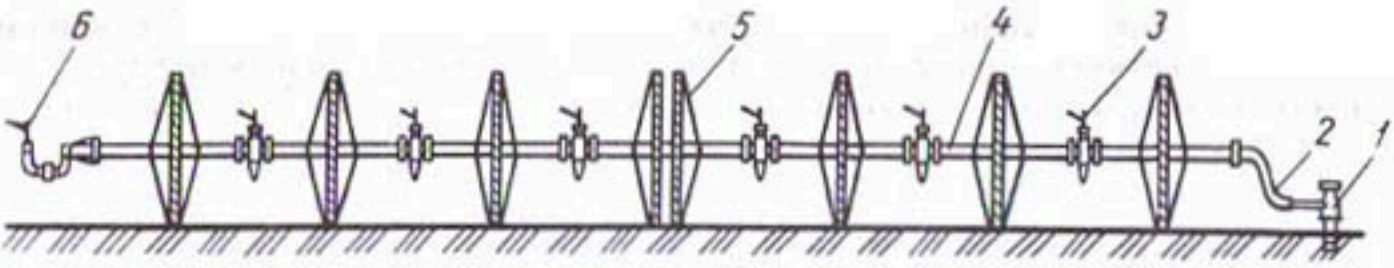


Рис. 3.13. Дождевальный колесный трубопровод ДКН-80:
1 — гидрант; *2* — шланг; *3* — дождевальный аппарат; *4* — секция трубопровода; *5* — тележка ведущая; *6* — концевой дождевальный аппарат

Дождевальный аппарат ДКН-80.05.00 представляет собой аппарат «Роса-3» с заглушенным приводным соплом и соплом для ближнего полива, укороченным на 84 мм стволом, усиленной пружиной, с лопаткой коромысла, приспособленной к приводу от струи основного сопла. Расходно-напорная характеристика аппарата приведена на рисунке 3.3. В собранном виде дождевальный аппарат с механизмом самоустановки и сливным клапаном образуют рабочую вставку, которую монтируют в трубопроводе через каждые два звена (через 25,2 м).

На конце крыла трубопровода вместо заглушки расположен концевой дождевальный аппарат с механизмом самоустановки. Он состоит из конусного патрубка с квадратным фланцем, дождевального аппарата и колена с грузом, обеспечивающим вертикальное положение концевого аппарата (рис. 3.15).

Гидранты оросительной сети и присоединительные колонки имеют бóльшие проходные сечения, чем у машины «Волжанка». Техническая характеристика модификаций машины ДКН-80 приведена в таблице 3.22.

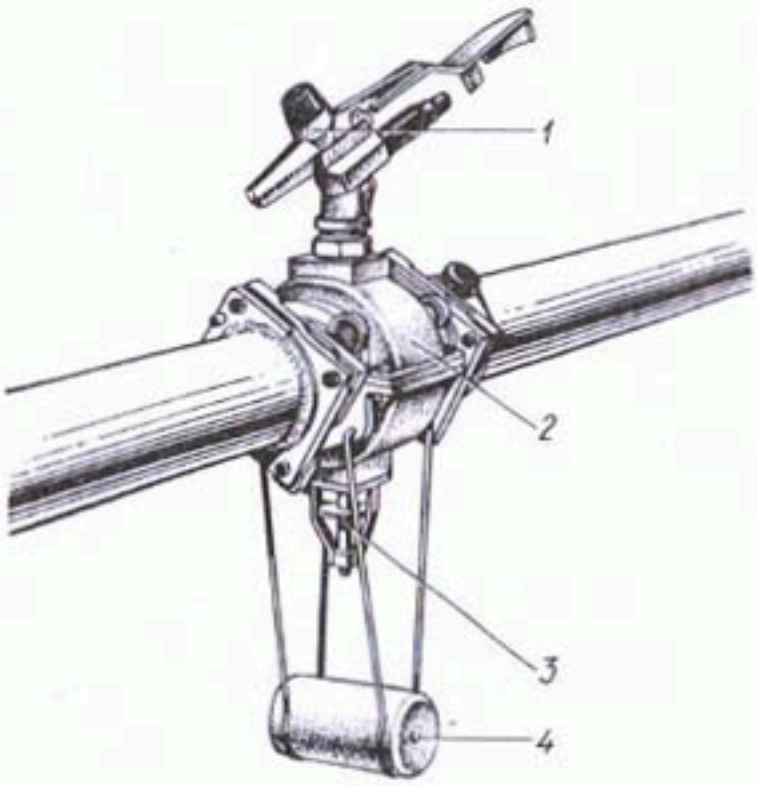


Рис. 3.14. Механизм самоустановки дождевального аппарата ДКН-80.05.00:
1 — дождевальный аппарат; *2* — муфта; *3* — клапан сливной; *4* — груз

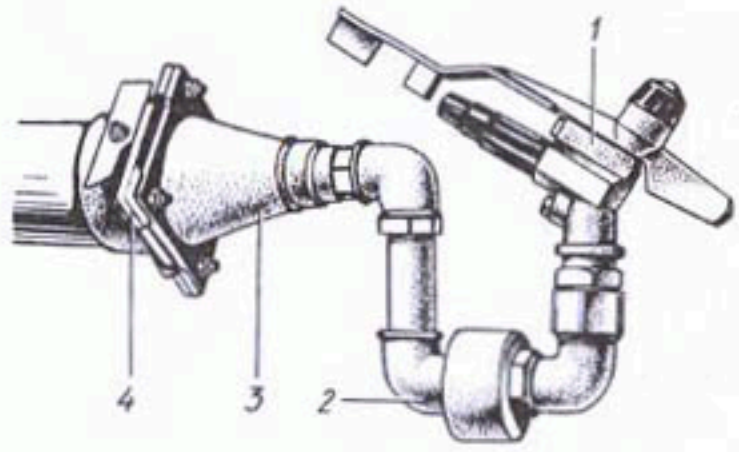


Рис. 3.15. Механизм самоустановки концевого дождевального аппарата машины ДКН-80:
1 — дождевальный аппарат; *2* — колено с грузом; *3* — патрубок конусный; *4* — фланец квадратный

3.22. Техническая характеристика модификаций дождевального колесного трубопровода ДКН-80

Параметры	ДКН-80-600	ДКН-70-500	ДКН-60-400
Расход воды, л/с	90	70	60
Марка дождевального аппарата		ДКН-80.05.000	
Число дождевальных аппаратов с диаметром сопла 14 мм	20	16	12
Число концевых аппаратов с диаметром сопла 18 мм	2	2	2
Давление на гидранте, МПа	0,45	0,45	0,45
Средняя интенсивность дождя (с перекрытием), мм/мин	0,3	0,31	0,33
Ширина захвата (два крыла), м	600	500	400
Расстояние между позициями, м	27	27	27
Площадь полива на одной позиции с учетом перекрытия, га	1,6	1,33	1,07
Производительность чистой работы (при норме полива 600 $м^3$/га), га/ч	0,48	0,42	0,36
Привод (энергетическое средство)	Два двигателя от мотопилы «Дружба-4»		
Скорость передвижения, м/мин	9	9	9
Масса, кг	4500	3910	3320

Продолжительность работы на позиции машины ДКН-80 в зависимости от величины поливных норм приведена в таблице 3.23.

3.23. Продолжительность работы ДКН-80 на позиции при различных поливных нормах, мин

Поливная норма, мм	Затраты воды на испарение, %					
	0	5	10	15	20	25
10	30	32	33	35	36	38
20	61	64	67	70	73	76
30	92	97	102	106	110	115
40	122	129	134	140	147	153
50	151	159	166	174	181	189
60	181	191	199	208	217	226
80	243	256	267	280	292	304

Полив подготовленными животноводческими стоками и чистой водой машиной ДКН-80 проводят по следующим схемам: I — полив по схеме животноводческие стоки — вода; II — полив по схеме вода — навоз — вода; III — полив разбавленными животноводческими стоками.

Наиболее приемлема схема II. В этом случае сначала к машинам подают оросительную воду, затем животноводческие стоки. После выдачи нормы удобрительного раствора снова подают оросительную воду и одновременно промывают машину.

Колесный дождевальный трубопровод ДКН-80 можно использовать в составе поливного модуля. Основные параметры и состав элементов

3.24. Основные параметры и технико-эксплуатационные характеристики поливного модуля с машиной ДКН-80, сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу модульного участка

Параметры	Типоразмер								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	водоподача суточная 100 м³/га			водоподача суточная 80 м³/га			водоподача суточная 60 м³/га		
Площадь, га	48,6	43,2	36,7	61,56	54	47,52	84,24	72,9	62,64
Длина, м	810	864	918	1026	1080	1188	1404	1458	1366
Ширина, м	600	500	400	600	500	400	600	500	400
Расход, л/с	80	70	60	80	70	60	80	70	60
Напор, м	48,5	48,9	45,5	49,4	50,7	47,2	61,1	53,8	49,5
Материалоемкость основного оборудования, т	50,84	41,72	43,62	62,51	50,29	54,23	82,68	55,11	69,19
Удельная материалоемкость, т/га	1,05	0,96	1,19	1,01	0,93	1,14	0,98	0,89	1,1
Нагрузка на одного оператора, га	40,5	36	30,6	82,1	72	63,4	170,2	147,3	126,5
Удельная энергоемкость, т/га	2398,1	2416,7	2249,5	1140,7	1169	1088,4	563	592,9	545,8
Коэффициент земельного использования	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Коэффициент полезного действия	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Коэффициент использования во времени основных фондов	0,59	0,56	0,52	0,54	0,51	0,47	0,48	0,46	0,42
Показатель надежности	0,989	0,989	0,989	0,987	0,988	0,988	0,985	0,986	0,987
Показатель качества технологического процесса	0,841	0,841	0,841	0,888	0,888	0,888	0,94	0,94	0,94

3.25. Состав и число комплектующих элементов поливного модуля с машиной ДНК-80, сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу модульного участка для различной водоотдачи

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунке 3.16	Типоразмер								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		водоподача суточная 100 м³/га			водоподача суточная 80 м³/га			водоподача суточная 60 м³/га		
ДКН-80 (ТУ 23.2146—80)	*8*	2	—	—	2	—	—	2	—	—
ДКН-70 (ТУ 23.2146—80)		—	2	—	—	2	—	—	—	2
ДКН-60 (ТУ 23.2146—80)		—	—	2	—	—	2	—	—	2
Колодец $К_с$-15-18 (ТП 820—80)	*7*	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Задвижка 30ч6бр ($D_п$=300 мм) (ГОСТ 8437—75)	*9*	1	—	—	1	—	—	1	—	—
То же ($D_п$=250 мм) (ГОСТ 8437—75)		—	1	1	—	1	1	—	1	1

Продолжение

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунке 3.16	Типоразмер								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		водоподача суточная 100 м³/га			водоподача суточная 80 м³/га			водоподача суточная 60 м³/га		
Патрубок ПФ (D_n=300 мм, l=700 мм) (ГОСТ 19903—74)	*10*	2	—	—	2	—	—	2	—	—
Патрубок ПФ (D_n=250 мм, l=750 мм) (ГОСТ 19903—74)	*10*	—	2	2	—	2	2	—	2	2
Гидрант ГВ II—300 (ТП 820-236. Альбом № 1)	*6*	29	—	—	37	—	—	51	—	—
ГВ 11-250		—	31	33	—	39	43	—	53	57
ГВ-21-200 (концевой) (ТП 820-236. Альбом № 1)	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Труба ВТ9 тип I (D_n=300 мм) (ГОСТ 539—80)	*1*	179	—	—	230	—	—	318	—	—
Труба ВТ9 тип I (D_n=250 мм) (ГОСТ 539—80)		—	192	205	—	243	268	—	331	357
Труба ВТ9 тип I (D_n=200 мм) (ГОСТ 539—80)		7	7	7	7	7	7	7	7	7
Переход (D_n=300×200 мм, l=600 мм) (ГОСТ 19903—74)	*5*	1	—	—	1	—	—	1	—	—
Переход (D_n=250×200 мм, l=600 м)		—	1	1	—	1	1	—	1	1
Вантуз В II-200 (ТП 820-236. Альбом № 1)	*3*	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Вантуз В-6 (D_n=50 мм) (ТУ 33 186—81)		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Противоударное устройство КЗГ-120 (ТУ 33 107—78)	*4*	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Задвижка 30ч6бр (D_n=100 мм) (ГОСТ 8437—75)	*11*	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Муфта «Жибо» (D_n=300 мм) (ГОСТ 17584—72)		59	—	—	75	—	—	103	—	—
Муфта «Жибо» (D_n=250 мм) (ГОСТ 17584—72)		—	63	67	—	79	87	—	107	115
Муфта «Жибо» (D_n=220 мм) (ГОСТ 17584—72)		6	6	6	6	6	6	6	6	6

одного из вариантов модуля приведены в таблицах 3.24 и 3.25, а схемы участка модуля и монтажа его элементов — на рисунке 3.16.

Дождевальный шлейф ДШ-25/300 предназначен для полива пастбищ, сенокосных угодий, садов и сельскохозяйственных культур преимущественно на участках с длинными гонами (не менее 1000 м).

Допустимый уклон участка: поперечный — до 0,07; продольный — до 0,05. Полив проводится позиционно с питанием от гидрантов закрытых оросителей; перемещение в осевом направлении осуществляется на прицепе трактора класса тяги 0,6...0,9.

Шлейф состоит из стального трубопровода сечением 102×2, длиной 150 м, трех дождевальных аппаратов «Тимирязевец», размещенных

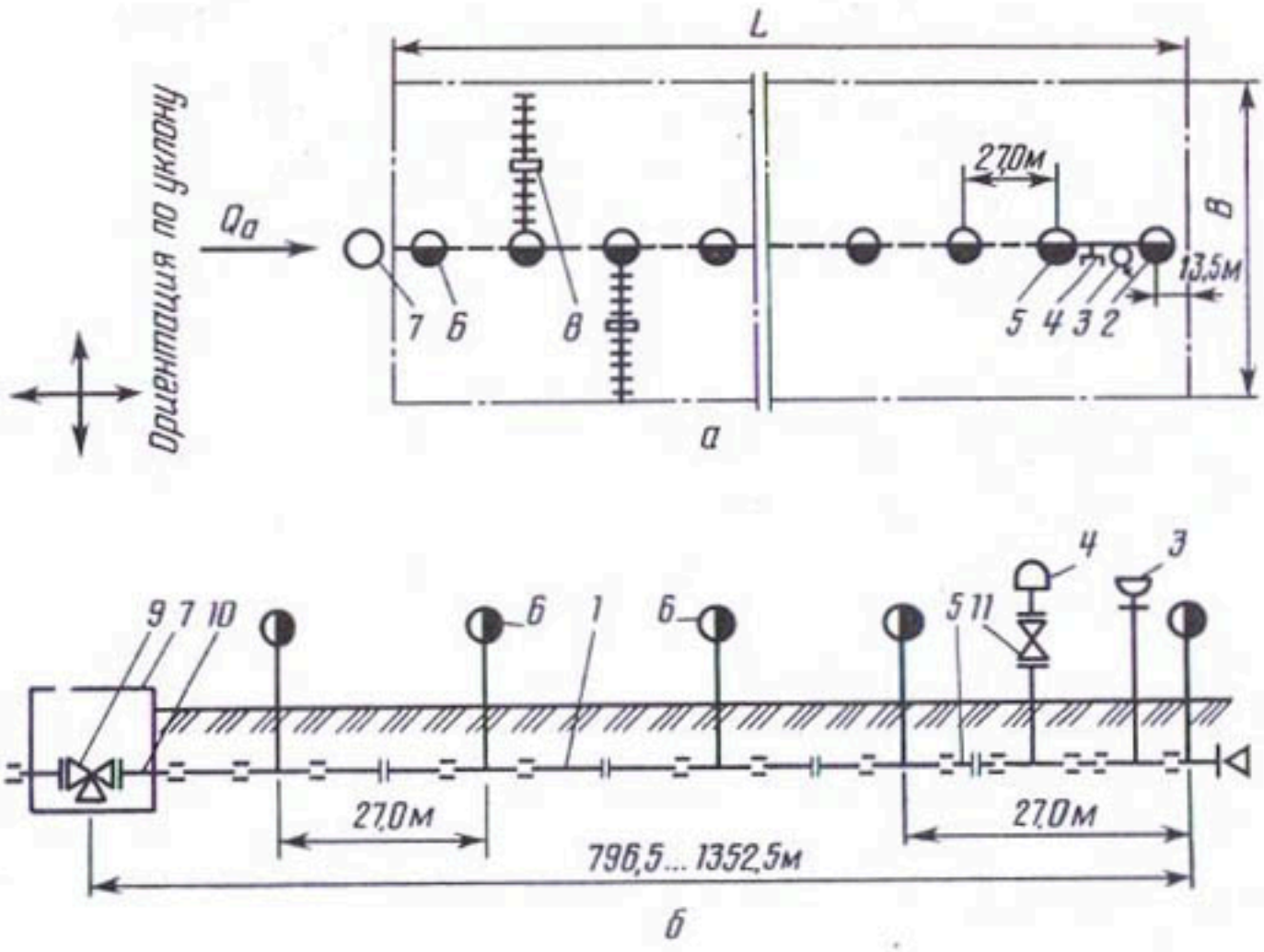


Рис. 3.16. Схема поливного модуля с машиной ДКН-80 (*а*) и его монтажа (*б*) (условные обозначения см. табл. 3.25)

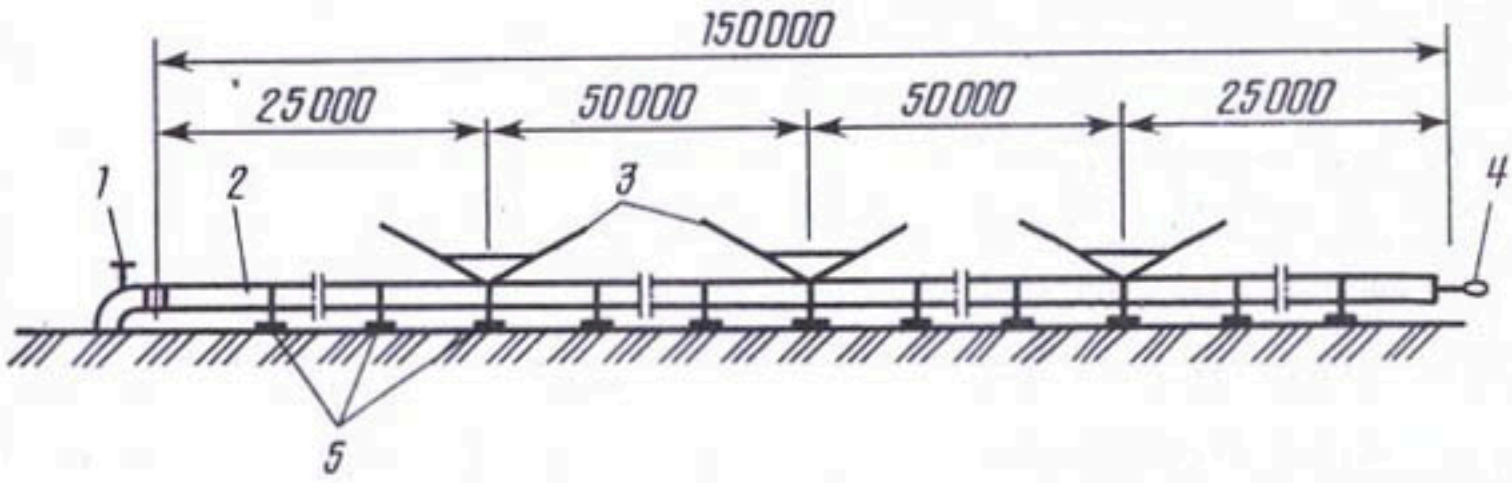


Рис. 3.17. Общий вид дождевального шлейфа ДШ-25/300:

1 — гидрант закрытого оросителя; *2* — водопроводящий пояс; *3* — дождевальный аппарат КД-10 «Тимирязевец»; *4* — скоба для присоединения тягового троса трактора; *5* — лыжи опорные

через 50 м друг от друга по длине трубопровода. На каждом конце трубопровода имеется трубчатое шарнирное сочленение, при помощи которого происходит присоединение одного конца шлейфа к гидранту напорной сети; второе сочленение перекрывается заглушкой (рис. 3.17).

Для работы в саду к шлейфу поставляют три надставки-удлинителя. Ниже приведена техническая характеристика дождевального шлейфа.

Дождевальный шлейф ДШ-25/300

Расход воды, л/с	26...30,5
Рабочий напор у входа в шлейф, МПа	0,5
Расстояние между линиями постоянного трубопровода, м	300
Расстояние между гидрантами на постоянном трубопроводе, м	60
Расстояние между дождевальными аппаратами, м	50,7
Площадь полива с одной позиции, га	0,9
Средний слой дождя, мм/мин	0,126...0,168
Производительность чистой работы при поливной норме 600 $м^3$/га, га/ч	0,15
Коэффициент земельного использования	0,98
Транспортная скорость, км/ч	2,52
Число дождевальных аппаратов	3
Габаритные размеры, мм:	
длина	151920
ширина	1730
высота (числитель — полевой, знаменатель — садовый вариант)	4750/6930
Масса шлейфа, кг	1560
Обслуживающий персонал 5...10 шлейфов, чел.	2 (из них: тракторист — 1, поливальщик — 1)

Продолжительность работы шлейфа ДШ-25/300 на позиции в зависимости от величины поливной нормы приведена в таблице 3.26, а выработка за час основного времени — в таблице 3.27.

Дождевальный шлейф ДШ-25/300 можно использовать в составе поливных модулей. Состав элементов и основные параметры одного из вариантов поливного модуля приведены в таблицах 3.28 и 3.29, а схемы модульного участка и монтажа его элементов — на рисунке 3.18.

Широкозахватная многоопорная электрифицированная дождевальная машина ДФ-120 «Днепр» предназначена для полива зерновых и технических культур, овощей, а также для орошения лугов и пастбищ на площадях с уклоном до 0,02. Полив проводят позиционно с питанием от гидрантов закрытых оросителей, фронтальное перемещение между позициями — с приводом от передвижной электростанции, ус-

3.26. Продолжительность работы дождевального шлейфа ДШ-25/300 на позиции при различных поливных нормах, мин

Поливная норма, мм	Затраты воды на испарение, %					
	0	5	10	15	20	25
10	60	63	66	69	72	75
20	120	126	132	138	144	150
30	180	189	198	207	216	225
40	240	252	264	276	288	300
50	300	315	330	345	360	375
60	360	378	396	413	430	450
80	480	504	526	550	575	600

3.27. Выработка дождевального шлейфа ДШ-25/300 за час основного времени, га

Поливная норма, мм	Затраты воды на испарение, %					
	0	5	10	15	20	25
10	0,9	0,85	0,82	0,78	0,75	0,72
20	0,45	0,43	0,41	0,39	0,37	0,36
30	0,3	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24
40	0,22	0,21	0,2	0,2	0,19	0,18
50	0,18	0,17	0,16	0,16	0,15	0,14
60	0,15	0,14	0,14	0,13	0,12	0,12
80	0,11	0,11	0,1	0,1	0,09	0,09

тановленной на тракторе, перевозку с участка на участок в осевом направлении — на прицепе трактора-буксировщика (рис. 3.19).

Машина «Днепр» имеет 17 самоходных колесных тележек-опор. На них опирается водопроводящий пояс с открылками длиной 13,7 м, на которых расположены среднеструйные дождевальные аппараты «Роса-3». Открылки и звенья водопроводящего пояса имеют в горизонтальной и вертикальной плоскостях стабилизирующие тросовые раскосы и расчалки. Для присоединения к гидрантам служит телескопический шарнирный подсоединительный трубопровод с лебедкой. Машина снабжена электроприводом и системой синхронизации движения опор. Мощность электродвигателя привода тележек 1,1 кВт.

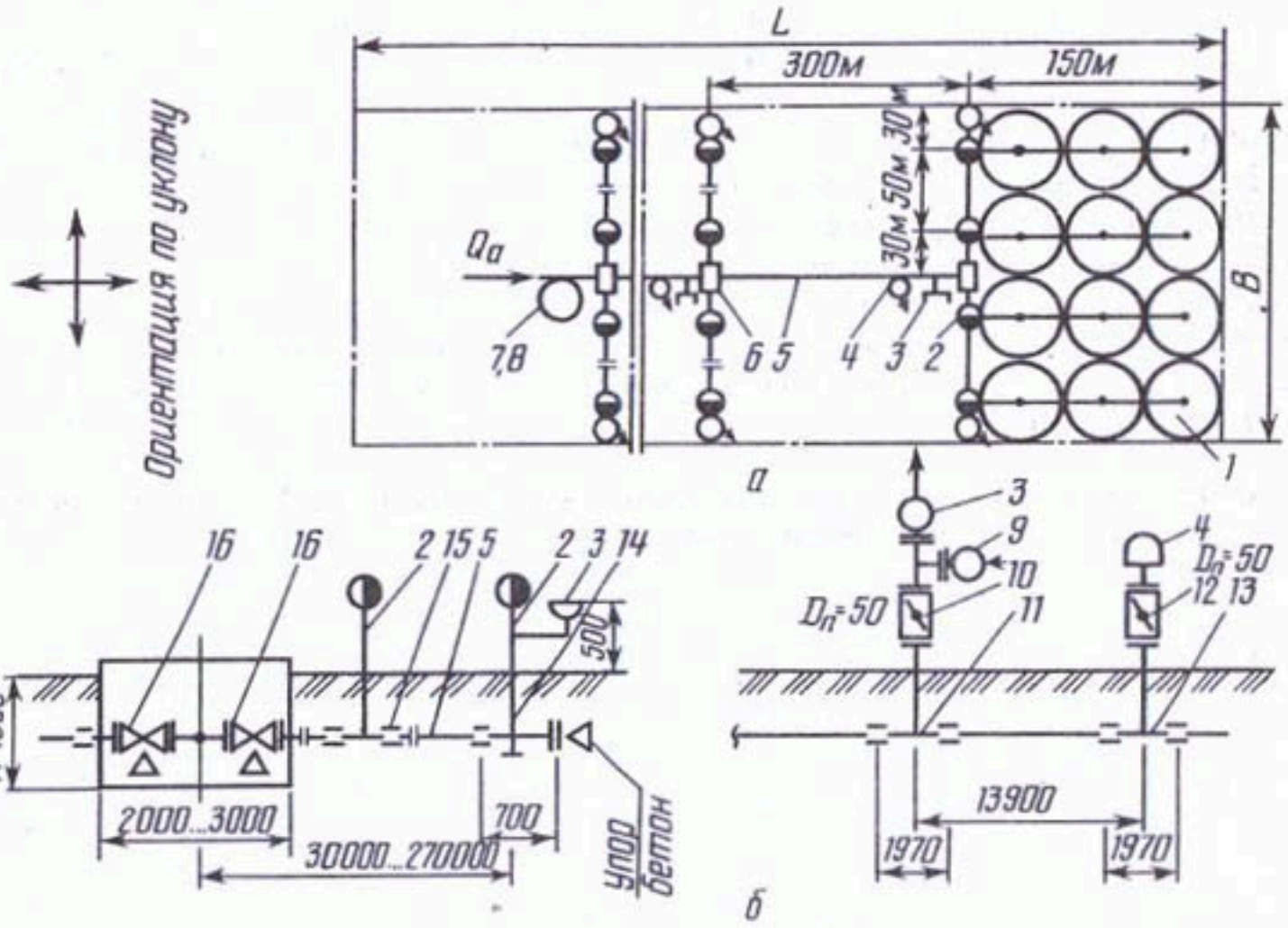


Рис. 3.18. Схема поливного модуля с машиной ДШ-25/300 (*а*) и его монтажа (*б*) (подвод воды к торцу участка, условные обозначения см. табл. 3.29)

3.28. Основные параметры и технико-эксплуатационные характеристики поливного модуля с дождевальным шлейфом ДШ-25/300, сеть из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу участка

Параметры	Типоразмер									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	водоподача суточная 80 м³/га					водоподача суточная 60 м³/га				
Площадь, га	54	108	162	216	270	72	144	216	288	360
Длина, м	4500	4500	4500	4500	4500	6000	6000	6000	6000	6000
Ширина, м	120	240	360	480	600	220	240	360	480	600
Расход, м³/с	60	120	180	240	300	60	120	180	240	300
Напор, м	76,2	68,6	70,9	62,6	68,7	85,6	75,1	78	66,7	74,9
Число оросителей	15	15	15	15	15	20	20	20	20	20
Материалоемкость основного оборудования, т	427,19	634,12	822,51	1135,84	12,945	572,13	855,52	1095,93	1520,14	1737
Удельная материалоемкость, т/га	7,9	5,87	5,08	5,26	4,79	7,9	5,94	5,07	5,28	4,8
Нагрузка на одного оператора, га/чел.	90	90	90	90	90	181,8	181,8	181,8	181,8	181,8
Удельная энергоемкость, кВт·ч/га	1233,9	1287,0	1259,3	1219,5	1184,9	626,6	659,8	640,7	623,9	590,7
Коэффициент земельного использования	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Коэффициент полезного действия	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Коэффициент использования во времени основных фондов	0,53	0,48	0,45	0,41	0,39	0,4	0,38	0,36	0,34	0,32
Показатель надежности	0,967	0,967	0,967	0,966	0,966	0,964	0,964	0,964	0,963	0,963
Показатель качества технологического процесса	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,945	0,945	0,945	0,945	0,945

3.29. Состав и число комплектующих элементов поливного модуля с дождевальным шлейфом ДШ-25/300, сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу участка

Параметры	Позиции на рисунке 3.18	Типоразмер									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		водоподача суточная 80 м³/га					водоподача суточная 60 м³/га				
Шлейф дождевальный ДШ-25/300 (ТУ 34-293—82)	*1*	2	4	6	8	10	2	4	6	8	10
Трактор МТЗ-80 (ТУ 23-191—74)		0,2	0,4	0,6	0,8	1	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Колодец прямоугольный бетонный 2000×2500×1800 (типовой проект 041-09-1184)	*6*	15	15	15	14	13	20	20	20	19	19
То же, 2500×2500×1800		—	—	—	1	1	—	—	—	1	1
То же, 2500×5000×1800		—	—	—	—	1	—	—	—	—	1
Патрубок ПД002...005 1100...1600		59	59	59	59	59	79	79	79	79	79
Тройник Т-1250 500...200...400		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Крестовина К250...500...200...400		14	14	14	14	14	19	19	19	19	19
Трубы ВТ9 (ГОСТ 539—80):											
$D_н$=500 мм	*5*	—	—	—	1050	1050	—	—	—	1425	1425
$D_н$=400 мм		—	—	1050	—	225	—	—	1425	—	300
$D_н$=350 мм		—	1050	—	225	450	—	1425	—	300	600
$D_н$=300 мм		—	—	225	450	450	—	—	300	600	600
$D_н$=250 мм		1050	225	450	450	450	1425	300	600	600	600
$D_н$=200 мм		225	450	450	450	450	300	600	600	600	600
Гидрант (задвижка 30ч6бр, $D_н$=150 мм) (ГОСТ 8457—75)	*2*	30	60	90	120	150	40	80	120	160	200
Присоединительный патрубок ($D_н$=200...400 мм; L=700...1970 мм)	*14*	30	60	90	120	150	40	80	120	160	200

Продолжение

Параметры	Позиции на рисунках	Типоразмер									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		водоподача суточная 80 м³/га					водоподача суточная 60 м³/га				
Клапан защитный КЗГ-120 (ТУ 33-107—78)	*4*	15	15	15	15	15	20	20	20	20	20
Затвор (D_n=100 мм) (ТУ 33-325—85)	*12*	15	15	15	15	15	20	20	20	20	20
Присоединительный патрубок (D_n=250...500 мм; l=1970 мм)	*13*	15	15	15	15	15	20	20	20	20	20
Вантуз В-6 (ТУ 33-186—81)	*3*	4	2	34	34	34	6	6	46	46	46
Клапан впуска и защемления воздуха КВЗВ (ТУ 33-46—81)	*9*	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6
Задвижка 30ч6бр (D_n=50 мм) (ГОСТ 8437—75)	*10*	4	4	4	4	4	6	6	6	6	6
Присоединительные патрубки (D_n=200...500 мм; l=700...1970 мм)	*11*	4	4	34	34	34	20	20	20	20	20
Затвор (задвижка):											
D_n=500 мм (ТУ 26-07-1109—75)	*16*	—	—	—	14	14	—	—	—	19	19
D_n=400 мм (ТУ 26-07-1204—81)		—	—	14	—	2	—	—	19	—	4
D_n=350 мм (ГОСТ 8437—75)		—	14	—	4	8	—	19	—	4	8
D_n=300 мм (ТУ 33-335—85)		—	—	6	8	6	—	—	8	12	10
D_n=250 мм (ГОСТ 8437—75)		14	10	12	8	6	19	14	16	12	8
D_n=200 мм (ТУ 33-335—85)		30	20	12	10	8	40	26	16	12	10
Муфта чугунная (D_n=200...500 мм) (ГОСТ 17584-12)	*15*	128	158	247	316	378	171	851	330	418	492
Муфта «САМ-9» (D_n=200...500 мм) (ГОСТ 539—80)		1225	1645	2085	2480	2900	1680	2200	2740	3420	3865
Дополнительное оборудование:											
насос-дозатор ДМ 11.640 ПС	*7*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
технологическое оборудование (ТУ 33-74—77)	*8*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

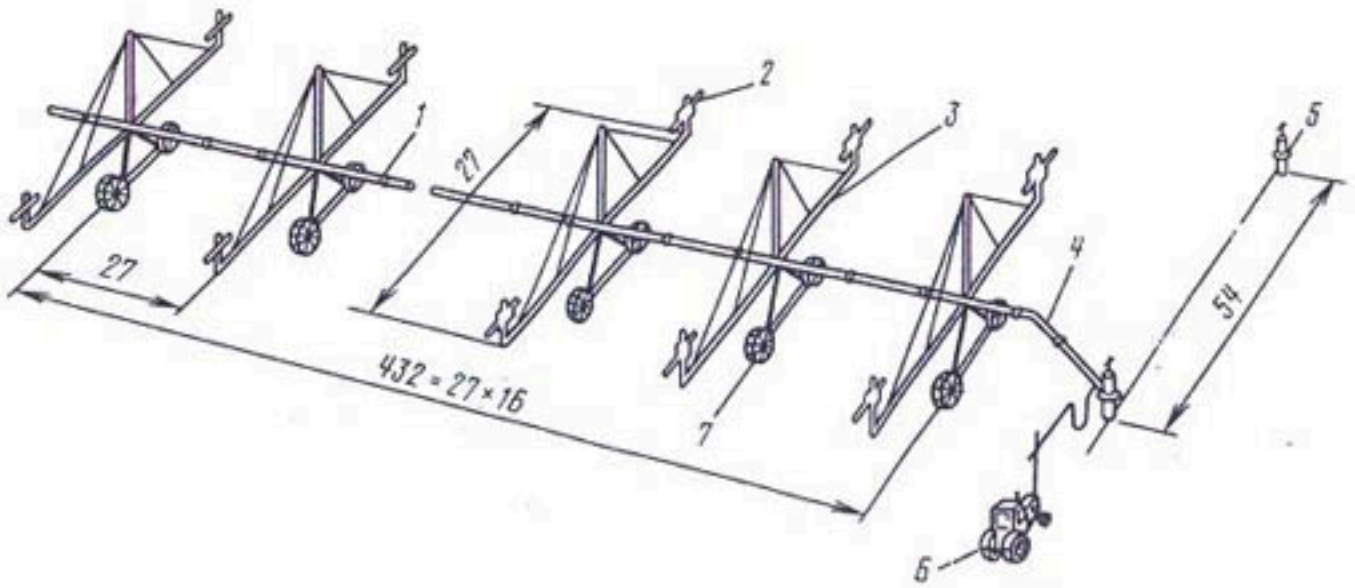


Рис. 3.19. Общий вид дождевальной машины «Днепр» ДФ-120:
1 — водопроводящий пояс; *2* — дождевальный аппарат «Роса-3»; *3* — открылок; *4* — присоединительное устройство; *5* — гидрант; *6* — навесная тракторная электростанция; *7* — самоходная тележка (размеры в м)

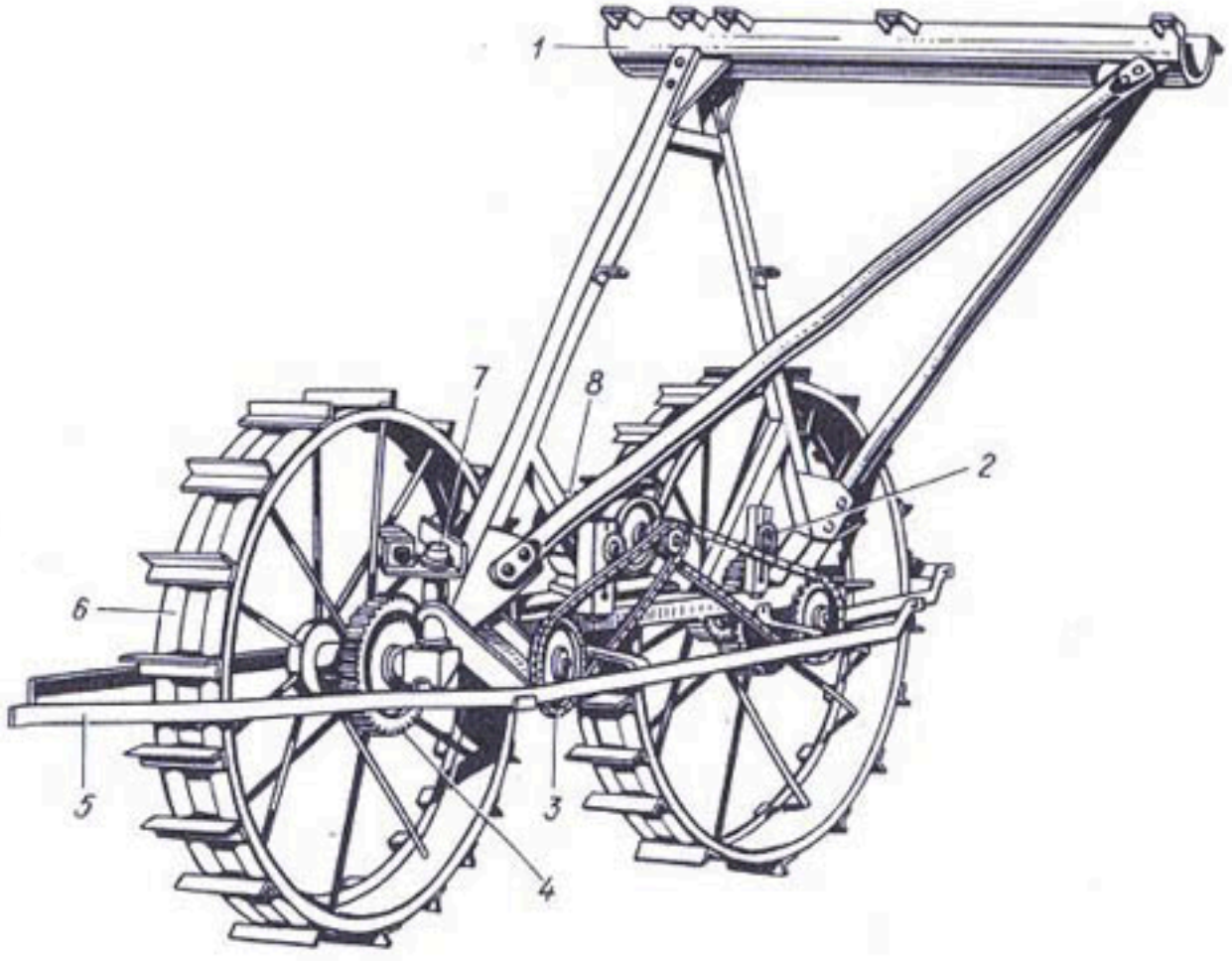


Рис. 3.20. Опорная тележка машины ДФ-120 «Днепр»:
1 — желоб; *2* — натяжная звездочка; *3, 4* — цепная и зубчатая передачи; *5* — стеблеотвод; *6* — колесо; *7* — ось; *8* — горизонтальный мотор-редуктор

Электропривод самоходных опор работает циклично, включаясь и выключаясь под действием системы синхронизации.

Привод ходовых колес осуществляется от расположенных на рамах опор мотор-редукторов через цепную и конечную зубчатую передачи. Оси ходовых колес могут поворачиваться с целью соответствующей (рис. 3.20) установки при перевозках машины с участка на участок на прицепе трактора.

Водопроводящий пояс машины состоит из девятиметровых звеньев алюминиевых труб (180×3,5 мм) с фланцевыми соединениями и сливными клапанами. Высота водопроводящего пояса над землей — 2,1 м (по оси).

На подсоединительном трубопроводе, имеющемся с каждого конца машины, расположены коробка подключения электросистемы машины к передвижной электростанции, манометр и водомер. Электрооборудование машины включает электропривод и электрическую станцию. Электропривод состоит из мотор-редукторов, присоединительных коробок, постов и механизмов управления, систем сигнализации и освещения, кабелей и электропроводки.

Механизм управления (синхронизации) осуществляет выравнивание промежуточных тележек движущейся машины при отключении мотор-редуктора опережающей тележки. Когда изгиб водопроводящего пояса машины достигает предельно допустимого значения, на пульте управления гаснет лампочка и включается звуковой сигнал трактора. Световая сигнализация установлена на опорных тележках.

3.30. Техническая характеристика модификаций машины «Днепр»

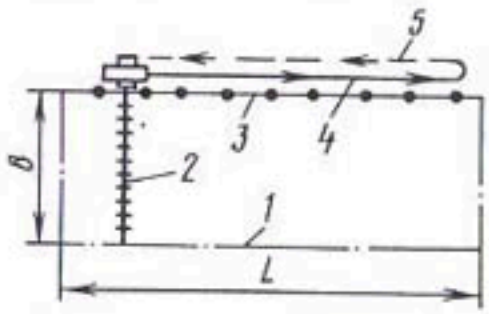
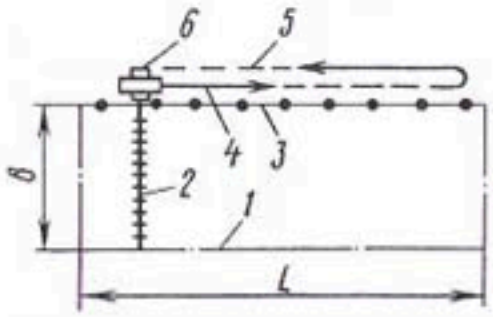
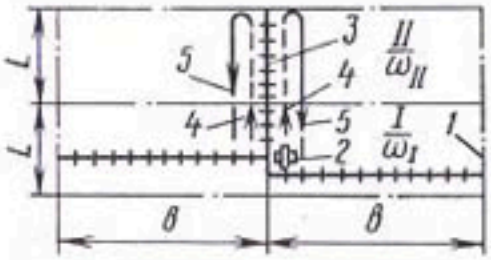
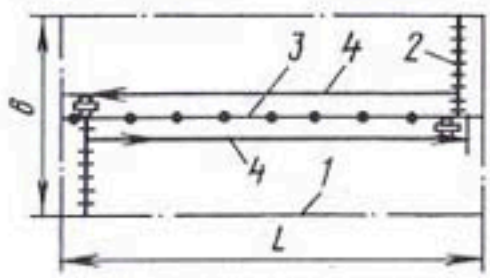
Параметры	ДФ-120	ДФ-120-01	ДФ-120-02	ДФ-120-03	ДФ-120-04
Производительность чистой работы при поливной норме 600 м³/га, га/ч	0,71	0,67	0,63	0,59	0,55
Расход воды, л/с	120	113	106	99	92
Напор у гидранта, м	45	45	45	45	45
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Ширина захвата, м	460	433	406	379	352
Высота расположения водопроводящего пояса, м	2,1	2,1	2,1	2,1	2,1
Число ходовых опорных тележек	17	16	15	14	13
Число дождевальных аппаратов:					
кругового действия	30	28	26	24	22
с механизмом секторного полива	4	4	4	4	4
Установленная мощность, кВт	18,7	17,6	16,5	15,4	14,3
Скорость перемещения, км/ч	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47
Габаритные размеры в транспортном положении, м	448×27×5,3	421×27×5,3	394×27×5,3	367×27×5,3	340×27×5,3
Масса, кг	13 880	13 080	12 280	11 480	10 680
Обслуживающий персонал, чел.:					
тракторист-оператор	Один на 4 машины				
электрик	Один на 4...8 машин				

Машина комплектуется 35 гидрантами, устанавливаемыми на закрытых оросителях, с расстоянием 54 м друг от друга.

Скорость синхронного перемещения машины с электростанцией при смене позиций — 0,49 км/ч.

Техническая характеристика модификации машины «Днепр» приведена в таблице 3.30, а схемы работы — в таблице 3.31.

3.31. Технические схемы работы дождевальной машины ДФ-120 «Днепр»

Схема перемещения машины	Схема работы
	Полив ведется вдоль всего участка, машина перемещается в одном направлении. Обратный ход холостой
	Машина поливает, перемещаясь до середины участка, затем движется на холостом ходу. В обратном направлении поливает весь участок
	Две машины, обслуживаемые одним трактором, поливают два смежных участка; питание водой осуществляется из одного оросителя
	Машина поливает два участка по обе стороны оросителя. При обратном ходе машина перемещается в транспортном положении

Примечание. *1* — граница поля; *2* — машина; *3* — поливной трубопровод с гидрантами; *4* — рабочий ход машины; *5* — холостой перегон; *6* — трактор с электростанцией; *I*, *II* — номера поля; *L* — длина поля; *b* — ширина поля.

В таблице 3.32 дана продолжительность работы машины «Днепр» на позиции при различных поливных нормах.

Коэффициенты использования времени смены K_{sh} для различной поливной нормы m приведены ниже.

m, мм	20	30	40	50	60	80
K_{sh}	0,67	0,74	0,78	0,81	0,82	0,84

3.32. Продолжительность работы ДФ «Днепр» на позиции в зависимости от поливной нормы, мин

Поливная норма, мм	Затраты воды на испарение, %					
	0	5	10	15	20	25
10	33	35	36	38	40	42
20	67	70	73	76	80	85
30	100	105	110	115	120	126
40	133	140	146	153	160	168
50	167	175	183	192	200	210
60	200	210	220	230	240	252
80	267	280	294	306	320	337

ДФ-120 «Днепр» можно использовать в составе поливных модулей. Схемы одного из вариантов поливного модуля и монтажа его элементов показаны на рисунке 3.21, а основные параметры, состав элементов и технико-эксплуатационная характеристика поливного — в таблицах 3.33 и 3.34.

Дальнеструйные навесные дождевальные машины типа ДДН предназначены для полива различных сельскохозяйственных культур, в том числе и высокостебельных, а также садов, пастбищ и сенокосов с распределением воды по кругу и по сектору. Полив проводится позиционно с забором воды из водоемов, открытых или закрытых оросителей.

Машины могут быть использованы также в качестве передвижных тракторных насосных станций.

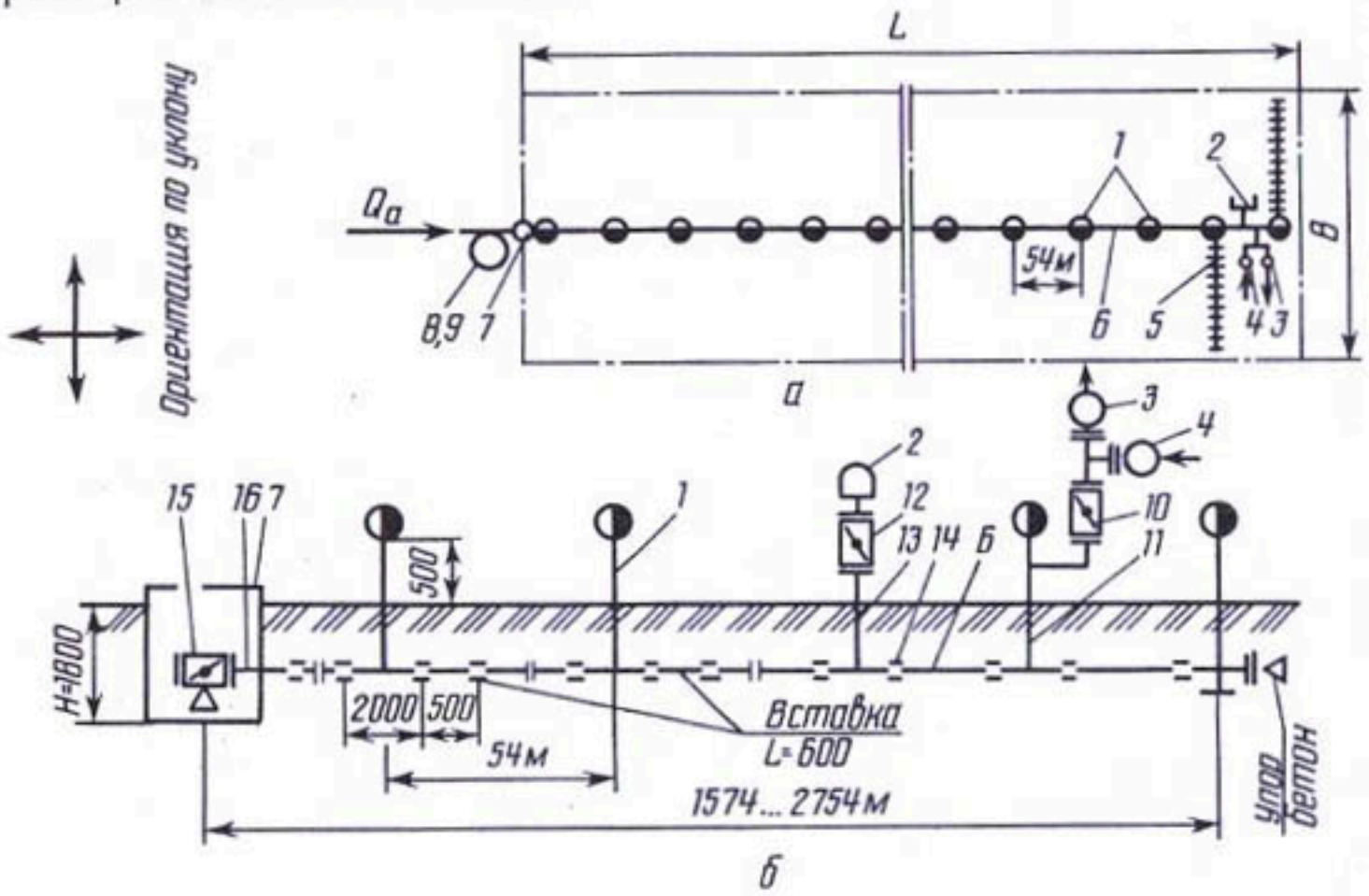


Рис. 3.21. Схема поливного модуля с машиной ДФ-120 «Днепр» (*а*) и его монтажа (*б*) (подвод воды к торцу участка, условные обозначения см. табл. 3.33)

3.33. Основные параметры и технико-эксплуатационные характеристики поливного модуля с дождевальной машиной ДФ-120 «Днепр»

Параметры	Типоразмер									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	водоподача суточная 100 м³/га					водоподача суточная 60 м³/га				
Площадь, га	159	149,6	140,3	131	121,7	198,7	187,1	175,4	163,7	152,1
Длина, м	1728	1728	1728	1728	1728	2160	2160	2160	2160	2160
Ширина, м	920	866	812	758	704	920	866	812	758	704
Расход, л/с	240	226	212	198	184	240	266	212	198	184
Напор, м	49,6	47,2	51,7	49,6	45,4	50,8	48,2	54,5	52	48,5
Материалоемкость основного оборудования, т	255,15	254,62	190,82	189,22	187,62	324,30	323,76	222,76	221,37	219,7
Удельная материалоемкость, т/га	1,6	1,7	1,36	1,44	1,54	1,63	1,73	1,27	1,35	1,44
Нагрузка на одного оператора, га/ч	132,48	124,7	116,93	109,15	101,38	264,96	249,41	233,86	218,30	202,75
Удельная энергоемкость, кВт·ч/га	2355,9	2237,7	2452,4	2352,9	2199,8	1125,5	1067,5	1206,4	1152,5	1074,1
Коэффициент земельного использования	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97	0,97
Коэффициент полезного действия	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Коэффициент использования во времени основных фондов	0,79	0,79	0,81	0,8	0,79	0,76	0,76	0,76	0,77	0,76
Показатель надежности	0,962	0,962	0,962	0,962	0,962	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96
Показатель качества технологического процесса	0,89	0,89	0,89	0,89	0,89	0,929	0,929	0,929	0,929	0,929

3.34. Состав и число комплектующих элементов поливного модуля с дождевальной машиной ДФ-120 «Днепр»

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунках	Типоразмер									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		водоподача суточная 100 м³/га					водоподача суточная 60 м³/га				
«Днепр» (ТУ 23.2544—84):											
ДФ-120	5	2	—	—	—	—	2	—	—	—	—
ДФ-120-01		—	3	—	—	—	—	2	—	—	—
ДФ-120-02		—	—	2	—	—	—	—	2	—	—
ДФ-120-03		—	—	—	2	—	—	—	—	2	—
ДФ-120-04		—	—	—	—	2	—	—	—	—	2
Трактор ЮМЗ-6Л		0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Колодец (типовой проект 820-189):											
$К_с$-20-18	7	1	1	—	—	—	1	1	—	—	—
$К_с$-15-18		—	—	1	1	1	—	—	1	1	1
Патрубок ПД004-005 (l=1488 мм)	16	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Труба ВТ9 (ГОСТ 539—80):											
$D_п$=500 мм	6	392	392	—	—	—	496	496	—	—	—
$D_п$=400 мм		—	—	392	392	392	392	—	496	496	496
$D_п$=350 мм		13	13	—	—	—	13	13	—	—	—
$D_п$=300 мм		—	—	13	13	13	—	—	13	13	13
Затвор 32ч306р (ТУ 26-07-409—75)											
$D_п$=500 мм (ТУ 26-07-409—75)	15	1	1	—	—	—	1	1	—	—	—
$D_п$=400 мм (ТУ 26-07-1206—79)		—	—	1	1	1	—	—	1	1	1
Гидрант ГД $D_п$=150 мм (типовой проект 820-256)	1	32	32	32	32	32	40	40	40	40	40
Присоединительный патрубок ($D_п$=300...500 мм), l=2000 мм)	17	32	32	32	32	32	40	40	40	40	40
Клапан защитный КЗГ-120 (ТУ 33-107—78)	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Затвор ($D_п$=100 мм) (ТУ 33-335-35)	12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Присоединительный патрубок ($D_п$=300...350 мм; l= 2000 мм)	13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Вантуз ВТ 6 (ТУ 33-186—81)	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Клапан впуска и защемления воздуха КВЗВ ($D_п$=50 мм) (ТУ 33-46—81)	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Задвижка затвор ($D_п$=50 мм) (ГОСТ 8437—75)	10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Присоединительные патруб-	11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Продолжение

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунках	Типоразмер									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		водоподача суточная 100 м³/га					водоподача суточная 60 м³/га				
ки (D_n=300...350 мм; l= =2000 мм)											
Муфта чугунная (D_n=300... 500 мм) (ГОСТ 11584—72)	*14*	67	67	67	67	67	83	83	83	83	83
Муфта САМ-9 (D_n=300... 500 мм) (ГОСТ 539—80)		337	337	337	337	337	467	467	467	467	467
Дополнительное оборудование:											
гидроподкормщик насос-дозатор ДМ 11.640.ПС	*8*	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
технологическое оборудование	*9*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Машины имеют одинаковую конструктивную схему. Их основные узлы: навесная рама, карданный вал, одноступенчатый цилиндрический редуктор, дальнеструйный дождевальный аппарат, механизм вращения дождевального аппарата при поливе по кругу и по сектору, бак-подкормщик для распределения с поливной водой раствора минеральных удобрений. Машины оборудованы устройством для подъема и опускания всасывающей линии (тросовой лебедкой — машина ДДН-70 и гидроцилиндром с тросом — машина ДДН-100), счетчиком-водомером, эжекторным устройством для залива насоса водой; 63 % узлов и деталей машины ДДН-70 и ДДН-100 унифицированы. Общие виды дальнеструйных дождевальных машин ДДН-70 и ДДН-100 приведены на рисунках 3.22 и 3.23.

Дождевальная машина ДДН-70 агрегатируется с тракторами ДТ-75М, ДТ-75 или Т-74. Аппарат имеет два сопла, большое и малое. Последнее снабжено разбрызгивающей лопаткой, изменяя положение которой регулируют равномерность полива вблизи машины. Для выравнивания струи в колене аппарата имеются два ножа, а в основном стволе — выпрямитель. Аппарат приводится во вращение от ВОМ трактора через шарнирный телескопический вал, основной цилиндрический и червячный редукторы. С выходным валом червячного редуктора с помощью шарнирного вала соединяется механизм вращения аппарата, состоящий из эксцентрика, планки с собачкой и шестерни, напрессованной на стакан аппарата, к которому жестко крепят ствол дождевального аппарата (рис. 3.24). Угол сектора полива регулируется в пределах 0...360° через каждые 20°.

Устройство подкормщика дождевальной машины ДДН-70 показано на рисунке 3.25.

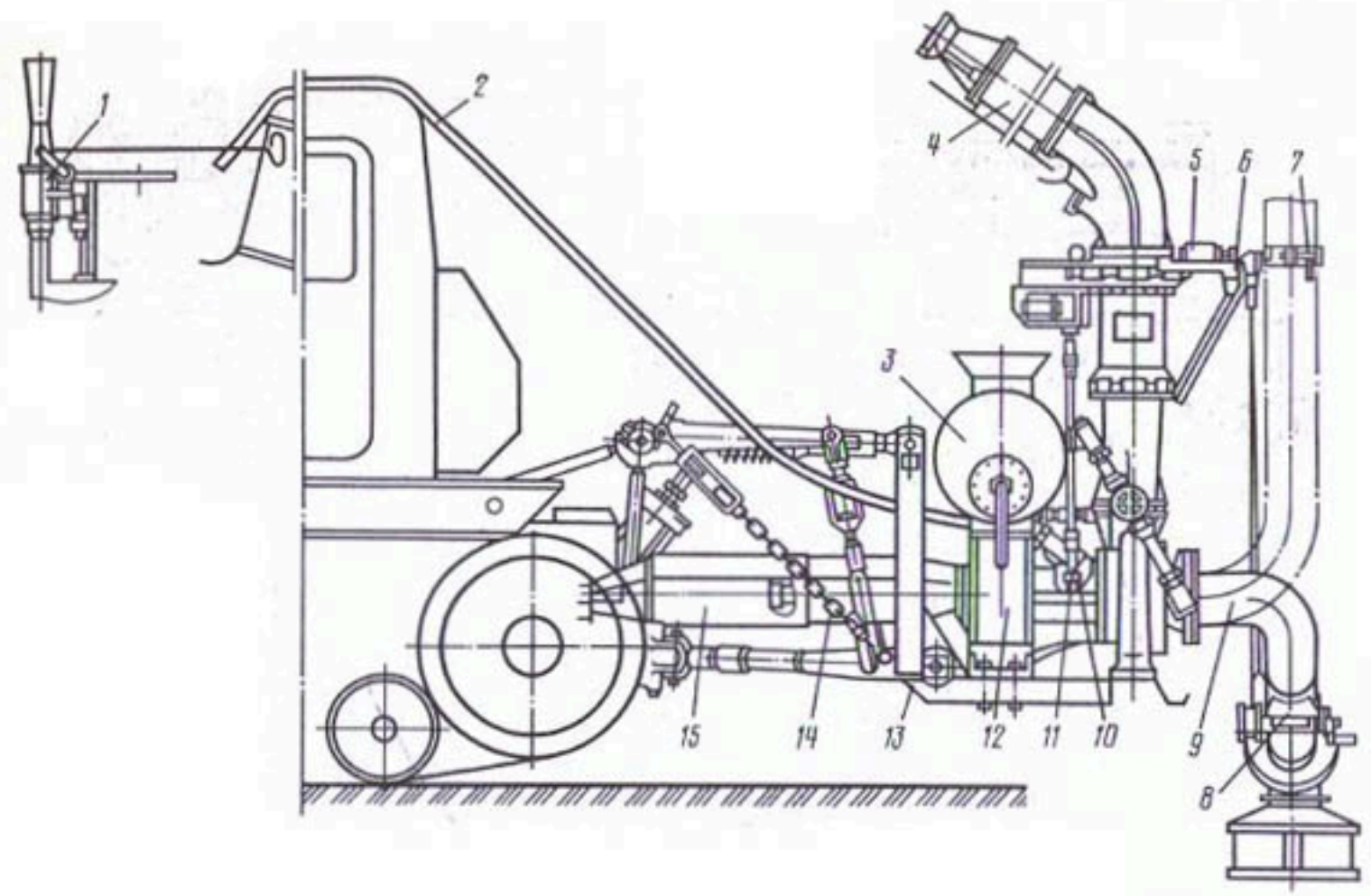


Рис. 3.22. Навесная дождевальная дальнеструйная машина ДДН-70:
1 — вакуум-аппарат; *2* — вакуумный трубопровод; *3* — подкормщик; *4* — механизм поворота со стволом; *5* — тормоз; *6* — раскос; *7* — хомут; *8* — лебедка; *9* — всасывающий трубопровод; *10* — червячный редуктор; *11* — шарнирный валик; *12* — насос-редуктор; *13* — рама; *14* — разгрузочные цепи; *15* — карданный вал с кожухом

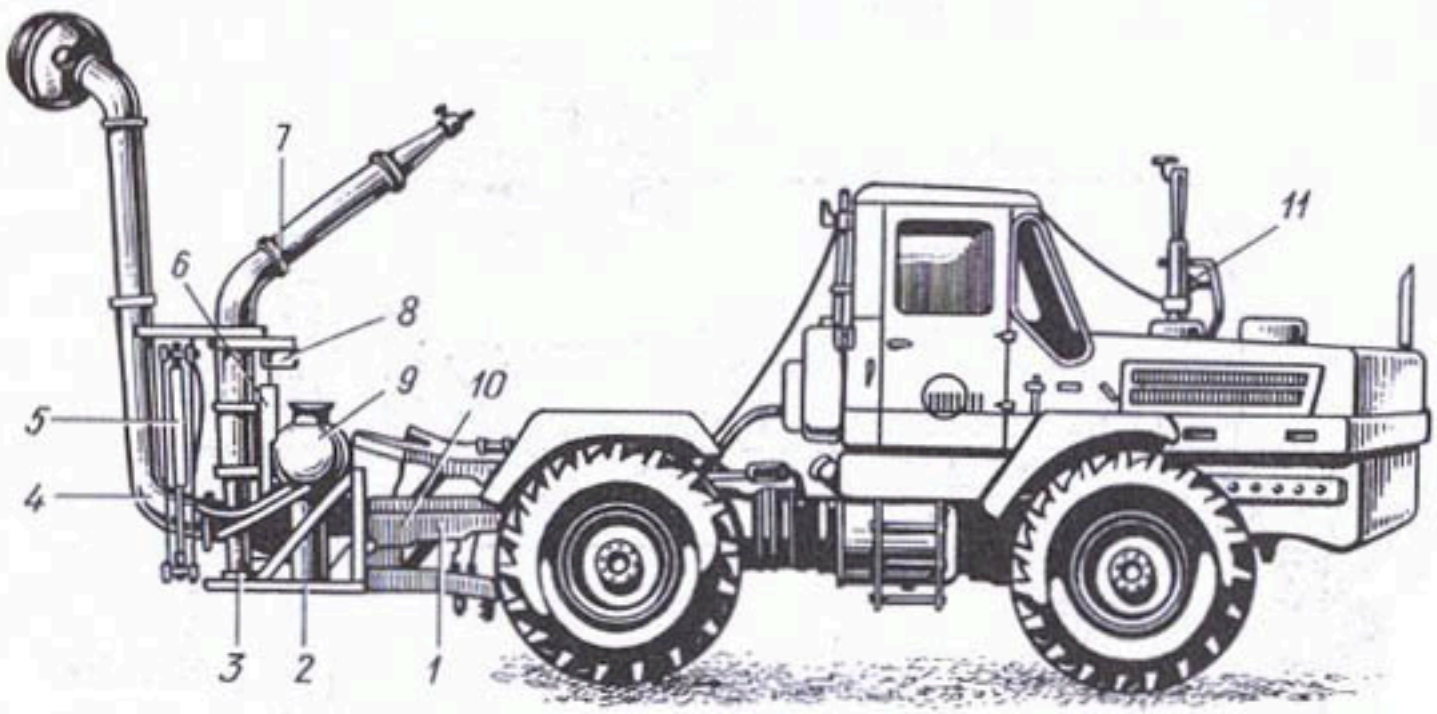


Рис. 3.23. Дальнеструйная дождевальная машина ДДН-100 навесная на трактор:
1 — разгрузочные цепи; *2* — рама; *3* — насос-редуктор; *4* — всасывающий трубопровод; *5* — гидроцилиндр; *6* — шарнирный валик; *7* — ствол; *8* — механизм поворота ствола; *9* — приспособление для внесения удобрений; *10* — карданный вал с кожухом; *11* — газоструйный вакуум-аппарат

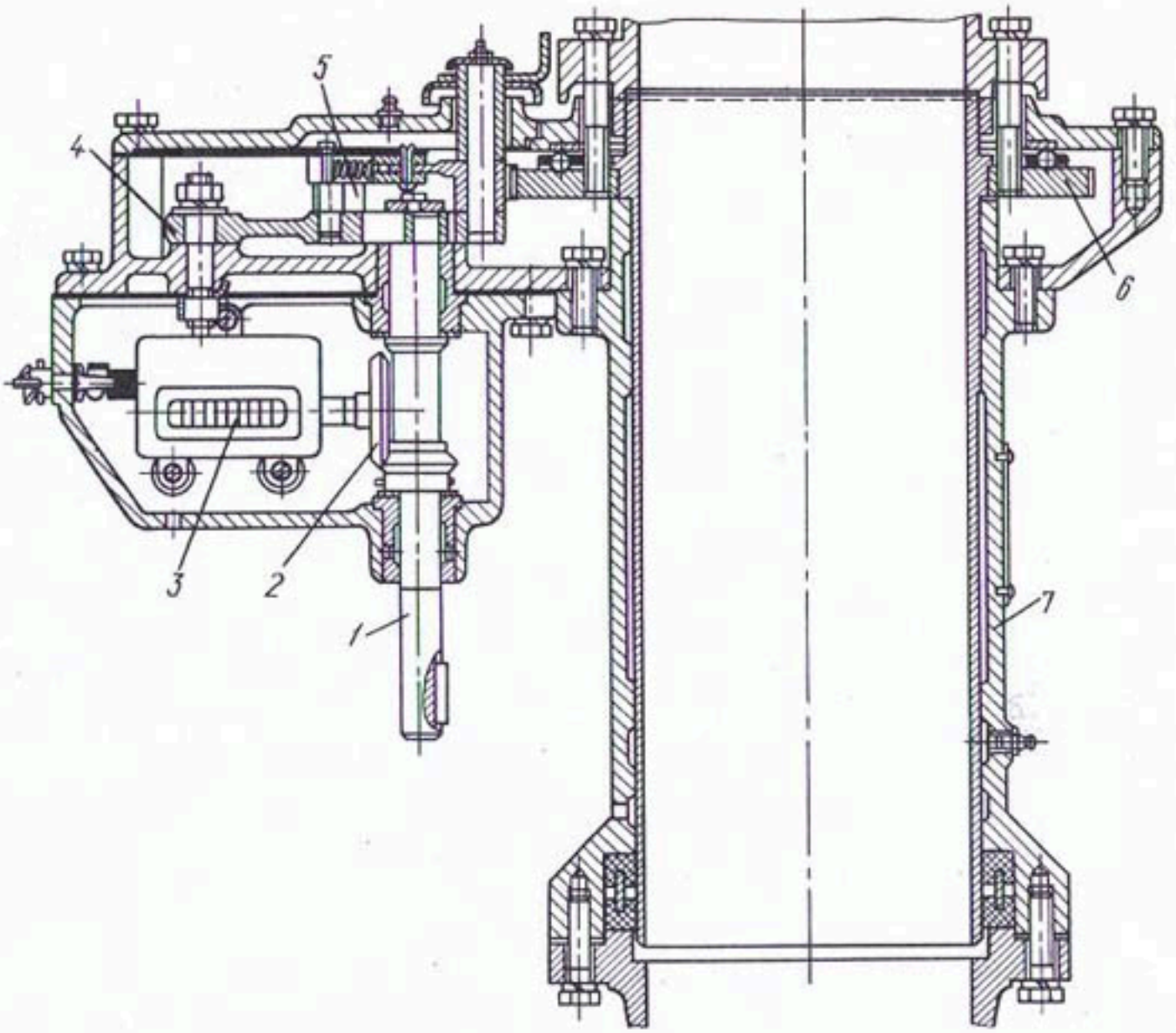


Рис. 3.24. Механизм поворота ствола машины ДДН-70:
1 — входной вал; *2* — коническая передача; *3* — водомер; *4* — рычаг; *5* — храповой механизм; *6* — храповое колесо; *7* — корпус стакана

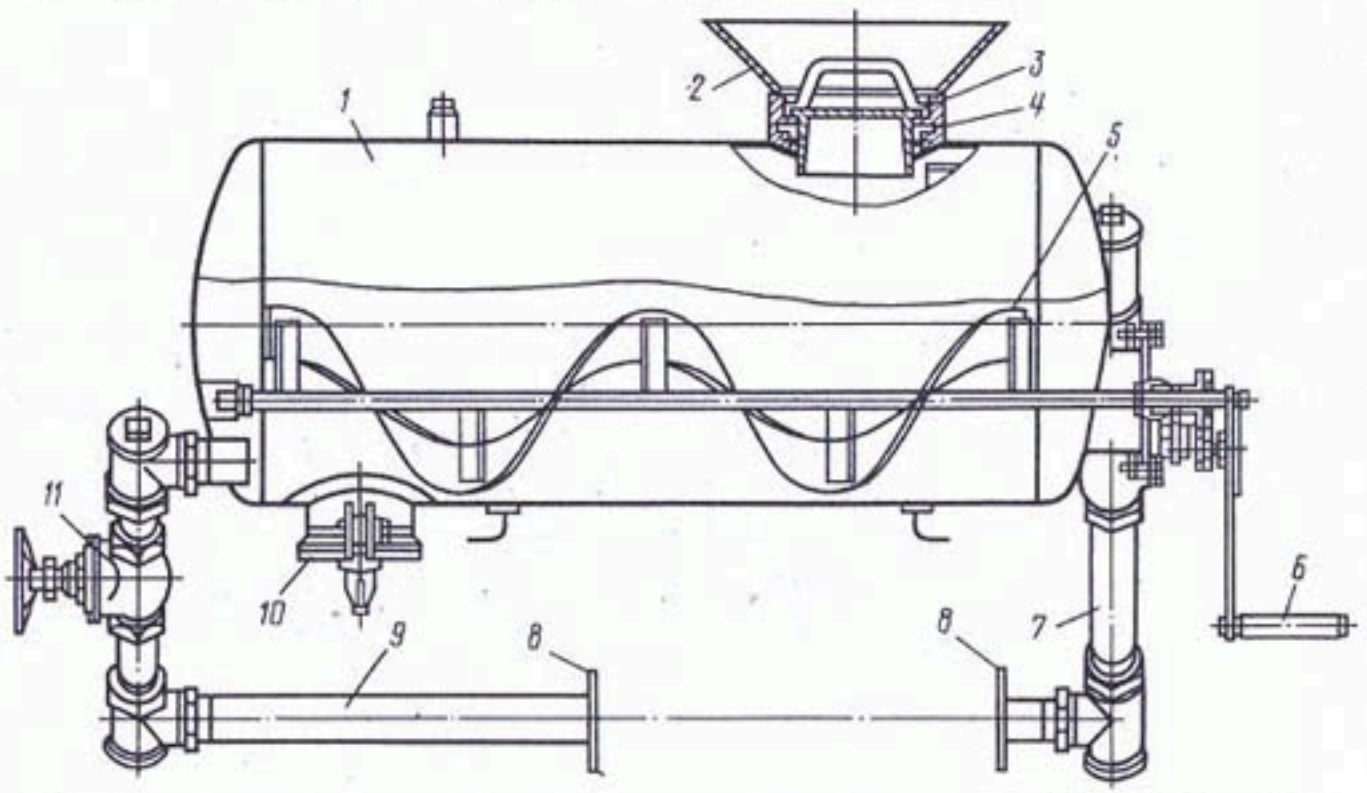


Рис. 3.25. Гидроподкормщик навесных дождевальных машин ДДН-70 и ДДН-100:
1 — бак; *2* — горловина; *3* — заглушка; *4* — манжета; *5* — шнек; *6* — рукоятка; *7*, *9* — трубы; *8* — фланцы; *10* — люк; *11* — вентиль

Дождевальная машина ДДН-100 агрегатируется с тракторами Т-150, Т-4А, ДТ-75М с использованием автосцепки СА-2.

