МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОРОШЕНИЯ

Справочник







Москва ФГБНУ "Росинформагротех" 2015

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОРОШЕНИЯ

СПРАВОЧНИК

Москва 2015

УДК 631.67(03)
ББК 40.6
Р 44

Авторский коллектив:
Г.В. Ольгаренко, д-р с.-х. наук, проф.; **В.И. Городничев**, д-р техн. наук;
А.А. Алдошкин, канд. техн. наук; **В.И. Булгаков,** канд. с.-х. наук;
Т.А. Капустина, канд. техн. наук; **И.А. Костоварова**, канд. с.-х. наук;
С.С. Турапин, канд. техн. наук; **А.А. Терпигорев**, канд. техн. наук;
А.В. Муравьев; **С.С. Савушкин,** канд. техн. наук;
С.М. Давшан, канд. техн. наук; **А.В. Грушин**, **С.Л. Шленов**
(ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга»)

Под общей редакцией д-ра с.-х. наук, проф. **Г.В. Ольгаренко**
(ФГБНУ ВНИИ «Радуга»)

Р 44 **Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения**: справ. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 264 с.

ISBN 978-5-7367-1119-2

Представлены существующие и перспективные разработки по технологиям и технике орошения, технологические схемы, классификация, технико-эксплуатационные характеристики, описаны условия применения, требования к качеству и безопасности технологического процесса орошения. Приведена информация по компоновочным схемам, конструкциям и техническим характеристикам широкозахватных многоопорных дождевальных машин, шланго-барабанных дождевальных установок, модульных сборно-разборных ирригационных комплектов, технических средств микродождевания и импульсно-локального орошения, внутрипочвенного и капельного орошения, технологиям и технике поверхностного полива, трубопроводной арматуры и насосных станций, агроклиматическому районированию технологий и технике полива, проектным и эксплуатационным режимам орошения сельскохозяйственных культур. Рассчитан на специалистов в области сельского хозяйства, мелиорации и водного хозяйства.

Рассмотрен и одобрен секцией мелиорации Научно-технического совета Минсельхоза России (протокол № 54 от 24 ноября 2014 г.).

Resource-saving, energy-efficient and environmentally friendly irrigation techniques and technical means: reference book. – Moscow: FGBNU «Rosinformagrotekh», 2015. – 264 pp.

The publication presents current and advanced developments of irrigation techniques and machinery as well as flow-charts, classification and technical and operational characteristics. It describes application conditions, requirements for quality and irrigation process safety. The information is provided on layout schemes, designs and specifications of wide-spray multi-pan sprinklers, hose-drum sprinkler installations, modular demountable irrigation complete sets, technical means for mist, pulsed-local, subsurface and drop irrigation, techniques and machinery for surface irrigation, pipeline accessories and pumping stations, agro-climatic zoning of irrigation techniques and machinery, design and operational modes of crop irrigation.

The reference book is intended for specialists engaged in agriculture, irrigation and water management.

It is considered and approved by the Amelioration Section of the Scientific and Technical Council of the Ministry of Agriculture of Russia (Minutes No 54 of 24 November, 2014).

УДК 631.67(03)
ББК 40.6

ISBN 978-5-7367-1119-2

© Минсельхоз России, 2015

ВВЕДЕНИЕ

По данным региональных Управлений по мелиорации и сельскохозяйственному водоснабжению (ФГБУ «Управление «Мелиоводхоз»), в Российской Федерации на 1 января 2015 г. имеется 9,063 млн га мелиорированных земель, в том числе 4,282 млн га орошаемых и 4,781 млн га осушаемых. Согласно Государственной статистической отчетности в пользовании организаций находится 6,3 млн га мелиорированных земель, в том числе 3,1 млн га – орошаемых и 3,2 млн га осушаемых.

Мелиоративные и водохозяйственные системы федеральной собственности, находящиеся в ведении Минсельхоза России, представлены 610 тыс. гидротехнических сооружений, в числе которых 246 водохранилищ, более 2 тыс. регулирующих гидроузлов, 247 плотин, 1,7 тыс. подающих и откачивающих воду стационарных насосных станций, более 40 тыс. км водопроводящих и сбросных каналов, свыше 3 тыс. км защитных валов, дамб и др. Более 330 гидротехнических сооружений относится к потенциально опасным объектам, которые создают реальную угрозу возникновения источника чрезвычайной ситуации, в том числе 168 плотин водохранилищ, 30 гидроузлов, 25 защитных дамб и другие сооружения. В зоне возможных затоплений находится более 670 населенных пунктов с общей численностью населения свыше 1,6 млн человек.

На оросительных системах дождевальными машинами и установками поливается около 1,1 млн га, системами капельного орошения – более 55 тыс. га (около 5 тыс. комплектов систем капельного орошения при пересчете на технологические модули по 10 га). Технологии поверхностного полива распространены в южных регионах Российской Федерации, площадь орошаемых земель составляет около 350 тыс. га, посевы риса поливаются на площади 170 тыс. га.

По данным технической инвентаризации за 2014 г., представленным ФГБУ, в наличии имеется всего 13 992 ед. дождевальных машин и установок, в том числе: ДМ «Кубань» – 120 ед., ДМ «Фрегат» – 4269, ДМ «Днепр» – 231, ДМ «Волжанка» – 1679, ДДА-100 МА – 1550 ед., прочие машины и установки – 5716 ед.

В структуре парка машин по России на долю ДМ «Фрегат» приходится около 30,5%, ДМ «Волжанка» – 12, ДМ «Кубань» – 0,9, ДДА-100МА (100В) – 1%. Прочая техника (40,8%) – это в основном морально и физически устаревшая техника производства 60-70-х годов, устаревшие дождевальные машины ДДН – 70. Однако в состав прочей техники входит около 2 тыс. дождевальных систем, поставленных в 2001-2014 гг., в том числе импортные широкозахватные дождевальные машины кругового действия – 500-700 ед. и фронтального действия – 150-200 ед., обслуживающие площадь соответственно до 50 тыс. и 20 тыс. га; мобильные ирригационные комплекты типов КИ-5, КИ-10, КИ50 – 300 ед., обеспечивающие полив до 5 тыс. га; шланговые барабанные дождевальные машины с гидроприводом – более 500 ед.; около 5 тыс. комплектов систем капельного орошения, введенных в эксплуатацию в последние десять лет, находятся в хорошем техническом состоянии.

Для достижения целей и выполнения задач Программы развития мелиорации и повышения уровня продуктивности мелиорируемых земель необходимо значительно повысить технический уровень мелиоративных систем, выполнив комплекс работ по реконструкции и модернизации, предусмотренный федеральной целевой программой.

При существующей структуре овощекормовых севооборотов и парка поливной техники, с учетом замены ежегодно выходящих за сроки нормативной эксплуатации дождевальных машин, для орошения площади до 1 млн га может потребоваться 7400 широкозахватных дождевальных машин кругового действия, 2400 – фронтального действия типов «Кубань», Bauer, Valley, Zimnatic, 1500 – шланговых барабанных дождевальных машин, 5 тыс. мобильных систем на основе быстросборных трубопроводов (комплекты по 10 га), 7 тыс. систем микро- и капельного орошения (в пересчете на модульные комплекты по 10 га), 6 тыс. шланго-барабанных дождевальных машин с гидроприводом, 5 тыс. стационарных дождевальных систем, 1700 мобильных дождевальных машин, работающих в движении от открытой оросительной сети (по типу ДДА-100МА). За период действия ФЦП «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель России на период до 2020 года» потребуется ежегодная поставка дождевальных машин и установок: не менее 1500 широкозахватных дождевальных машин (350 фронтальных и 1100 круговых), не менее 1000 модулей, систем микроорошения, около 800 шланговых барабанных дождевальных машин.

Повышение технического уровня гидромелиоративных систем требует решения диалектической задачи, с одной стороны, подбор высокопроизводительной техники и технологии орошения,

учитывающих требования рационального использования воды и энергии, с другой – максимальная адаптация технологий и технических средств полива к региону применения, обеспечение экологической безопасности, сохранения и повышения плодородия орошаемых почв.

На перспективу во всем мире ведутся научно-исследовательские работы по повышению эффективности использования водных ресурсов и качества управления технологиями орошения; по разработке водосберегающих, малоэнергоемких технологий и техники орошения, низконапорных дождевальных систем и аппаратов, технологий многофункционального использования дождевальных машин; развитию систем внутрипочвенного и локального орошения, мобильных автоматизированных систем полива; совершенствованию систем поверхностного полива.

Основные направления научно-технического развития и совершенствования дождевальной техники в зарубежных странах:

- снижение материалоемкости машин за счет применения новых композиционных материалов и, как следствие, снижение энергоемкости поливов;
- развитие автоматических дистанционных систем контроля, управления и защиты дождевальных машин, дополнительных функций – точного дозированного внесения химических мелиорантов, средств защиты растений и удобрений с поливной водой (многофункциональность машин);
- разработка дополнительного оборудования для оперативного управления поливами, программирования урожайности и качественно-количественного состава выращиваемых сельскохозяйственных культур;
- высокая степень унификации и возможность орошения полей любой конфигурации с максимизацией коэффициента земельного использования;
- применение альтернативных источников энергии для работы дождевальных машин;
- использование принципов частотного регулирования привода электродвигателей дождевальных машин;
- применение двигателей дождевальных машин, повышающих к.п.д., в том числе за счет использования масляного гидропривода с работой по замкнутому контуру, мотор-колеса, гипоидной передачи.

Главной задачей НИОКТР в России является разработка малоэнергоемких и водосберегающих технологий и техники орошения, наилучшим образом адаптированных к конкретным условиям места их применения.

Разработка техники орошения и технологий ее эксплуатации, реализующих принципы водо- и энергосбережения ведется в направлении наибольшей степени адаптации к почвенно-климатическим условиям районов применения, базируется на принципах экологической устойчивости природных объектов, на обеспечении соответствия качества искусственного дождя качеству естественных дождей «средней» силы, наиболее благоприятных для почв и растений.

Вопросы перспективы разработки ресурсосберегающих систем и техники орошения рассматриваются в двух аспектах:

- стратегическом, ориентированном на поддержание качества российских новых разработок на уровне мировых достижений и направленности исследований в соответствии с требованиями глобального научно-технического прогресса;
- тактическом, ориентированном на повышение качества организации и управления, максимальное использование имеющегося потенциала отечественной науки и техники, модернизацию существующей техники полива при минимизации затрат.

Стратегически основная цель НИОКР – создание автоматизированной, высокопроизводительной, экологически безопасной техники полива при минимизации затрат на информационное обеспечение, материально-технические, энергетические, водные, трудовые ресурсы, в зависимости от человеческого и климатического факторов, и максимизации критериев эргономичности, надежности, управляемости, безопасности, эстетичности, плановости.

Новые разработки технических средств орошения должны быть направлены на создание высокопроизводительной и многофункциональной дождевальной техники, реализующей технологии «точного орошения» и формирующей искусственный дождь, близкий по своим качественным характеристикам к естественным дождям «средней» силы, с каплями, падающими практически вертикально, ∅0,5-1 мм, интенсивностью до 0,25 мм/мин и равномерностью распределения по площади не менее 0,9; обеспечивающей повышение надежности, улучшение условий и безопасности труда, применение новых технологий и материалов, уменьшение

воздействия ходовых систем на почву, снижение материало- и энергоемкости, унификацию модулей и сборочных единиц.

Развитие НИОКР должно идти в следующих направлениях.

1. Обоснование и разработка концепции и программы научных исследований опытно-конструкторских работ по совершенствованию оросительной техники и технологий полива на 2015-2020-2030 годы, соответствующих научно-техническому уровню научных исследований и разработок в зарубежных странах.

2. Теоретическое обоснование и разработка технологических систем нового поколения – мобильных многоцелевых оросительных комплексов, расчитанных на 5-50 га, включающих в себя насосную станцию с системой защиты природной среды, быстросборную транспортирующую сеть и систему поливных многофункциональных модулей различной площади орошения, объединяющих дождевальные машины различных типов и стационарные системы, системы синхронно-импульсного дождевания, капельного и импульсно-капельного полива, оборудование для аэрозольного орошения и внесения удобрений с поливной водой, технические средства «точного» дождевания и микродождевания с интенсивностью полива, равной текущему водопотреблению агробиоценозов, технологии и технику комбинированных поливов, автоматизированные стационарные системы полива с регулируемой подачей воды.

3. Научно-технические разработки и постановка на производство дождевальных машин нового поколения на основе имеющегося научно-технического задела по машинам серий «Кубань», «Коломенка», «Ладога», «Фрегат-Н» с использованием зарубежного опыта разработки, постановки на производство и внедрения оросительной техники.

При научных исследованиях и разработках необходимо реализовать инженерно-технические решения по компоновке водопроводящего пояса новыми каскадными ударно-струйными насадками, улучшению гидродинамических параметров машины и к.п.д. ходовой системы, модернизации силовой тележки; обеспечить многофункциональность, модульного принципа проектирования, автоматизацию, расширение диапазона применимости, снижение влияния человеческого фактора, применение новых материалов и источников энергии, компоновку узлами равной надежности и равного жизненного цикла (коэффициент вариаций не более 0,2), возможность широкого регулирования режима работы, унификацию узлов.

4. Научно-исследовательские работы по технологиям и техническим средствам «точного» дождевания и микродождевания с интенсивностью водоподачи, равной текущему водопотреблению, и создание экологически безопасных технологий внесения вместе с поливной водой агрохимикатов; технологиям и технике комбинированных поливов, технике импульсно-капельного и капельного орошения, автоматизированным системам поверхностного полива с импульсной водоподачей.

5. Разработка автоматизированных систем диспетчеризации и информационно-аналитических систем управления орошением на базе компьютерных технологий комплексного управления факторами жизни растений и информационно-советующей системы прогнозирования водопользования и оперативного планирования полива с учетом пространственно-временной изменчивости гидрометеорологических условий.

6. Разработка нормативно- методической документации на проведение НИОКР и государственных испытаний с учетом современных достижений в области компьютеризации систем контроля, измерения и диагностики; подготовка стандартов гармонизированных с международной системой стандартов (ISO), положений по техническому регулированию, технических регламентов и национальных стандартов, системы сертификации на соответствие агроэкологическим требованиям и мониторинга разрабатываемой, производимой, действующей техники.

Оперативные научно-технические и производственные задачи для отрасли:

- реконструкция имеющегося парка дождевальной техники за счет капитального ремонта и модернизации машин с истекшим сроком службы, обеспечивающих улучшение качества полива и продление сроков эксплуатации дождевальных машин ДДА-100МА, ДМ «Фрегат» на пять-восемь лет;
- организация производства группы новых дождевальных машин и установок микродождевания для орошения мелкоконтурных участков, прошедших государственные испытания;
- организация разработки и производства отсутствующих на рынке низкоэнергоемких экологически безопасных комплектов для поверхностного полива дискретной струей, систем импульсно-капельного орошения.

Нормативно-методическое и информационно-аналитическое обеспечение:

● разработка нормативно-методической документации на проведение НИОКР и государственных испытаний с учетом современных достижений в области компьютеризации систем контроля, измерения и диагностики;

● подготовка стандартов гармонизированных с международной системой стандартов (ISO), положений по техническому регулированию, технических регламентов и национальных стандартов, системы сертификации на соответствие агроэкологическим требованиям и мониторинга разрабатываемой и действующей техники.

Развитие кадрового потенциала в отрасли мелиорации и водного хозяйства ведется в том числе за счет строительства жилья и создания учебных комплексов по подготовке и переподготовке кадров инженерно-технических и рабочих специальностей.

Актуальные задачи кадрового обеспечения мелиоративного и водохозяйственного комплекса: формирование современных механизмов и инструментов управления кадровым обеспечением мелиоративного комплекса, способных удовлетворять спрос на соответствующих специалистов; модернизация материально-технической базы учебных заведений; создание мотивационных стимулов для привлечения молодых талантливых преподавателей; формирование системы повышения профессиональной компетенции имеющихся кадров преподавательского состава высших, средних и специальных учебных заведений, а также специалистов всех уровней, работающих в отрасли, и методологии подготовки специалистов; пересмотр утвержденных стандартов по высшему образованию в России; оптимизация системы размещения мелиоративных вузов (факультетов) с учетом потребности отдельных регионов России в мелиорации; подготовка специалистов среднего звена на уровне колледжей и техникумов, а также рабочих кадров на уровне училищ и специализированных средних школ.

Материально-техническое обеспечение требует укрепления производственной и материально-технической базы областных управлений по мелиорации и водному хозяйству, восстановления производственных мощностей многопрофильных заводов по изготовлению поливной техники нового поколения, специализированных машин, механизмов и другого технологического оборудования мелиоративного назначения с использованием различных форм государственной поддержки.

Россия при имеющихся производственных мощностях не может обеспечить такие объемы производства и поставок оросительной техники, а привлечение для решения этой проблемы дилерских фирм – не выход из положения, так как главным критерием для них является получение прибыли любыми путями, а не заинтересованность в развитии отечественного производства.

Единственно правильный путь решения проблемы – это развитие отечественного производства с использованием западных технологий на основе организации совместного производства при правовой и финансовой поддержке государства. На современном этапе необходимо ориентироваться на разработку поливных машин нового поколения, создание технологий орошения, тесно увязанных с конкретными почвенно-климатическими условиями районов, где будут производиться реконструкция и строительство оросительных систем для производства растениеводческой продукции.

Государственным органам исполнительной власти необходимо:

● разработать нормативно-правовую базу и механизмы выделения средств федерального бюджета, позволяющие субсидировать сельскохозяйственных производителей на приобретение мелиоративной техники и эксплуатацию внутрихозяйственных гидромелиоративных систем;

● выделить государственные субсидии в размере не менее 50% от затрат сельскохозяйственных предприятий на реконструкцию и техническое перевооружение (приобретение техники) внутрихозяйственной части оросительных систем;

● сформировать заказ по лизингу на отечественные дождевальную технику, системы микродождевания и капельного орошения, мобильные многоцелевые оросительные комплексы, а также технику, производимую совместными предприятиями на территории России;

● обязать все фирмы, специализирующиеся на производстве дождевальной техники, желающие участвовать в государственных программах и системе агролизинга, провести государственные испытания, оформить технические условия и сертифицировать продукцию;

● приобретать отечественную технику при реконструкции и строительстве оросительных систем за счет привлечения бюджетных средств при наличии одинакового типа отечественных и зарубежных машин;

● создать специализированные заводы, ремонтно-эксплуатационные и сервисные базы, а также

опытно-производственные полигоны (площадью от 30 до 50 га) в различных федеральных округах России для отработки оптимальных технологий орошения, проведения обучения и информационного обеспечения сельскохозяйственных производителей, сервисного обслуживания, оценки качества и сертификации отечественного и зарубежного оборудования, поставляемого в хозяйства;

- реформировать организационную структуру системы эксплуатации мелиоративных объектов с созданием региональных технопарков и специализированных эксплуатационных баз, обеспечивающих качественное проведение ремонтно-эксплуатационных работ.

Только при комплексной организации научной, практической и учебной деятельности можно добиться кардинального решения проблем создания и широкого практического использования водоэнергосберегающей, экологически безопасной техники орошения нового поколения, что позволит устранить зависимость от импорта и повысить продовольственную безопасность страны.

Для повышения эффективности использование отечественных научно-технических разработок в АПК России необходимо создание Научно-производственного и учебного центра технологий и техники орошения, включающего в себя НИИ, конструкторское бюро, завод по производству экспериментальных образцов и малых партий дождевальной техники, учебную базу, опытно-производственный полигон, отдел внедрения и маркетинга, службу сервисного обслуживания, информационно-консультационный центр.