Машину ДДН-70 можно использовать в составе комплекта передвижного дождевального оборудования, в который входят высоконапорная передвижная насосная станция (СНП-75/100 или СНП-50/80), дальнеструйная дождевальная машина ДДН-70, быстроразборные магистральный и распределительный трубопроводы (РТШ-180 или РТ-180) длиной 1200 м и водораспределительная арматура (гидранты-задвижки, колонки, заглушки), устройство для соединения ДДН-70 с колонкой на гидранте распределительного трубопровода. Техническая характеристика и состав передвижного ирригационного оборудования с дождевальной машиной ДДН-70 приведены ниже.

Расход воды, л/с	50...60
Напор, МПа	0,54
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,41
Диаметр сменной насадки, мм	45
Площадь, га:	
поливаемая с одной позиции	0,72
обслуживаемая за сезон	50
Производительность чистой работы при поливной норме 300 м^3/га, га/ч	0,6
Состав комплекта:	
передвижная насосная станция	1
дождевальная машина ДДН-70	1
трубы РТ диаметром 180 мм (общая длина 1200 м)	240
гидранты-задвижки 180×180×180 мм	15
колонки 180×180 мм	2
заглушки диаметром 180 мм	3
присоединительное устройство	1
Обслуживающий персонал, чел.	2

Полив можно проводить по кругу (при прямоугольной или треугольной схемах расположения гидрантов) или же по сектору. Критической скоростью ветра, при которой качество дождя и полива резко снижается, является скорость 5 м/с. При незначительных скоростях ветра рекомендуется схема работы по кругу, а при повышенной скорости ветра (2...3 м/с на высоте 2 м) — по сектору или по прямоугольной схеме при смещении позиций.

Схемы работы дождевальных машин ДДН-70 и ДДН-100, достоинства и недостатки каждой из схем приведены в таблице 3.35, а основные показатели работы дождевальных машин ДДН-70 и ДДН-100 при различных схемах полива — в таблицах 3.36...3.41.

Машины типа ДДН можно использовать в составе поливных модулей. Схемы поливного модуля с дальнеструйной дождевальной машиной ДДН-70 и ДДН-100 приведены на рисунках 3.26 и 3.27, а схема монтажа элементов поливного модуля с машиной ДДН-70 и ДДН-100 — на рисунке 3.28. Состав элементов и параметры поливных модулей с машинами типа ДДН приведены в таблицах 3.42...3.45.

Комплекты позиционного оборудования КИ-50 «Радуга» и КИ-25 (табл. 3.46) предназначены для орошения овощных, кормовых и технических культур, лугов, пастбищ, садов, ягодников, плодовых и лес-

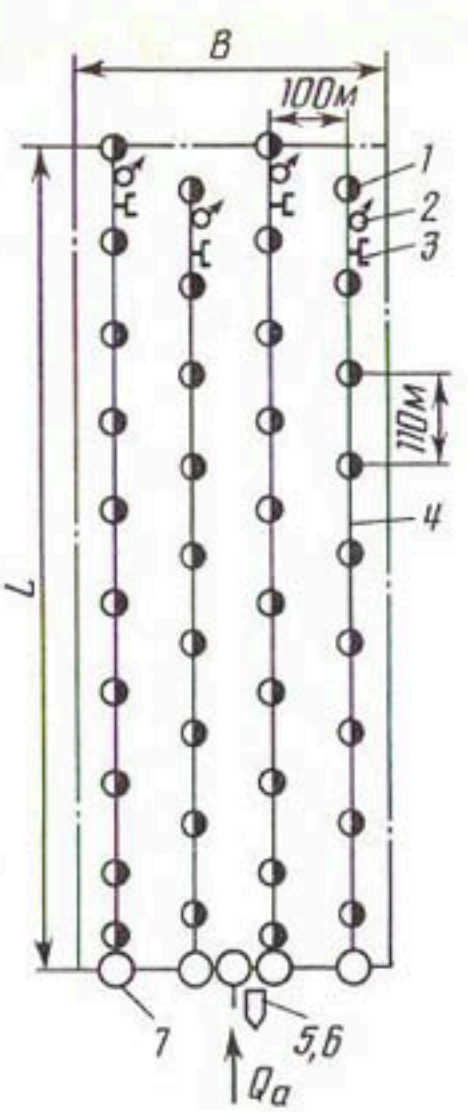


Рис. 3.26. Схема поливного модуля с дальнейструйной дождевальной машиной ДДН-70, работающей по кругу при размещении позиций по треугольной схеме, с сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу участка (условные обозначения см. табл. 3.43)

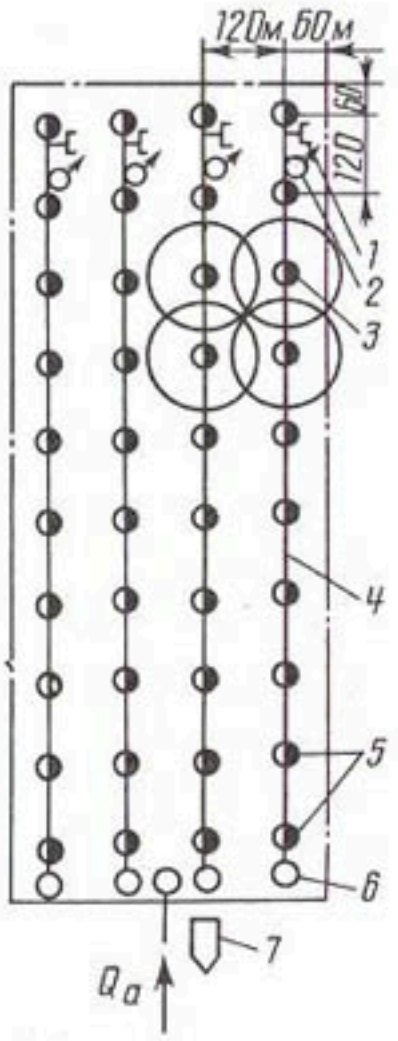


Рис. 3.27. Схема поливного модуля с дальнеструйной дождевальной навесной машиной ДДН-100, работающей по кругу при размещении позиций в вершинах квадрата, с сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу модульного участка (условные обозначения см. табл. 3.45)

ных питомников на массивах небольшой площади, в том числе сложной конфигурации. Они состоят из передвижной насосной станции, переносной среднеструйной дождевальной установки и гидроподкормщика ГДП-50.

Разборку, сборку и перемещение дождевальной установки и ее крыльев с позиции на позицию проводят вручную.

Дождевальная установка КИ-50 включает магистральный, два распределительных и четыре дождевальных крыла со среднеструйными дождевальными аппаратами «Роса-3». Трубопроводы состоят из быстроразборных алюминиевых труб РТШ различных диаметров (проходных, труб-гидрантов, рабочих) длиной 6 м, арматуры (рис. 3.29).

Дождевальная установка КИ-25 включает магистральный трубопровод и два дождевальных крыла; на каждом дождевальном крыле уста-

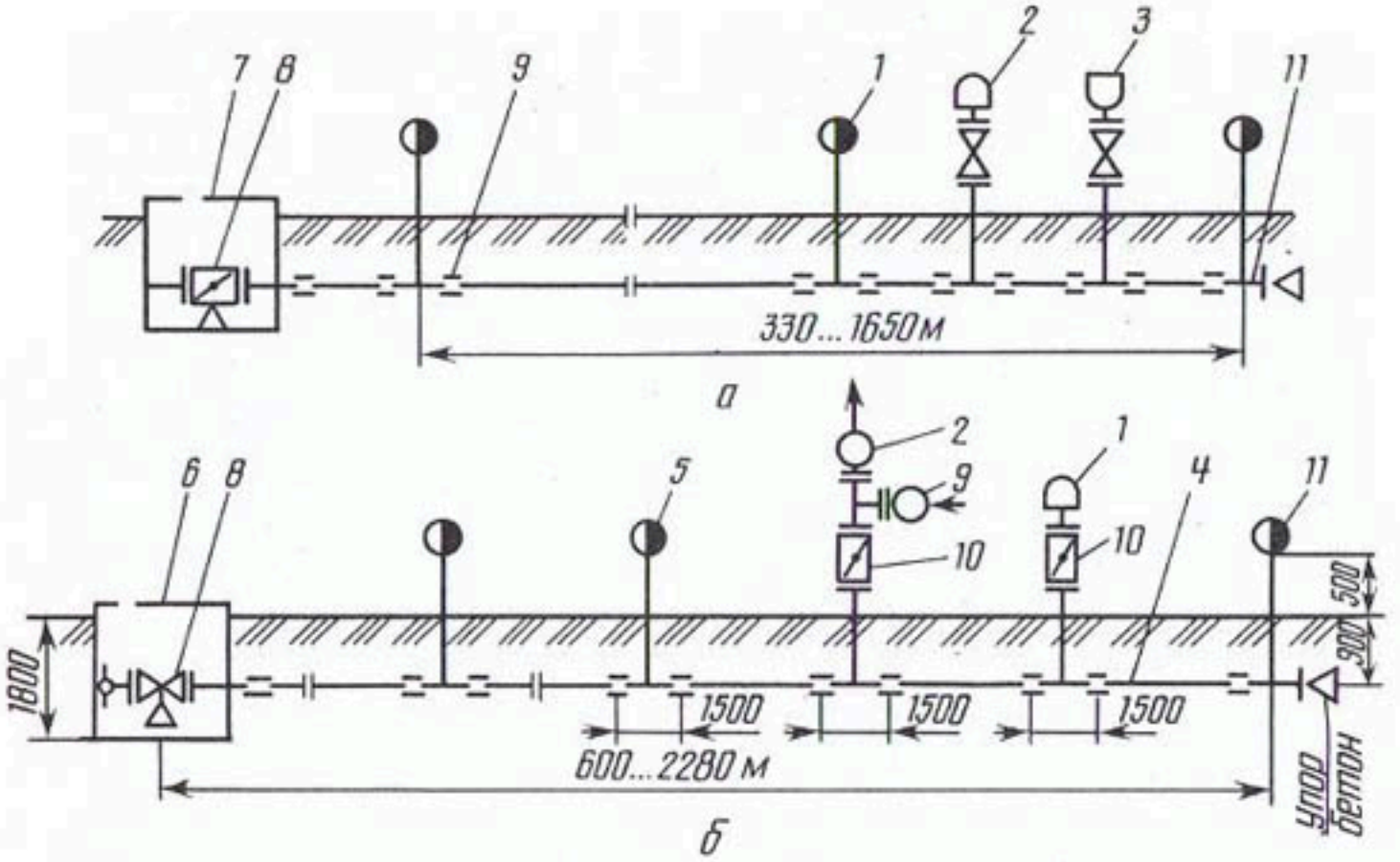


Рис. 3.28. Схемы расположения элементов поливных модулей:
а — с дождевальной машиной ДДН-70, работающей по кругу при размещении позиций в вершинах треугольника (условные обозначения см. табл. 3.43); *б* — с дождевальной машиной ДДН-100, работающей по кругу при размещении позиций в вершинах квадрата (условные обозначения см. табл. 3.45)

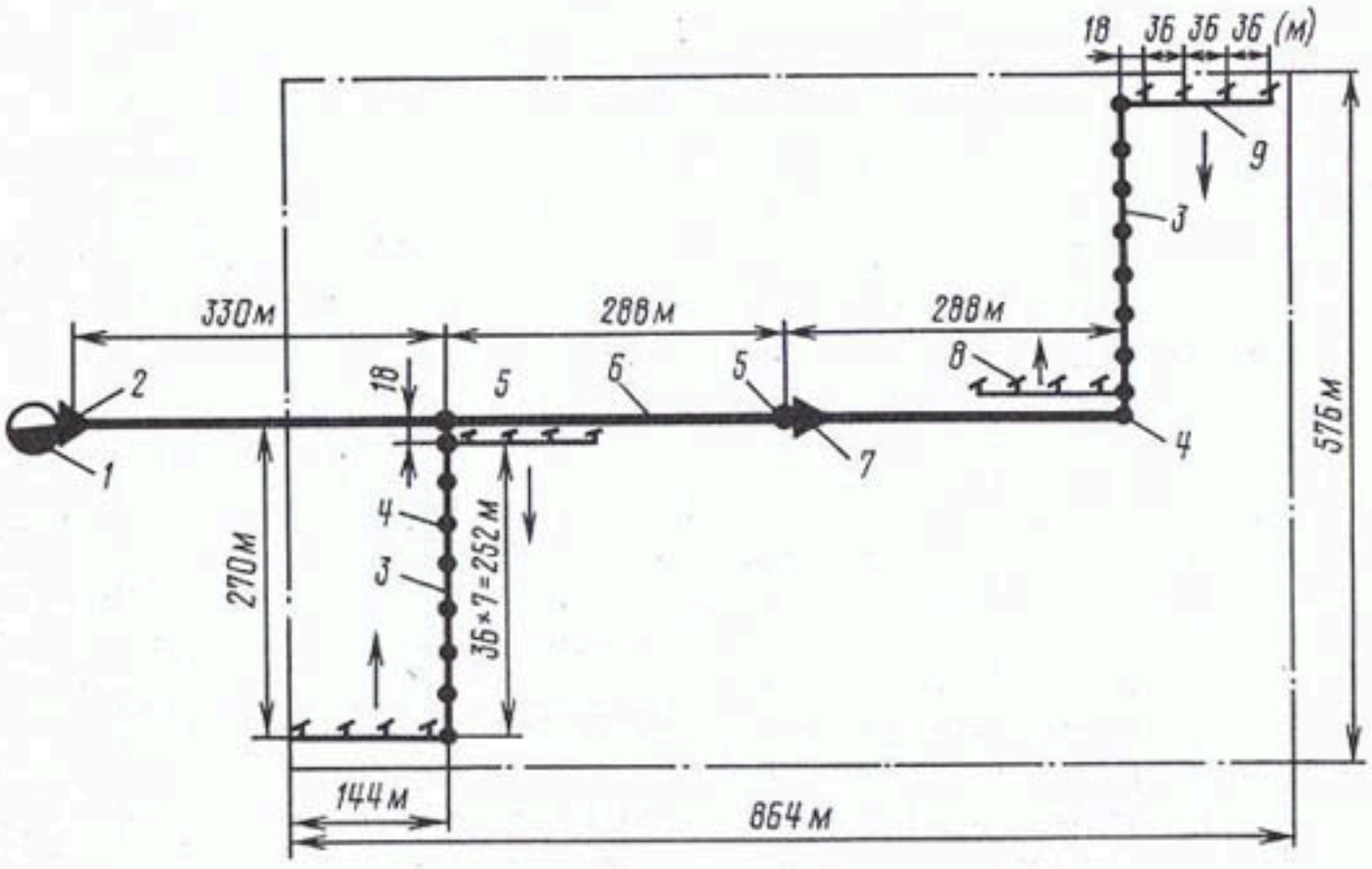
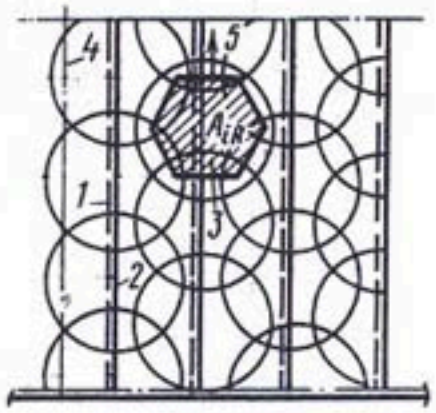
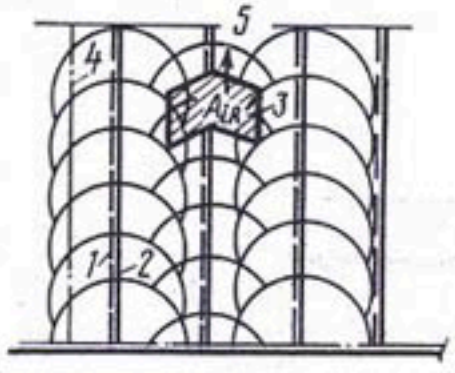
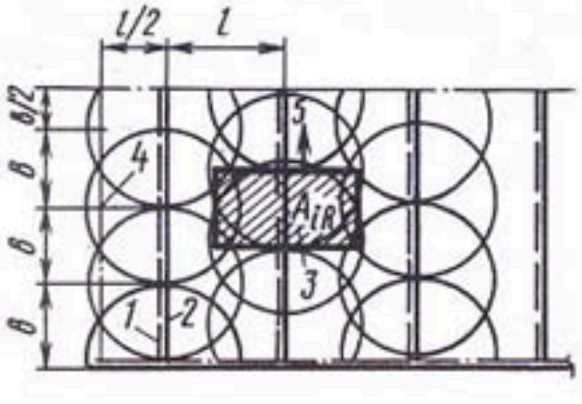
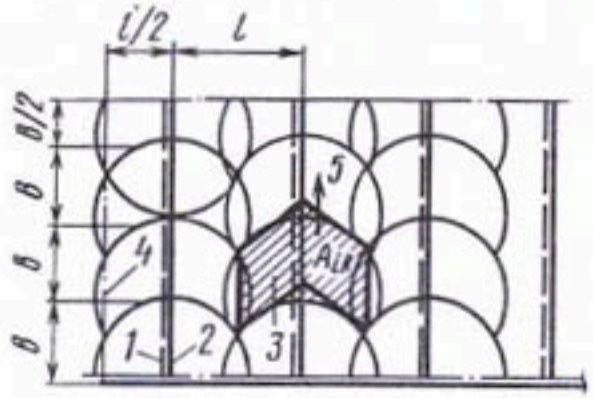
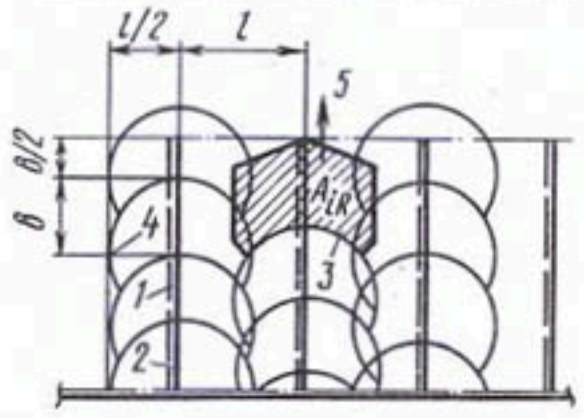
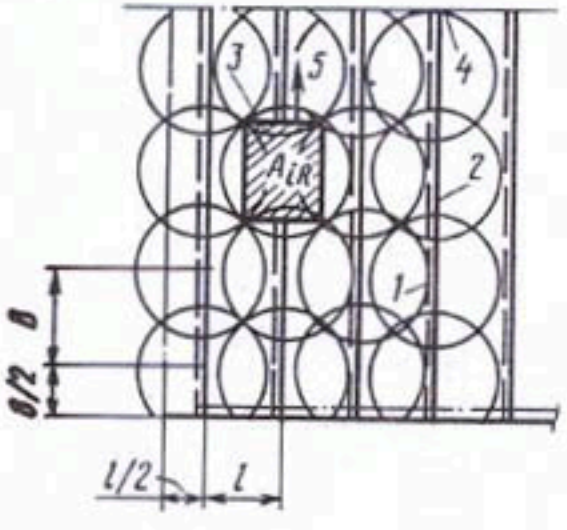


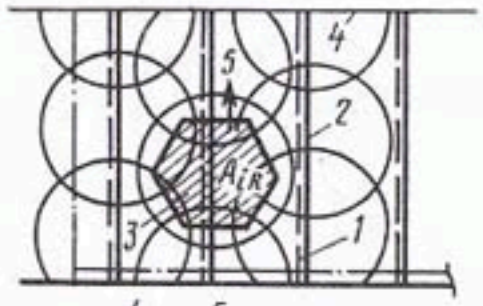
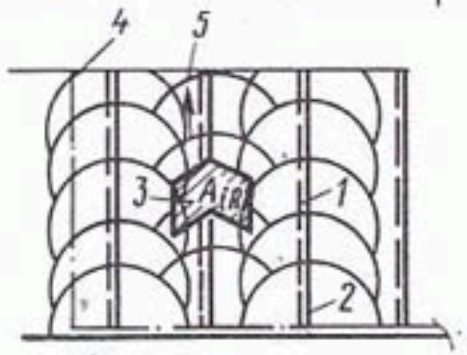
Рис. 3.29. Технологическая схема передвижного комплекта КИ-50:
1 — насосная станция СНП-50/80; *2, 7* — переходники 180×150 и 150×125; *3* — распределитель; *4, 5* — труба-гидрант ($D_н$ = 125 мм и $D_н$ = 150 мм); *6* — магистральный трубопровод; *8* — дождевальный аппарат; *9* — дождевальное крыло

3.35. Технологические схемы расстановки и работы дождевальных машин ДДН-70 и ДДН-100

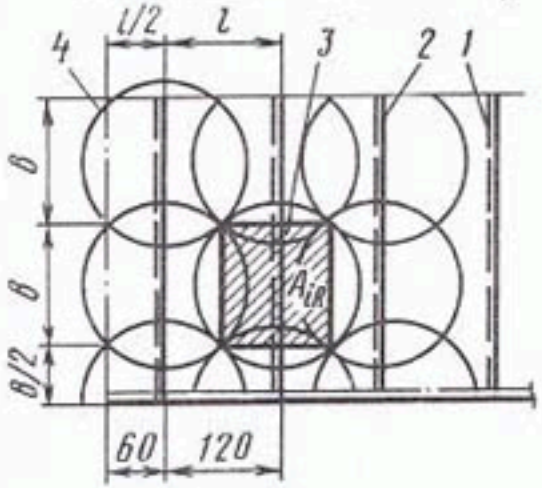
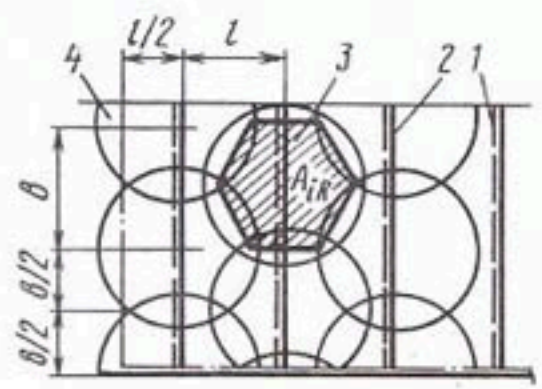
Схема расстановки и перемещения машин	Описание работы	Достоинства	Недостатки
		Машина ДДН-70	
	Машина перемещается вдоль первого оросителя или трубопровода до конца поля, возвращается вдоль следующего оросителя. Гидранты располагают в шахматном порядке по схеме 100×110 м	Сравнительно невысокая интенсивность дождя, минимальная протяженность оросительной сети. Площадь полива с позиции с учетом перекрытия — 0,94 га	Хорошее качество полива только при скорости ветра до 2 м/с
	Машина работает по сектору с расположением позиций через 55 м на соседних оросителях в шахматном порядке по схеме 100×55 м	Хорошее качество полива при скорости ветра 2...3 м/с на высоте 2 м от поверхности земли	Повышенная интенсивность дождя, большие затраты времени на перемещение с позиции на позицию, малая площадь полива с позиции— 0,55 га
	Полив проводится по кругу с двойным перекрытием. Позиции на соседних оросителях расположены в шахматном порядке. Рекомендуется при больших скоростях ветра	Надежное перекрытие участков дождем при скоростях ветра до 2...3 м/с	Большая интенсивность дождя, малая площадь, поливаемая с позиции, частые перестановки машины с позиции на позицию

Продолжение

Схема расстановки и перемещения машин	Описание работы	Достоинства	Недостатки
	Полив проводится по сектору при прямоугольной схеме расположения позиций 145×85 м. Рекомендуется при больших скоростях ветра	Обеспечивается необходимое качество полива при скоростях ветра до 2...3 м/с	Малая площадь полива с позиции, низкий коэффициент K_{sh}, высокая интенсивность дождя
	Полив проводится по сектору при расположении позиций на соседних оросителях в шахматном порядке	Достаточно надежное перекрытие позиций при увеличении площади, поливаемой с позиции, по сравнению с предыдущей схемой	Малая площадь полива с позиции, высокая интенсивность дождя
	Машина работает по кругу при прямоугольном расположении позиций (90×70 м), рекомендуется при преобладающей скорости ветра более 2 м/с	Удовлетворительное качество полива при скоростях ветра 2...3 м/с	Высокая интенсивность дождя, загущенная сеть водоводов, низкий коэффициент использования сменного времени, малая площадь полива с позиции — 0,63 га

	Машина работает по кругу по схеме 90×100 м с треугольным расположением позиций	Удовлетворительное качество полива при скорости ветра до 2 м/с	Меньшее расстояние между водоводами, чем в схеме I, высокая интенсивность дождя
	Машина работает по сектору по схеме 90×50 м с треугольным расположением позиций	Удовлетворительное качество полива при скоростях ветра до 2...3 м/с	Высокая интенсивность дождя, малая площадь полива с позиции, значительные затраты времени на переезды с позиции на позицию

Машина ДДН-100

	Полив по кругу при размещении позиций в вершинах квадрата	Обеспечивает удовлетворительное качество полива при скоростях ветра 2... 3 м/с. Эффективно политая площадь — 1,44 га	Высокая интенсивность дождя, малая площадь эффективного полива
	Полив по кругу при размещении позиций по треугольной схеме. Применяют при скорости ветра до 2 м/с	Хорошее перекрытие дождем и максимальная эффективно политая площадь — 1,75 га, минимальная интенсивность дождя	Рекомендуется только при скоростях ветра до 2 м/с

Примечание. *1* — полевые дороги; *2* — оросительные канала или трубопроводы; *3* — эффективно политая площадь; *4* — граница поля; *5* — направление перемещения машины; *b* — расстояние между позициями (гидрантами); *l* — расстояние между трубопроводами (оросителями); A_m — расчетная площадь полива.

3.36. Техническая характеристика машин типа ДДН (полив по кругу)

Параметры	ДДН-70		ДДН-100	
Агрегатируется с трактором	ДТ-75М	Т-150	Т-4А	ДТ-75М
Производительность чистой работы при поливной норме 600 м³/га, га/ч	0,39	0,7	0,6	0,51
Расход воды, л/с	65	115	100	85
Давление, МПа	0,52	0,65	0,65	0,65
Средняя интенсивность дождя при работе по кругу, мм/мин	0,36	0,31...0,38	0,27...0,3	0,3...0,34
Дальность полета струи, м	69,5	85	85	75
Диаметры сопл, мм:				
сменного	55	60; 65; 58; 56	56; 58; 64	54
малого вспомогательного	16	20	20	20
Частота вращения ствола аппарата, мин⁻¹	0,2	0,2	0,2	0,2
Вместимость бака подкормщика, дм³	0,12		0,12	
Расстояние между оросителями, м	100	120	120	110
Расстояние между позициями, м	110	145	145	110
Габаритные размеры в транспортном положении, мм	2710× ×1440× ×3600	8420× ×2320× ×4020	7120× ×1850× ×4210	6387× ×1740× ×4290

3.37. Показатели работы машины ДДН-70 при различных схемах полива

Показатели	Полив по кругу по схемам			Полив по сектору по треугольной схеме	
	треугольной		прямоугольной		
	100× ×110 м	90× ×100 м	70×90 м	100× ×55 м	90×50 м
Расстояние между оросителями, м	100	90	70	100	90
Площадь, поливаемая с одной позиции, с учетом перекрытия, га	0,94	0,84	0,63	0,55	0,45
Средняя расчетная интенсивность дождя (без учета перекрытия), мм/мин	0,25	0,25	0,35	0,5	0,5

3.38. Показатели работы машины ДДН-100 при различных схемах полива

Показатели	Полив по кругу по схемам			Полив по сектору по схемам	
	треугольной	прямоугольной		прямоугольной	треугольной
	120×145 м	120×120 м	145×85 м	145×85 м	155×85 м
Расстояние между оросителями, м	120	120	145	145	155
Площадь, поливаемая с одной позиции, с учетом перекрытия, га	1,75	1,44	1,23	1,23	1,32
Средняя расчетная интенсивность дождя (без учета перекрытия), мм/мин	0,26	0,26	0,53	0,35	0,53

3.39. Продолжительность работы ДДН-70 на позиции, мин

Поливная норма, $м^3/га$	Коэффициент, учитывающий потери воды на испарение	Полив по кругу по схемам			Полив по сектору по треугольной схеме	
		треугольной		прямоугольной		
		100×110 м	90×100 м	70×90 м	100×55 м	90×50 м
200	1	48	43	32	28	23
	1,1	54	48	36	31	26
	1,2	60	54	40	35	29
300	1	72	65	48	42	34
	1,1	81	72	53	47	38
	1,2	91	81	60	52	42
400	1	97	87	64	56	46
	1,1	107	97	71	62	51
	1,2	116	109	80	70	58
500	1	121	108	81	70	57
	1,1	134	120	90	78	63
	1,2	151	135	101	88	68
600	1	145	130	97	84	69
	1,1	161	143	107	92	76
	1,2	181	156	116	101	82
800	1	193	173	129	113	92
	1,1	214	191	142	125	101
	1,2	241	208	155	136	110

3.40. Продолжительность работы ДДН-100 на позиции, мин

Поливная норма, м³/га	Коэффициент, учитывающий потери воды на испарение	Полив по кругу по схемам			Полив по сектору по схемам	
		прямоугольной	треугольной		прямоугольной	треугольной
		120×120 м	85×145 м	145×145 м	85×145 м	85×155 м
200	1	48	41	58	41	44
	1,1	53	46	65	46	49
	1,2	60	51	73	51	55
300	1	72	61	87	61	66
	1,1	80	68	97	68	73
	1,2	90	77	109	77	83
400	1	97	82	167	82	88
	1,1	107	91	130	91	98
	1,2	120	102	146	102	110
500	1	120	102	146	102	110
	1,1	133	114	162	114	122
	1,2	150	128	182	128	138
600	1	144	123	175	123	132
	1,1	160	137	134	137	147
	1,2	180	154	219	154	165
800	1	192	164	233	164	176
	1,1	213	182	254	182	196
	1,2	240	205	292	205	220

3.41. Коэффициент использования времени смены ДДН-70, ДДН-100

Поливная норма, м³/га	Полив по кругу по схемам		Полив по сектору по треугольной схеме
	треугольной	прямоугольной	
	ДДН-70		
200	0,70	0,66	0,6
300	0,77	0,73	0,64
400	0,8	0,77	0,72
500	0,83	0,8	0,76
600	0,85	0,82	0,79
800	0,87	0,84	0,81
	ДДН-100		
200	0,76	0,75	0,73
300	0,81	0,79	0,78
400	0,83	0,81	0,8
500	0,84	0,83	0,81
600	0,85	0,84	0,82
800	0,86	0,85	0,83

3.42. Основные параметры и технико-эксплуатационные характеристики поливного модуля с дождевальной машиной ДДН-70, сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу модульного участка (полив по кругу)

Параметры	Типоразмер									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	водоподача суточная 100 $м^3$/га			водоподача суточная 80 $м^3$/га			водоподача суточная 60 $м^3$/га			
Площадь, га	39,6	39,6	35,2	52,8	52,8	52,8	70,4	72,6	70,4	66
Длина, м	990	660	440	1320	880	660	1760	1210	880	660
Ширина, м	400	600	800	400	600	800	400	600	800	1000
Расход, л/с	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Напор, м	59,6	58	57,1	62	59,6	58,7	65,2	61,9	60,3	59,4
Число оросителей	4	6	8	4	6	8	4	6	8	10
Удельная материалоемкость, т/га	4,37	4,58	4,83	4,3	4,42	4,54	4,21	4,29	4,39	4,43
Нагрузка на одного оператора, га/чел.	18,3	16,5	14,7	35,2	35,2	35,2	71,7	73,3	71,7	77,78
Удельная энергоемкость, кВт·ч/га	2905,9	2788	2746,4	1391,7	1336,6	1317,2	698,8	664	646,2	645,4
Коэффициент земельного использования	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88	0,88
Коэффициент полезного действия	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Коэффициент использования во времени основных фондов	0,26	0,24	0,25	0,24	0,21	0,2	0,21	0,18	0,17	0,15
Показатель надежности	0,919	0,92	0,921	0,918	0,919	0,92	0,917	0,918	0,919	0,919
Показатель качества технологического процесса	0,838	0,838	0,838	0,886	0,886	0,886	0,93	0,93	0,93	0,93

3.43. Состав и число комплектующих элементов поливного модуля с дождевальной машиной ДДН-70, сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу модульного участка (полив по кругу)

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунках	Типоразмер									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		водоподача суточная 100 м³/га			водоподача суточная 80 м³/га			водоподача суточная 60 м³/га			
Дождевальная машина ДДН-70		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Трактор ДТ-75М		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Колодец	*7*	5	7	9	5	7	9	5	7	9	11
Гидрант 30ч6бр	*1*	36	36	32	45	47	48	64	66	64	60
Труба ВТУ 250×3950 тип 1	*4*	983	992	890	1313	1322	1380	1753	1817	1770	1669
Муфта САМУ (D_n=250 мм)	*9*	982	991	889	1311	1321	1329	1752	1816	1759	1668
Кольцо САМ (D_n=250 мм)	*10*	1964	1982	1778	2624	2642	2658	3504	3632	3538	3336
Тройник ТФ 250×250		3	5	7	3	5	7	3	5	7	9
Отвод (D_n=250 мм)		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Задвижка (D_n= 250 мм)	*8*	7	9	11	7	9	11	7	9	11	13
Заглушка (D_n=250 мм)	*11*	4	6	8	4	6	8	4	6	8	10
Вантуз	*2*	6	8	10	6	8	10	6	8	10	12
Противоударное устройство КЗГ-120	*3*	4	6	8	4	6	8	4	6	8	10
Дополнительное оборудование:											
гидроподкормщик насос-дозатор	*5*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
технологическое оборудование	*6*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

3.44. Основные параметры и технико-эксплуатационные характеристики поливного модуля с дождевальной машиной ДДН-100 (полив по кругу)

Параметры	Типоразмер								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	водоподача суточная 100 м³/га			водоподача суточная 80 м³/га			водоподача суточная 60 м³/га		
Площадь, га	63,36	60,48	57,6	80,64	77,76	80,64	109,44	103,68	103,68
Длина, м	1320	840	600	1680	1080	840	2280	1440	1080
Ширина, м	480	720	960	480	720	960	480	720	960
Расход, м³/с	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

Продолжение

Параметры	Типоразмер								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	водоподача суточная 100 м³/га			водоподача суточная 80 м³/га			водоподача суточная 60 м³/га		
Напор, м	74,3	71,9	71,1	74,3	71,9	71,1	80,6	75,8	74,3
Число оросителей	4	6	8	4	6	8	4	6	8
Материалоемкость основного оборудования, т	322,58	326,08	329,29	400,72	402,92	431,74	528,78	518,17	534,2
Удельная материалоемкость, т/га	5,09	5,39	5,72	4,97	5,18	5,35	4,83	5	5,15

новлены по четыре среднеструйных дождевальных аппарата «Роса-3».

Магистральный трубопровод укладывают на поверхность орошаемого участка на весь оросительный сезон. По длине трубопровода установлены три гидранта для КИ-50 и 24 — для КИ-25, к которым присоединяют распределительные трубопроводы для КИ-50 и рабочие крылья — КИ-25. Расстояние между гидрантами 286 м для КИ-50 и 36 м — для КИ-25. У установки КИ-50 одновременно работают два дождевальных крыла — по одному на каждом распределителе, у установки КИ-25 дождевальные крылья работают попеременно.

Техническая характеристика передвижных комплектов приведена в таблице 3.46.

3.45. Состав и число комплектующих элементов поливного модуля с дождевальной машиной ДДН-100 (полив по кругу)

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунках	Типоразмер								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		водоподача суточная 100 м³/га			водоподача суточная 80 м³/га			водоподача суточная 60 м³/га		
Дождевальная машина ДДН-100	*3*	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Трактор Т-150		1	1	1	1	1	1	1	1	1
Колодец $К_с$-20-18 (ГОСТ 820—80)	*6*	5	7	9	5	7	9	5	7	9
Патрубок ПД 003 (l=1294 мм) (типовой проект 820-09—72)		5	7	9	5	7	9	5	7	9
Тройник ТФ 300×300 (ГОСТ 5525—61)		3	5	7	3	5	7	3	5	7
Отвод (90°) (D_n=300 мм)		2	2	2	2	2	2	2	2	2
Труба ВТ9 (D_n=300 мм) (ГОСТ 539—80)	*4*	1320	1275	1230	1680	1635	1710	2280	2175	2140

Продолжение

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунках	Типоразмер								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		водоподача суточная 100 м³/га			водоподача суточная 80 м³/га			водоподача суточная 60 м³/га		
Гидрант типовой (D_n=300 мм) (типовой проект 820-02-10)	*5*	40	36	32	52	48	48	72	66	64
Гидрант концевой сбросной типовой (D_n=300 мм) (типовой проект 820—80)	*11*	4	6	8	4	6	8	4	6	8
Клапан защитный гидравлический КЗГ-120 (D_n=300 мм) (ТУ 33-107—78)	*1*	4	6	8	4	6	8	4	6	8
КЗГ-120		4	6	8	4	6	8	4	6	8
Затвор (D_n=100 мм) (ТУ 33-335—85)		4	6	8	4	6	8	4	6	8
Вантуз В-6 (D_n=50 мм) (ТУ 33-186—81)	*2*	6	8	10	10	8	10	10	8	10
Вантуз В-6 (металлоконструкция)		6	8	10	10	8	10	10	8	10
Клапан впуска и защемления воздуха КВЗВ (D_n=50 мм) (ТУ 33-46—81)	*9*	6	8	10	10	8	10	10	8	10
Задвижка 30ч6бр (D_n=50 мм) (ГОСТ 8437—75)	*10*	6	8	10	10	8	10	10	8	10
Задвижка (D_n=300 мм) (ГОСТ 8437—75)	*8*	7	9	11	7	9	11	7	9	11
Муфта чугунная (D_n=300 мм) (ГОСТ 17544—72)		114	120	126	146	144	158	186	180	190
Муфта САМ-9 (D_n=300 мм) (ГОСТ 539—80)		1256	1233	1190	1624	1581	1654	2204	2103	2118
Дополнительное оборудование:										
гидроподкормщик	*7*									
насос-дозатор		1	1	1	1	1	1	1	1	1
технологическое оборудование (ТУ 33—77)		1	1	1	1	1	1	1	1	1

3.46. Техническая характеристика передвижных комплектов

Параметры	Комплекты	
	КИ-50	КИ-25
Насосная станция	СНП-50/80	СНП-25/60
Производительность чистой работы при поливной норме 600 м³/га, га/ч	0,28	0,17
Площадь, поливаемая с одной позиции, га	50	25
Расход воды, л/с	47,2	31
Напор у дождевального крыла, м	45	40
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,28	0,4
Схема расстановки аппаратов, м	36×36	36×36
Длина магистрального трубопровода РТШ-150 и РТШ-125, м	899 (613+286)	842,5
Распределительный трубопровод РТШ-125, длина, м	271×2	
Дождевальные крылья РТШ-110, длина, м	126	127
Число аппаратов дождевальных среднеструйных «Роса-3»	16	8
Производительность гидроподкормщика чистой работы, кг/ч	180	
Масса, кг:		
комплекта	5680	4460
насосной станции	2680	1060

При поливе садов и высокостебельных культур дождевальные аппараты устанавливают на стойки с треногами высотой 1200 мм, присоединяемыми к рабочим трубопроводам.

Гидроподкормщик для внесения при дождевании растворимых минеральных удобрений подключают в начале распределительного трубопровода. В комплект может входить второй гидроподкормщик. Обслуживают комплект моторист и двое рабочих.

Дождевальное оборудование, работающее с позиционным расположением намоточного устройства и аппаратами, поливающими в движении. Оборудование предназначено для полива сельскохозяйственных культур на участках неправильной конфигурации, а также с неровным рельефом как чистой водой, так и подготовленными животноводческими стоками. Питание водой осуществляется от гидрантов закрытых оросителей.

Шасси намоточного устройства с барабаном устанавливают на позицию у гидранта, дождевальный аппарат на тележке поливает в движении, автоматически, при подтягивании за шланг, наматывающийся на барабан.

Шланговая дождевальная машина ДШ-30 с перемещающимся аппаратом включает: одноосное на пневматических колесах прицепное шасси с барабаном, гибкий водоподводящий полиэтиленовый трубопровод, салазки с дождевальным аппаратом; водоподводящий трубопровод служит также для передачи усилия на подтягивание салазок.

Механизм привода вращения барабана включает прямоточную турбинку, червячный редуктор, муфту, конический редуктор, трехходовой

кран, цепную передачу. Частота вращения турбинки регулируется изменением расхода воды, проходящей через нее.

Бесступенчатое регулирование скорости перемещения дождевального аппарата осуществляется с помощью вариатора. Механизм с контактным роликом контролирует диаметр барабана, изменяющийся в зависимости от слоев намотанного шланга, и обеспечивает постоянную заданную скорость перемещения салазок с дождевальным аппаратом. Скорость показывается непосредственно на шкале тахометра.

Салазки имеют высокий клиренс и регулируемую в пределах 1500... 2800 мм ширину колеи. Рама салазок снабжена прицепным устройством для присоединения к трактору при разматывании трубопровода в начале рабочего прохода. Высота сопла дождевального аппарата около 1,7 м.

Имеется механизм ускоренного наматывания шланга, работающий с приводом от ВОМ трактора. Ускоренная намотка необходима при аварийных ситуациях, для слива воды при постановке машины на хранение.

В узел подключения машины к гидранту входят подсоединительная колонка от ДКШ-64, полимерный плоскосворачиваемый напорный шланг диаметром 150 мм, длиной 10 м.

После автоматического выключения подачи воды в конце прохода барабан разворачивается с помощью гидросистемы трактора на 180° на поворотном круге для полива участка поля по другую сторону от линии гидрантов.

В конце полива салазки заходят на подъемник и упором нажимают на контактное кольцо. Трос поворачивает трехходовой кран — подача воды на турбинку прекращается. Подача воды на машину отключается вручную на гидранте. При установке шасси на позиции оно фиксируется с помощью телескопических упоров (подсоединяются к гидросистеме трактора); пневматики шасси разгружаются. Салазки с дождевальным аппаратом вывозятся трактором в начало рабочего прохода. С помощью маховичка регулятора скорости устанавливается требуемая скорость — поливная норма (слой дождя за проход). Полив проводится в автоматическом режиме. Ниже приведена техническая характеристика машины ДШ-30.

Тип машины	Шланговый с перемещающимся аппаратом
Агрегатируется	Трактор класса тяги 0,6...0,9
Привод	Гидравлический от давления оросительной воды
Потребляемая мощность, кВт	32,3
Усилие на перемещение салазок гидроприводом, кН	20
Скорость наматывания водопроводящего трубопровода, м/ч	10...50
Ширина захвата с перекрытием при скорости ветра 0,7 м/с, м	86
Число дождевальных аппаратов	1
Расход, л/с	30
Давление, МПа:	
на гидранте	1,1
на аппарате	0,5
Интенсивность дождя, мм/мин	Не более 0,3
Коэффициент распределения дождя с учетом пе-	0,8

рекрытия при скорости ветра 0,7 м/с (эффективного полива)	
Коэффициент земельного использования	0,99
Водопроводящий трубопровод:	
материал	Труба полиэтиленовая марки 273—79
внутренний диаметр, мм	90
толщина стенки, мм	10
длина, м	400
Рукав узла подсоединения:	
материал	Синтетический
внутренний диаметр, мм	110
толщина стенки, мм	4
длина, м	10
Расстояние, м:	
между оросителями	800
между гидрантами	80
Привод намоточного устройства, тип	Турбинка гидравлическая прямоточная
Диаметр намоточного барабана, мм	1985
Регулируемая ширина колеи салазок, мм	1500...2800
Габаритные размеры машины, м:	
в рабочем положении	
длина	395
ширина	2,84
высота	3,85
в транспортном положении	
длина	7,8
ширина	2,89
высота	4,18
Скорость, км/ч:	
транспортная	15
при смене позиций	10
при разматывании водопроводящего трубопровода	5
Число персонала, обслуживающего агрегат, чел.	Один тракторист-поливальщик на 5 машин

Основные параметры и состав элементов поливного модуля с использованием дождевальной машины ДШ-30, оросительной сетью из асбестоцементных труб и с подводом воды к торцу участка приведены в таблицах 3.47 и 3.48, а схемы поливного модуля, монтажа элементов — на рисунке 3.30.

Дождевальное оборудование PZT-*75* производства концерна «Сигма» (ЧССР) применяют для полива всех сельскохозяйственных культур на участках неправильной конфигурации, в том числе на сложном микрорельефе; оборудование можно использовать также для полива углов поля, орошаемого машинами «Фрегат». Участок, обслуживаемый одной насосной станцией и группой оборудования PZT-75, составляет 150...300 га.

Оборудование включает намоточное устройство с поворотным шланговым барабаном, механизм привода барабана, полиэтиленовый водоподводящий шланг, коромысловый дождевальный аппарат тип *SP*, смонтированный на штативе-салазках (рис. 3.31). Механизм привода вращения барабана, использующий энергию воды, идущей на полив,

3.47. Основные параметры и технико-эксплуатационные характеристики поливного модуля с дождевальным оборудованием ДШ-30, сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу участка

Параметры	Типоразмер			
	1	2	3	4
	водоподача суточная 80 м³/га		водоподача суточная 60 м³/га	
Площадь, га	19,2	12,8	25,6	25,6
Длина, м	240	80	320	160
Ширина, м	800	1600	800	1600
Расход, л/с	20	20	20	20
Напор, м	120,875	125,186	122,312	126,624
Число оросителей	1	2	1	2
Материалоемкость основного оборудования, т	7,88	26,02	10,29	30,87
Удельная материалоемкость, т/га	0,41	2,03	0,4	1,2

3.48. Состав и число комплектующих элементов поливного модуля с дождевальным оборудованием ДШ-30, сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу участка

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунке 3.30	Типоразмер			
		1	2	3	4
		водоподача суточная 80 м³/га		водоподача суточная 60 м³/га	
Дождеватель шланговый ДШ-30		1	1	1	1
Трактор ЮМЗ-64 (ТУ 23.1.36—75)		0,2	0,2	0,2	0,2
Колодец К-19-18 (ТП 820-02—75)	*6*	1	1	1	1
Затвор (D_n=150 мм) (ТУ 33-335—85)	*12*	1	2	1	2
Тройник ТФ (D_n=200...150 мм) (ТП 820-02—76)	*13*	—	1	—	1
Патрубок (D_n=150 мм, l=1100 мм) (ТП 820-02—76)	*14*	2	2	2	2
(D_n=200 мм; l=1100 мм) (ТП 820-02—76)	*14*	—	1	—	1
Отвод (l=90 мм, D_n=150 мм) (МСН 120—67)	*4*	—	2	—	2
Труба стальная (D_n=150×8 мм) (ГОСТ 10704—76)	*7*	200	800	280	960
Гидрант-водовыпуск (D_n=150 мм) (ТП 820-02—76)	*3*	2	—	3	2
Гидрант концевой со сбросом (D_n=150 мм) (ТП 820-02—76)	*5*	1	2	1	2
Вантуз В II-150 (мет.) (ТП 820-02—76)	*9*	1	2	1	2
Задвижка 30ч6бр (D_n=50 мм) (ГОСТ 8437—75)	*11*	1	2	1	2
Вантуз В-6 (ТУ 33.186—81)		1	2	1	2

Продолжение

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунках	Типоразмер			
		1	2	3	4
		водоподача суточная 80 м³/га		водоподача суточная 60 м³/га	
Клапан защитный гидравлический (металл) (ГОСТ 10704—76)	*8*	1	2	1	2
Задвижка 30ч6бр (D_n=100 мм) (ГОСТ 8437—75)	*10*	1	2	1	2
КЗГ-120 (ТУ 33.107—78)		1	2	1	2
Дополнительное оборудование:					
насос-дозатор ДМ.11.640	*1*	1	1	1	1
технологическое оборудование (ТУ 3374—77)	*2*	1	1	1	1

состоит из радиальной реактивной турбинки, переходника, маховика, масляного шестеренного насоса и поршневого гидродвигателя.

Полив проводится с позиционным расположением намоточного устройства, подключаемого к гидранту напорного закрытого оросителя, при автоматическом непрерывном в течение рабочего прохода перемещении дождевального аппарата, подтягиваемого за наматываемый на барабан водоподводящий шланг (рис. 3.32). Ниже приведена краткая техническая характеристика PZT-75.

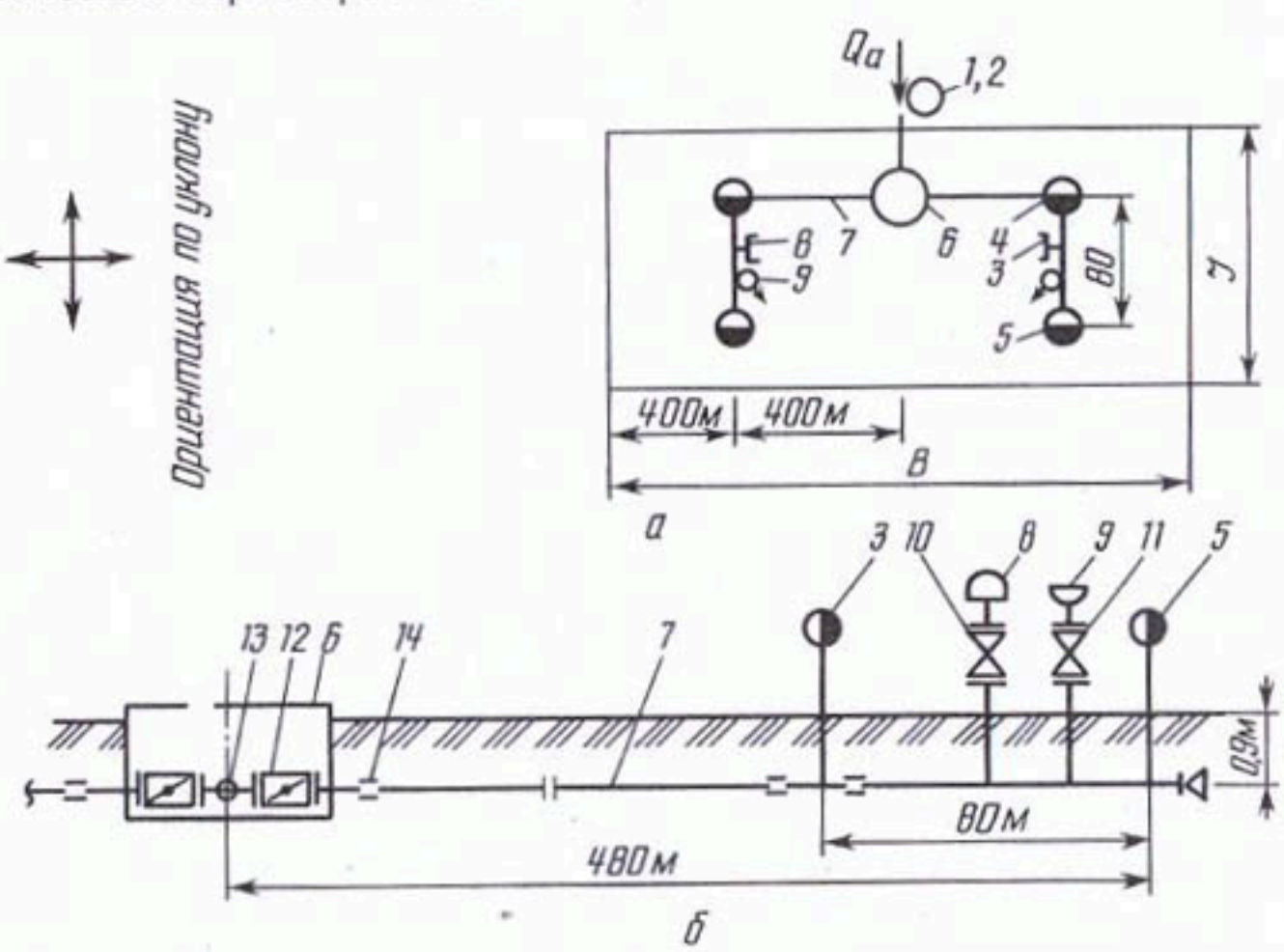


Рис. 3.30. Схема поливного модуля с машиной ДШ-30 (*а*) и его монтажа (*б*) (условные обозначения см. табл. 3.44)

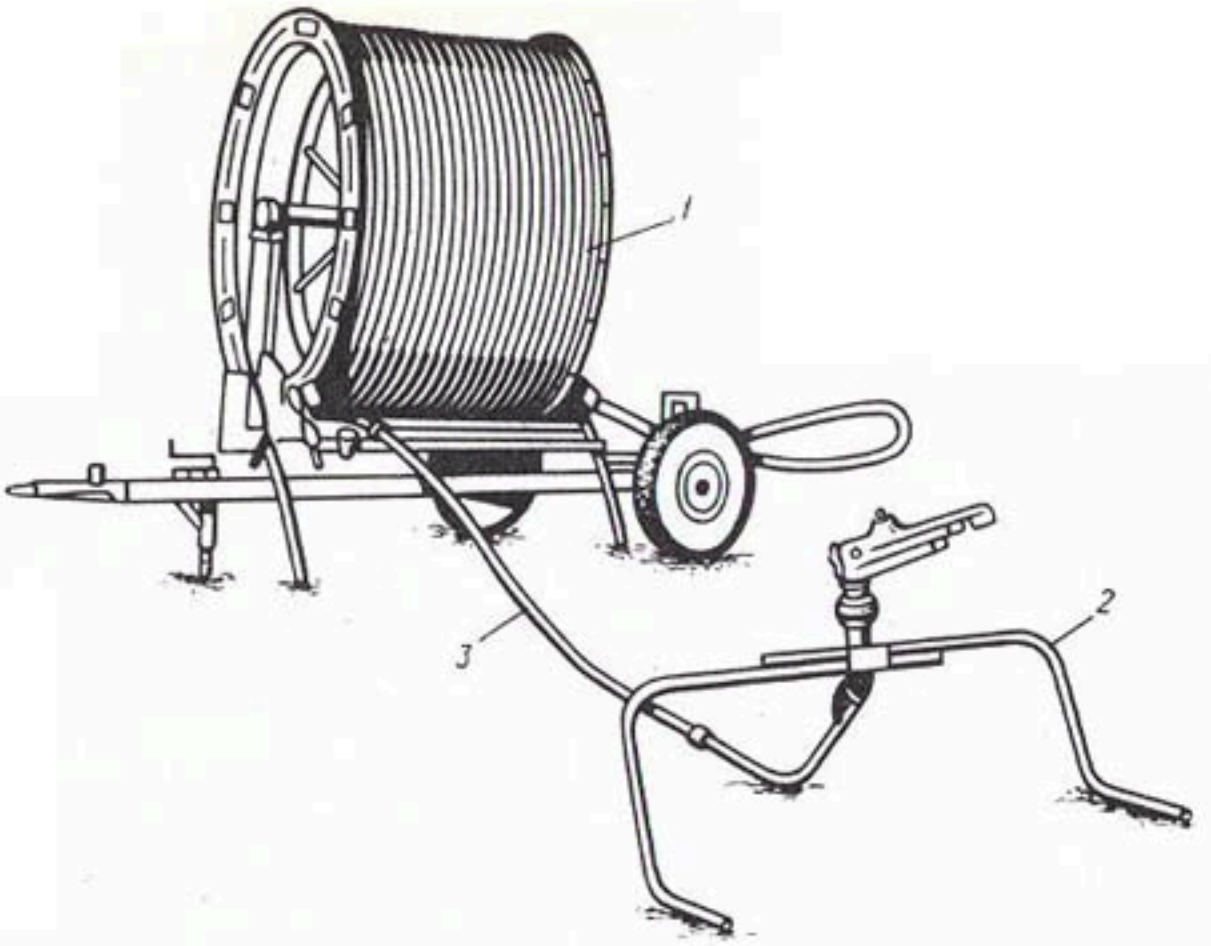


Рис. 3.31. Общий вид дождевального оборудования PZT-75:
1 — шасси с намоточным устройством; *2* — салазки с дождевальным аппаратом; *3* — полиэтиленовый шланг

Требуемое давление на гидранте, МПа	0,6...0,8
Размеры полиэтиленового шланга, мм:	
наружный диаметр	75
внутренний »	65
Длина, м	285
Скорость намотки, см/мин	10...60
Потери давления в шланге, МПа	0,15...0,5
Дождевальный аппарат:	
диаметр сменного сопла, мм	20, 22
давление на входе в аппарат, МПа	0,3...0,6
расход воды, л/с	7,2...10,6
дальность полета струи, м	31...48
средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,19
масса, кг	6,5
Регулируемая ширина колеи салазок, м	1200...2500
Размеры поливаемой за проход полосы:	
длина, м	293...300
ширина, м	55...85
площадь, га	1,6...2,5
Слой осадков за проход, мм	10...75
Коэффициент эффективного полива	0,65...0,98
Средний диаметр капель, мм	1,45...1,7
Продолжительность рабочего прохода, ч	8,3...50
Агрегатируется с трактором	Класса тяги 0,6...0,9 (один на звено из 4...6 RZT)

Коэффициент использования рабочего времени смены (при норме полива 600 м³/га)	0,82
Производительность чистой работы при поливной норме 300 м³/га, га/ч	0,08...0,12
Допустимый уклон участка:	
по направлению перемещения дождевального аппарата	До 0,05
поперечный к оси рабочего прохода	До 0,1
Обслуживающий персонал, тракторист-оператор	Один на звено из 4...6
	RZT
Масса оборудования без воды, кг	1500

Дождевальные машины, работающие в движении. К дождевальным машинам, работающим в движении, относятся широкозахватные многоопорные дождевальные машины с поливом по кругу и при фронтальном перемещении, а также двухконсольные дождевальные агрегаты

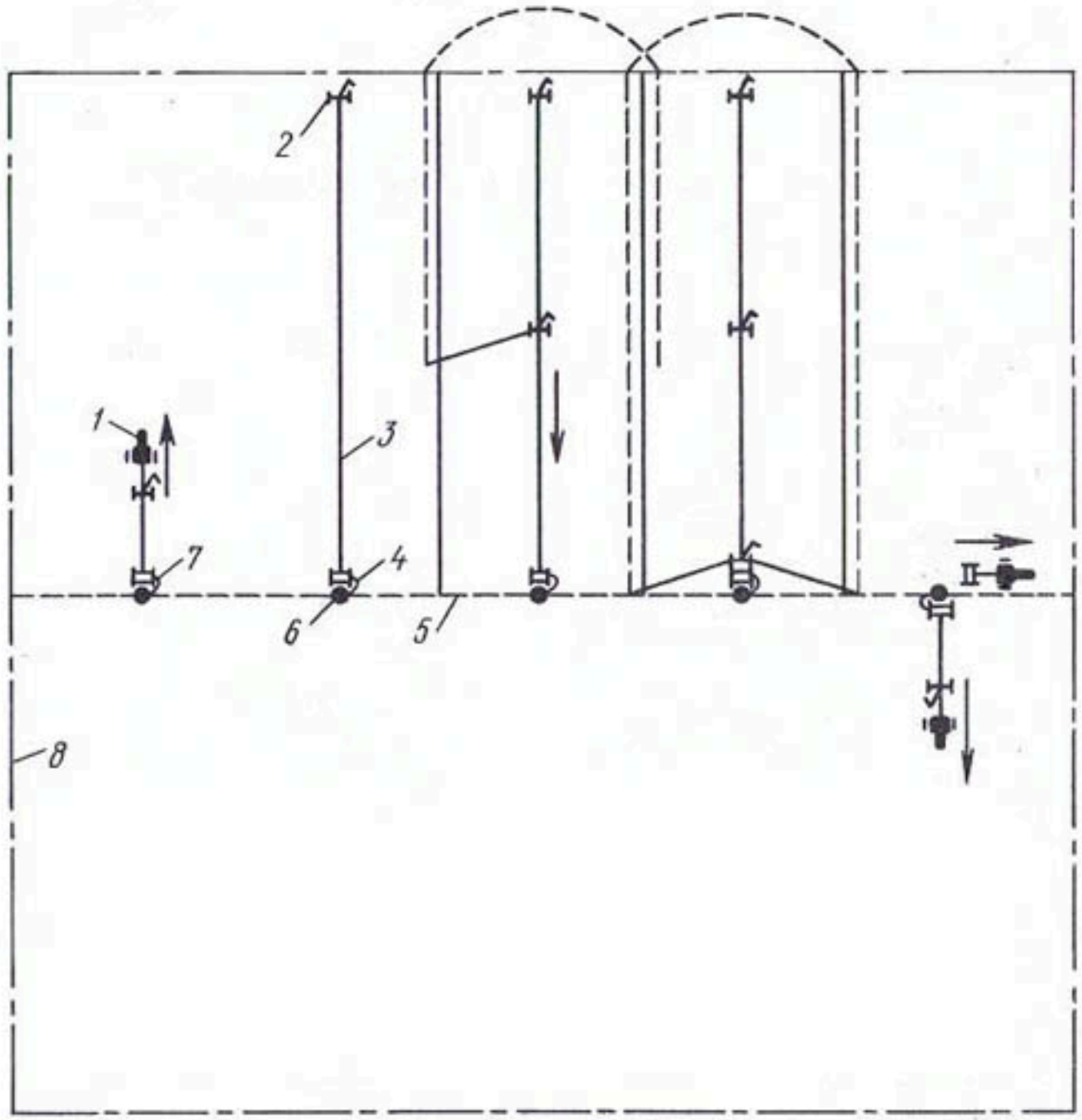


Рис. 3.32. Технологическая схема полива дождевальным оборудованием PZT-75:
1 — трактор; *2* — дождевальный аппарат; *3* — полиэтиленовый шланг; *4* — присоединительный рукав; *5* — оросительная сеть; *6* — гидрант на оросительной сети; *7* — шасси с намоточным устройством; *8* — граница орошаемого участка

ДДА-100МА. Полив проводится с питанием водой от гидрантов закрытых оросительных трубопроводов, скважин, а также с забором воды из открытых оросительных каналов.

Самоходная многоопорная дождевальная машина «Фрегат» (табл. 3.49) предназначена для полива сельскохозяйственных культур, в том числе высокостебельных, лугов и пастбищ. Полив осуществляется в движении по кругу.

3.49. Техническая характеристика различных модификаций машины «Фрегат»

Модификация машины	Число тележек	Длина машины, м	Общий расход воды, л/с	Требуемое давление воды на входе в машину, МПа	Средняя интенсивность дождя по длине машины, мм/мин	Максимальная площадь полива при работе на одной позиции при постоянно включенном концевом дождевальном аппарате, га	Минимальная норма полива за один оборот машины (при частоте ходов гидроцилиндра последней тележки 5,5 ход/мин), м³/га	Масса машины, т	
								без воды	с водой
ДМУ-А199-28	7	199	28	0,47	0,22	15,8	137	6,5	10,1
			20	0,47	0,17		98		
ДМУ-А229-32	8	228,7	32	0,48	0,22	20,2	142	7,4	11,5
			25	0,47	0,18		111		
ДМУ-А253-38	9	253,4	38	0,50	0,24	24,4	156	8,2	12,7
			28	0,47	0,19		114		
ДМУ-А283-45	10	283	45	0,51	0,25	29,8	170	9,2	14,3
			30	0,48	0,18		113		
ДМУ-А308-55	11	307,8	55	0,54	0,27	34,8	195	10	15,5
			45	0,52	0,23		159		
ДМУ-А308-30	11	307,8	50	0,48	0,16	34,8	106	10	15,5
ДМУ-А337-65	12	337,4	65	0,59	0,29	41,3	213	10,9	16,9
			55	0,55	0,25		180		
ДМУ-А338-45	12	337,4	45	0,52	0,21	41,3	147	10,9	16,5
			35	0,50	0,17		114		

Продолжение

Модификация машины	Число тележек	Длина машины, м	Общий расход воды, л/с	Требуемое давление воды на входе в машину, МПа	Средняя интенсивность дождя по длине машины, мм/мин	Максимальная площадь полива при работе на одной позиции при постоянно включенном концевом дождевальном аппарате, га	Минимальная норма полива за один оборот машины (при частоте ходов гидроцилиндра последней тележки 5,5 ход/мин), м³/га	Масса машины, т	
								без воды	с водой
			50	0,54	0,21		155		
ДМУ-А362-50	13	362,2				47,1		11,7	18,2
			40	0,51	0,18		124		
			50	0,55	0,2		145		
ДМУ-А392-50	14	391,8				54,6		12,6	19,6
			40	0,52	0,17		116		
			55	0,57	0,21		152		
ДМУ-А417-55	15	416,5				61,2		13,4	20,8
			45	0,54	0,17		124		
			75	0,57	0,29		222		
ДМУ-Б379-75	13	379,2	68	0,55	0,27	51,3	202	12,2	20,2
			60	0,53	0,24		178		
			80	0,58	0,29		223		
ДМУ-Б409-80	14	408,8	72	0,56	0,26	59,1	200	13,2	21,9
			65	0,54	0,24		181		
			90	0,62	0,31		238		
ДМУ-Б434-90	15	433,6	80	0,59	0,28	66,1	212	14	23,3
			70	0,56	0,24		185		
			90	0,63	0,29		225		
ДМУ-Б463-90	16	463,2	80	0,59	0,26	74,9	200	15	25
			72	0,57	0,23		180		
			60	0,54	0,2		150		
ДМУ-Б463-60	16	463,2				74,9		15	25
			50	0,51	0,18		125		
			90	0,64	0,27		216		
ДМУ-Б488-90	17	487,9				82,6		15,8	26,4
			80	0,6	0,25		192		
			65	0,56	0,21		156		
ДМУ-Б488-65	17	487,9				82,6		15,8	26,4
			55	0,53	0,18		132		

Продолжение

Модификация машины	Число тележек	Длина машины, м	Общий расход воды, л/с	Требуемое давление воды на входе в машину, МПа	Средняя интенсивность дождя по длине машины, мм/мин	Максимальная площадь полива при работе на одной позиции при постоянно включенном концевом дождевальном аппарате, га	Минимальная норма полива за один оборот машины (при частоте ходов гидроцилиндра последней тележки 5,5 ход/мин), $м^3$/га	Масса машины, т	
								без воды	с водой
			90	0,64	0,26		205		
ДМУ-Б518-90	18	517,6	80	0,61	0,23	92,5	182	16,8	28,2
			72	0,58	0,21		164		
			90	0,65	0,25		194		
ДМУ-Б542-90	19	542,3	80	0,61	0,23	102,2	173	17,6	29,5
			72	0,58	0,21		155		
			90	0,66	0,24		189		
ДМК-Б572-90	20	571,9	80	0,62	0,22	111,3	168	18,6	31,3
			72	0,59	0,2		151		

Примечания: 1. Несколько расходов воды на машине одной марки обеспечивается установкой различных наборов дождевальных аппаратов из комплекта, поставляемого с машиной, и соответствующей их настройкой. 2. Указанное в технической характеристике число модификаций машины рассчитано на достижение максимальной эффективности их в различных почвенно-климатических, рельефных и хозяйственных условиях, которые комплексно учитывают при проектировании оросительных систем.

Водопроводящий пояс машины со среднеструйными дождевальными аппаратами опирается на самоходные опоры, имеющие двухколесные тележки с гидроприводом, работающим от энергии воды, идущей на полив (рис. 3.33).

Вода в машину подается от гидрантов напорной закрытой оросительной сети или из артезианских скважин. Над гидрантом размещается неподвижная опора со стояком, вокруг которого вращается машина. Неподвижная опора представляет собой металлическую конструкцию, закрепленную на бетонном фундаменте (рис. 3.34).

В зависимости от величины и формы орошаемого участка можно использовать модификацию машины «Фрегат» с различным числом опор. Поставляются «Фрегаты» с числом опор 20, 19, 18, 17, 16, 15, 14, 13, 12, 11, 10, 9, 8, 7; базовая модель имеет 16 опор.

Звено (тележка) машины состоит из колесной самоходной опоры с механизмом гидропривода, труб водопроводящего пояса с дождевальным аппаратом, А-образной фермы с системой тросового крепления во-

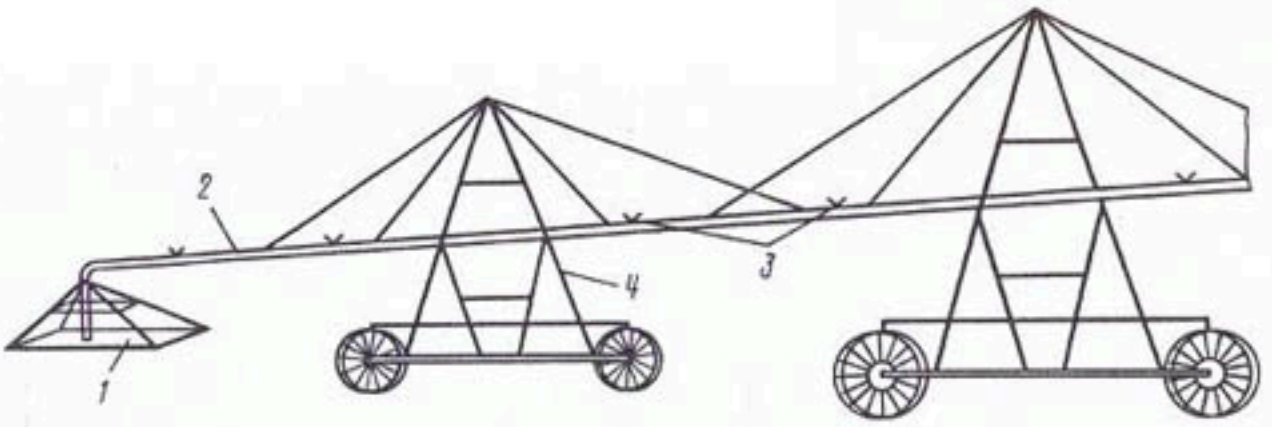


Рис. 3.33. Схема дождевальной машины ДМУ «Фрегат»:
1 — неподвижная опора; *2* — водопроводящий пояс; *3* — дождевальные аппараты; *4* — самоходная опорная тележка

допроводящего пояса, узлов автоматической системы синхронизации движения и аварийной остановки (рис. 3.35).

Водопроводящий пояс машины расположен на высоте 2,2 м над землей.

Для обеспечения равномерного полива площади машина оборудована четырьмя типоразмерами среднеструйных дождевальных аппаратов кругового действия и одним концевым аппаратом, который работает по сектору и обеспечивает полив части площади по углам участка. Дождевальные аппараты расстанавливают по длине машины и настраивают в соответствии с заводской инструкцией.

Характеристика дождевальных аппаратов машины «Фрегат» приведена в таблице 3.19, а расходно-напорные характеристики — на рисунке 3.4.

Механизм гидропривода включает гидроцилиндр с системой рычагов, передающих усилие почвозацепам ходовых колес самоходных опор. Дроссельный клапан гидросистемы служит для автоматической синхронизации движения опор. Шток клапана связан посредством рычажного механизма с тягами, которые крепятся к каждой трубе водопроводящего пояса с обеих сторон тележки. При изменении скорости той или иной тележки трубопровод изгибается, тяги приводят в действие рычажный механизм, увеличивая или уменьшая скорость поступления воды через дроссельный клапан в гидроцилиндр, благодаря чему скорость движения тележки автоматически выравнивается.

Машина «Фрегат» оборудована системами механической и электри-

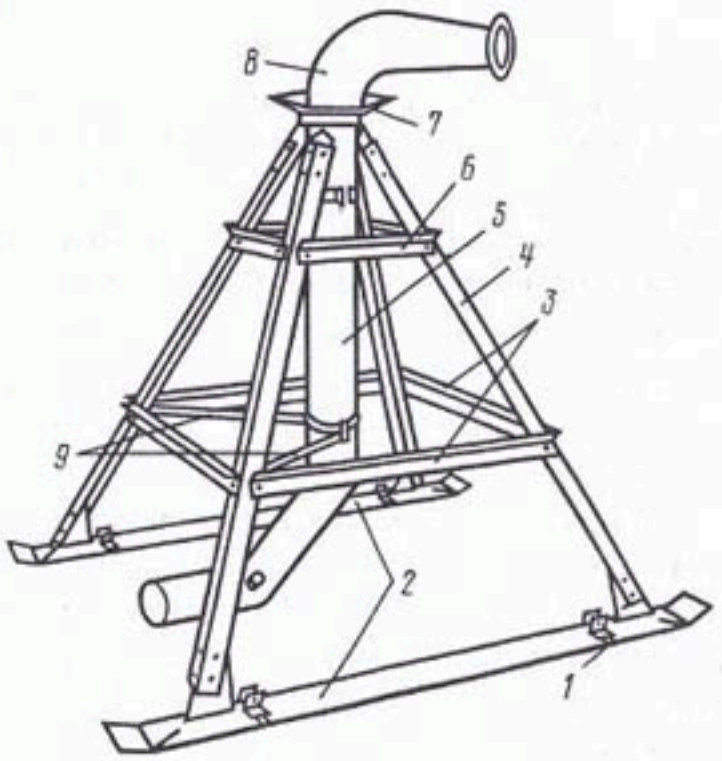


Рис. 3.34. Центральная неподвижная опора машины «Фрегат»:
1 — цепь; *2* — полоз; *3* — нижний поперечный уголок; *4* — стойка; *5* — патрубок; *6* — верхний поперечный уголок; *7* — лоток; *8* — поворотное колено; *9* — кронштейн

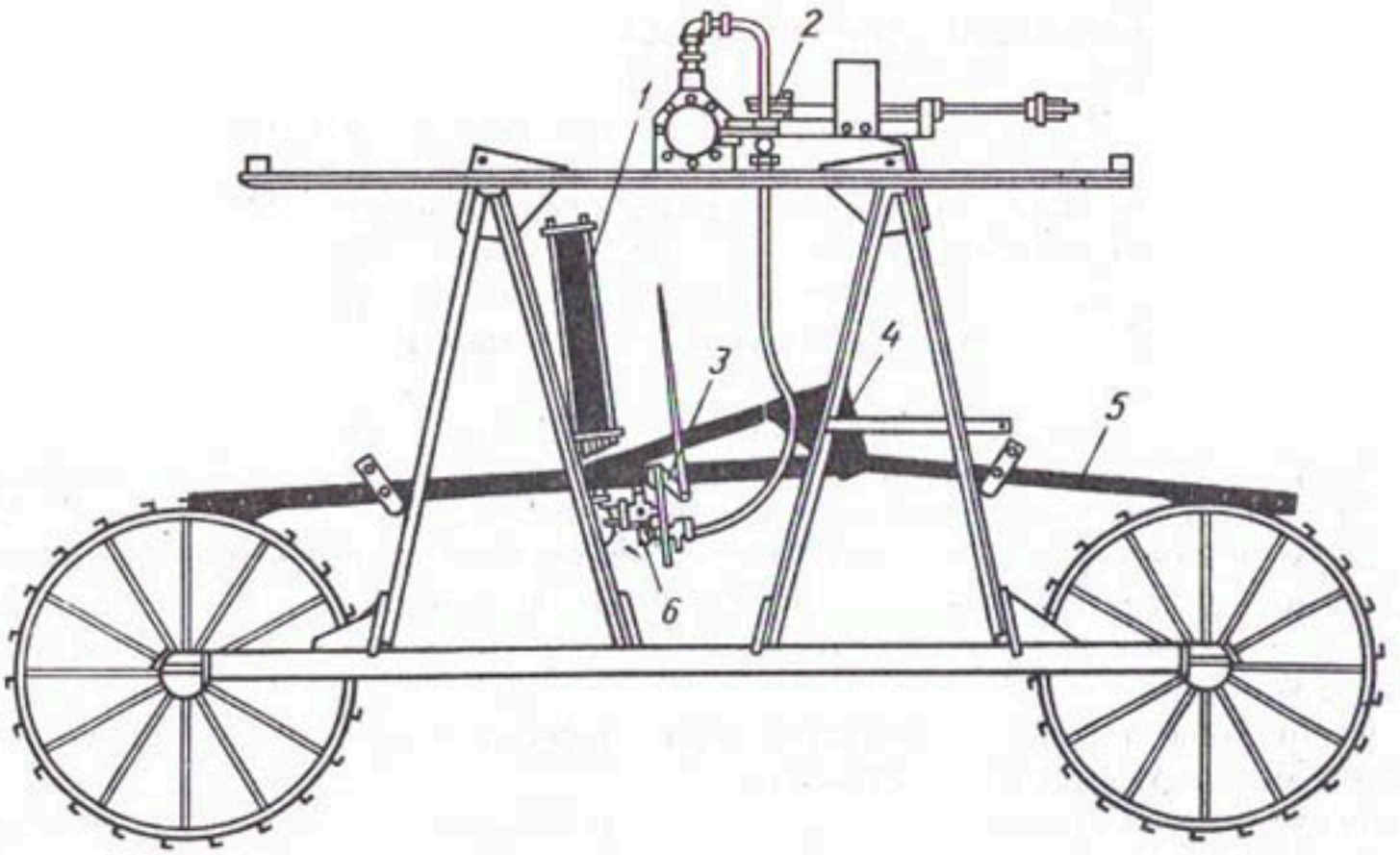


Рис. 3.35. Тележка самоходной опоры машины «Фрегат»:
1 — гидроцилиндр; *2* — дроссельный клапан; *3* — рычаг распределительного клапана; *4* — двуплечий рычаг; *5* — толкатели; *6* — распределительный клапан

ческой аварийной остановки при изгибе трубопровода, опасном для прочности конструкции.

Действие системы механической защиты основано на автоматическом регулировании расхода воды, поступающей в гидроцилиндр концевой тележки через шаровой клапан, привод которого соединен с неподвижной опорой проволочной тягой, проходящей вдоль всего водопроводящего пояса машины. В случае недопустимого изгиба машины шаровой клапан полностью перекрывается и концевая тележка останавливается; затем при срабатывании системы синхронизации движения останавливаются все тележки.

Система электрической защиты имеет последовательно соединенные ртутные выключатели, установленные на каждой тележке и укрепленные на маятниках рядом с механизмами привода дроссельных клапанов системы синхронизации. При опасном изгибе наклон маятника с ртутными выключателями увеличивается настолько, что он размыкает цепь управления реле и исполнительный механизм останавливает насосную станцию или перекрывает задвижку на входе в дождевальную машину.

Величину поливной нормы определяют путем изменения скорости движения машины. На орошаемом участке «Фрегат» можно использовать для полива с одной или двух позиций. Перевозят машину в осевом направлении трактором-буксировщиком класса тяги 5. При этом колеса ходовых тележек поворачивают на 90°.

При орошении участков со сложным рельефом и местными уклонами в пределах 0,07...0,1 в водопроводящий пояс машины вставляют гибкие вставки у неподвижной опоры, промежуточной трубы и на самоходной опоре взамен короткой трубы. Вставка имеет свободу изгиба только в

вертикальной плоскости. На последней тележке машины с гибкими вставками устанавливают механический тормоз. Рычаг тормоза входит в зацепление с почвозацепом колеса при каждом ходе поршня гидроцилиндра.

Машину выпускают в двух исполнениях: «Фрегат» ДМУ-А с водопроводящим поясом диаметром 152,4 мм и приспособлениями для установки гибких вставок при поливе на участках со сложным рельефом; «Фрегат» ДМУ-Б с диаметром труб водопроводящего пояса 177,8 и 152,4 мм.

К машинам «Фрегат» дополнительно поставляют сменные комплекты: короткую трубу с гибкой вставкой, устанавливаемую на тележку вместо короткой трубы без гибкой вставки;

промежуточную трубу с гибкой вставкой, устанавливаемую в гибкие пролеты вместо промежуточной трубы без гибкой вставки (комплекты труб с гибкими вставками применяют только на машинах модификаций ДМУ-А);

последнюю тележку с механическим тормозом вместо последней тележки без механического тормоза;

систему электрической защиты или комплект системы гидравлической защиты;

внешнюю систему электрозащиты или комплект внещней системы гидрозащиты.

Дополнительные комплекты сборочных единиц и деталей:

гибкая вставка у неподвижной опоры;

щиты ограждения гидроприводов тележек;

ограждения колес тележек;

механический тормоз промежуточной тележки;

система отключения концевого дождевального аппарата;

комплект для подсоединения машины на дополнительной позиции;

комплект для транспортирования машины со стороны неподвижной опоры;

комплект для транспортирования машины со стороны консольной части;

комплект приспособлений для трубопровода диаметром 152,4 мм, используемый при замене гибких вставок, коротких труб и прокладок водопроводящего трубопровода;

комплект приспособлений для трубопроводов диаметром 152,4 и 177,8 мм, используемый при замене коротких труб и прокладок водопроводящего трубопровода;

комплект контрольного фильтра $D_п = 300$ мм;

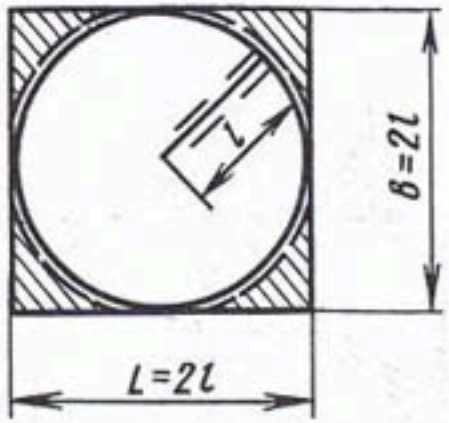
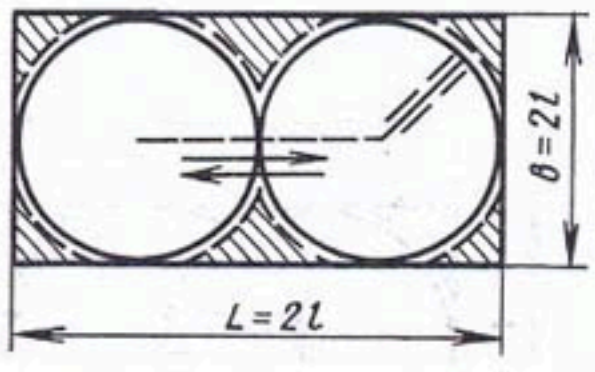
комплект агрегата ввода удобрений.

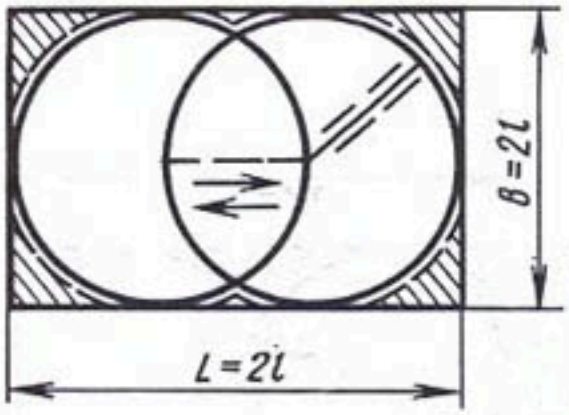
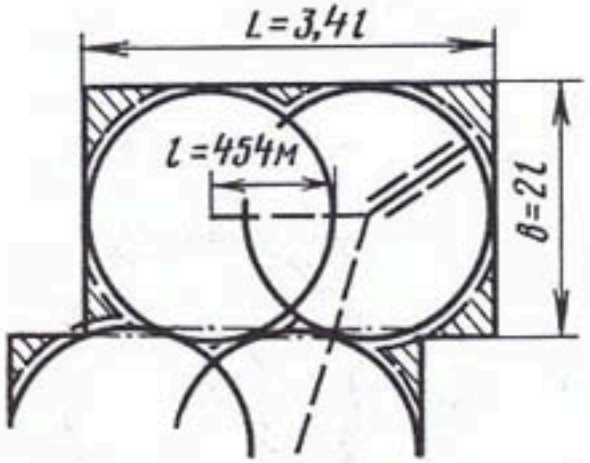
Технические характеристики модификаций машины «Фрегат» приведены в таблице 3.49, а технологические схемы работ — в таблице 3.50.

Эффективность применения дождевальной машины «Фрегат» в различных зонах зависит от правильности выбора модели дождевальной машины и соответствия ее расхода и орошаемой площади конкретным природно-хозяйственным условиям (табл. 3.51).

Величина расхода ряда модификаций ДМ «Фрегат» позволяет использовать их в поливном сезоне на двух позициях. Так, ДМУ-А283, ДМУ-А308, ДМУ-А337, ДМУ-Б379 и другие могут обеспечить полив двух позиций в лесостепной и степной зонах. Применение этих машин

3.50. Технологические схемы расстановки и работы дождевальных машин «Фрегат» на полях севооборота

Схемы	Описание работы	Достоинства	Недостатки
	«Фрегат» работает на одной позиции. Орошаемая машиной площадь зависит от ее конструктивных параметров. Неорошаемые углы при работе концевого аппарата составляют 16...18 %, КЗИ — 0,82...0,84	Машина работает независимо от других, отсутствуют затраты времени и труда на ее перемещение на протяжении вегетации	Низкий КЗИ, минимальная сезонная нагрузка на машину, большие капиталовложения и срок окупаемости
	«Фрегат» работает на двух позициях в пределах одного поля или же на смежных полях, КЗИ — 0,82...0,84	Увеличивается сезонная нагрузка на машину, уменьшаются капиталовложения и срок окупаемости. При обслуживании двумя машинами двух смежных полей сокращается время полива поля	Низкий КЗИ, необходимость перемещения машины с одной позиции на другую, не решена проблема полива углов

	«Фрегат» работает на двух позициях в пределах одного поля. Гидранты расположены на расстоянии, равном конструктивной длине машины, КЗИ — 0,91...0,93	КЗИ повышается до 0,91... 0,93. Увеличивается загрузка машины по сравнению со схемой I, сокращается расстояние транспортировки машины	Перекрытие поливом части площади поля, подача на площади перекрытия поливной нормы в два приема. Необходимость изменения скорости движения машины в процессе полива
	«Фрегат» работает на двух позициях на гидрантах, которые в пределах поля расположены на расстоянии, равном 1,4 конструктивной длины машины. Расстояние между гидрантами на смежных полях составляет 1,925 длины машины, КЗИ — 0,91...0,93	На 7...8 % повышается КЗИ, увеличивается по сравнению со схемой I загрузка машины, для полива углов не требуется другая поливная техника	Перекрытие поливом части площади поля, на 6... 7 % перерасходуется вода, консольная часть машины проходит над соседним полем, ухудшается возможность для закладки лесополос между смежными полями

Примечание. *L* — длина поля; *b* — ширина поля; *l* — геометрическая длина машины.

3.51. Применимость ДМУ «Фрегат» в различных природно-климатических зонах

Марка машины ДМУ «Фрегат»	Число опорных тележек	Расход машины, л/с	Площадь полива с одной позиции (с концевым аппаратом), га	Природная зона				
				лесная	лесостепная	умеренно степная	сухостепная	полупустынная
ДМУ-А283	10	45	29,8	++	++	++′	+	+
ДМУ-А308	11	30	34,8	++′	+	+	—	—
ДМУ-А308	11	55	34,8	++	++	++	+	+
ДМУ-А337	12	45	41,3	++	+	+	+	+′
ДМУ-А337	12	65	41,3	++	++	++	+	+
ДМУ-А362	13	50	47,1	++	+	+	+	+′
ДМУ-А392	14	50	54,6	++	+	+	+′	—
ДМУ-А417	15	55	61,2	++	+	++′	+′	—
ДМУ-Б379	13	75	51,3	++	++	+	+	+
ДМУ-Б409	14	80	59,1	++	++	+	+	+
ДМУ-Б434	15	90	66,1	++	++	+	+	+
ДМУ-Б463	16	60	74,9	+	+	+	—	—
ДМУ-Б463	16	90	74,9	++	++′	+	+	+
ДМУ-Б488	17	65	82,6	+	+	+	—	—
ДМУ-Б488	17	90	82,6	++	+	+	+	+′
ДМУ-Б518	18	90	92,5	++	+	+	+′	—
ДМУ-Б542	19	90	102,2	+	+	+	—	—
ДМУ-Б572	20	90	111,3	+	+	+	—	—

Примечание. ++ — машина может обеспечить поливом две позиции; + — машина может обеспечить одну позицию; — — машина не может обеспечить поливом одну позицию; штрих означает, что возможно некоторое ущемление поливного режима сельскохозяйственной культуры.

на одной позиции ухудшает технические и эксплуатационные параметры оросительных систем.

При планировании применения ДМ «Фрегат» необходимо оптимизировать их рабочие расходы и напоры. Определить оптимальный расчетный (рабочий) расход машин для различных природно-хозяйственных зон можно по номограмме, приведенной на рисунке 3.36.

Оптимизация расхода в зонах лесостепи и умеренной степи позволяет резко снизить интенсивность дождя при исключении поверхностного стока при более высоких поливных нормах практически на всех почвах, энергоемкость полива и капитальные затраты на строительство оросительных систем.

Специальные модификации машин «Фрегат»

«Фрегат» повышенной проходимости применяют на почвах с низкой несущей способностью (осушаемые торфяники, солончаки и др.). Для уменьшения колееобразования дождевальную машину «Фрегат» оборудуют колесами с пневматическими шинами низкого давления, которые укомплектовываются осью со ступицей и приводным кольцом с зацепами, расположенными по окружности с диаметром, равным диаметру жесткого серийного колеса. Приводное кольцо с помощью кронштейнов и болтовых соединений крепят к ободу.

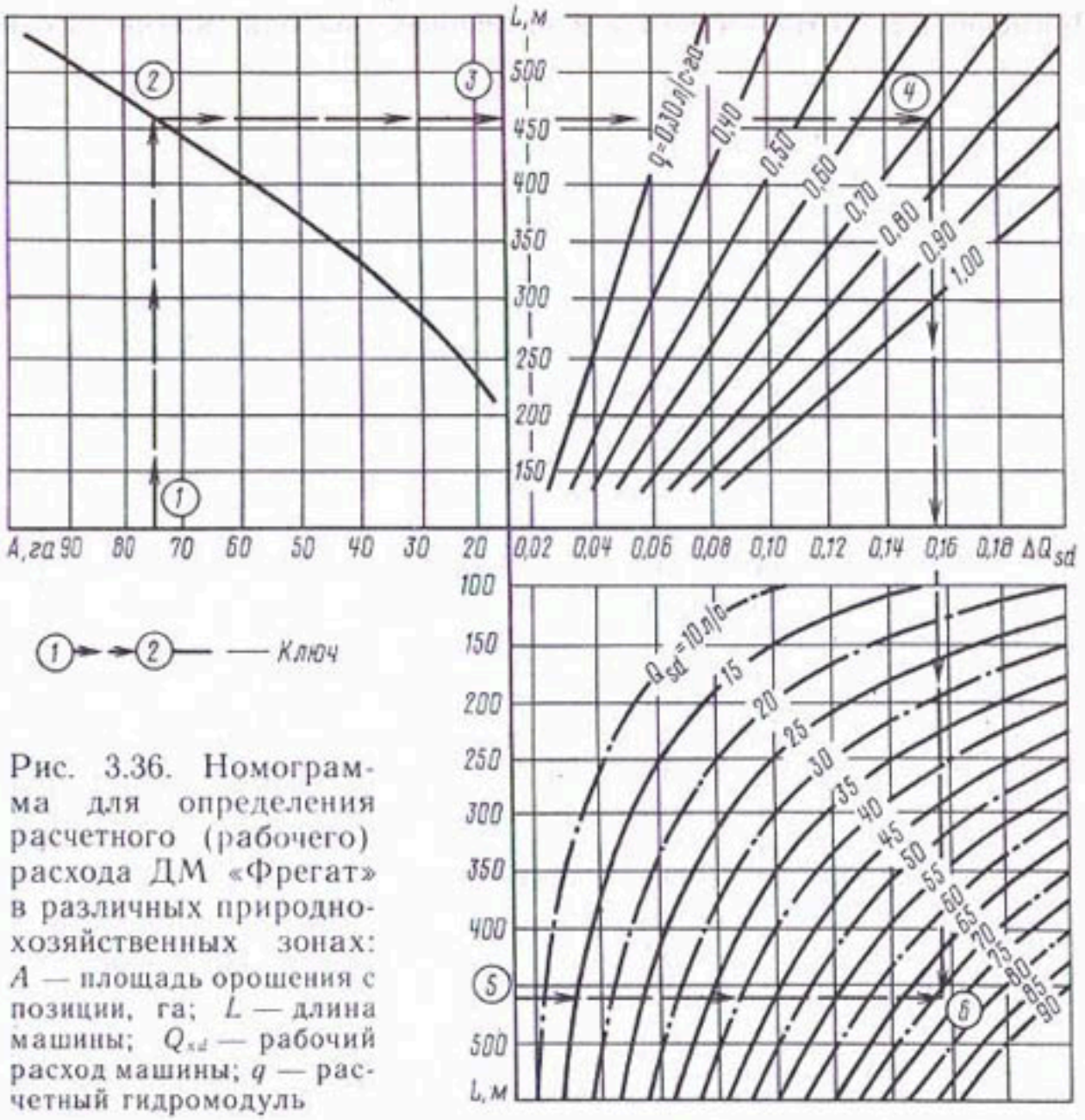


Рис. 3.36. Номограмма для определения расчетного (рабочего) расхода ДМ «Фрегат» в различных природно-хозяйственных зонах: A — площадь орошения с позиции, га; L — длина машины; Q_{sd} — рабочий расход машины; q — расчетный гидромодуль

Измененные технические параметры дождевальной машины «Фрегат»: клиренс водопроводящего пояса — 2,34 м; дорожный просвет — 0,73 м; размеры колеса — диаметр 1570 мм, ширина 404 мм; минимальная норма полива за один оборот машины — 72...175 м^3/га; минимальная продолжительность полного оборота — 15,7...48 ч.

Низконапорная машина «Фрегат» — энергосберегающая низконапорная модификация машины на металлических колесах для работы на почвах с высокой несущей способностью и на колесах с пневматическими шинами — для всех типов почв. Используют их на оросительных системах с сетью трубопроводов, выполненных из асбестоцементных или тонкостенных металлических труб с антикоррозионным покрытием. Для машин на металлических колесах в механизме привода движения тележек применен гидроцилиндр увеличенного диаметра, а для машин на пневматиках — уменьшенное плечо силового рычага по сравнению с машиной «Фрегат» ДМУ.

Низконапорная машина разработана в четырех типоразмерах, длиной 379, 409, 434 и 463 м с расходом воды соответственно 50, 57, 63 и 72 л/с.

Техническая характеристика базовой модели

Длина, м	463,2
Число тележек	16
Расход, л/с	72
Давление, МПа	0,41
Радиус полива, м	486
Минимальная поливная норма, $м^3$/га:	
машина на металлических колесах	340
машина на пневматических колесах	267
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,533
Средний диаметр капель, мм	1
Клиренс водопроходящего пояса, м	2,38
Давление на почву при глубине колеи 5 см, кПа:	
машина на металлических колесах	160
машина на пневматических колесах	70
Коэффициент эффективного полива	0,8
Производительность при поливной норме 600 $м^3$/га, га/ч	0,44
Масса машины (без воды), кг:	
машина на металлических колесах	15 000
машина на пневматических колесах	21 000

Модификация ДМУ-Асс предназначена для дождевания чистой водой и подготовленными стоками комплексов по производству свинины.

Животноводческие стоки должны содержать менее 1 % сухого вещества, размер твердых включений не должен превышать 2,5 мм.

Модернизируются пять модификаций машины «Фрегат» ДМУ-А.

Модификация	ДМУ-А283-45	ДМУ-А337-45	ДМУ-А362-50	ДМУ-А392-50	ДМУ-А417-55
Расход, л/с	30	45	50	50	55
Обслуживаемая площадь, га	29,8	41	47,1	54,6	61,2

На машину устанавливают односопловые дождевальные аппараты с диаметром сопла более 5,6 мм, сливные клапаны новой конструкции, конический переходник к концевому аппарату; настройка аппаратов бескрановая.

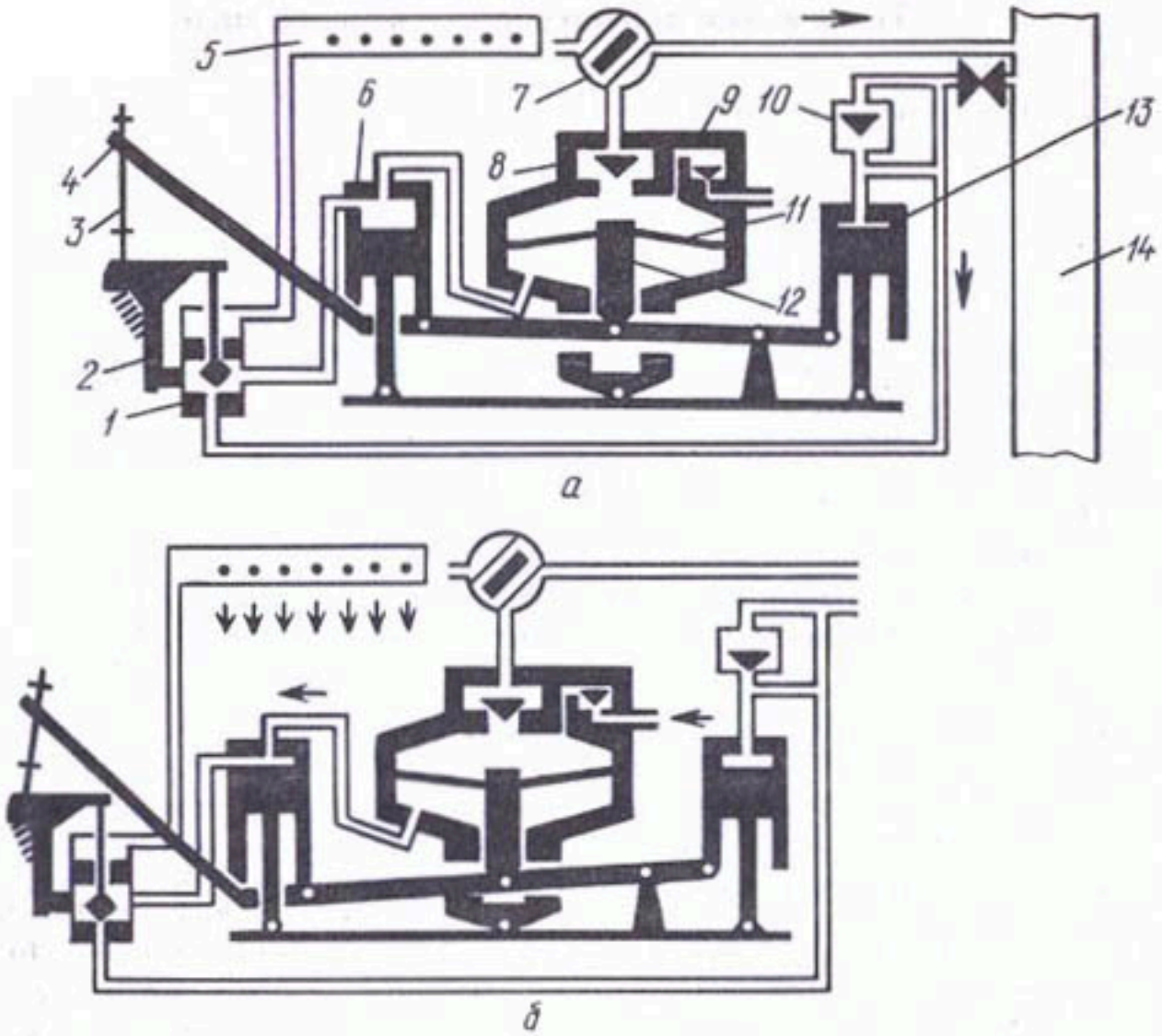
Гидроподкормщик к дождевальной машине «Фрегат» предназначен для приготовления растворов минеральных удобрений и дозированной подачи их в поливную воду при подкормке орошаемых культур, а также для дозированного ввода в поливную воду удобрений, поставляемых в жидком виде.

Гидроподкормщик состоит из диафрагменного насоса-дозатора с гидроприводом и технологического оборудования; технологическое оборудование включает растворно-накопительную емкость для приготовления растворов, заборное устройство, барборатор и соединительные трубопроводы с запорной арматурой.

Схема работы насоса-дозатора дана на рисунке 3.37.

Требуемый расход (л/с) насоса-дозатора определяют по зависимости

$$q_{тр} = \frac{A_0 f R}{\Sigma \tau_f} = \frac{3{,}6 f R Q_м \tau_f}{m \beta_E \Sigma \tau_f}, \qquad (3.9)$$



а

б

Рис. 3.37. Принципиальная схема работы насоса-дозатора:
а — нагнетание; *б* — всасывание; *1* — клапан-распределитель; *2* — рычаг-переключатель; *3* — тяга; *4* — рычаг силовой; *5* — трубопровод перфорированный; *6* — цилиндр рабочий; *7* — кран-задатчик производительности; *8, 9* — клапаны; *10* — клапан обратный; *11* — мембрана; *12* — шток; *13* — цилиндр возвратный; *14* — трубопровод дождевальной машины

где A_0 — площадь полива, га; fR — требуемая норма раствора, л/га; τ_f — продолжительность удобрительного полива, ч; Q_M — расход машины «Фрегат», л/с; m — поливная норма, м³/га; β_E — коэффициент испарения.

Техническая характеристика гидроподкормщика

Расход насоса-дозатора, л/с	30...460
Допустимая вакуумметрическая высота всасывания насоса-дозатора, м	2
Объем растворно-накопительной емкости, м³	7...10
Допустимый размер твердых включений в растворе, мм	До 0,2
Концентрация удобрительного раствора в водопроводящем поясе машины, %	Не более 0,04

Гидроподкормщик к машине «Фрегат» можно использовать также для распределения с поливной водой гербицидов (довсходовых почвенных гербицидов эрадикана, сутана + трефлана, послевсходовых препаратов 2,4Д и ДМ-4Х, аминной соли, диалена).

Рабочие растворы приготавливают при растворении заданной нормы гербицида в 100...300 л воды.

Необходимую дозу внесения гербицида устанавливают при соответствующем изменении частоты рабочих циклов гидроцилиндров насоса.

Расход (л/ч) насоса-дозатора вычисляют по формуле

$$q_{тр}=\frac{3{,}6Q_M gRV_s}{mG}, \qquad (3.9а)$$

где Q_M — расход дождевальной машины, л/с; gR — норма внесения гербицида, кг/га; V_s — объем рабочего раствора, л; m — поливная норма, м³/га; G — навеска гербицида при приготовлении рабочего раствора, кг.

Дождевальные машины «Фрегат» можно использовать в составе поливных модулей.

Основные параметры и состав элементов одного из вариантов модуля с использованием машины «Фрегат» с сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу модульного участка приведены в таблицах 3.52 и 3.53, а схемы поливного модуля и монтажа его элементов — на рисунке 3.38.

Электрифицированная низконапорная дождевальная машина МДЭ «Кубань-ЛК-1» проводит полив в движении по кругу и предназначена для орошения сельскохозяйственных культур, в том числе высокостебельных, на участках со спокойным рельефом.

Питание водой осуществляется от гидрантов закрытой оросительной сети из асбестоцементных труб.

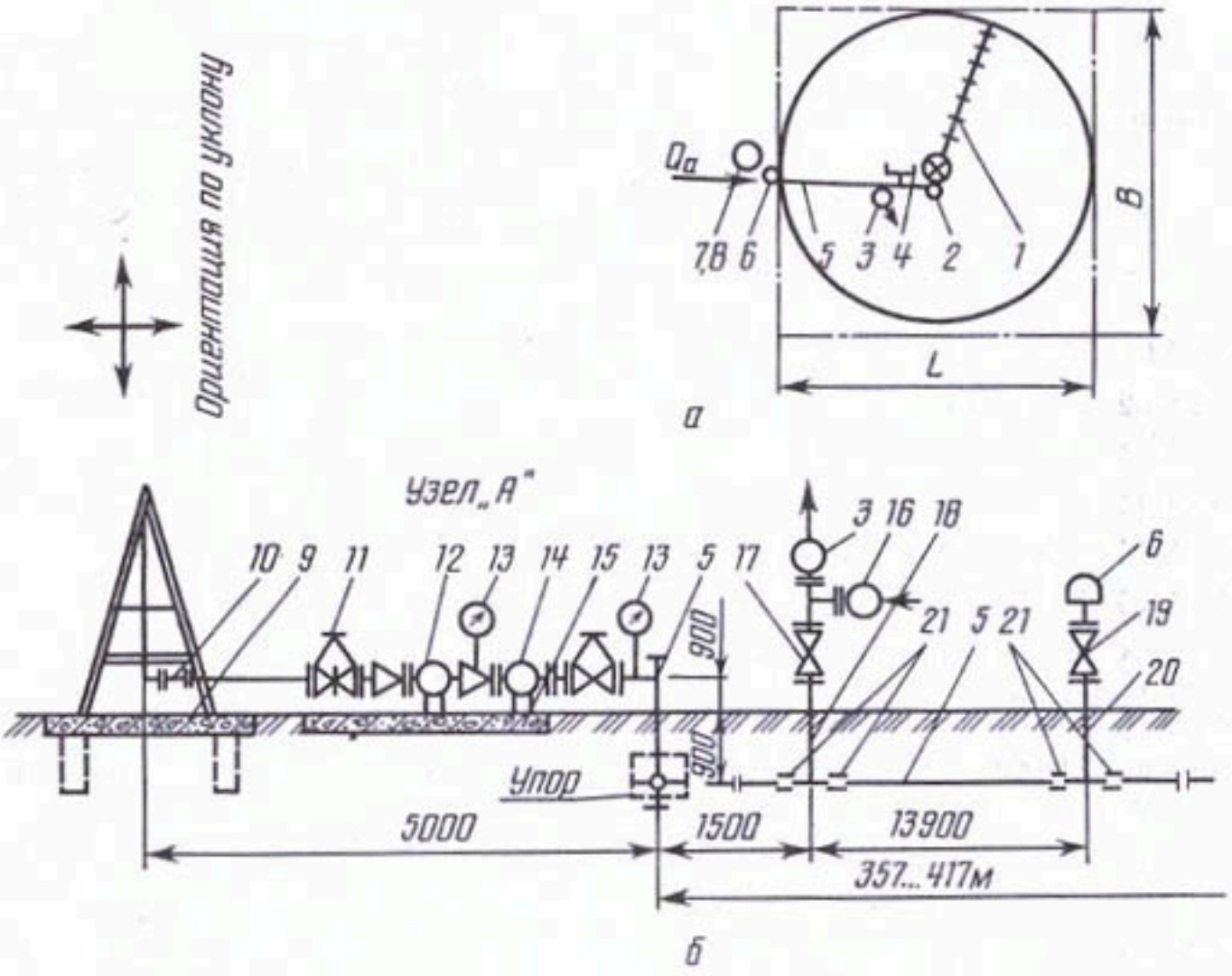


Рис. 3.38. Схема модульного участка с машиной ДМУ «Фрегат», сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу модульного участка (*а*) и его монтажа (*б*) (условные обозначения см. табл. 3.53)

3.52. Основные параметры и технико-эксплуатационные характеристики поливного модуля с машиной ДМУ-А «Фрегат», сетью из асбестоцементных труб с подводом воды к торцу модульного участка

Параметры	Типоразмер						
	1	2	3	4	5	6	7
Площадь, га	45,428	45,428	45,428	45,428	52,418	51,465	69,556
Длина, м	674	674	674	674	724	784	834
Ширина, м	674	674	674	674	724	784	834
Расход, л/с	55	66	55	65	50	50	55
Напор, м	71,781	72,429	71,761	72,429	70,603	71,736	72,204
Число оросителей	1	1	1	1	1	1	1
Материалоемкость основного оборудования, т	34,05	34,05	34,05	34,05	35,69	37,66	39,53
Удельная металлоемкость, т/га	0,75	0,75	0,75	0,75	0,68	0,61	0,57

3.53. Состав и число комплектующих элементов поливного модуля с машиной ДМУ-А «Фрегат», сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу модульного участка

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунке 3.38	Типоразмер						
		1	2	3	4	5	6	7
		водоподача суточная 80 м³/га			водоподача суточная 60 м³/га			
ДМУ-А417-55 (ТУ 23 02.1202—76)	1	—	—	—	—	—	—	1
ДМУ-А392-50 (ТУ 23 02.1202—76)	1	—	—	—	—	—	1	—
ДМУ-А362-50 (ТУ 23.02.1202—76)	1	—	—	—	—	1	—	—
ДМУ-А337-65 (55) (ТУ 23 02.1202—76)	1	1	—	—	1	—	—	—
ДМУ-А337-65 (ТУ 23 02.1202—76)	1	—	1	1	—	—	—	—
Колодец $К_с$-10-18 (типовой проект 820-189)	6	1	1	1	1	1	1	1
Патрубок ПД-250 (l = 1294 мм)		2	2	2	2	2	2	2
Труба ВТ9 ($D_н$ = 250 мм) (ГОСТ 539-80)	5	84	84	84	84	90	97	104
Задвижка 30ч6бр ($D_н$ = 250 мм) (ГОСТ 8437—75)	11	1	1	1	1	1	1	1
Задвижка 30ч6бр ($D_н$ = 200 мм) (ГОСТ 8437—75)		1	1	1	1	1	1	1
Регулятор давления	14	1	1	1	1	1	1	1
РД 1 клапан ($D_н$ = 200 мм) Ру-15 (РДУКГН-200/105; 3752-14)	14	1	1	1	1	1	1	1
Фильтр ($D_н$ = 300 мм)	12	1	1	1	1	1	1	1
Гидрант (задвижка $D_н$ = 200 мм) (типовой проект 820-236)	2	1	1	1	1	1	1	1

Продолжение

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунке 3.38	Типоразмер						
		1	2	3	4	5	6	7
		водоподача суточная 80 м³/га			водоподача суточная 60 м³/га			
Клапан защитный гидравлический КЗГ-120 (ТУ 33-107—78)	*4*	1	1	1	1	1	1	1
Затвор ($D_н$ = 100 мм) (ТУ 33-335—85)	*19*	1	1	1	1	1	1	1
Присоединительный патрубок ($D_н$ = 250 мм, l = 2000 мм)	*20*	1	1	1	1	1	1	1
Вантуз В-6 (ТУ 33-185—81)	*3*	1	1	1	1	1	1	1
Клапан впуска и защемления воздуха КВЗВ ($D_н$ = 50 мм) (ТУ 33-45—81)	*16*	1	1	1	1	1	1	1
Задвижка 30ч6бр ($D_н$ = 50 мм) (ГОСТ 8437—75)	*17*	1	1	1	1	1	1	1
Присоединительный патрубок ($D_н$ = 250 мм, l = 2000 мм)	*18*	1	1	1	1	1	1	1
Манометр ПТП-100	*13*	2	2	2	2	2	2	2
Кран 19П1 (ТУ 26-07-1061—77)		1	1	1	1	1	1	1
Фундамент неподвижной опоры (типовой проект 820-236)	*9*	1	1	1	1	1	1	1
Плита РП 10-20 (альбом 3)	*15*	1	1	1	1	1	1	1
Муфта чугунная ($D_н$ = 250 мм) (ГОСТ 17584—72)	*21*	6	6	6	6	6	6	6
Блок соединения гидранта ДП (820-236-А7-5)	*10*	8	8	8	8	8	8	8
Дополнительное оборудование:								
гидроподкормщик								
насос-дозатор ДП.11.540 ПС	*7*	1	1	1	1	1	1	1
технологическое оборудование	*8*	1	1	1	1	1	1	1

Конструктивная схема машины и технология ее работы аналогичны машине «Фрегат»; элементы конструкции имеют высокую степень унификации с машиной МДЭФ «Кубань-Л» (рис. 3.39).

Водопроводящий пояс машины включает пролеты длиной 39...49 м со шпренгельными фермами жесткости, опирающиеся на 10 опор. Самоходные опоры имеют тележки на пневматических колесах с приводом от центрально-расположенного гидродвигателя. Консольная часть трубопровода снабжена вантовой подвеской.

На водопроводящем поясе размещены дождевальные аппараты II серии машины «Фрегат» (на двух первых пролетах, на последнем пролете и на консоли — всего 37), а также 125 короткоструйных секторных насадок. За счет использования дождевальных аппаратов и насадок достигаются хорошая равномерность распределения дождя по длине машины, снижение средней интенсивности дождя, увеличение политой площади на 4 % по сравнению с применением только короткоструйных насадок.

Электроэнергия машине подается от трансформаторной подстанции через коллекторное кольцо, установленное на поворотном колене присоединения машины к неподвижной опоре. Машина снабжена системой

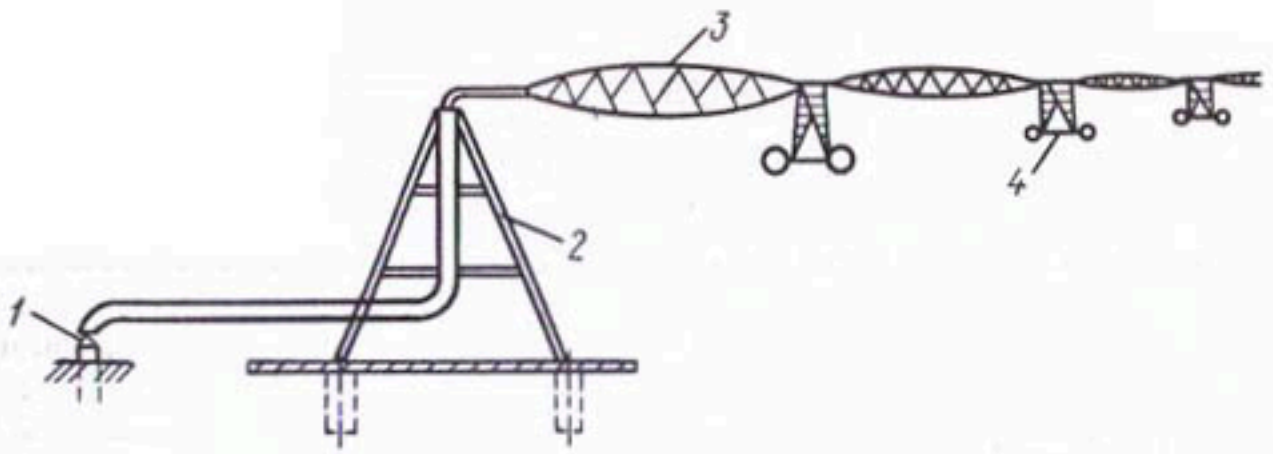


Рис. 3.39. Машина «Кубань-ЛК-1»:
1 — водозаборное устройство; *2* — неподвижная центральная опора; *3* — ферменный пролет водопроводящего пояса; *4* — самоходная промежуточная опора

синхронизации движения опор, системами управления электродвигателями опорных тележек, защиты элементов и контуров привода, контроля и сигнализации режимов работы электрооборудования, освещения, а также управления запорной арматурой на водоподводящей сети. Щит управления работой машины размещен на центральной неподвижной опоре.

Электропривод машины легко обеспечивает реверсирование направления движения во время работы, а также перемещение без полива при холостых проходах.

Краткая технико-эксплуатационная характеристика машины МДЭ «Кубань-ЛК-1»

Расход воды (при нулевом уклоне), л/с	70
Давление на входе в машину, МПа	0,35...0,4
Радиус полива (без перекрытия), м	483 ± 5
Орошаемая площадь, га	73,3
Число опорных тележек	10
Клиренс водопроводящего пояса, м	2,7
Поливная норма, $м^3$/га	90...500 и до 900
Минимальная продолжительность полного оборота, ч	26
Производительность основной работы при поливной норме 600 $м^3$/га, га/ч	0,42
Электропитание	От сети переменного тока напряжением 380 В, частотой 50 Гц
Потребляемая мощность, кВт	До 10
Максимально допустимый уклон поля:	
вдоль водопроводящего пояса	0,01
по ходу движения тележек опор	До 0,07
Габаритные размеры, м:	
ширина	6,7
высота	7,1
длина	473,2
Масса, кг	21
Минимальный слой осадков за проход, мм	8,7
Коэффициент:	
эффективного полива	0,805
технологического обслуживания	0,99
использования сменного времени	0,99
использования эксплуатационного времени	0,95

Эффективность применения дождевальной машины «Кубань-ЛК-1» в различных природных зонах зависит от правильности выбора рабочего расхода, который определяют как функцию конструктивной длины машины, площади захвата с позиции, расчетной удельной потребности в орошении (ордината гидромодуля), затрат воды на испарение при дождевании и коэффициента использования суточного времени в пиковый период водопотребления орошаемых культур.

Расчетный расход можно определить по номограмме, показанной на рисунке 3.40.

Машины «Кубань-ЛК-1» можно использовать в составе поливных модулей. Основные параметры и состав элементов поливного модуля приведены в таблицах 3.54 и 3.55, а схемы модульного участка и монтажа его элементов — на рисунке 3.41.

Электрифицированная многоопорная самоходная дождевальная машина фронтального перемещения «Кубань» предназначена для полива кормовых, зерновых, овощных и технических культур, включая высоко-

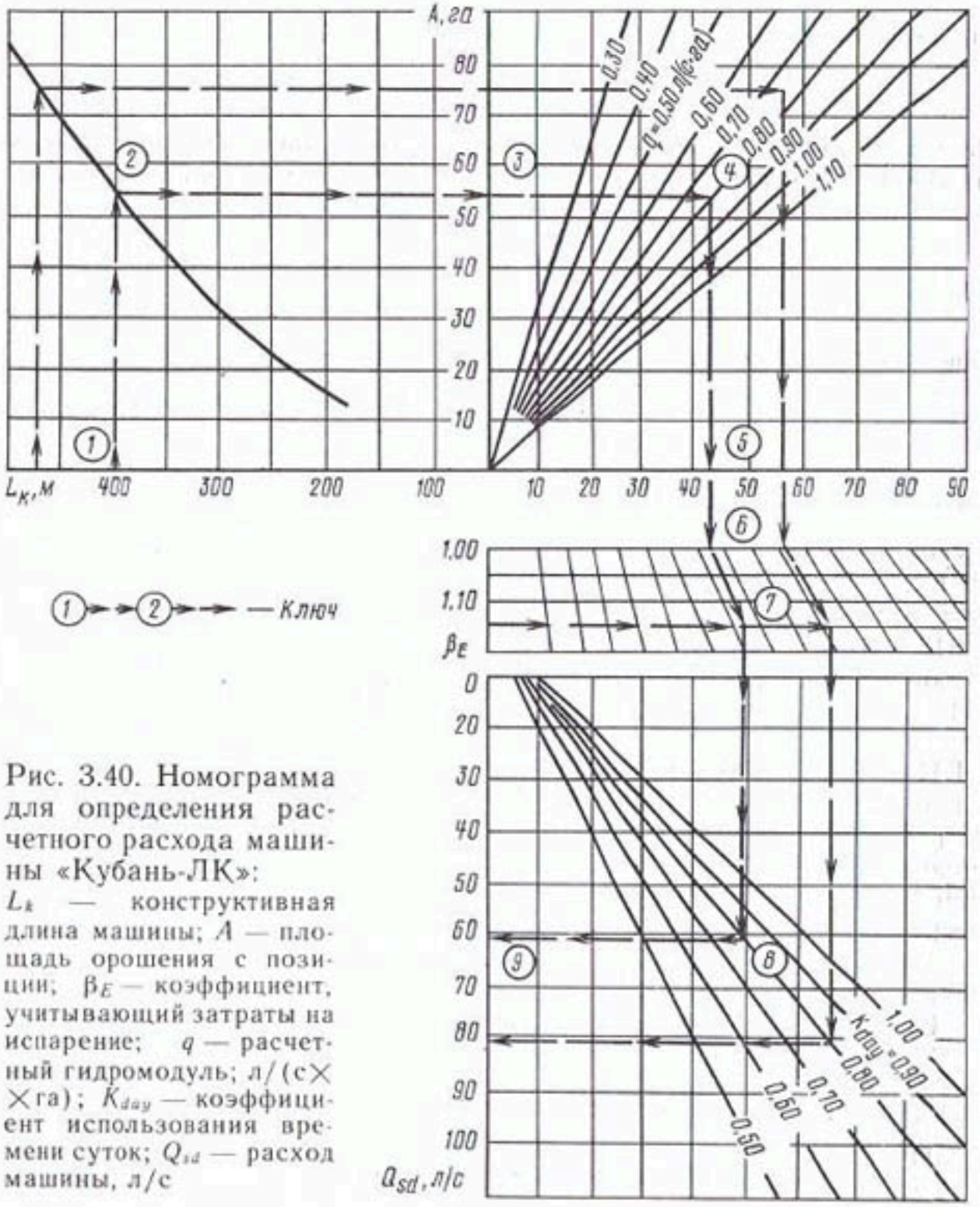


Рис. 3.40. Номограмма для определения расчетного расхода машины «Кубань-ЛК»:
L_k — конструктивная длина машины; A — площадь орошения с позиции; β_E — коэффициент, учитывающий затраты на испарение; q — расчетный гидромодуль; л/(с×га); K_{day} — коэффициент использования времени суток; Q_{sd} — расход машины, л/с

3.54. Основные параметры и технико-эксплуатационные характеристики поливного модуля с машиной «Кубань-ЛК-1» с сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу участка

Параметры	Типоразмер	
	1	2
	водоподача суточная 80 м³/га	водоподача суточная 60 м³/га
Площадь, га	75,39	75,39
Длина, м	980	980
Ширина, м	980	980
Расход, л/с	70	70
Напор, м	38,95	38,95
Материалоемкость основного оборудования, т	18,26	18,26
Удельная металлоемкость, т/га	0,24	0,24

3.55. Состав и число комплектующих элементов поливного модуля с машиной «Кубань-ЛК-1», сетью из асбестоцементных труб и подводом воды к торцу участка

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунке 3.41	Типоразмер	
		1	2
		водоподача суточная 80 м³/га	водоподача суточная 60 м³/га
МДЭ «Кубань-ЛК-1»	*1*	1	1
Колодец Кс-15-18 (ТП 820-189)	*4*	1	1
Задвижка 30ч6бр (D_n=250 мм) (ГОСТ 8437—75)	*8*	1	1
Металлоконструкция (ГОСТ 10704—76)	*9*	1	1
Труба ВТ6 (D_n=250 мм) (ГОСТ 539—80)	*7*	124	124
Гидрант	*10*	1	1
Вантуз ВП-250 (ТП 820-236)	*2*	1	1
Вантуз В-6 (ТУ 33.12—81)	*11*	1	1
КЗГ-120 (D_n=100 мм) (ТУ 33.107—78)	*3*	1	1
Металлоконструкция (ГОСТ 10.704—76)	*13*	1	1
Задвижка 30ч6бр (D_n=100 мм) (ГОСТ 8437—75)	*12*	1	1
Муфта САМ6 (D_n=250 мм) (ГОСТ 539—80)		123	123
Муфта «Жибо» (D_n=250 мм) (ГОСТ 17584—72)		6	6
Дополнительное оборудование:			
агрегат насосный НД-25.1	*5*	1	1
технологическое оборудование (ТУ 33.74—77)	*6*	1	1

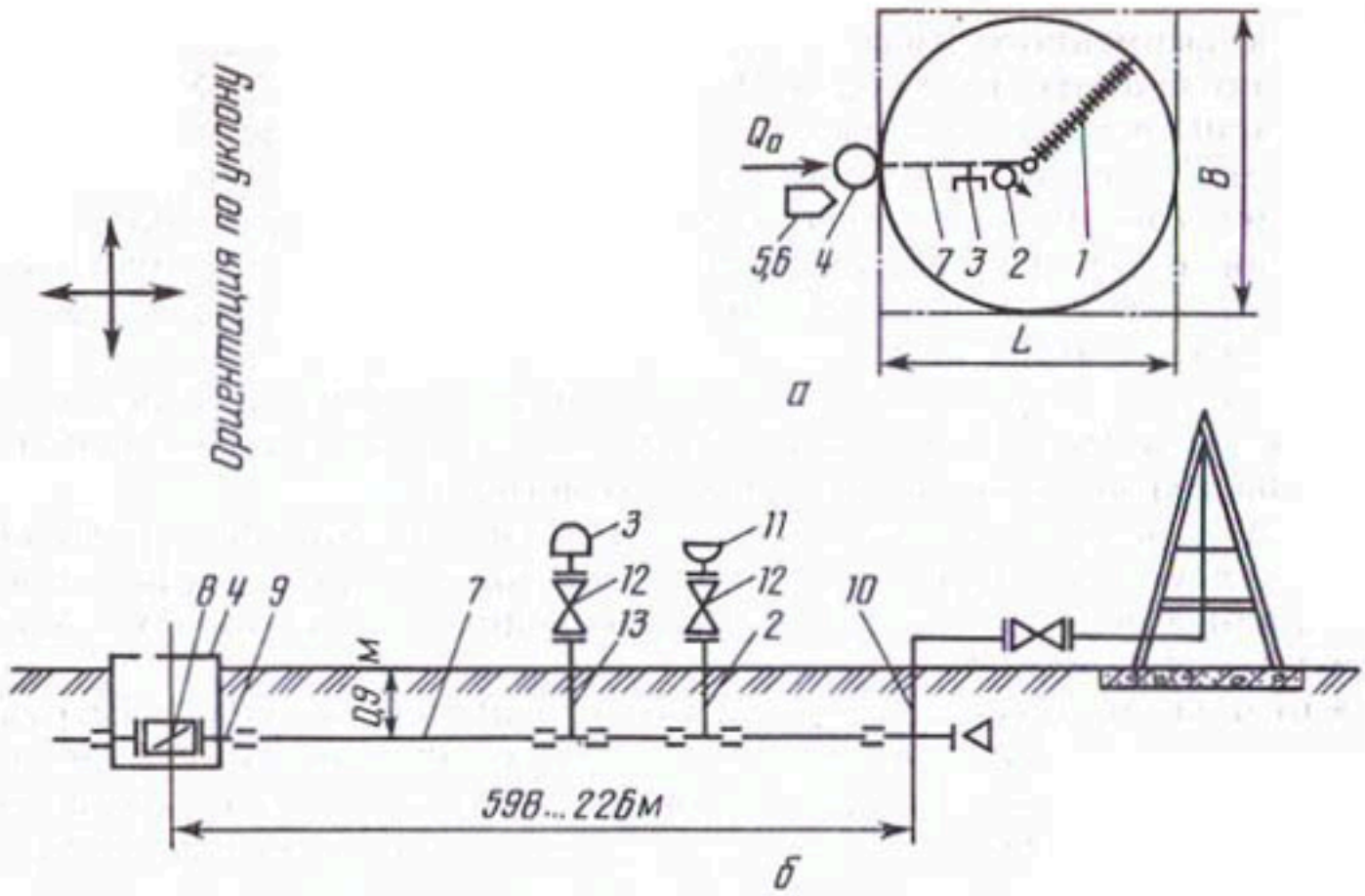


Рис. 3.41. Схема модульного участка с использованием машины «Кубань-ЛК-1» (*а*) и его монтажа (*б*) (условные обозначения см. табл. 3.55)

стебельные, на площадях со спокойным рельефом, преимущественно в степной и сухостепной зонах страны. Полив проводят в движении с фронтальным перемещением и забором воды из открытого оросителя, обслуживает участок размерами 800× (1500...2000) м в зависимости от расхода машины и зоны применения.

Машина включает энергетическую тележку с насосно-силовым оборудованием, водопроводящий пояс, закрепленный на самоходных опорах, системы стабилизации курса и синхронизации движения опор, аварийной защиты, электрооборудование.

Насосно-силовой агрегат смонтирован на общей раме и состоит из дизельного двигателя, центробежного насоса с всасывающей линией, имеющей поплавковый водозаборный клапан. Дизель снабжен системой автоматики, обеспечивающей его пуск, контроль рабочих параметров, подзарядку аккумуляторных батарей и автоматическую остановку двигателя при недопустимых отклонениях в работе его систем.

В машине «Кубань-Л» по сравнению с более ранней модификацией «Кубань-М» конструкция всех основных агрегатов и узлов, включая водозаборное устройство, ферменные пролеты, ходовые тележки, изменена. На энергетической тележке, база опорных колес которой уменьшена до 5,4 м, монтируют топливные баки, щиты управления движением машины по курсу, в линию и режимом работы. Дополнительно установлено устройство для движения машины без полива. Усовершенствована система электроснабжения.

Модификация «Кубань-Л» включает энергетическую тележку с насосно-силовым оборудованием, поплавковый водозабор, водопроводящий пояс, состоящий из 16 основных шарнирно соединенных между собой

пролетов ферменного типа и одного центрального пролета, а также 18 опорно-ходовых тележек и 2 консоли (рис. 3.42, 3.43).

Ферменные пролеты имеют различную длину и диаметры водопроводящих труб. Первые три пролета каждого крыла машины, начиная от энергетической тележки, имеют длину 38,5 м и сечение труб 203×2,65 мм, последний и предпоследний — длину 51,7 м и сечение труб 152,4××2,65 мм, а консоль — длину 26 м, составленную из труб сечением 152,4×1,9 мм и 102×2,5 мм.

Триста три дождевальные насадки на водопроводящем поясе установлены на коротких изогнутых патрубках, что исключает попадание дождя на фермы и уменьшает снос его ветром.

Каждая опорно-ходовая тележка состоит из пилона, продольного бруса и двух пневматических колес, привод которых осуществляется от электрического мотор-редуктора посредством карданных валов и червячных редукторов.

В отличие от предшествующей модификации изменены конструкции червячных (колесных) редукторов и способ их крепления к продольному брусу, а также мотор-редуктора с одновременным уменьшением мощности двигателя. Применены пневматические колеса высокой проходимости.

Скорость движения машины изменяется одновременно с изменением продолжительности тактов движения и пауз на задающем таймере и таймере коррекции.

Электрооборудование предназначено: для выбора направления движения, перемещения, пуска и остановки, задания средней скорости движения (поливной нормы), автоматической остановки машины на краю участка, автоматической синхронизации движения самоходных опор при проходах в прямом и реверсивном направлениях; аварийной автоматической остановки машины; остановки машины вручную с любой из опор; выдачи сигнала на остановку двигателя при автоматическом или ручном отключении машины.

Машина оборудована автоматическими системами синхронизации движения и аварийной защиты. Защиты машин «Кубань-Л» и «Кубань-М» принципиально не отличаются. Система синхронизации движения тележек обеспечивает прямолинейность движения всей машины. Система стабилизации направления движения, взаимодействующая с натянутым вдоль бровки канала тросом, служит для поддержания заданного курса путем автоматической его коррекции. Система аварийной

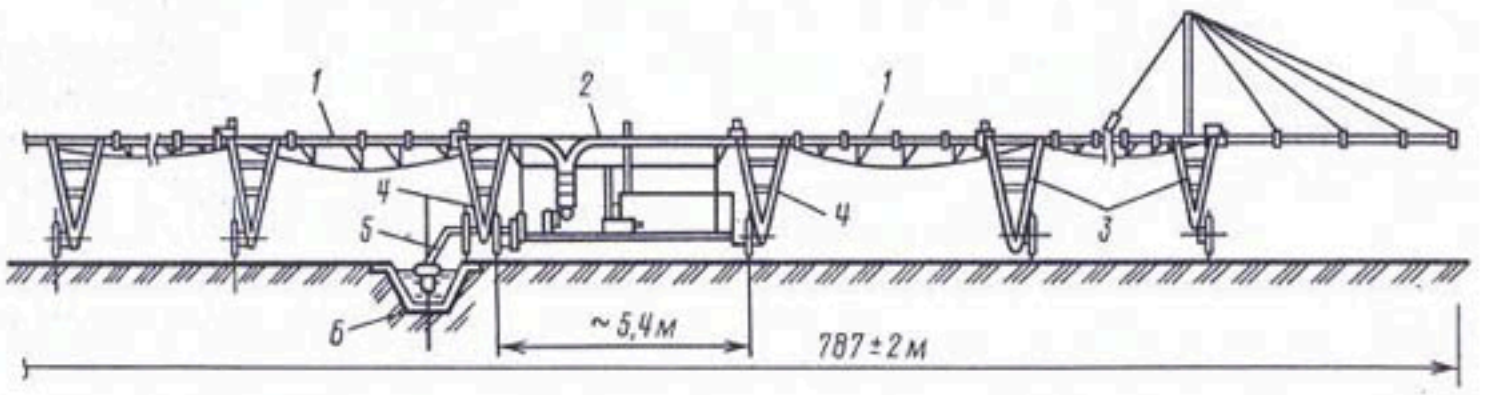


Рис. 3.42. Дождевальная машина «Кубань-Л»:
1 — фермы пролетов; *2* — ферма центральная; *3, 4* — тележки опорные и центральные; *5* — всасывающая линия; *6* — оросительный канал

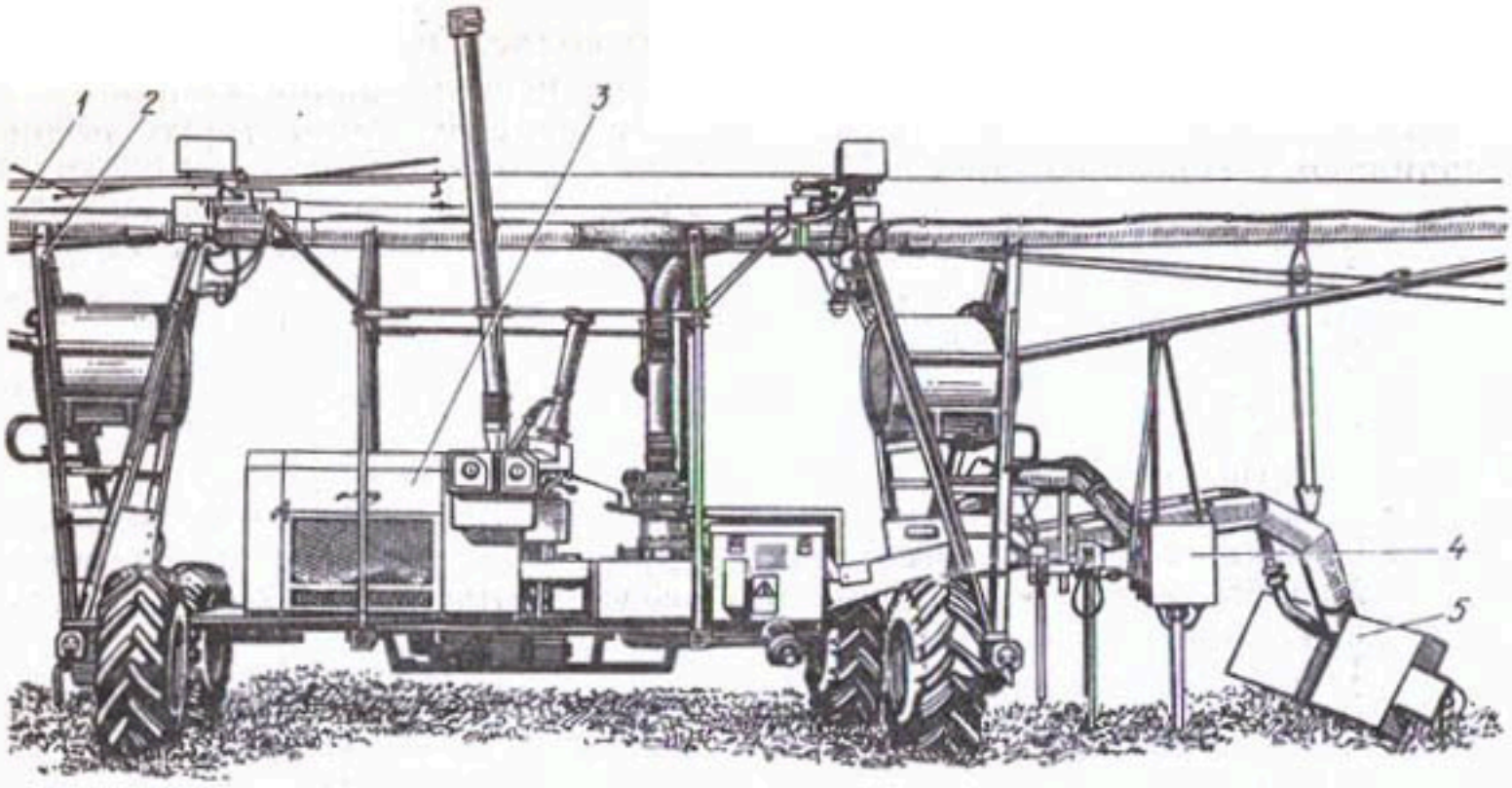


Рис. 3.43. Центральная часть дождевальной машины «Кубань-Л»:
1 — водопроводящий пояс; *2* — тележка центральная; *3* — дизель-генератор; *4* — датчик системы синхронизации курса; *5* — водозаборное устройство

защиты автоматически останавливает машину при критических углах излома водопроводящего пояса в шарнирных соединениях, при критическом осевом смещении машины относительно направляющего троса, при достижении машиной края поля, переполиве, нарушении работы двигателя, срыве подачи воды насосом и т. п.

Водозабор осуществляется из открытого оросительного канала с монолитной бетонной облицовкой. В исключительных случаях при наличии соответствующего технико-экономического обоснования в качестве противофильтрационных покрытий ложа канала могут быть использованы сборные железобетонные или асфальтополимербетонные плиты. Сечение каналов при строительной глубине 1,1 м может быть шириной по дну 0,6 м при заложении откосов 1:1,5 и 0,4 м при заложении откосов 1:1.

Каналы с уклоном до 0,0001 строят без перегораживающих сооружений, а на каналах с уклоном, превышающим 0,0001, предусматривают стационарные перегораживающие сооружения погружного или выглубляемого типа.

Уклон орошаемого поля вдоль водопроводящего пояса машины не должен превышать $\pm 0{,}007$. Оросительный канал строят посередине участка и делят на две равные части. Рядом с каналом с одной стороны прокладывают спланированную дорогу, полотно которой укатывают до естественной плотности грунта, а вдоль бровки канала натягивают трос, задающий и контролирующий направление движения энергетической тележки.

Машина, обладая реверсивностью хода, осуществляет полив по различным технологическим схемам, в том числе с холостыми переездами, что необходимо для проведения выборочных поливов. Наиболее эффективные схемы — схемы без холостых переездов с дифференцированной выдачей поливных норм по длине участка. Это позволяет поддерживать оптимальную влажность почвы на протяжении всего цикла полива,

исключает сброс оросительной воды, позволяет проводить полив без образования стока, повышает коэффициент использования машины.

Предпочтение отдают технологическим схемам, при которых полив начинают с середины поля.

Основные технико-эксплуатационные показатели машины «Кубань-Л»

Расход воды, л/с	200
Давление, развиваемое насосом, МПа	0,31
Интенсивность дождя, мм/мин	1,3
Слой дождя за проход, мм/мин	8...70
Уклон поверхности участка:	
вдоль канала	0,0001...0,003
вдоль машины	±0,015...0,02
Число опорно-ходовых тележек	18
Диаметр и толщина стенки труб водопроводящего пояса, мм	(203; 168; 152)×2,65
То же, консольной части	(152; 102)×2,5
Двигатель:	
марка	ЯМЗ-289НД
мощность, кВт	158
Генератор:	
марка	2СН42/13-4у2
мощность, кВт	30
Электропривод тележек:	
мощность, кВт	0,75
остальных крайних	1,1
Масса машины без воды, кг	41 000±3 %
Производительность основного времени при норме полива 600 м³/га, га/ч	1,2
Коэффициент полезного действия	0,975
Обслуживающий персонал	1 чел. на 4 машины

Слой осадков (поливную норму), выдаваемый в диапазоне скорости движения машины (0,2...2 м/мин), можно определить по номограмме (рис. 3.44). Пользуясь этой номограммой, можно определить скорость движения машины при известной достоковой поливной норме. Если достоковая (технологическая) норма полива меньше расчетной, то норму выдают в несколько приемов (практически за два прохода).

Зависимость слоя осадков (поливная норма) от скорости движения машины показана в таблице 3.56, а возможные схемы выдачи расчетной поливной нормы на почвах разной водопроницаемости — в таблице 3.57.

Если поливную норму вносят за два прохода, то желательно, чтобы основную ее часть вносили при обратном движении машины (с целью улучшения проходимости машины по более сухому полю).

Рациональные технологические схемы полива машиной ЭДМФ «Кубань-Л» выбирают на основе оценки рельефа и уклонов поверхности орошаемого поля, впитывающей способности почвы, состояния агрофона, размеров поливной нормы (расчетной и достоковой) и интенсивности испарения воды орошаемым полем в межполивной период. Максимальную длину канала для работы машины можно определить по номограмме, представленной на рисунке 3.45.

Машины «Кубань-Л» можно использовать в составе поливных модулей.

Основные параметры и состав элементов поливного модуля с дождевальной машиной «Кубань-Л» с сетью из асбестоцементных труб и под-

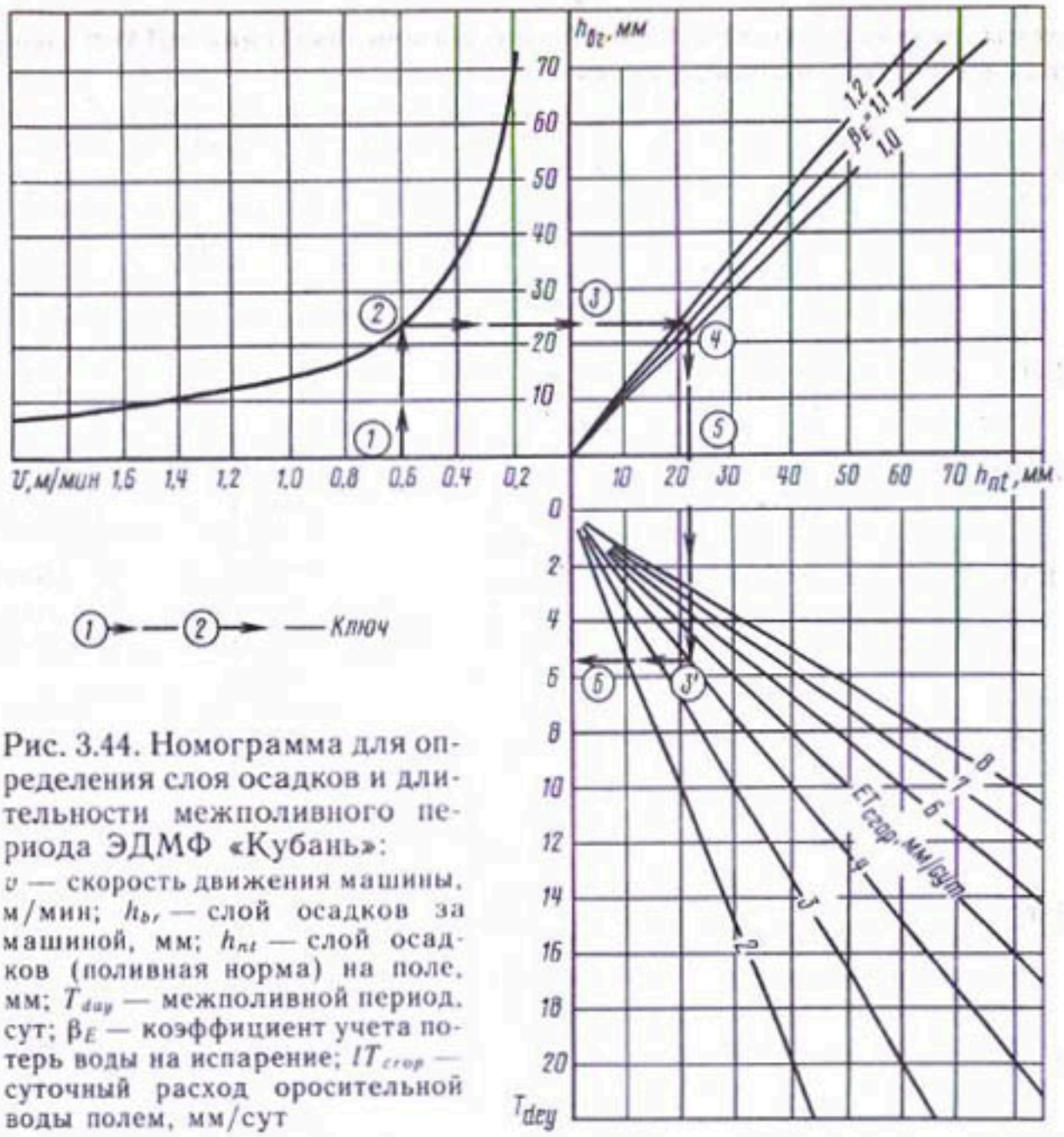


Рис. 3.44. Номограмма для определения слоя осадков и длительности межполивного периода ЭДМФ «Кубань»:

v — скорость движения машины, м/мин; h_{bt} — слой осадков за машиной, мм; h_{nt} — слой осадков (поливная норма) на поле, мм; T_{day} — межполивной период, сут; β_E — коэффициент учета потерь воды на испарение; ET_{crop} — суточный расход оросительной воды полем, мм/сут

водом воды к торцу участка приведены в таблицах 3.58 и 3.59, а схемы модульного участка и монтажа его элементов — на рисунке 3.46.