Реконструкция и модернизация оросительных систем обеспечивают высокую социальную, экологическую и экономическую эффективность для агропромышленного комплекса и общества в целом, продовольственную безопасность и улучшение социальных условий сельского населения, способствуют развитию агропромышленного комплекса и других отраслей народного хозяйства, увеличению поступления налогов в консолидированный бюджет Российской Федерации за счет роста объемов производства продукции сельскохозяйственных производителей, перерабатывающих, машиностроительных и строительных организаций.

1. ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИКА ОРОШЕНИЯ. АГРОКЛИМАТИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ, КЛАССИФИКАЦИЯ И ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

1.1. Мелиорация и гидромелиоративные системы

Мелиорация (лат. melioratio – улучшение) направлена на коренное улучшение неблагоприятных природных условий и повышение плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения за счет комплекса гидротехнических (ирригация и дренаж), агротехнических, культуртехнических, агролесомелиоративных, агрохимических и организационно-хозяйственных мероприятий с целью получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

В основе комплекса мелиоративных мероприятий лежат гидротехнические мелиорации, направленные на устранение дефицита (избытка) природной влагообеспеченности агробиоценозов на основе регулирования режима влажности почв и грунтовых вод земель сельскохозяйственного назначения. Сельскохозяйственное производство на территории Российской Федерации ведется в сложных природно-климатических условиях, 70% площади сельскохозяйственных угодий находится в зоне недостаточного и неустойчивого увлажнения, а в степной и сухостепной зонах соответственно каждый третий и второй годы являются засушливыми с дефицитом естественной влагообеспеченности 350-450 мм. В засушливые годы не реализуется потенциал высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных культур, интенсивных аграрных технологий и адаптивно-ландшафтных систем земледелия, поэтому наиболее действенным средством обеспечения устойчивости сельскохозяйственного производства являются гидротехнические мелиорации, в частности, орошение (ирригация) земель [1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5].

Развитие орошения является одним из главных факторов, обеспечивающих устойчивое социально-экономических развитие и повышение продовольственной безопасности за счет увеличения урожайности сельскохозяйственных культур и обеспечения устойчивости производства сельскохозяйственной продукции, снижения экономических рисков, связанных с потерями урожая из-за засухи; увеличение базы налогообложения благодаря росту объемов производства в агропромышленном комплексе; создание новых высокотехнологичных рабочих мест; повышение образовательного и культурного уровня сельского населения; развитие инфраструктуры и благоустройство населенных пунктов

Орошение (ирригация) – один из основных видов мелиорации, благодаря подаче воды в почву и превращению её в почвенную влагу обеспечивает создание в корнеобитаемом слое оптимального водного, воздушного, пищевого, солевого и теплового режима для развития сельскохозяйственных растений.

Потребность в орошении возникает тогда, когда возделываемые культуры в течение всей вегетации или в определенные фазы развития испытывают недостаток естественной влаги, без восполнения которой невозможно высокопродуктивное сельскохозяйственное использование земель.

Размещение оросительных мелиораций зависит от увлажненности территории, обеспеченности растений влагой, вида возделываемых культур и типов почвы, размеров сельскохозяйственных угодий (табл. 1.1, 1.2)

Таблица 1.1

Природно-климатические зоны по тепло- влагообеспеченности

Зона	Подзона	Коэффициент увлажнения, K= P/D	Температура воздуха, (°С) T		Безморозный период, дни	Осадки, (мм) P		Относительная влажность воздуха, %	Дефицит влажности воздуха, (мб) D
			средняя	>10°		за год	за период с t>10°С		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Область незначительного увлажнения(сухая)									
II	$П_1$	0,12-0,22	8,6	3450	185	166	92	53	6,9

Продолжение табл. 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	$П_2$	0,12-0,22	5,8	3275	158	174	71	34	7,6
III	III_1	0,22-0,33	9,4	3520	182	260	. 161	48	6,0
	III_2	0,22-0,33	5.2	3025	145	246	116	41	6,8
Область недостаточного увлажнения (засушливая)									
IV	IV_1	0,33-0,44	9,8	3550	187	320	200	45	6,4
	IV_2	0,33-0,44	7,5	3300	181	318	192	45	6.5
	IV_3	0,33-0,44	4,3	2740	133	338	149	46	5,5
V	V_1	0,44-0,55	9,8	3320	184	378	246	51	5,5
	V_2	0,44-0,55	6,4	2900	151	426	205	47	5,6
	V_3	0,44-0,55	4,4	2640	141	380	160	49	4,8
VI	VI,	0,55-0,77	10,5	3520	194	558	330	48	5,7
	VI_2	0,55-0,77	8,8	2975	168	434	270	50	5,2
	VI_3	0,55-0,77	4,5	2590	143	411	260	52	-
VII	VII_1	0,77-1	6,7	2660	165	527	290	***55***	4,1
	$VП_2$	0,77-4	4,8	2450	145	465	202	56	3,8
Область достаточного увлажнения (влажная)									
VIII	$VIII_1$	1-1,33	5,4	2330	152	573	320	58	3,4
	$VIII_2$	1-1,33	3,8	2055	143	620	320	65	-

Таблица 1.2

Тепло-влагообеспеченность почвенно-климатических зон

Зона	Зона увлажнения	Содержание влаги в почве и условия формирования урожая	Природные зоны	Показатели увлажнения			
				$\frac{p_o}{E_o}$	$\frac{E_o}{p}$	$\frac{p}{\sum d}$	$\frac{P10}{\sum t}(ГКТ)$
1	2	3	4	5	6	7	8
VIII	Избыточно влажная	Осадки превышают испаряемость	Тайга преимущественно на глеево-подзолистых и подзолистых почвах	>1,33	<0,75	>0,6	>1,6
VII	Влажная	Вероятно снижение урожая из-за избытка влаги, особенно на немелиорируемых землях. Резкое снижение урожая из-за недостатка влаги маловероятно	Тайга и лиственные леса на подзолистых почвах	1,33-1	0,75-1	0,6-0,45	1,6-1,3
VI	Слабозасушливая	Осадки меньше испаряемости, проводимые мероприятия направлены на пополнение, сбережение и экономное расходование влаги	Лесостепь на выщелочных черноземах	1-0,77	1-1,28	0,45-0,35	1,3-1,0-(1,6-1,3)
V	Засушливая	То же	Типичная степь на обыкновенных черноземах	0,77-0,55	1,28-1,7	0,35-0,25	100,7 (1,3-0,7)

Продолжение табл. 1.2

1	2	3	4	5	6	7	8
IV	Очень засушливая	Колебания урожая по годам связаны с изменением увлажнения	Степь на южных черноземах и тёмно-каштановых почвах	0,55-0,33	1,8-3	0,25-0,15	0,7-0,4
III	Сухая	Испаряемость значительно превышает осадки. Земледелие возможно только при искусственном орошении	Полупустыня на светло-каштановых почвах	0,33-0,22	3-4,5	0,15-0,1	0,4
II	Очень сухая	То же	Пустыня на бурых почвах	0,22	4,5	0,1	-

В табл. 1.2, 1.3 представлены следующие параметры:

$\frac{P}{\sum o}$ – отношение осадков к испаряемости (год); $\frac{E_o}{p}$ – отношение испаряемости к осадкам (год); $\frac{p}{\sum d}$ – отношение осадков к сумме дефицита влажности воздуха в миллибарах (год); $\frac{P10}{\sum t}(ГКТ)$ – теплообеспеченность – отношение к сумме температур (за месяцы теплого периода – июнь-август), увеличенное в 10 раз (в скобках – для восточных районов с муссонным климатом).

При обосновании мелиораций в различных природных зонах рекомендуется учитывать следующие показатели, характеризующие оптимальный (безопасный) мелиоративный режим:

- допустимые пределы регулирования влажности корнеобитаемого слоя почвы и глубины уровня грунтовых вод;
- направленность влагообмена между корнеобитаемым слоем почвы и грунтовыми водами и его интенсивность;
- допустимое содержание токсичных солей в почве, катионов натрия и магния в почвенном поглощающем комплексе и pH почвенного раствора;
- предельные значения общей минерализации поливной воды, соотношение в ней натрия, кальция и магния, pH;
- комплекс агрохимических показателей плодородия почв и направленный характер их изменения (емкость почвенного поглощающего комплекса, насыщенность его основаниями, содержание гумуса, состав гумуса, содержание кальция, азота и др.).

При проведении комплексных мелиораций сельскохозяйственных земель должно быть обеспечено удовлетворение всех указанных критериев (табл. 1.3).

Таблица 1.3

Требования к пределам регулирования водного режима, обеспечивающим оптимальный диапазон свойств почв для различных природно-климатических зон [И.П. Айдаров, 2004 г.]

Свойства и критерии, характеризующие состояние и плодородие почв	Природно-климатические зоны		
	нечернозёмная	степная	аридная
1	2	3	4
Радиационный индекс сухости, $\overline{R}$	1-1,1	1	0,9-1
Отношение оросительной нормы к осадкам	0,1-0,15	0,3	2-4
Влагообмен почвы с грунтовыми водами (отношение инфильтрации к сумме осадков и оросительной нормы)		0,01-0,05	0,1
Минерализация поливной воды, г/л	2	0,5 - 0,6	1

Продолжение табл. 1.3

1	2	3	4
Пределы регулирования водного режима в долях от НБ	0,8-0,9	0,6-0,75	0,7-0,9
Равномерность увлажнения	0,9-0,95	0,9-0,95	0,8-0,9
Пределы регулирования солевого режима в почве:			
Na/ √Ca	-	0,1-0,3	3
Na/ √Mg	-	0,3-0,5	4
Содержание Na^{+} в ППК, %	-	2-3	10
Содержание Mg^{++} в ППК, %	-	15	20
pH	5-6,5	6,5 - 7	8-8,5
Свойства почв			
Содержание гумуса в слое 0-50 см, %		4-6	2-2,5
Степень насыщенности основаниями, %		95-100	100
Содержание водопрочных агрегатов, %		40-50	20-30
ППК, мг-экв/100 г	20-30	30-40	10-15

Орошение земель осуществляют с помощью гидромелиоративных (оросительных) систем – комплекса взаимосвязанных сооружений, зданий, устройств, предназначенных для забора воды из водного источника, транспортирования оросительной воды до орошаемого массива и распределения по поливным участкам, полива земель, а также отвода с орошаемого массива дренажных, сбросных и грунтовых вод.

Гидромелиоративная (оросительная) система функционирует в составе многофакторного природного комплекса, является его составной частью, проявляет специфические функции в процессе взаимодействия с природной средой и, по сути, является сложным природно-техническим объектом, составной частью агроландшафта, обеспечивающим регулирование кругооборота воды, вещества, энергии и информации в границах влияния мелиоративно-водохозяйственного комплекса (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Структурно-функциональная схема гидромелиоративной системы как сложного природно-технического объекта

В состав оросительной системы входят: орошаемая площадь; водохранилища; гидротехнические (водозаборные, водомерные, вододелительные, сопрягающие), рыбозащитные и рыбопропускные сооружения; отстойники; насосные станции; оросительная, водосборно-сбросная и дренажная сети; поливная техника; средства внесения агрохимикатов, управления и автоматизации, контроля за мелиоративным состоянием земель; объекты энергоснабжения и связи; жилые здания эксплуатационной службы; дороги; лесные полезащитные насаждения [1.6-1.14].

Выходными параметрами деятельности оросительной системы являются критерии оптимизации: урожайность, плодородие почв, эрозия, сбросы, фильтрация, загрязнение окружающей среды. Таким образом, мелиоративная деятельность – это диалектический процесс, обеспечивающий, с одной стороны, необходимый уровень продуктивности агроэкосистем, с другой – устраняющий негативное воздействие антропогенной нагрузки на природную среду и обеспечивающий достижение динамического равновесия кругооборота вещества и энергии уже на более интенсивном, по сравнению с природными экосистемами, уровне при увеличении скорости и объёма биологического кругооборота.

Техническое состояние и эффективность эксплуатации гидромелиоративных систем определяются комплексом внешних и внутренних факторов воздействия: природно-климатических (внешние факторы воздействия на техническое состояние ГМС – неуправляемые) и технико-эксплуатационных (внутренние факторы влияния на техническое состояние и функционирование ГМС – управляемые), в том числе технико-технологических и организационно-управленческих.

Внешние (неуправляемые) факторы воздействия: климатические, почвенные, гидрогеологические условия и качественный состав грунтовых и поверхностных вод природно-климатической зоны, в которой расположена и функционирует гидромелиоративная система.

Внутренние (производственные) факторы воздействия: технический уровень гидромелиоративной системы, мелиоративной и дождевальной техники, технических средств и оборудования при вводе объекта в эксплуатацию, технологический регламент и режим эксплуатации гидромелиоративной системы.

Оросительные системы могут быть с самотёчным водозабором (вода поступает из водоисточника в каналы за счет разности отметок водной поверхности) и с механическим водоподъёмом (вода подаётся насосной станцией). Отношение расхода воды, поданной на поле ($Q_{нетто}$), к количеству, забираемому из источника орошения ($Q_{брутто}$), называется коэффициентом полезного действия оросительной системы (КПД).

При рациональном использовании водных ресурсов КПД оросительной системы для хозяйственных распределителей равен 0,8-0,9, для внутрихозяйственных распределителей – 0,85-0,95, для временных оросителей – 0,90-0,95, для закрытой сети – 0,95-0,98.

По конструкции оросительные системы подразделяются на открытые (наиболее распространены), которые имеют каналы в земляном русле (облицованные или необлицованные) или лотковые каналы, сооружаемые на различных по высоте опорах; закрытые оросительные системы (наиболее прогрессивны), в которых каналы заменены трубопроводами, и комбинированные оросительные системы – сочетание открытых каналов и закрытых трубопроводов. КПД оросительных систем резко возрастает при применении закрытых трубопроводов. На крупных комбинированных системах водоводы высших порядков – открытые каналы, распределительная и поливная сети – закрытые трубопроводы; на небольших системах распределительная сеть – закрытые трубопроводы, поливная – временные оросители или выводные борозды. Типы оросительных систем устанавливают на основании технико-экономического сравнения вариантов для конкретного массива орошения (табл. 1.4).

Таблица 1.4

Классификация оросительных систем

Признак классификации	Типы оросительных систем	Конструктивные особенности
1	2	3
Конструкции оросительной сети	Открытые	Все элементы оросительной сети выполнены в виде открытых каналов или лотков
	Закрытые	Все элементы оросительной сети выполнены из напорных или безнапорных трубопроводов
	Комбинированные	Сочетание открытых каналов и закрытых трубопроводов

Продолжение табл. 1.4

1	2	3
Способ водоподачи	Самотечные	Вола поступает из источника орошения самотеком
	С механическим водоподъемом	Источник орошения расположен ниже орошаемой площади, подача воды осуществляется насосной станцией (машинное орошение)
	Самотечно-напорные	Вода самотеком транспортируется по закрытым трубопроводам за счет напора, создаваемого естественным уклоном местности
Степень капитальности	Стационарные	Водозаборные сооружения, насосные станции, оросительная сеть и поливная техника занимают постоянное положение
	Полустационарные	Водозаборные сооружения, насосные станции и оросительная сеть занимают постоянное положение, а поливная техника перемешается по полю в процессе полива
	Передвижные	Все элементы системы – насосные станции, оросительная сеть (разборная) и поливная техника в процессе полива перемещаются с позиции на позицию
	Стационарно-сезонные	Разновидность стационарных систем, при которой все элементы системы в начале вегетационного периода монтируются на поле, а в конце убираются
По геоморфологическому расположению	Предгорная	Водозабор бесплотинного типа. Главные каналы располагают вдоль или под острым углом к направлению уклона местности
	Долинная	Водозабор бесплотинный или с механическим подъемом. Магистральный канал отходит с уклоном, меньшим уклона реки
	Водораздельных равнин и плато	Водозабор с механическим подъемом. Магистральный канал проходит по водоразделу с двусторонним командованием

1.2. Классификация технологий орошения и техники полива

Процесс орошения сельскохозяйственных культур реализуется с помощью различных технологий (способов) распределения воды на поле.

Технология (способ) орошения земель, комплекс мер и приемов распределения воды на поливном участке и превращения водного потока в почвенную и атмосферную влагу.

Классификация техники 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. 1.5) – 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 [1.13, 1.14].

Таблица.1.5

Целевое назначение и основные функции полива

<table>
<tr><td>Генеральная цель</td><td colspan="3">Обеспечение растений одним из факторов жизни – водой для получения, независимо от погодных условий, экономически и экологически обоснованных урожаев в зонах недостаточного и неустойчивого увлажнения</td></tr>
<tr><td>Основные цели воздействия на растение и среду обитания в процессе управления водным фактором</td><td colspan="2">Управление водным режимом почвы, создание необходимых влагозапасов в почве и поддержание их на оптимальном уровне, предотвращение почвенной засухи</td><td>Направленное воздействие непосредственно на растение, регулирование его водного режима, внекорневое питание растения водой</td><td>Направленное воздействие на микроклимат приземного слоя воздуха за счет повышения его влажности, снижения последствий и предотвращение атмосферной засухи</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Дополнительные цели «побочного» воздействия процесса орошения на факторы жизни растений</td><td rowspan="2">Регулирование воздушного и направленное изменение теплового режима почвы, активизация жизнедеятельности микроорганизмов, сохранение (повышение) структуры и водопрочности</td><td>Предотвращение подъема солей в верхние горизонты, вынос солей в дренажную сеть при промывных поливах</td><td rowspan="2">Изменение состава и концентрации клеточного сока растения, направленное изменение температуры листовой поверхности и интенсивности транспирации, активизация</td><td rowspan="2">Направленное изменение теплового режима приземного слоя воздуха, снижение амплитуды суточных колебаний температуры, предотвращение и уменьшение отрицательных последствий заморозков, изменение состава воздуха при внесении с поливной водой газообразных химических веществ</td></tr>
<tr><td>Внесение в почву вместе с поливной водой элементов минерального и органического питания, химических мелиорантов, гербицидов</td></tr>
</table>

Имеются следующие технологии орошения (табл. 1.6):

● *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 гребне-ванной поверхности почвы слоем в несколько сантиметров увлажняет ее под воздействием гравитационных и капиллярных сил;

● *капельный*, когда вода подается в виде отдельных капель ∅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 ∅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, 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;

● *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.

Таблица 1.6

Технологии полива и их отличительные признаки

Основные отличительные признаки	Технология 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

Длительность и интенсивность воздействия на растение и среду его обитания 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 предусмотрены 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 (табл. 1.7).

Таблица 1.7

Классификационная схема технологий и техники полива

Поливная техника и принцип водораспределения	Основные параметры		
	рабочий напор, кПа	рабочий расход, л/с	управляемый поливной ток, л/с на человека
1	2	3	4
Поверхностный способ полива			
Поливная переносная арматура (сифоны, трубки, щитки) с забором воды из открытых оросителей	1-2	0,3-1,5	30-50
Передвижные поливные трубопроводы жесткого типа (быстроразборные, колесные, шлейфы) позиционного действия с забором воды из открытых оросителей и трубопроводов типа РТ и др.	20-100	30-100	30-100
Передвижные поливные гибкие трубопроводы позиционного действия с забором воды из открытых оросителей и трубопроводов	5-60	30-100	30-100
Поливные машины и агрегаты с жесткими передвижными трубопроводами позиционного действия типа ПТ-260 с забором воды из открытых оросителей	20-100	50-200	50-100
Поливные шланговые машины позиционного действия ППА-165, ППА-165У, ППА-300 с забором воды из открытых оросителей	10-100	150-500	75-250
Поливные двухконсольные машины со шланговыми водовыпусками, работающие в движении и позиционно с забором воды из открытых оросителей	50-150	100-200	50-100
Поливные широкозахватные колесные машины со шланговыми водовыпусками или поливными шлейфами позиционного действия с забором воды из сети трубопроводов	100-300	40-100	40-100
Стационарные системы с закрытыми перфорированными поливными трубопроводами	100-300	-	40-100
Стационарные автоматизированные системы с надземной водораспределительной сетью (лотки и низконапорные трубопроводы с водовыпусками)	5-100	-	100-200
Дождевание			
Короткоструйные дождевальные установки типа КДУ-56М. Среднеструйные дождевальные установки (КИ-50). Среднеструйные дождевальные шлейфы	200-300 300-500 300-500	20-40 25-50 25-50	10-15 10-20 125-250 (один трактор на пять шлейфов)
Двухконсольные короткоструйные дождевальные машины, работающие в движении с забором воды из сети открытых оросителей, ДДА-100М, ДДА-100МА	200-300	100-150	50-150
Двухконсольные среднеструйные и короткоструйные машины, работающие в движении по кругу на позиции с забором воды из сети трубопроводов	200-500	50-150	100-300
Широкозахватные среднеструйные многоопорные дождевальные машины позиционного действия с забором воды из сети трубопроводов «Волжанка», «Днепр»	400-500	60-120	120-240

Продолжение табл. 1.7

1	2	3	4
Широкозахватные среднеструйные дождевальные машины, работающие в движении фронтально с забором воды из открытых оросителей и троллейных водоводов, а также из высоконапорных шлангов	500-800	50-100	100-200
Самоходные широкозахватные среднеструйные дождевальные машины, работающие в движении по кругу с забором воды из сети трубопроводов	500-800	50-100	200-400
Дальнеструйные дождевальные машины, работающие на позиции по кругу или секторе с забором воды из открытых оросителей и трубопроводов	500-1000	50-150	50-150
Самоходные дальнеструйные и среднеструйные машины, работающие при фронтальном движении с забором воды из высоконапорного шланга	300-600	15-40	60-200
Передвижные машины (установки) аэрозольного орошения позиционного действия с забором воды из трубопроводов	500-1000	10-30	10-15
Автоматизированные комплекты сезонно-стационарного оборудования с дальнеструйными и среднеструйными дождевальными аппаратами	300-600	20-50	50-100
Автоматизированные комплекты сезонно-стационарного оборудования для синхронно-импульсного дождевания	300-600	20-50	80-300
Стационарные автоматизированные системы, стационарные системы, в том числе автоматизированные, с дальнеструйными и среднеструйными дождевальными аппаратами	300-600	-	60-150
Внутрипочвенное и капельное орошение			
Гидробуры и инжекционные машины для очагового внесения воды и растворов удобрений непосредственно к корням растений с забором воды из трубопроводов и передвижных емкостей	200-10 000	1-10	1-10
Машины для внутрипочвенного орошения с заглубляемыми полыми рыхлителями, работающие в движении с забором воды из напорных шлангов и водоводов троллейного типа	100-300	20-50	20-50
Стационарная система внутрипочвенного орошения с увлажнителями в подпахотном горизонте (перфорированные пластмассовые трубопроводы, гончарные трубки, герметичные трубопроводы с очаговыми увлажнителями)	1-100	-	20-500
Стационарные системы внутрипочвенного орошения с регулируемым уровнем грунтовых вод за счет инфильтрации из открытых каналов или регулирующих дрен (двойного регулирования)	1-100	-	20-100
Стационарные системы капельного орошения с надземным и подземным расположением увлажнителей с капельницами различного типа	50-200	-	5-20
Комбинированные способы полива			
Двухконсольные поливные машины с дождевальными насадками и шланговыми водовыпусками, работающие позиционно и в движении с забором воды из открытого оросителя или троллейного водовода	200-400	100-200	50-100
Поливные широкозахватные колесные машины с дождевальными насадками и шланговыми водовыпусками или поливными шлейфами, работающие позиционно с забором воды из трубопроводов	300-400	40-100	40-100
Внутрипочвенно-дождевальные машины с дождевальными насадками и заглубляемыми полыми рыхлителями, работающие в движении с забором воды из напорных шлангов или водоводов троллейного типа	100-500	20-50	20-50
Стационарные дождевально-поливные системы с дождевальными аппаратами и почвенными увлажнителями	200-600	-	20-50

Технологии и техника орошения должны отвечать следующим требованиям качества технологического процесса:

- регулирование водного режима корнеобитаемого слоя почвы в соответствии с цикличностью природных процессов, обеспечивая чередование различных уровней увлажнения на конкретном участке в разные годы, что характерно для естественно-складывающегося гидрологического и гидрометеорологического режимов природно-климатических зон;
- поддерживание в почве требуемых водного и связанного с ним воздушного, питательного, солевого и теплового режимов, обеспечивающих в комплексе с агротехникой высокое экономическое плодородие почв, получение планируемых и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур, также дождевание, микродождевание и аэрозольное дождевание, которые должны способствовать регулированию влажности приземного слоя воздуха;
- реализация с помощью технических средств орошения технологий «точного орошения» и формирующей искусственный дождь, близкий по качественным характеристикам к естественным дождям «средней» силы, с каплями, падающими практически вертикально, при ∅0,5-1,0 мм, интенсивности до 0,25 мм/мин и равномерности распределения по площади не менее 0,9 (КЭП=0,9), удельной энергией до 0,1 Вт/м^2, обеспечивающей рациональное использование воды (КИВ=0,8-0,9), повышение надежности, улучшение условий и безопасности труда, применение новых технологий и материалов, снижение воздействия ходовых систем на почву, материало- и энергоемкости, унификацию модулей и сборочных единиц, высокие качество и производительность труда, эргономичность;
- обеспечение сохранения и повышения плодородия почвы; предупреждение засоления, заболачивания и эрозии, ухудшения мелиоративного состояния прилегающих земель; увеличение КЗИ (не менее 0,95) за счет уменьшения протяженности оросительной сети;
- многоцелевое применение оросительной сети и поливной техники для внесения вместе с водой удобрений, микроэлементов, пестицидов, химических мелиорантов, ростовых веществ.

Выбор технологий и техники орошения зависит от внешних условий: климатических, почвенных, геоморфологических, гидрогеологических, биологических, хозяйственных, водохозяйственных, экологических, экономических.

Климатические факторы включают в себя увлажненность территории, испаряемость, температуру и влажность воздуха, ветровой режим (скорость и направление ветра).

Из почвенных факторов наиболее важными являются скорость впитывания воды в почву, коэффициент фильтрации почвогрунтов, засоленность почвы, мощность почвенного покрова, устойчивость почв против заплывания, водной эрозии. К геоморфологическим факторам относятся уклон поверхности и протяженность склонов, которые влияют на выбор типа оросительной сети и поливной техники.

Из гидрогеологических факторов важное значение имеют глубина залегания, минерализация грунтовых вод и степень дренированности территории.

Из биологических факторов основными являются продолжительность вегетационного периода, определяющая величину оросительной нормы и число поливов, характер развития надземной части и корневой системы растений. Основные хозяйственные факторы – размещение и специализация сельскохозяйственного производства, севообороты, размер полей и севооборотов, организация территории, конфигурация участков орошения. К водохозяйственным факторам относятся водообеспеченность оросительной системы, коэффициенты использования воды, земельного использования и полезного действия, командование в точках водозабора, качество, температура и минерализация оросительной воды.

Экологические факторы включают в себя лимитирующие условия: размеры поливных норм, качество полива и равномерность распределения воды по орошаемой площади, развитие водной эрозии, фильтрацию из оросительной сети, качество оросительной воды, величину и качество сбросных и коллекторно-дренажных вод, особенно с различными видами агрохимикатов, в глубокие слои почвогрунтов и за пределы орошаемой площади.

К экономическим факторам относятся производительность и затраты труда, капитальные вложения, затраты, окупаемость, величина экономического эффекта. Основное назначение и условия применения различных технологий орошения приведены в прил. 1,2,3,4.

1.3. Исходные требования к качеству технологического процесса и технике орошения

Современному уровню развития науки и техники отвечают широкозахватные дождевальные машины кругового и фронтального действия с электроприводом на пневматическом ходу, работающие в автоматическом режиме от закрытой сети, площадь орошения 10-50 и до 400 га; шланговые барабанные дождевальные машины со среднеструйными аппаратами или консольными тележками с низконапорными аппаратами, площадь обслуживания за сезон от 3 до 50 га; быстросборные трубопроводы, площадь обслуживания до 50 га; системы микроорошения, в том числе капельного и микродождевания; широкий спектр дождевальных аппаратов, работающих при давлении от 0,3 до 0,5 МПа, и низконапорных дождевальных насадок; автоматическая запорно-регулирующая арматура и специальное оборудование для внесения удобрений с поливной водой; компьютерные системы планирования водопользования и управления орошением.

Оросительная техника ориентирована на работу от закрытой оросительной сети, автоматизированный режим работы, многоцелевое использование, применение компьютерных систем контроля и управления, широкий диапазон модификаций, максимальный учет конкретных условий применения.

Целесообразно выделить три основные группы требований к технике орошения: агробиологические, почвенно-мелиоративные, экологические, организационно-хозяйственные.

Агробиологические требования сводятся к оптимальным условиям снабжения растений водой;

почвенно-мелиоративные и экологические требования – к сохранению и улучшению плодородия почв, их мелиоративного состояния. Важность этой группы требований определяется трудноопенимым ущербом, наносимым народному хозяйству при ухудшении мелиоративного состояния земель и нарушении экологического равновесия в природе отдельных массивов и регионов;

организационно-хозяйственные требования – к высокоэффективному использованию поливной техники, природных и материальных ресурсов, рациональной организации территории, труда и водопользования на орошаемых землях без ухудшения условий проведения других агротехнических приемов по уходу за растениями.

Экологически приемлемая техника орошения должна обеспечивать:

- малоинтенсивное длительное положительное воздействие на растение, почву и приземный слой воздуха за счет снижения интенсивности (медленной и импульсно-локальной в строгом соответствии с потребностью и площадью питания растений) водоподачи и приближения ее значения к интенсивности водопотребления растений;
- исключение значительных потерь воды на сброс и глубинную фильтрацию и доведение коэффициента полезного действия техники орошения до максимально возможного значения (0,96);
- высокое качество технологического процесса полива за счет равномерного распределения воды по всей площади орошения ($К_э \geq 0,9$), исключения водной эрозии и стока воды, а также нарушения структуры и ухудшения водно-физических и физико-механических свойств верхних горизонтов почвы;
- высокую надежность технологического процесса полива и доведение коэффициентов готовности дождевальных машин и поливного оборудования в течение всего поливного сезона до К=0,99;
- возможность продуктивного использования вероятных естественных осадков слоем до 15-20 мм и поддержания аккумулирующей способности верхних горизонтов на соответствующем уровне за счет малоинтенсивного и дробного внесения поливных норм, существенно не превышающих значение среднесуточной эвапотранспирации;
- возможно малый (0-20% от НВ) размах управляемого уровня влажности почвы, исключающий интенсивный перенос солей в верхние горизонты почвы, имеющий место при значительных колебаниях влажности почвы перед и после каждого полива;
- аккумуляцию воды не только в почвенном, но и приземном слоях воздуха (влажность воздуха при длительном малоинтенсивном дождевании повышается на 5-15 %) и соответственно снижение испарения с поверхности почвы и перенос солей в ее верхние горизонты;
- возможность в зависимости от погодных условий года изменять суточную водоподачу в широком диапазоне – от 10 до 100 $м^3$/га;
- возможность дозированного внесения вместе с поливной водой минеральных и органических удобрений, микроэлементов и химмелиорантов для восстановления и повышения естественного плодородия почв;
- экономное расходование энергетических ресурсов за счет создания и применения низкона-

порных средств механизации полива с величиной затрат энергии для внесения воды при дождевании с давлением не более 0,3-0,5 МПа и остальных способах не более 0,055-0,1 МПа;

● снижение материалоемкости и, в первую очередь, металлоемкости за счет совершенствования конструкций поливной техники, труб и арматуры мелиоративного сортамента, перехода на новые легкие и экономичные материалы (пластмасса и др.), рассредоточения тока воды во всех элементах системы и существенного повышения на этой основе степени использования во времени мелиоративных фондов;

● уменьшение потерь земли под сооружениями, каналами, от заминания посевов поливной техникой и доведение коэффициента полезного использования земли до 0,97-0,99 (табл. 1.8, 1.9).

Таблица 1.8

Ограничивающие значения критериев качества

Показатели	Характеристика	Значение
1	2	4
Технико-эксплуатационные показатели	Расход воды, л/с	0,05-0,3
	Напор, МПа	0,01-0,3
	Удельная водоподача, л/с/м^2	0,05-0,5
	Радиус захвата, м	1-10
	Средняя интенсивность, мм/мин	0,1-0,3
	Мгновенная интенсивность, мм/мин	0,25
	Коэффициенты радиальной и окружной неравномерности	0,1
	Трудоёмкость орошения, чел.-ч/га	0,3
	Срок службы аппарата, лет	8-10
	Коэффициент эффективного полива	0,8
	Коэффициент равномерности по Кристиансену	0,9
	Удельная металлоемкость, кг/га	10-15
	Коэффициент ремонтопригодности	0,95
	Коэффициент надёжности	0,95
	Коэффициент готовности	0,95
Энергетические	Затраты энергии при $M_{ор}$=200 мм на единицу площади, МВт·ч/га	<2-4
	Затраты энергии на единицу объёма водоподачи, кВт·ч/м^3	<1-2
	КПД распыливания	0,1
	КПД гидравлический	0,6
Экологические	Среднекубический диаметр капель, мм	1,0-1,5
	Частотное распределение числа капель по диаметрам, %:	
	<0,5 мм	20-30
	0,5-1,0 мм	40-50
	>1,0 мм	10-20
	Сила удара капель дождя, Н	0,05
	Удельная мощность дождя по среднему диаметру капель, Вт/м^2	0,25

Таблица 1.9

Агроэкологические требования к технике полива дождеванием

Показатели	Критериальные значения	Закрытая сеть			Открытая сеть	
		дождевальные машины				
		позиционного действия	работающие в движении		позиционного действия	работающие в движении
		перемещаются фронтально	перемещаются по кругу		перемещаются фронтально	
1	2	3	4	5	6	7
Технологические						
Коэффициент земельного использования (КЗИ)	≥0,98	0,97	0,97	0,97-0,98	0,97	0,94-0,97
Коэффициент использования рабочего времени:						

Продолжение табл. 1.9

1	2	3	4	5	6	7
сменного	0,95	0,84	0,88	0,92	0,84	0,8-0,9
суточного	0,9	0,84	0,88	0,88-0,92	0,84	0,82-0,88
сезонного	0,7	0,72	0,75	0,75-0,8	0,72	0,7-0,75
Коэффициент готовности	≥0,96	0,99	0,89	0,89-0,96	0,99	0,89-0,94
Срок службы, годы	≥8	8	8	10	8	8-12
Энергетические Коэффициент гидравлической эффективности (отношение потерь напора по длине к напору на входе в машину)	<0,3	0,3	0,56	0,38-0,56	0,3	0,56-0,67
Экологические Средний диаметр капель дождя, мм	≤1,0	1,5-2	1,0-2	1,1-1,5	1,5-2,5	1-2
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,1-0,3	0,27-0,35	0,3-0,7	0,2-0,6	0,2-0,3	0,1-1,1
Коэффициент равномерности по Христиансену	≥0,8	0,7	0,89	0,87	0,7	0,85-0,89
Коэффициент эффективного полива	≥0,7	0,5-0,8	0,6-0,8	0,75	0,5-0,8	0,7-0,8

Технико-эксплуатационные и энергетические характеристики дождевальных машин:

- широкозахватные фронтального действия: коэффициент земельного использования до 0,98; трудозатраты – до 1,9 чел.-ч на 1000 м^3 воды; средняя интенсивность дождя до 0,25 мм/мин; коэффициент эффективного полива до 80-90%; средний диаметр капель до 0,9-1 мм, скорость до 5 м/с, что повышает эрозионно-достоковую норму полива на 25-30%;
- широкозахватные кругового действия и установки кругового действия: трудоемкость до 1,1 чел.-ч на 1000 м^3 оросительной воды, коэффициент земельного использования до 0,98, энергозатраты 190 кВт-ч на 1000 м^3, средняя интенсивность дождя до 0,25 мм/мин.

1.4. Методы оценки качества технологий орошения

1.4.1. Информационное обеспечение оценки качества дождевания

Качество выполняемого технологического процесса дождевальными машинами в первую очередь обеспечивается дождевальными аппаратами и насадками и зависит от их конструкции и расстановки.

Дожди естественные и создаваемые дождевальной техникой могут вызывать деградацию и эрозию почв.

Эрозия плодородия представляет собой потерю из почвы питательных веществ для растений в процессе эрозии, по масштабам проявления напоминает вынос питательных веществ урожаем. Фосфор теряется преимущественно вместе с коллоидными частицами, на поверхности которых он адсорбирован. Азот находится в форме нитритов или нитратов, которые растворимы и могут вымываться при поверхностном или подпочвенном стоке, хотя почва остается на месте.

Эрозия заиления – физическое разрушение почвы без потерь ее частиц. Структура почвы разрушается дождем, мелкие почвенные фракции скапливаются в понижении. Поверхность почвы заплывает, а при высыхании покрывается трещинами, коркой, плодородие резко падает. Это характерно при дождевании для полей с малым уклоном.

При дождевании может возникать *вертикальная эрозия* – вымывание мелких илистых частиц через пористый песок или гравий и аккумуляция их в менее водопроницаемых слоях нижней части почвенного профиля. Заметное уменьшение количества коллоидных или илистых частиц вызывает снижение плодородия почвы. Накопление мелких частиц на глубине нежелательно, так как ухудшается проницаемость почвы для корней растений и воды.

Водная эрозия, одной из разновидностей которой является капельно-дождевая, обусловлена ударом дождевых капель, составляет существенную стадию эрозионного процесса.

Размеры эрозии зависят от сочетания двух факторов – динамической силы дождя и способности почвы противостоять его действию.

Естественные дожди и создаваемые аппаратами и насадками по-разному влияют на впитывание воды в почву, эрозию и образование стока.

Дожди характеризуются следующими показателями:

- слой осадков h – уровень образующейся дождевой воды при отсутствии ее впитывания;
- интенсивность дождя ρ – скорость образования слоя осадков, приращение слоя осадков в единицу времени, первая производная функция образования слоя осадков;
- равномерность полива – распределение слоя осадков по площади полива, которая оценивается коэффициентами эффективного полива $K_{эг}$, переполива (избыточного) полива $K_{п}$, недостаточного полива;
- диаметр капель дождя – размер шаровой капли.

Чем больше интенсивность дождя ρ и размер капель d, тем быстрее начинаются сток дождевой воды, разрушение структуры почвы. На урожай сельскохозяйственных культур влияет равномерность распределения слоя осадков. Она оценивается коэффициентами эффективного $K_{э}$, недостаточного $K_{н}$ и избыточного $K_{п}$ полива и средней интенсивностью дождя. Дождевальные машины должны обеспечивать орошение полей равномерно с коэффициентом эффективного полива не ниже 0,7. Поэтому справедливо оценивать работу дождевальной техники интенсивностью дождя, спектральным ее распределением по площади и коэффициентами равномерности полива, слоем осадков и размером создаваемых капель [1.15, 1.16, 1.21, 1.31].