Практика эксплуатации машин «Кубань» показала, что при использовании дизельных двигателей требуется организация технического обслуживания и ремонта дизелей, возникают проблемы хранения и под-

3.56. Слой осадков (поливная норма), **мм, при различных скорости движения машины и затратах воды на испарение**

Затраты воды на испарение, %	Скорость движения машины, м/мин												
	1,8	1,6	1,4	1,2	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
0	8,4	9,4	10,7	12,5	15	16,6	18,7	21,4	25	31,3	37,5	50	75
5	8	9	10,2	11,9	14,3	15,8	17,8	20,4	23,8	30	35,8	47,7	71,5
10	7,7	8,6	9,7	11,4	13,7	15,1	17	19,5	22,7	28,4	34,1	45,5	68,2
15	7,3	8,2	9,3	10,9	13	14,4	16,2	18,6	21,4	27,2	32,7	43,5	65,3
20	7	7,8	8,9	10,4	12,5	13,8	15,6	17,8	20,8	26,1	31,3	41,7	62,5

3.57. Схемы выдачи расчетной поливной нормы при орошении ЭДМФ «Кубань-Л» на почвах разной водопроницаемости

Расчетная поливная норма m, м³/га	Водопроницаемость почвы (достоковая поливная норма m_0, м³/га)			
	слабая (m_0=100...200)	средняя (m_0=200...400)	выше средней (m_0=400...600)	сильная (m_0=600 и более)
200	200/1 100/2	200/1	200/1	200/1
	200/1	300/1	300/1	300/1
300	100/1	100/1	100/1	100/1
	150/2	200/1	200/1	200/1
		150/2		
400	200/2	100/1	400/1	400/1
		300/1	200/2	100/1
		200/2	100/1	300/1
		150/1	300/1	200/2
		250/1		
500		150/1	500/1	500/1
		350/1	100/1	100/1
		200/1	400/1	400/1
		300/1	200/1	200/1
		250/2	300/1	300/1
600		300/1	600/1	600/1
		300/1	100/1	100/1
		200/1	500/1	500/1
	400/1	200/1	200/1	200/1
		400/1	400/1	400/1
		300/1	300/1	300/1
		300/1	300/1	300/1

Примечание. Числитель — норма за один проход, м³/га; знаменатель — число проходов.

3.58. Основные параметры и технико-эксплуатационные характеристики поливного модуля с дождевальной машиной «Кубань-Л», сетью из облицованных каналов и подводом воды к торцу участка

Параметры	Типоразмер		
	1	2	3
	водоподача суточная 100 м³/га	водоподача суточная 80 м³/га	водоподача суточная 60 м³/га
Площадь, га	116	156	224
Длина, м	1450	1950	2800
Ширина, м	800	800	800
Расход, л/с	200	200	200
Материалоемкость основного оборудования, т	60,244	64,724	72,340
Удельная материалоемкость, т/га	0,52	0,41	0,32

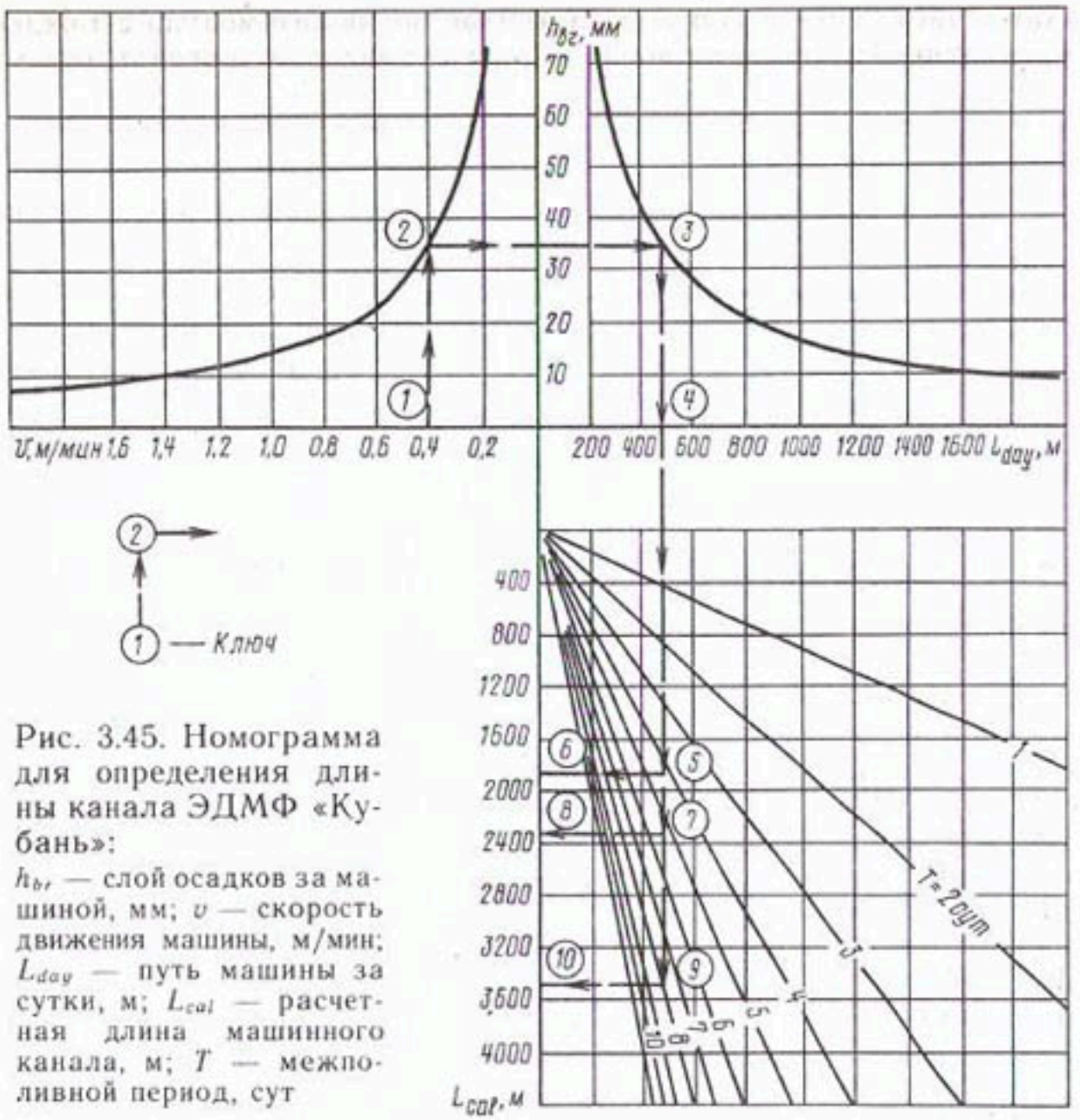


Рис. 3.45. Номограмма для определения длины канала ЭДМФ «Кубань»:

h_{bz} — слой осадков за машиной, мм; v — скорость движения машины, м/мин; L_{day} — путь машины за сутки, м; L_{cal} — расчетная длина машинного канала, м; T — межполивной период, сут

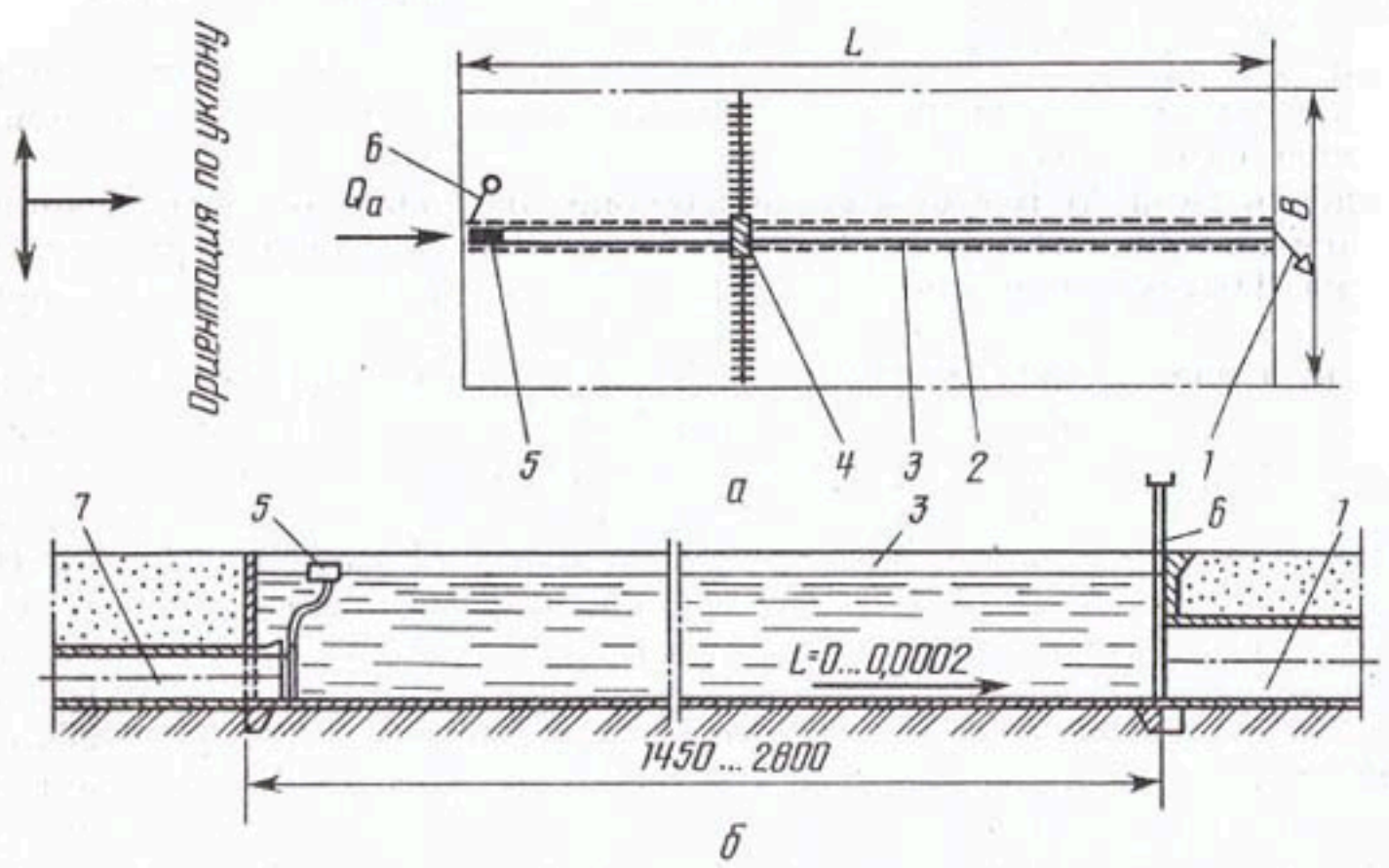


Рис. 3.46. Схема модульного участка с использованием машины «Кубань-Л» (*а*) и его монтажа (*б*) (условные обозначения см. табл. 3.59)

3.59. Состав и число комплектующих элементов поливного модуля с дождевальной машиной «Кубань-Л», сетью из облицованных каналов и подводом воды к торцу участка

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунке 3.46	Типоразмер		
		1	2	3
		водоподача суточная 100 м³/га	водоподача суточная 80 м³/га	водоподача суточная 60 м³/га
МДЭФ «Кубань-Л»	*4*	1	1	1
Канал с бетонной монолитной облицовкой, м	*3*	1450	1950	2800
Труба асбестоцементная ВТ6 ($D_н$=350 мм) (ГОСТ 539—80)	*7*	1	1	1
Труба асбестоцементная ВТ6 ($D_н$=500 мм) (ГОСТ 539—80)	*1*	1	1	1
Водовыпуск-регулятор с затвором диафрагменного типа ЗДС-35 (СКиИ 3820.2-46)	*5*	1	1	1
Концевой сброс с коробчатым затвором ЗК (СКиИ 3-820.2-46)	*6*	1	1	1
Уловитель плавающего сора УПС-25 (33АВ-МОС 00.000)		1	1	1
Эксплуатационная дорога под МДЭФ, м	*2*	1450	1950	2800

воза топливно-смазочных материалов, имеется опасность загрязнения окружающей среды нефтепродуктами.

На базе «Кубань-Л» создана и используется в производстве модификация машины с электрическим приводом всех ее агрегатов при централизованном энергоснабжении.

Кабель типа АСБ (ААШБ) подсоединяют к высоковольтной линии электропередачи (ВЛ-6-10 кВ), расположенной на краю орошаемого участка. Прокладывают его на глубине не менее 1 м к середине оросителя по длине. В этой точке устанавливают понижающую трансформаторную подстанцию мощностью 250 кВА, от которой на дно канала выводят гибкий кабель длиной, равной половине длины канала. Свободный конец кабеля подключают к машине. Во время работы машины гибкий кабель, снабженный пенопластовыми поплавками, свободно скользит по дну канала. В качестве силового блока на раме монтируют двигатель 4А 280 4УЗ (мощность 110 кВт, напряжение 660 В) для привода водяного насоса и трансформатор мощностью 25 кВА для питания цепей управления и привода передвижения машины. Предусмотрена защитная аппаратура для обеспечения безопасности работы обслуживающего персонала, а также для защиты электрооборудования от короткого замыкания в сети и перегрузок; защита электрооборудования самой машины не изменена. Конструкция остальных агрегатов и сборочных единиц машины, а также ее технико-эксплуатационные параметры аналогичны машине «Кубань-Л». Стоимость полива одного гек-

тара снижается вдвое за счет уменьшения массы и увеличения срока службы силового агрегата, сокращения численности обслуживающего персонала, использования более дешевой энергии.

Ниже приведена техническая характеристика первой модификации машины «Кубань-М».

Расход воды, л/с	185
Давление на насосе, МПа	0,37
Число тележек	16
Диаметр труб водопроводящего пояса, мм	168 и 3,2
Мощность двигателя, кВт	158
Допустимый уклон вдоль машины	±0,007
Допустимый уклон вдоль канала	0,0001
Поливная норма за проход, $м^3$/га	60...600
Производительность за 1 ч основного времени при поливной норме 600 $м^3$, га	1,12
Коэффициент земельного использования площади орошаемого участка	0,97
Масса машины без воды, т	47,8
Обслуживающий персонал, чел.	1 на 4 машины

Двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100МА предназначен для полива дождеванием зерновых, овощных, кормовых, технических культур, ягодных кустарников плодовых питомников, лугов и пастбищ.

Полив проводится в движении с забором воды из открытых ороси-телей, расположенных через 120 м.

Дождевальный агрегат смонтирован на тракторе ДТ-75М-ХС4 и включает пространственную двухконсольную ферму с открылками и дождевальными насадками, раму для крепления фермы на тракторе, насосную установку, гидроподкормщик, гидросистему управления и систему освещения (рис. 3.47).

Трактор ДТ-75М мощностью 66,2 кВт является самоходной опорой и источником энергии для работы машины.

Для понижения скорости движения агрегата в трансмиссии трактора вместо увеличителя крутящего момента установлен ходоуменьшитель.

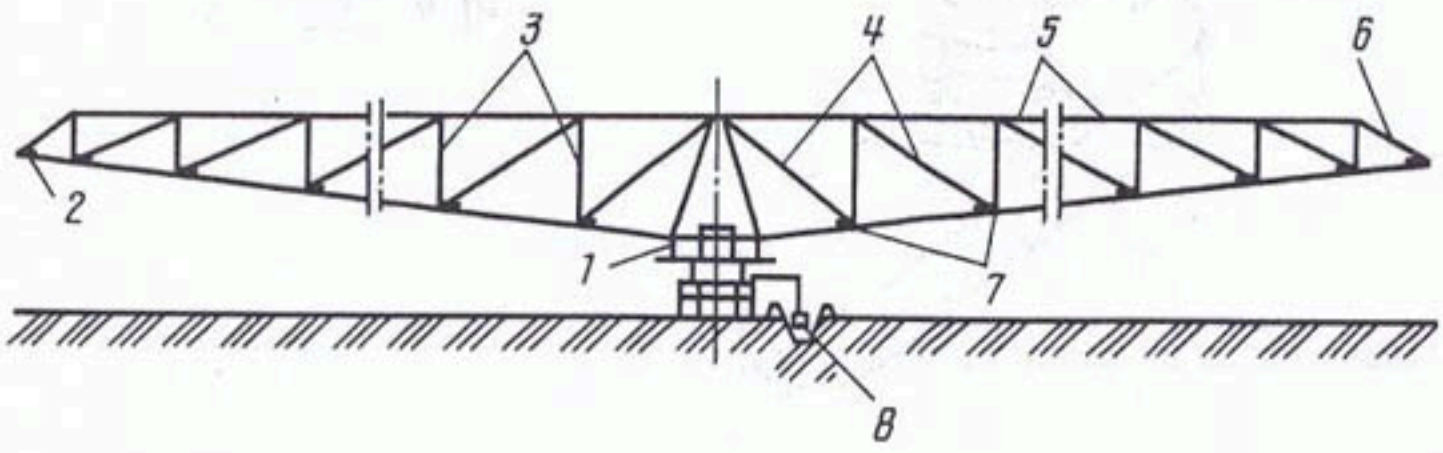


Рис. 3.47. Двухконсольный дождевальный агрегат ДДА-100МА:
1 — домкрат; *2* — насадка концевая; *3* — распорки; *4* — раскосы; *5* — панели фермы; *6* — концевая панель; *7* — насадки; *8* — плавающий клапан

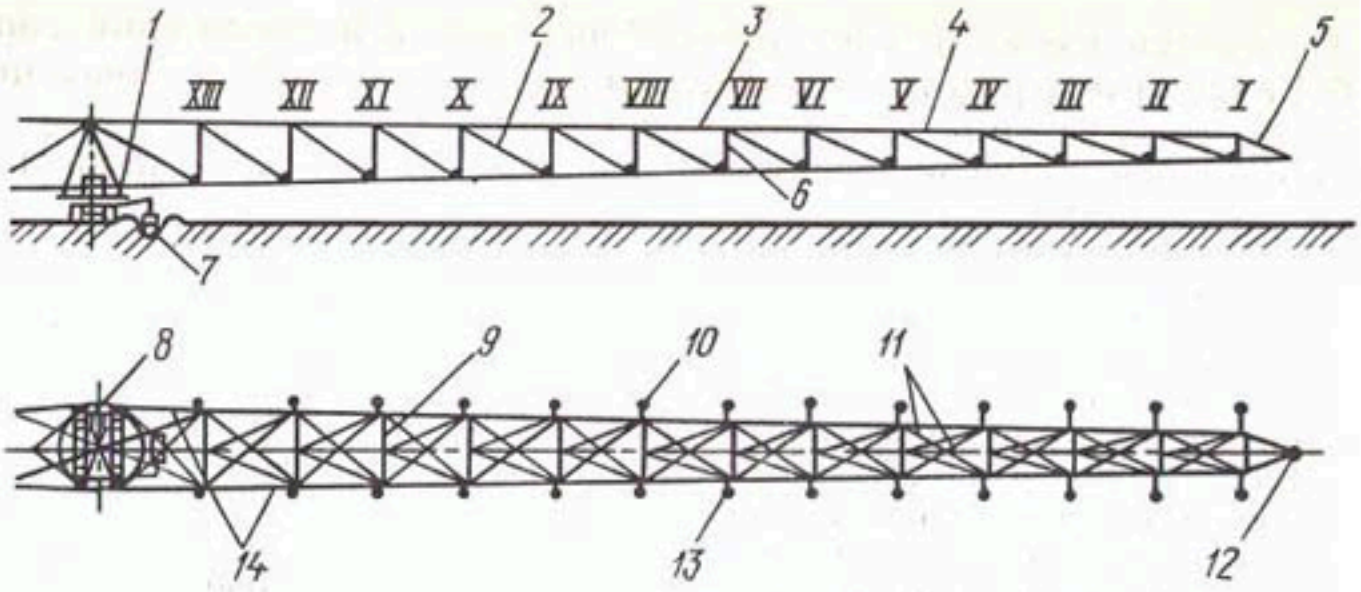


Рис. 3.48. Схема консоли дождевального агрегата ДДА-100МА:
1 — трактор; *2* — раскосы; *3* — панели (I...XIII); *4* — верхний пояс; *5* — концевая панель; *6* — стойки; *7* — плавающий клапан; *8* — поворотный круг; *9* — распорки; *10* — насадки; *11* — растяжки; *12* — насадка концевая; *13* — открылки; *14* — трубы нижнего пояса

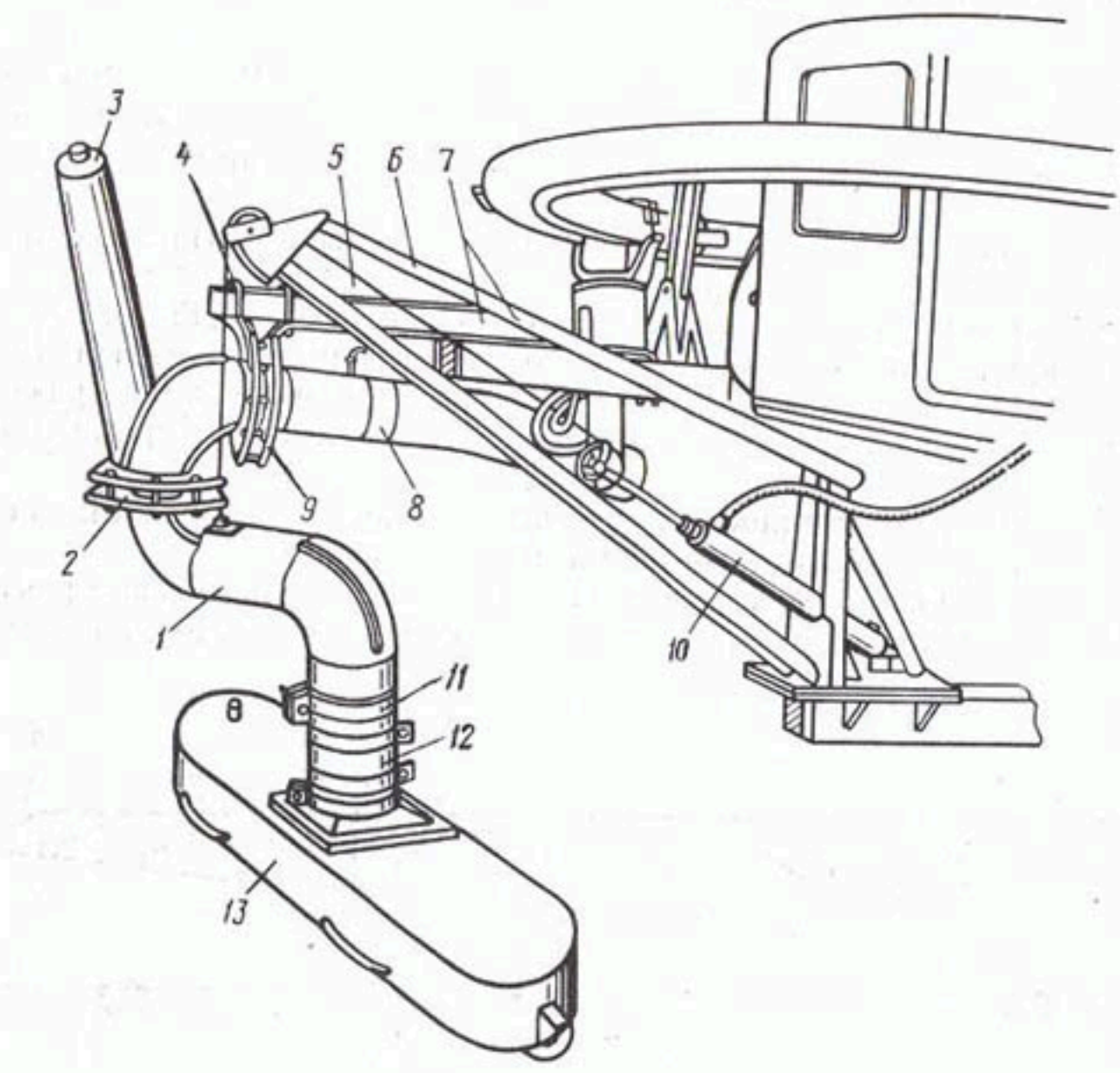


Рис. 3.49. Всасывающая линия:
1 — труба к плавающему клапану; *2, 9* — шарнирные муфты; *3* — противовес; *4* — стремянка; *5* — трос; *6* — кронштейн; *7* — балка консольная; *8* — труба к насосу; *10* — гидроцилиндр подъема всасывающего клапана; *11* — хомут; *12* — рукав; *13* — плавающий клапан

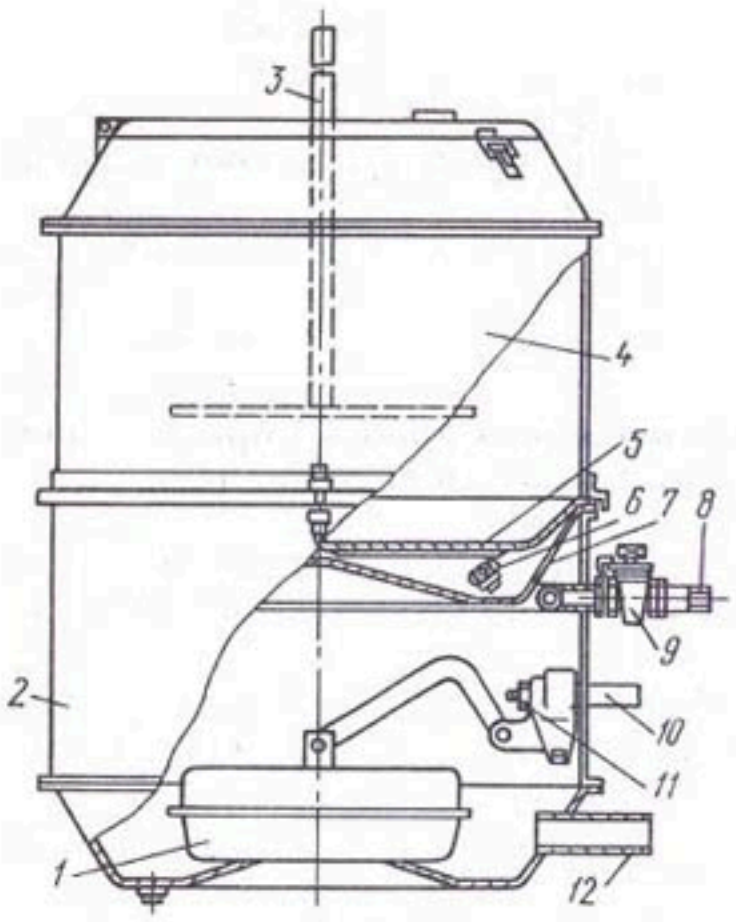


Рис. 3.50. Подкормщик к агрегату ДДА-100МА для внесения минеральных удобрений:
1 — поплавок; *2* — нижний бак; *3* — указатель уровня удобрений; *4* — верхний бак; *5* — сетка; *6* — насадка; *7* — дозатор; *8*, *10* — подводящие патрубки; *9* — дозирующий кран; *11* — запорный клапан; *12* — отводящий патрубок

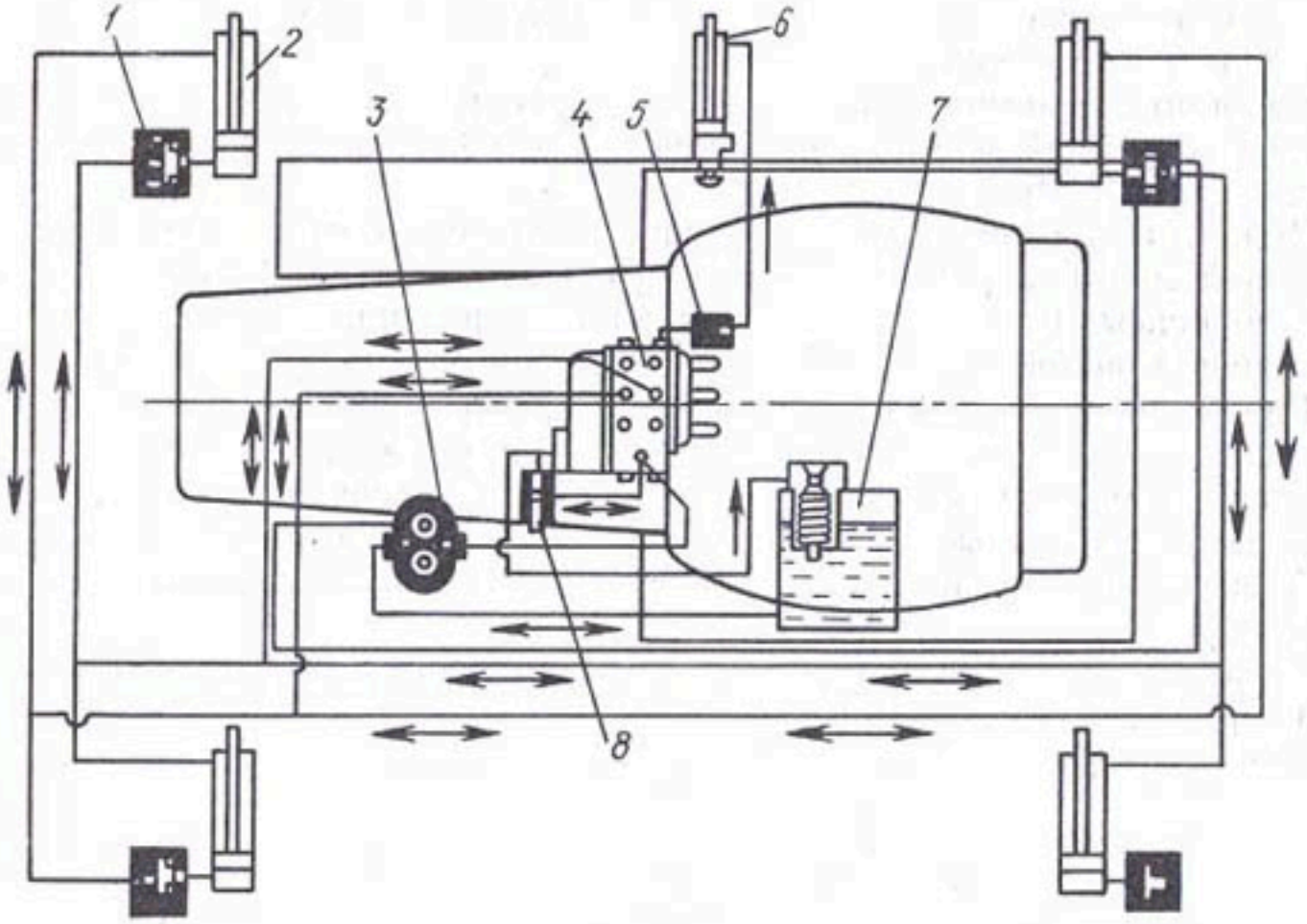


Рис. 3.51. Гидравлическая схема дождевального агрегата ДДА-100МА:
1 — замедлительный клапан; *2* — гидроцилиндр фермы; *3, 7* — масляные насос и бак трактора; *4* — распределитель трактора; *5* — дроссель; *6* — гидроцилиндр всасывающего клапана; *8* — делитель потока

Ферма — трехпоясная пространственная конструкция, состоящая из двух консолей с опорными дугами и трубчатого кольца в центре (рис. 3.48). Длина фермы 110,3 м, высота в центре 3,075 м, на концах — 1 м. Каждая консоль состоит из 13 призматических и одной треугольной концевой панели, снабженной опорными дугами.

Поворотный круг опирается на четыре ролика, закрепленных на штоках гидравлических цилиндров. Он служит для распределения расхода воды между поясами консолей фермы, а также для ее поворота относительно вертикальной оси трактора (для установки в транспортное положение при переездах агрегата на большие расстояния и при наличии на участке различных препятствий); с помощью гидроцилиндров регулируется наклон фермы в вертикальной плоскости.

На ферме установлены 52 короткоструйные дефлекторные насадки кругового действия с расходом по 2,3 л/с и две концевые секторные с расходом по 5 л/с каждая.

Насосная установка включает насос с механизмом привода, всасывающую линию с водозаборным плавучим клапаном и механизмом его подъема, эжектор для заливки насоса и водомер.

Механизм привода крепят к корпусу заднего моста трактора вместо ВОМ. Насос включается в работу из кабины трактора.

Всасывающая линия (рис. 3.49) позволяет забирать воду из каналов, уровень воды которых может колебаться на 400 мм вверх и 600 мм вниз относительно уровня дороги для движения трактора.

Поливная норма выдается за несколько повторных проходов машины; для подпора воды в бьефах оросителя используют переносные эластичные перемычки.

Гидроподкормщик для внесения растворимых минеральных удобрений с поливной водой присоединен к левому кронштейну крепления фермы (рис. 3.50).

Вода для растворения удобрений подается в гидроподкормщик из напорной линии агрегата. Раствор удобрений из нижнего бака поступает во всасывающую линию, в центробежном насосе перемешивается с поливной водой и далее распределяется по площади полива.

Гидравлическая система включает четыре гидроцилиндра регулирования положения консолей фермы, гидроцилиндр одностороннего действия для подъема всасывающей линии, распределители и маслопроводы, соединенные с гидравлической системой трактора (рис. 3.51).

Агрегат при наличии системы освещения может работать в ночное время суток.

Технологические схемы работы двухконсольного дождевального агрегата приведены в таблице 3.60, а ниже — его техническая характеристика.

Расход воды, л/с	130
Полный напор, м	37
Частота вращения вала насоса, $с^{-1}$	29,2
Высота фермы над землей, м	1,5...3,5
Счетчик-водомер:	
пределы измерения расхода, л/с	80...130
погрешность измерения, %	±5
масса, кг	8,5
Гидроподкормщик:	
вместимость бака, $дм^3$	130

масса разовой загрузки удобрений, кг	100
Габаритные размеры машины, м:	
в рабочем положении	
длина	6,28
ширина	110,3
высота	4,83
в транспортном положении	
длина	110,3
ширина	4,85
высота	4,83
Скорость движения агрегата, км/ч:	
рабочая — вперед	1,07
рабочая — задний ход	0,6
транспортная	4,27
Слой осадков за 1 проход агрегата, мм:	
вперед	3,8
назад	6,8
Масса агрегата без трактора, кг	4240
Масса агрегата с заправленным трактором, кг	10 790
Обслуживающий персонал, чел.	1

Продолжительность (мин) основной работы ДДА-100МА на бьефе зависит от длины бьефа и величины поливной нормы

$$\tau_r = \frac{mal_r\beta_E}{600Q_M}, \qquad (3.10)$$

где m — поливная норма, м^3/га; a — расстояние между оросителями, м; l_r — длина бьефа, м; β_E — коэффициент, учитывающий затраты воды на испарение в процессе полива; Q_M — расход машины, л/с.

Коэффициент использования сменного времени K_{sh} зависит от величины поливной нормы и длины бьефа (табл. 3.61).

Продолжительность (мин) работы дождевального агрегата ДДА-100МА на оросителе определяют по зависимости

$$\tau_c = \frac{mA\cdot\beta_E}{0{,}06Q_M}\cdot\frac{1}{K_{sh}}, \qquad (3.11)$$

где A_0 — площадь, подвешенная к оросителю, га; K_{sh} — коэффициент использования времени смены.

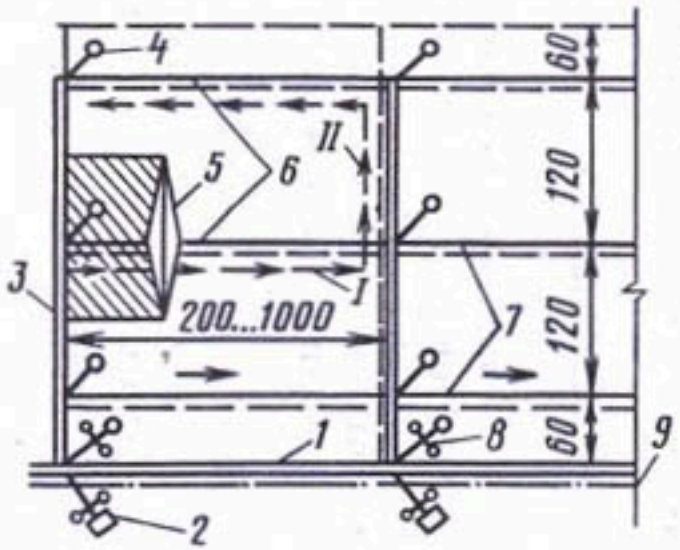
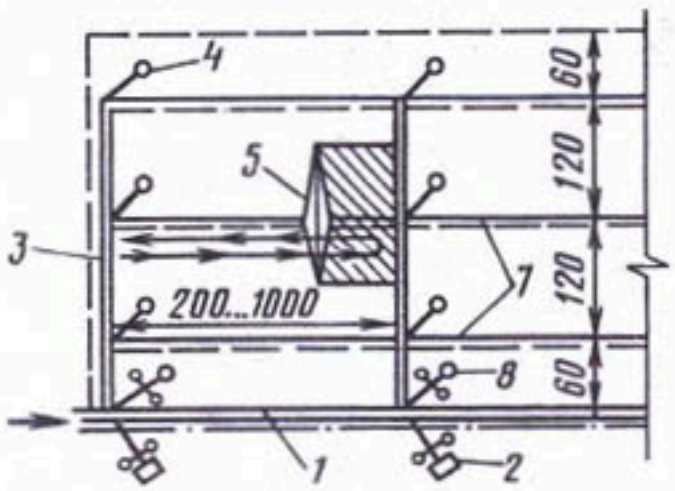
Двухконсольные дождевальные агрегаты можно использовать в составе поливных модулей.

Основные параметры поливного модуля и состав его элементов приведены в таблицах 3.62 и 3.63, а схемы участка и монтажа элементов одного из вариантов модуля — на рисунке 3.52.

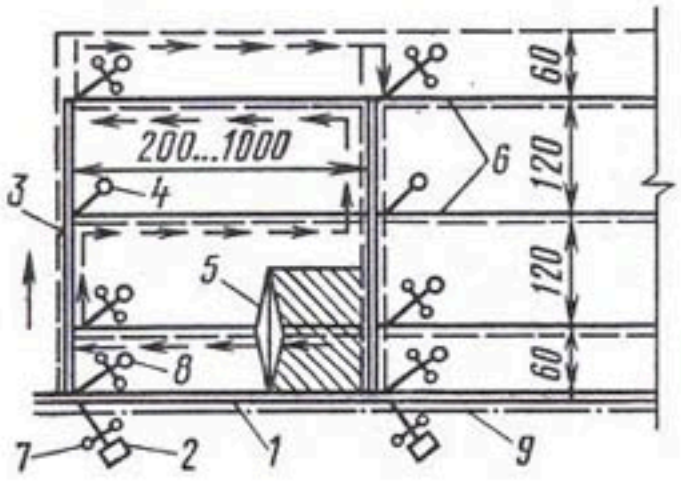
Машина дождевальная фронтальная автоматизированная МДФА-800/200 «Таврия» предназначена для орошения сельскохозяйственных культур, в том числе высокостебельных, садов и ягодников на участках как со спокойным, так и со сложным рельефом.

Полив проводится в движении с фронтальным перемещением вдоль закрытых оросителей и питанием от их гидрантов. Подключение машины к гидрантам и отключение, а также полив осуществляются автоматически.

3.60. Технологические схемы расстановки и работы двухконсольного дождевального агрегата ДДА-100МА

Схемы расстановки и перемещения машин	Описание работы	Достоинства	Недостатки	Примечание
	Дождевальная машина подъезжает к голове временного оросителя и начинает полив первого бьефа. Во время последнего прохода по бьефу заполняется водой следующий бьеф. После окончания полива на канале ДДА-100МА в транспортном или рабочем положении фермы переезжает к голове следующего оросителя	Незначительные потери на фильтрацию, так как заполнение бьефов водой начинают с головы временного оросителя; не требуется устройства переездов в голове временных оросителей	Большая длина холостых перегонов при переезде с оросителя на ороситель, что снижает коэффициент использования сменного времени	С целью сокращения затрат труда на перенос и установку перемычек рекомендуется групповое использование машин ДДА-100МА с тем, чтобы рабочий обслуживал 2...3 машины
	Временный ороситель заполняется водой; ДДА-100МА начинает полив с конца временного оросителя. Во время полива последнего бьефа заполняется водой следующий ороситель. После окончания полива на первом канале дождевальная машина переезжает в хвост следующего оросите-	Несколько повышается коэффициент использования сменного времени; можно обойтись без устройства переездов в голове временного оросителя	Значительно увеличиваются потери воды на фильтрацию из канала	

Продолжение

Схемы расстановки и перемещения машин	Описание работы	Достоинства	Недостатки	Примечание
	ля в транспортном или рабочем положении в зависимости от местных условий			
	Полив проводят попеременно на одном оросителе с головы, на другом — с хвоста	Повышается коэффициент использования сменного времени	Необходимо устройство в голове временных оросителей трубчатых переездов, что значительно увеличивает стоимость оросительной сети	

Примечание. *I* — магистральный канал; *2* — перегораживающее сооружение; *3* — участковый ороситель; *4* — водовыпуски во временные оросители; *5* — ДДА-100МА; *6* — временные оросители; *7* — хозяйственная дорога; *8* — водовыпуск в участковый ороситель; *9* — эксплуатационные дороги; *I* — рабочий гон машины; *II* — холостой перегон на следующую позицию (ороситель) (размеры в м).

3.61. Коэффициент использования сменного времени K_{sh} дождевального агрегата ДДА-100МА в зависимости от длины бьефа

Поливная норма, м³/га	Длина бьефа, м		
	150...200	200...300	300...400
200	0,6	0,67	0,72
300	0,67	0,73	0,77
400	0,71	0,76	0,79
500	0,74	0,78	0,81
600	0,76	0,8	0,82
800	0,79	0,82	0,84

Машина включает расположенный на базовой тележке блок энергетической установки с дизель-генератором и масляным насосом гидросистемы, два автоматизированных водозаборных устройства, водопроводящий пояс, состоящий из левого и правого дождевальных крыльев, автоматические системы управления движения машины по курсу, синхронизации движения ходовых тележек водопроводящего пояса (рис. 3.53).

Каждое крыло водопроводящего пояса состоит из восьми пролетов ферменного типа и концевого консольного участка. Первые три от базовой тележки пролета правого крыла (сечение труб 203×2,65 мм) имеют длину 39,8, 38,5 и 38,5 м; следующие два — по 48,7 м (сечение труб 168×2,65 мм), далее по 51,7 м (сечение труб 152,4×2,65 мм).

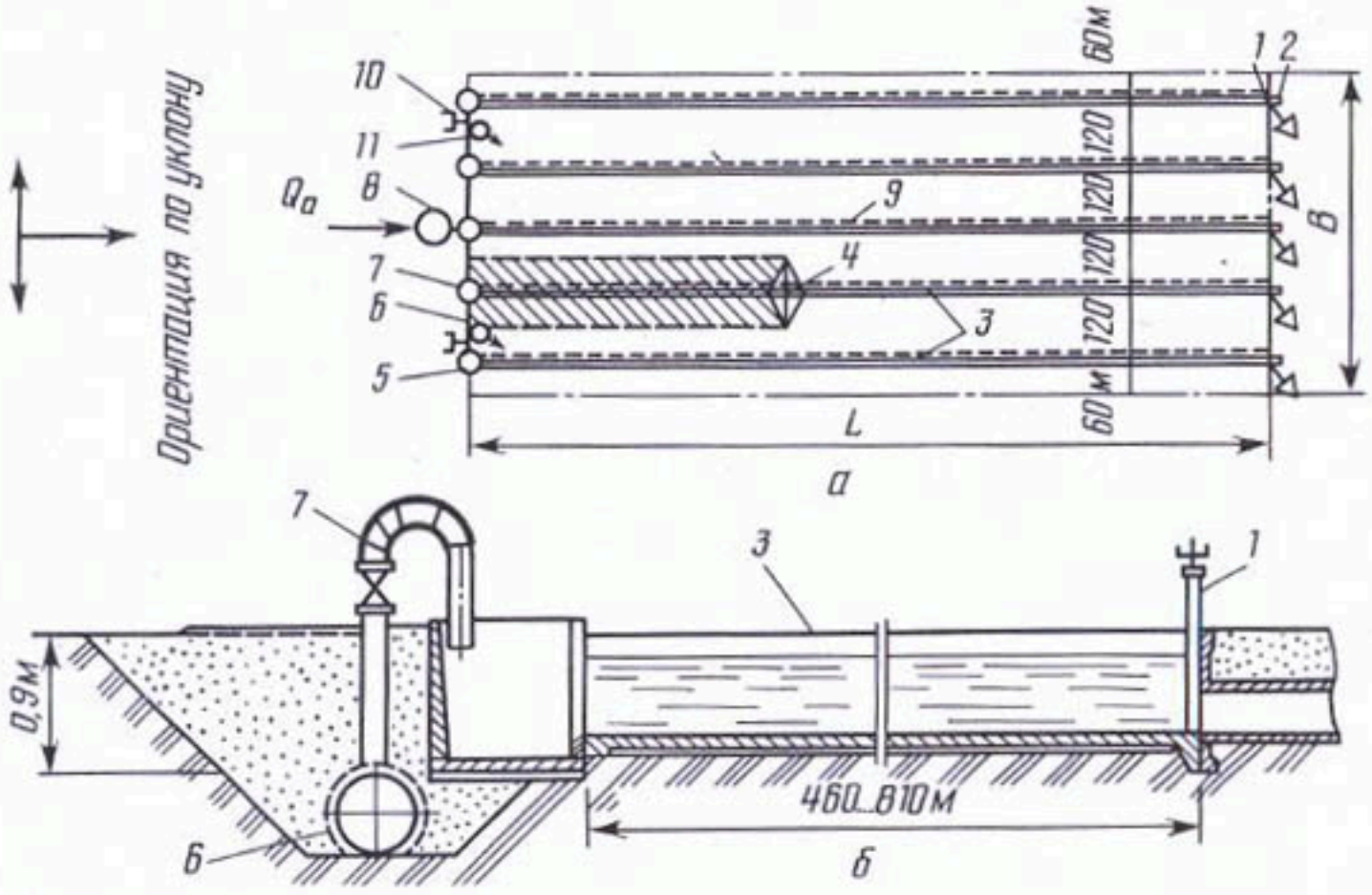


Рис. 3.52. Схема поливного модуля с двухконсольным дождевальным агрегатом ДДА-100МА, сетью из асбестоцементных труб, открытыми оросителями с монолитной бетонной облицовкой, подводом воды к торцу модульного участка (*а*) и его монтажа (*б*) (условные обозначения по табл. 3.63)

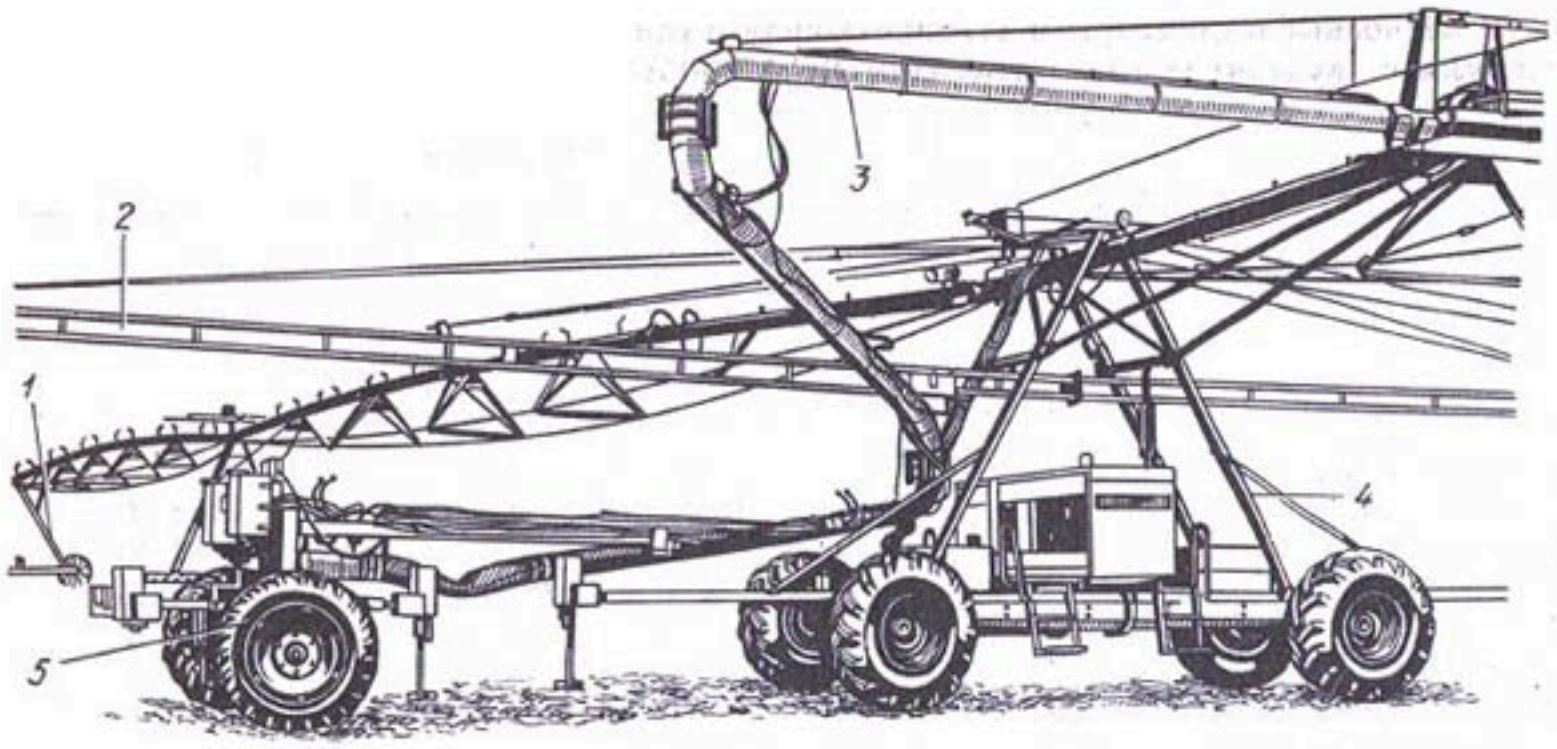


Рис. 3.53. Дождевальная машина «Таврия»:
1 — ходовая опора ферменного пролета; *2* — траверса; *3* — шарнирный водоподводящий трубопровод; *4* — базовая тележка с блоком энергетической установки; *5* — водозаборно-присоединительное устройство

Консольный участок трубопровода длиной 31,5 м (состоит из труб сечением 152,4×2,65; 102×2,5 и 50×3,5 мм) крепят к концевой тележке тросами. Левое крыло по составу аналогично правому, за исключением первого пролета, жестко соединенного концами с рамами базовой и следующей ходовых тележек и имеющего узел шарнирного присоединения двух водопроводящих трубопроводов, отходящих от водозаборных устройств. Длина пролета 37,2 м, сечение трубопровода 203×2,65 мм. Этот жесткий пролет после сборки может устойчиво стоять, что обеспечивает удобство монтажа остальных пролетов машины.

Ходовая часть тележек водопроводящего пояса имеет индивидуальный электрический привод от мотор-редуктора, включающий карданные валы и червячный редуктор на каждом колесе.

На водопроводящем поясе с постоянным шагом размещены 310 короткоструйных низконапорных секторных дождевальных насадок трех типоразмеров с диаметрами выходных отверстий 6,5, 7 и 7,5 мм и вылетом струи под углом 45° к горизонтали. В работе общий расход машины остается постоянным; поливную норму регулируют изменением скорости движения.

Блок энергетической установки расположен на четырехколесной базовой ходовой тележке с дизельным двигателем, электрогенератором и масляным шестеренным насосом, баками для топлива и масла, щитами управления. На раме ходовой тележки закреплены две траверсы, по которым перемещаются каретки шаровой опоры среднего звена шарнирного трубопровода водозаборного устройства. Энергетическая установка обеспечивает электроэнергией механизмы приводов движения ходовых тележек, систему масляной гидравлики, водозаборные устройства, системы автоматического управления и защиты машины.

3.62. Основные параметры и технико-эксплуатационные характеристики поливного модуля с двухконсольным агрегатом ДДА-100МА

Параметры	Типоразмер				
	1	2	3	4	5
	водоподача суточная 80 м³/га				
Площадь, га	87,6	87,8	87,4	87,5	122,9
Длина, м	1460	1220	1040	910	810
Ширина, м	600	720	840	960	1080
Расход, л/с	130	130	130	130	130
Напор, м	37	37	37	37	37
Число оросителей	5	6	7	8	9
Материалоемкость основного оборудования, т	5415	5437	5424	5433	5448
Удельная материалоемкость, т/га	61,8	61,9	62,1	62,2	66,8
Коэффициент земельного использования	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Коэффициент полезного действия	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Показатель надежности	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Показатель качества технологического процесса	0,906	0,906	0,906	0,906	0,906

Продолжение

Параметры	Типоразмер				
	6	7	8	9	10
	водоподача суточная 60 м³/га				
Площадь, га	122,0	122,0	122,4	122,8	122,4
Длина, м	1280	1130	1020	930	850
Ширина, м	960	1080	1200	1320	1440
Расход, л/с	130	130	130	130	130
Напор, м	37	37	37	37	37
Число оросителей	8	9	10	11	12
Материалоемкость основного оборудования, т	7584	7546	7580	7571	7561
Удельная материалоемкость, т/га	61,7	61,8	61,9	61,6	61,8
Коэффициент земельного использования	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Коэффициент полезного действия	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85
Показатель надежности	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Показатель качества технологического процесса	0,943	0,943	0,943	0,943	0,943

3.63. Состав и число комплектующих элементов поливного модуля с двухконсольным агрегатом ДДА-100МА

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунке 3.52	Типоразмер				
		1	2	3	4	5
		водоподача суточная 80 м³/га				
ДДА-100МА (ТУ 22.2522—77)	*4*	1	1	1	1	1
Трактор ДТ-75М (ТУ 23.1.36—75)	*4*	1	1	1	1	1
Колодец 2500×2000×1800 (ТЛ911-09-1181)	*8*	1	1	1	1	1
Тройник ТФ350×350 (ГОСТ 10704—76)		—	1	—	1	—
Патрубок ПФ (D_n=350, l=550 мм) (ГОСТ 10704—76)		—	2	—	2	—
Крест КФ350×350 (ГОСТ 10704—76)		1	—	1	—	1
Патрубок ПФ (D_n=350 мм, l=650 мм) (ГОСТ 10704—76)		3	—	3	—	3
Задвижка 30ч6бр (D_n=350 мм) (ГОСТ 8437—75)		3	3	3	3	3
Труба асбестоцементная ВТ (D_n=350 мм) (ГОСТ 539—80)	*6*	120	150	181	211	241
Гидрант-водовыпуск (ТП 820-236)	*7*	3	4	5	6	7
Гидрант концевой (63.21.2А32) (ТП 802-236)	*5*	2	2	2	2	2
Вантуз В11-350 (ТП 820-236)	*11*	2	2	2	2	2
Вантуз В6 (D_n=50 мм) (ТУ 33.180—81)		2	2	2	2	2
Противоударное устройство КЗГ-120 (D_n=100 мм) (ТУ 33.102—78)	*10*	2	2	2	2	2
Металлоконструкция (ГОСТ 10704—76)		2	2	2	2	2
Канал с монолитной бетонной облицовкой (М)	*3*	7300	7320	7280	7280	7290
Концевой сброс	*1*	5	6	7	8	9
Эсплуатационная дорога	*9*	7300	7320	7280	7280	7290

Продолжение

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунке 3.52	Типоразмер				
		1	2	3	4	5
		водоподача суточная 80 м³/га				
Муфта САМ (D_n==360 мм) ВМ-6 (ГОСТ 539—80)		119	149	180	210	240
Муфта «Жибо» (D_n==350 мм) (ГОСТ 17584—72)		16	18	20	22	24
Труба асбестоцементная ВТ-6 (D_n==500 мм)	*2*	5	6	7	8	9
Дополнительное оборудование — гидроподкормщик		1	1	1	1	1

Продолжение

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунке 3.52	Типоразмер				
		6	7	8	9	10
		водоподача суточная 60 м³/га				
ДДА-100МА (ТУ 22.2522—77)	*4*	1	1	1	1	1
Трактор ДТ-75М (ТУ 23.1.36—75)	*4*	1	1	1	1	1
Колодец 2500×××2000×1800 (ТЛ911-09-1181)	*8*	1	1	1	1	1
Тройник ТФ350×350 (ГОСТ 10704—76)		1	—	1	—	1
Патрубок ПФ (D_n==350, l=550 мм) (ГОСТ 10704—76)		2	—	2	—	2
Крест КФ350×350 (ГОСТ 10704—76)		—	1	—	1	—
Патрубок ПФ (D_n==350 мм, l=650 мм) (ГОСТ 10704—76)		—	3	—	3	—
Задвижка 30ч6бр (D_n=350 мм) (ГОСТ 8437—75)		3	3	3	3	3
Труба асбестоцементная ВТ (D_n=350 мм) (ГОСТ 539—80)	*6*	211	241	271	301	332
Гидрант-водовыпуск (ТП 820-236)	*7*	6	7	8	9	10

Продолжение

Наименование и марка элемента модуля	Позиции на рисунке 3.52	Типоразмер				
		6	7	8	9	10
		водоподача суточная 60 м³/га				
Гидрант концевой (63.21.2А32) (ТП 802-236)	*5*	2	2	2	2	2
Вантуз ВП-350 (ТП 820-236)	*11*	2	2	2	2	2
Вантуз В6 (D_n=50 мм) (ТУ 33.180—81)		2	2	2	2	2
Противоударное устройство КЗГ-120 (D_n=100 мм) (ТУ 33.102—78)	*10*	2	2	2	2	2
Металлоконструкция (ГОСТ 10704—76)		2	2	2	2	2
Канал с монолитной бетонной облицовкой (М)	*3*	10240	10170	10200	10230	10200
Концевой сброс	*1*	8	9	10	11	12
Эксплуатационная дорога	*9*	10240	10170	10200	10230	10200
Муфта САМ (D_n=360 мм) ВМ-6 (ГОСТ 539—80)		310	240	270	300	331
Муфта «Жибо» (D_n=350 мм) (ГОСТ 17584—72)		22	24	26	28	30
Труба асбестоцементная ВТ 6 (D_n=500 мм)	*2*	8	9	10	11	12
Дополнительное оборудование — гидроподкормщик		1	1	1	1	1

Машина снабжена двумя автоматическими водозаборно-присоединительными устройствами и комплектом из 135 гидрантов специальной конструкции, обеспечивающих ее питание от закрытых оросителей при поливе в движении. Водозаборное устройство имеет два водозаборных робота, один перемещается впереди, а другой — сзади энергетической тележки по ходу ее вдоль оросителя.

Каждый робот оборудован колесной тележкой с водозаборной головкой и обратным клапаном специальной конструкции, гидромеханизмом подключения водозаборной головки к гидранту, приборами системы автоматического обнаружения местоположения гидранта и стабилизации движения тележки по курсу, гидромеханизмом поворота ходовой тележки робота и автоматического выравнивания положения ее в горизонтальной плоскости рамы (прибор крена). Шарнирный трубопровод

обеспечивает гибкое соединение водозаборной головки с водопроводящим поясом машины (рис. 3.54).

Машина работает следующим образом. При подходе первого водозаборного робота к гидранту срабатывает автоматическая система поиска гидранта, останавливающая его тележку в таком положении, когда водозаборная головка располагается над ним. Затем срабатывает гидромеханизм подключения головки, и клапан гидранта открывается — вода под давлением из закрытого оросителя поступает через шарнирный трубопровод в водопроводящий пояс машины. Водозаборная головка заднего робота после подключения переднего к гидранту автоматически отключается; задний робот начинает двигаться к следующему гидранту. Машина, постоянно подключенная к одному из гидрантов, движется по полю, перемещаясь фронтально и проводя полив.

Система стабилизации движения машины по курсу следит за движением машины и водозаборных устройств. При движении по направляющему тросу происходит постоянная коррекция водозаборного устройства как по курсу, так и по высоте относительно гидрантов.

Для поддержания прямолинейности водопроводящего пояса при движении служит автоматическая система синхронизации движения опорно-ходовых тележек в линию, срабатывающая при определенном граничном относительном угловом смещении соседних пролетов. Скорость перемещения машины регулируют по задающему таймеру от

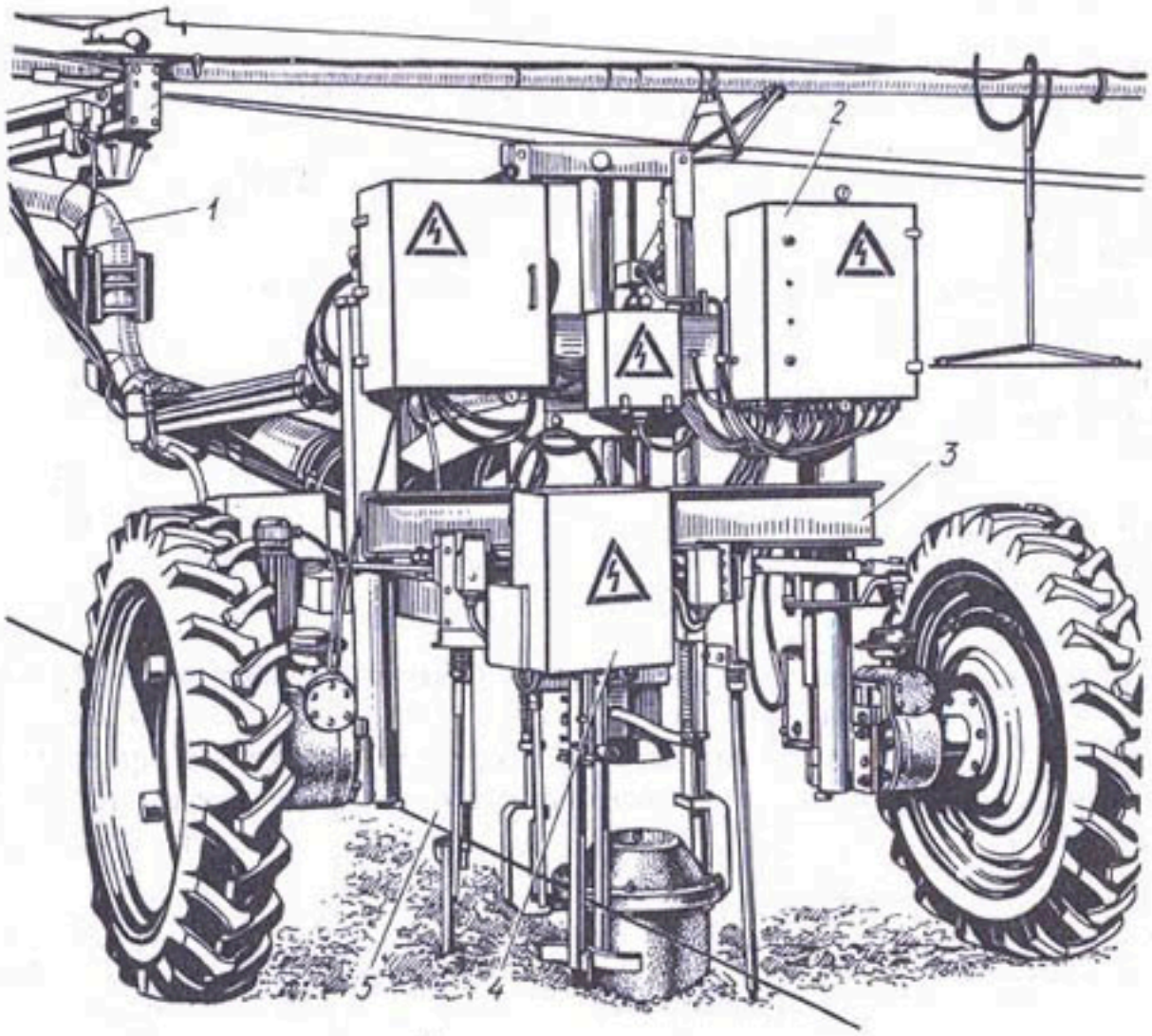


Рис. 3.54. Водозаборно-присоединительное устройство машины «Таврия»:
1 — шарнирный водоподводящий трубопровод; *2* — шкафы автоматической системы стабилизации курса; *3* — рама тележки; *4* — шкаф автоматической системы обнаружения гидранта; *5* — направляющий трос

0,0032 до 0,032 м/с. Ниже приведена технико-эксплуатационная характеристика МДФА-800/200.

Расход воды, л/с	200
Давление на гидранте при нулевом уклоне, МПа	0,36...0,37
Ширина захвата дождем, м	810
Производительность работы при поливной норме 600 м³/га, га/ч:	
основного времени	1,24
эксплуатационного »	1,13
Мощность двигателя, кВт	44
Мощность генератора, кВА	30
Мощность электродвигателя, кВт:	
концевой тележки и водозаборных роботов	0,75
базовой и промежуточных тележек	1,1
Скорость:	
рабочая, м/с	0,003...0,03
транспортная, км/ч	0,108
Масса, кг	41100
Клиренс, м	2,7...2,9
Удельный расход топлива, кг/га	3,3...4,9
Средний диаметр капель дождя, мм	0,78
Коэффициент эффективного полива при скорости ветра до 1,5 м/с	0,84...0,89
Ширина полосы отчуждения вдоль закрытого трубопровода, м	7
Коэффициент готовности	0,98
Шаг установки гидрантов, м	16
Общий уклон поля:	
вдоль водопроводящего пояса	До 0,01
в направлении движения машины	До 0,01...0,03
вдоль линии гидрантов	До 0,015
Обслуживающий персонал, чел.	1 на 4...6 машин

В пределах расчетных скоростей движения (0,18...1,8 м/мин) ДМ «Таврия» обеспечивает выдачу слоя осадков за один проход от 7,6 до 78 мм.

Слой осадков в зависимости от скорости движения и потерь воды на испарение в момент полива приведен в таблице 3.64.

Номограмма для определения затрат воды на испарение при поливе дождеванием показана на рисунке 3.55.

3.64. Слой осадков (поливная норма) ДМ «Таврия» в зависимости от рабочей скорости движения машины, мм

Затраты воды на испарение, %	Скорость движения машины, м/мин								
	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,2	1,4	1,6	1,8
0	75	37,5	25	18,7	15	12,5	10,7	9,4	8,4
5	71,6	35,8	23,8	17,9	14,3	11,9	10,2	9	8
10	68,2	34,1	22,7	17	13,7	11,4	9,7	8,6	7,7
15	65,3	32,7	21,4	16,2	13	10,9	9,3	8,2	7,3
20	62,6	31,3	20,8	15,6	12,5	10,4	8,9	7,8	7
25	60	30	20,2	15	12	9,9	8,4	7,4	6,6

Рис. 3.55. Номограмма для определения затрат воды на испарение при поливе дождеванием:
t — температура воздуха в момент полива, °С; φ — относительная влажность воздуха, %; l_a — упругость насыщенного пара, мб; v_f — скорость ветра на высоте 2 м, м/с; E — затраты воды на испарение, %

Достоковую поливную норму (скорость рабочего движения) и технологическую схему работы ДМ «Таврия» на поливе выбирают с учетом рельефа и уклонов поверхности поля, водно-физических свойств почвы и состояния агрофона.

3.3. ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОЙ ПРИМЕНИМОСТИ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Оценка применимости дождевальной техники для конкретных местных условий заключается в вариантном выборе нескольких ее видов в зависимости от климатических, почвенных, геоморфологических, гидрогеологических, агротехнических и хозяйственных условий при последующих экономическом сравнении и оптимизации.

Оптимизацию и окончательный выбор технических средств проводят на основе технико-экономических показателей различных видов и модификаций дождевальной техники и присущих им элементов внутрихозяйственной части оросительной системы (КЗИ, КПД, затраты труда, капитальные вложения для поливного модуля), а также с учетом сложившейся обеспеченности региона водными, земельными и трудовыми ресурсами по величине приведенных затрат и уровню производительного использования всех ресурсов в заданных конкретных условиях.

3.65. Условия применимости дождевальной техники в зависимости от природных и хозяйственных факторов

Поливная техника и водоподводящая сеть	Условия применимости									
	климатические		почвенно-мелиоративные			геоморфологические			хозяйственные	
	дефицит водного баланса, $м^3/га$	скорость ветра до, м/с	средняя скорость впитывания воды за первый час, см/ч	глубина залегания сильно фильтрующего подстилающего почву слоя, более, м	глубина залегания минерализованных грунтовых вод, более, м	максимальный уклон местности	требуемый объем планировочных работ до, $м^3/га$	минимальный размер стороны участка, м	высота надземной части растений до, м	поливная норма, $м^3/га$
Среднеструйные дождевальные установки (показатели определены по переносной установке КИ-50)	1...3	5	15...30	0,5	2	0...0,1	600	300	4	200...1200
Двухконсольные короткоструйные дождевальные машины с забором воды из открытых оросителей (по ДДА-100МА)	1...5	6	10...30	0,5	2	0,001...0,004	300	120	2	200...1200
Многоопорная электрифицированная дождевальная машина с короткоструйными насадками, работающая в движении из открытой сети	2...6	6	5...30	0,5	2	0...0,1	400	800	3,5	200...1200
Широкозахватные среднеструйные дождевальные машины позиционного действия (по ДМ «Волжанка»)	2...5	7	5...30	0,5	2	0...0,02	500	300	0,9	200...800

Широкозахватные дождевальные машины позиционного действия (по ДМ «Днепр»)	2...5	8	7...30	0,5	2	0...0,02	500	300	2,5	200...800
Широкозахватные среднеструйные дождевальные машины, работающие по кругу (по ДМ «Фрегат» при работе на одной и двух позициях)	2...5	8	5...30	2	2	0...0,03	500	398	2,5	200...800
Дальнеструйные машины с забором воды из каналов (по ДМ ДДН-70, ДДН-100)	1...4	5	15...30	1,5	2	0,001...0,007	300	100	5	200...800
Самоходное оборудование среднеструйное и дальнеструйное, работающее в движении, с питанием от высоконапорного шланга	2...5	4	10...30	0,5	2	0...0,1	400	200	2	200...1200
Стационарные автоматизированные дождевальные системы	2...5	4	10...30	0,3	2	0...0,2	800	100	5	100...600
Стационарные системы и сезонно-стационарные комплекты синхронно-импульсного дождевания — СИД (по комплекту, обслуживающему площадь 10 га)	2...5	5	1...30	0,3	2	0...0,3	3000	100	4	200...1200
Дождевальные шлейфы «Тимирязевец»	2...5	4	10...30	0,5	2	0...0,07	500	150	3...7	200...1200
Многоопорная электрифицированная дождевальная машина с коротконструйными насадками, работающая в движении, с питанием от закрытой сети	2...5	6	5...30	0,5	2	0...0,02	500	800	3,5	200...1200

Эти работы выполняют с применением ЭВМ и соответствующего программного обеспечения.