Дождь, создаваемый дождевальными аппаратами и насадками, является полидисперсным. По мере удаления от аппарата или насадки происходит перераспределение массы, расхода дождевой воды в сторону крупных капель, хотя вид распределения капель мало изменяется.

Важно знать соотношение расхода дождевой воды, нормы полива крупными и мелкими каплями как на элементарных площадках, так и на всей площади полива.

Оценка крупности капель, работы дождевальной техники тремя зональными среднеобъемными и среднеарифметическим по площади полива диаметрами капель [1.15, 1.31] не всегда достоверно отражает качество полива, процесс распада струи на капли. Анализ показывает, что величина этого диаметра, как правило, приходится на капли, которые несут объем дождевой воды не более 5-20%. Эти капли легко сносятся, интенсивнее испаряются. Величина среднеобъемного диаметра сильно варьирует. Поэтому косвенно им можно характеризовать снос капель ветром, испарение, а не проводить оценку дождя. В качестве показателя оценки крупности капель предлагался максимальный диаметр капель [1.15, 1.16]. Однако максимальный диаметр является величиной случайной, как и любая максимальная величина зависит от направления и скорости ветра, других факторов.

Предлагается производить оценку крупности капель медианным по объему диаметром капель $d_{м}$ [1.16]. Этот показатель тесно связан с интенсивностью дождя, расходом дождевой воды, нормой полива и меньше зависит от сноса капель ветром, испарения и других внешних условий, но объективно отражает характер распада струи на капли, воздействия их на почву и сельскохозяйственные культуры.

Физический смысл его заключается в том, что половина объема (массы, интенсивности) дождя выпадает в виде капель ме́ньшего диаметра, а половина – в виде капель бо́льшего диаметра.

Математическую зависимость можно выразить следующим образом:

$$\sum_{i=1}^{d_м} p_{vi} = 0{,}5,$$

где ρ_{vi} – вероятность, частость образования объема воды каплями определенного класса (размера).

Для проведения более качественной оценки дождя изучен характер изменения медианного $d_{м}$ и среднеобъемного $d_{к}$ диаметров капель вдоль радиуса полива r струи аппаратов, насадков. Их характер можно описать параболическими зависимостями вида

$$d = a_{п} \cdot r^2 + в_{п} r + c.$$

Параметры параболической зависимости изменений среднеобъемного диаметра лежат в пределах $a_{п}$ = 0,0018-0,005, $в_{п}$ = 0,01-0,09, c = 0,66--1,16, медианного $a_{п}$ = 0,015-0,15, $в_{п}$ = 0,03-0,26, c = 0,63-2.

Определена связь медианного и среднекубического диаметров капель, которая линейна. Ее можно использовать при определении допустимой нормы полива:

$$d_{м} = к_{м} d_{к} + c_{о}.$$

При исследовании дождя, создаваемого рядом дождевальных аппаратов и дифлекторых насадок, параметры данной взаимосвязи лежат в пределах $к_м$ = 1,1-3,4 и $с_о$ = 0-1,2 мм. Оценка дождя медианным диаметром капель приобретает комплексный характер (размер капель – формируемый ими объем воды и норма полива).

Дождь можно характеризовать следующими показателями, характеристиками: количеством образующихся капель *N*, объемом дождевой воды *V*, количеством движения *F* и энергией капель *W*, а также их удельными значениями раздельно по времени *t*, площади полива S и одновременно по времени и площади [1.15, 1.16, 1.30, 1.32, 1.35]. Так как приборы контроля параметров капель из-за ограничивающего быстродействия допускают их просчет, то для повышения достоверности и точности расчета абсолютного количества выпавших капель *N* можно определить через показания дождемера – время регистрации t_d, объем воды V_d, его приемную площадь S_d и через средневзвешенный объем капли $v_к$, контролирующего каплемером по формуле

$$N = V_d / v_к \text{ (шт.)}.$$

Средневзвешенный объем капли $v_к$, определяемый каплемером, как

$$v_к = \frac{\pi}{6n} \sum d_i^3 \ \text{(м}^3\text{)},$$

где *n*, d_i – количество капель, диаметр капель *i*-го класса, измеренных каплемером (системой «Спектр-4м») или с помощью фильтровальной бумаги другими устройствами контроля

Производными показателями, характеризующими распыл (распад) воды дождевальными насадками на капли, являются частота падения (поток) дождевых капель $f_к$ и интенсивность падения капель (плотность потока дождевых капель) «I».

Частость падения (поток дождевых) капель определяется как $f_к = N/t = V_d / v_к \cdot t_d = q/v_к$ [$с^{-1}$], (капля/секунда). Это количество капель, падающих в единицу времени *t*.

Важной характеристикой дождя является комплексный показатель – интенсивность падения капель (плотность потока дождевальных капель) *I*, представляющая собой количество капель *N*, падающих в единицу времени *t* на единицу площади полива *S*. Она связана с такими характеристиками дождя, как интенсивность дождя ρ и среднекубический диаметр капель $d_к$ или средний объем (массы) капли $v_к$ и определяется как

$$I = N/St = V_d / v_к \cdot S_d t_d = \rho / v_к = 6\rho / \pi d_k^3 \ \text{[м}^{-2} \cdot \text{ с}^{-1}\text{]},$$

шт/капель в 1 с на 1 м^2).

Производными показателями, характеризующими распыл объема *V* дождевой воды, являются расход дождевой воды *q*, слой осадков *h* и интенсивность дождя.

Расход дождевой воды – это объем выпавшей дождевой воды в единицу времени (скорость образования объема воды дождевым потоком) вычисляется по уравнению

$$q = V_d / t \text{ (м}^3 \cdot \text{ с}^{-1}\text{)}.$$

Слой осадков *h*, (норма полива $m_н$) – это уровень осадков, образующихся на единице площади полива, их можно определить по формуле

$$h = V/S = V_d / S_d \text{ (м)}.$$

Интенсивность дождя (скорость образования слоя осадков) – это объем дождевой воды, образующийся на единице площади в единицу времени, можно рассчитать по формуле

$$\rho = V_d / St = V_d / S_d \cdot t_d = h/t \text{ [м} \cdot \text{ с}^{-1}\text{]}.$$

Результаты, обобщенные В.Х. Вишмейером, Н.В. Гудзоном и другими, показывают, что наиболее тесная зависимость отмечена между эрозией и количеством движения, особенно между эрозией и кинетической энергией естественного дождя. Малоинтенсивный естественный дождь не является эрозийным и величина интенсивности, при которой дождь становится эрозийным, составляет примерно 25 мм/ч (0,417 мм/мин) [1.34].

У естественного дождя размер и скорость капель однозначно взаимосвязаны. Его оценка, в какой-то мере, достаточно однозначно определяется интенсивностью дождя, размером капель. Дождь, создаваемый поливной техникой, отличается от естественного, особенно скоростями падения капель. Она может быть меньше и гораздо больше скорости капель естественного дождя. Дождевальная машина, имеющая одинаковую интенсивность дождя, размер и малую скорость капель, может вылить гораздо бóльшую норму полива до образования стока, найдет широкое применение, чем машина, имеющая высокую скорость падения капель. Капли с высокой скоростью падения, следовательно, силовым воздействием, силой удара быстрее разрушают почвенные агрегаты, поверхность почвы скорее заплывает, образуются лужи, что приводит к поверхностному стоку воды, более интенсивному протеканию эрозийных процессов.

Чтобы снизить эрозию почвы, дождевальную технику рекомендуют применять на почвах с уклоном не более 0,05-0,07 и орошать поля не более эрозионно допустимыми нормами полива (ЭДНП). У дальнеструйных дождевальных аппаратов действительная интенсивность дождя может достигать 20-30 мм/мин, особенно при 0,75-0,9 радиуса захвата; размер капель 5-7 мм, их скорость

10-20 м/с варьируют в более широком диапазоне, по-разному влияют на впитывание воды в почву и ее разрушение.

Эрозионные процессы требуют более тщательного изучения. До сих пор в отрасли не определились, какие показатели энергетического воздействия дождя на почву надо контролировать, учитывать и не допускать их превышения при разработке и районировании дождевальной техники, чтобы не допустить стока воды, дождевой эрозии и разрушения почвы и выдавать нормы полива меньше эрозионно допустимых. Целесообразно для оценки качества дождя найти комплексный показатель, который учитывал бы интенсивность дождя, размер капель и энергию, его влияние на определение нормы полива, разрушение почвы.

Совершенно справедливо ряд исследователей предлагают оценивать качество полива и определять ЭДНП с учетом ударной силы капель, их давления на почву, вычисляя через размер и скорость падения капель или непосредственно измеряя.

Дождь можно характеризовать энергетическими показателями, характеристиками: количеством движения F и энергией капель W, их удельными значениями раздельно по времени t, площади полива S и одновременно по времени и площади. Так как приборы контроля параметров капель допускают просчет, то для повышения достоверности и точности расчета абсолютных энергетических характеристик указанные далее показатели нужно определить через показания дождемера и через средневзвешенные энергию $w_к$ и импульс количества движения $\varphi_к$ капли, вычислить по показаниям комплекса «Спектр-4М» или другого прибора, контролирующего диаметр d_i и скорость υ_i, и количество измеренных им капель n как

$$w_к = \frac{\pi\gamma}{12n}\sum_{i=1}^{n} d_i^3 \vartheta_1^2 \text{ (Дж)} \qquad \varphi_к = \frac{\pi\gamma}{6n}\sum_{i=1}^{n} d_i^3 \vartheta_i \text{ (Н·с)},$$

где γ – плотность воды, равна 10^3 кг/м^3, а масса капли вычисляется как $m = \gamma \cdot v_к$.

Наибольший интерес вызывают следующие характеристики [1.18].

Энергию дождя можно характеризовать мощностью дождевого потока, дождя M и плотностью энергии дождевого потока (интенсивностью энергии дождя, удельной мощностью дождя) $П$ [1.15, 1.30].

Мощность дождя – это энергия W дождевого потока, действующая в единицу времени t, можно определить по следующему уравнению

$$M = W/t = V_d w_к / v_к \cdot t = q\, w_к / v_к \text{ (Вт)}.$$

Плотность энергии дождевого потока $П$, которой предлагается производить энергетическую оценку качества дождя, является комплексным показателем, который связывает воедино интенсивность дождя, крупность капель и энергию.

Физический смысл заключается в том, что она характеризует энергию W воздействующую на определенную площадь S в течение заданного времени t. Математические ее можно записать как

$$П = W/St = V_d w_к / v_к \cdot S_d t_d = \rho \cdot w_к / v_к \text{ (Вт/м}^2\text{)}.$$

Исследованиями установлено, что величина плотности энергии дождевого потока, создаваемого аппаратом ДШ-64 в конце орошаемой площади, достигает 10-12 Вт/м^2, когда начинается разрушение структуры почвы ($d_к$ =1,45-1,55 мм, v = 2,8-3 м/с, ρ = 0,07-0,09 мм/мин).

Количество движения дождевого потока F, определяемое как

$$F = \sum_{i=1}^{n} m_i \vartheta_i ,$$

можно характеризовать механическим усилием (силой) дождевого потока P_y, плотностью (энтропией) количества движения дождевого потока $Э$ и динамическим давлением дождевого потока.

Сила P_y – это количество движения дождевого потока в единицу времени (скорость образования количества движения дождевого потока). Ее можно вычислить по формуле

$$P_y = \frac{F}{t} = V_d \varphi_к \,/\, \nu_к \cdot t_d = q \cdot \varphi_к \,/\, \nu_к = \text{(Н)}.$$

Плотность (энтропия) количества движения дождевого потока – это количество движения (энергии) дождевого потока, приходящегося на единицу площади, можно определить по уравнению

$$Э = F \,/\, S = V_d \varphi_к \,/\, \nu_к S_d = h \cdot \varphi_к \,/\, \nu_к = m_н \cdot \varphi_к \,/\, \nu_к \text{ (Па·с)}.$$

Динамическое давление дождевого потока (дождя) – это количество движения дождевого потока, приходящегося на единицу площади в единицу времени, можно вычислить по формуле

$$P = F/St = V_д \cdot \varphi_к / \nu_к \cdot S_d t_d = \rho \varphi_к / \nu_к \text{ (Па)}.$$

Для повышения достоверности, восстановления количества просчитанных каплемерами капель и точности определения абсолютных характеристик дождя предлагается использовать ряд способов.

По мере удаления от дождевального аппарата, насадки размер капель увеличивается. Поэтому в дождевании принято измерять размер капель вдоль радиуса полива. На практике в основном применяют равномерный шаг расстановки дожде-

меров, когда точки замера вдоль радиуса находятся на одинаковом расстоянии друг от друга. В этом случае для расчета используют не площадь колец, а их вес (отношения площадей).

Для проведения расчетов параметров дождевого облака применяют два варианта при такой расстановке, когда по мере удаления от центра поворота весовые коэффициенты равны:

$$K_j = S_1 : S_2 : S : S_j = 1:2:3\ldots j$$
$$\text{и } Kj = S_1 : S_2 : S_3 : S_j = 1:2:\ldots(2j-1).$$

1.4.2. Способы повышения достоверности измерений показателей качества технологий полива

При экспериментальном определении характеристик дождя возникают методические ошибки, обусловленные конечной длительностью (временем) контроля параметров дождя, конечной выборкой количества измеряемых капель, регистрацией объема воды в дождемерных сосудах, конечным значением шага расстановки, количества дождемеров, выборкой точек замера, интервала квантования размера капель, скорости их падения. При этом погрешность определения показателей качества полива, особенно крупности капель (контроль фильтровальной бумагой в начале, середине, конце радиуса действия дождя), равномерности распределения слоя осадков при шаге расстановки дождемеров, рекомендуемом СТО АИСТ 11.1-2004, достигает 10-50%.

На оценку качества дождя оказывает влияние аппаратурная погрешность, в частности, обусловленная конечным значением порога чувствительности используемых средств измерения, их основная и дополнительная погрешности. Эти вопросы мало изучены, не отражены в руководящих документах и требуют дальнейшей разработки.

При определении показателей равномерности полива согласно вышеуказанным ОСТам используются дождемеры в виде банок с ручной расстановкой (до 400-500 шт.), из которых после окончания полива техническим персоналом вода выливается в мерные цилиндры и результаты замера заносятся в журнал испытаний. Затем проводится обработка измерительной информации. На проведение одного опыта требуется несколько суток. Количество опытов может достигать нескольких тысяч в году. Это вызывает трудность при обработке полученных материалов.

При определении показателей крупности капель (среднеобъемных в зонах и среднего диаметров по площади полива) используют примитивные мерные средства – фильтровальную бумагу, натертую чернильным порошком, при этом человек входит в зону дождя и регистрирует 20-30 капель в зонах (общее количество не более 100). При этом часто происходит наложение отпечатков капель. Наложенные отпечатки техническим персоналом выбраковываются или при многочисленных наложениях проводится новая регистрация. По оставляемым каплями отпечаткам вручную измеряют их размеры (продольные и поперечные) и вычисляют диаметры капель d_i, а затем показатели их крупности. При этом в течение промежутка времени от регистрации (фиксации) капель до измерения отпечатков (от нескольких часов до суток) в зависимости от влажности и температуры воздуха происходит испарение воды с фильтра и уменьшение размера пятен. От мелких капель не остается следа. Возникает так называемый порог чувствительности метода (0,25-0,3 мм), средства измерения. От указанных причин погрешность определения показателей крупности капель может достигать 10-40%.

Предлагается способ снижения методических и приборных погрешностей контроля показателей качества, чтобы с минимальной погрешностью определять характеристики дождя, в первую очередь учитывающие форму и приемную площадь контролируемого устройства, лимитируемое количество регистрируемых капель и расставляемых дождемеров, точек контроля, регистрируемый объем воды в дождемере, его примерную площадь и время замера, время проведения опытов, диапазон измеряемых величин и параметров.

Обоснование, выбор формы и площади приемного устройства средств контроля

Чтобы с минимальной погрешностью определять характеристики дождя, нужно правильно выбрать площадь измерения, приемную площадь прибора. Ее минимальный размер ограничивается долей или соотношением раздробленных о края прибора капель, а максимальный – долей или соотношением «налагаемых» капель [1.16].

Доля раздробленных капель P_d – это отношение количества капель n_d, разбивающихся о края приемной площади прибора, к общему количеству капель $n_э$, пролетающих или падающих на нее. Она равна

$$P_{\partial} = \frac{n_{\partial}}{n}.$$

Если капли равномерно падают на площадь измерения, то дополнительно ее можно определить как

$$P_{\partial} = \sum_{i=1}^{k} p_i \frac{s_i}{s},$$

где p_i – частость падения капель какого-либо класса (размера); $к$ – число классов; s_i – площадь, на которой происходит дробление капель данного размера (класса) d_i.

Зная распределение капель, форму и размеры приемного устройства прибора, можно рассчитать долю раздробленных капель. Обычно приемная площадь воронки бывает круглой, прямоугольной, квадратной (рис. 1.2).

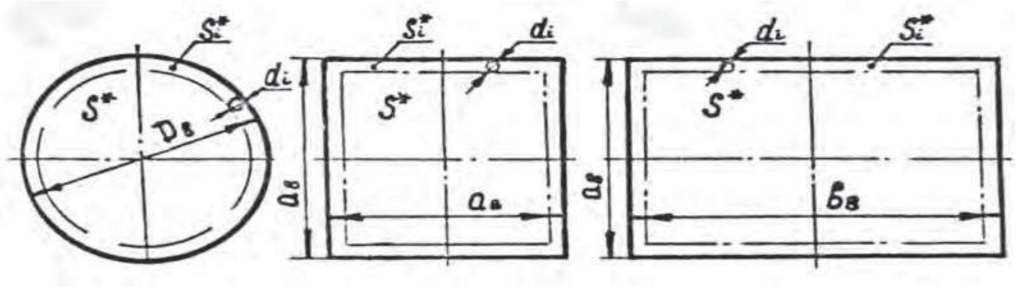


Рис. 1.2. Форма приемной площади прибора

Для этих форм отношение s_i^*/s^* равно:

$$\text{круглой } \frac{s_i^*}{s^*} = \frac{4d_i(D_в - d_i)}{D_в^2},$$

$$\text{квадратной } \frac{s_i^*}{s^*} = \frac{4d_i(a_в - d_i)}{a_в^2},$$

$$\text{прямоугольной } \frac{s_i^*}{s^*} = \frac{2d_i(a_в + в_i - 2d_i)}{a_в в_в},$$

где $D_в$, $a_в$, $в_в$ – диаметр стороны квадратной, прямоугольной, приемной площади прибора.

Однако целесообразнее выбирать площадь измерения по соотношениям раздробленных и «нераздробленных» капель. Соотношение раздробленных капель – это соотношение количества раздробленных капель к неискажаемым (нераздробленным). Это соотношение можно выразить через долю раздробленных капель как

$$\eta_{\partial} = \frac{P_{\partial}}{1 - P_{\partial}}.$$

Соотношение «налагаемых» капель определяется рабочим объемом прибора. Рабочий объем – это объем пространства прибора, в котором производятся измерения или промежуточное преобразование параметров капли. Соотношение «налагаемых» друг на друга капель – это отношение налагаемых капель к неискаженным («неналагаемым»).

Соотношение «налагаемых» капель – это отношение общей вероятности появления в рабочем объеме двух и более $P_н$ капель к вероятности появления одной капли P_1:

$$\eta_н = \frac{P_н}{P_1} = \frac{e^x - x - 1}{x} \text{ и } x = \frac{V_e^*}{V_e},$$

где V_e^* – единичный рабочий объем, объем рабочего пространства прибора, в котором может находиться только одна капля в момент измерения; V_e – единичный объем, объем дождевого пространства, приходящегося на одну каплю.

Единичный объем, согласно уравнениям коэффициента заполнения дождевого пространства и объему капельной воды, равен

$$V_e = \frac{V_{дж}}{N_{дж}} = \frac{\pi d_к^3 \bar{\upsilon}}{6\rho} = \frac{\bar{\upsilon}}{I},$$

где $V_{дж}$ – объем дождевого пространства;

$N_{дж}$ – количество капель в данном объеме;

υ – средняя скорость падения капель; $d_к$ – среднеобъемный диаметр капель.

Уравнения единичного рабочего объема разных методов, средств измерения размеров капель имеют различные виды. Для однолучевого фотоэлектрического метода (лимитируется одновременным присутствием капель в луче) это уравнение имеет следующий вид:

$$V_e^* = S^* \left(d_i + h_л\right),$$

где $h_л$ – высота фотоэлектрического луча.

Совокупное соотношение раздробленных и «налагаемых» капель $\eta_и$ можно определить по формуле

$$\eta_и=\eta_д+\eta_н.$$

Чтобы наглядно увидеть характер изменения и возможные величины $\eta_н$, $\eta_д$, $\eta_и$, на компьютере рассчитали и построили зависимости для фотоэлектрического метода, круглой приемной воронки и нормального закона распределения капель с конкретными параметрами дождя (рис. 1.3).

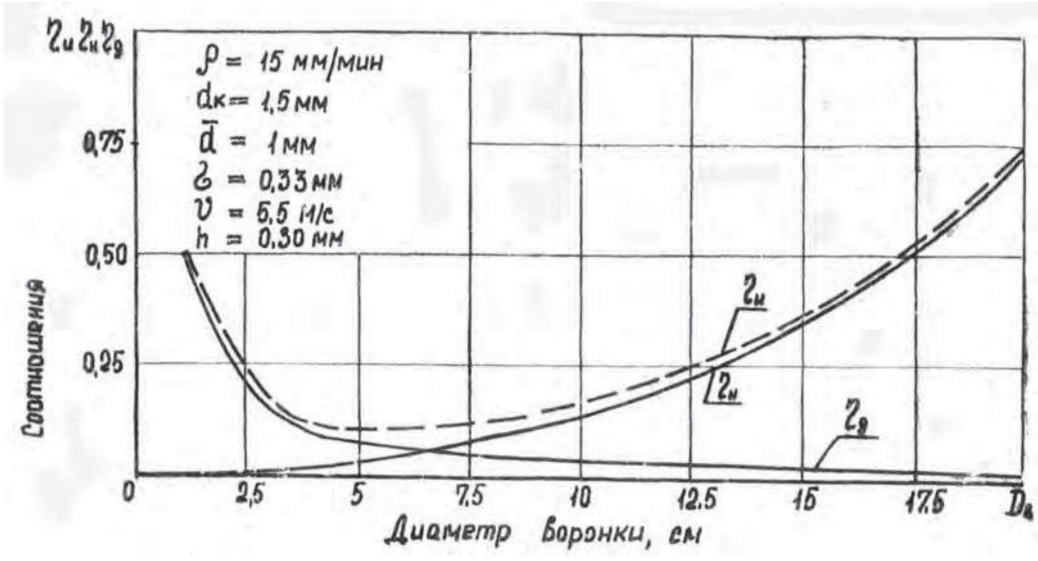


Рис. 1.3. Зависимости раздробленных и «налагаемых» капель от диаметра воронки: $\eta_д$ – раздробленных; $\eta_н$ – «налагаемых»; $\eta_и$ – суммарных

Анализ уравнений и графиков показывает, что устройства измерения отдельно падающих капель всегда имеют погрешность от дробления и «наложения» капель. При равных размерах $\alpha_в$ и $D_в$ доля раздробленных капель одинакова для круглой и квадратной форм воронки. Однако при использовании круглой воронки доля «налагаемых» капель будет меньше, так как ее площадь на 21,5% меньше квадратной. Следовательно, при прочих равных условиях выбор круглой формы более предпочтителен. При оптимальном диаметре воронки 5-6 см совокупное отношение будет минимальным и может снизиться до 10%. Из-за просчета, дробления и наложения капель целесообразно измерять слой осадков и интенсивность дождя дождемерами интегрирующего типа, в качестве которых используются мерные банки. Принцип работы дождемера основан на улавливании, сборе капель. Чтобы доля дробимых капель не превышала 3-5%, диаметр площади дождемера должен быть не менее 0,1м.

Обоснование требуемого количества дождемеров, точек замера капель при оценке качества дождя

Требуемое количество дождемеров найдем из точности определения объема воды на элементарной площадке полива (рис.1.4).

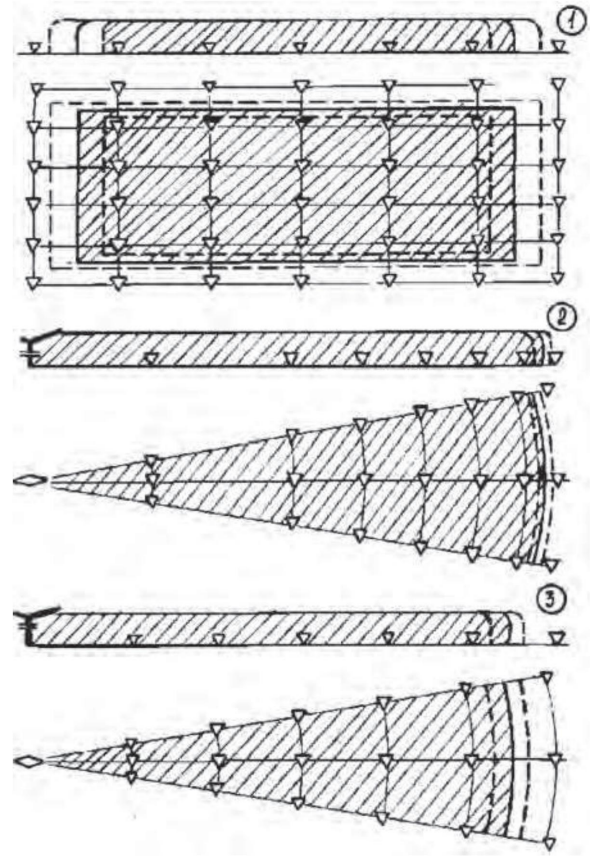


Рис. 1.4. Схемы расстановки: 1 – прямоугольная; 2 – радиальная с равными по площади кольцевыми зонами; 3 – радиальная с равным шагом; Δ – дождемеры

В данном случае ошибка зависит от вариации площади орошения. Ошибка расчета будет максимальной, если площадь орошения закончится в начале или конце какого-либо шага расстановки дождемеров [1.16, 1.18,1.20].

Относительная ошибка δ_s при радиальной схеме с равномерным шагом расстановки дождемеров равна

$$\delta_s = \frac{1}{z}.$$

Количество z расставляемых вдоль радиуса дождемеров можно найти как

$$z = \frac{1}{\delta_s}.$$

Общее количество дождемеров при квадратной схеме расстановки определяется как

$$Z = (2z)^2 = \frac{4}{\delta_s^2}.$$

Аналогичные зависимости можно найти и для других схем расстановки. Для радиальной схемы с равными по площади кольцевыми зонами (см. рис. 1.4.) они имеют вид

$$\delta_s = \frac{1}{2z}; \quad z = \frac{1}{2\delta_s}.$$

Для прямоугольной схемы расстановки и прямоугольной позиционной площади полива фронтальной машины ошибка и количество дождемеров могут быть рассчитаны по следующим уравнениям:

$$\delta_s = \frac{1}{z_a} + \frac{1}{z_в} = \frac{1}{\delta_a} + \frac{1}{\delta_в}; Z = \frac{1}{\delta_a \cdot \delta_в}; \delta_a \cdot \delta_в = \frac{1}{z_a \cdot z_в},$$

где z_a $z_в$ – число дождемеров по ширине и длине одновременно орошаемой площади; δ_a, $\delta_в$ – погрешность определения орошаемой площади по ее ширине и длине.

Анализ уравнений показывает, что при расстановке с равными по площади кольцевыми зонами требуется в 2 раза меньше дождемеров. При шаге расстановки (согласно табл. 4), рекомендуемом СТО АИСТ 11.1-2004, ошибка расчета объема воды может составить 16, 25, …33 или 14%.

Целесообразно уменьшить шаг расстановки. В частности, при определении средних значений слоя осадков, интенсивности дождя по площади с точностью не менее 10% потребуется расставлять порядка 10 дождемеров вдоль радиуса и 400 дождемеров по всей площади захвата дождем. Так как размер капель меняется всего лишь по мере удаления от дождевального аппарата, насадки, то достаточно измерять их размер вдоль радиуса захвата в десяти точках.

Обоснование лимитируемого количества регистрируемых капель при оценке качества дождя

Достоверность определения характеристик дождя зависит от количества регистрируемых капель. Чем больше их измеряется, тем точнее будут рассчитаны показатели оценки качества дождя, тем объективнее будет произведена оценка работы дождевальной техники (ДТ). Однако чрезмерная регистрация капель приведет к увеличению времени измерения, проведению опыта, а следовательно, срока доводки ДТ. Нужно в разумных пределах ограничить их регистрацию в зависимости от погрешности определения показателей качества дождя [1.16, 1.18, 1.20, 1.21].

Вариацию, возможную ошибку расчета объема воды по регистрируемому количеству капель можно найти

$$\delta_v = \frac{\sigma_v}{\bar{V}} = \frac{\sqrt{20}}{\sqrt{\bar{n}}} = \frac{4,47}{\sqrt{\bar{n}}}.$$

Вариацию, возможную ошибку расчета среднекубического диаметра можно найти как

$$\delta_\alpha = \frac{1}{3\sqrt{\bar{n}}} + \frac{\sqrt{20}}{3\sqrt{\bar{n}}} = \frac{\sqrt{20}+1}{3\sqrt{\bar{n}}} = \frac{1,824}{\sqrt{\bar{n}}}.$$

Для расчета среднекубического диаметра с заданной точностью целесообразно измерять не менее капель n_d согласно уравнению

$$\bar{n}_\alpha \geq \left[\frac{\sqrt{20}+1}{3\delta_d}\right]^2 = \frac{3,327}{\delta_d^2}.$$

Регистрируемый объем воды, а следовательно, объем дождемера, мерной банки, должен быть не менее

$$V \geq \frac{20V_k}{\delta_v^2} = \frac{10\pi \cdot d_k^3}{3\delta_v^2} = \frac{10,5d_k^3}{\delta_v^2},$$

где $v_k = \frac{\bar{V}}{\bar{n}} = \frac{\pi d_k^3}{6}$ – средний объем одной капли.

При этом улавливаемое количество капель можно рассчитать по уравнению

$$\bar{n}_v = \frac{20}{\delta_v^2}.$$

Для определения среднекубического диаметра с точностью 5% необходимо контролировать размер более 1300 капель, улавливать дождеме-

ром интегрирующего типа, например мерным сосудом, не менее $2 \cdot 10^5$ капель, чтобы ошибка при определении объема дождевой воды, слоя осадков не превышала 1%. При этом объем воды в дождемере может составить 105-350 см^3 (d_k = 1-1,5 мм).

Таким образом, для определения интенсивности дождя, слоя осадков и других показателей качества полива на их основе с точностью менее 1% необходимо регистрировать во время проведения опыта объем воды в дождемере в среднем порядка 250 см^3 и более. Этот же объем определяет и минимальный объем дождемера. Для определения среднекубического диаметра с точностью не менее 5% необходимо контролировать размер более 1300 капель.

Для получения подобных зависимостей при определении энергетических характеристик дождя необходимо знать закон изменения скорости капель от их диаметра. В ряде случаев она линейная.

Число контролируемых капель и возникающую при определении кинетической энергии ее производных характеристик ошибку можно рассчитать по следующим уравнениям:

$$n_w \geq \frac{20}{\delta_4^2} \ldots \frac{252}{\delta_4^2}; \quad \delta_w = \frac{\sqrt{20}}{\sqrt{n_4}} \ldots \frac{\sqrt{252}}{\sqrt{n_4}} = \frac{4,5}{\sqrt{n_4}} \ldots \frac{16}{\sqrt{n_4}}.$$

Для контроля энергии капель дождя и ее производных характеристик, в частности удельной мощности дождя, с погрешностью не более 5% целесообразно контролировать диаметр и скорость не менее 8-10 тыс. капель.

При определении производных характеристик количества движения капель число контролируемых капель и возможную ошибку можно рассчитывать по следующим уравнениям:

$$n_\varphi \geq \frac{20}{\delta_5^2} \ldots \frac{70}{\delta_5^2}; \quad \delta_\varphi = \frac{\sqrt{20}}{\sqrt{n_5}} \ldots \frac{\sqrt{70}}{\sqrt{n_5}} = \frac{4,5}{\sqrt{n_5}} \ldots \frac{6,4}{\sqrt{n_5}}.$$

Для контроля давления дождя на почву, а также количества движения и его производных характеристик с погрешностью не более 5% целесообразно регистрировать диаметр и скорость не менее 8-28 тыс. капель.

Способ восстановления просчитанных капель

Если при определении характеристик дождя измерить только размер и скорость капель, то приборы должны иметь высокую скорость регистрации n_e. Она должна быть не менее

$$n_e \geq \frac{6\rho s^*}{\pi d_k^3}.$$

Это очень высокая скорость регистрации. Прибор должен успевать в течение 1 с измерять размер и скорость более 300 капель (p = 30 м/мин, d_k=1,5 мм, s^*=10 см^2 – падение капель в конце струи среднеструйных и дальнеструйных аппаратов). Может происходить просчет капель. Кроме того, при отклонении размера приемной воронки устройства контроля капель от оптимального значения растет погрешность от дробления или «наложения» капель.

Чтобы устранить погрешность от просчета капель, необходимо использовать количество капель, собираемых дождемерными сосудами, датчиками-дождемерами интегрирующего типа, это например мерные банки, применяемые при измерении слоя осадков, интенсивности дождя [1.16, 1.33]. Используя показания дождемера и устройства, измеряющего размер и скорость отдельно падающих капель, можно восстановить их количество как

$$n_j = \frac{V_j^o}{V_{kj}^*} = \frac{6V_j^o}{\pi d_{kj}^{*3}} = \frac{h_j^o s_j^o}{V_{kj}^*} = \frac{\rho_j^o s_j^o t_j^o}{V_{kj}^*},$$

где V_j^o, s_j^o, t_j^o – объем воды, примерная площадь и время регистрации его дождемером; h_j^o – слой осадков, определяемый дождемером; V_{kj}^*, d_k^* – среднекубический объем и диаметр капли, вычисленные по показателям устройства, измеряющего размер капель.

В этом случае будет определено фактическое количество капель, погрешность будет минимальной при определении абсолютных показателей. Для измерения размера и скорости капель могут применяться приборы с малой скоростью регистрации, а следовательно, будут недорогими.

Способ зональной коррекции расчета при определении показателей качества полива

Чтобы снизить погрешность при определении показателей качества полива, особенно площадь элементарных зон и время полива на них, целесообразно при расчетах характеристик дождя учитывать зональный коэффициент коррекции [1.16].

По мере удаления от дождевального аппарата насадки размер капель, как и интенсивный дождь, увеличивается при радиальной схеме расстановке дождемеров. Поэтому в дождевании принято измерять размер капель интенсивности дождя вдоль радиуса. На практике в основном применяют равномерный шаг расстановки, когда точки замера вдоль радиуса находятся на одинаковом расстоя-

нии друг от друга. Для упрощения расчета крупности капель, равномерности полива используют не площадь колец, а их вес (отношения площадей). Для проведения расчетов общих по площади полива показателей в этом случае применяют по мере удаления от центра поворота следующие весовые коэффициенты:

$K_j=S_1:S_2:S:S_j=1:2:3\ldots j$ или $K_j=S_1:S_2:S_3:S_j=1:2:\ldots(2j-1)$.

Совершенствование способа определения эксплуатационных и надежностных показателей работы дождевальных машин

Для определения показателей надежности работы дождевальной техники, ее эксплуатационных показателей вместо ручного хронометража предлагается автоматический хронометраж в реальном масштабе времени, где фиксируется начало, конец и время работы машин, ее автономных единиц или продолжительность технологических операций и начало, конец времени простоя, устранения неисправностей путем подбора соответствующих контрольных устройств и подключения их к автоматическому регистратору [1.16, 1.23,1.26,1.27].

Наработка при испытаниях дождевальной техники составляет 300-600 ч. Разовая запись автоматического регистратора должна быть в пределах 12,5-25 суток. Масштаб времени зависит от продолжительности технологической операции, времени работы и простоя. При операциях продолжительностью менее 1 ч цена деления должна составлять не более 1 с, менее 24 ч – 1 мин, более 24 ч – 6 мин, чтобы погрешность контроля времени не превышала 0,1%.

1.4.3. Приборы контроля и средства оценки качества полива поливной техникой

На стадии испытаний, особенно научных исследований, важно иметь большой набор измеряемых характеристик, что позволит выбрать более достоверные показатели оценки качества полива, работы дождевальной техники, создавать ее с оптимальными параметрами, а для ускорения процесса получения информации – исключать примитивные методы, ручные средства контроля и создавать современные автоматические измерительно-информационные системы, приборы контроля и управления.

На практике методы и средства измерения энергетических характеристик дождя в России не применяются из-за отсутствия таких приборов, хотя за рубежом имеются стационарные дорогие средства измерения. Поэтому поставлена задача – создать новые приборы и системы измерения интенсивности дождя, слоя осадков, размера и скорости падения капель, энергетического и динамического воздействий дождя на почву, определения эксплуатационных параметров поливной техники. Желательно создавать портативные системы и приборы измерения, применяемые в полевых условиях.

Информационно-измерительные системы для оценки качества дождя

Создан ряд разнотипных измерительно-информационных систем (ИСС) для контроля характеристик дождя и показателей качества полива: ИИС «Радуга», «Автодождемер», «Спектр», «Спектр-1», «Спектр-3», «Спектр-4», «Спектр-4м» [1.16, 1.28, 1.29]. В состав этих систем входят оригинальные датчики слоя осадков ДСО и фотоэлектрические датчики ФД.

Фотоэлектрический датчик (ФД) предназначен для преобразования размера и скорости капель в электрический сигнал с пропорциональной амплитудой и длительностью. Датчик имеет ряд преимуществ: малое разрешающее время, прямопорциональность выходного сигнала размеру капли из-за малой высоты луча (0,3-0,5 мм), возможность одновременно с размером определять скорость капель. Были созданы три типа фотоэлектрических датчиков с разными электронными схемами преобразования и конструкции. В настоящее время создан более современный фотоэлектрический датчик ФД-1. Электронная схема датчика (рис. 1.5) собрана на интегральных и микропроцессорных схемах.

С помощью лампы Л оптической системы формируется равномерный луч света. Для экономии энергии лампа может отключаться ключом (используется в режиме ожидания или при внешнем запуске). Сигнал с фотоэлектрического диода поступает на усилитель ДА1 для его формирования и дальнейшего преобразования в цифровой код аналого-цифровым преобразователем АЦП. После АЦП сигнал в цифровой форме обрабатывается по специальному алгоритму микропроцессором для получения полезной информации из потока данных (выделение импульсов, сформированных пролетающими

каплями дождя). После обработки микропроцессор записывает амплитуду и длительность импульсов в ПЗУ для хранения. Когда ПЗУ заполнится, выдается команда для перехода в ждущий режим. По окончании сбора информации устройство может быть подключено к персональному компьютеру через параллельный порт (часто используется для подключения принтера). Записанные в ПЗУ данные могут быть переписаны в компьютер для дальнейшей обработки. Фотоэлектрический датчик ФД-1 (рис. 1.6) служит для автономного и продолжительного сбора данных с фотоэлектронного преобразователя, обработки полученной информации и ее хранения для последующей передачи в компьютер. С его помощью можно регистрировать параметры 10^7 капель дождя в полевых условиях. Статистическая погрешность уменьшится до 0,01 %.