Условия применимости дождевальной техники в зависимости от природных и хозяйственных факторов приведены в таблице 3.65.

3.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Сменная производительность дождевальной техники зависит главным образом от размера выдаваемой поливной нормы.

Для позиционно работающих дождевальных машин реализуемая поливная норма определяется интенсивностью дождя и продолжительностью работы машины на позиции с учетом потерь воды на испарение в момент полива.

Поливную норму (мм/га) в этом случае можно вычислить по зависимости

$$m_{nt} = \frac{60 Q_{sd} t_{sd}}{A \beta_E} = \rho t_{sd} / \beta_E, \qquad (3.12)$$

где Q_{sd} — расход машины, л/с; t_{sd} — продолжительность работы машины на позиции, мин; A — площадь одновременного захвата дождем, м^2; β_E — коэффициент, учитывающий потери воды на испарение в момент полива; ρ — интенсивность дождя, мм/мин.

Для дождевальных машин типа ДДН слой дождя (поливная норма) определяют по уравнению

$$m_{nt} = \frac{60 Q_{sd}}{\pi r^2 \nu \beta_E}, \qquad (3.13)$$

где m_{nt} — слой дождя, мм; r — радиус орошаемого круга, м; ν — частота вращения аппарата, мин$^{-1}$.

Для дождевальных машин, работающих в движении, слой дождя за машиной (поливная норма) вычисляют по зависимости

$$m_{nt} = \frac{60 Q_{sd}}{v b \beta_E}, \qquad (3.14)$$

где v — скорость движения машины, м/мин; b — ширина захвата дождем в направлении движения машины (для ДДА-100МА — около 18 м, для машин «Кубань-Л», «Таврия» — около 12 м).

Сезонное использование дождевальной техники оценивают следующими параметрами:

сезонной нагрузкой — площадью в гектарах, на которой машина может обеспечить заданный режим орошения, в том числе и в критический (пиковый) период водопотребления растений;

сезонной выработкой — площадью в гектаро-поливах, которую машина может обслужить за сезон с соблюдением необходимого режима орошения сельскохозяйственных культур;

сезонной загрузкой — числом часов сменного времени, отработанных машиной за вегетационный период на поливе закрепленной площади.

Расчетную сезонную нагрузку (га) на дождевальную машину или сезонную площадь обслуживания машиной определяют по зависимостям:

$$A_{cal}=\frac{Q_{sd}k_{day}}{q\beta_E}\tau, \tag{3.15}$$

или

$$A_{cal}=\frac{86{,}4Q_{sd}k_{day}}{lT_{crop}\beta_E}, \tag{3.16}$$

где k_{day} — коэффициент использования времени суток; q — удельная потребность в оросительной воде (гидромодуль) в критический (пиковый) период водопотребления, л/(с·га). Изменяется по природным зонам, культурам и годам от 0,3 до 1 л/(с·га);

β_E — коэффициент, учитывающий средние затраты оросительной воды на испарение в момент полива. Изменяется по природным зонам от 1,05 до 1,3; τ — коэффициент, характеризующий возможные потери рабочего времени по организационным и метеорологическим причинам, а также из-за отказов на насосных станциях, оросительной сети, арматуре, сооружениях, то есть от надежности системы, $\tau=0{,}85...0{,}95$; lT_{crop} — суточная потребность в оросительной воде (дефицит водопотребления) в пиковый период, м^3/га.

q определяют по зависимости

$$q=\frac{lT_{crop}}{86{,}4}, \tag{3.17}$$

где lT_{crop} — средний суточный дефицит водопотребления ведущей культуры севооборота за две смежные декады с максимальным дефицитом водного баланса в вегетационный период расчетного года обеспеченности, м^3/га.

Коэффициент использования времени суток вычисляют по уравнению

$$k_{day}=\frac{nt_{sh}}{24}K_{sh}, \tag{3.18}$$

где n — число рабочих смен в сутки; t_{sh} — продолжительность смены, ч; K_{sh} — коэффициент использования времени смены.

При круглосуточном использовании машины на поливе принимают $k_{day}=K_{sh}$.

Коэффициент τ, характеризующий возможные потери рабочего времени по независящим от машины причинам и не вошедшие в баланс времени смены, вычисляют по зависимости

$$\tau=\frac{1}{1+\Sigma f}=\frac{1}{1+f_{ps}+f_{in}+f_{\varphi}+f_{org}}, \tag{3.19}$$

где Σf — сумма возможных потерь рабочего времени из-за отказов на насосной станции (f_{ps}), оросительной сети, арматуре и сооружениях (f_{in}), по метеорологическим условиям (f_{φ}) и организационно-хозяйственным причинам (f_{org}).

Ориентировочно возможные потери рабочего времени (%) составляют:

из-за отказов на насосных станциях	1...2
из-за отказов на оросительной сети и сооружениях	2...5
из-за повышенной скорости ветра, при которой качество полива становится агротехнически недопустимым (когда фактическая скорость ветра превышает допустимую)	4...6
по организационно-хозяйственным причинам	3...5

Коэффициент, учитывающий затраты воды на испарение при дождевании,

$$\beta_E = 1 + 0{,}01\ E, \tag{3.20}$$

где E — испарение, %.

Затраты воды на испарение (в %) при поливе дождеванием могут быть определены по номограмме (рис. 3.58) или вычислены по формуле

$$E = 0{,}71 \frac{td}{l_a} (1 + 0{,}21 v_2), \tag{3.21}$$

где t — средняя температура воздуха в поливной период, °С; l_a — упругость насыщенного пара, соответствующая этой температуре, мбар; d — средний дефицит упругости насыщения воздуха, мбар; v_2 — скорость ветра на высоте 2 м от поверхности земли, м/с.

Метеорологические показатели t, d и v принимают по данным ближайшей метеостанции. Если на метеостанции скорость ветра измеряют на другой высоте, то ее приводят к высоте 2 м:

$$v_2 = v\mu, \tag{3.22}$$

где v_2 — скорость ветра на высоте 2 м, м/с; v — скорость ветра на высоте измерения, м/с; μ — переводной коэффициент, который приведен ниже

Высота измерения скорости ветра, м	4	5	6	7	8	9	10	11	12
μ	0,89	0,85	0,83	0,81	0,79	0,78	0,77	0,76	0,75

Сезонную выработку машины определяют по сезонной нагрузке и числу поливов за сезон, согласно заданному режиму орошения, учитывающему не только вегетационные, но и влагозарядковые, приживочные и другие виды поливов. Сезонную выработку (га), равную объему работы, выполненной дождевальной машиной за весь сезон, определяют по зависимости

$$W_{cal} = A_{cal} N, \tag{3.23}$$

где A_{cal} — сезонная нагрузка на машину, га; N — число поливов за сезон.

Сезонную нагрузку дождевальной машины определяют в часах сменного времени, затраченного на выполнение сезонного объема работы,

$$\Sigma T = W_{cal}/A_{sh}, \tag{3.24}$$

где A_{sh} — средняя выработка машины за час сменного времени при средней за сезон поливной норме m и затратах воды на испарение в момент дождевания β_E, га.

Для планирования и реализации эксплуатационных режимов орошения (графиков механизированного полива) необходимо располагать данными о часовой, сменной и суточной выработке дождевальных машин.

Производительность (га) за час основного времени работы дождевальной машины

$$A_h = \frac{3{,}6Q_{sd}}{m\beta_E}, \tag{3.25}$$

где Q_{sd} — расход машины, л/с; m — поливная норма, м³/га; β_E — коэффициент, учитывающий затраты воды на испарение при дождевании.

Сменная производительность (га) (выработка за смену)

$$A_{sh} = \frac{3{,}6Q_{sd}t_{sh}}{m\beta_E}K_{sh}, \tag{3.26}$$

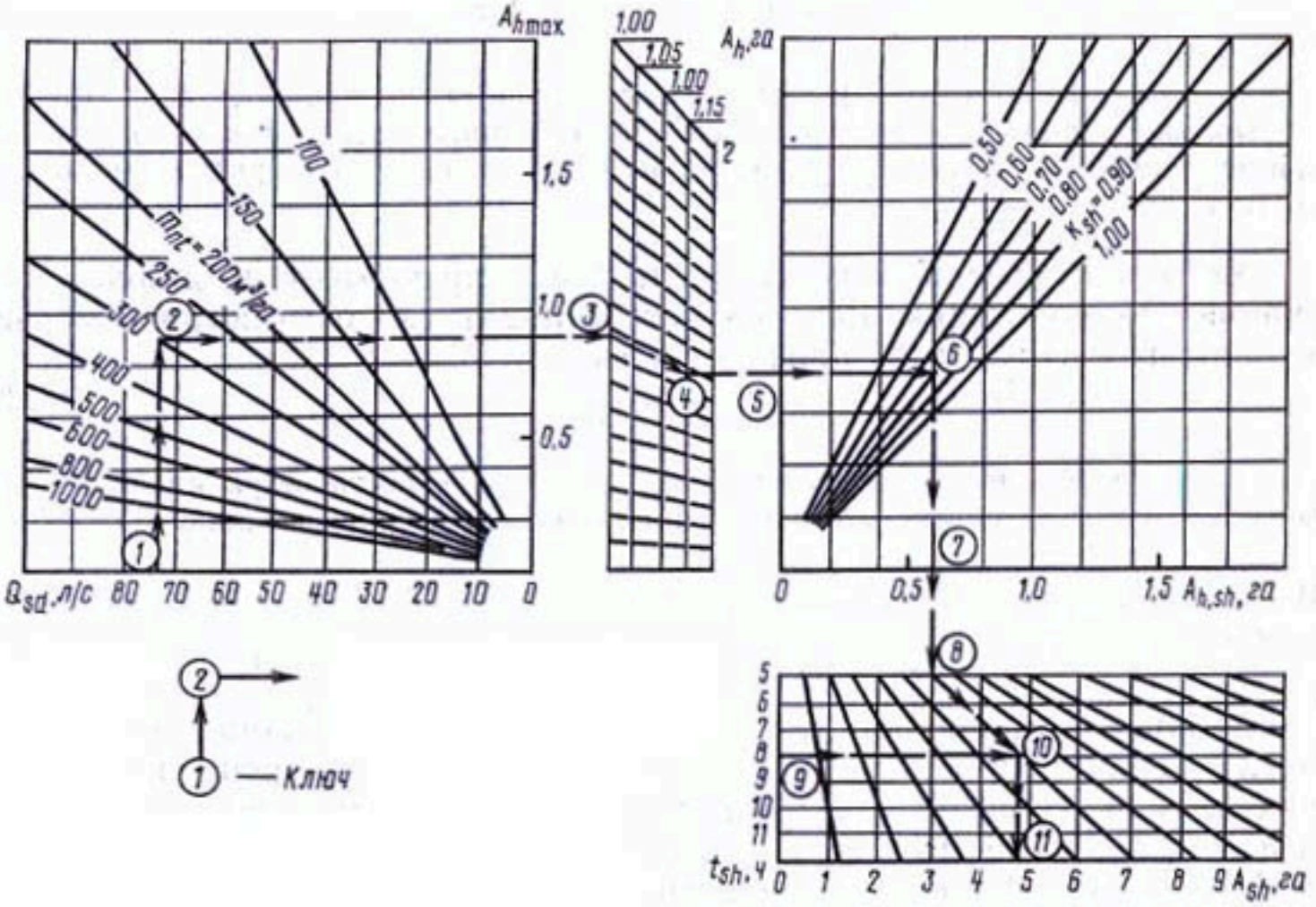


Рис. 3.56. Номограмма для определения сменной выработки дождевальных машин и установок:

Q_{sd} — расход машины (установки), л/с; m_{nt} — поливная норма нетто, м³/га; $A_{h\,max}$ — максимально возможная выработка за час, га; η — КПД поля; A_h — выработка машины за час основного времени, га; k_{sh} — коэффициент использования времени смены; $A_{h\,sh}$ — выработка за час сменного времени, га; t_{sh} — продолжительность смены, ч; A_{sh} — выработка за смену, га

3.66. Сменная выработка дождевальных машин за семичасовую рабочую смену, га

Тип и марка машины	Затраты воды на испарение, E, %	Поливная норма $m_{нт}$, м³/га							
		200	300	400	500	600	700	800	1000
ДДА-100МА (длина бьефа 300 м)	0	10,5	7,65	5,97	4,95	4,21	3,65	3,22	2,63
	10	9,5	6,95	5,42	4,47	3,83	3,37	2,89	2,35
	20	8,7	6,37	4,95	4,1	3,5	3,1	2,62	2,18
ДДН-100	0	7,8	5,5	4,26	3,47	2,91	2,53	2,24	1,83
	10	7,1	4,95	3,93	3,07	2,63	2,3	2,06	1,65
	20	6,51	4,65	3,66	2,83	2,47	2,07	1,87	1,53
ДДН-70	0	5,51	3,86	3,07	2,60	2,22	1,96	1,68	1,36
	10	4,9	3,56	2,83	2,37	2,04	1,78	1,51	1,24
ДКШ-64 «Волжанка»	0	5,4	3,98	3,16	2,6	2,20	1,92	1,75	1,39
	10	4,95	3,67	2,88	2,4	2,03	1,83	1,59	1,27
	20	4,46	3,3	2,61	2,17	1,8	1,61	1,42	1,15
ДФ-120 «Днепр»	0	9,60	7,06	5,62	4,56	3,92	3,47	3,02	2,47
	10	8,7	6,42	5,1	4,2	3,60	3,17	2,47	2,24
	20	7,95	5,9	4,68	3,82	3,26	2,89	2,52	2,07
ЭДМФ «Кубань-Л»	0	20,6	13,7	10,3	8,30	6,9	6,05	5,18	4,15
	10	18,6	12,5	9,35	7,52	6,26	5,45	4,65	3,8
	20	17,2	11,5	8,62	6,9	5,75	5	4,31	3,45
МДЭК «Кубань-ЛК»	0	8,1	5,41	4,06	3,24	2,7	2,32	2,02	—
	10	7,36	7,92	3,69	2,95	2,46	2,1	1,84	—
	20	6,76	4,51	3,38	2,7	2,25	1,93	1,69	—
ДКН-80	0	7,6	5,6	4,45	3,6	3,09	2,7	2,46	1,97
	10	6,96	5,15	4,05	3,37	2,87	2,54	2,24	1,8
	20	6,26	4,64	3,68	3,06	2,54	2,27	2	1,62
ДШ-25/300	0	2	1,47	1,18	0,95	0,82	0,72	0,63	0,51
	10	1,82	1,34	1,06	0,87	0,75	0,66	0,57	0,47
	20	1,66	1,23	0,97	0,8	0,68	0,6	0,53	0,43
КИ-50	0	5	3,31	2,51	2,01	1,7	1,5	1,28	1,01
	10	4,5	3,01	2,29	1,82	1,55	1,35	1,14	0,95
	20	4,21	2,8	2,13	1,65	1,43	1,25	1,07	0,85
ДМУ-А392-50 «Фрегат»	0	5,55	3,69	2,78	2,24	1,85	1,61	1,41	1,1
	10	5,05	3,35	2,5	2,02	1,67	1,47	1,26	1,03
	20	4,06	3,07	2,29	1,84	1,55	1,34	1,13	0,94
ДМУ-Б463-90 «Фрегат»	0	10	6,65	5	4,02	3,33	2,88	2,53	1,96
	10	9,03	6,03	4,49	3,62	3,01	2,64	2,27	1,84
	20	8,3	5,53	4,11	3,32	2,77	2,4	2,03	1,7
ДМУ-А337-45 «Фрегат»	0	5	3,36	2,51	2,01	1,68	1,48	1,73	0,99
	10	4,56	3,05	2,25	1,82	1,51	1,34	1,16	0,92
	20	4,2	2,8	2,06	1,68	1,4	1,21	1,03	0,86
ДМФ «Каравелла»	0	14,4	9,6	7,21	5,8	4,8	4,22	3,62	2,9
	10	13	8,75	6,55	5,27	4,37	3,81	3,24	2,66
	20	12	8,05	6,02	4,82	4,01	3,5	3,02	2,42
ДКГ-80 «Ока»	0	6,76	4,98	3,96	3,2	2,75	2,4	2,19	1,75
	10	6,19	4,58	4,60	2,91	2,55	2,26	1,99	1,6
	20	5,57	4,13	3,28	2,72	2,26	2,02	1,78	1,44

где t_{ch} — продолжительность смены, ч; K_{sh} — коэффициент использования времени смены.

Для определения сменной производительности можно пользоваться номограммой (рис. 3.56) или таблицей 3.66.

Производительность за сутки

$$A_{day} = \frac{86{,}4 Q_{sd} k_{day}}{m_{nt} \beta_E} \tau. \qquad (3.27)$$

Продолжительность (сут) полива участка или поля

$$T_{fd} = \frac{A_{fd} m \beta_E}{86{,}4 Q_{sd} k_{day}} \cdot \frac{1}{\tau}, \qquad (3.28)$$

где A_{fd} — площадь поля или участка, га.

Сезонную производительность дождевальной техники в различных природно-хозяйственных зонах страны можно определить по таблице 3.67 и номограмме, представленной на рисунке 3.57.

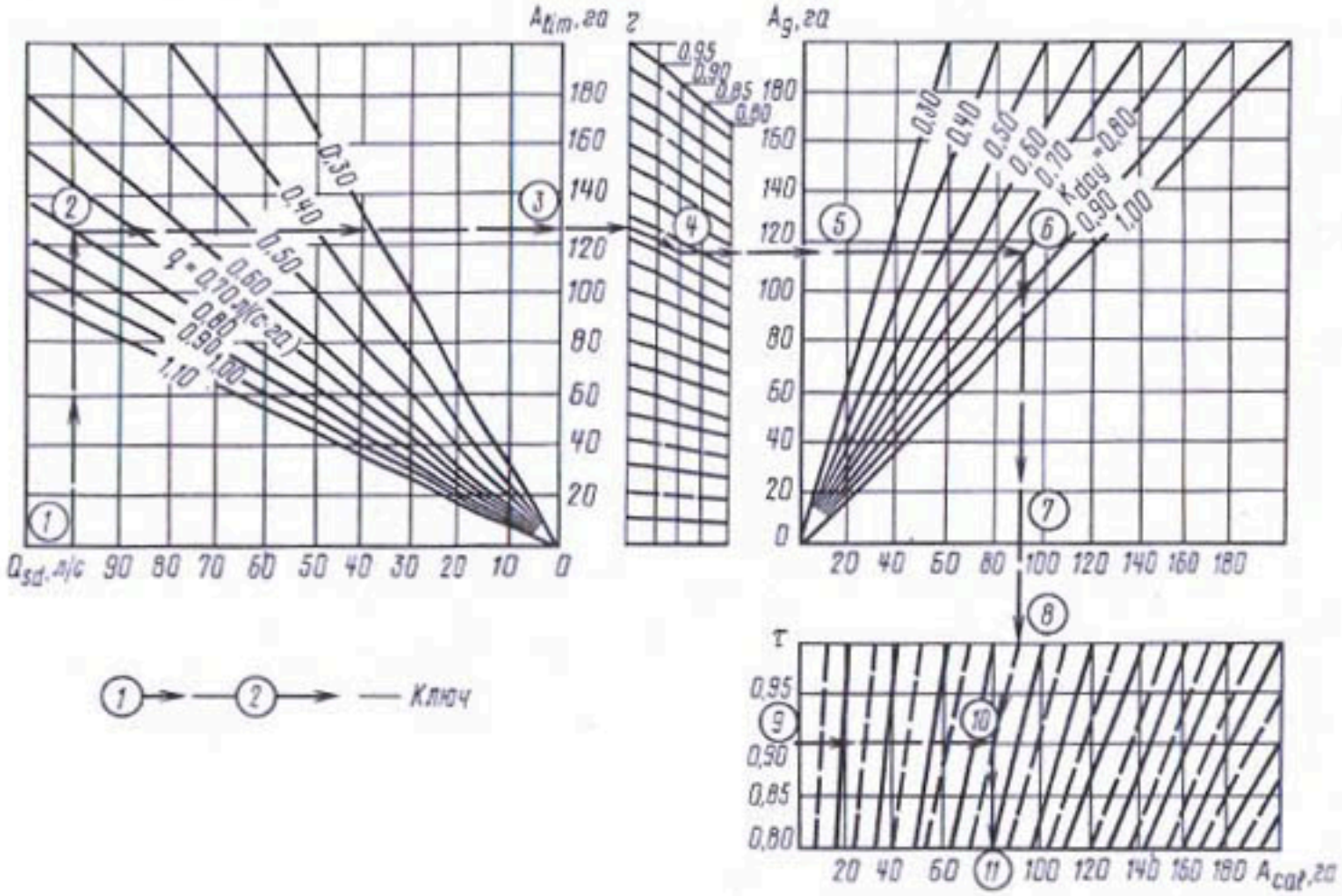


Рис. 3.57. Номограмма для определения сезонной нагрузки на дождевальные машины и установки:

q — расчетный гидромодуль, л/(с·га); A_{tim} — предельно-возможная нагрузка на машину, га; k_{day} — коэффициент использования времени суток; τ — коэффициент надежности обеспечения процесса полива на системе; A_{cal} — расчетная сезонная нагрузка на машину, га (остальные обозначения см. рис. 3.56)

3.67. Средние параметры сезонной производительности дождевальной техники [нагрузка, выработка (га), загрузка (ч)] **в различных природных зонах страны**

Тип и марка поливной техники	Природные зоны					
	лесная $k_u = 0{,}86...1{,}20$	лесостепная $k_u = 0{,}51...0{,}85$	умеренно-степная $k_u = 0{,}41...0{,}50$	сухостепная $k_u = 0{,}31...0{,}40$	полупустынная $k_u = 0{,}19...0{,}30$	пустынная $k_u = 0{,}05...0{,}18$
ДДА-100МА	165, 580, 560	135, 610, 770	110, 610, 860	90, 590, 1040	80, 600, 1200	70, 600, 1360
ДДН-100	110, 390, 530	95, 420, 730	75, 415, 830	60, 390, 1000	50, 380, 1100	45, 380, 1250
ДКШ-64 «Волжанка»	90, 315, 580	76, 345, 820	64, 350, 920	52, 340, 1130	46, 340, 1220	40, 340, 1400
ДФ-120 «Днепр»	165, 560, 610	135, 600, 650	110, 610, 820	93, 610, 1080	80, 600, 1250	70, 600, 1470
ЭДМФ «Кубань-Л»	300, 1050, 570	260, 1170, 840	200, 1100, 910	170, 1100, 1170	150, 1200, 1440	130, 1120, 1570
ЭДМФ «Кубань-М»	280, 1030, 660	240, 1080, 930	185, 1020, 990	160, 1030, 1170	140, 1040, 1340	120, 1020, 1550
ДКГ-80	125, 440, 570	105, 475, 810	85, 470, 890	70, 460, 1110	60, 460, 1240	55, 470, 1460
МДЭК «Кубань-ЛК»	73, 260, 248	73, 330, 470	73, 400, 760	73, 480, 1130	73, 550, 1420	—
ДДН-70	85, 300, 565	70, 315, 770	55, 300, 815	45, 290, 970	40, 300, 1120	35, 300, 1300
ДШ-25/300	35, 125, 610	30, 135, 870	25, 135, 1000	20, 130, 1180	17, 130, 1300	15, 130, 1440
КИ-50	65, 230, 510	55, 250, 740	45, 230, 840	35, 230, 1000	30, 230, 1100	25, 220, 1220
ДКГ-80 «Ока»	110, 385, 565	95, 430, 795	75, 410, 910	62, 400, 1120	55, 410, 1200	50, 420, 1400
ДМФ «Каравелла»	200, 700, 540	170, 765, 800	130, 715, 850	110, 715, 1080	100, 750, 1290	90, 765, 1530
ДМУ-Б463-90 «Фрегат»	75, 260, 295	75, 340, 515	75, 410, 715	75, 490, 1075	75, 565, 1345	75 — —

3.5. СТАЦИОНАРНЫЕ И СЕЗОННО-СТАЦИОНАРНЫЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Стационарными называют дождевальные системы, у которых, кроме дождевальных аппаратов, все составные части (насосная станция, оросительная сеть, основные сооружения на ней) занимают на участке постоянное положение.

Стационарные системы имеют, как правило, значительную металлоемкость, высокую стоимость строительства, поэтому их используют в основном для полива высокорентабельных многолетних культур. Кроме вегетационных, можно проводить освежительные, приживочные и другие специализированные поливы. Стационарные системы обеспечивают максимальную производительность труда и высокую автоматизацию полива. Для максимального разряжения оросительной сети на стационарных системах в основном используют дальнеструйные дождевальные аппараты. Наиболее рациональны дальнеструйные дождевальные аппараты типа ДД с турбинкой, при работе которых не образуется реактивное усиление, воздействующее на стояки. Гидранты и стояки для присоединения дождевальных аппаратов располагают на участке по вершинам квадрата или равностороннего треугольника. Оросители прокладывают по тупиковой или закольцованной схеме. Дождевальные аппараты могут работать на оросительном трубопроводе, чередуясь по одному, группами или одновременно все.

Для водоводов используют стальные, асбестоцементные, железобетонные и пластмассовые трубы, прокладываемые на глубине 0,7...0,8 м. Высоту стояка над поверхностью почвы принимают 1,2...1,5 м. Для полива высокостебельных культур и садов высота стояка (м) над поверхностью почвы

$$h_r = H_{tr} - l\,tg\theta, \tag{3.29}$$

где H_{tr} — высота дерева, м; l — расстояние от стояка до ближайшего дерева, м; θ — угол вылета струи по отношению к горизонтальной плоскости, град.

В садах гидранты размещают в рядах ближе к деревьям, чтобы не мешать обработке междурядий и приствольных кругов.

Автоматизированные стационарные системы включают насосную станцию с программным управлением, гидроавтоматическую или электрическую запорную арматуру на сети и (или) на дождевальных аппаратах. Запорная арматура на дождевальных аппаратах или гидрантах может иметь отдельное программирующее устройство для обеспечения работы каждого из дождевальных аппаратов или их групп в задаваемом режиме и определенной очередности.

Схемы размещения оборудования для гидроимпульсного управления поливом и расположение оросительной сети автоматизированной стационарной дождевальной системы с дальнеструйными дождевальными аппаратами ДД-30 приведены на рисунке 3.58, а навесные гидроавтоматические затворы-пробки, которыми оборудованы аппараты, — на рисунке 3.59.

Насосная станция — типовая оросительная сеть из стальных, полиэтиленовых или асбестоцементных труб может быть выполнена тупиковой или закольцованной.

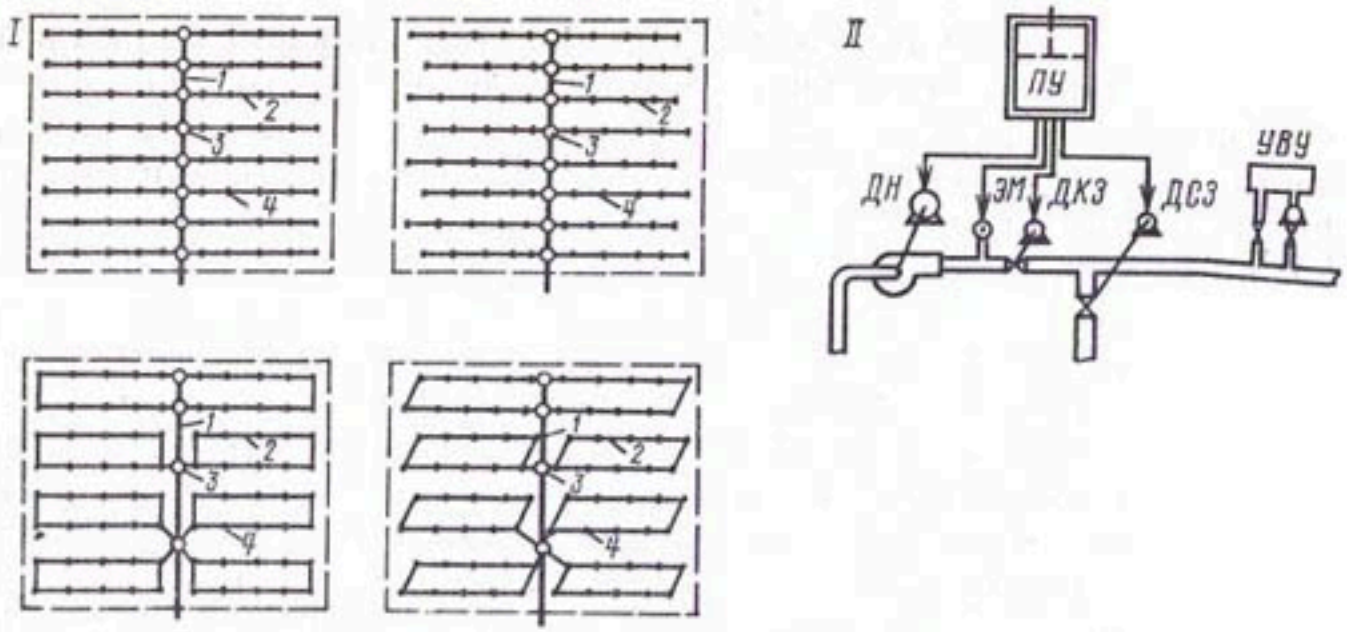


Рис. 3.58. Типовые схемы (*I*) закрытой оросительной сети и оборудование (*II*) для гидроимпульсного управления поливом на системе:
1 — подводящий и распределительный трубопроводы; *2* — оросительный трубопровод; *3* — распределительный колодец; *4* — дождевальные аппараты с гидроавтоматическими затворами; ПУ — программатор; ДН — электродвигатель насоса; ЭМ — контактный манометр; ДКЗ — электродвигатель командной задвижки; ДСЗ — электродвигатель сливной задвижки; УВУ — установка ввода удобрений

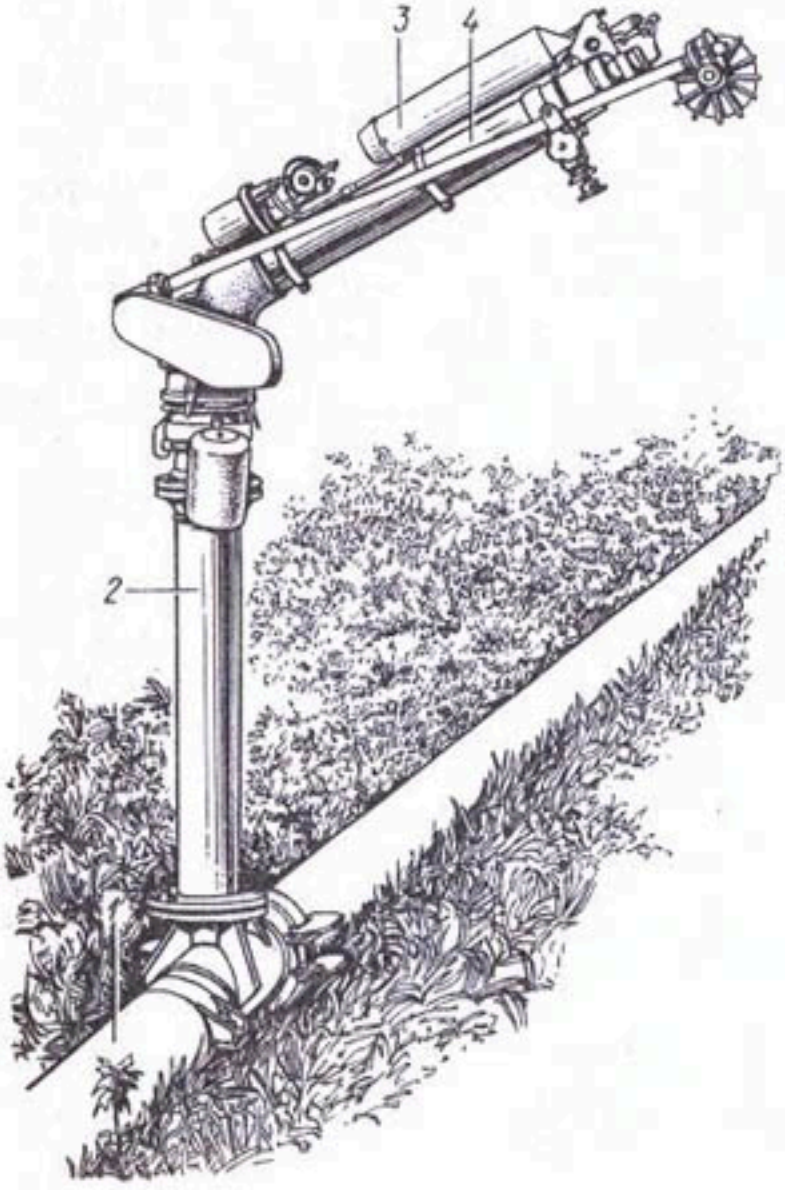


Рис. 3.59. Дождевальный аппарат ДД-30 с гидроавтоматическим затвором на разборном трубопроводе:
1 — разборный трубопровод; *2* — стояк; *3* — пробковый гидроавтоматический затвор; *4* — дождевальный аппарат ДД-30

Программное устройство устанавливают на насосной станции или на распределительной сети. Оно предусматривает автоматическое, полуавтоматическое и ручное управление задатчиком команд (командной и сливной задвижками), управление насосным агрегатом, контролирует давление и заданный режим работы.

Система включается в работу открытием командной задвижки. Оросительная сеть медленно заполняется водой. После образования расчетного давления срабатывают по заданной программе соответственно установленные гидроавтоматические затворы дождевальных аппаратов, проводящих полив. После выдачи заданной поливной нормы напорная задвижка автоматически закрывается, сливная — открывается. При этом по оросительной сети проходит гидравлический импульс пониженного давления. Затем обе задвижки занимают исходное положение. В работу включаются следующие по программе дождевальные аппараты, и так далее до окончания полива участка.

Применение гидроавтоматических затворов на дождевальных системах позволяет рассредоточить ток воды и использовать трубопроводную сеть меньшего диаметра, что значительно снижает удельную металлоемкость системы.

Такую стационарную автоматизированную дождевальную систему можно проектировать на блок-участках площадью до 150 га.

Оборудование для гидроимпульсного управления поливом используют также на сезонно-стационарных системах в составе дождевального комплекта, предназначенного для автоматизированного полива сельскохозяйственных культур нормами 30...400 м^3/га на участках с уклоном до 0,2 при заборе воды из самотечно-напорной закрытой сети или с передвижной насосной станцией. Комплект включает гидравлическое программное устройство, разборные трубопроводы типа РТШ-А, дальнеструйные дождевальные аппараты ДД-30, гидрозатворы, регуляторы давления, предохранительно-сбросное устройство и гидроподкормщик.

Распределительный трубопровод прокладывают по наибольшему уклону местности, а дождевальные крылья — вдоль горизонталей или под небольшим углом к ним.

Поливом управляют при помощи программного устройства, гидрозатворов и регуляторов давления.

Для исключения стока большие поливные нормы можно выдавать прерывисто.

Комплект монтируют на участке на весь поливной сезон, а после окончания сезона демонтируют и перевозят на место зимнего хранения. Ниже приведена технико-эксплуатационная характеристика (работа с насосной станцией) стационарной автоматизированной системы.

Площадь полива, га	До 48
Расход, л/с	30
Давление перед дождевальным аппаратом, МПа	0,6
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,31
Дождевальные аппараты:	ДД-30
диаметр сопла, мм	34
число на 1 га	1,68
схема расстановки	По треугольнику
Трубопроводная сеть:	
марка	РТШ-А

диаметр, мм	150
Удельная металлоемкость, кг/га (с учетом подводящего трубопровода)	518
Обслуживающий персонал, чел.	1 на 2 комплекта

3.6. СИНХРОННОЕ ИМПУЛЬСНОЕ ДОЖДЕВАНИЕ

Синхронное импульсное дождевание — одно из прогрессивных технологических направлений в дождевании для получения максимального рассредоточения поливного тока. На протяжении всей вегетации растений осуществляется подача воды на орошаемый участок в соответствии с текущим водопотреблением сельскохозяйственных культур, постоянно поддерживается на оптимальном уровне влажность активного слоя почвы и приземного воздуха. Импульсные аппараты работают одновременно на всей площади в режиме непрерывно чередующихся пауз накопления воды в гидропневмоаккумуляторах и периодов ее выплеска под действием сжатого воздуха.

На системах синхронного импульсного дождевания снижаются капитальные затраты на строительство сети напорных трубопроводов, в первую очередь трубопроводов последнего порядка, имеющих наибольшую протяженность, для устройства которых применяют трубы малого диаметра; исключая водооборот, снижаются затраты труда и потребность в сложной водораспределительной арматуре.

Синхронное импульсное дождевание используют для полива многолетних насаждений, кормовых и других культур прежде всего на крутых склонах и расчлененном рельефе, а также на маломощных почвах, подстилаемых сильно фильтрующими или практически не фильтрующими грунтами.

Технологические параметры синхронного импульсного дождевания приведены в таблице 3.68.

Перспективными зонами для развития систем синхронного импульсного дождевания являются в первую очередь предгорные районы Закавказья, Средней Азии, Северного Кавказа и Молдавии.

Системы синхронного импульсного дождевания включают: водозаборное сооружение, насосную станцию, линии связи, систему автоматизации управления поливами, оросительную сеть с импульсными дождевальными аппаратами.

Системы синхронного импульсного дождевания, как правило, стационарные с подземной укладкой трубопроводов. Оросительные трубопроводы из стальных труб можно прокладывать по поверхности поля.

Оросительные трубопроводы прокладывают параллельно горизонталям местности по ярусам с перепадом высот между ярусами не более 25 м.

Для обеспечения работы системы в узловых точках сети в колодцах или на поверхности земли устанавливают запорно-регулирующую и измерительную аппаратуру, генераторы и усилители командных сигналов и др.

Системы синхронного импульсного дождевания можно проектировать из отдельных блоков-участков, в пределах которых управление режимом работы автономное. Такой блок-участок обслуживает сезон-

3.68. Технологические параметры системы синхронного импульсного дождевания

Показатели	Условные обозначения и единицы измерения	Расчетная формула или метод установления	Пределы изменения для среднеструйных аппаратов
Верхний предел давления в гидроаккумуляторе	P_{max}, Па	По рабочей характеристике насоса	$(4...10)\cdot10^5$
Геометрический объем гидроаккумулятора	V_{ha}, л	Конструктивно	20...100
Диаметр сопла	d_{noz}, см	То же	1,4...2,6
Угол поворота за рабочий цикл	φ, град	»	4...6
Нижний предел давления в гидроаккумуляторе	P_{min}, Па	$P_{min}=0,4...0,6P_{max}$	$(2...6)\cdot10^5$
Объем выброса воды за рабочий цикл	V_{ejc}, л	$V_{ejc}=\frac{V_{ha}H_a}{P_{max}}\times\left[\left(\frac{P_{max}}{P_{min}}\right)\right]^{0,9}-1\Big]$	4...20
Радиус действия	R, м	Экспериментально	25...40
Площадь полива при расстановке по схеме:			
квадратной	$A_{\square}$, га	$A_{\square}=10^{-4}2R^2$	0,12...0,32
треугольной	$A_{\triangle}$, га	$A_{\triangle}=10^{-4}2,6R^2$	0,16...0,41
Расход воды, подводимый к одному аппарату	q_{noz}, л/с	$q_{noz}=A_{\triangle}q$	0,04...0,3
Продолжительность накопления	τ_{ac}, с	$\tau_{ac}=V_{ejc}/q_{noz}$	30...300
Продолжительность выплеска	τ_{ejc}, с	$\tau_{ejc}=\frac{V_{ejc}}{\mu 0,785d^1_{noz}}\times\frac{}{\sqrt{q(P_{max}+P_{min})}}$	1...4
Продолжительность цикла	τ_{cyc}, с	$\tau_{cyc}\tau_{cyc}=\tau_{ac}+\tau_{ejc}$	30...300
Средняя круговая интенсивность	ρ_m, мм/мин	$\rho_m=6\cdot10^{-3}q$	0,0018... 0,005
Число рабочих циклов за один оборот	n_{cyc}, цикл	$n_{cyc}=360\,°\varphi$	60...90
Продолжительность одного оборота	τ_{rev}, мин	—	30...750

Примечание. q — ордината гидромодуля, л/(с·га); μ — коэффициент расхода сопла; H_a — давление в атмосфере, Па.

но-стационарный комплект оборудования для синхронного импульсного дождевания КСИД-10А (рис. 3.60), включающий электрифицированную насосную станцию, трубопроводную сеть, импульсные дождевальные аппараты ДИ-15, генератор командных сигналов (импульсов снижения давления), датчик необходимости и интенсивности водоподачи, пульт управления, гидроподкормщик ГПД-50, контрольно-измерительное оборудование, систему аварийной защиты. Техническая характеристика комплекта КСИД-10А приведена ниже.

Площадь полива, га	До 10
Средний расход, л/с	10
Рабочее давление импульсных дождевателей, МПа	0,55...0,3
Максимальное допустимое давление на входе в импульсный дождеватель, МПа	1,25
Число дождевателей	60
В том числе импульсных	59
Схема расстановки дождевателей	По треугольнику
Расстояние, м:	
между дождевателями	40...44
между линиями дождевателей	34...38
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	Не более 0,02
Диаметр трубопроводов, мм:	
распределительных	50...100
поливных	20...32
Удельная протяженность трубопроводов, м/га	259,2
В том числе диаметром 20...32 мм	228,8
Масса оборудования, кг	Не более 11 000
Стоимость, р.	12 400
Обслуживающий персонал, чел.	1 на 4 комплекта

Несколько блоков-участков могут работать от одной насосной станции.

Комплект можно использовать на участках со сложным микрорельефом, с уклонами местности до 0,3 и перепадом геодезических высот до 25 м. При перепадах высот между дождевальными аппаратами более 25 м на трубопроводной сети устанавливают усилители командных сигналов, число и место расположения которых определяют при проектировании.

Импульсный дождевальный аппарат ДИ-15 (рис. 3.61) состоит из пневмогидроаккумулятора, гидроуправляемого запорного органа, двух-

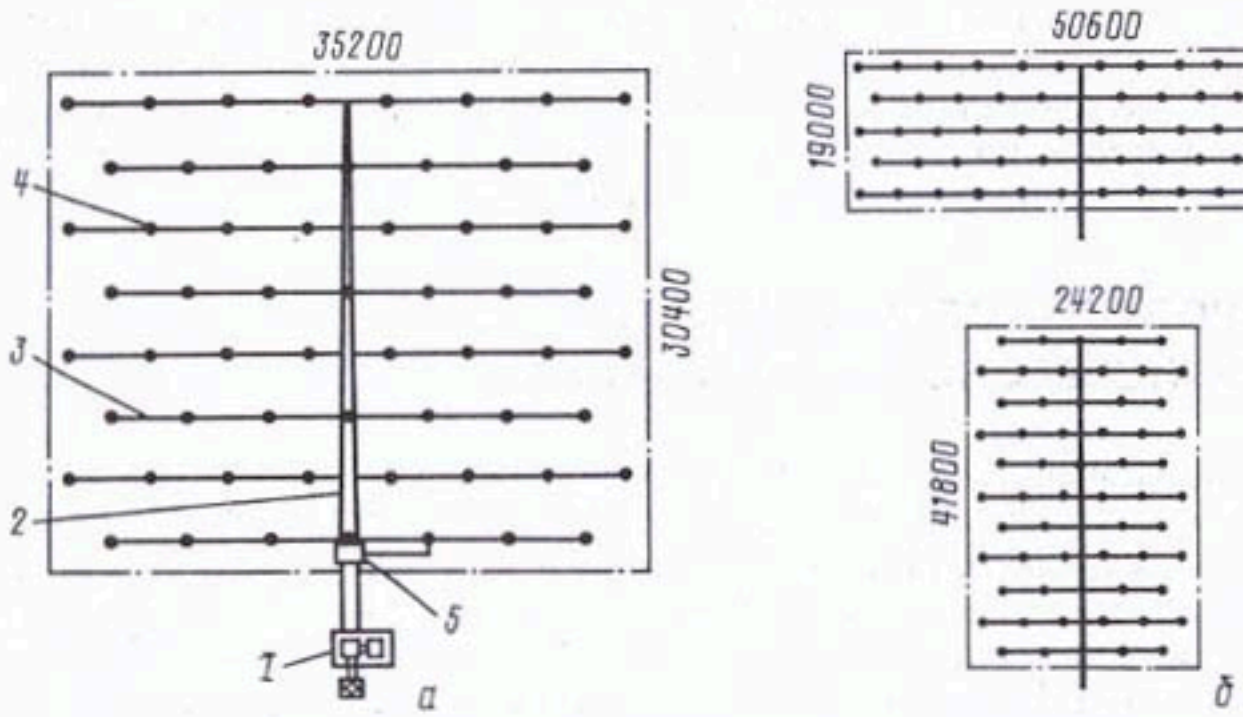


Рис. 3.60. Комплект оборудования импульсного дождевания КСИД-10А:
а — расчетная схема расположения оборудования; *б* — возможные схемы расположения трубопроводной сети; *1* — насосный агрегат; *2, 3* — распределительный и поливной трубопроводы; *4* — импульсные дождевальные аппараты; *5* — управляющий узел

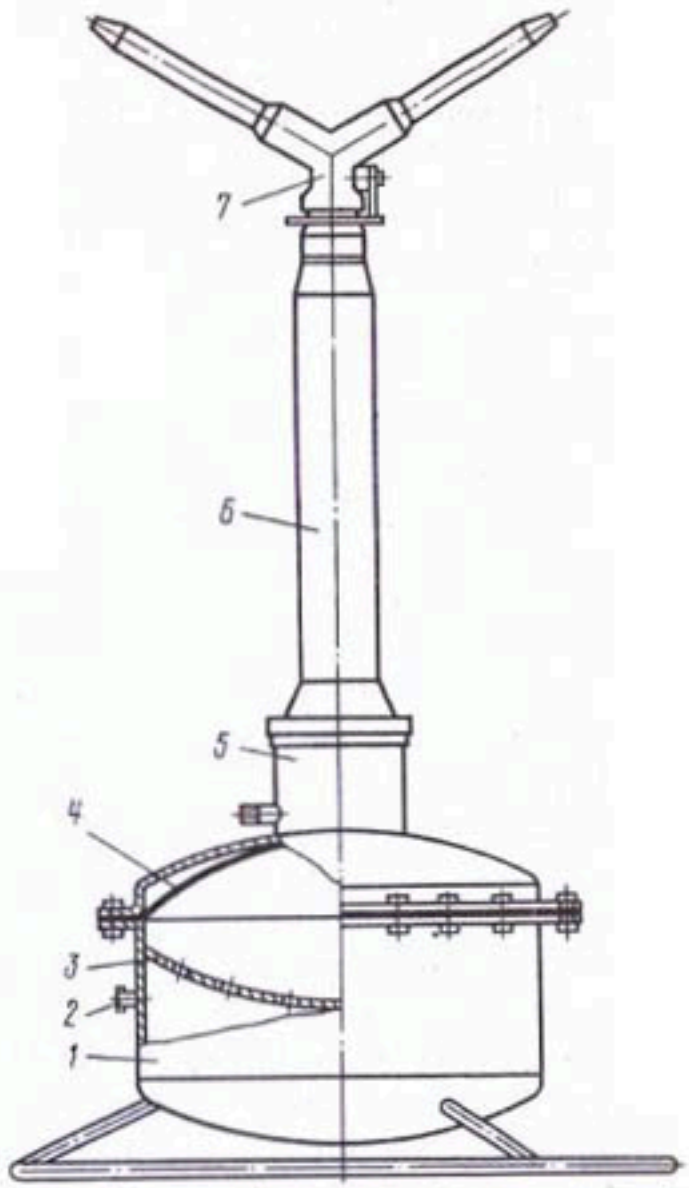


Рис. 3.61. Импульсный дождевальный аппарат ДИ-15:
1 — пневмогидроаккумулятор; *2* — устройство для заполнения пневмогидроаккумулятора воздухом; *3* — перфорированный свод; *4* — эластичная мембрана; *5* — запорный орган; *6* — стояк; *7* — дождевальная насадка

сопловой дождевальной насадки с механизмом поворота. Пневмогидроаккумулятор — водовоздушный бак, разделенный перфорированным сводом и эластичной мембраной на две части. Нижняя часть предварительно заполняется сжатым воздухом, в верхнюю поступает вода. Применен гидроуправляемый запорный орган поршневого типа со сбросом воды из подпоршневой камеры в дождевальную насадку.

Исходными данными для расчета технологических параметров дождевальных аппаратов, которые работают по сигналам понижения давления в сети, являются показатели, характеризующие массив орошения, учитывающие требования режимов орошения возделываемых культур, конструктивные и расчетные параметры импульсного аппарата, условия, влияющие на формирование и распространение сигналов понижения давления по сети.

Расчет элементов техники полива и технологических параметров синхронного импульсного дождевания сводится к установлению требуемых числа дождевальных аппаратов выбранной конструкции на 1 га орошаемой площади и продолжительности паузы накопления, обеспечивающих требуемую удельную водоподачу.

3.7. АЭРОЗОЛЬНОЕ УВЛАЖНЕНИЕ (МЕЛКОДИСПЕРСНОЕ ДОЖДЕВАНИЕ)

Мелкодисперсное дождевание (МДД) предназначено для регулирования микро- и фитоклимата сельскохозяйственных культур при неблагоприятных для растений и экстремальных состояниях внешней среды (воздушные засухи и суховеи) распылением диспергированной воды в приземном слое воздуха.

Системы МДД можно применять во всех зонах орошаемого земледелия для освежительных поливов садов, ягодников, чайных плантаций, овощных, кормовых, технических культур, многолетних трав и пастбищ, а также для борьбы с воздушными засухами и суховеями. Регулирование микро- и фитоклимата на сельскохозяйственных полях в условиях

продолжительных воздушных засух позволяет повысить интенсивность фотосинтеза, а в ряде случаев и предотвратить гибель растений.

При мелкодисперсном дождевании вода диспергируется на капли размером 400...600 мк, которые хорошо удерживаются на листовой поверхности растений. В опытно-производственных условиях определено, что разовая норма увлажнения должна составлять 0,8...1 $м^3$/га, а периодичность поливов в термически напряженное время суток — до 60 мин. Наибольший эффект от мелкодисперсного дождевания достигается при частом или непрерывном распределении водного аэрозоля над орошаемой площадью.

Основные способы диспергирования воды — гидродинамический, гидромеханический и пневмогидродинамический. Для этого могут быть использованы насадки и диспергаторы различных конструкций, которыми оснащают машины или установки для мелкодисперсного дождевания.

Для транспортирования диспергированной воды по площади участка используют ее кинетическую энергию, а также естественный или искусственный воздушный поток.

В настоящее время в различных природных зонах страны на небольших площадях используют в основном опытные стационарные системы и передвижные агрегаты для мелкодисперсного дождевания.

На стационарных системах для надкронового дождевания в садах применяют оборудование для мелкодисперсного дождевания, включающее мачту высотой 9...12 м и поворотную штангу с диспергаторами. Штанга самоустанавливается перпендикулярно направлению ветра (рис. 3.62). Оборудование работает по принципу гидродинамического

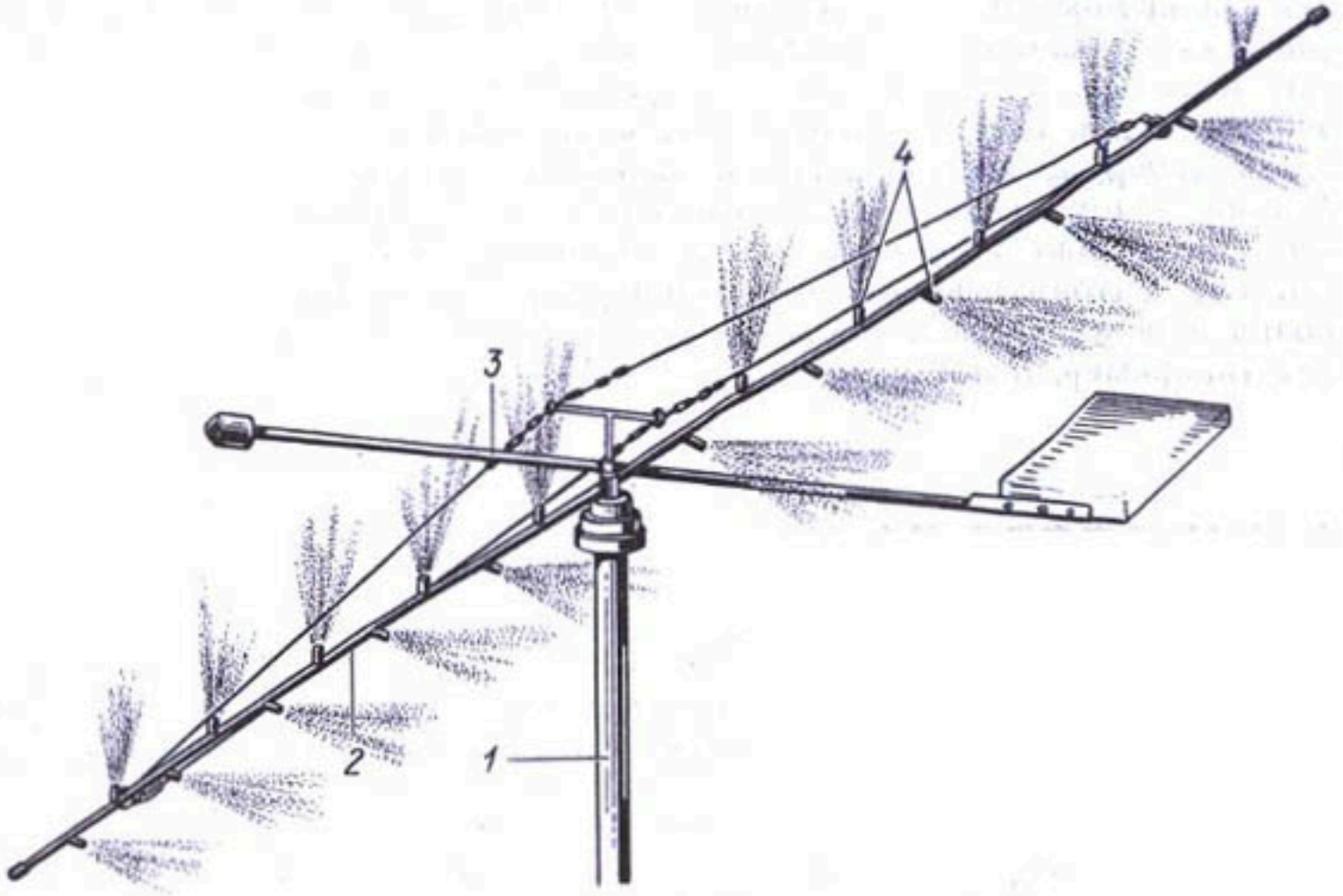


Рис. 3.62. Штанга системы аэрозольного орошения:
1 — мачта; *2* — штанга поворотная; *3* — флюгер; *4* — диспергаторы

3.69. Стационарные системы аэрозольного увлажнения

Показатели	Система МДД (ВНПО «Радуга»)	Система МДД (УкрНИИОС)
Тип основного рабочего органа	Дождеватель	Насадки
Схема расстановки рабочих органов, м	38×37	4×2,5
Число рабочих органов на га	5...7	1000
Давление воды у рабочего органа, МПа	0,3...0,4	0,15...0,4
Расход рабочего органа, л/с	0,08...0,11	0,008
Интенсивность водоподачи, л/(с · га)	0,48...0,66	1
Площадь, обслуживаемая одним оператором, га	100	50
Удельная протяженность трубопроводов, м на 1 га	300	2213
Средний диаметр трубопроводной сети, мм	42	29
Удельная материалоемкость, кг на 1 га	300	1055
Удельная энергоемкость, (кВт · ч) $м^3$	0,32	0,14

диспергирования воды. При скорости ветра 3...6 м/с средняя интенсивность дождя составляет не более 0,06 мм/ч.

Результаты опытно-производственного использования оборудования МДД на орошении грушевого сада и чайных плантаций показали возможность повышения урожайности чайных флешей по сравнению с поливом дождеванием и по бороздам (соответственно на 9...13 и 16,8 ц/га).

Стационарная автоматизированная система МДД конструкции УкрНИИОС (табл. 3.69) предназначена для одновременного проведения надкронового и подкронового мелкодисперсного дождевания на участках с уклоном поверхности до 0,5 при скорости ветра до 5 м/с. Она включает водозаборный узел, насосную станцию, устройство для очистки воды, сеть трубопроводов, водовыпуски, устройства для внесения минеральных удобрений и автоматизированного управления поливами. Элементы системы выполнены из полимерных материалов. Система состоит из блоков одновременного полива площадью до 6 га. Система автоматизированного управления обеспечивает прерывистый полив в режиме «полив малой производительности — длительная пауза» (например, 5 и 40 мин).

4. МИКРООРОШЕНИЕ

4.1. КАПЕЛЬНОЕ ОРОШЕНИЕ

Сущность этого способа орошения заключается в малоинтенсивной подаче оросительной воды из микроводовыпусков-капельниц непосредственно в зону развития корневой системы растений.

Применение капельного орошения особенно перспективно в районах с ограниченными водными ресурсами, а также на участках, на которых нельзя применять традиционные способы полива, — на больших уклонах и крутых склонах, на участках с изрезанным рельефом, на легких почвах, в районах с недостаточной влагообеспеченностью и при

наличии малодебитных источников чистой воды. Перспективными зонами развития капельного орошения в СССР являются районы Средней Азии, Закавказья, Юга Украины, Молдавии, прибрежные районы Каспийского и Черного морей, районы приоазисных песков.

Опыт применения систем капельного орошения показывает, что в сравнении с поливом дождеванием продуктивность плодовых культур и виноградников увеличивается на 10—30 %. Эффективность капельного орошения определяется возможностью своевременного обеспечения растений влагой в полном соответствии с особенностями и динамикой водопотребления орошаемой культуры, а также экономией воды, электроэнергии и металлических труб.

4.1.1. СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Системы капельного орошения могут быть стационарными и сезонно-стационарными.

Система капельного орошения включает: узел подготовки и распределения воды (регулирующий бассейн-отстойник, насосные агрегаты, средства автоматизации управления, фильтры очистки оросительной воды, запорно-регулирующая арматура), магистральные участковые и распределительные трубопроводы, оросительные трубопроводы с микроводовыпусками, устройство для ввода удобрений; линии связи, систему автоматизации (рис. 4.1).

Источниками для орошения могут быть реки, озера, водохранилища, обводнительные и оросительные каналы, воды местного поверхностного стока, а также подземные воды.

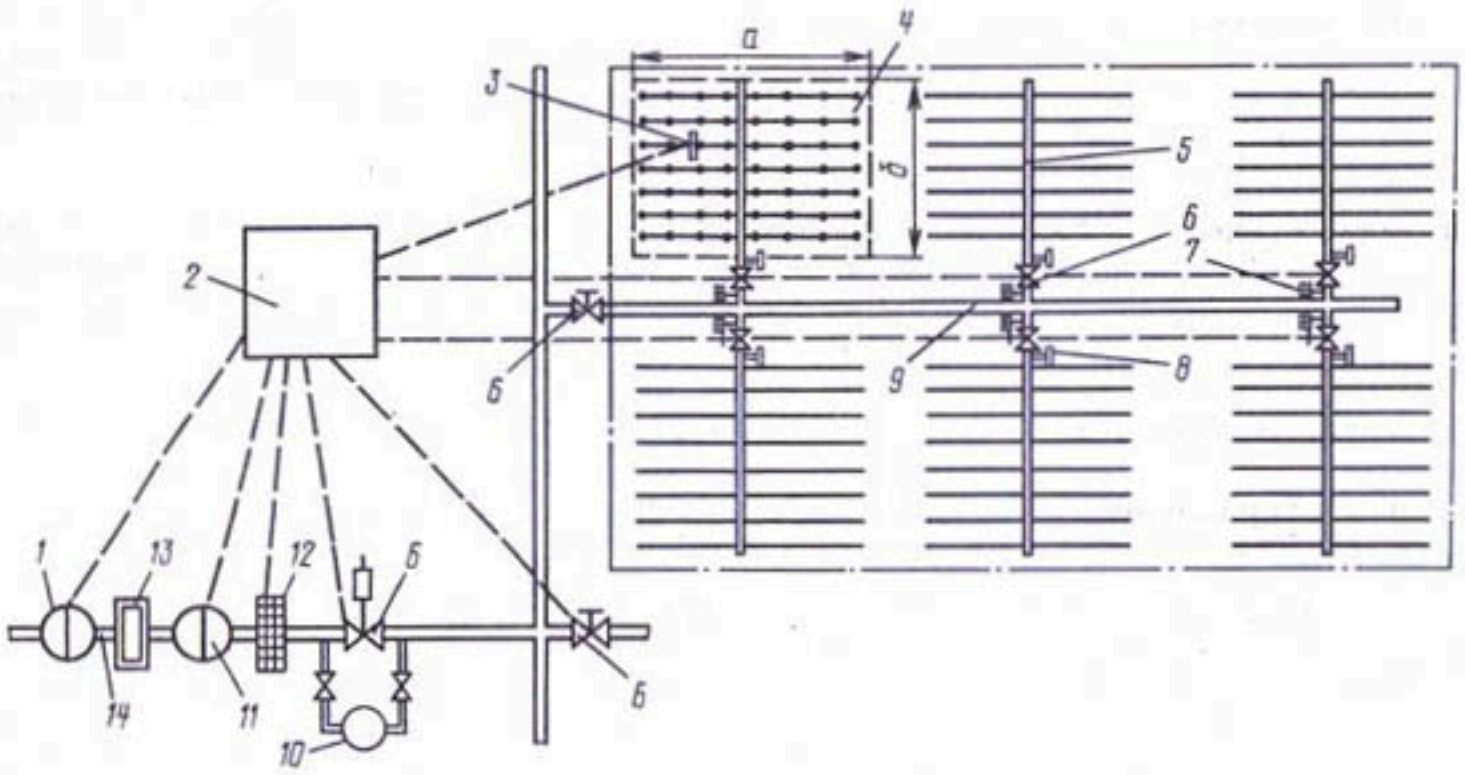


Рис. 4.1. Принципиальная схема системы капельного орошения:
1 — головная насосная станция; *2* — управляющий вычислительный комплекс; *3* — метеостанция; *4* — модульный участок; *5* — участковый трубопровод; *6* — запорно-регулирующая арматура; *7* — фильтр «компакт»; *8* — узел подключения установки внесения удобрения; *9* — распределительный трубопровод; *10* — установка внесения удобрений; *11* — насосная станция; *12* — фильтр очистки воды; *13* — регулирующий накопительный бассейн; *14* — магистральный трубопровод

Краткая характеристика систем капельного орошения приведена ниже.

Краткая характеристика систем капельного орошения

Тип систем	Характеристика и условия применения
Продолжительность нахождения оборудования на участке	
Стационарные	Для полива многолетних насаждений. Требуют относительно больших капитальных затрат
Стационарно-сезонные	Для полива однолетних культур. Требуют ежегодных монтажных и демонтажных работ
Односезонного использования	Для полива однолетних культур. Поливную трубопроводную сеть выполняют из дешевых недолговечных материалов. Требуют ежегодного монтажа
Размещение сети поливных трубопроводов относительно поверхности почвы	
С укладкой поливных трубопроводов на поверхности почвы	Применяют, когда сорняки можно уничтожать с помощью гербицидов. Снижается стоимость строительства, но создается препятствие при механизированной обработке
С расположением поливных трубопроводов на шпалерной проволоке	Для полива многолетних насаждений. Возможна механизированная обработка полосы в ряду деревьев
С укладкой всей трубопроводной сети ниже поверхности почвы	Повышается срок службы полиэтиленовых трубопроводов. Строительство возможно только на участке, еще не занятом насаждениями. Увеличиваются капитальные затраты, трудно контролировать работоспособность трубопровода и капельниц
Степень автоматизации	
Автоматические	Все технологические операции по системе (определение срока начала полива, его продолжительность, управление водораспределением, контроль работоспособности оборудования и др.) выполняются автоматически
Автоматизированные	Технологические операции на системе автоматизированы частично
С ручным управлением	Все технологические операции управления системой выполняет оператор
Степень соответствия интенсивности водоподачи и водопотребления	
Абсолютно синхронное	Водоподача на протяжении вегетации и суток соответствует водопотреблению сельскохозяйственных растений и их изменяющимся физиологическим потребностям. Требует непрерывного управления и регулирования интенсивности водоподачи, что достигается сложными техническими средствами. Интенсивность водоподачи в жаркие часы суток должна в 1,5...2 раза превышать среднесуточную, что требует увеличения пропускной способности трубопроводной сети

Продолжение

Тип систем	Характеристика и условия применения
Синхронное в суточном цикле	Соответствие водоподачи и водопотребления на протяжении вегетации и в среднем за сутки. Водоподача на протяжении суток осуществляется монотонно со среднесуточной интенсивностью. Пропускная способность сети — минимально возможная
Полусинхронное	Соответствие водоподачи на протяжении вегетации и периодичность полива на протяжении суток с выдачей суточной нормы водопотребления. Требует организации водооборота на системе, а сравнительно высокая интенсивность водоподачи — увеличенной пропускной способности трубопроводной сети
Периодическое	Соответствие водоподачи водопотреблению на протяжении вегетации. Периодичность полива — несколько суток. Требует организации водооборота на системе. Снижены требования к очистке воды
Степень локальности увлажнения	
Локальное увлажнение почвы непосредственно у каждого растения	Полив многолетних насаждений с густотой посадки до 1 тыс. на 1 га
Полосовое локальное увлажнение почвы вдоль ряда растений	Полив многолетних насаждений с густотой посадки свыше 2,6 тыс. на 1 га

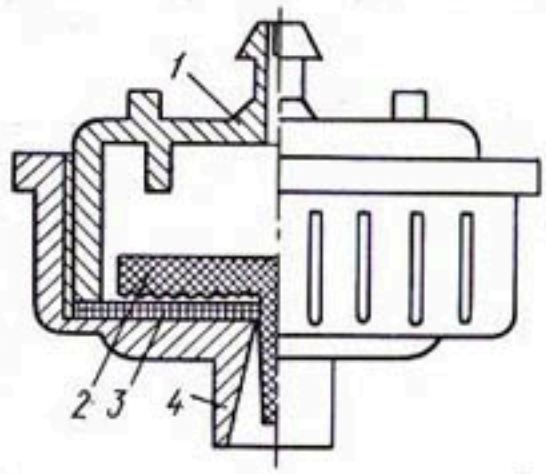
На насосных станциях систем капельного орошения наиболее целесообразно применять низконапорные центробежные насосы и насосы консольного типа. Для предварительной очистки воды насосные станции оборудуют фильтрами грубой очистки и сорозадерживающими устройствами.

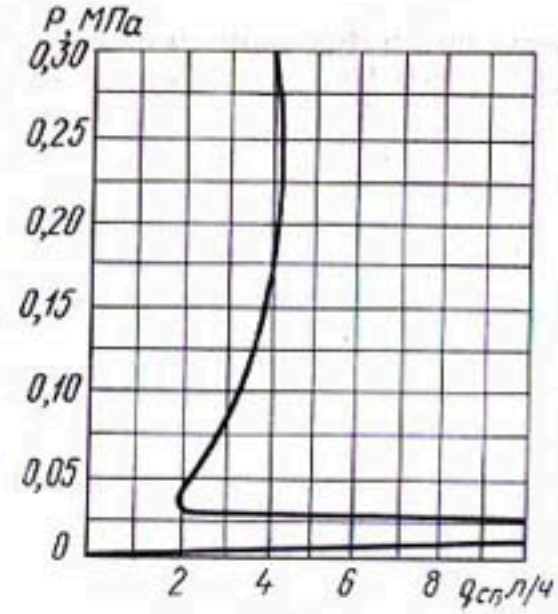
Магистральные и распределительные трубопроводы изготавливают из асбестоцементных труб ВТ6, ВТ12 или из полиэтилена различных марок. Глубина заложения сети — 0,5...0,7 м. В горных условиях с давлением сети более 1,5 МПа подводящая сеть может состоять из тонкостенных металлических труб с антикоррозионной защитой. Расположение оросительных трубопроводов систем капельного орошения может быть наземным и подземным. При подземном оросителе капельные водовыпуски выводятся на поверхность при помощи отводных питателей. Глубина заложения оросительного трубопровода должна быть 0,45...0,55 м. При надземном расположении оросительные трубопроводы размещают вдоль рядов сада и виноградника, крепят к нижнему ряду шпалерной проволоки на высоте 0,5...0,7 м над землей или укладывают непосредственно на поверхности земли в приствольной полосе.

Оросительные трубопроводы изготавливают из первичного саженаполненного полиэтилена высокого и низкого давления. Для изготовления микроводовыпусков используют саженаполненный полиэтилен низкого давления и АВС-пластик, а соединительной арматуры — атмосферостойкий АВС-пластик, а также саженаполненный полиэтилен низкого и высокого давления.