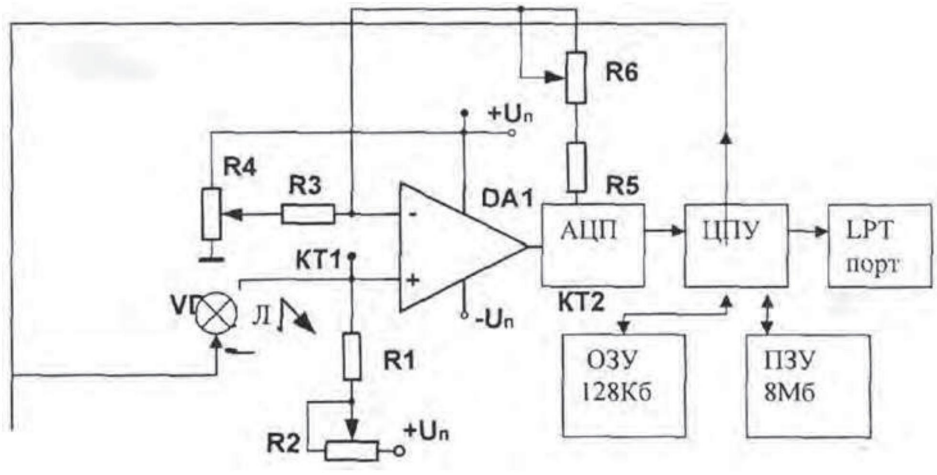


Рис. 1.5. Электронная схема фотопреобразователя и функциональная схема устройства сбора данных ФД-1: Л – лампа; VD1 – фотодиод; ДА1 – усилитель; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; ОЗУ, ПЗУ – оперативное и постоянное запоминающее устройство; ЦПУ – процессор

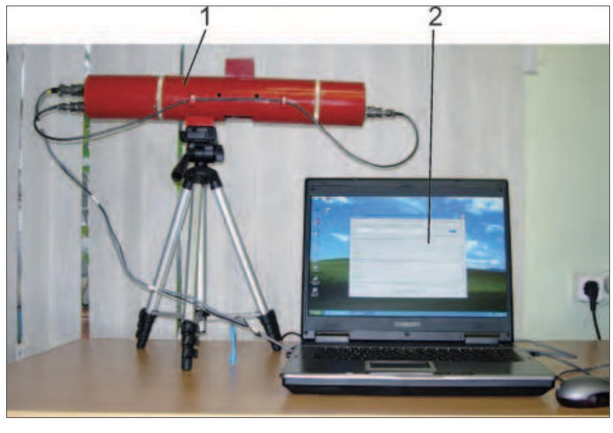


Рис. 1.6. Система «Спектр-4М»: 1 – фотоэлектрический датчик ФД-1М; 2 – переносной компьютер

В системе «Спектр-4М», ее фотодатчике вместо лампы накаливания используется светодиод, входящий в оптический блок, дополнительно включен Flash-регистратор с аналого-цифровым преобразователем. В результате потребление тока мало, и система может работать в полевых условиях.

Система контроля (рис.1.7) содержит фотоэлектрический датчик ФД-1 с усилителем У 2, блок измерения амплитуды сигнала БИА 3, который служит для контроля размера капель, блок измерения времени – длительности сигнала БИВ 4, предназначенный для одновременного контроля их скорости, блок выделения сигнала (формирователя сигнала) БВС 5, который предназначен для выделения импульса (сигнала) от начала до

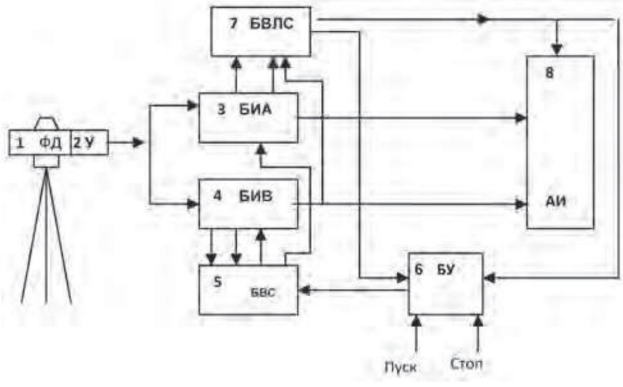


Рис. 1.7. Блок-схема ИИС «Спектр-4»

окончания его действия, блок управления БУ 6, блок выбраковки ложных сигналов БВЛС 7, который измеряет количество максимальных значений сигнала и не дает возможности измерять параметры капли, когда сигнал имеет более одного максимального значения, и анализатор импульсов АИ 8, служащий для измерения, сортировки капель по их размеру и скорости.

Система включает фотодатчик ФД-1, который включает оптический блок, источник питания DC-DC, Flash-регистратор с АЦП, излучатель света и фотоприемника датчика, переносной компьютер «Notebook» и CD-диск с программным обеспечением.

Техническая характеристика системы «Спектр-4М»

Контролируемые параметры	размер капель, время пролета капли через луч света определенной толщины
Число измеряемых капель	до $10+^{7}$
Диапазон измерения:	
размера капель, мм	0,25-6
скорости капель, м/с	1-20
Погрешность контроля, %:	
размера капель	4
скорости капель	5
Порог чувствительности при измерении:	
размера капель, мм	0,25
скорости капель, м/с	1

Методика определения характеристик дождя состоит в том, что фотодатчик устанавливается в зоне дождя и измеряются параметры капель. Затем ФД-1 переносится в другую зону и вновь измеряются параметры капель. После замера во всех зонах дождя информация считывается в компьютер по стандартному каналу, где вычисляются показатели качества дождя: дифференциальные, интегральные распределения количества, объема, энергии, силы удара, давления по размеру капель и средние показатели, в том числе среднеобъемный диаметр капель, плотность энергии дождевого потока.

При измерении характеристики дождя используется вышеуказанные способы повышения достоверности определения показателей качества полива.

Конструкция датчика слоя осадков показана на рис. 1.8. Для получения статистически устойчивых показаний объем датчика равен 250 см^3.

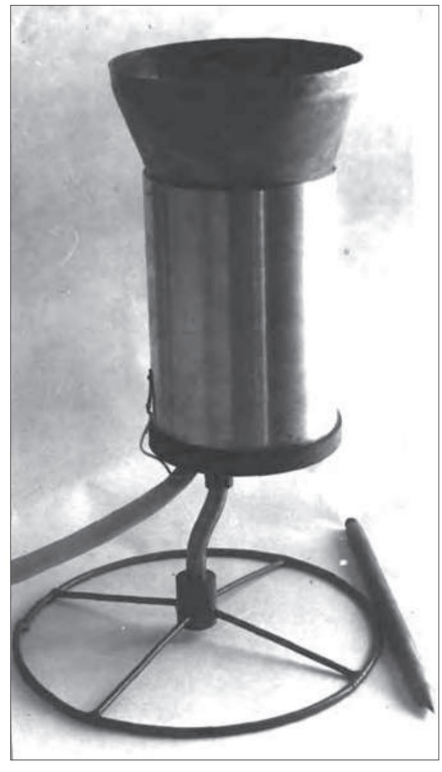


Рис. 1.8. Внешний вид

Пример контроля и определения средних спектральных и интегральных размеров капель, энергетических и динамических характеристик дождя, создаваемых аппаратом ДКШ-64 на расстоянии 8 м и давлении 0,4 МПа показаны на рис. 1.9-1.11.



Рис. 1.9. Контроль характеристик дождя аппарата ДКШ-64

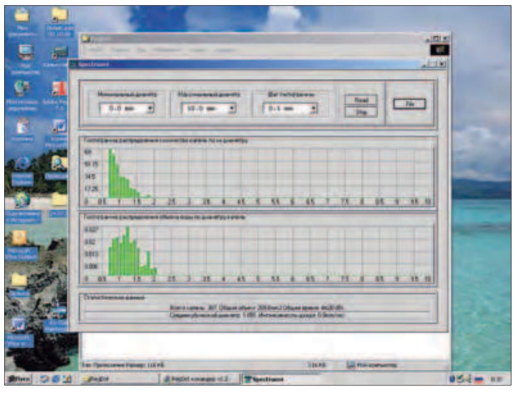


Рис. 1.10. Экран компьютера

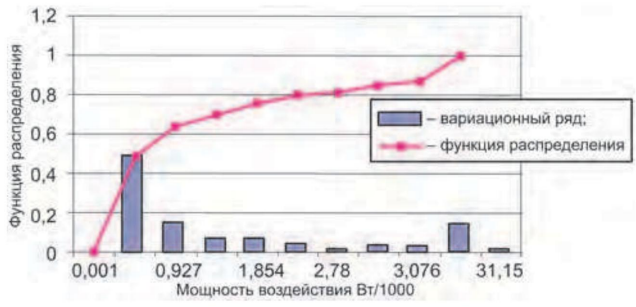


Рис. 1.11. Функция распределения мощности воздействия капель на почву

Микроконтроллерный комплекс измерения и регистрации

Предназначен для учета циклов, времени работы и простоя поливной техники, технических и технологических операций, элементов оросительных систем и других технологических объектов с целью определения показателей надежности работы, их эксплуатации, а также оплаты труда технического персонала.

Комплекс включает в себя (рис. 1.12) технологический датчик (ТД), микроэлектронный цифровой регистратор (МЦР-1), устройство индикации данных (УИД).

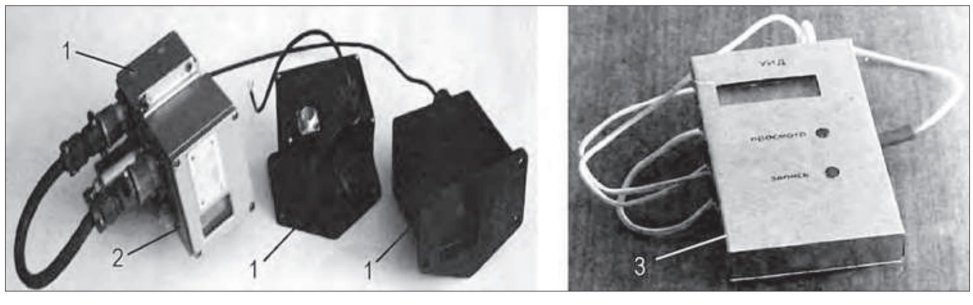


Рис. 1.12. Конструкция микроконтроллерного комплекса измерения и регистрации:
1 – микроэлектронный цифровой регистратор МЦР-1;
2 – технологический датчик (реле давления ДЕМ);
3 – устройство управления и индикации данных УИД

В качестве технологических датчиков применяют реле давления типа ДЕМ, электроконтактные манометры, счетчики воды, контактные уровнемеры, датчики углового, линейного перемещения, пространственного положения и т.д., выходом которых являются «сухие» контакты, логические 0 и 1 или частота информационного сигнала.

Оригинальный микроэлектронный цифровой регистратор МЦР-1 устанавливается совместно с технологическим датчиком (ТД) непосредственно на трубопроводе или конструктивном элементе машины, технологическом объекте. УИД является носимым изделием и служит для снятия информации с МЦР-1.

Принцип работы микроэлектронного цифрового регистратора МЦР-1. МЦР-1 состоит из таймера Т, делителя Д, оперативного запоминающего устройства ОЗУ и счетчика Сч (рис. 1.13).

Таймер Т формирует импульсы с периодом следования, равным 1 мин, делитель Д обеспечивает формирование импульсов с периодом следования 6 мин в режиме регистрации (выборки ячеек) и записи данных в ОЗУ.

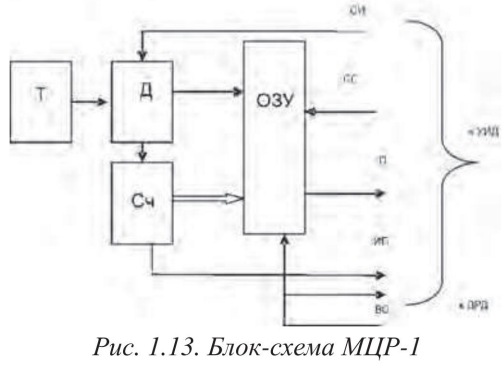


Рис. 1.13. Блок-схема МЦР-1

Счетчик формирует адрес ячейки памяти, в которую вводится запись выходного сигнала ВС.

При подключении к МЦР-1 устройства индикации данных (УИД) от последнего поступает сигнал считывания СС в виде напряжения высокого уровня, переводя ОЗУ в режим считывания. Поступающие от УИД синхроимпульсы СИ обеспечивают последовательный опрос ячеек памяти ОЗУ. После перезаписи всей информации из ОЗУ и отключения УИД он автоматически переходит в режим для просмотра информации. В зависимости от вида используемого датчика, его подключения к МЦР-1 можно осуществлять (рис. 1.14) следующие технологические процессы:

1. Регистрацию продолжительности и циклов работы гидравлических устройств, напорных трубопроводов, насосных станций, поливной техники, других технологических объектов. Применяемый тип технологического датчика – устройства, датчики давления, расхода, микропереключатели.

2. Контроль, регистрацию продолжительности и циклов отклонения уровней жидкости в открытых водоемах, емкостях, водозаборах систем орошения, водоотведения, утилизации стоков, бьефах и других объектах. Применяемый технологический датчик-уровнемер.

3. Контроль, регистрацию положения и перемещения в пространстве рабочих органов и конструктивных элементов технических средств, систем, сооружений, обеспечения безопасности объектов и охраны грузов, линейного и углового перемещения движущихся предметов и т.д. Применяемые технологические датчики – датчики углового, линейного и пространственного перемещения.

4. Измерение интегральных характеристик различных технических средств, сооружений, машин, систем, технологических процессов с дискретным (импульсным), циклическим принципом работы и известным (заданным) значением параметра при выполнении одного цикла, например объем подаваемой воды, количество продукции, пройденный путь и др. Применяемые типы датчиков – контактные устройства контроля уровня, положения, перемещения и др.

5. Контроль и регистрацию состояния среды и качества технологического процесса в системах термо- и влагорегулирования, в том числе в теплицах, холодильных установках, камерах, элеваторах, сушильных агрегатах, тепличных комплексах и др. Типы применяемых датчиков – термо- и гигродатчики.

6. Контроль и регистрацию наличия химических веществ в почве сельхозпродукции для оценки экологической безопасности и здоровья человека. Применяемые типы датчиков – солемеры.

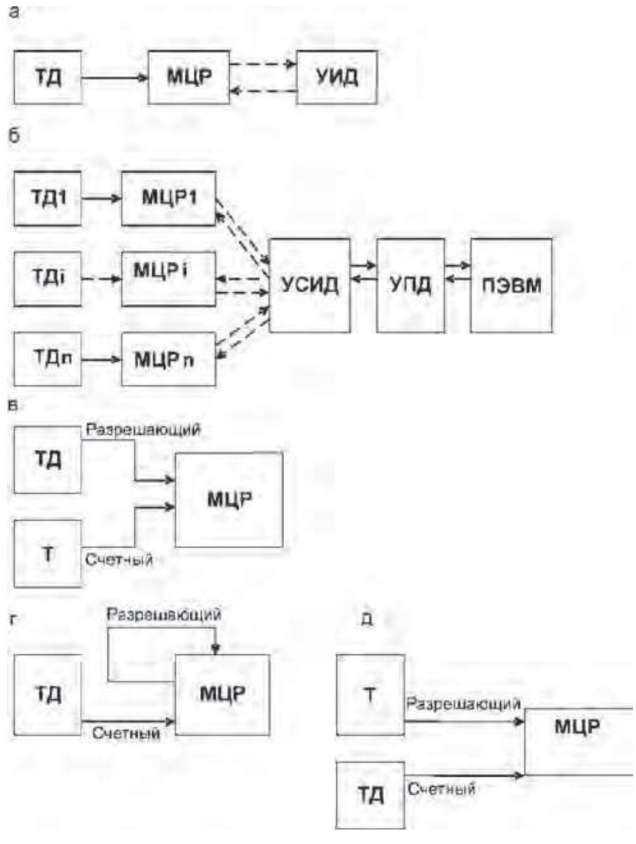


Рис. 1.14. Структурные схемы соединения средств регистрации:
ТД – технологический датчик; Т – таймер;
МЦР – микроэлектронный цифровой регистратор;
УИД – устройство индикации данных;
УСИД – устройство сбора и индикации данных;
УИД – устройство

Используя структурные схемы соединения технологических датчиков и регистратора МЦР-1 косвенным способом при контроле номинального давления в трубопроводе последнего порядка оросительной системы, фиксируя каждый раз время подачи воды t и зная ее расход q_o при этом давлении, можно рассчитать (см. рис.1.14 в) отдельные и суммарные объемы водоподачи по формуле

$$v_i = q_o \cdot t_i;\ V = \sum_{i=1}^{n} v_i\ .$$

По значению цены деления датчика a_o, зафиксированному количеству импульсов n (см. рис. 1.14 г) можно определять интегральное значение технологического пара метра A как

$$A = a_o n.$$

При подключении ко входу МЦР-1 цифрового (контактного или импульсного типа) расходомера,

зная значение цены его деления v_o, соответствующего выдаче одного импульса, и зафиксированное количество n поступивших импульсов, определяется объем водоподачи V

$$V = v_o n.$$

Кроме того, регистратором можно определять расход, скорость движения, их средние значения (см. рис.1.14 д).

Техническая характеристика комплекса

Продолжительность регистрации времени, сутки	17
Число регистрируемых импульсов	4096
Используемые технологические датчики со следующими выходными параметрами	сухой контракт; или логический нуль 0 и единица 1; или частота
Дискретность контроля времени, мин	0,1 с – 6 мин
Электропитание:	
МЦР	4,5 В
УИД	9 В
Габаритные размеры МЦР, мм	120x100x120

Разработан комплекс и устройство сбора и индикации данных УСИД, позволяющие снижать данные регистрации с 30 регистраторов МЦР-1 (рис.1.15).



Рис. 1.15. Комплекс регистрации и устройство сбора и индикации данных УСИД

Погрешность регистрации 6 мин, или не более 1%. Площадь орошения, контролируемая 1 МЦР-1 в зависимости от того, где установлен регистратор, составляет 0,5-100 га. Время обслуживания работы оросительной системы снижается с 10 до 1,5 ч.

Используемые источники

1.1. Концепция федеральной целевой программы «Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения России на 2014-2020 годы». Распоряжение Правительства РФ № 37р от 22 января 2013 г.

1.2.Федеральная целевая программа «Развитие мелиорации сельскохозяйственных земель России на период до 2020 года», утвержденная постановлением Правительства Российской Федерации от 12 октября 2013 г. № 922.

1.3. **Шумаков Б.Б.** Мелиорация в XXI веке // Мелиорация и водное хоз-во. – 1996. – № 3.

1.4. Комплексная программа развития мелиораций и повышения качества плодородия почв Республики Ингушетия / Коллектив авторов, под ред. чл.-корр. В. И. Ольгаренко // Утв. решением Правительства Республики Ингушетия от 31 июля 1999. г. Пр. № 210. – Новочеркасск.

1.5. Гидромелиоративные системы нового поколения / Шумаков Б.Б. и др. – М.: ВНИИГиМ, 1997. – 109 с.

1.6. **Кизяев Б.М.** Инновационные технологии в мелиорации – основа возрождения отрасли и продовольственной безопасности страны/Инновационные технологии в мелиорации: матер. Междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения). – М.: Изд. ВНИИА, 2011. – С. 3-6.

1.7. **Щедрин В.Н.** Перспективы развития мелиорации и водного хозяйства в Российской Федерации [Электронный ресурс] / В. Н. Щедрин, Г. А. Сенчуков // Науч. журн. Рос. НИИ проблем мелиорации: электрон. периодич. изд./ Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации. – Электрон. журн. – Новочеркасск: РосНИИПМ, 2012. – №1 (05). – 9 с. – Режим доступа: http://www.rosniipm-sm.ru/archive.

1.8. **Кирейчева Л.В.** Мелиорация земель в России // Мелиорация и водное хоз-во. – 2013. – № 2. – С.2-5.

1.9. **Айдаров И.П.** Перспективы развития комплексных мелиораций в России. – М.: МГУП, 2004. – С. 137.

1.10. **Рекс Л.М.** Системные исследования мелиоративных процессов и систем. – М.: Изд-во «Аслан», 1995. – С. 192.

1.11. **Ольгаренко Г.В.** Научно-техническое обеспечение программы развития мелиорации в России // Мелиорация и водное хоз-во. – 2013. – № 6. – С. 2-4.

1.12. **Ольгаренко В.И., Ольгаренко Г.В.** Ретроспективный анализ развития ГМС на основе стадийного развития техники // Мелиорация и водное хоз-во. – 1998. – № 1. – С. 20.

1.13. **Ольгаренко В.И., Ольгаренко Г.В.** Современная концепция эксплуатации оросительных систем // Мелиорация и водное хоз-во. – 1999. – № 2. – С. 21-22.

1.14. **Ермоленко В.П., Ольгаренко В.И., Ольгаренко Г.В.** Концепция развития систем земледелия на ландшафтной основе // Докл. РАСХН. – 2000. – № 2. – С. 26-27.

1.15. **Городничев В.И.** Полнота и достоверность оценки качества полива дождеванием // Мелиорация и водное хоз-во. – 2011. – № 4. – С. 36-38.

1.16. **Городничев В.И.** Методы, системы управления, контроля и оценки качества работы фронтальных дождевальных машин. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 150 с.

1.17. **Городничев В.И.** Автоматизация технологических процессов орошения: производственно-практическое издание. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 268 с.

1.18. **Городничев В.И.** Количество регистрируемых капель и погрешность определения характеристик дождя / В сб.: Новое в технике и технологии полива. – М.: ВНИИГиМ, 1979. – Вып. 12. – С. 98-103.

1.19. **Городничев В.И.** Комплекс средств регистрации работы поливной техники // Науч. техн. достиж. в мелиорации и водном хоз-ве: кат. паспортов. – М.: Мелиоводинформ, 1994. – № 16.

1.20. **Городничев В.И.** К оценке дождевальной техники // В сб.: Экологически и экономически обоснованные технологии и технические средства полива. – М.: ВНИИГиМ, 1989. – С. 121-127.

1.21. **Городничев В.И.** Методика оценки и технические средства контроля показателей режима и качества полива при госиспытаниях дождевальной техники//Ресурсосберегающие экологически безопасные системы орошения и сельхозводоснабжения. – Коломна: ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2002. – С. 78-83.

1.22. **Городничев В.И.** Методика оценки и технические средства контроля качества работы дождевальной техники // Мелиорация и водное хоз-во. – 2002. – № 2. – С. 37-38.

1.23. **Городничев В.И., Елохов В.И., Ландес Г.А., Носенко В.Ф.** Способ управления и контроля работы поливной установки и устройство для его осуществления: пат. № 2025953 РФ; Б.И. № 1. – 1995.

1.24. **Городничев В.И.** Способ определения характеристик дождя: а.с. РФ № 899014, БИ№ 3, 1982.

1.25. **Губер К.В., Лямперт Г.П., Храбров М.Ю.** Требования к характеристикам дождя при создании дождевальной техники // В сб.: Современные проблемы мелиорации и пути их решения. – М.: ВНИИГиМ. – Т.1, 1999. – С. 187-199.

1.26. **Ерхов Н.С.** Энергетическое обоснование формулы для определения эрозионно-допустимых поливных норм при дождевании // В сб.: Предотвращение ирригационной эрозии почв средней Сибири. – Красноярск: СибНИИГиМ, 1982.

1.27. **Ерхов Н.С.** К вопросу оценки дождевальных машин с учетом эрозионно-допустимых поливных норм // В сб.: Современные методы разработки и оценки технологии и технических средств полива. – М.: ВНИИГиМ, 1986. – С. 30-38.

1.28. **Исаев А.П., Цуканов В.К.** Измерение характеристик искусственного дождя // Тракторы и с.-х. машины. – 1973. – № 1.

1.29. **Исаев А.П., Цуканов В.К.** Фотоэлектрический метод измерения характеристик искусственного дождя. – Тр. ВИСХОМ, 1971. – Вып. 67.

1.30. **Швебс Г.И.** Формирование водной эрозии, стока, наносов и их оценка. – Л.: Гидрометеоиздат, 1974.

1.31. Машины и установки дождевальные. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы оценки функциональных показателей. СТО АИСТ 11.1. – 2004.

1.32. **Мирцхулава Ц.Е.** Инженерные методы расчета и прогноза водной эрозии. – М.: Колос, 1970.

1.33. **Городничев В.И.** Способ определения абсолютных энергетических характеристик дождя и система контроля для его осуществления: пат. № 2525145, БИ № 22, 2014.

1.34. **Гудзон Н.** Охрана почвы и борьба с эрозией: Пер. с англ. – М.: Колос, 1974.

1.35. Механизация полива. Справ. / Штепа Б.Г., Носенко В.Ф. и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.

2. РЕЖИМЫ ОРОШЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР И ИХ ОПЕРАТИВНАЯ КОРРЕКТИРОВКА

Расчетная модель ВНИИ «Радуга» использует осадки, температуру и влажность воздуха, скорость ветра, почвенные влагозапасы, т.е. предусматривает многофакторное обоснование расчетного параметра (коэффициента природного увлажнения, суммарного испарения, дефицита влагообеспеченности и оросительных норм) [2.10,2.14].

Коэффициент природного увлажнения *Ку*, устанавливаемый по методике ВНИИ «Радуга», можно считать обобщающим показателем недостатка или избытка атмосферного увлажнения рассматриваемой территории, объективно отображающим как климатические, так и геоморфологические и гидрогеологические ее особенности.

2.1. Методика определения и оценка природного потенциала тепла и влаги. Агроклиматическое районирование территории по коэффициенту природного увлажнения *Ку*

Для полноценной оценки природного потенциала тепла и влаги сельскохозяйственно используемой территории рекомендуются следующие комплексные показатели:

- испаряемость (потенциальная эвапотранспирация);
- атмосферные осадки;
- активные влагозапасы почвы в диапазоне от НВ (наименьшей влагоемкости) до ВРК (влажности разрыва капиллярной связи);
- коэффициент природного увлажнения *Ку*, равный соотношению элементов водного и теплового балансов.

Для определения испаряемости принята модифицированная формула Н.Н. Иванова [9]

$$E = K_t \times d \times f(v), \qquad (1)$$

где E – испаряемость, мм;

K_t – энергетический фактор испарения, мм/мб, учитывающий нелинейность связи E и d при изменении температуры воздуха;

d – дефицит влажности воздуха, мб;

$f(v)$ – ветровая функция, учитывающая влияние скорости ветра на интенсивность испарения.

Входящие в формулу 1 факторы определяются по следующим зависимостям:

$$K_t = 0{,}0061(25 + t)^2/\ell_a, \qquad (2)$$

$$d = l_a\,(1 - 0{,}01\,a), \qquad (3)$$

$$f(v) = 0{,}64\,(1 + 0{,}19\,V_2), \qquad (4)$$

где t – среднесуточная температура воздуха за расчетный интервал, °С;

ℓ_a – упругость насыщенного пара при этой температуре, мб;

a – относительная влажность воздуха, %;

V_2 – скорость ветра на высоте 2 м от поверхности земли.

Для выполнения расчетов выбираются репрезентативные в регионе метеостанции с метеонаблюдениями не менее чем за 30-60 лет.

Расчет *Ку* ведется по зависимости

$$Ky = \frac{W_a + P}{E}\ , \qquad (5)$$

где *Ку* – коэффициент природного увлажнения за период, когда среднесуточная температура воздуха $t \geq 5$°С;

W_a – активные запасы влаги в метровом слое почвы на начало расчетного периода (дата перехода среднесуточной температуры воздуха через +5°С), мм;

P – сумма атмосферных осадков за расчетный период, мм;

E – испаряемость (потенциальная эвапотранспирация) за тот же период, мм.

Атмосферные осадки P принимаются по данным метеостанций, репрезентативных для рассматриваемой территории.

Активные влагозапасы W_a определяются по формуле

$$W_a = W_{нв}(\mu - \beta_o), \qquad (6)$$

где $W_{нв}$ – запасы влаги в метровом слое почвы, соответствующие наименьшей влагоемкости (водоудерживающей способности), мм;

μ – коэффициент, характеризующий степень фактического насыщения почвенного слоя влагой на начало расчетного периода, в долях от $W_{нв}$;

β_o – влажность почвы, соответствующая предполивному порогу (допустимому порогу иссушения), в долях от $W_{нв}$.

Наименьшая влагоемкость, или водоудерживающая способность почвы ($W_{нв}$) зависит от ее гранулометрического состава и водно-физических свойств.

Коэффициент μ в зависимости от характера и количества атмосферных осадков за зимне-весенний период изменяется, как правило, от 0,8 до 1 (табл. 2.1).

Нижний предполивной порог влажности почвы ориентировочно может быть определен по уравнению

$$\beta_o = 0{,}5(\beta_{нв} + \beta_з), \quad (7)$$

где $\beta_{нв}$ – влажность почвы, соответствующая наименьшей влагоемкости, % от массы сухой почвы;

$\beta_з$ – влажность завядания, % от массы сухой почвы.

Таблица 2.1

Значения коэффициента *m* в зависимости от конкретных условий

Природно-климатическая зона	Коэффициент μ для многолетних культур	Коффициент μ для однолетних культур
1 (пустынная)	0,86	0,86
2 (полупустынная)	0,9	0,88
3 (сухостепная)	0,93	0,91
4 (умеренно-сухая степь)	0,96	0,94
5 (лесостепная)	0,98	0,95
6 (лесная)	1	0,96

При отсутствии конкретных данных β_o можно принимать в долях от $\beta_{нв}$:

- для песчаных и супесчаных почв – β_o = (0,50 - 0,65) $\beta_{нв}$;
- для суглинистых почв – β_o = (0,65 -0,75) $\beta_{нв}$;
- для глинистых почв – β_o = (0,75 - 0,8) $\beta_{нв}$.

В расчетной модели определения *Ку* порог допустимого иссушения почвы (β_o, %) определяется по следующему уравнению

$$\beta_o = 0{,}36 + 1{,}48 \cdot 10^{-3} \cdot W_{нв} - 9{,}52 \cdot 10^{-7} \cdot W_{нв}^2, \quad (8)$$

где $W_{нв}$ – наименьшая влагоемкость метрового слоя почвы, мм.

Расчет *Ку* ведется в следующей последовательности:

- по каждому году ретроспективного ряда устанавливается период с температурами воздуха выше 5°С;
- для каждого года подекадно рассчитываются осадки *P*, испаряемость *E* и активные влагозапасы на начало расчетного периода W_a;
- подсчитывается сумма за установленный период по декадам для всех элементов расчета, а затем среднее многолетнее их значение;
- по формуле (5) определяется средний многолетний коэффициент природного увлажнения *Ку*.

По средним многолетним значениям коэффициентов увлажнения *Ку* с использованием линейной интерполяции составляется карта изолиний *Ку*, показывающая изменчивость *Ку* по территории. Выделяются физико-географические (природные) зоны на территории, границы которых сопряжены с граничными значениями *Ку*.

Градации *Ку* и соответствующие им природные зоны:

Ку< 0,2 – пустынная зона;

Ку = 0,21- 0,3 – полупустынная зона;

Ку = 0,31-0,4 – сухостепная зона;

Ку = 0,41-0,5 – умеренно сухая степная зона;

Ку = 0,51-0,8 – лесостепная зона;

Ку >0,8 – лесная зона.

Полученные по каждой метеостанции значения *Ку* статистически обрабатываются: хронологические ряды *Ку* ранжируются и затем определяется эмпирическая вероятность каждого члена ранжированного ряда, т.е. выстраивается ряд эмпирического распределения вероятностей *Ку*. По средним многолетним значениям *Ку* составлены карты-схемы изолиний, показывающих изменчивость тепло-, влагообеспеченности по территории. Карты служат основой для выделения в пределах района зон увлажнения. Изолинии *Ку* сопрягаются с границами физико-географических зон (рис. 2.1, 2.2).

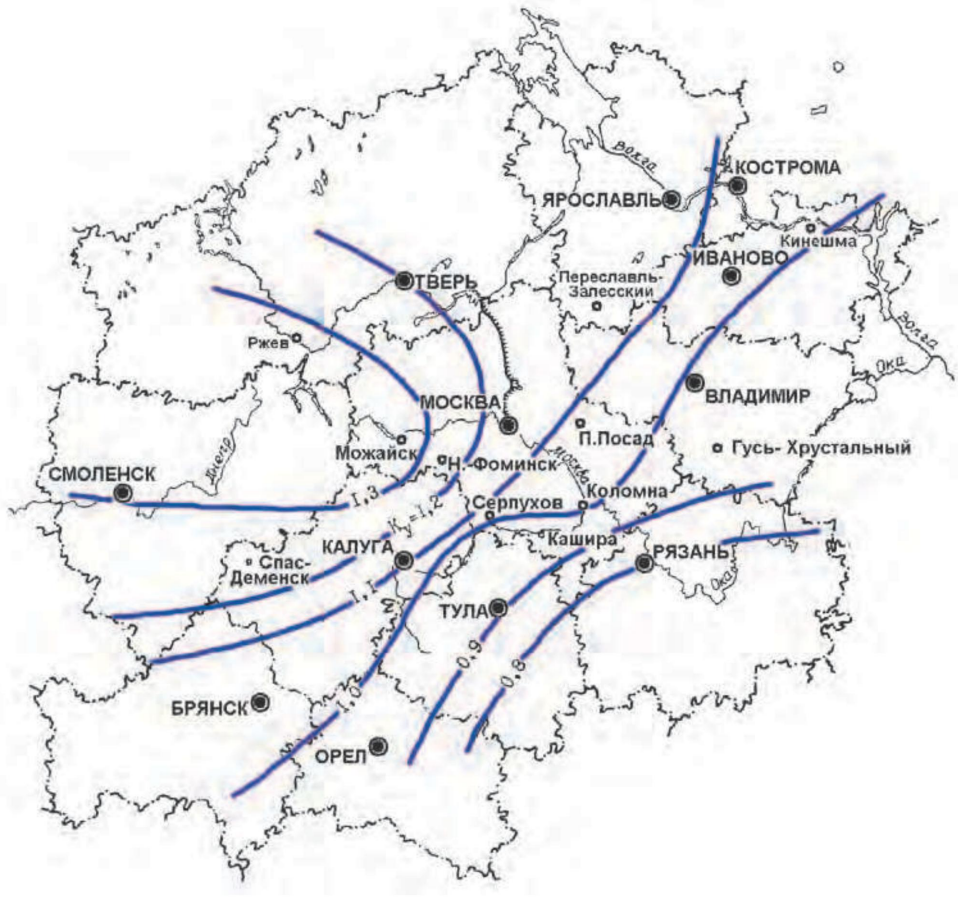


Рис.2.1. Районирование территории Нечерноземного района Центрального федерального округа по коэффициенту природного увлажнения Ку (2009 г.)



Рис. 2.2. Районирование территории Приволжского федерального округа (Саратовская область) по коэффициенту природного увлажнения Ку

2.2. Методика определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур

Для установления эвапотранспирации (суммарного испарения) сельскохозяйственных культур как исходной величины воднобалансовых расчетов при определении оросительных норм и других параметров орошения применяется модификация биоклиматического метода

$$E_v = E \cdot K_б \cdot K_о, \qquad (9)$$

где E_v – эвапотранспирация (суммарное испарение), мм;

$K_б$ – биологический коэффициент, характеризующий роль растений в расходовании влаги сельскохозяйственным полем (рис. 2.3);

$K_о$ – микроклиматический коэффициент, учитывающий изменение микроклимата сельскохозяйственного поля под влиянием орошения;

E – испаряемость (потенциальная эвапотранспирация), мм.

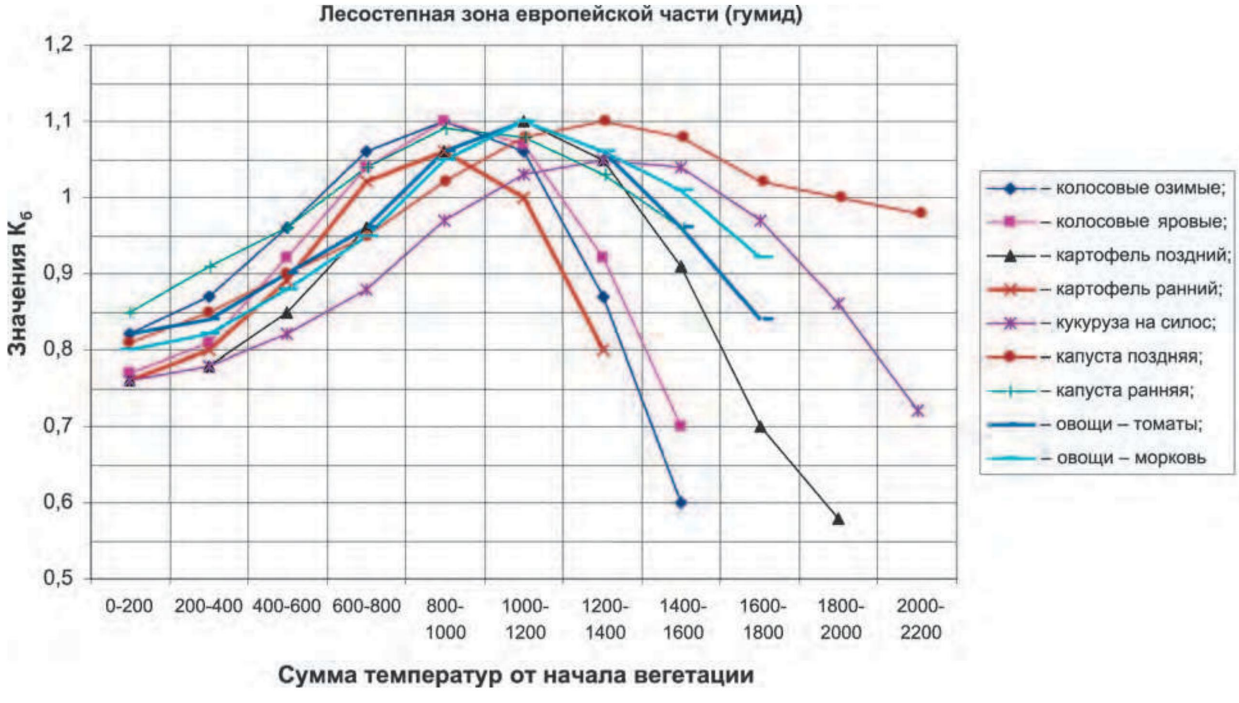


Рис. 2.3. Средние многолетние коэффициенты $K_б$ для основных сельскохозяйственных культур лесостепной зоны Российской Федерации

Пропорциональность между суммарным водопотреблением и испаряемостью фиксируется биологическим и микроклиматическим коэффициентами ($K_б$ и $K_о$), для определения которых использованы опытные данные, получаемые в условиях изучаемого региона. Коэффициент $K_о$ (табл. 2.2), отражающий возможное изменение микроклимата на сельскохозяйственном поле под влиянием орошения (в результате снижения температуры воздуха и скорости ветра, повышения влажности воздуха в приземном слое атмосферы), количественно зависит от размера орошаемой площади природного увлажнения (*Ку*).