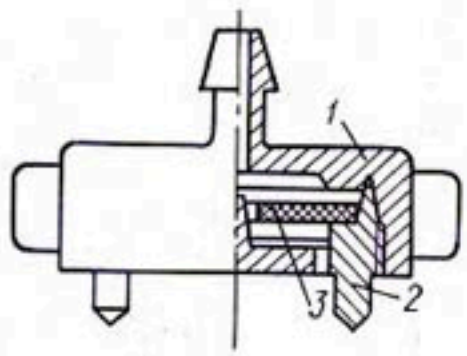
4.1. Техническая характеристика микроводовыпусков (капельниц)

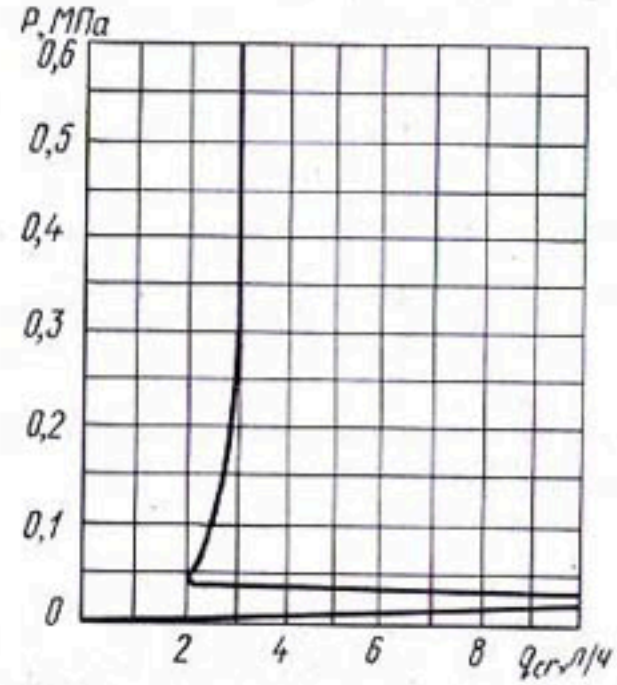
Параметры	«Молдавия-1А»	«Горная»	Ку-1	К-383	«Таврия»
Тип	Саморегулирующаяся				Со сменным жиклером
Техническое решение для гашения напора и стабилизации давления	Дроссель со спиральным каналом и мембранным регулятором	Мембранный регулятор с радиальным каналом	Пластичный диафрагменный клапан-дозатор	Свободно ориентированный мембранный регулятор	Дроссель с игольчатым поплавковым регулятором
Режим работы	Непрерывный				
Расход, л/ч:					
рабочий	4±1	2±0,65	4±1	5,5±1	6; 8; 10
при промывке	До 20	До 40	До 40	До 40	
Давление, МПа:					
рабочее в сети	0,08...0,25	0,03...0,6	0,05...0,6	0,2...0,6	0,04...0,08
при промывке	0,01...0,04	0...0,03	0,03	—	—
Режим промывки			Автоматический	—	—
Допустимое содержание взвешенных насосов в поливной воде, мг/л	50	100	80	100	—
Расположение на оросительной сети	Наземное				
Материал конструктивных элементов	Термопластичный полимер, резина	Стабилизированный полиэтилен, резина	Термопластичный полимер, резина	Термопластичный полимер, резина	Светостабилизированный ПЕ, пенопласт
Масса, кг	0,01	0,01	0,025	0,01	0,04
Условия эксплуатации	—	Перепад высот до 60 м			—



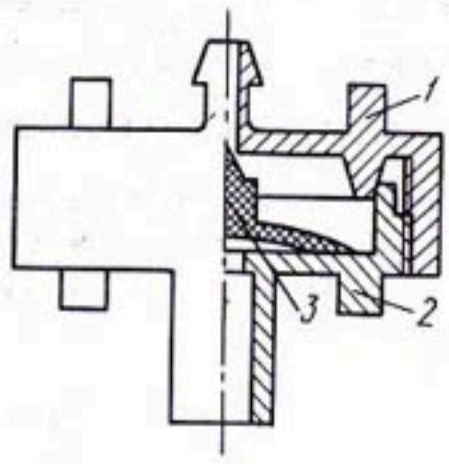


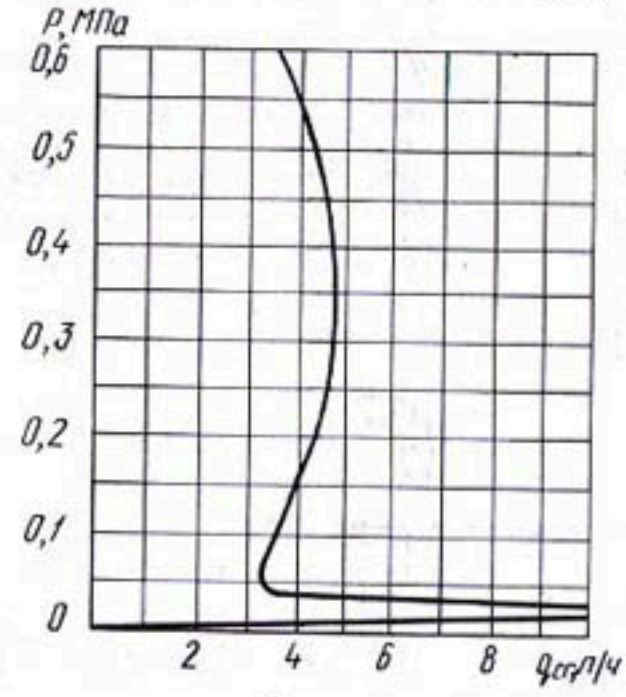
а





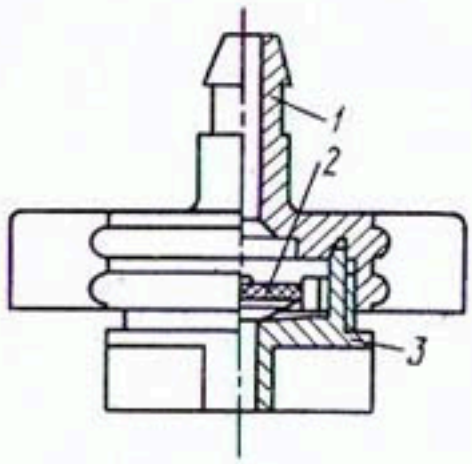
б



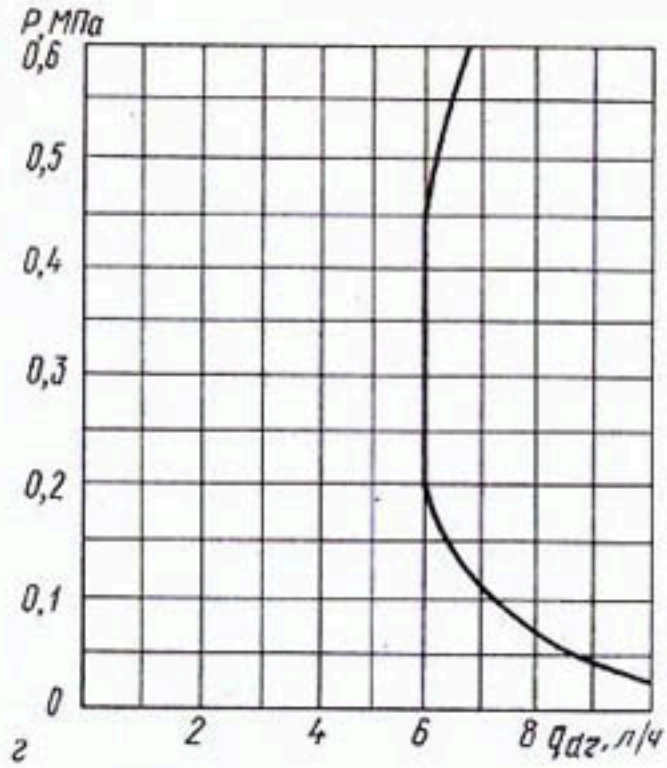


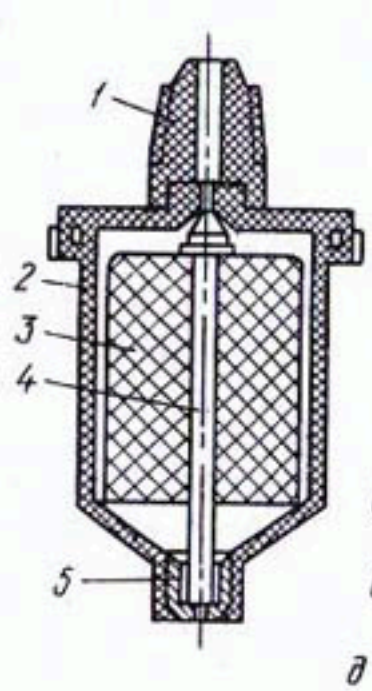
в

Рис. 4.2. Конструктивные схемы и расходно-напорные характеристики капельниц: *а* — «Молдавия-1А»: *1* — корпус; *2* — дроссель; *3* — шайба-прокладка; *4* — крышка с выходным отверстием; *б* — «Горная»: *1* — корпус; *2* — крышка; *3* — мембрана; *в* — КУ-1: *1* — корпус; *2* — крышка; *3* — диафрагма резиновая;



г





д

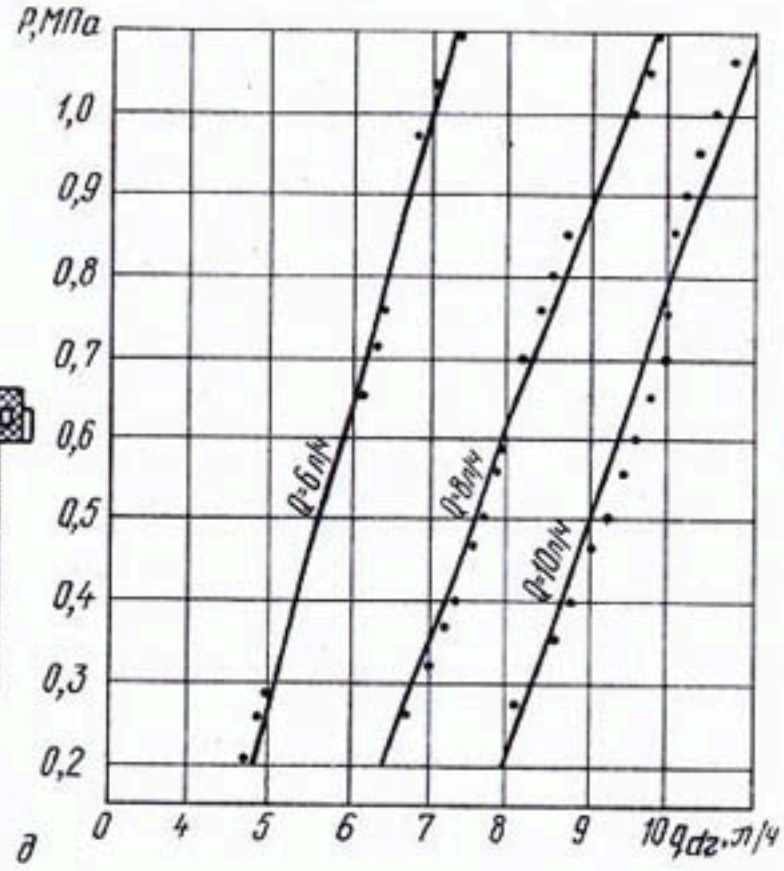


Рис. 4.2. *Продолжение*

г — К-383: *1* — корпус; *2* — мембрана; *3* — крышка; *д* — «Таврия»: *1* — крышка; *2* — корпус; *3* — поплавок; *4* — игла; *5* — жиклер нижний

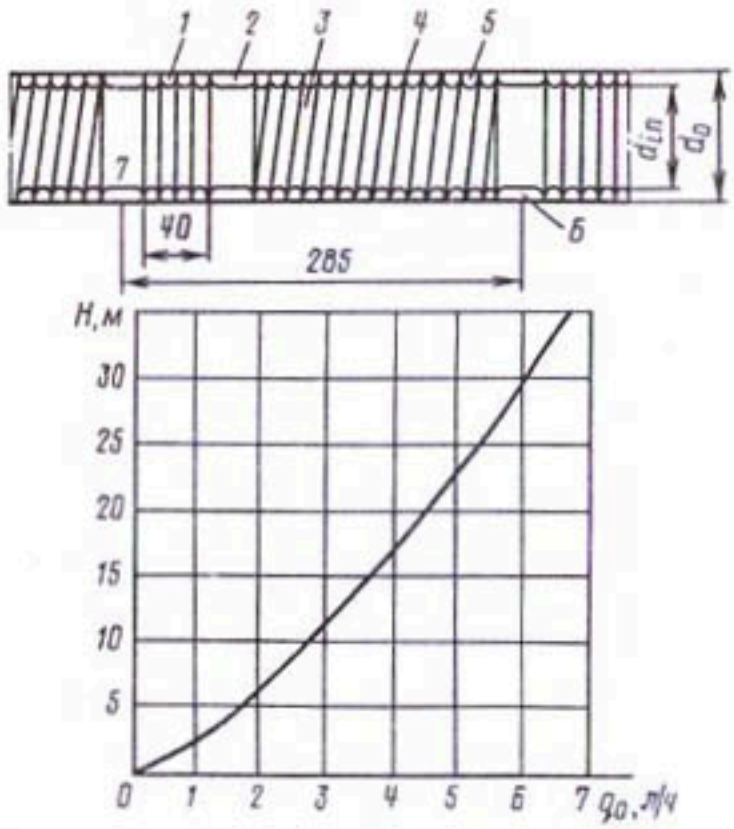


Рис. 4.3. Поливной трубопровод «Аква-Дроп» (*а*) и его расходно-напорная характеристика (*б*):

1 — полость кольцевая замкнутая; *2* — гофры кольцевые; *3* — гофрированный трубопровод; *4* — труба гладкая; *5* — спиральный канал; *6* — капельный водовыпуск

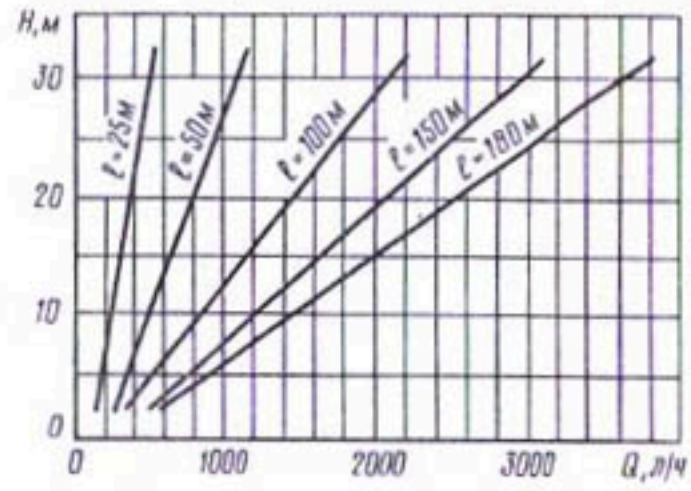


Рис. 4.4. График для определения водоподачи трубопровода «Аква-Дроп» в зависимости от длины и напора в номинальном сечении

Наиболее важным элементом систем капельного орошения, от которого зависит качество и надежность технологического процесса, являются микроводовыпуски (капельницы), устанавливаемые на поливном трубопроводе и обеспечивающие подачу воды непосредственно к корневой системе растений.

Все типы капельниц имеют устройство для гашения напора в сети и один или несколько водовыпусков. Капельницы последних поколений оборудованы также устройствами для стабилизации расхода при переменном давлении в сети и самоочистки водопроводящих микроканалов от взвешенных наносов.

Техническая характеристика капельниц приведена в таблице 4.1, а их конструктивные схемы и расходно-напорные характеристики — на рисунке 4.2.

Вместо поливного трубопровода с капельницами можно использовать пористые увлажнители с порами размером 50...100 мк и двуслойные перфорированные трубопроводы типа «Аква-Дроп» с винтообразными дросселирующими каналами, представляющие собой двуслойную полиэтиленовую трубу (рис. 4.3). Внутренняя гофрированная труба *3* покрыта наружной гладкостенной. На гофрированной трубе спиральные гофры длиной 22 см чередуются с кольцевыми длиной 4 см. Спиральные и кольцевые гофры разделены гладкостенными участками длиной 1,5 см. Гребни гофров и внутренняя поверхность гладкой трубы образуют спиральные каналы-водовыпуски *5* с замкнутыми кольцевыми полостями *1*, разделяющими поливной трубопровод на секции. Микроводовыпуски *6* в стенке наружной трубы расположены в начале

каждой спиральной секции; расстояние между ними — 28,5 см. Площадь поперечного сечения водовыпуска — 2 мм^2; наружный диаметр трубопровода $d_0 = 24{,}8$ мм; внутренний $d_{in} = 20$ мм.

График для определения водоподачи трубопроводов «Аква-Дроп» приведен на рисунке 4.4.

4.1.2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМЫ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

Длину и диаметр трубопроводов определяют гидравлическим расчетом в зависимости от уклона, удельного расхода воды в трубопроводе и расстояния между точками раздачи.

Удельные потери давления в участковых и оросительных трубопроводах можно определять по графикам, представленным на рисунке 4.5.

Для расчета участка трубопровода длиной l_{dr} со скоростью течения

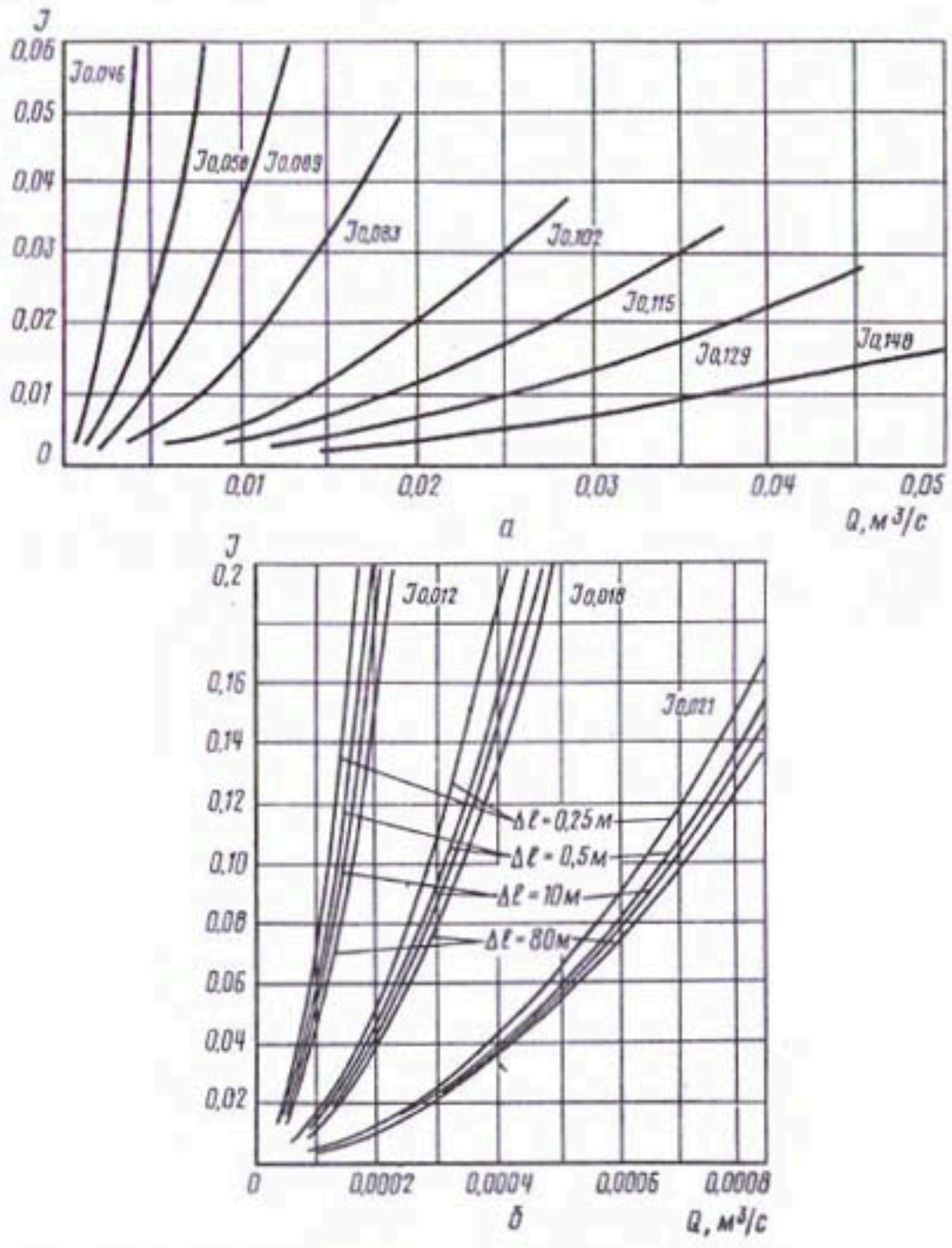


Рис. 4.5. Графики для определения удельных потерь давления в трубопроводах:
а — участковых; *б* — поливных; Δl — расстояние между капельницами

воды в концевом сечении, не равной нулю, потери напора (м) определяют по формуле

$$h_p = \gamma g l_{tr}\ i_{pz}\,[1 - (v_{end}/v_0)^3], \qquad (4.1)$$

где γ — плотность воды, г/см^3; g — ускорение свободного падения, м/с^2; l_{tr} — длина трубопровода, м; i_{pz} — удельные потери (пьезометрический уклон); v_0, v_{end} — скорость потока в головном и концевом сечениях, м/с.

В случае применения телескопического трубопровода потери давления определяют отдельно для каждого участка и затем суммируют.

Удельную подачу воды вычисляют по формуле

$$q_{sp} = q_{dr}/d_{dr}, \qquad (4.2)$$

где q_{sp} — удельный расход, л/с на 100 м; q_{dr} — расход микроводовыпуска, л/с; d_{dr} — расстояние между водовыпусками, м.

Параметры трубопровода выбирают из условия $h_p \leqslant h_{p_{adm}}$,

где $h_{p_{adm}}$ — допустимые потери давления в трубопроводе.

Задаваемые при расчете допустимые потери давления определяют в соответствии с микрорельефом местности по трассе трубопровода, рабочим диапазоном давления микроводовыпуска, условиями прочности и экономичности и т. д.

При гидравлических расчетах и подборе элементов сети систем капельного орошения можно пользоваться таблицами 4.2 и 4.3.

4.2. Удельные потери давления h_{sp} в оросительных трубопроводах систем капельного орошения

Скорость потока на входе v_0, м/с	Расход воды Q_0, м^3/с	Расстояние между капельницами a, м					
		0,25	0,5	1	2	4	8
Наружный диаметр d_0=0,016 м, внутренний диаметр d_{in}=0,012 м							
0,3	0,000034	0,0096	0,0081	0,0073	0,0069	0,0067	0,0065
0,5	0,000056	0,0248	0,0205	0,0184	0,0173	0,0168	0,0162
0,7	0,000079	0,0462	0,038	0,0338	0,0317	0,0306	0,0296
0,9	0,000101	0,0786	0,06	0,0531	0,0496	0,048	0,0462
1,1	0,000124	0,107	0,0865	0,0763	0,0712	0,0686	0,0661
1,3	0,000147	0,146	0,0121	0,103	0,0958	0,0923	0,0887
1,5	0,00017	0,191	0,153	0,134	0,1245	0,12	0,115
2	0,000226	0,327	0,258	0,225	0,208	0,2	0,191
2,5	0,000283	0,487	0,384	0,332	0,306	0,292	0,28
Наружный диаметр d_0=0,02 м, внутренний d_{in}=0,016 м							
0,3	0,000060	0,0057	0,0052	0,0049	0,0047	0,0467	0,0046
0,5	0,000100	0,0148	0,0132	0,0124	0,012	0,0118	0,0116
0,7	0,000141	0,0266	0,0235	0,022	0,0212	0,0208	0,0204
0,9	0,000181	0,0428	0,0376	0,0351	0,0338	0,0332	0,0325
1,1	0,000221	0,0618	0,0541	0,0502	0,0483	0,0474	0,0464
1,3	0,000261	0,0841	0,0731	0,0678	0,0651	0,0637	0,0624
1,5	0,000301	0,109	0,0948	0,0876	0,084	0,0823	0,0805
2	0,000402	0,185	0,159	0,147	0,14	0,137	0,134
2,5	0,000503	0,279	0,239	0,219	0,209	0,204	0,199

Продолжение

Скорость потока на входе v_0, м/с	Расход воды Q_0, м³/с	Расстояние между капельницами a, м					
		0,28	0,5	1	2	4	8
Наружный диаметр d_0=0,025 м, внутренний d_{in}=0,021 м							
0,3	0,0001	0,0038	0,0035	0,0034	0,0034	0,0033	0,0033
0,5	0,00017	0,0094	0,0088	0,0085	0,0084	0,0083	0,0082
0,7	0,00024	0,0173	0,0161	0,0155	0,0152	0,0150	0,0149
0,9	0,00031	0,0274	0,0254	0,0243	0,0238	0,0234	0,0233
1,1	0,00038	0,0394	0,0364	0,0348	0,0348	0,0337	0,0333
1,3	0,00045	0,0533	0,049	0,0468	0,0458	0,0452	0,0447
1,5	0,00052	0,0688	0,0631	0,0603	0,0589	0,0582	0,0575
2	0,00069	0,116	0,106	0,101	0,0984	0,0971	0,0959
2,5	0,00086	0,174	0,159	0,151	0,147	0,145	0,143

4.3. Удельные потери давления (пьезометрический уклон) i_{pz} **в участковых трубопроводах различного диаметра**

v_0, м/с	d_0 = 0,05 м; d_{in} = 0,046 м		d_0=0,063 м; d_{in} = 0,058 м		d_0 = 0,075 м; d_{in} = 0,089 м		d_0 = 0,09 м; d_{in} = 0,083 м	
	q_0, м³/с	i_{pz}	q_0, м³/с	i_{pz}	q_0, м³/с	i_{pz}	q_0, м³/с	i_{pz}
0,3	0,0005	0,00127	0,0008	0,00096	0,00112	0,00077	0,00162	0,00062
0,5	0,00083	0,00314	0,00132	0,00236	0,00187	0,00191	0,00271	0,00152
0,7	0,00116	0,00571	0,00185	0,00429	0,00262	0,00347	0,00379	0,00277
0,9	0,00149	0,00891	0,00238	0,00671	0,00336	0,00542	0,00487	0,00432
1,1	0,00183	0,00127	0,00291	0,00957	0,00411	0,00774	0,00595	0,00617
1,3	0,00216	0,0171	0,00343	0,0129	0,00486	0,0104	0,00703	0,00839
1,5	0,0025	0,0221	0,00396	0,0165	0,00561	0,0134	0,00812	0,0107
2	0,00332	0,0367	0,00588	0,0275	0,00748	0,0224	0,0108	0,0178
2,5	0,00415	0,0546	0,0066	0,0411	0,00935	0,0332	0,0135	0,0265
3	0,005	0,0754	0,00793	0,0568	0,0112	0,0459	0,0162	0,0366
	d_0=0,11 м; d_{in}=0,102 м		d_0=0,125 м; d_{in}=0,115 м		d_0=0,14 м; d_{in}=0,129 м		d_0=0,16 м; d_{in}= 0,148 м	
0,3	0,00245	0,00048	0,00312	0,00041	0,00392	0,00036	0,00516	0,0003
0,5	0,00409	0,00118	0,00519	0,00102	0,00653	0,00089	0,0036	0,00075
0,7	0,00572	0,00215	0,00727	0,00186	0,00915	0,00161	0,012	0,00136
0,9	0,00735	0,00336	0,00935	0,00290	0,0118	0,00252	0,0155	0,00213
1,1	0,00899	0,00479	0,0114	0,00414	0,0144	0,00359	0,0189	0,00304
1,3	0,0106	0,00644	0,0135	0,00556	0,017	0,00483	0,0224	0,00408
1,5	0,0123	0,00831	0,0156	0,00717	0,0196	0,00623	0,0258	0,00526
2	0,0163	0,0138	0,0208	0,012	0,0261	0,0104	0,0344	0,0087
2,5	0,0204	0,0206	0,026	0,0178	0,0327	0,0154	0,043	0,0136
3	0,0245	0,0284	0,0312	0,0245	0,0392	0,0213	0,0516	0,018

Примечание: d_0, d_{in} — наружный и внутренний диаметры; q_0, v_0 — расход и скорость воды в голове трубопровода.

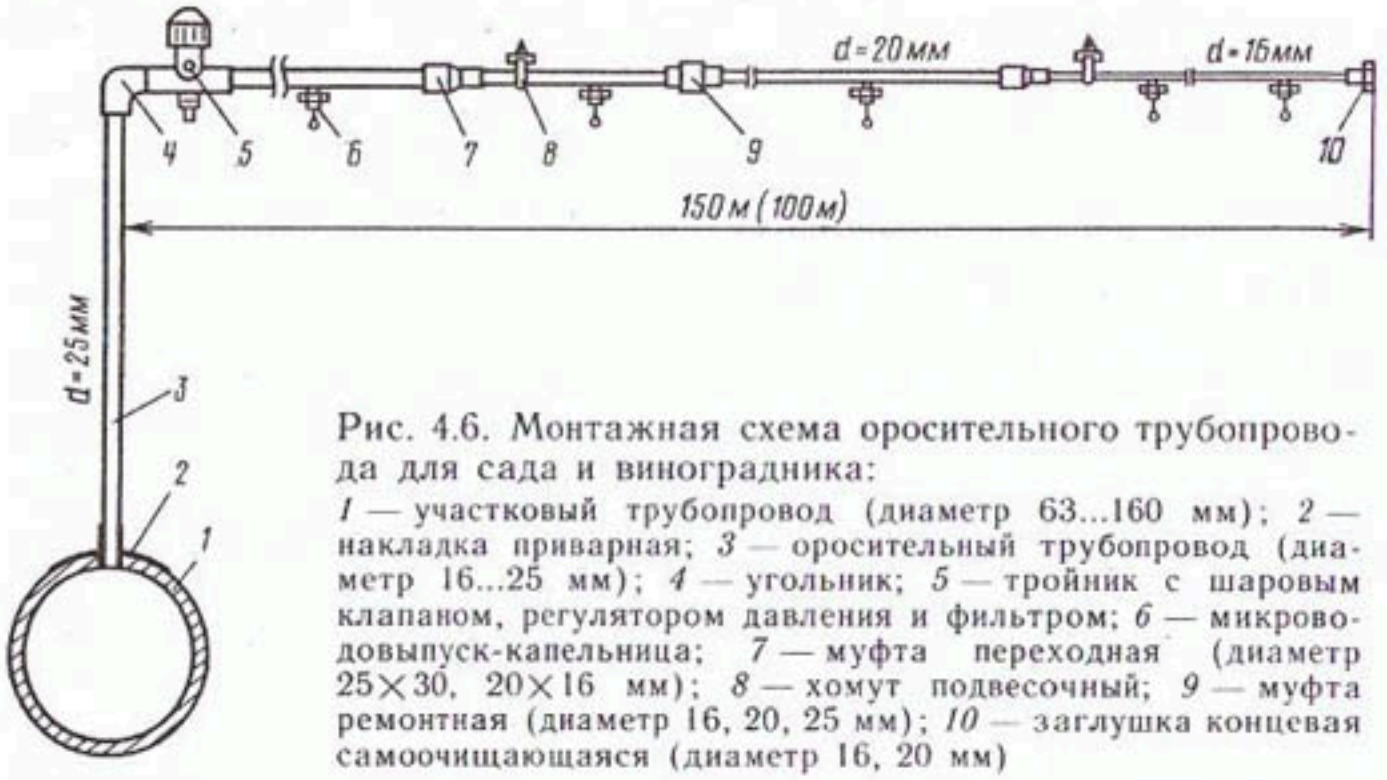


Рис. 4.6. Монтажная схема оросительного трубопровода для сада и виноградника:
1 — участковый трубопровод (диаметр 63...160 мм); *2* — накладка приварная; *3* — оросительный трубопровод (диаметр 16...25 мм); *4* — угольник; *5* — тройник с шаровым клапаном, регулятором давления и фильтром; *6* — микроводовыпуск-капельница; *7* — муфта переходная (диаметр 25×30, 20×16 мм); *8* — хомут подвесочный; *9* — муфта ремонтная (диаметр 16, 20, 25 мм); *10* — заглушка концевая самоочищающаяся (диаметр 16, 20 мм)

Расположение трубопроводной сети в плане зависит от конфигурации участка, рельефа местности и вида культур. Оросительную сеть проектируют тупиковой. Для магистральных распределительных, участковых и оросительных трубопроводов используют полиэтиленовые трубы. Размещение оросительной сети, как правило, надземное — на поверхности почвы или на шпалерной проволоке, магистрально-распределительной и участковой сети — подземное. Расстояние между оросительными трубопроводами зависит от ширины междурядий и составляет для пропашных культур 0,7...0,9 м, для винограда 2,5...3,5 м, для плодовых и ягодных насаждений 4...8 м.

Монтажная схема оросительного трубопровода для сада и виноградника приведена на рисунке 4.6.

Номенклатура элементов сети и соединительно-запорной арматуры для систем капельного орошения приведена в Каталоге типовых комплектов полимерных изделий для систем капельного орошения (В/О «Союзводпроект»).

4.1.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

При проектировании и строительстве систем капельного орошения используют типовые модульные блоки площадью 10...12 га для виноградников и 9...12 га — для садов.

Краткая характеристика модульных участков капельного орошения садов и виноградников с различными микроводовыпусками для уклонов местности до 0,3 приведена в таблице 4.4, а схемы модульных участков — на рисунке 4.8.

Управление подачей воды на модуль проводится дистанционно при воздействии на запорный орган, устанавливаемый в голове участкового трубопровода. Модульная схема водораспределения позволяет локализировать отдельные поврежденные участки системы, не прекращая полив на остальной части. Такая схема водораспределения обеспечивает рассредоточение поливного тока и снижение материалоемкости сети.

4.4. Типовые модульные участки, разработанные для различных типов капельниц в зависимости от уклона

Уклон	Сад					Виноградник		
	площадь модульного участка, га	размер модульного участка, м²	площадь одновременного полива, га	площадь, подвешенная к участковому трубопроводу, га	площадь модульного участка, га	размер модульного участка, м	площадь одновременного полива, га	площадь, подвешенная к участковому трубопроводу, га
Капельница «Молдавия-1А»								
0,5	9	300×300	9	9	10	500×200	10	10
0,5...1	12	400×300	3	3	12	400×300	3	3
0,1...0,2	12	400×300	4	2	12	400×300	4	2
0,2...0,3	12	400×300	4	1	12	400×300	4	1
Капельница «Таврия»								
0,02	12,1	248×520	3	1,5	12,5	250×552	2,5	1,25
	12,3	250×520	3	1,5	12,5	250×552	2,5	1,25
	12,5	252×520	3	1,5	—		—	—

Для небольших площадей и при незначительном числе одновременно работающих участков орошения (до 50 га) в качестве исполнительных устройств используют задвижку с электроприводом. Применяют также электрогидравлические клапаны КЭГ-Д-16/8 и КЭГ-И-16/8. Для передачи команд управления и питания электрогидравлических клапанов предназначен контрольный небронированный кабель с алюминиевыми жилами.

Автоматическое управление капельным орошением осуществляют, используя программное устройство.

Программное устройство должно обеспечивать:

поочередный или одновременный полив от одного до шести модулей с продолжительностью 1...24 ч;

автоматический пуск и остановку насосных агрегатов или открытие—закрытие магистральной задвижки в запрограммированном режиме;

дистанционное управление поливом по командам с пульта управления;

сигнализацию о неисправности программного устройства;

аварийную автоматическую остановку насосных агрегатов или перекрытие магистральной задвижки;

сигнализацию, указывающую участки, на которых проводят полив;

сигнализацию о завершении программы полива.

Схема электрогидравлического дистанционного управления работой системы капельного орошения показана на рисунке 4.7.

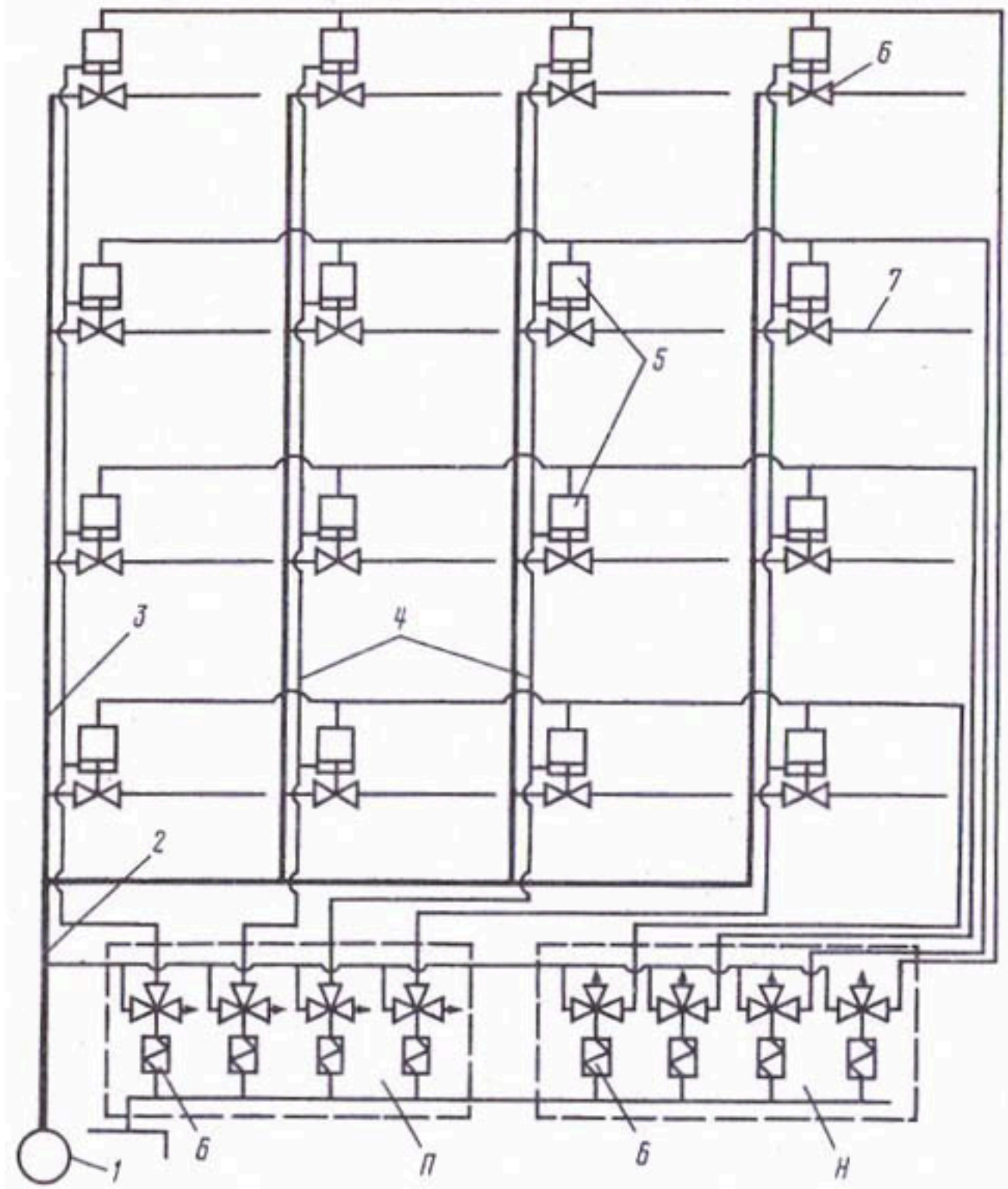


Рис. 4.7. Матричная схема дистанционного управления гидроприводными задвижками:
1 — насосный агрегат; *2*, *3* — магистральный и распределительный трубопроводы; *4*, *7* — трубки управляющие; *5* — задвижка с гидроприводом; *6* — клапан электромагнитный; П, Н — две группы клапанов

В комплект оборудования для дистанционного управления водораспределением на системе капельного орошения входят задвижки с электроприводом ($D_n = 50...300$ мм), управляющие трубки ($D_n = 20$ мм), электромагнитные двухходовые клапаны ($D = 10$ мм), шкаф управления с 8 двухходовыми электромагнитными клапанами, до 16 управляемых задвижек.

Матричная схема управления предусматривает размещение управляющих трубок вдоль и поперек распределительных трубопроводов с перекрещиванием в местах установки гидроуправляемых задвижек; подпоршневые полости гидроприводов задвижек *5*, расположенных вдоль каждого распределительного трубопровода, соединены между

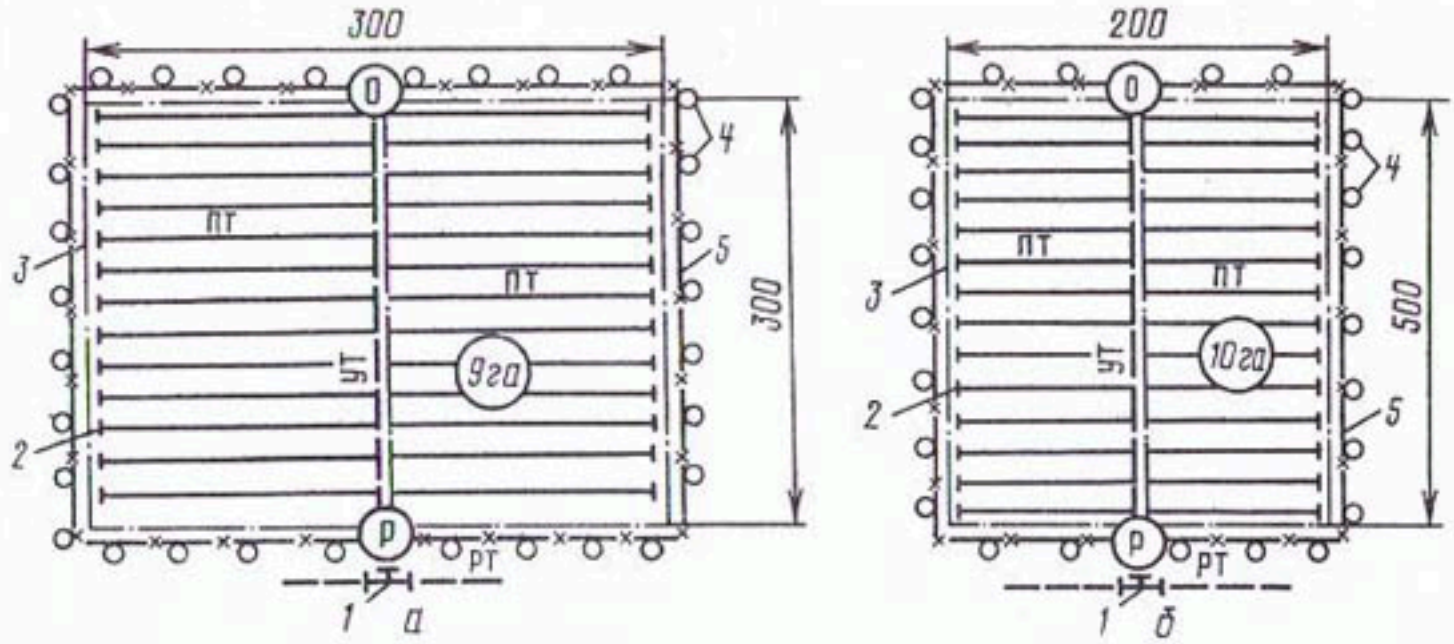


Рис. 4.8. Модульные участки капельного орошения для уклонов не более 0,05: *а* — сад; *б* — виноградник; РТ — распределительный трубопровод; УТ — участковый трубопровод; ПТ — поливной трубопровод с микроводовыпусками; Р — распределительный колодец; О — сбросной колодец; *1* — тройник; *2* — концевая заглушка на поливном трубопроводе; *3* — дорога; *4* — лесополоса; *5* — граница модульного участка

собой управляющей трубкой *4, 7*; у каждой задвижки установлен электромагнитный двухходовой клапан *3*. Надпоршневые полости всех задвижек каждого распределительного трубопровода соединены отдельной управляющей трубкой *7*.

Двухходовые электромагнитные клапаны устанавливают на пульте управления по одному на каждую управляющую трубку и соединяют ее или с водой под давлением, или с атмосферой.

Электромагнитные клапаны, соединенные с подпоршневыми полостями задвижек, объединяются в группу П, а соединенные с надпоршневыми полостями — в группу Н. В обесточенном состоянии клапанов группы Н вода под давлением поступает в надпоршневые полости всех задвижек системы. Клапаны группы П в обесточенном состоянии соединяют полости всех задвижек с атмосферой.

Система управления обеспечивает включение и выключение любой задвижки или их групп, расположенных вдоль одной управляющей трубки.

Можно использовать также систему электрогидроуправления водораспределением с применением электрореле.

4.1.4. ЭЛЕМЕНТЫ ТЕХНОЛОГИИ КАПЕЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ

К элементам технологии капельного орошения относят: очаг увлажнения, увлажненную площадь поверхности почвы, контур увлажнения, расход капельного микроводовыпуска, число и схему расположения точек водоподачи в очаге увлажнения, равномерность распределения оросительной воды по микроводовыпускам, схему расположения микроводовыпусков на орошаемой площади.

Характерные контуры увлажнения для тяжелой и легкой почв показаны на рисунке 4.9.

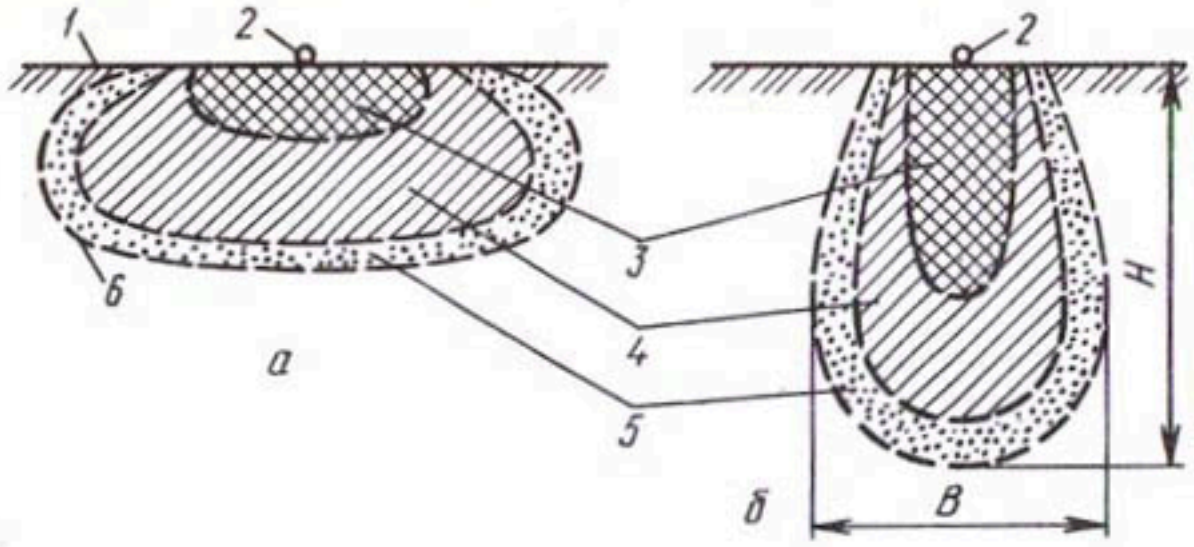


Рис. 4.9. Характерные контуры увлажнения почвы при капельном орошении:
а — на тяжелых по механическому составу почвах; *б* — на легких по механическому составу почвах; *1* — поверхность почвы; *2* — капельный микроводовыпуск; *3, 4, 5* — зоны переувлаженной, нормально увлажненной и частично увлажненной почвы; *6* — контуры зон увлажнения

Расчетная зона увлажнения для фруктовых деревьев и плодовых кустарников определяется горизонтальной проекцией основной массы кроны и составляет 0,5...0,7 ширины междурядий.

Расчетный слой увлажнения принимают в соответствии с агробиологическими показателями сельскохозяйственных культур и водно-физическими свойствами почвы в зависимости от расхода микроводовыпусков и продолжительности полива.

Поливную норму m_{nl} при капельном орошении рассчитывают по формуле

$$m_{nl} = 100 d_w \alpha a_{hn} (FC - \lambda FC), \tag{4.3}$$

где d_w — глубина расчетного слоя почвы, м; α — объемная масса почвы, т/м^3; a_{hn} — доля площади питания растений, подлежащая увлажнению (для лесостепи $0{,}2 > a_{hn} > 0{,}15$; для северной степи $0{,}3 > a_{hn} > 0{,}2$; для южной степи $0{,}5 > a_{hn} > 0{,}3$; для аридной зоны $a_{hn} = 1$); FC — наименьшая влагоемкость, % массы абсолютно сухой почвы; λ — коэффициент предполивной влажности почвы, соответствующий нижней границе оптимального увлажнения, в долях единицы; a_{hn} можно также определить по формуле

$$a_{hn} = (n a_{h1})/(b_1 b_2), \tag{4.4}$$

где n — число микроводовыпусков под одним растением; a_{h1} — площадь увлажнения одним микроводовыпуском, м^2; b_1 — расстояние между деревьями в ряду, м; b_2 — расстояние между рядами деревьев, м.

Продолжительность полива при отсутствии фильтрационных потерь в нижележащие горизонты определяют в зависимости от расчетной глубины увлажнения, скорости впитывания почвы.

Поливы целесообразно проводить нормой, соответствующей количеству воды, израсходованной полем в предшествующие сутки, то есть поливная норма (мм)

$$m = ET_{crop} k_{bio} k_{rat} \Delta t, \tag{4.5}$$

где ET_{crop} — суточная эвапотранспирация, мм; k_{bio} — биологический коэффициент, учитывающий роль растений в расходовании воды; k_{rat} — отношение увлажнен-

ной площади к общей площади участка капельного орошения; Δt — межполивной период, сут.

Режим капельного орошения рассчитывают по году 95 %-ной обеспеченности дефицита водопотребления для наиболее напряженного года в температурном отношении.

Суммарное водопотребление ($м^3$/га) может быть вычислено по формуле (4.6) с учетом технологии несплошного (локального) увлажнения площади поля

$$\sum_{1}^{i} ET_{crop} = k_{al} k \sum_{1}^{i} d_{ha}, \tag{4.6}$$

где k_{al} — коэффициент, учитывающий локальную площадь увлажнения, определяемый по зависимости

$$k_{al} = \frac{1}{\sqrt{1 + (1 - f)^2}}, \tag{4.7}$$

где f — показатель относительной увлажненности участка орошения; k — коэффициент пропорциональности, учитывающий биологические фазы развития растений и их особенности;

$\sum_{1}^{i} d_{ha}$ — сумма дефицитов влажности воздуха за расчетный период наиболее напряженного в температурном отношении года.

4.1.5. ОЧИСТКА ПОЛИВНОЙ ВОДЫ

Технология и технические средства очистки воды зависят от расчетного расхода, конструкции микроводовыпусков и принципа их работы, а также от ее физико-химических и гидробиологических свойств.

Выбор очистных сооружений в каждом отдельном случае проводят на основе технико-экономических расчетов сравнением различных вариантов по СНиП П-31—74 (Водоснабжение. Наружные сети и сооружения).

Для грубой очистки воды используют земляные или бетонные отстойники. Если необходима дополнительная очистка, то предусматривают гидроциклоны, песчано-гравийные, щебеночные, пенополистирольные и другие фильтры.

Сетчатые фильтры применяют для удаления из воды частиц песка и крупных частиц ила, микрофильтры и барабанные сетки — для удаления мелко- и грубодисперсных частиц взвеси, зернистые фильтры — для удаления мелко- и грубодисперсных частиц взвеси минерального и органического происхождения, а также для обезжелезивания воды.

Характеристика очистных сооружений в зависимости от расхода системы и качества поливной воды дана в таблице 4.5 (см. с. 268).

4.1.6. ВНЕСЕНИЕ УДОБРЕНИЙ С ПОЛИВНОЙ ВОДОЙ

Удобрительный полив с помощью капельного орошения позволяет осуществлять локальное внесение удобрений в корнеобитаемую зону растений.

4.5. Технические характеристики водоочистных устройств систем капельного орошения

Наименование	Основные размеры диаметр / высота, мм	Производительность, мм	Потери напора за время работы, МПа	Эффективность очистки по загрязнениям, содержащимся в оросительной воде				
				взвешенные вещества			фитопланктон	
				допустимая концентрация, мг/л	крупность частиц взвеси, мм	эффект очистки, %	концентрация, млн клеток/л	эффект очистки, %
Фильтры напорные сетчатые самопромывающиеся (ФНСС)	200...300 / 600...2000	10...50	0,03...0,05	50	0,7	10...25	0,5...10	30...50
Гидроциклоны	50...250 / 100...400	3...53	0,1...0,25	4000	0,1...1	80...95	—	—
Фильтры крупнозернистые с пенополистирольной загрузкой (ФПЗ)	1600...3400 / 4000...5000	33...150	0,02...0,1	500	0,01...1	50...70	0,5...15	30...50
Комбинированная установка с плавающим фильтрующим слоем «Компакт-2»	1200 / 2000	33,7	0,1	250	0,01...3	50...70	0,5...15	30

Примечание. При наличии в воде высокоустойчивой мелкодисперсной взвеси, трудно поддающейся безреагентной очистке, или с целью повышения нагрузки по взвешенным веществам на 20...40 %, следует предусматривать обработку загрузки фильтров растворами реагентов с концентрацией 0,00005...0,2 %, вводя их в очищаемую воду перед фильтрами в течение 0,2...4 ч.

Для подачи удобрений в оросительную сеть устанавливают стационарный подкормщик для удобрений. Концентрированные (маточные) растворы удобрений готовят заранее. Концентрированный раствор удобрений в систему подают двумя способами: эжекционным (в системе в месте подключения подкормщика создают перепад давления) и при впрыскивании (инжектировании) удобрений в систему насосом-дозатором.

Годовые нормы (кг/га) минеральных удобрений вычисляют по формуле

$$FR = 100 N_l Y_{add} / k_{nus}, \qquad (4.8)$$

где N_l — вынос питательных веществ на тонну урожая, кг; Y_{add} — дополнительный урожай, т; k_{nus} — коэффициент использования питательных веществ, %.

Схема установки для внесения удобрений представлена на рисунке 4.10.

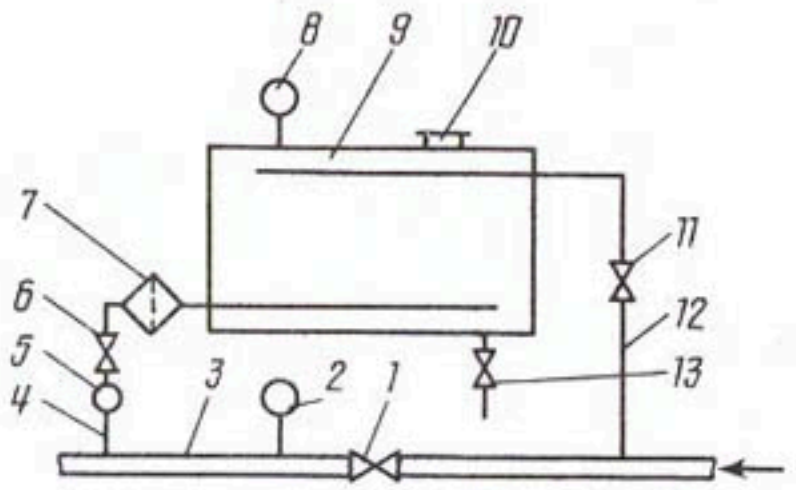


Рис. 4.10. Установка для внесения удобрений:
1 — кран; *2, 8* — манометры; *3* — участковый трубопровод; *4* — выпускная труба; *5* — жиклер; *6, 11* — кран; *7* — фильтр; *9* — сосуд емкостью 600 л; *10* — заливное отверстие; *12* — заборная труба; *13* — сливной кран

Расход (л/с) маточного раствора удобрений рассчитывают по формуле

$$q_{ml} = \frac{fR_f a}{3{,}6 C_{ml} k t_{ir}}, \qquad (4.9)$$

где fR_f — рекомендуемая норма внесения жидкого удобрения, кг/га; a — площадь одновременно поливаемого участка, га; C_{ml} — концентрация маточного раствора, г/л; k — коэффициент, выражающий зависимость между временем окончания подачи маточного раствора и окончания полива; с учетом промывки сети принимают равным 0,8; t_{ir} — продолжительность полива, ч.

При применении удобрений необходимо иметь в виду возможность химического взаимодействия компонентов удобрений с некоторыми ингредиентами оросительной воды. Например, внесение фосфорных удобрений в природную воду с повышенной жесткостью может привести к выпадению осадка в трубе.

4.2. ВНУТРИПОЧВЕННОЕ ОРОШЕНИЕ

При внутрипочвенном орошении (ВПО) вода поступает в корнеобитаемый слой почвы из расположенных на глубине 0,4...0,6 м увлажнителей; поверхность почвы практически не смачивается, а пахотный слой увлажняется при капиллярном распределении воды. При ВПО обеспечивается хорошая аэрация почвенного слоя и в течение всего вегетационного периода поддерживается равномерное увлажнение почвы.

ВПО можно применять в различных зонах страны, и особенно там, где не хватает воды (степные и полупустынные районы), а также для утилизации животноводческих и хозяйственно-бытовых стоков на землях, прилегающих к крупным комплексам, поселкам, не подключенным к централизованной канализационной сети, при выращивании продукции в закрытом грунте как отдельно, так и совместно с другими системами для комплексного регулирования увлажнения и создания микроклимата.

ВПО позволяет использовать на орошение стоки, богатые питательными веществами, без опасности загрязнения выращиваемой продукции, почвы и воздуха болезнетворными микроорганизмами, гельминтами и др. При ВПО повышается эффективность использования оро-

сительной воды за счет отсутствия испарения с поверхности почвы, достигается высокая равномерность ее увлажнения, увеличивается коэффициент использования земли, снижаются затраты труда на полив за счет простейшей автоматизации, улучшаются условия эксплуатации сельскохозяйственной техники на орошаемых участках.

4.2.1. СИСТЕМЫ ВПО

Система ВПО включает водозаборное сооружение, насосную станцию, оросительную, увлажнительную и водоотводящую аэрационную сети с соответствующими сооружениями и арматурой на них (рис. 4.11, 4.12). Некоторые требования к элементам систем ВПО и их разновидности приведены на с. 272.

Особенности систем ВПО определяются в основном конструкцией увлажнителей и материалом, из которого они изготовлены. Технологические схемы систем ВПО с различными типами увлажнителей приведены в таблице 4.6.

Проектирование систем основано на модульном принципе; размер типового поливного блока составляет 2...5 га для модульных участков площадью до 100 га.

Водоподводящая сеть состоит из магистрального, распределительных и оросительных трубопроводов, питающих увлажнители.

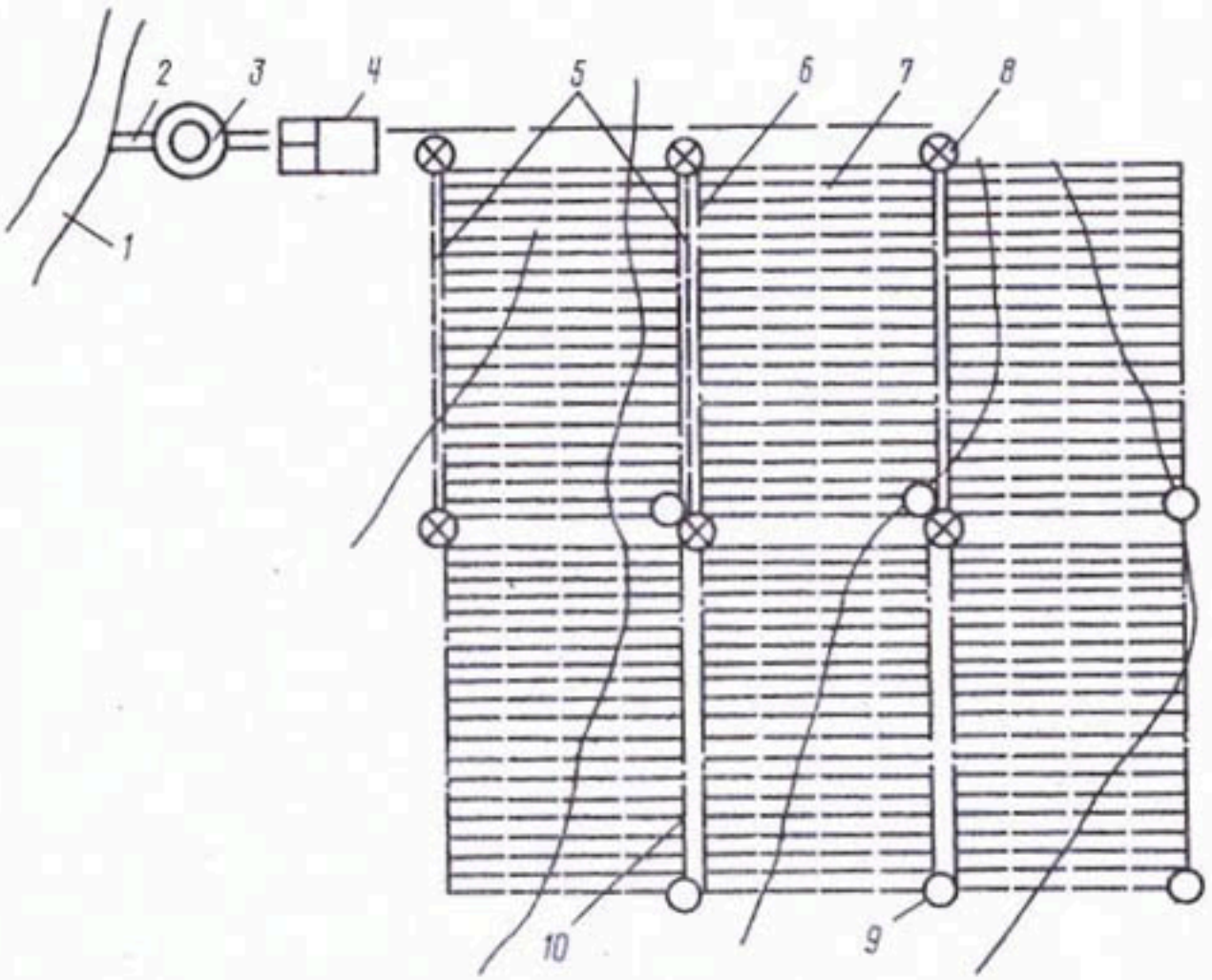


Рис. 4.11. Схема системы ВПО:
1 — источник орошения; *2* — магистральный трубопровод; *3* — насосная станция; *4* — очистные сооружения; *5, 6, 7* — распределительные, оросительные и увлажнительные трубопроводы; *8, 9* — колодцы переключения и смотровой; *10* — водоотводный аэрационный трубопровод.

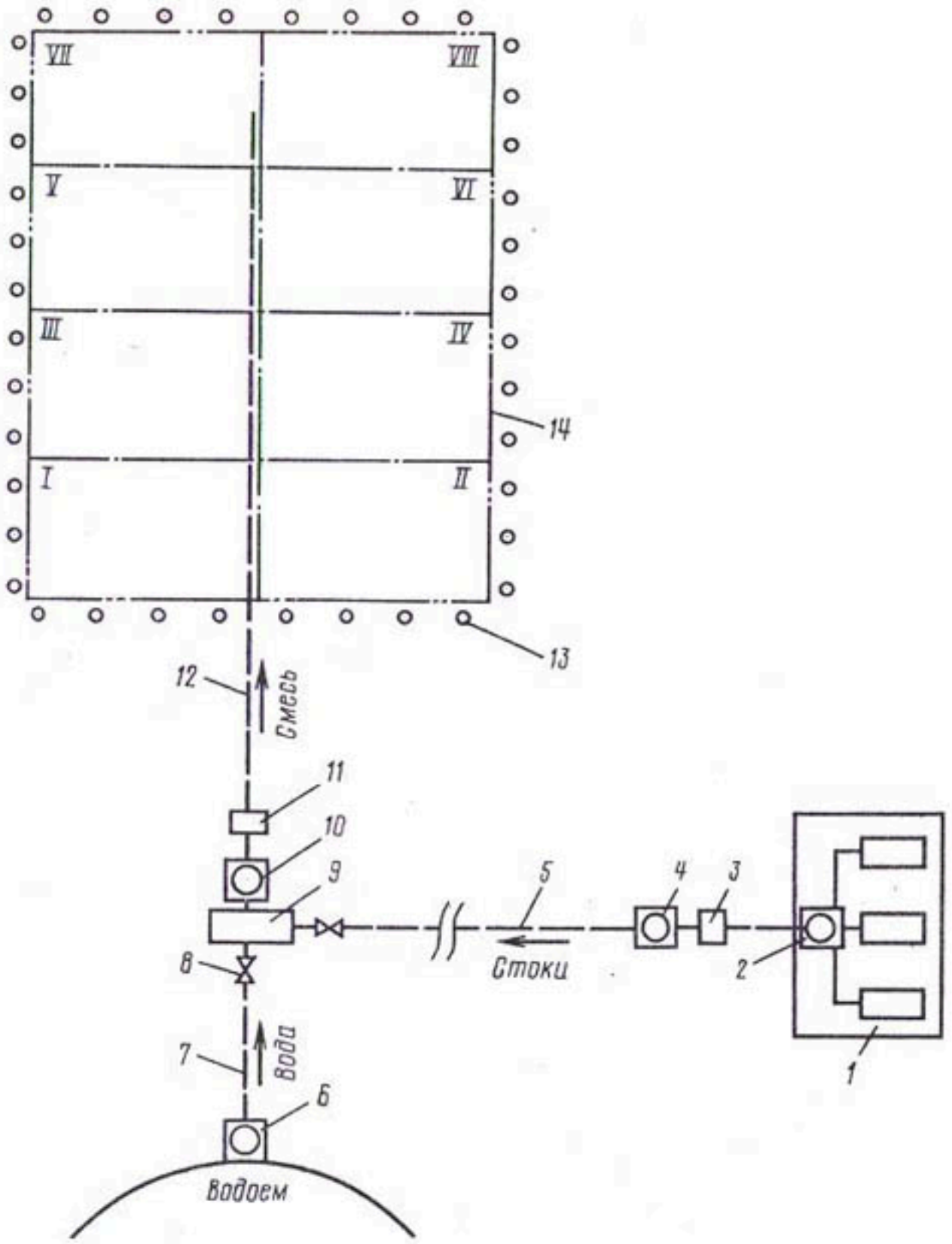


Рис. 4.12. Схема системы ВПО при подаче стоков (воды) в оросительную сеть: *1* — прифермское или полевое хранилище стоков; *2, 4* — насосные станции сточных вод; *3* — приемный резервуар насосной станции сточных вод; *5* — напорный трубопровод стоков; *6* — насосная станция воды; *7* — напорный трубопровод воды; *8* — задвижка; *9* — смесительная камера; *10* — насосная станция смеси; *11* — узел приготовления минеральных удобрений; *12* — напорный трубопровод смеси; *13* — лесополоса; *14* — поле севооборота; I...VIII — номера полей

Аэрационная сеть предназначена для отведения поливной воды из увлажнительной и оросительной сети в межполивной период, а также при переувлажнении почвы во время затяжных дождей и весеннего стока. Эту сеть используют также для проведения промывок системы.

К основным параметрам и элементам техники ВПО относят: глубину заложения увлажнителей (0,4...0,6 м); напор в увлажнителях (0,2...0,5 м); удельный расход увлажнителя (0,02...0,33 л/с на 100 м

Элементы системы ВПО и требования к ним

Элементы системы	Основные требования к элементам системы и условия проектирования
Источник орошения	Открытые водоемы, каналы или накопители сточных вод. Природные и сточные воды должны иметь: мутность до 0,04 г/л, твердые частицы размером до 1 мм, минерализацию до 1 г/л
Водозаборные устройства	Те же, что и для систем поверхностного орошения или дождевания. Проектируют согласно СНиП 2.06.03—85
Насосная станция	В основном применяют стационарные низконапорные насосные станции (ВСН 33-2.2.12—87 и ВСН 33.2.2.01—85)
Напорная распределительная сеть	Из металлических асбестоцементных или полиэтиленовых труб; проектируют согласно СНиП 2.06.03—85 на проектирование мелиоративных систем

Виды и типы систем ВПО

Характеристика систем	Условия применения, описание
По назначению	
Орошение чистой водой	При возделывании высокорентабельных культур, дефиците воды
Утилизация сточных вод	Предотвращают загрязнение окружающей среды при быстрой окупаемости капитальных вложений
Многофункциональное орошение, внесение органических и минеральных удобрений, аэрация почв, двустороннее регулирование (орошение и осушение) водно-воздушного режима почвы	Регулирование основных условий произрастания растений
По продолжительности нахождения увлажнительной сети на участке	
Стационарная	Увлажнительную сеть укладывают на десятки лет (наиболее распространена)
Полустационарная	Требуются мобильные поливные устройства
Стационарно-сезонная	Возможно использование увлажнительной сети на протяжении ряда лет или в течение одного сезона (кротовые увлажнители, плоскосворачиваемые микропористые увлажнители)
Временная для одноразового использования	Нарезают кротовые увлажнители во время специальных подкормок

Продолжение

Характеристика систем	Условия применения, описание
По величине рабочих напоров в увлажнительной сети	
Напорная с гравитационно-капиллярным увлажнением	Требуется создание искусственного напора
Низконапорная с капиллярно-гравитационным увлажнением	Вода распределяется по сети самотеком (система ВНИИМиТП и Главсредазирсовхозстроя с увлажнителями из полиэтиленовых перфорированных труб)
Адсорбционная (вакуумная) с капиллярным увлажнением	Вода переходит из состояния водяного тока по сети в состояние почвенной влажности под действием всасывающих сил почвы (адсорбционная система вакуумного действия В. Г. Корнева)
По конструкции увлажнительной сети	
С трубчатыми пористыми увлажнителями	Гончарные и керамические трубки (системы Укргипроводхоза)
С трубчатыми перфорированными увлажнителями	Перфорацию труб выполняют одновременно с их укладкой (технология ВНИИМиТП) или предварительно, отдельной операцией (технология Главсредазирсовхозстроя)
С кротовыми увлажнителями в естественном грунте	Кротовины формируют активным или пассивным рабочим органом (системы В. Р. Ридигера, В. И. Бобченко, УкрНИИГиМ, ЮжНИИГиМ и др.)
Трубчатая с очаговыми увлажнителями	Обычные неперфорированные трубы используют в качестве транспортирующего водовода; для локального увлажнения почвы применяют очаговые увлажнители различных конструкций (системы САНИИРИ)
Машинно-инъекционного увлажнения	Вода или раствор подается при культивации или инжектированием, в том числе гидробурами и неконтактным (гидропушка — «Инар») способом
С регулированием уровня грунтовых вод	Глубину стояния грунтовых вод на малоуклонных (пойменных) участках регулируют, используя каналы (система УкрНИИГиМ)
По способу укладки увлажнительной сети	
С применением механизированной отрывки траншей и ручной укладки сети	Применение ограничено из-за коренных нарушений почвенного покрова и большой трудоемкости
Механизированная отрывка узких траншей и механизированная укладка сети	Требует применения узкотраншейных экскаваторов, при работе которых существенно нарушается почвенный покров
Бестраншейная укладки сети	Специальные укладчики позволяют вести строительство индустриальными методами с минимальными затратами труда и без существенного нарушения почвенного покрова

Продолжение

Характеристика систем	Условия применения, описание
По технологии и режиму орошения	
Непрерывная водоподача на протяжении сезона	Вода в увлажнительной сети находится постоянно на протяжении вегетации. Возможно применение на системах с конструкцией, обеспечивающей регулирование (очаговые увлажнители) или саморегулирование водоподачи (вакуумная)
Периодическая водоподача на протяжении сезона	Периодически, по мере иссушения почвы до определенного предела. Наиболее распространена. Требует применения водоводов повышенной пропускной способности и необходимой арматуры для осуществления водооборота
Увлажнение по всей площади, полосовое увлажнение	При возделывании пропашных и узкорядных культур (в основном для виноградников, ягодников и интенсивных садов)
Локальное очаговое увлажнение	Для многолетних насаждений, предпочтительно с густотой посадки менее 500 корней на 1 га (система САНИИРИ)

длины); длину увлажнителя (50...250 м); расстояние между увлажнителями или очагами увлажнения (1...3,5 м для систем без естественного водоупора); продолжительность полива.

Качество полива оценивается равномерностью увлажнения по длине и между увлажнителями, увлажненностью по профилю корнеобитаемого слоя почвы, глубиной неувлажненного слоя почвы, наличием почвенной эрозии, заиления увлажнителей, глубинной утечки воды.

Ширина контура увлажнения при поливе сельскохозяйственных культур изменяется от 0,8 до 1,1 м на легких и средних почвах и от 1,1 до 1,3 м — на тяжелых; для фруктовых садов и виноградников ширина контура увлажнения находится в тех же пределах.

Рекомендуемые В/О «Союзводпроект» расчетные параметры зоны увлажнения почвы для увлажнителей различных типов даны в таблице 4.7, а водно-физические свойства почв и величины элементов техники ВПО — в таблице 4.8.

4.2.2. ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМЫ ВПО

Расход (л/с) увлажнительного трубопровода определяют по формуле

$$Q_{ht} = q_h l_h, \qquad (4.10)$$

где q_h — расход воды, поступающей в почву с 1 м увлажнителя, л/с; определяют по данным изысканий. Ориентировочно для различных почв может быть принят по таблице 4.8; l_h — длина увлажнителя, м.

4.6. Технологические схемы внутрипочвенного орошения

Краткое описание схемы	Применение	Преимущества	Недостатки
Путем регулирования уровня грунтовых вод			
Заданный напор (уровень стояния воды) достигается соответствующим расположением сливных отверстий в регулирующем колодце. Уровень воды над дренами, проложенными на глубине 1...1,2 м, 0,6...0,7 м (0,5...0,7 м при наличии щелей, перпендикулярных регулирующим дренам, и глубоком рыхлении почвы)	На незасоленных почвах высокой водопроницаемости с пресными грунтовыми водами; K_p = = 1,2...1,7 м/сут	Поддерживается комковатая структура почвы при отсутствии эрозии, уплотнения почвы и почвенной корки. Улучшается тепловой режим почвы с выравниванием по профилю. Стимулируется аэрация почвы и жизнедеятельность почвенной микрофлоры; повышается плодородие почвы	Высокая инерционность: от подачи воды в канал до поступления ее к корням растений необходимо продолжительное время; в случае выпадения дождя для понижения уровня грунтовых вод до нормы осушения требуется 3...12 сут
Машинно-инъекционное			
Механизированная подача воды в почву на заданную глубину осуществляется с помощью специальных машин и орудий с одновременным рыхлением почвы. Поливная сеть включает подземные оросительные трубопроводы длиной 300...400 м с расстоянием между гидрантами 100...150 м. Давление воды в сети 0,5...0,7 МПа. Машинно-инжекторное орошение при использовании различных гидробуров	На легких почвах преимущественно при орошении сточными водами и их осадком	Экономия воды (в 3 раза по сравнению с поверхностным поливом); хорошие санитарно-гигиенические условия труда поливальщика; высокая производительность; возможность внесения с поливной водой удобрений; одновременное рыхление почвы	Отсутствие серийно выпускаемых машин и механизмов

Продолжение

Краткое описание схемы	Применение	Преимущества	Недостатки
Траншейно-трубчатые системы			
Упрощенная, при которой на дно траншеи укладывают толщиной 15...20 см фашины, шлак, керамзит, щебень и др. Для предохранения от быстрого заиливания водопроводящий слой сверху накрывается полиэтиленовой пленкой или толем. Воду в траншеи подают из оросительного трубопровода при открытии задвижки	На всех почвах; на почвах с повышенной фильтрацией с применением экранов	Простота, недефицитность материалов; использование промышленно изготовляемых дренажных трубок	Большой объем земляных работ; ухудшение плодородия почвы за счет густой сети траншей; малая длина увлажнителей; неравномерное увлажнение почвы по длине увлажнителя; большие потери воды при прокладке без экрана
Трубчатая система с пористыми гончарными или керамическими трубками-увлажнителями диаметром 50...150 и длиной 333 мм. Воду в увлажнители подают из оросительных трубопроводов диаметром 150...300 мм. Поступление влаги в почву происходит через поры и (или) стыки трубок. С целью снижения фильтрационных потерь по всей ширине траншеи на дно укладывают экран из полиэтиленовой пленки, толя и т. п.			
Кротово-внутрипочвенное орошение			
В качестве увлажнителей применяют устраиваемые в почве полости круглого поперечного сечения — кротовины. Кротовины диаметром 80...150 мм нарезают специальными кротователями без отрывки траншей. Для повышения	На средних и тяжелых пластичных почвах	Простота устройства; низкие капитальные затраты; возможность полива неосветленными сточными водами и их осадком, животноводческими стоками	Неотработанность технологии; отсутствие серийных машин и оборудования

срока службы кротовины можно закреплять цементом, жидким стеклом, виброуплотнением, термическим способом, растворами полимеров и др. (имеется ряд экспериментальных проработок)			
Очаговые вертикальные системы			
Включают скважины или колодцы с пористым заполнителем, соединенные между собой оросительными трубопроводами	Для орошения садов	Экономия поливной воды; высокая производительность; возможность полива на уклонах до 0,01; сокращение потребности в трубах	Трудоемкость строительства с высокими затратами ручного труда; заиление увлажнителей
Системы с полиэтиленовыми увлажнителями			
Наиболее перспективны. Применяют гладкие гофрированные увлажнители диаметром 20...50 мм с точечной (1...2 мм) или щелевой перфорацией (шириной 1...2 мм, длиной 20...30 мм). Вода в увлажнители подается из оросительных трубопроводов	На всех почвах; при повышенной водопроницаемости с укладкой экрана	Надежность соединений увлажнителей с оросителем; долговечность; возможность промывки под повышенным напором; наличие промышленно выпускаемых трубоукладчиков для бестраншейной укладки увлажнителей	Большая потребность труб-увлажнителей (8...10 тыс. м на 1 га); заиление увлажнителей

4.7. Рекомендуемые расчетные параметры увлажнения почвогрунта при ВПО

Механический состав почвогрунта	Полиэтиленовые перфорированные увлажнители			Кротовые увлажнители		
	ширина контура увлажнения B, м	глубина контура увлажнения H, м	расстояния между увлажнителями a_h, м	ширина контура увлажнения B, м	глубина контура увлажнения H, м	расстояние между увлажнителями a_h, м
Полевые культуры						
Суглинки						
легкие	0,8	1,5	1	0,8	1,5	0,8
средние	1	1,4	1,2	0,9	1,4	0,9
тяжелые	1,1	1,3	1,3	1	1,3	1,1
Глины	1,3	1,2	1,5	1,1	1,3	1,2
Пальметтный сад и виноградники						
Параметры зависят от механического состава почвогрунта, которые аналогичны полевым культурам						

Примечания: 1. Классификация почвогрунтов по механическому составу выполнена по методу Качинского. 2. При применении ленточного экрана под увлажнителями расчетные параметры зоны увлажнения изменяют: ширину контура и расстояние между увлажнителями увеличивают на 15...20 %, глубину контура уменьшают на 20 %. 3. Для широкорядных культур (пальметтный сад, виноградник и др.) предусматривают по одному-два увлажнителя на ряд сельскохозяйственных культур. 4. Сточными водами допускается поливать только полевые кормовые культуры.

4.8. Водно-физические свойства почв и величины элементов техники ВПО

Параметры	Механический состав почв			
	легкие суглинистые	средне-суглинистые	тяжелые суглинистые	глинистые
Среднее удельное впитывание:				
$м^3/ч$	0,0112	0,0009	0,0065	0,0047
л/с (на м увлажнителя)	0,0032	0,0025	0,0018	0,0013
Коэффициент, характеризующий влагопроводность в пределах контура увлажнения при влажности $W_{FC} \geqslant \geqslant W_i$ (0,8...0,7)	0,074	0,065	0,053	0,044
Активная влагоемкость, $м^3/м^3$	0,06	0,062	0,06	0,058
Горизонтальное перемещение влаги, м	0,4	0,45	0,49	0,52
Ширина поперечника зоны полного насыщения при диаметре увлажнителя 32...40 мм, м	0,36	0,3	0,26	0,24

Рекомендуемые В/О «Союзводпроект» длины увлажнителей различных типов в зависимости от уклона местности приведены в таблицах 4.9...4.11.

4.9. Длина полиэтиленовых увлажнителей в зависимости от уклона местности

Уклон	Длина увлажнителей, м	Разность геодезических отметок в начале и в конце увлажнителя, см	Расход в голове увлажнителя, л/с
0,001	200...250	20...25	0,2...0,25
0,002	200...250	40...50	0,2...0,25
0,004	200...250	80...100	0,2
0,006	120...160	72...96	0,1...0,15
0,008	80...160	64...96	0,06...0,1
0,010	60...90	60...90	0,05...0,07

4.10. Длина оросительного с пористой засыпкой трубопровода и расстояние между колодцами на нем в зависимости от уклона местности

Уклон	Длина оросителей, м		Расстояние между колодцами, м	Разность геодезических отметок в оросителе, см		Разность между отметками левого и правого оросителей, см
	левого от колодца	правого от колодца		левого от колодца	правого от колодца	
0,000	150	150	300	0	0	0
0,0001	150	150	300	+1,5	−1,5	3
0,0002	150	150	300	+3	−3	6
0,0003	150	150	300	+4,5	−4,5	9
0,0004	150	150	300	+6	−6	12
0,0005	150	140	290	+7,5	−6	13,5
0,0006	150	140	290	+9	−8,4	17,4
0,0007	150	130	280	+10,5	−9,1	19,6
0,0008	150	120	270	+12	−9,6	21,6
0,0009	150	110	260	+13,5	−9,9	23,4
0,0010	150	100	250	+15	−10	25

4.11. Длина кротового увлажнителя в зависимости от уклона местности

Уклон	Длина увлажнителя, м	Разность геодезических отметок в начале и конце увлажнителя, см	Расход в голове увлажнителя, л/с
0,001	200...220	20...22	0,45...0,5
0,002	200...220	40...44	0,4 ...0,45
0,004	200...220	80...88	0,4 ...0,45
0,006	150...190	90...144	0,35...0,4
0,008	110...140	88...112	0,25...0,35
0,010	80...100	80...110	0,15...0,25

4.12. Расчетные параметры трубчатых полиэтиленовых увлажнителей при $\Delta h = 0{,}3$ м (по данным ВНПО «Радуга»)

Диаметр труб d_{in} (d_0), мм	Удельный расход впитывания воды почвой q_{sp}, л/(с · га)	Уклон					
		0,01	0,007	0,0055	0,0035	0,0015	0,0001
21 (25)	0,0018	116 / 0,21	103 / 0,19	96 / 0,17	86 / 0,16	76 / 0,14	—
	0,0021	101 / 0,21	90 / 0,19	84 / 0,18	76 / 0,16	68 / 0,14	62 / 0,13
	0,0025	86 / 0,22	77 / 0,13	73 / 0,18	66 / 0,17	—	—
	0,0028	78 / 0,22	70 / 0,2	66 / 0,19	61 / 0,17	55 / 0,16	51 / 0,14
	0,0032	69 / 0,22	63 / 0,2	59 / 0,19	55 / 0,18	—	—
28 (32)	0,0018	—	205 / 0,37	188 / 0,34	163 / 0,29	136 / 0,25	115 / 0,21
	0,0021	—	178 / 0,38	164 / 0,35	143 / 0,3	120 / 0,25	104 / 0,22
	0,0025	—	152 / 0,38	140 / 0,35	123 / 0,31	105 / 0,27	97 / 0,23
	0,0028	—	137 / 0,39	127 / 0,36	112 / 0,32	97 / 0,27	86 / 0,24
	0,0032	138 / 0,44	122 / 0,39	113 / 0,36	101 / 0,32	88 / 0,28	—
36 (40)	0,0018	—	—	—	—	231 / 0,42	182 / 0,33
	0,0021	—	—	—	256 / 0,54	204 / 0,43	164 / 0,35
	0,0025	—	—	257 / 0,64	219 / 0,55	177 / 0,44	146 / 0,37
	0,0028	—	—	231 / 0,65	198 / 0,56	162 / 0,46	135 / 0,38
	0,0032	—	229 / 0,72	205 / 0,66	177 / 0,57	146 / 0,47	123 / 0,4

Примечание. Числитель — предельная длина увлажнителя l_{lim}, м; знаменатель — расход увлажнителя q_h, л/с.

Потери (м) пьезометрического напора в увлажнительном трубопроводе

$$h_{pz} = \frac{Q_{ht}^3 - 3K^2 i_h Q_{ht}}{3K^2 q_h}, \qquad (4.11)$$

где Q_{ht} — расчетный (или задаваемый) расход увлажнителя, л/с; K — модуль расхода, л/с, $K = SC\sqrt{R}$ (S — площадь живого сечения увлажнителя, м^2; C — коэффициент Шези, м^{0,5}/с; R — гидравлический радиус, м); i_h — уклон увлажнителя.

Расчетные параметры трубчатых полиэтиленовых увлажнителей с щелевой перфорацией приведены в таблице 4.12.

Расход в голове оросителя равен сумме расходов подключенных увлажнителей. Потери пьезометрического напора в оросительном трубопроводе не должны превышать 30 % напора в его голове.

В общем виде потери напора (м) в оросителе могут быть выражены зависимостью

$$h_l = \frac{(Q_L^3 - 3Q_L i_L K^2) a_h}{3K^2 Q_L}, \qquad (4.12)$$

где Q_L — расход оросителя, л/с; i_L — уклон оросителя; K — модуль расхода, см. формулу (4.11); a_h — расстояние между увлажнителями, м.

Число увлажнителей, подвешенных к оросительному трубопроводу,

$$n_h = Q_L / Q_{ht}. \qquad (4.13)$$

В случае телескопического оросителя расчеты выполняют последовательно для отдельных его участков.

4.2.3. РАСЧЕТ РЕЖИМА ВПО

К элементам режима орошения относятся: единичная (удельная) поливная норма (объем воды в расчете на единицу длины увлажнителя, необходимый для образования в почве контура увлажнения с заданными параметрами), поливная норма, продолжительность полива.

Единичную поливную норму (м^3/м) вычисляют по уравнению

$$m_{sh} = 0{,}65 d_w B (FC_1 - V_{01}), \qquad (4.14)$$

где d_w — расчетная глубина промачивания грунта, м; B — средняя ширина полосы увлажнения, м (см. табл. 4.8); FC_1 — наименьшая влагоемкость 1 м^3 расчетного слоя почвы, м^3/м^3; V_{01} — объем влаги в одном кубическом метре расчетного слоя почвы перед поливом, м^3/м^3, $V_{01} = 0{,}7...0{,}8 FC_1$.

Поливная норма в расчете на 1 га орошаемой площади, м^3/га,

$$m = 0{,}65 d_w B (FC_1 - V_{01}) l_h n_h, \qquad (4.15)$$

где l_h — длина увлажнителя, м; n_h — число увлажнителей на одном гектаре.

При поливных нормах более 500 м^3/га проводят два полива половинной нормой с интервалом между ними более трех суток.

Продолжительность полива (ч)

$$\tau = \frac{d_w \, 1 \, m^2 \, (1{,}1...1{,}15)}{\sum_1^i v_i}, \qquad (4.16)$$

где d_w — расчетная глубина промачивания почвогрунта, м; $\sum_{1}^{i} v_i$ — средняя скорость впитывания воды почвой за период времени от 1 до 12 ч при напоре до 1-м (определяют по кривым впитывания), м/ч.

При наличии экрана под увлажнителем коэффициент при d_w увеличивают на 10 %.

Минимальная продолжительность межполивного периода (сут) для отдельных сельскохозяйственных культур составляет

$$\Delta t_{\min} = m/d_{mw}, \qquad (4.17)$$

где d_{mw} — среднесуточный дефицит водопотребления за декаду с максимальным за вегетацию водопотреблением сельскохозяйственной культуры, м³/га в сут.

4.2.4. АВТОМАТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВПО

Управление поливами на системах ВПО рекомендуется автоматическое с программным управлением (на орошаемых площадях, не превышающих 50...100 га) или с управлением при использовании датчиков (для площадей более 100 га). В последнем случае управляющие команды формируются на основании комплексной обработки на ЭВМ поступающей от датчиков информации, содержащей сведения о различных факторах окружающей среды, почвы, жизнедеятельности растений.

Схема автоматизации системы ВПО с электрическими линиями управления приведена на рисунке 4.13.

Оборудование для автоматического управления поливами включает индикатор всасывающего давления (ИВД), нормально закрытое запорное устройство (ГЗУ), состоящее из запорного гидроуправляемого клапана с мембранным приводом и электрогидравлического клапана (КЭГ), устройства программного управления (УПУ). Индикатор всасывающего давления состоит из стандартного тензиометра и электроконтактного вакуумметра (ЭКВ). На вакуумметре устанавливают верхний и нижний пороги отрицательного давления, соответствующие задаваемым величинам влажности почвы в начале и в конце полива участка. На контрольном участке орошаемого поля располагают не менее трех ИВД.

Устройство программного управления включает задатчик программ, программатор, таймер, коммутатор, источник питания.

Запорное устройство и электрогидроуправляемый клапан помещают в голове оросителя, в колодце, а устройство программного управления — также в одном из колодцев на участке.

Индикатор давления почвенной влаги представляет собой тензиометр с электроконтактным вакуумметром. Команда на начало полива при достижении определенного нижнего порога увлажнения почвы поступает при замыкании стрелкой вакуумметра цепи электрического тока; электрогидравлический мембранный клапан открывается, в оросительно-увлажнительную сеть поступает вода, начинается полив. Полив проводят до насыщения почвы влагой до заданной величины, в результате чего всасывающее давление почвы снижается до минимального заданного предела, при этом стрелка вакуумметра замыкает контакт, подается сигнал на выключение ГЗУ первого и включение второго участка, и так далее в очередности, задаваемой по програм-

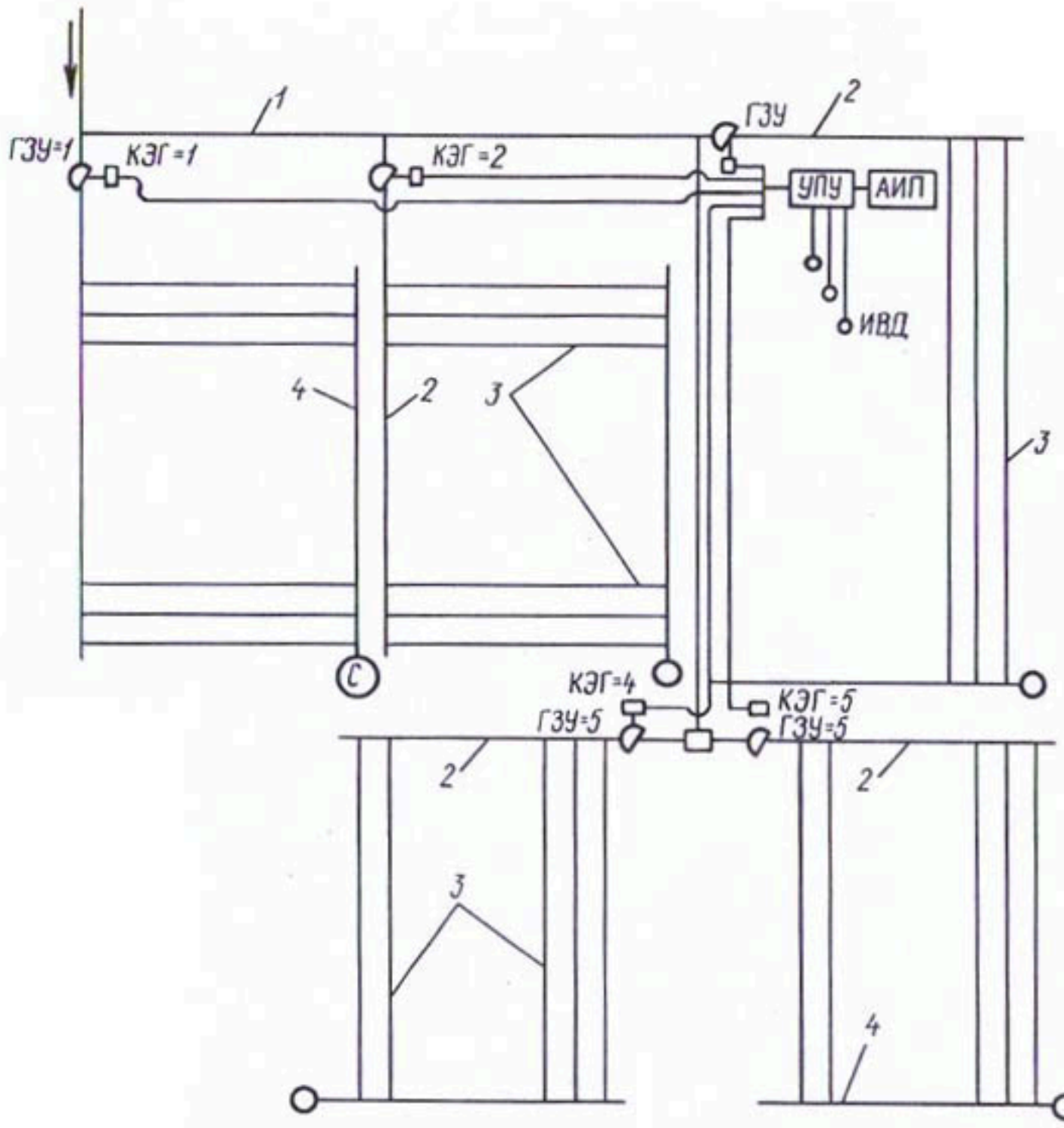


Рис. 4.13. Схема оросительно-увлажнительной сети и электрических линий управления:

1, *2* — распределительный и оросительный трубопроводы; *3* — полиэтиленовые увлажнители; *4* — водосборно-сбросной трубопровод; ГЗУ — гидроуправляемое запорное устройство; КЭГ — электрогидроуправляемый клапан; УПУ — устройство программного управления; ИВД — индикатор давления почвенной влаги; АИП — аккумуляторный источник питания

ме. Продолжительность полива всех участков одинаковая. После полива всех участков система автоматики приходит в исходное состояние для проведения следующего цикла полива.

Автоматическое управление особенно эффективно для поливов с использованием животноводческих стоков, так как позволяет значительно улучшить условия труда и обеспечить соблюдение гигиенических требований при работе поливальщика.

4.2.5. ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ПРОКЛАДКИ ТРУБОПРОВОДОВ СИСТЕМ ВПО

Для прокладки трубопроводов магистральной и распределительной сети, а также аэрационных систем ВПО используют обычную технологию и технику для прокладки и монтажа закрытых трубопроводов.

Прокладка полиэтиленовых увлажнителей с одновременной их перфорацией и укладкой пленочного экрана может быть выполнена бестраншейным трубоукладчиком, например НБУ-ПТЭ (рис. 4.14). В качестве увлажнителей используют полиэтиленовые трубы диаметром 20...40 мм с толщиной стенок 1,5...2 мм (ГОСТ 18599—73), длиной до 200 м.

Увлажнители укладывают перфорацией вниз. Перфорацию выполняют с шагом 350 мм в виде щелей длиной 40...60 мм, шириной 1,5... 2,5 мм.

Увлажнители присоединяют с одной стороны к оросителю, а с другой — к водоотводному аэрационному трубопроводу. Соединение выполняют различными способами (рис. 4.15). В зависимости от требуемого расстояния между увлажнителями, зависящего от орошаемой культуры и типа почвы, на 1 га расходуется от 8000 до 2500 м труб.

Кротовые увлажнители устраивают одновременно с закреплением растворами полимеров. Схема соединения кротовин с оросителем показана на рисунке 4.16, а рабочий орган для устройства кротовин с креплением их растворами полимеров — на рисунке 4.17.

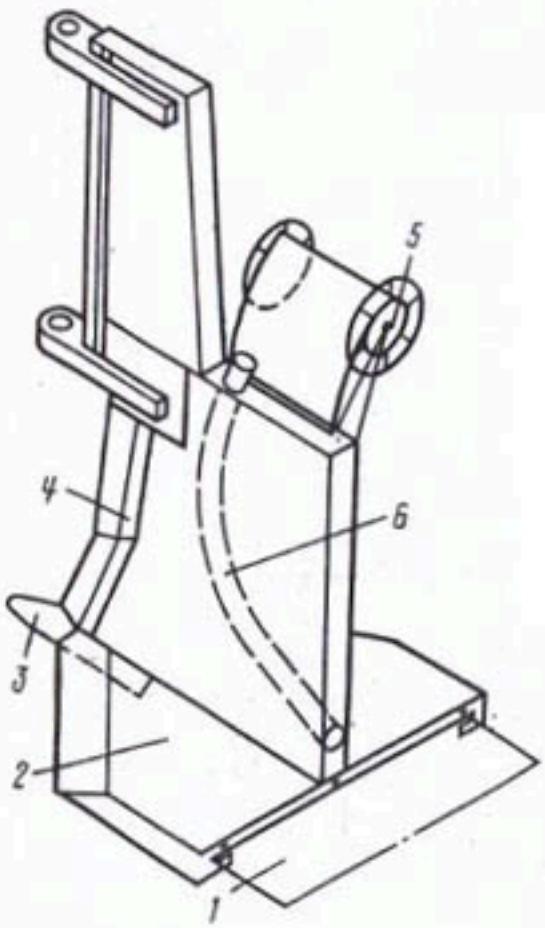


Рис. 4.14. Рабочий орган трубоукладчика НБУ-ПТЭ:

1 — экран из полиэтиленовой пленки; *2, 4* — горизонтальный и вертикальный ножи; *3* — дренер; *5* — катушка для пленки; *6* — направляющая

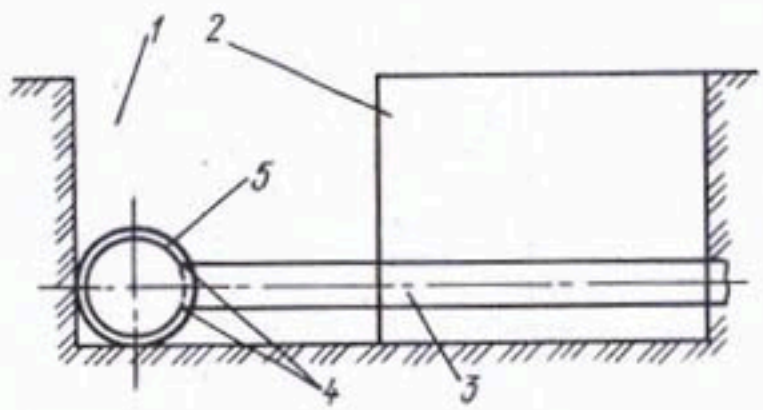


Рис. 4.15. Схема соединения оросительного и увлажнительного трубопроводов:

1 — траншея для укладки оросительного трубопровода; *2* — шурф для установки ножа трубоукладчика; *3* — полиэтиленовый увлажнитель; *4* — отверстие в асбестоцементном трубопроводе; *5* — асбестоцементный трубопровод

Оросители выполняют из асбестоцементных или полиэтиленовых труб диаметром 150...200 мм; длину оросителя принимают не более 250 м, глубину укладки — 0,5...0,8 м. Водоотводные аэрационные трубопроводы укладывают в почву также на глубину 0,5...0,8 м.

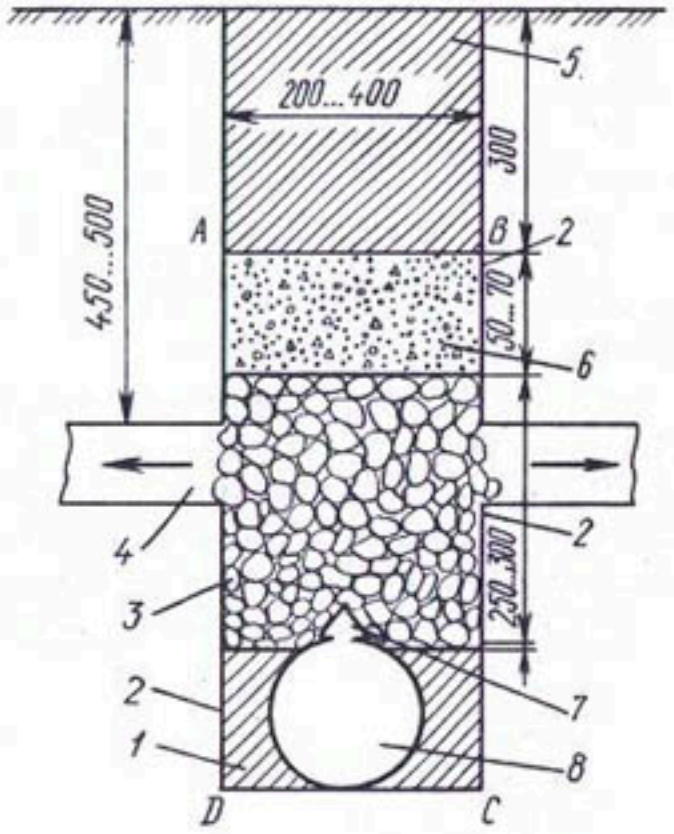


Рис. 4.16. Поперечный разрез траншеи оросительного трубопровода с пористой засыпкой:
1 — грунтовая забивка пазух (глина); *2* — полиэтиленовая пленка *АВСД*; *3* — пористая засыпка; *4* — полиэтиленовый увлажнитель; *5* — почвенная засыпка; *6* — дресва; *7* — колпачок водовыпуска; *8* — оросительный трубопровод

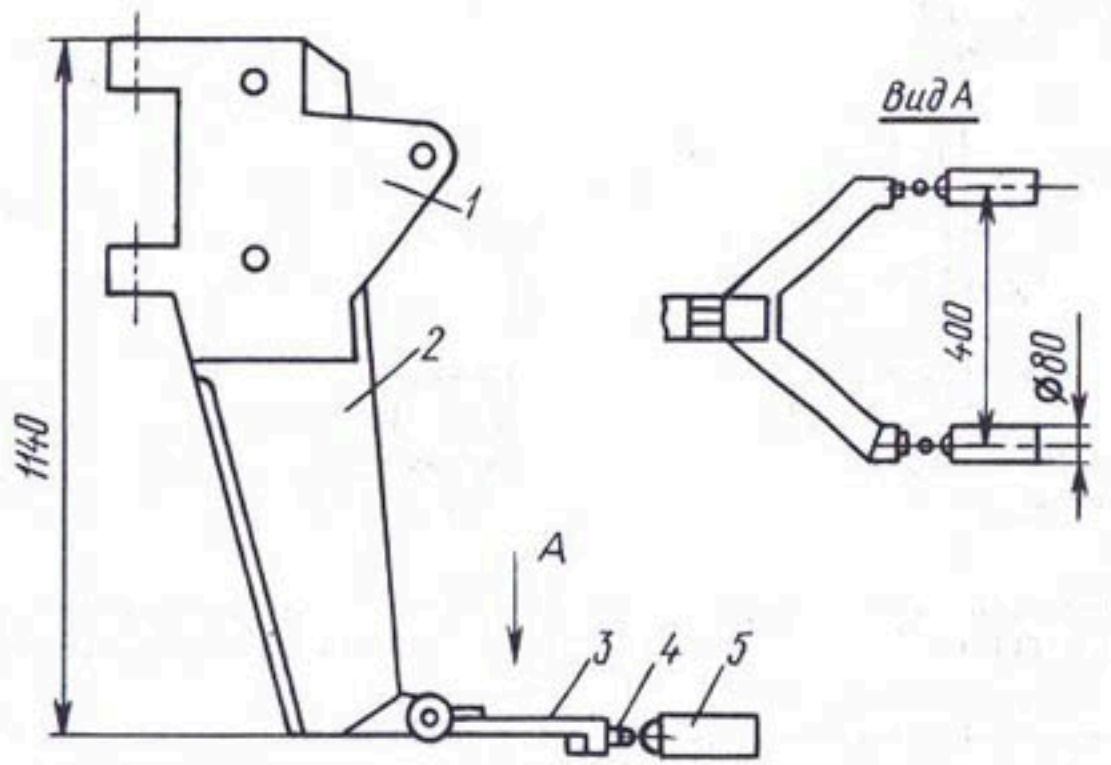


Рис. 4.17. Схема рабочего органа кротователя КТД-0,45 для нарезки кротовых увлажнителей в грунтах при влажности не менее 21...30 % от массы сухой почвы:
1 — серьга; *2* — нож; *3* — дренер; *4* — форсунка; *5* — уширитель

5. ТРУБОПРОВОДНАЯ СЕТЬ И АРМАТУРА

5.1. КЛАССИФИКАЦИЯ, УСТРОЙСТВО И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТРУБ

Труба — конструктивный модуль первого порядка оросительной сети, секция трубопровода.

Трубопровод — инженерное сооружение, состоящее из отдельных последовательно соединенных с помощью соединительных частей или элементов труб, образующих искусственный водовод.

Система различных трубопроводов, арматуры и водовыпусков образует оросительную сеть, которая подводит воду к орошаемому массиву, распределяет ее между отдельными участками, осуществляет забор воды поливными устройствами (элементами поливной сети) или их питание.

Трубопроводы в мелиорации классифицируют по следующим основным признакам: взаимодействию в оросительной сети (магистральные, распределительные, оросительные, сбросные), условию работы (безнапорные, самонапорные, низконапорные до 0,5 МПа, высоконапорные свыше 0,5 МПа), условию применения (разборные, подземные), материалу стенок (стальные, чугунные, железобетонные, асбестоцементные и пластмассовые).

Трубы выбирают на основании технико-экономического расчета, исходя из условий применения, гидравлических параметров, стоимости электроэнергии, строительно-монтажных работ, строительных материалов.

Трубопровод из таких труб должен выдерживать расчетное давление, обеспечивать необходимую пропускную способность при минимальных затратах энергии, иметь наименьшую стоимость.

Согласно СНиП II-52—74 для напорных оросительных систем, как правило, следует применять неметаллические трубы: напорные асбестоцементные водопроводные, напорные железобетонные и пластмассовые. Тип и материал труб выбирают с учетом экономии дефицитных материалов, и в первую очередь металла.

Стальные трубы используют только для магистральных трубопроводов с давлением более 1,5 МПа, а также при устройстве переходов под железными и автомобильными дорогами или через водные преграды и овраги, когда применение труб из других материалов неоправданно. Кроме этого, учитывая высокую прочность и пластичность стальных труб, их рекомендуется укладывать в условиях залегания вечномерзлых и просадочных грунтов.

Специально для закрытых оросительных систем выпускают *стальные электросварные тонкостенные трубы* с антикоррозионным покрытием внутренней и внешней стороны лаком этиноль, полиэтиленом, цементно-песчаной смесью и другими материалами, рассчитанные на давление 0,7...2,5 МПа. Их применяют, когда использование асбестоцементных труб вызывает опасение (слабые грунты, многочисленные камни в почве и др.).

Асбестоцементные трубы применяют при рабочих давлениях до

1,2 МПа (1,5 МПа) и диаметрах до 500 мм. Промышленность выпускает асбестоцементные трубы на минимальное давление 0,6 МПа (ВТ6).

Железобетонные трубы используют при больших диаметрах и подразделяют по значению расчетного внутреннего давления на классы: 0 (на давление до 2 МПа), I (до 1,5 МПа), II (до 1 МПа) и III (до 0,5 МПа). Срок службы железобетонных труб достигает 50 лет и более.

Пластмассовые трубы применяют в условиях сильнопросадочных и вечномерзлых грунтов вместо стальных. Они рассчитаны на давление до 1 МПа.

Пропускная способность асбестоцементных и железобетонных труб примерно одинакова. Лучшей пропускной способностью обладают пластмассовые трубы.

При выборе типа, материала назначением толщины стенок металлических и пластмассовых труб по допускаемым и рабочим давлениям можно руководствоваться только для ориентировочных приближенных решений. Рабочее внутреннее давление в трубе одного и того же типа и размеров зависит от внешнего давления со стороны грунта, нагрузок от транспорта и т. д. Таким образом, для обоснованного выбора типа и размеров труб следует выполнять статические расчеты труб с учетом действия внутреннего давления воды, давления грунта, временных нагрузок от транспорта и атмосферного давления при образовании в трубах вакуума.

5.2. СОЕДИНЕНИЯ ТРУБ В ТРУБОПРОВОДЫ

Способ соединения труб в трубопровод зависит от материала трубы и условий его работы.

Соединения могут быть разъемными и неразъемными.

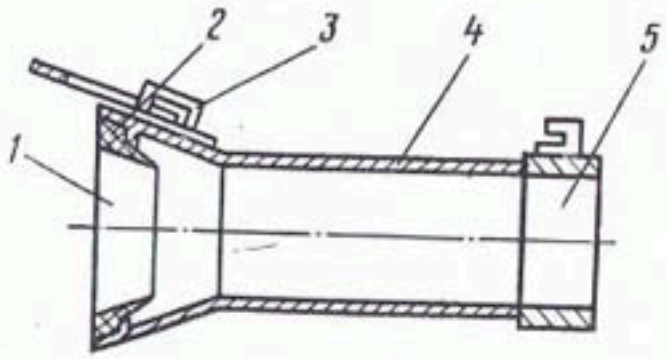
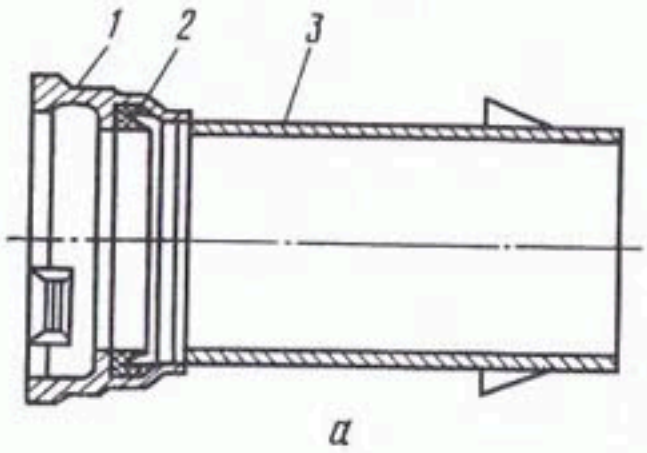
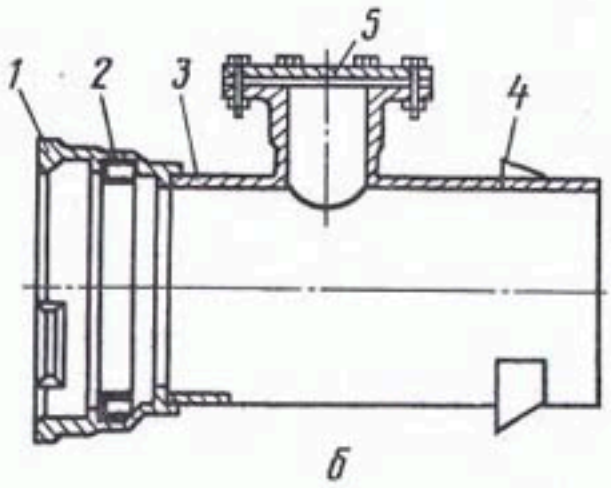
Виды труб по назначению и способам соединения в трубопроводы, а также их технические и эксплуатационные показатели приведены в таблице 5.1 конструктивных модулей первого порядка.

Стальные трубы соединяют обычно сваркой: ручной, электродуговой или автоматической (неразъемные соединения). Таким способом соединяют трубы нефтегазового сортамента с толщиной стенки 4...6 мм и более, а также в ряде случаев тонкостенные стальные трубы мелиоративного сортамента, имеющие на концах утолщенные обечайки. Способом сварки достигается равнопрочность конструкции трубопровода. Найдено технологическое решение по защите внутренней поверхности сварного шва методом предварительного нанесения самофлюсующихся металлокерамических порошков в зоне шва, снижающее в 20...30 раз интенсивность коррозии в этой зоне. Этим способом возможно соединение сваркой стальных труб малой толщины стенки.

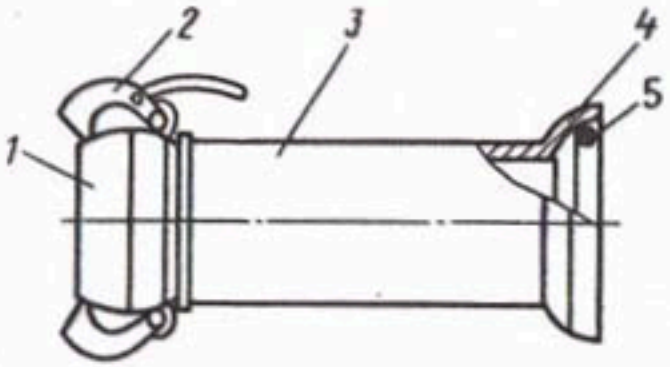
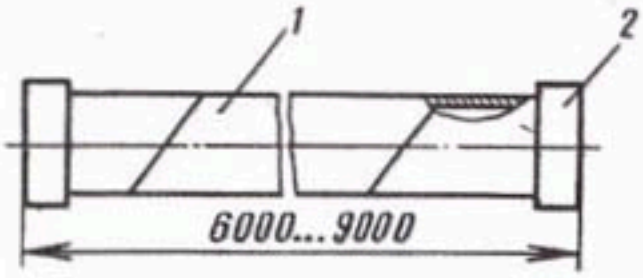
Большинство тонкостенных *стальных труб* с антикоррозионными покрытиями соединяют с помощью раструбных и муфтовых соединений с использованием резиновых уплотнителей (разъемные соединения). Раструбовые соединения труб изготавливают, как правило, из металла, имеют антикоррозионное покрытие, идентичное наносимому на трубу. Допустимый угол изгиба в раструбовых соединениях не превышает 2...2,5°.

Асбестоцементные трубы соединяют асбестоцементными муфтами типа САМ или чугунными на болтах. На трубах с расчетным давлением свыше 0,9 МПа (ВТ12, ВТ15 и ВТ18) применяют только чугунные

5.1. Конструктивный модуль первого порядка трубы мелиоративного сортамента

Наименование и марка	Конструктивная схема	Назначение
		Быстроразборные
Разборная труба с раструбным соединением: РТ-180	 *1* — раструб; *2* — манжета; *3* — замок; *4* — цилиндр; трубы; *5* — патрубок	Для транспортирования воды от передвижных насосных станций непосредственно к дождевальным установкам
РТЯ-220	 *а*	Для транспортирования воды от передвижных насосных станций (*а* — прямая секция) к орошаемому участку и для подачи воды непосредственно в дождевальные машины типа ДКШ-64 «Волжанка», «Ока» (*б* — секция с патрубком)
	 *б*	
	1 — раструб; *2* — манжета; *3* — цилиндр трубы; *4* — запорный выступ; *5* — патрубок	

Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Материал	Длина, м	Рабочее давление, МПа	Предельный угол поворота в стыке, град	Масса, кг	Примечание
трубы							
180	1,2	Сталь	5	0,9	6	32	
220	3	Алюминий	9	0,6	8	48,4	

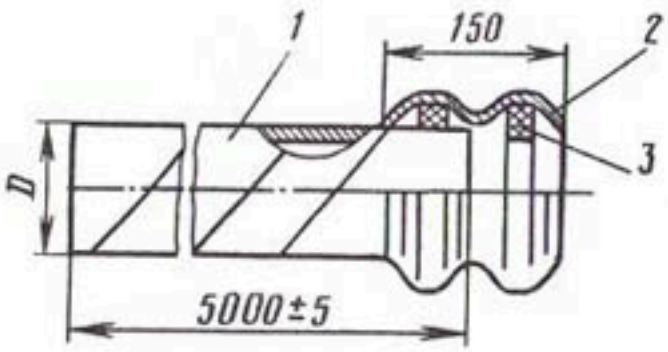
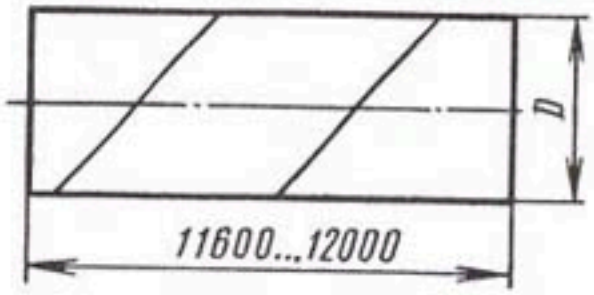
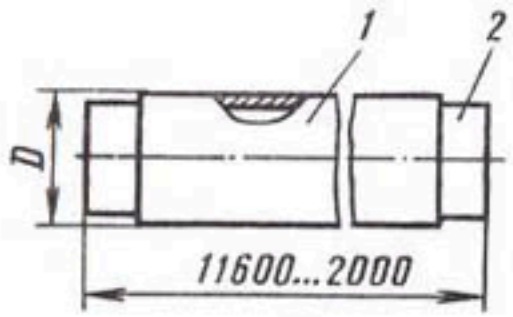
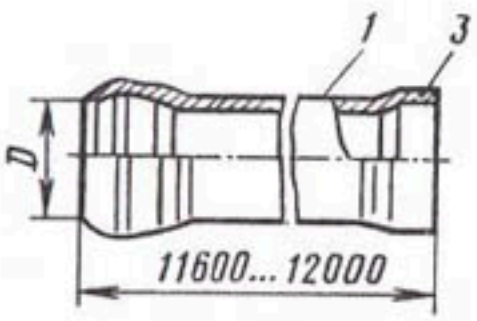
Наименование и марка	Конструктивная схема	Назначение
Разборная труба с шаровым соединением: РТШ-180 РТШ-250	 *1* — внутренняя шаровая сфера; *2* — замок; *3* — цилиндр трубы; *4* — наружная шаровая сфера; *5* — уплотнительная манжета	Для транспортирования воды от передвижных насосных станций к орошаемому участку по поверхности особо сложного рельефа
РТШ-105А РТШ-125А РТШ-150А		Применяют в основном в составе комплектов передвижного ирригационного оборудования
Стальные тонкостенные		
Электросварные спирально-шовные с защитным покрытием на основе лака «Этиноль» и «Корс» с утолщенными обечайками для соединения сваркой: СТ-200 СТ-250 СТ-300 СТ-350 СТ-400	 *1* — цилиндр трубы с покрытием; *2* — утолщенная цилиндрическая обечайка (толщина стенки 6 мм)	Применяют при сооружении распределительных и оросительных трубопроводов последнего подчинения при расчетных давлениях 1,5 МПа и выше

Продолжение

Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Материал	Длина, м	Рабочее давление, МПа	Предельный угол поворота в стыке, град	Масса, кг	Примечание
180	1,2	Сталь	5	1,2	15	45	
250	До 2	»	5	1	12	67	
105	1,5	Алюминий	6	1,2	15	9,8	
125	1,5	»	6	1,2	15	12,4	
150	2	»	6	1,2	15	17,9	

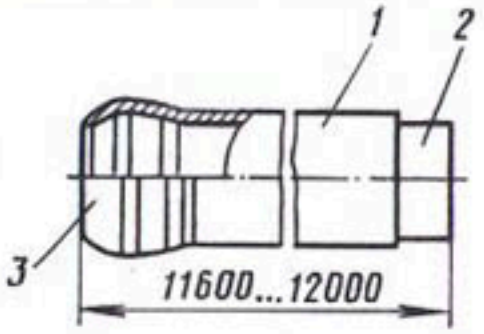
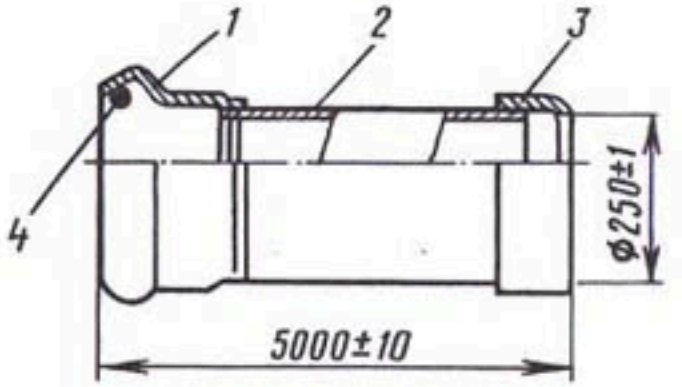
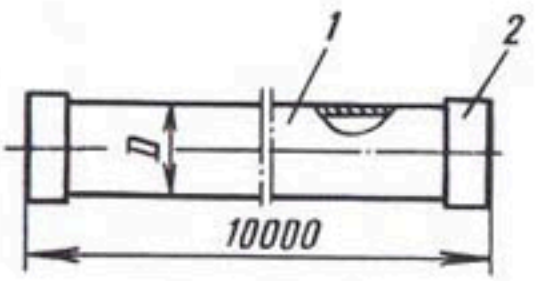
трубы с антикоррозионным покрытием

206	1,8; 2; 2,2	Покрытие наружное 600... 1500 мкм; внутреннее 140... 160 мкм	6...9	1,5	—	9,34; 10,38; 11,41	Дана масса 1 м трубы без соединительных частей и покрытия
257	1,8; 2; 2,2; 2,5			1,5	—	11,57; 12,67; 13,94; 15,84	
309	2,2; 2,5; 2,8; 3,2			1,5	—	17; 19,32; 21,63; 24,72	
361	2,5; 2,8; 3,2; 3,6			1,5	—	22, 52; 25,22; 28,33; 32,43	
412	2,8; 3,2; 3,6; 4			1,5	—	28,43; 32,56; 36,6; 40,62	

Наименование и марка	Конструктивная схема	Назначение
Электросварные спирально-шовные с полимерным покрытием и соединительными муфтами: СТП-160 СТП-270	 1 — цилиндр трубы с покрытием; 2 — штампосварная муфта; 3 — уплотнительная манжета	Применяют при сооружении трубопроводов, как правило, последнего подчинения и предпочтительнее в просадочных грунтах
Электросварные спирально-шовные с полимерным и фосфатным покрытиями		Применяют при сооружении распределительных и оросительных трубопроводов последнего подчинения
Электросварные спирально-шовные или прямошовные с цементно-песчаным и лаковым покрытиями: а) ТСАО б) ТСАР в) ТСАРО	 а  б	Применяют при сооружении магистральных распределительных и оросительных трубопроводов

Продолжение

Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Материал	Длина, м	Рабочее давление, МПа	Предельный угол поворота в стыке, град	Масса, кг	Примечание
166 277	2 2,5; 3,5	Покрытие наружное — полиэтилен 2...2,5 мм; внутреннее — этиноль 140... 160 мкм	5	1,5	До 5	8,1 18,23; 25,07	Дана масса 1 м без соединительной муфты
159	4; 4,5	Покрытие наружное — полиэтилен 2,5 мм; внутреннее — фосфатное 0,6 мм	11,6...12	2,5	—	15,44	Дана масса 1 м без покрытия
168	4; 4,5			2,5	—	16,34	
219	4; 4,5			2,5	—	21,42	
273	4,5			2,5	—	30,09	
323	4,5			2,5	—	35,92	
426	4,5			2,5	—	47,24	
219	4	Покрытие наружное — битумное или этиноле-вые мастики; внутреннее — цементно-песчаная смесь в соотношении 1:3	11,6...12	2	—	21,5	Выпускают типа ТСАР на диаметр 299 мм; типа ТСАРО на диаметр 325 мм
273	4			2	—	26,9	
299	4			2	—	29,3	
325	4			2	—	35,9	
377	5			2	—	46,5	
426	5			2	—	63,1	
530	5			2	—	78,7	

Наименование и марка	Конструктивная схема	Назначение
	 *б* *1* — цилиндр трубы; *2* — обечайка; *3* — раструб;	
Электросварные спирально-шовные с двусторонним цинковым покрытием: ТСЦ-250	 *1* — раструб; *2* — тело трубы; *3* — втулка; *4* — резиновое кольцо	Применяют в основном при сооружении оросительных трубопроводов последнего подчинения
Электросварные прямошовные с двусторонним стеклоэмалевым покрытием: ТЭГ-300	 *1* — труба; *2* — обечайка	Применяют в основном при сооружении распределительных и оросительных трубопроводов для систем с использованием животноводческих стоков

муфты. Чугунные соединительные муфты имеют ограниченный допустимый угол изгиба в стыке не более 1...1,5°. В квадратных резиновых уплотнительных муфтах САМ используют самоуплотнительный гидравлический принцип. Герметичность соединения круглых уплотнительных резиновых колец чугунных муфт достигается за счет их механического обжатия в зазоре соединения на 40...50 %.

Продолжение

Диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Материал	Длина, м	Рабочее давление, МПа	Предельный угол поворота в стыке, град	Масса, кг	Примечание
250	2	Покрытие — цинк 80 мкм	5	1,6	8	73	
299	4	Покрытие — стеклоэмаль 1,5 мм	10	2,6	—	30,9	Дана масса 1 м без соединительных частей

Резиновые кольца в стыковых соединениях сохраняются в рабочем состоянии в течение 45 лет, срок их хранения до использования не должен превышать 2 лет.

Железобетонные трубы (виброгидропрессованные и центрифугированные) соединяют раструбными стыками с использованием круглых или фигурных в сечении резиновых уплотнительных манжет. В практике

строительства железобетонных трубопроводов для повышения водонепроницаемости стыковых соединений нередко применяют дополнительную заделку стыка асбестоцементной смесью (30...35 % асбеста, 70...65 % цемента марки не ниже 400, воды 10...12 % массы сухой смеси).

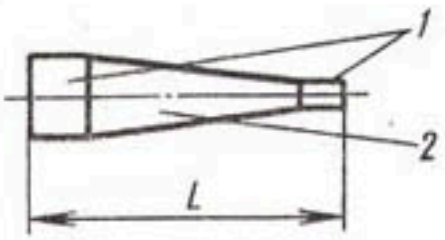
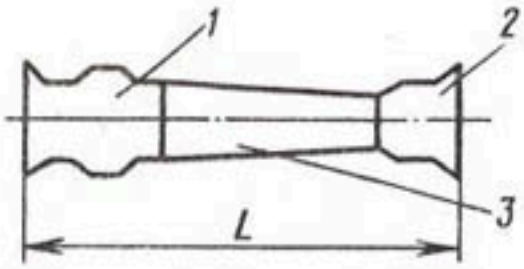
Пластмассовые трубы соединяют неразъемным (тепловая сварка или склеивание) и разъемным (на резиновых кольцах, фланцах, накидных гайках) способами. Сваркой или склеиванием соединяют пластмассовые трубы, как правило, диаметром 100 мм и более. При работах необходимо руководствоваться СН 550—82 «Инструкция по проектированию технологических трубопроводов из пластмассовых труб» и рекомендациями специальной технической литературы.

5.3. ФАСОННЫЕ ЧАСТИ

Унифицированные фасонные части с антикоррозионной защитой предназначены для устройства поворотов, ответвлений и переходов от одного диаметра трубопроводов к другому. Их применяют для соединения:

стальных труб с нормальной толщиной стенки диаметром 168...1220 мм;

5.2. Конструктивный модуль первого порядка — соединительная трубопроводная

Наименование, тип изделия	Схема	Назначение
Переходы	 *1* — патрубок; *2* — переход	Для устройства переходов от одного диаметра к другому на трубопроводах закрытых оросительных систем из чугунных труб диаметром 150...400 мм (ГОСТ 21053—75, ГОСТ 9583—75) и асбестоцементных диаметром 150...500 мм (ГОСТ 539—80)
Переходы	 *1* — раструб; *2* — втулка; *3* — переход	Для устройства переходов от одного диаметра к другому на трубопроводах закрытых оросительных систем из стальных тонкостенных труб диаметром 150...400 мм (ТУ 33-17—82)

стальных тонкостенных спирально-шовных труб с двусторонним цинковым покрытием диаметром 254 мм;

стальных тонкостенных труб с лакоэтинолевым покрытием с условным проходом 200...400 мм;

стальных электросварных труб со спиральным швом с противокоррозионным этинолевым покрытием диаметром 254 мм;

стальных тонкостенных электросварных труб со спиральным швом (для мелиорации) диаметром 168...426 мм;

чугунных труб с условным проходом 150...400 класса ЛА;

асбестоцементных труб с условным проходом 150...500 мм;

железобетонных напорных виброгидропрессованных труб с условным проходом 500...1200 мм;

полиэтиленовых труб средним наружным диаметром 160...300 мм.

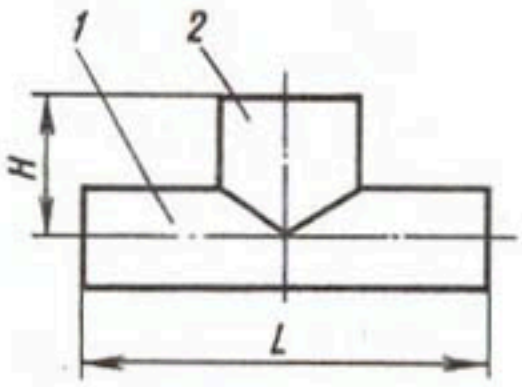
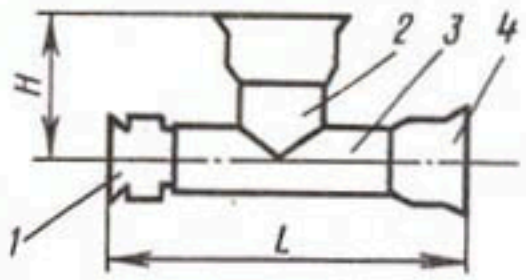
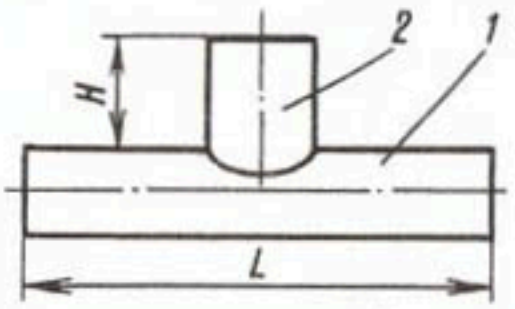
Виды фасонных частей (соединительных частей) по назначению и способам присоединения к трубопроводам, а также их технические параметры приведены в таблице 5.2 конструктивных модулей первого порядка.

Фасонные части для стальных труб рассчитаны на рабочее давление 2 МПа, а для всех остальных — 1,5 МПа.

Толщина стенок фасонных частей дифференцирована в зависимости от сроков службы трубопроводов, для которых они предназначены, на

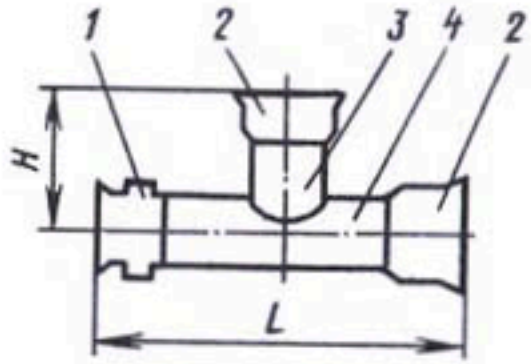
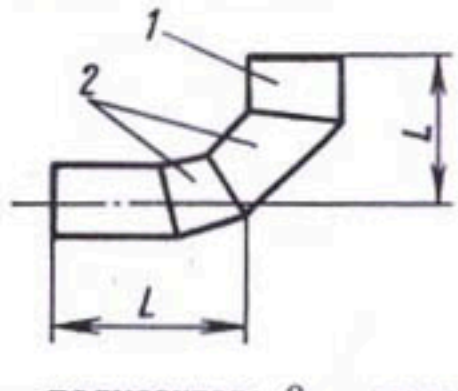
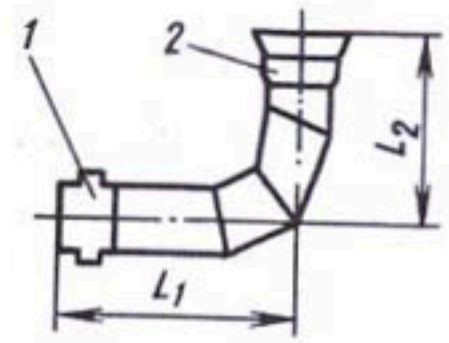
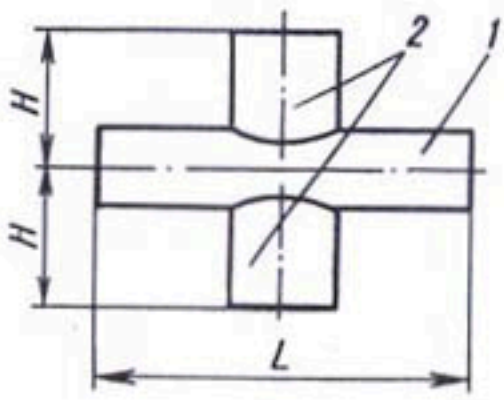
арматура (соединительные части)

Диаметр условный, мм	Давление, МПа	Масса, кг	Габариты			Материал основных деталей	Примечание
			H	*B*	*L*		
			мм				
П-200-150а		11,9	—	—	600	Сталь листовая	
П-250-200а		15,3	—	—	600		
П-300-250а		24,2	—	—	650		
П-350-300а	1,5	33,3	—	—	700		
П-400-350а		51,7	—	—	800		
П-500-400а		74,5	—	—	900		
П-250-150а		16,3	—	—	650		
П-300-200а		22,7	—	—	700		
П-350-250а		33,4	—	—	750		
П-400-300а		52,3	—	—	900		
П-500-350		68,5	—	—	1000		
П-300-150		23	—	—	750		
П-350-200		33,5	—	—	850		
П-400-250		53,3	—		950		
П-500-300		59,1	—	—	1100		
П-200-150т		10,8	—	—	480	Сталь листовая	
П-250-150т		13,7	—		530		
П-250-200т		13,8	—	—	480		
П-300-150т		18	—	—	580		
П-300-200т	2	18	—	—	480		
П-300-200т		17,9	—	—	530		
П-350-200т		26,6	—	—	680		
П-350-300т		21,9	—	—	480		

Наименование, тип изделия	Схема	Назначение
Тройник равнопроходной	 *1* — ствол; *2* — штуцер	Для устройства ответвлений на трубопроводах оросительных систем из труб стальных тонкостенных (ТУ 102-39—74), асбестоцементных и чугунных
Тройник равнопроходной	 *1* — втулка; *2* — штуцер; *3* — ствол; *4* — раструб	Для устройства ответвлений на трубопроводах оросительных систем из стальных труб (ТУ 33-17—82)
Тройник переходной	 *1* — ствол; *2* — штуцер	Для устройства ответвлений на трубопроводах оросительных систем из стальных труб (ТУ 102-39—74), асбестоцементных и чугунных (ГОСТ 21053—73 и ГОСТ 539—80)

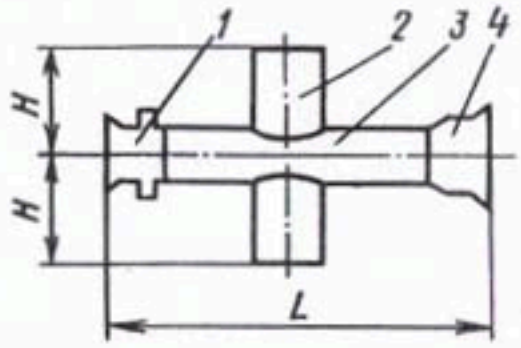
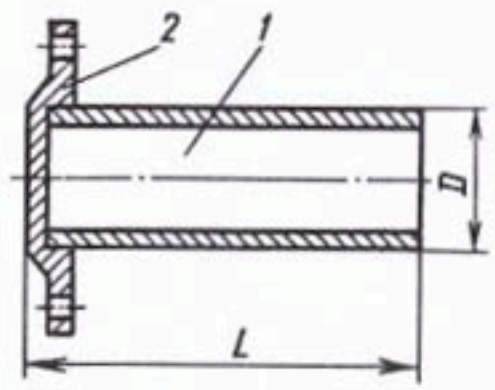
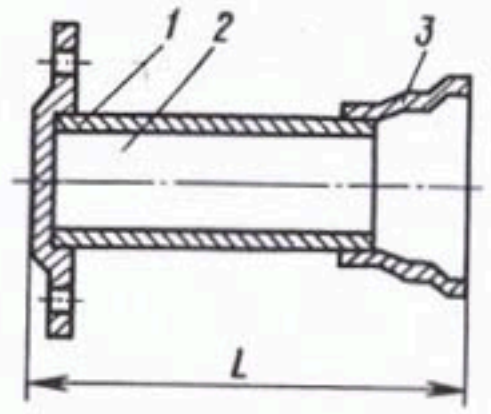
Продолжение

Диаметр условный, мм	Давление, МПа	Масса, кг	Габариты H, мм	Габариты B, мм	Габариты L, мм	Материал основных деталей	Примечание
П-350-250т		24,5	—	—	580		
П-400-250т		34,7	—	—	680		
П-400-300т		30,7	—	—	580		
Т-150		15,3	350	—	600	Стальные трубы (ГОСТ 10704—76)	
Т-200		28,1	350	—	700		
Т-250	2	34,6	400	—	800		
Т-300		42,1	450	—	800		
Т-350		70,7	500	—	1000		
Т-400		96,9	500	—	1100		
Т-150		24,4	350	—	1100		
Т-200а		30,5	350	—	1200		
Т-250а	1,5	47,1	400	—	1200		
Т-300а		62,1	450	—	1300		
Т-350а		87,4	500	—	1300		
Т-400а		118,4	500	—	1400		
Т-150т		22,8	462	—	820	То же	
Т-200т		37,7	462	—	920		
Т-250т	2	45,7	512	—	1020		
Т-300т		55,6	562	—	1020		
Т-350т		86,5	612		1220		
Т-400т		114,3	612	—	1320		
Т-200-150		19,6	380	—	700 (1100)	»	
Т-250-150		31,3	400	—	(1100		
Т-250-200		31,8	400	—	(1200)		
Т-300-150	2	36,2	420	—	800 (1100)		
Т-300-200		36,6	420	—	(1200)		
Т-300-250		40,2	440	—	(1300)		
Т-350-150		59,5	440	—	(1100)		
Т-350-200		59,8	440	—	(1200)		
Т-350-250		62,4	440	—	1000 (1200)		
Т-350-300		64,3	460	—	(1300)		
Т-400-150		83,1	460	—	(1100)		
Т-400-200		83,6	480	—	1100 (1200)		
Т-400-250		86	480	—	(1200)		
Т-400-300		87,3	480	—	(1300)		
Т-400-350		93,4	520	—	(1300)		

Наименование, тип изделия	Схема	Назначение
Тройник переходной	 *1* — втулка; *2* — раструб; *3* — штуцер; *4* — ствол	Для устройства ответвлений на трубопроводах оросительных систем из стальных труб (ТУ 33-17—82)
Отводы	 *1* — полусектор; *2* — сектор	Для устройства поворотов под углом 90° трубопроводов оросительных систем из стальных тонкостенных труб (ТУ 33-17—82), чугунных и асбестоцементных
Отводы	 *1* — втулка; *2* — раструб	Для устройства поворотов под углом 90° трубопроводов оросительных систем из стальных труб (ТУ 33-17—82)
Кресты	 *1* — ствол; *2* — штуцер	Для устройства ответвлений трубопроводов оросительных систем из стальных труб (ТУ 102-39—74)

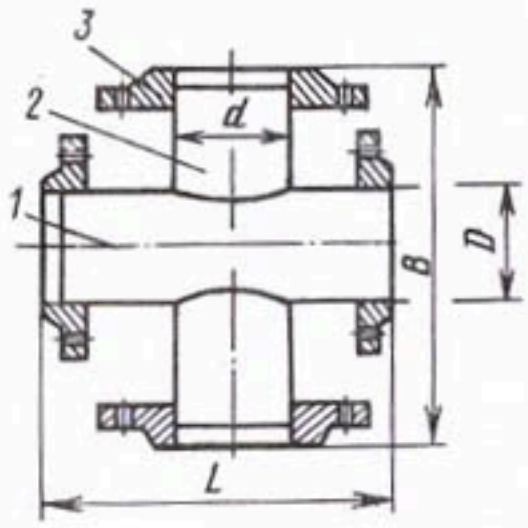
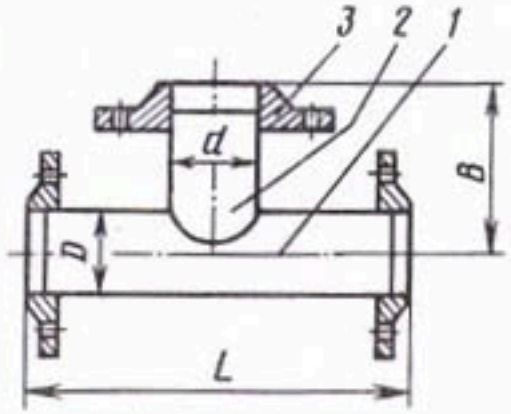
Продолжение

Диаметр условный, мм	Давление, МПа	Масса, кг	Габариты H, мм	Габариты B, мм	Габариты L, мм	Материал основных деталей	Примечание
Т-300-150т		47,7	532	—	1020	Стальные	
Т-300-200т		48,8	532	—	1020	трубы	
Т-300-250т		52,9	552	—	1020	(ГОСТ	
Т-350-250т	2	76,6	552	—	1220	10704—76)	
Т-400-150т		97,2	572	—	1320		
Т-400-200т		98,4	592	—	1320		
Т-400-250т		101,3	592	—	1320		
Т-400-300т		103,4	592	—	1320		
Т-400-350т		110,3	832	—	1320		
О-90-150	Для	14,6	—	—	440	То же	
О-90-150а	отво-	14,6	—		440		
О-90-200	дов	20	—	—	519		
О-90-200а	типа	20	—	—	519		
О-90-250	О-90-	35,8	—	—	574		
О-90-250а	Д	35,8	—	—	574		
О-90-300	рав-	43,6	—	—	628		
О-90-300а	но 2,	43,6	—	—	628		
О-90-350	для	69,6	—	—	733		
О-90-350а	О-90-	97,6	—	—	733		
О-90-400	Д	97,8	—	—	789		
О-90-400а	равно 1,5	97,8	—	—	789		
О-90-150т		19,5	—	—	548/552	Стальные	В числителе
О-90-200т	2	26,3	—	—	627/631	трубы	показан
О-90-250т		43,4	—	—	682/686	(ГОСТ	размер L_1,
О-90-300т		52,5	—	—	736/740	10704—76)	в знамена-
О-90-300т		80		—	841/845		теле L_2
О-90-400т		109,3	—	—	897/901		
К-300-150		40,3	400	—	800	То же	
К-300-200		41,1	420	—	800		
К-350-200	2	63,8	440	—	1000		
К-400-150		86,6	460	—	1100		
К-400-200		87,8	480	—	1100		
К-400-250		92,9	480	—	1100		
К-400-300		95	480	—	1100		

Наименование, тип изделия	Схема	Назначение
Кресты	 *1* — втулка; *2* — патрубок; *3* — отвод; *4* — раструб	Для устройства ответвлений трубопроводов оросительных систем из стальных тонкостенных труб (ТУ 33-17—82)
Патрубок — фланец — гладкий конец	 *1* — патрубок; *2* — фланец	Для установки трубопроводной арматуры на трубопроводах из стальных труб (ГОСТ 10704—76)
Патрубок — фланец-раструб	 *1* — фланец; *2* — патрубок; *3* — раструб	Для установки трубопроводной арматуры на трубопроводах из стальных тонкостенных с двусторонним цинковым покрытием ТСЦ-250 труб (ТУ 14-3-1001—81, изменение № 3)

Продолжение

Диаметр условный, мм	Давление, МПа	Масса, кг	Габариты			Материал основных деталей	Примечание
			H	*B*	*L*		
			мм				
К-300т-150		49,2	420	—	1020	»	
К-300т-200	2	50	420	—	1020		
К-350т-200		74,2	440	—	1220		
К-400т-150		98,1	460	—	1320		
К-400т-200		99,1	480	—	1320		
К-400т-250		104,4	480	—	1320		
П-100(108)		15,3	—	—	1100	Стальные трубы (ГОСТ 10704—76) и сталь ГОСТ (1255—67)	Допускается изготовление фланцев по ТУ 33-239—85. В скобках указаны фактические наружные диаметры патрубков
П-150(168)	2,4	28,2	—	—	1100		
П-200(219)		48	—	—	1100		
П-300(325)		94	—	—	1300		
П-400(426)		144	—	—	1500		
П-250 ТСЦР	2,4	48	—	—	1100	То же	Аналогичный патрубок типа П-250 ТСЦВ (патрубок втулка-фланец)

Наименование, тип изделия	Схема	Назначение
Крест фланцевый переходной	 *1* — ствол; *2* — штуцер; *3* — фланец	Для установки трубопроводной арматуры на трубопроводах из стальных мелиоративных труб
Тройник фланцевый переходной	 *1* — ствол; *2* — штуцер; *3* — фланец	Для установки трубопроводной арматуры на трубопроводах из стальных мелиоративных труб

Примечания. 1. СЧ с фланцами — типовой проект 820-02-7с, остальные СЧ — с буквенным обозначением а и т предназначены соответственно для асбестоцементных и размеры для асбестоцементных и чугунных труб.

три группы: $t_{ст} = 3...5$ мм для тонкостенных стальных труб со сроком службы 20 лет; $t_{ст} = 4...10$ мм для труб стальных сварных со сроком службы 25 лет; $t_{ст}$ более 10 мм для чугунных, железобетонных, асбестоцементных и полиэтиленовых труб.

Фасонные части с гладкими концами стальных труб стыкуют сваркой; с обечайками стальных тонкостенных, с гладкими концами чугунных и асбестоцементных труб — чугунными муфтами, с втулочно-раструбными концами тонкостенных стальных труб — втулками и раструбами фасонных частей аналогичной конструкции; с железобетонными трубами-раструбами и вставками фасонных частей; необточенный конец

Продолжение

Диаметр условный, мм	Давление, МПа	Масса, кг	Габариты H, мм	Габариты B, мм	Габариты L, мм	Материал основных деталей	Примечание
К-200-150	2,4	57	—	519	688	Стальные трубы (ГОСТ 10704—76) и сталь (ГОСТ 1255—67)	
К-200-200		67	—	519	738		
К-300-150		84	—	625	690		
К-300-200		94	—	625	740		
К-400-150		114	—	726	692		
К-400-200		125	—	726	742		
Т-200-150	2,4	48,9	—	295,5	688	То же	Имеется аналогичный по конструкции тройник с заглушкой
Т-200-200		55	—	295,5	738		
Т-300-150		75,8	—	312,5	690		
Т-300-200		82,6	—	312,5	740		
Т-300-300		96,7	—	562	600		
Т-400-300		125	—	613	600		

типовой проект 3.820.2—51 (разработчик «Укрюжгипроводхоз»). 2. Соединительные части стальных труб, без буквенного обозначения — для чугунных труб. 3. В скобках указаны

асбестоцементной трубы с обточенным концом трубы того же диаметра — переходом с раструбом и гладким концом; с полиэтиленовыми трубопроводами — на фланцах.

Конструкции упоров принимают по типовому проекту серии 4.901—7 «Упоры на наружных напорных трубопроводах водопровода и канализации».

В качестве антикоррозионной защиты используют кремнийорганическую эмаль КО-198, эпоксидную каучуковую краску ЭКК-25 или другие апробированные покрытия со сроком службы не менее 15 лет.

5.4. КЛАССИФИКАЦИЯ, УСТРОЙСТВО И УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ТРУБОПРОВОДНОЙ АРМАТУРЫ

Арматура закрытой оросительной сети — это технологическое оборудование, устанавливаемое для обеспечения водораспределения и поддержания во времени требуемых расходов, давления и других параметров рабочей среды.

Гидротехническую трубопроводную арматуру по принципу действия делят на четыре основных класса (вида): запорную, регулирующую, предохранительную и аэрационную. Классификация арматуры по этому признаку приведена в таблице 5.3.

5.3. Классификация гидротехнической трубопроводной арматуры

Вид	Тип	Наименование
Запорная	Затворы, задвижки	С ручным приводом, с гидроприводом, с электроприводом
	Клапаны обратные	Однодисковые, многодисковые, однодисковые с демпфером
	Клапаны многоцелевые и специальные	Водокольцевые комбинированные, распределительные многоцелевые
Регулирующая	Регуляторы давления	«После себя», универсальные
	Регуляторы расхода	Редукционные, объемного ограничения
Аэрационная	Вантузы	Рычажные, мембранные
	Аэраторы	Клапаны впуска воздуха, клапаны выпуска воздуха
Предохранительная	Клапаны противоударные	Стационарные, позиционные
	Клапаны предохранительные	Сбросные, перепускные

Арматура запорная (задвижки, затворы, краны и клапаны) предназначена для закрытия и открытия проходного сечения оросительного трубопровода.

Арматура регулирующая (регуляторы давления, расхода) предназначена для направленного изменения параметров рабочей среды посредством частичного перекрытия проходного сечения.

Арматура предохранительная (предохранительные и обратные клапаны) обеспечивают автоматическую защиту оросительных трубопроводов от аварийных изменений давления и других параметров оросительной сети.

Арматура аэрационная (вантузы, аэраторы) предназначена для автоматического выпуска избытков воздуха из трубопроводов во время их работы или впуска воздуха для предотвращения образования в них вакуума.

Виды трубопроводной арматуры подразделяют на типы в зависимости от конструктивного исполнения их основных узлов (запорных органов или приводов).

Типы арматуры, в свою очередь, подразделяют на типоразмеры по условному проходу. Диаметр условного прохода и условное давление — основные параметры конструктивного модуля первого порядка арматуры.

Не следует смешивать диаметр условного прохода с диаметром проходного сечения в арматуре. Последний часто меньше D_y (арматура с сужением прохода) или больше D_y (затворы с кольцевым проходным сечением). Различные типы арматуры при одном этом же условном проходе могут иметь разные проходные сечения (например, шаровая задвижка и вентильный регулятор давления). В то же время условный проход арматуры, как правило, не совпадает и с фактическим проходным диаметром трубопровода. Так, трубопроводы мелиоративного сортамента с различными типами антикоррозионного покрытия при одинаковом номинальном диаметре имеют фактически различные внутренние диаметры.

5.5. СООРУЖЕНИЯ НА ТРУБОПРОВОДНОЙ ОРОСИТЕЛЬНОЙ СЕТИ

Элементы трубопроводной сети из конструкций однородной продукции (модули первого порядка) (табл. 5.4) образуют на оросительной сети группы (узлы) одновременно работающего оборудования, функционально связанного между собой, — конструктивные модули второго порядка.

Модуль второго порядка обслуживает участок оросительной сети и обеспечивает механизированный (автоматизированный) полив из трубопроводной сети по рекомендованной технологии. Как правило, модули второго порядка содержат элементы строительной индустрии и позволяют применять оптимальные типовые технические решения. Помимо основных технических показателей, входящих в конструкцию модулей первого порядка, модули второго порядка включают показатели числа, материала и стоимости.

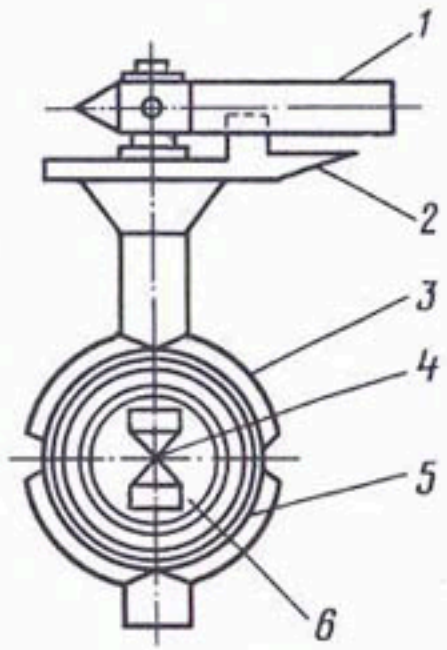
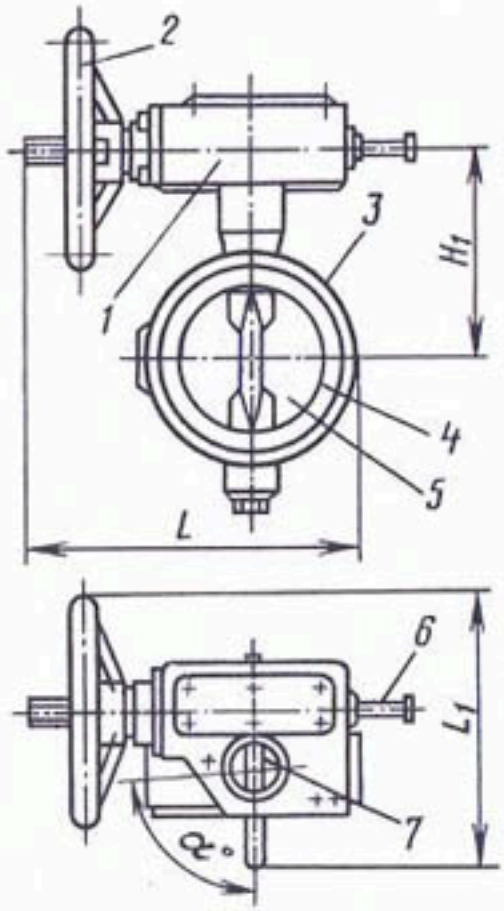
Типоразмеры конструктивного модуля второго порядка определяются видом поливной техники и нормативной сезонной загрузкой в зависимости от зон применения. Технико-экономические показатели его устанавливают по исходным данным модулей первого порядка и нормативно-справочным материалам при оптимальных условиях эксплуатации техники.

Карты конструктивных модулей второго порядка, в которых объединены данные карт параметров и карт автономной документации по совокупности признаков однотипных сооружений, приведены в таблице 5.5.

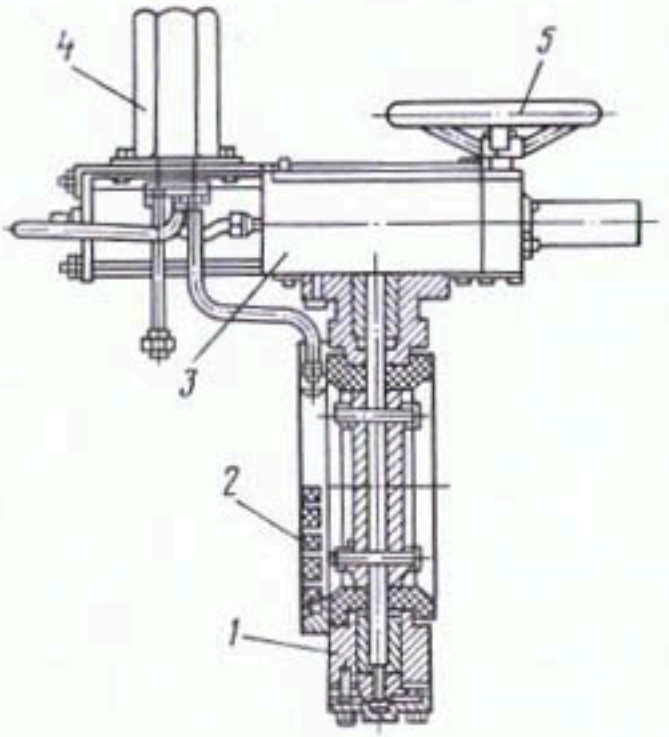
5.6. КОНСТРУКТИВНЫЙ МОДУЛЬ ТРУБОПРОВОДНОЙ СЕТИ

Трубопроводная оросительная сеть с сооружениями и размещенной на ней запорно-регулирующей, предохранительной и аэрационной арматурой представляет собой конструктивно и технологически завершенный оросительный комплекс, работающий в едином технологическом

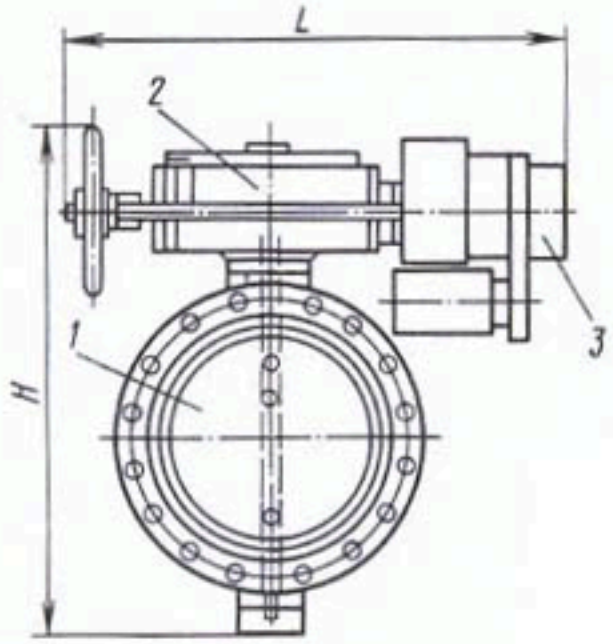
5.4. Конструктивный модуль первого порядка

Наименование, тип изделия, марка	Схема	Назначение
Затвор дисковый поворотный с ручным приводом (от рукоятки с защелкой) с уплотнением по корпусу (ГОСТ 12521—77)	 *1* — рукоятка; *2* — защелка; *3* — корпус; *4* — ось; *5* — уплотнительная манжета; *6* — диск	1. *Запорная трубопро* При устройстве сбросов технологических трубопроводов, на отводах перед вантузами и предохранительной арматурой для отключения и включения
Затвор дисковый поворотный с механическим приводом (от редуктора) с уплотнением по корпусу (ТУ 33-128—87, ТУ 33-154—87, ТУ 33-149—87, ТУ 33-205—87)	 *1* — редуктор; *2* — маховик; *3* — корпус; *4* — уплотнительная манжета; *5* — диск; *6* — регулировочный винт; *7* — указатель положения затвора	При установке на оросительных трубопроводах, насосных станциях, дождевальных и поливных машинах для отключения, включения и регулирования гидравлического режима

Марка	Диаметр условный, мм	Давление, МПа	Масса, кг	Габариты, м			Материал основных деталей	Примечание
				H	*B*	*L*		
водная арматура								
ЗП-50-1	50	1	2,3	199	34	182,5	Чугун, сталь, резина	
ЗП-80-1	80	1	3	158	34	182,5		
ЗПР-100-1	100	1	11,9	460	180	180		
ЗПР-150-1	150	1	26,6	505	200	445		
ЗПР-200-1	200	1	43,5	595	220	510		
ЗПР-300-1	300	1	78,8	820	360	659		
ЗПР-400-1	400	1	167	960	372	930		
ЗПР-100-1,6	100	1,6	18	460	180	180		
ЗПР-150-1,6	150	1,6	28,6	505	200	445		
ЗПР-200-1,6	200	1,6	43,5	595	220	510		
ЗПР-300-1,6	300	1,6	79,1	800	380	695		

Наименование, тип изделия, марка	Схема	Назначение
Затвор дисковый поворотный с гидравлическим приводом от редуктора (с дублером) с уплотнением по корпусу (ТУ 33-135—87)		При установке на входном патрубке дождевальных машин в блоке их аварийной защиты, в системе гидроавтоматики оросительных сетей, в качестве дросселирующего устройства на трубопроводах

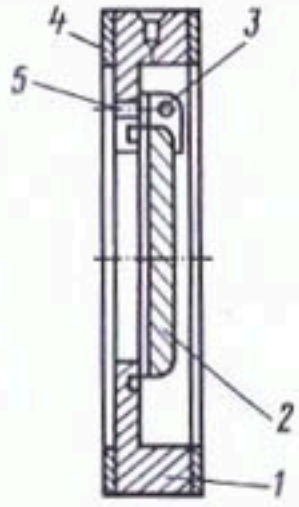
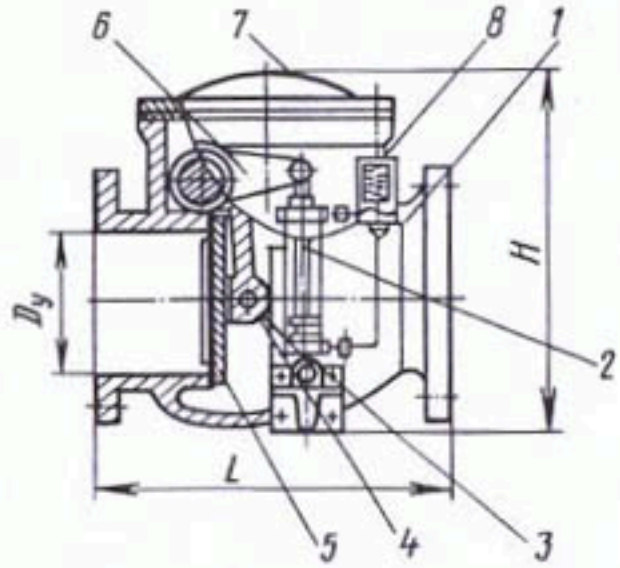
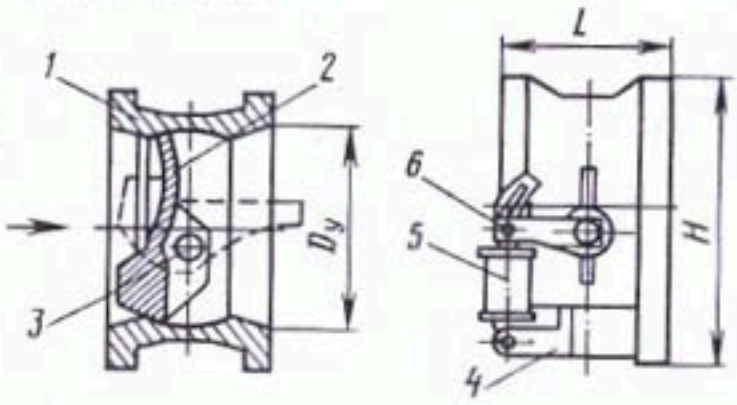
1 — затвор дисковый поворотный; *2* — фильтр; *3* — гидравлический привод; *4* — электрогидрореле; *5* — ручной дублер

Затвор дисковый поворотный с электрическим приводом с уплотнением по корпусу и по диску (ГОСТ 13547—79)		При установке на насосных станциях, в блоке аварийной защиты электрифицированных дождевальных машин, в системах электроавтоматического управления оросительных систем

1 — затвор дисковый поворотный; *2* — редуктор с ручным дублером; *3* — электродвигатель мощностью 0,18 кВт

Продолжение

Марка	Диаметр условный, мм	Давление, МПа	Масса, кг	Габариты, м			Материал основных деталей	Примечание
				H	*B*	*L*		
ЗПГ-150-1	150	1	48,8	220	62	450	Чугун, сталь, бронза, резина	
ЗПГ-200-1	200	1	64	335	90	690		
ЗПГ-300-1	300	1	124	400	100	730		
ЗПЭ-150-1	100	1,6	39	422	225	420	То же	
	150	1,6	43,6	450	225	587		
ЗПЭ-200-1	200	1,6	60,5	735	345	859		
ЗПЭ-300-1	300	1,6	96	810	345	978		
ЗПЭ-400-1	400	1	285	995	500	1100		

Наименование, тип изделия, марка	Схема	Назначение
Клапан обратный с односторонней подвеской диска (бесфланцевый) (ТУ 33-206—87)	 *1* — корпус; *2* — поворотный диск; *3* — ось; *4* — прокладки; *5* — уплотнительное кольцо	Применяют при обустройстве вспомогательного насосного оборудования, на обводных трубопроводах для предотвращения обратного тока рабочей среды
Клапан обратный с односторонней подвеской диска с гидравлическим тормозом (ТУ 33-208—87)	 *1* — корпус; *2* — гидроцилиндр; *3* — кронштейн; *4* — рычаг; *5* — диск; *6* — внешний рычаг; *7* — крышка; *8* — емкость масла	При установке на насосных станциях, напорных трубопроводах оросительной сети для безударного перекрытия трубопроводов при возникновении обратного тока воды
Клапан обратный поворотный с гидравлическим тормозом	 *1* — корпус; *2* — диск; *3* — ось; *4* — ограничитель; *5* — гидроцилиндр; *6* — рычаг	При установке на насосных станциях, магистральных и распределительных напорных трубопроводах для безударного отключения трубопроводов при возникновении обратного тока воды

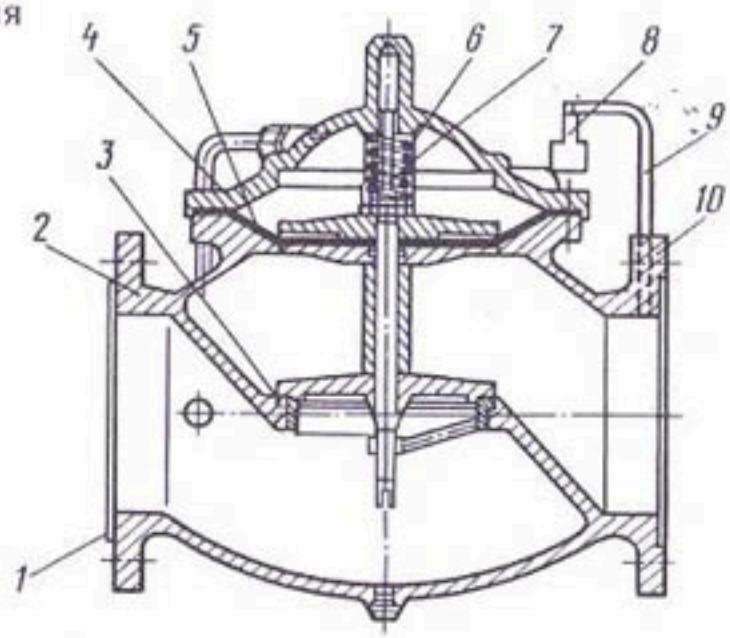
Продолжение

Марка	Диаметр условный, мм	Давление, МПа	Масса, кг	Габариты, м			Материал основных деталей	Примечание
				H	*B*	*L*		
КОБ-50-1,6	50	1,6	1,5	100	24	—	Сталь, резина	
КОБ-80-1,6	80	1,6	2,1	135	24	—		
КОБ-100-1,6	100	1,6	3,2	155	31	—		
КОБ-150-1,6	150	1,6	4,2	205	33	—		
КОР-200-1,6	200	1,6	114	497	500	525	Чугун, сталь, резина	
КОР-250-1,6	250	1,6	155	590	600	590		
КОР-300-1,6	300	1,6	268	685	700	640		
КОР-1,6	400	1	187	585	940	270	Чугун, сталь	
	500	1,6	440	693	960	320		
	600	1,6	630	780	1100	360		
	800	1,6	1270	1060	1480	460		
	1000	1,6	1580	1357	1800	600		

Наименование, тип изделия, марка	Схема	Назначение

II. *Регулирующая трубопро*

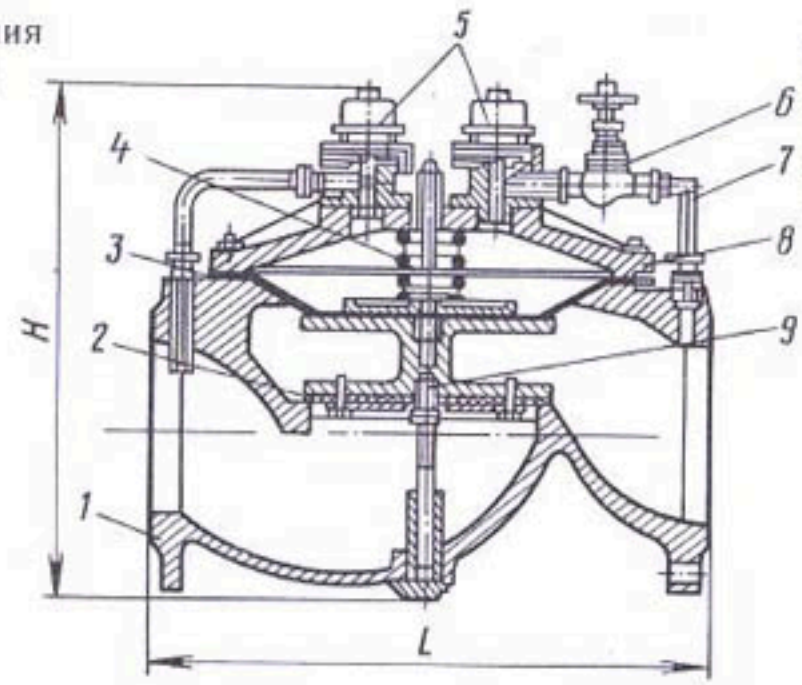
Регулятор давления вентильного типа (ТУ 33- 235—84)



1 — корпус; *2*, *10* — входной и выходной патрубки; *3* — запорное седло; *4* — крышка; *5* — мембрана; *6* — пружина; *7* — шток; *8* — клапан управляющий; *9* — импульсная трубка

Применяют для регулирования (стабилизации) заданного давления «после себя» в оросительных трубопроводах и на входе перед дождевальными машинами

Регулятор давления вентильного типа универсальный (ТУ 33-115—84)

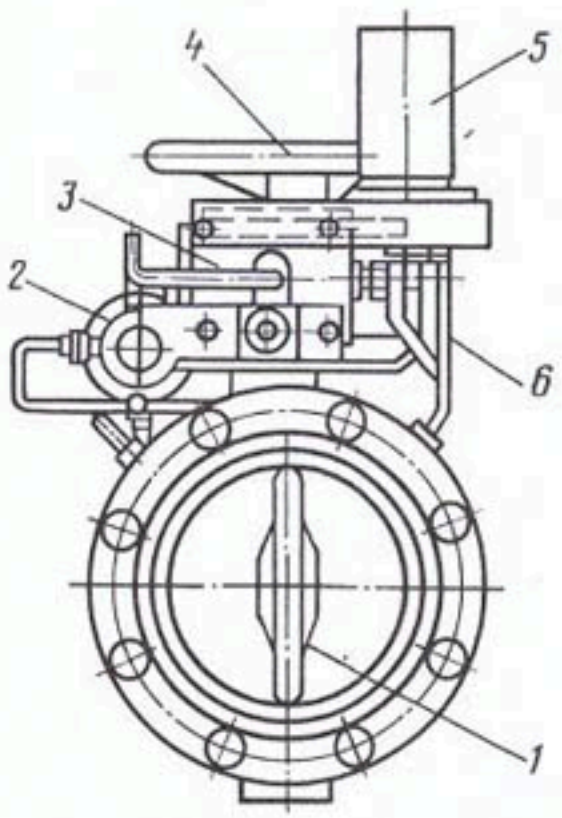
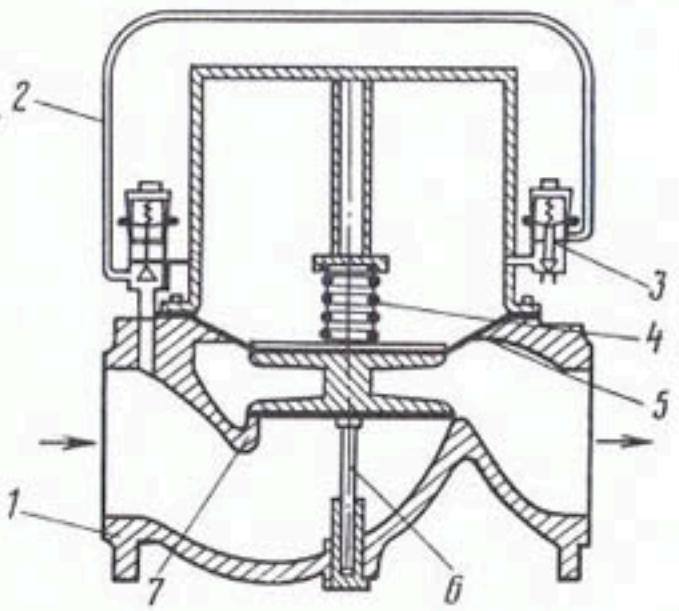


1 — корпус; *2* — запорное седло; *3* — мембрана; *4* — пружина; *5* — клапан; *6* — вентиль; *7* — импульсные трубки; *6* — вентиль

Для регулирования заданного давления «после себя» и «до себя» в оросительных трубопроводах

Продолжение

Марка	Диаметр условный, мм	Давление, МПа	Масса, кг	Габариты, м			Материал основных деталей	Примечание
				H	*B*	*L*		
водная арматура								
РД-150-1	150	1,6	94	465	—	436	Чугун, сталь, резина	
РД-200-1	200	1,6	133	570	—	548		
РДУ-150-1,6	150	1,6	110	520	—	450	Чугун, сталь, бронза, резина	
РДУ-200-1,6	200	1,6	150	570	—	600		
РДУ-200-1								

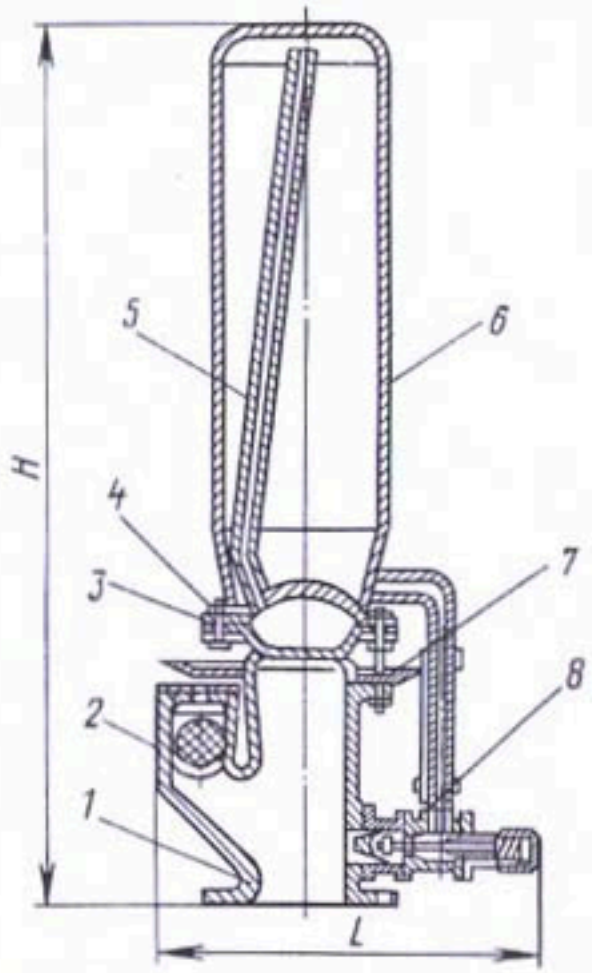
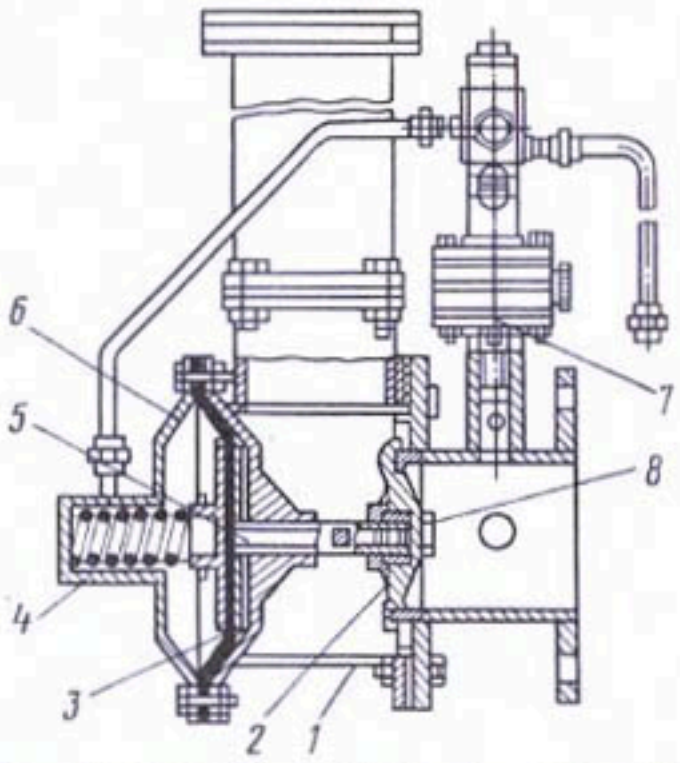
Наименование, тип изделия, марка	Схема	Назначение
Регулятор давления дроссельного типа	 *1* — затвор дисковый поворотный; *2* — клапан регулирующий; *3* — гидравлический привод; *4* — ручной дублер; *5* — электрогидрореле (для блока защиты); *6* — управляющие трубки	Для регулирования заданного давления «после себя» в оросительных трубопроводах и в блоке аварийной защиты дождевальных машин
Гаситель гидравлических ударов (стационарный) мембранного типа	 *1* — корпус; *2* — импульсная трубка; *3* — клапан управляющий; *4* — пружина; *5* — мембрана; *6* — шток; *7* — седло	III. *Предохранитель* При установке на напорном трубопроводе насосной станции (на отводе) для гашения гидравлических ударов

Продолжение

Марка	Диаметр условный, мм	Давление, МПа	Масса, кг	Габариты, м			Материал основных деталей	Примечание
				H	*B*	*L*		
РДП-150-1,2	150	1,2	59	550	810	385	Чугун,	
РДП-200-1,2	200	1,2	78	655	830	395	сталь,	
РДП-300-1,2	300	1,2	124	830	1030	500	резина	

ная трубопроводная арматура

ГУМ-100-1,6	50	1,6	48	579	250	455	То же
ГУМ-200-2,4	100	2,4	185	810	510	600	

Наименование, тип изделия, марка	Схема	Назначение
Клапан защитный предохранительный (стационарный)	 *1* — корпус; *2* — вантуз; *3* — мембрана; *4* — крышка; *5* — трубка; *6* — воздушный бак; *7* — отражатель; *8* — управляющий клапан	При установке на трубопроводах оросительной сети в узлах водораздачи, тупиках и перед дождевальными машинами
Устройство предохранительно-сбросное	 *1* — корпус; *2* — седло; *3* — мембрана; *4* — пружина; *5* — шток; *6* — крышка; *7* — управляющий датчик; *8* — запорный орган	При установке на трубопроводах разветвленной оросительной сети, перед обратными клапанами, на насосных станциях (на сбросе) для гашения избыточного напора

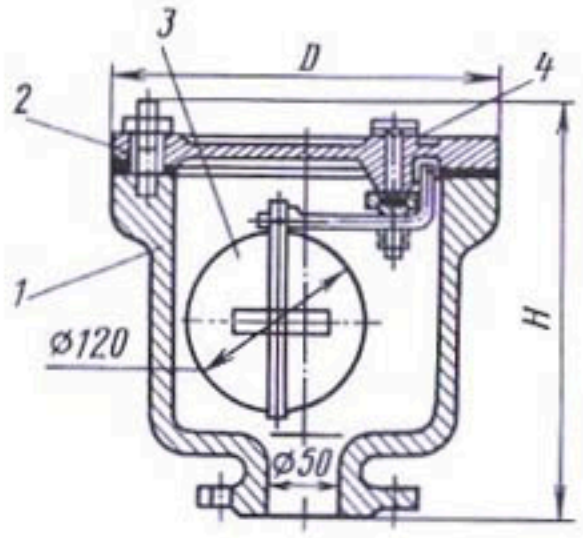
Продолжение

Марка	Диаметр условный,	Давление, МПа	Масса, кг	Габариты, м			Материал основных деталей	Примечание
				H	*B*	*L*		
КЗГ-120	120	1,6	27,3	880	—	490	Алюминий, сталь, резина	
ПСУ-100	100	1,6	23	1300	290	450	Сталь, бронза, резина	

Наименование, тип изделия, марка	Схема	Назначение

VI. *Аэрационная*

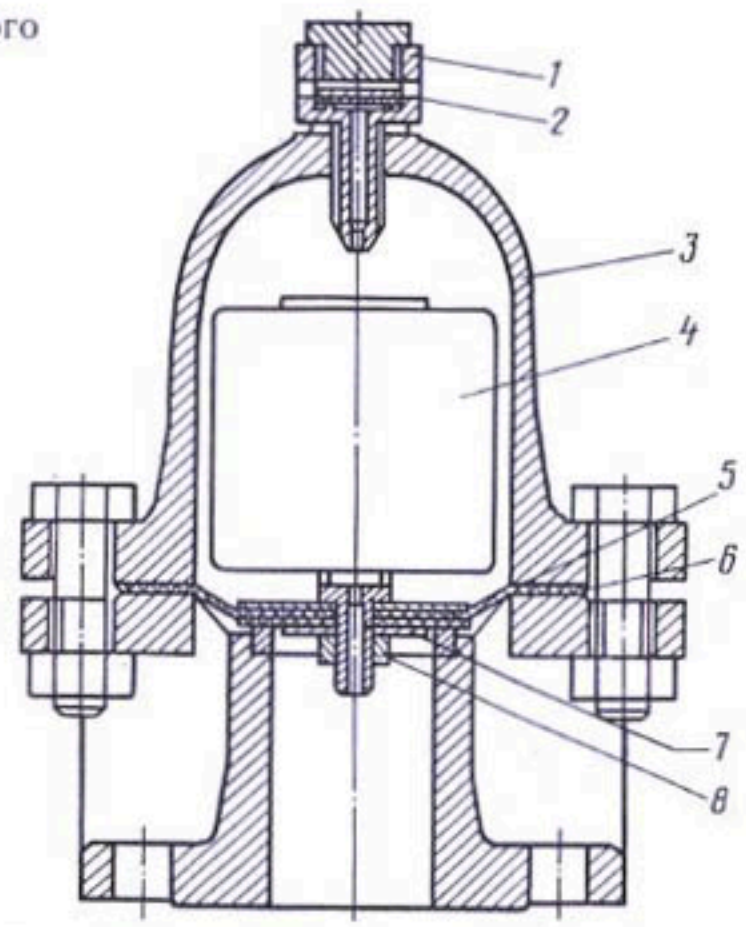
Вантуз рычажного типа (эксплуатационный)



1 — корпус; *2* — крышка корпуса; *3* — шар-поплавок; *4* — золотник с рычажной подвеской

Для периодического удаления воздуха из оросительных трубопроводов в эксплуатационном режиме

Вантуз мембранного типа

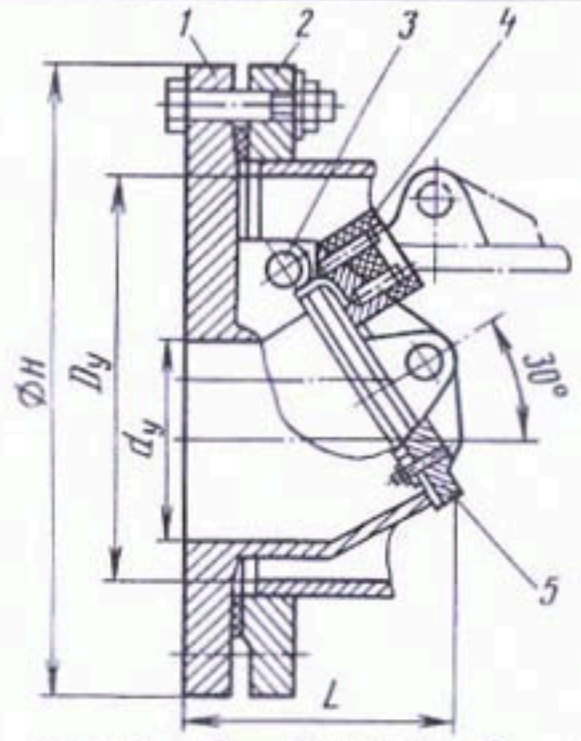


1,3 — корпус и клапан дросселя; *2, 7* — крышка и корпус вантуза; *4* — поплавок; *5* — тарель; *6* — мембрана; *8* — ось

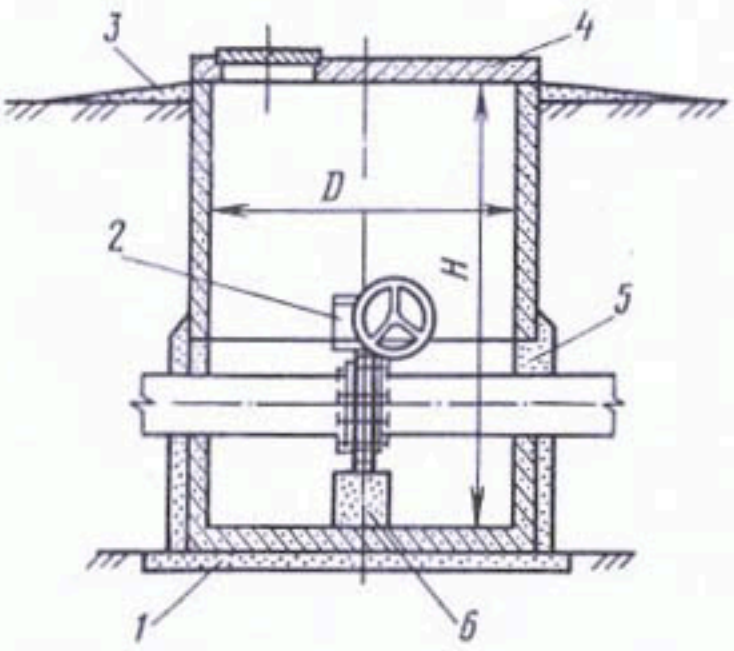
Для удаления воздуха из оросительных трубопроводов в период их заполнения и эксплуатации, а также для впуска воздуха в трубопроводы при образовании в них вакуума

Продолжение

Марка	Диаметр условный, мм	Давление, МПа	Масса, кг	Габариты, м			Материал основных деталей	Примечание
				H	*B*	*L*		
трубопроводная арматура								
В-6	6	1,6	30	295	275	—	Чугун, сталь, пластмасса	
В-8	8	1,6	41	295	320	—		
ВМ-50	50	1,6	15	276	195	—	Чугун, сталь, резина	
ВМ-100	100	1,6	31	310	215	—		

Наименование, тип изделия, марка	Схема	Назначение
Аэратор (клапан впуска и защемления воздуха)	 *1* — корпус; *2* — фланец; *3* — ось подвески тарели; *4* — упругий ограничитель тарели; *5* — тарель	Предназначен для предотвращения образования вакуума при плановом или аварийном опорожнении трубопроводов оросительной сети

5.5. Конструктивный модуль второго порядка. Сооружения на трубопроводной

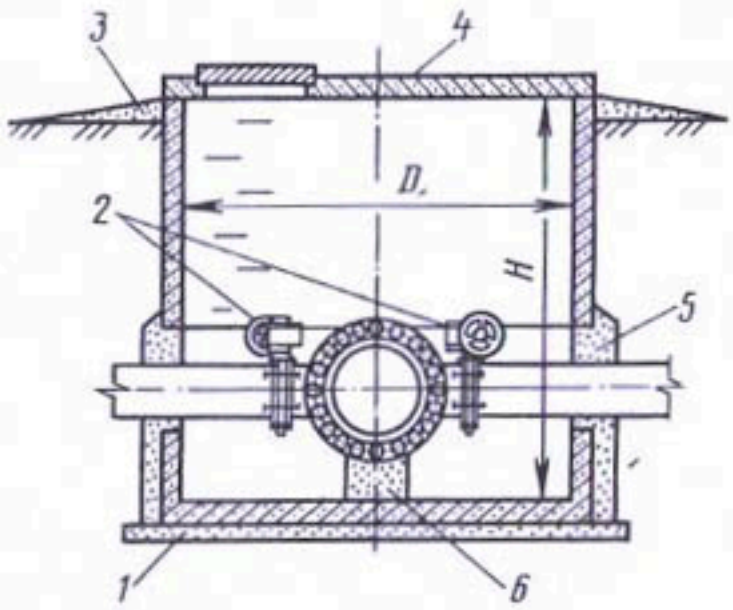
Наименование	Схема	Назначение
		1. *Водораспреде*
Колодец сборный железобетонный с затвором		

Продолжение

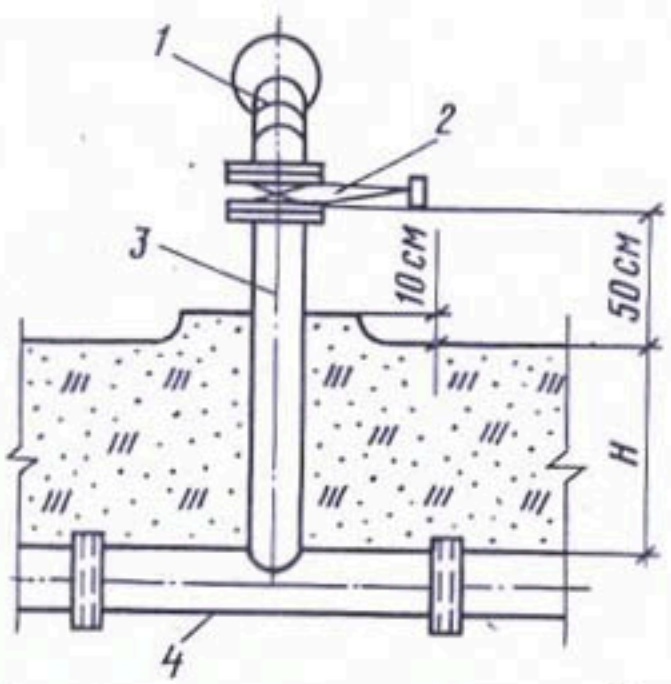
Марка	Диаметр условный, мм	Давление, МПа	Масса, кг	Габариты, м			Материал основных деталей	Примечание
				H	*B*	*L*		
КВЗВ-50	50	1,6	7	150	70	—	Сталь,	
КВЗВ-100	150	1,6	22	380	155	—	резина	

сети

Размеры			Объем монолитного бетона, $м^3$	Объем железобетона, $м^3$	Стоимость колодца, р.	Общая масса металлоконструкций, кг	Примечание
диаметр затвора $D_з$, мм	диаметр колодца $D_к$, см	высота колодца $H_к$, см					
лительные колодцы							
100		150	0,1	0,585	92	50,33	
150	100	180	0,1	0,665	106	87,13	
200		210	0,1	0,745	125	144,93	
		150	0,2	1,085	154		
		180	0,2	1,215	169		
300	150	210	0,2	1,355	192	280,05	
		240	0,2	1,485	217		
		270	0,2	1,615	248		
		300	0,2	1,755	278		
		180	0,41	1,865	241		
		210	0,41	2,055	268		
400	200	240	0,41	2,255	298	469,5	
		270	0,41	2,455	330		
		300	0,41	2,645	370		

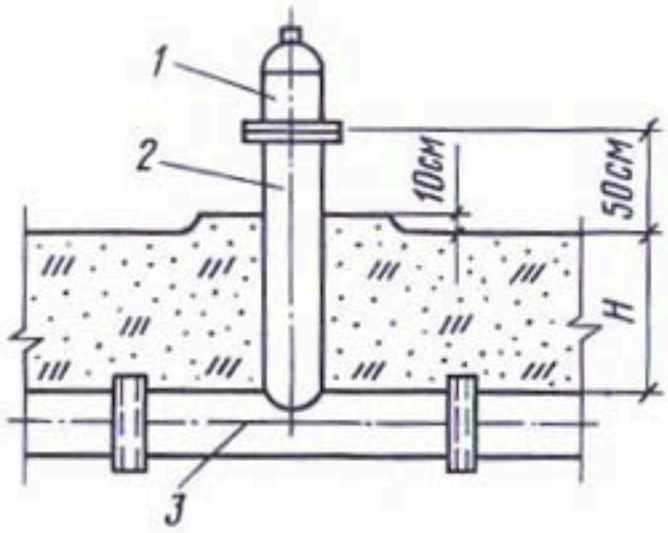
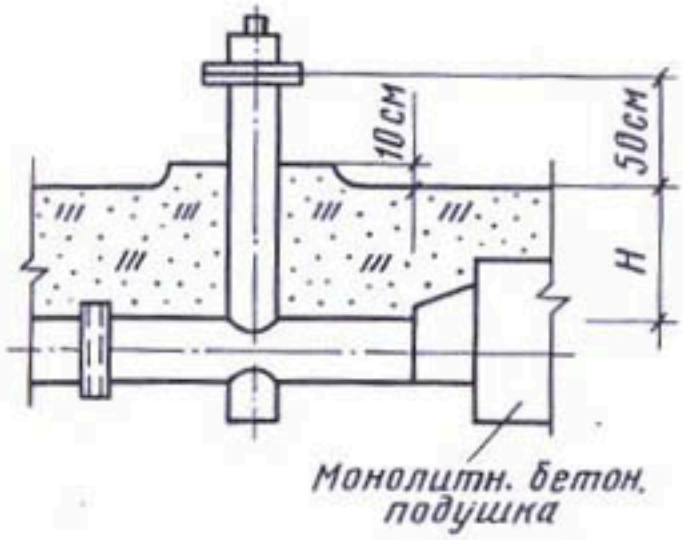
Наименование	Схема	Назначение
Колодец сборный железобетонный с двумя затворами	 *1* — основание; *2* — затвор; *3* — отмостка; *4* — крышка; *5* — кольцо; *6* — стояк	

II. *Гидранты*

Гидрант водовыпускной	 *1* — присоединительное колено; *2* — затвор; *3* — стояк; *4* — трубопровод	Для водовыпуска в открытую поливную сеть, дождевальные машины типа ДДН и дождевальные шлейфы типа ШД-25

Продолжение

Размеры			Объем монолитного бетона, м³	Объем железобетона, м³	Стоимость колодца, р.	Общая масса металлоконструкций, кг	Примечание
диаметр затвора $D_з$, мм	диаметр колодца $D_к$, см	высота колодца $H_к$, см					
150	150	150	0,1	1,085	154	174,1	Диаметры, мм: трубопровода — 200, отвода — 150
		180		1,215	169		
		210		1,355	192		
200	200	180	0,2	1,865	241	260,8	Диаметры, мм: трубопровода — 200, отвода — 200
		210		2,055	268		
		240		2,255	298		
		270		2,455	330		
		300		2,645	370		
		330		2,84	410		
200	200	180	0,3	1,865	241	287,8	Диаметры, мм: трубопровода — 300, отвода — 200
		210		2,055	268		
		240		2,255	298		
		270		2,455	330		
		300		2,645	370		
		330		2,84	410		
200	200	180	0,4	1,865	241	318,8	Диаметры, мм: трубопровода — 400, отвода — 200
		210		2,055	268		
		240		2,255	298		
		270		2,455	330		
		300		2,645	370		
		330		2,840	410		
150	150	90	—	—	125	123	Указаны: вместо диаметра затвора диаметр стояка; диаметра колодца — диаметр трубопровода; высота колодца — глубина заложения трубопровода
	200				137	131,2	
	150	120	—	—	130	128,2	
	200				140	136,4	
	300				157	153,3	
	150	150	—	—	136	133,3	
	200				148	141,5	
	300				163	158,5	
	400				185	177,7	

Наименование	Схема	Назначение
Гидрант присоединительный	 *1* — запорный узел с приспособлением для подсоединения; *2* — стояк; *3* — трубопровод	Для подключения присоединительных линий дождевальных машин типа «Днепр», «Волжанка», «Ока», дождевальных шланговых машин типа ТКП-90
Гидрант присоединительный концевой (с опорой)		Для установки на тупике поливного трубопровода

цикле. Все элементы этого комплекса связаны функционально между собой, а их параметры должны образовывать терминал (модуль) с такими свойствами, чтобы обеспечить оптимальные условия эксплуатации остальных модулей оросительной системы: насосной станции и поливного модуля (оросительной техники), а также оросительной системы в целом.

Основные требования при составлении конструктивного модуля трубопроводной сети;

последовательность элементов модуля по функциональным признакам;

непрерывность технологической цепи;

полнота численного состава модулей первого и второго порядков;

Продолжение

Размеры			Объем монолитного бетона, м³	Объем железобетона, м³	Стоимость колодца, р.	Общая масса металлоконструкций, кг	Примечание
диаметр затвора $D_з$, мм	диаметр колодца $D_к$, см	высота колодца $H_к$, см					
120	150	90	—	—	72	72,5	
	200				104	100	
	150	120	—	—	74	75,9	
	200				107	103,5	
	300				170	160,5	
	150	150	—	—	77	79,4	
	200				110	107	
	300				173	163,9	
	400				235	228,7	
120	150	90	0,15	0,2	112	78,3	
	200		0,25	0,2	121	107	
	300		0,35	0,4	240	168,2	
	400		0,5	0,4	255	249,9	

качественный состав, определяемый по оптимальным показательным признакам модулей.

Сформированная по этим требованиям принципиальная блок-схема конструктивного модуля внутрихозяйственной трубопроводной оросительной сети показана на рисунке 5.1.

Модули первого порядка обеспечивают:

водоподачу в любую заданную точку конструктивного модуля трубопроводной сети;

оперативное включение и выключение дождевальных машин, насосов и оросительных трубопроводов;

отключение оросительных трубопроводов и отдельных участков распределительных трубопроводов при необходимости их ремонта;

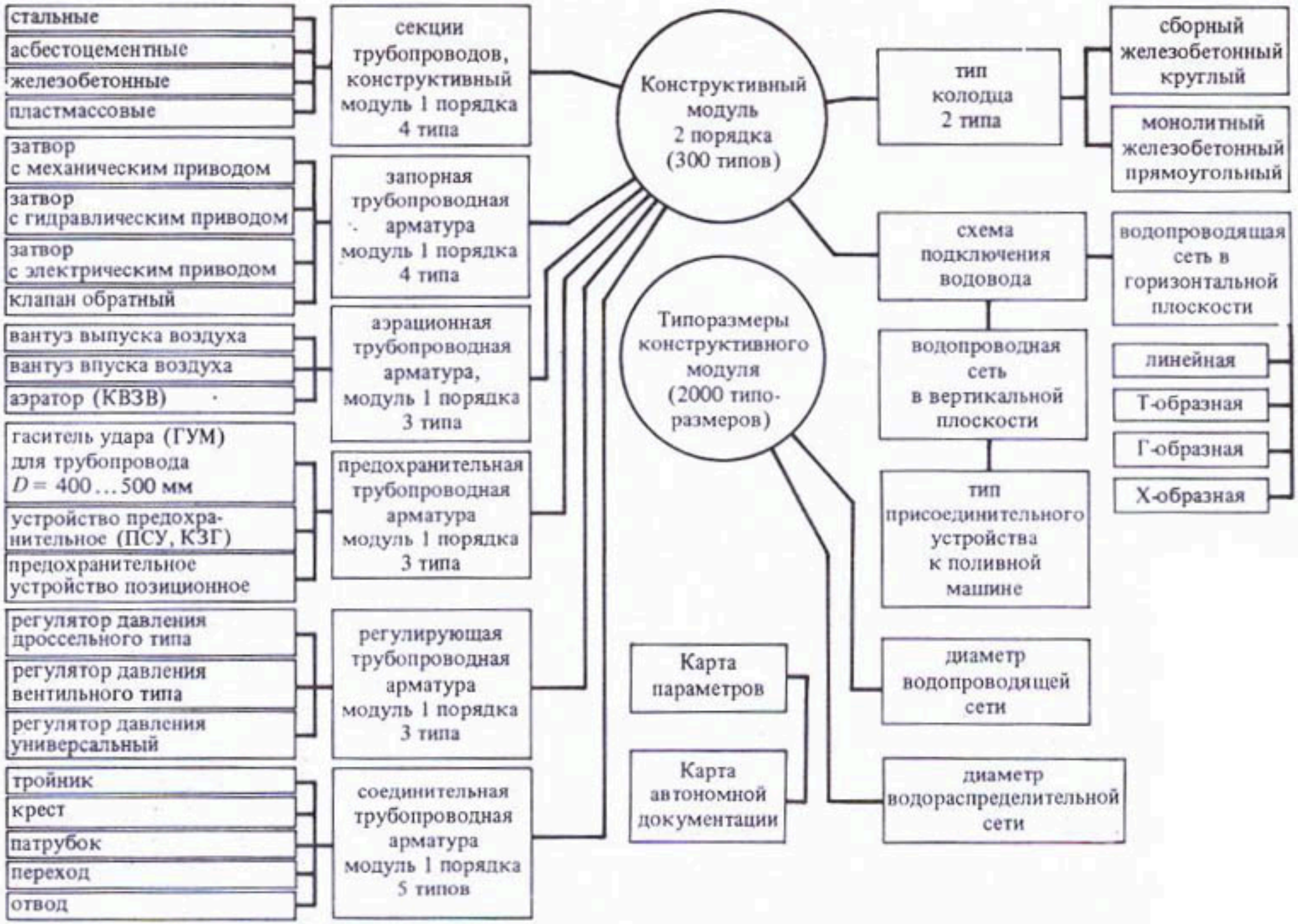


Рис. 5.1. Блок-схема формирования конструктивного модуля

опорожнение на зимний период трубопроводов всей оросительной сети, а при проведении ремонтов ее отдельных участков;

удаление воздуха из трубопроводов оросительной сети;

впуск воздуха в трубопроводы оросительной сети для предотвращения образования в них кавитационных зон при включении дождевальных машин, насосов;

поддержание заданного давления перед дождевальными машинами, в начале оросительных трубопроводов, в других заданных точках оросительной сети и на входе насосной станции;

предотвращение повышения давления в сети сверх допустимого, задаваемого в соответствии с условиями работы оросительной системы и прочностными характеристиками используемых труб.

Следовательно, оросительную сеть необходимо оборудовать запорной арматурой для отключения дождевальных машин; вантузами для удаления воздуха, выделяющегося в процессе эксплуатации системы; клапанами для впуска и защемления воздуха с целью предотвращения образования кавитационных зон при гидравлических ударах, вызываемых выключением насосов при нарушении электропитания; устройствами для выброса воздуха при заполнении оросительных трубопроводов водой; регуляторами давления и предохранительными устройствами, предотвращающими повышение давления в оросительных трубопроводах сверх допустимого для используемых классов труб.

Модули второго порядка являются строительными модулями, правильность расположения которых в технологической цепи конструктивного модуля трубопроводной сети должна обеспечить бесперебойную работу оросительной системы в течение длительного времени, а следовательно, повысить экономическую эффективность использования мелиоративных фондов.

Порядок размещения модулей на оросительной сети заключается в следующем.

Поворотные затворы с ручным приводом устанавливают на границах ремонтных участков, в том числе и в начале распределителей второго порядка, то есть место их примыкания к распределительному трубопроводу первого порядка рассматривают как границу ремонтного участка соответствующего распределительного трубопровода второго порядка.

Вантузы монтируют в повышенных переломных точках профиля и в концевых точках оросительных трубопроводов, идущих с подъемом к этим точкам.

Клапаны для впуска и защемления воздуха устанавливают в концевых точках оросительных трубопроводов, а также в промежуточных точках по их длине и располагают так, чтобы разность отметок смежных точек установки не превышала $0{,}1h$, МПа, где h — потери давления на участке оросительного трубопровода между этими точками при максимальном расчетном расходе воды. В пределах ремонтного участка должен иметься хотя бы один клапан для впуска и защемления воздуха, который, как правило, устанавливают в колодцах узлов присоединения к распределительному трубопроводу низшего порядка или оросительных трубопроводов.

Для защиты трубопроводов сети от повышения давления, вызываемого автоматическим отключением дождевальных машин, служат пре-

дохранительные клапаны, открывающиеся при повышении давления до допустимого. Противоударное устройство допускает повышение давления в трубопроводе при гидравлическом ударе не более чем на 8 %. Клапан КЗГ-120 устанавливают на трубопроводах с расходом до 120 л/с. В случае большего расхода необходимы два таких устройства, расположенных рядом. При индивидуальном автоматическом отключении предохранительные клапаны устанавливают перед всеми дождевальными машинами, а также на распределительных трубопроводах диаметром менее 600 мм в местах примыкания к ним оросительных трубопроводов.

При групповой работе широкозахватных дождевальных агрегатов появляется необходимость регулирования давления в оросительной сети. Чтобы предотвратить переполив в зоне действия машины, а трубопровод ее предохранить от повышенного давления, в начале участков сети, по которым подается вода от общей системы к дождевальным машинам, устанавливают регуляторы давления; в концевых точках распределительных трубопроводов — предохранительные сбросные устройства ПСУ-100, предотвращающие повышение давления более чем на 0,1 МПа сверх рабочего.

При групповой работе дождевальных машин позиционного действия (фронтальное перемещение) оросительную сеть оборудуют вантузами для удаления и клапанами для впуска воздуха, регуляторами давления, предохранительными устройствами и запорной арматурой.

При поливе дождевальными машинами кругового действия, кроме того, используют устройства для автоматического отключения их при десинхронизации движения, работающих как индивидуально, так и группами. При индивидуальном отключении перед каждой машиной устанавливают поворотный затвор диаметром 200 мм с гидроприводом, срабатывающий при получении сигнала о десинхронизации хода. При групповой работе техники в начале оросительного трубопровода, кроме того, устанавливают поворотный затвор или кольцевую задвижку.

В соответствии с назначением регулирующей, предохранительной и запорной арматуры рассчитана потребность различных ее видов на 1000 га орошаемой площади (табл. 5.6).

Комплекс арматуры включает различные по назначению виды и обеспечивает надежную работу сети при наличии всей номенклатуры видов. Отсутствие какого-либо вида неизбежно должно привести к снижению надежности работы оросительной сети, порывам труб и в конечном счете к непроизводительным потерям материальных, трудовых и водных ресурсов.

Выбор типа и параметров арматуры определяется принятой схемой водоподачи (централизованной или децентрализованной), сортаментом труб закрытой оросительной сети, видом используемых дождевальных машин и насосного оборудования. Число и принцип размещения арматуры зависят от схемы оросительной сети, конфигурации орошаемого участка, рельефа местности по профилям трубопроводов, требований инженерного обеспечения для эксплуатации сети, поливной техники и оборудования. В конечном итоге номенклатуру и число арматуры уточняют при проектировании конкретного орошаемого участка с учетом его особенностей.

Применительно к основным видам поливной техники (машинам кругового действия, позиционные и передвижные установки, закрытые

5.6. Требуемое число основной трубопроводной арматуры на 1000 га площади

Техника полива	Арматура						
	запорная		регулирующая			предохранительная	
	затворы с редукторами	затворы с гидроприводом	регуляторы давления	вантузы	обратные клапаны	противоударные устройства	предохранительные устройства
ДМ-100 «Фрегат»	57	20	10	12	6	10	12
ДКШ-64 «Волжанка»	56	—	13	12	7	—	14
ДФ-120 «Днепр»	39	—	8	32	8	—	10
ДДА-100М	16	—	—	2	7	—	—
ДДН-70, ДДН-100	320	—	—	14	3	20	—
Дождевальные аппараты ДД-30	7	80	4	11	6	19	15

стационарные дождевальные системы) номенклатура трубопроводной арматуры и оборудование оросительной сети определяются в основном особенностями технологического процесса по обеспечению плановой водоподачи, выбранными техническими средствами.

Для дождевальных машин кругового действия типа ДМ «Фрегат» при централизованной схеме водоподачи характерно применение запорной, регулирующей и предохранительной арматуры, работающей в автоматическом режиме. В номенклатуру арматуры входят дистанционно управляемые затворы дисковые поворотные с гидроприводом в системе внешней электромеханической защиты, регуляторы давления «после себя» для стабилизации оптимальных гидравлических режимов в трубопроводах, предохранительные устройства для локализации гидравлических ударов в разветвленных водопроводящих системах, обратные клапаны и клапаны впуска и защемления воздуха для обеспечения оптимальных условий эксплуатации групповых водоводов. Одновременно с тем, что данные схемы водоподачи отличаются расширенным набором видов арматуры в силу стабильности рабочих технологических режимов поливной техники, число арматуры по видам ограничено и является минимальным по отношению к другим схемам.

Для децентрализованных схем водоподачи к машинам кругового действия характерна в силу более оптимального подбора характеристик насосных станций ограниченная номенклатура трубопроводной арматуры. Оптимальным является применение кольцевых задвижек при совмещении функций запорного органа — обратного клапана, предохранительных устройств и вантузов.

Для оросительных сетей с машинами позиционного действия типа «Волжанка», «Днепр», ДДН-70 и ДДН-100, работающими от закрытой сети, характерно применение в основном неавтоматической арматуры, преимущественно запорной (до 80 %), предохранительных устройств и

устройств для стабилизации воздушных режимов (вантузов и аэраторов). Такая особенность выбора номенклатуры арматуры связана со слабой степенью механизации технических средств полива и частыми технологическими сменами режимов ее работы. Число арматуры, связанное с частотой ее расстановки по технологическим участкам, будет небольшим по сравнению с предыдущими схемами. Так как для данных видов поливной техники применяют сравнительно низконапорные трубы, в том числе стальные тонкостенные с цементно-песчаной антикоррозионной изоляцией, отличающиеся меньшей надежностью в работе, чем стальные нефтяного сортамента, чугунные и асбестоцементные класса ВТ15 и ВТ18, то число запорной арматуры на сетях увеличивается в связи с установкой ремонтных (технологических) затворов и задвижек. На распределительных трубопроводах рекомендуют устанавливать их через 400...500 м. Предохранительные устройства для защиты от гидравлических ударов на трубопроводах последнего подчинения для сети с машинами «Волжанка» и «Днепр» устанавливают через 200 м.

Для стационарных дождевальных систем характерна частая дестабилизация гидравлических режимов с высокими амплитудами колебания давления в переходных процессах. Число запорной арматуры на сетях в этом случае минимальное, однако предохранительную арматуру и устройства для регулирования воздушных режимов в трубопроводах применяют часто (из расчета одно-два на поливной трубопровод последнего порядка).

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Агрегат дождевальный ДДА-100МА 218, 219, 220, 221, 222
Агрегаты поливные передвижные с гибкими шлангами 82, 83, 84, 85, 86, 87
Аппарат дождевальный импульсный ДИ-15 248, 249
Аппараты дождевальные
— среднеструйные 128, 129, 130, 131, 132, 138, 248, 249
— дальнеструйные 123, 127, 128, 133, 134, 135, 136, 137, 138
Арматура запорная 308, 309, 310, 311, 312, 313
— регулирующая 314, 315, 316, 317
— предохранительная 316, 317, 318, 319
— трубопроводная, классификация 306
— аэрационная 320, 321, 322, 323
Борозды поливные 64, 65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72
Вантузы 320, 321
Водоподача 35, 36
Водопотребление 39, 40, 41, 44, 46, 47, 48, 49
Гидранты 324, 325, 326, 327
Гидроподкормщик 202, 203, 220, 221, 247
Гидромодуль 237
Дефицит водопотребления 49, 55, 56, 237
Дождевание синхронное импульсное 246, 247, 248, 249
— технология распределения воды 120, 121
Затворы 308, 309, 310, 311
Зоны увлажнения 26, 27
Иерархия модулей оросительных систем 17
Интенсивность водоподачи 5
— дождя 177, 118
Испаряемость 39, 40, 41, 43, 44, 47
Капельницы 255, 256, 257
Клапаны обратные 312, 313
Колодцы водораспределительные 322, 325
Комплекты дождевального оборудования КИ-50 «Радуга» 172, 173, 174, 183
— — — КИ-25 «Радуга» 172, 173, 174, 183
— — — КСИД-10А 248
Коэффициент
— биологический 41, 43, 44, 45, 47
— затрат воды на испарение 236, 237, 238, 239
— использования грунтовых вод 49, 50
— использования осадков 49, 56
— микроклиматический 39, 41, 42, 43, 44
— увлажнения 48, 50, 57
— эффективного полива 21
Лотки поливные 102
Машины дождевальные ДДН 106, 169, 170, 171, 172
— — ДМУ-Асс 202
— — ДМУ «Фрегат» 192, 193, 194, 195, 196, 197, 198, 199, 200, 201, 202
— — шланговые ДШ-30 185, 186, 187
— — широкозахватные ДФ-120 «Днепр» 158, 159, 160, 161, 162, 163, 164, 165, 166
— — МДФА-800/200 «Таврия» 222, 225, 226, 230, 231, 232, 233
— — МДЭ «Кубань-ЛК-1» 204, 206, 207, 208, 210, 211, 212, 213, 214, 215, 217, 218
Модуль конструктивный
— — блок-схема 320
— — I порядка 308, 309, 310, 311, 312, 313, 314, 315, 316, 317, 318, 319, 320, 321, 322
— — II порядка 322, 323, 324, 325, 326, 327
Модуль поливной 18, 19
Модуль поливной оросительной системы
— — — — с оборудованием АШУ-32 97, 98, 99, 100
— — — — с машиной ДДА-100МА 222, 225, 227, 228, 229, 230
— — — — — ДДН-70 173, 174, 181, 182
— — — — — ДДН-100 173, 182, 183, 184

— — — — — ДКГ-80 «Ока» 151, 152
— — — — — ДКН-80 155, 156, 157
— — — — — ДКШ-64 144, 145, 146, 147
— — — — — ДМУ «Фрегат» 204, 205, 206
— — — — — МДЭ «Кубань-ЛК-1» 209, 210
— — — — — ДФ-120 «Днепр» 166, 167, 168, 169
— — — — — ДШ-25/300 159, 160, 161, 162
— — — — — ЭДМФ «Кубань» 215, 216, 217
— — — — с трубопроводом АПШ-1 93, 96, 99, 100
— — — — — ТКП-90 94, 98, 99, 100
Модуль поливной функциональный 10, 13
Модуль участков капельного орошения 265
Нагрузка сезонная 236, 237, 238, 241, 242
Насадки дождевальные 122, 124, 125, 126, 127
Норма оросительная 48, 49, 50, 51, 52, 56
— — поливная 52, 53, 54, 55, 56 236, 239, 240
Оборудование дождевальное PZT-75 187, 189, 190, 191
Оросительная система внутрихозяйственная, структура 10
Орошение непрерывное (по А. Н. Костякову) 5, 7
— способы 6
— поверхностное, стационарные системы 98, 99
— режим 39, 50, 55, 56, 57, 239
Оценка поливной техники в условиях дефицита ресурсов 30, 31
Оценка применимости видов поливной техники для конкретных массивов орошения 26, 29
Патрубки 202, 203
Переходы 296
Полосы поливные 62, 63, 64
Производительность сменная 236, 239, 240, 241
Регуляторы давления 314, 315, 316, 317
Сифоны неразряжающиеся 72, 73, 74
Соединения труб 287, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296
Степень рассредоточения поливного тока 11
— соответствия интенсивности водопотребления и водоподачи 8, 9
Тройники 298, 299, 300, 301
Трубопровод дождевальный колесный ДКГ-80 «Ока» 140, 144, 147, 148, 149, 150
— — — ДКН-80 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156
— — — ДКШ-64 «Волжанка» 139, 140, 141, 142, 143, 144
Трубопровод поливной «Аква-Дроп» 258
Трубопроводы поливные 75, 76, 77, 78, 79, 80, 99, 100, 101
— фасонные части 296, 297, 298, 299, 300, 301, 302, 303, 304, 305
Трубы разборные стальные 288, 289, 290, 291
— — алюминиевые 289
— тонкостенные стальные 290, 291, 292, 293, 294, 295
Увлажнение аэрозольное 249, 251, 259
Увлажнители систем ВПО трубчатые полиэтиленовые 279, 280, 281
Условия применимости поливной техники 104, 105
Факторы жизни растений, влияние на урожай сельскохозяйственных культур 33, 34
Чек поливной 61, 62, 103
— — в составе рисовых систем 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114
Шлейф дождевальный ДШ-25/300 156, 157, 158
Эвапотранспирация 44, 49
Экологическое равновесие в природе, обеспечение 20

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие 3

1. Механизированное орошение 5

1.1. Способы и техника полива 5
1.2. Требования к технике орошения 20
1.3. Территориальное размещение поливной техники, оценка применимости ее видов для конкретного массива орошения 26
1.4. Взаимосвязь техники и режима орошения, их влияние на урожайность сельскохозяйственных культур 31
1.5. Режим орошения, оперативное управление поливами 39
1.5.1. Определение суммарного водопотребления орошаемых культур 39
1.5.2. Определение оросительной нормы 48
1.5.3. Определение поливной нормы 52
1.5.4. Сроки и частота поливов 55
1.5.5. Оперативное управление поливами 56

2. Механизация поверхностного полива 59

2.1. Механизм увлажнения почвы 59
2.2. Затопление чеков 61
2.3. Технология полива по полосам 62
2.4. Технология полива по бороздам 64
2.5. Технические средства и оборудование для поверхностного полива 72
2.5.1. Поливная арматура 72
2.5.2. Гибкие и жесткие передвижные трубопроводы 75
2.5.3. Поливные передвижные агрегаты с гибкими шлангами ППА-300 и ППА-165У 82
2.5.4. Колесные поливные трубопроводы 85
2.5.5. Комплект автоматизированного оборудования для полива по бороздам 89
2.6. Стационарные системы поверхностного орошения 98
2.7. Оценка технической применимости поливной техники 103
2.8. Рисовые оросительные системы 103

3. Дождевание 117

3.1. Элементы техники полива и технологии формирования дождевого облака 117
3.2. Технические средства и технологии полива 122
3.2.1. Рабочие органы для формирования искусственного дождя. Дождевальные насадки и аппараты 122
3.2.2. Дождевальные машины, установки, оборудование и системы 138
3.3. Оценка технической применимости дождевальной техники 233
3.4. Определение производительности дождевальной техники 236
3.5. Стационарные и сезонно-стационарные дождевальные системы 243
3.6. Синхронное импульсное дождевание 246
3.7. Аэрозольное увлажнение (мелкодисперсное дождевание) 249

4. Микроорошение 251

4.1. Капельное орошение 251
4.1.1. Системы капельного орошения 252
4.1.2. Гидравлический расчет трубопроводов системы капельного орошения 259
4.1.3. Автоматизация систем капельного орошения 262

335

4.1.4. Элементы технологии капельного орошения 265
4.1.5. Очистка поливной воды 267
4.1.6. Внесение удобрений с поливной водой 267
4.2. Внутрипочвенное орошение 269
4.2.1. Системы ВПО 270
4.2.2. Гидравлический расчет трубопроводов системы ВПО 274
4.2.3. Расчет режима ВПО 281
4.2.4. Автоматизация систем ВПО 282
4.2.5. Технологии и технические средства прокладки трубопроводов систем ВПО 284

5. Трубопроводная сеть и арматура 286

5.1. Классификация, устройство и условия применения труб 286
5.2. Соединения труб в трубопроводы 287
5.3. Фасонные части 296
5.4. Классификация, устройство и условия применения трубопроводной арматуры 306
5.5. Сооружения на трубопроводной оросительной сети 307
5.6. Конструктивный модуль трубопроводной сети 307

Предметный указатель 333

Справочное издание

МЕХАНИЗАЦИЯ ПОЛИВА

СПРАВОЧНИК

Штепа Борис Григорьевич, Носенко Всеволод Филиппович, Винникова Нина Валентиновна и др.

Зав. редакцией **А. И. Гераськина.** Художественный редактор **Н. А. Никонова.** Технический редактор **Л. А. Бычкова.** Корректор **И. А. Верхотурова**

ИБ № 6490

Сдано в набор 30.08.89. Подписано к печати 27.11.89. Формат 60×88$^{1}/_{16}$. Бумага кн.-журн. Гарнитура Литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 20,58. Усл. кр.-отт. 20,58. Уч.-изд. л. 24,11. Изд. № 364. Тираж 18 800 экз. Заказ № 538. Цена 1 р. 30 к.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО «Агропромиздат», 107807, ГСП-6, Москва, Б-78, ул. Садовая-Спасская, 18.

Диапозитивы изготовлены в Ярославском полиграфкомбинате Госкомпечати СССР. 150014, Ярославль, ул. Свободы, 97.

Отпечатано в Московской типографии № 8 Государственного комитета СССР по печати. 101898, Москва, Хохловский пер., 7. Тип. зак. № 154.