Таблица 2.2

Микроклиматический коэффициент $K_о$ в зависимости от природной увлажненности территории

Коэффициент увлажнения территории *Ку*	$K_о$
0-0,1	0,86
0,1-0,2	0,89
0,2-0,3	0,91
0,3-0,4	0,925
0,4-0,5	0,94
0,5-0,6	0,95
0,6-0,7	0,96
0,7-0,8	0,97
0,8-0,9	0,98
0,9-1,0	0,99
1,0-1,1	0,995
1,1-1,2	1
> 1,2	1

2.3. Основные положения методики определения оросительных норм нетто (дефицитов водопотребления)

Для нормирования орошения разработано большое число расчетных методов, позволяющих дифференцировать нормы орошения по территории и прогнозировать их для лет различной влажности. Развитию расчетных методов способствовали появление и применение компьютерной техники, использование статистических приемов обработки данных и вероятностного анализа [8, 9]. Многие из предлагаемых методов носят локальный характер, содержат различный состав и объем исходной информации, что затрудняет их сравнение и выбор.

Разработанная расчетная модель для установления оросительных норм обеспечивается надежным программным обеспечением. Программа включает в себя оригинальную, дающую достоверные результаты, методику статистической обработки многолетних рядов данных, позволяющих использовать их для построения вероятностной кривой распределения оросительных норм и других параметров, установить их прогнозные значения.

Основные положения выбранной методики исходят из того факта, что при глубоком залегании грунтовых вод (ниже 3 м) оросительную норму можно определить по упрощенному уравнению водного баланса как дефицит суммарного водопотребления культуры, численно равный разнице между оптимальным водопотреблением растений при бесперебойном их водообеспечении и водопотреблением в конкретных природных условиях.

Оросительная норма нетто определяется как суммарный за вегетацию дефицит водопотребления культуры:

$$M_{нт} = \sum_{1}^{n} \Delta E_v \ , \qquad (10)$$

$$\Delta E_v = E_v - (W_a + P + G) - Y, \qquad (11)$$

где $M_{нт}$ – оросительная норма нетто, мм;

ΔE_v – дефицит водопотребления культуры за расчетный интервал (декада, месяц), мм;

E_v – оптимальное водопотребление культуры за расчетный период, мм;

W_a – активные влагозапасы в деятельном слое почвы к началу расчетного периода, мм;

P – атмосферные осадки за расчетный период, мм;

G – капиллярное использование грунтовых вод при их близком залегании (до 3 м), мм;

Y – отток влаги за пределы орошаемого поля, в том числе поверхностный и глубинный, мм.

Использование грунтовых вод G при близком их залегании определяется по зависимости

$$G = E_v \times q_г, \qquad (12)$$

где $q_г$ – коэффициент капиллярного подпитывания, в долях от E_v, зависящий от глубины залегания грунтовых вод, гранулометрического состава почв, толщи аэрации и глубины распространения корневой системы растений (табл. 2.3).

Таблица 2.3

Величина коэффициента $q_г$ в зависимости от глубины залегания грунтовых вод, типа почв и состояния агрофона

Почвы	Агрофон		Глубина залегания пресных грунтовых вод,м					
			0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Легкие по гранулометрическому составу	Без растительного покрова		0,45	0,15	-	-	-	-
	С глубиной корневой системы *hk*, м	$hk \le 0,6$	0,85	0,40	0,15	-	-	-
		$0,6 < hk \le 1,0$	1,0	0,55	0,25	0,10	-	-
		$hk > 1,0$	1,0	0,9	0,55	0,30	0,15	0,05
Средние по гранулометрическому составу	Без растительного покрова		0,50	0,20	0,05	-	-	-
	С глубиной корневой системы, *hk*, м	$hk \le 0,6$	0,80	0,38	0,18	-	-	-
		$0,6 < hk \le 1,0$	1,0	0,52	0,28	0,12	-	-
		$hk > 1,0$	1,0	0,98	0,60	0,35	0,20	0,05
Тяжелые по гранулометрическому составу	Без растительного покрова		0,55	0,25	0,05	0	0	-
	С глубиной корневой системы, *hk*, м	$hk \le 0,6$	0,75	0,35	0,20	0,05	-	-
		$0,6 < hk \le 1,0$	0,95	0,50	0,30	0,15	0,05	-
		$hk > 1,0$	1,0	0,95	0,65	0,40	0,25	0,1

По каждой метеостанции рассчитываются декадные дефициты водопотребления для определенной культуры за каждый год периода наблюдений.

Оценка прогнозных значений параметров орошения производится с использованием кривой вероятности (обеспеченности), позволяющей выделять расчетные параметры в годы различной увлажненности: 5 и 25% – влажные годы, 50% – средний год, 75, 85 и 95% – сухие годы.

Полученные данные по оросительным нормам нетто могут служить основой для составления проектных и эксплуатационных режимов орошения, планов водопользования, водохозяйственных расчетов.

2.4. Расчет режимов орошения

Для расчётов режимов орошения по методике ВНИИ «Радуга» разработаны и зарегистрированы компьютерные программы и база данных. Рабочей программой для расчетов является программа ROCK.xls с использованием базы данных. Блок-схема алгоритма приведена на рис. 2.4:

- ROCK.xls «Расчет параметров режимов орошения сельскохозяйственных культур». Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2004610996 от 22 апреля 2004 г.;
- БД МЕТЕОИНФОРМАЦИЯ. Свидетельство об официальной регистрации базы данных № 2006620309 от 6 октября 2006 г.;
- «Расчет динамики агроклиматических ресурсов и их регулирования». Свидетельство об официальной регистрации № 2009610137, дата регистрации 11.01.2009;
- Zap_Data «Формирование БД метеоинформации для корректировки режимов орошения и оперативного планирования». Свидетельство об официальной регистрации программ для ЭВМ № 2012610821 от 18 января 2012 г.

2.4.1. Поливная норма

Оптимизация размера поливной нормы является одной из важнейших проблем эффективного использования оросительной воды и сохранения плодородия почвы [2.2, 2.3].

Поливная норма (разовая норма полива) представляет собой количество воды, подаваемое на гектар орошаемой площади в м³/га (или мм слоя воды). Размер поливной нормы зависит от водно-физических свойств почвы, степени ее иссушения к моменту полива, состояния агрофона, рельефа орошаемой поверхности, а также способа и технологии полива.

В общем виде сроки, нормы и частота поливов должны обеспечивать оптимальный для роста и развития растений водный режим в корнеобитаемом слое почвы. Именно поливная норма и режим ее реализации являются основными компонентами оперативного управления поливами.

Расчетная поливная норма, соответствующая водоудерживающей способности почвы, определяется по следующей зависимости:

$$m_{пр} = W_{нв} - W_o = 10 \cdot \gamma \cdot h_{пр} \cdot (\beta_{нв} - \beta_o), \qquad (13)$$

где $W_{нв}$ – запасы влаги в расчетном слое почвы, соответствующие НВ (наименьшей влагоемкости), мм;

W_o – допустимые или фактические предполивные запасы в том же слое почвы, мм;

γ – объемная масса почвы в расчетном слое, т/м³;

$h_{пр}$ – расчетная глубина промачивания почвы, м;

$\beta_{нв}$ – влажность почвы при НВ, % массы;

β_o – предполивная (допустимая) влажность почвы, % массы.

Расчетный слой $h_{пр}$ зависит от вида орошаемой культуры, состояния агрофона (фазы развития культуры и глубины распространения корневой системы), а также способа полива.

При поливе дождеванием предельная поливная норма зависит не только от водоудерживающей способности почвы в диапазоне от W_o до $W_{нв}$, но, главным образом, от ее впитывающей способности с учетом рельефа и уклонов поверхности орошаемого поля, агрофона, интенсивности и структуры дождя. При этом реализуемая поливная норма не должна превышать предельную (эрозионно-допустимую) норму, которая может быть установлена по зависимости

$$m_д = \frac{K_v}{\sqrt{\rho_0} \cdot \ell^{0,5 \cdot dk}}, \qquad (14)$$

где $m_д$ – достоковая поливная норма, мм;

K_v – показатель свободного безнапорного впитывания воды в почву, мм;

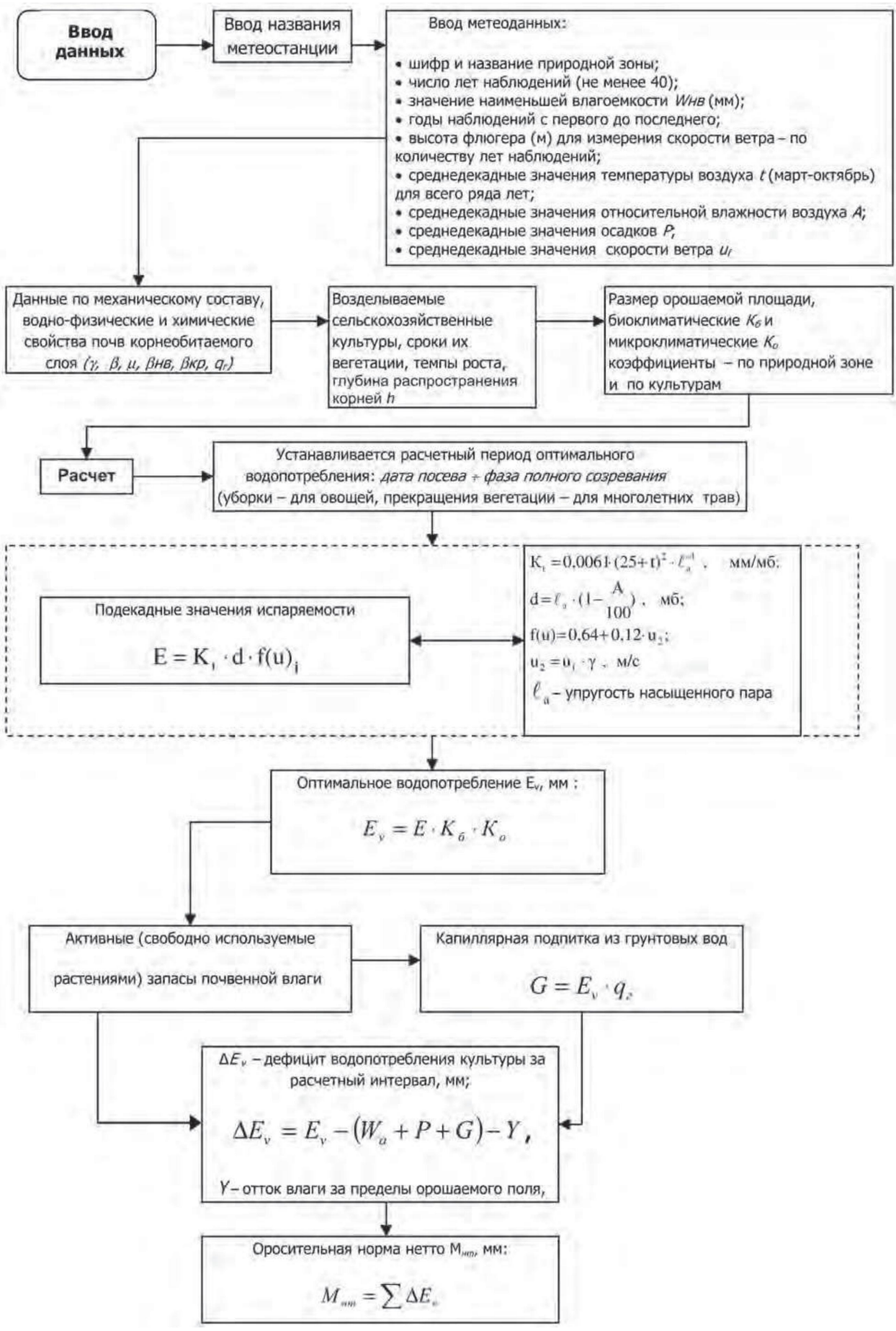


Рис.2.4. Блок-схема алгоритма расчета оросительной нормы по методике ВНИИ «Радуга»

ρ_o – средняя интенсивность дождя, свойственная данной дождевальной машине (установке), мм/мин;

d_k – средний диаметр капель дождевого облака, мм;

ℓ – основание натурального логарифма, равное 2,75.

Согласно Н.С. Ерхову, для легкосуглинистых и супесчаных почв показатель *Kv* составляет 61-90 мм, для среднесуглинистых – 31-60, а для тяжелосуглинистых – 21-30 мм.

Знаменатель в формуле представляет собой энергетическую характеристику дождя

$S = \sqrt{\rho_0} \cdot \ell^{0,5 \cdot dk}$, отображающую технико-эксплуатационные параметры конкретной дождевальной машины или установки (интенсивность и структуру дождя).

Достоковая поливная норма для различных типов почвы и разных параметров дождя (ρ_o и d_k) приводится в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Эрозионно-допустимая поливная норма m_d (м³/га) различных по водопроницаемости почв и энергетических параметров дождя

Средний диаметр капель d_o, мм	Интенсивность дождя ρ_o, мм/мин									
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Почвы слабой водопроницаемости (K_v=30 мм)										
1,0	580	410	330	290	260	230	220	200	190	180
1,5	450	320	260	220	200	180	170	160	150	140
2,0	350	250	200	170	160	140	130	120	120	110
2,5	270	190	160	140	120	110	100	100	90	90
3,0	200	150	120	100	90	80	70	70	60	60
Почвы средней водопроницаемости (K_v=60 мм)										
1,0	1450	810	660	580	510	470	430	410	380	360
1,5	900	630	520	450	400	370	340	320	300	290
2,0	700	490	400	350	310	280	260	250	230	220
2,5	550	390	310	280	250	220	210	190	180	170
3,0	440	310	250	210	190	170	160	150	140	130
Почвы сильной водопроницаемости (K_v=90 мм)										
1,0	1720	1220	1000	860	770	700	650	610	580	550
1,5	1350	950	780	670	600	550	510	470	450	430
2,0	1040	740	640	520	470	430	400	370	350	330
2,5	810	580	470	410	370	330	300	290	280	260
3,0	650	450	360	320	320	270	240	220	210	200

Приведенные в табл. 2.4 достоковые поливные нормы являются сугубо ориентировочными, осредненными. Применительно к конкретным почвенно-рельефным условиям они должны корректироваться с учетом уклона поверхности орошаемого поля, фазы развития орошаемой культуры и состояния агрофона. При больших уклонах орошаемой поверхности ($J_{кр} \geq 0,01$) к показателю впитывания почвы *Kv* вводится поправочный коэффициент *Kj*

$$K_j = exp[C \cdot (J_{кр} - J_i)], \qquad (15)$$

где *C* – параметр, близкий к числу 15.

Количественно поправочный коэффициент K_j при разных уклонах составляет:

Уклон, J_i	0,01	0,01-0,02	0,02-0,03	0,03-0,04
Kj	1,0	1-0,8	0,8-0,6	0,6-0,5

Максимальных значений достоковая поливная норма достигает при поливе мелкодисперсным дождем.

Так как при поливе дождеванием неизбежны потери оросительной воды непосредственно на поле, то при реализации эксплуатационных режимов орошения следует учитывать затраты воды на испарение в момент дождевания (испарение в воздухе, с листовой поверхности и поверхности почвы).

2.4.2. Внутрисезонное распределение оросительной нормы

Для формирования поливного режима, кроме поливных норм, необходимо располагать данными об оросительной норме и ее внутрисезонном распределении в разные по увлажненности годы [2.14].

Внутрисезонное распределение оросительных норм, установление которого обусловливается необходимостью выявления критических периодов водоснабжения растений за вегетацию, разработки поливных режимов, характеризуется большой изменчивостью по годам, особенно для районов неустойчивого увлажнения.

Для установления внутрисезонного распределения оросительной нормы той или иной сельскохозяйственной культуры расчёты производятся поэтапно с использованием хронологических рядов исходных данных.

Порядок расчёта следующий.

1. Хронологический ряд по значениям суммарных за сезон дефицитов водопотребления (оросительных норм) ранжируется в возрастающем порядке (вариационный ряд), составляется соответствующая таблица.

2. Производится осреднение подекадных дефицитов водопотребления по скользящему графику за каждые четыре года, т.е. определяется по каждой декаде дефицит водопотребления, средний за первый, второй, третий и четвертый год, затем за второй, третий, четвертый и пятый годы, затем за третий, четвертый, пятый и шестой годы и так далее по порядковым номерам каждого года. Из средних за четыре года дефицитов вычисляется сумма за сезон, составляется очередная таблица.

3. По суммам за сезон, т.е. по оросительным нормам из средних за четырехлетки скользящего графика, строятся кривые распределения (вероятностей непревышения) оросительных норм: ряд суммарных за сезон величин ранжируется, находятся эмпирическая и теоретическая обеспеченность (вероятность непревышения) каждого члена ряда.

4. По кривой обеспеченности суммарных за сезон дефицитов водопотребления выделяются значения заданной вероятности (5, 25, 50, 75, 85 и 95%), т.е. процентили кривой (рис. 2.5).

5. В эмпирическом ранжированном ряду находятся наиболее близкие заданным процентилям значения оросительных норм, которые принимаются за расчетные, с соответствующими им подекадными дефицитами водопотребления.



Рис.2.5. Пример расчета

По графику функции выбран тренд – полином второго порядка (рис. 2.5).

Таблица 2.5

Вычисление оросительной нормы (мм) по тренду (теоретический ряд) для заданной обеспеченности

Обеспеченность, %	Значения ряда, мм	
	эмпирического	теоретического
25	118,30	105,9
50	162,51	160,1
75	216,15	220,7

Внутрисезонное распределение оросительной нормы вычисляется соответственно заданной обеспеченности оросительной нормы (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Внутрисезонное распределение оросительной нормы

Внутрисезонное распределение при 25%-ной обеспеченности (влажный год)				Оросительная норма
Апрель	Май	Июнь	Июль	
25,3	43,6	27,71	21,69	118,3 мм
21,4	36,8	23,4	18,3	100%

Пользуясь предлагаемым процентным внутрисезонным распределением, можно рассчитать поливной режим для года любой обеспеченности данной культуры.

Полученные на основе вышеприведенной методики варианты внутрисезонного распределения оросительных норм кормовых и овощных культур для среднего года и сухих лет (50%, 75 и 95% обеспеченности) по природным зонам ЦФО (в м ^{3}/га и %) от сезонной суммы приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Внутрисезонное распределение оросительной нормы основных культур Центрального федерального округа (Черноземный район),%

Природная зона	Расчетный год	Вегетационный период					IV-IX
		V	VI	VII	VIII	IX	
Лесостепная (Ку = 0,51-0,8)	*Люцерна на сено*						
	Средний	7	30	27	22	14	100%
	Среднесухой	10	28	26	22	14	100%
	Сухой	12	28	26	21	13	100%
	Капуста поздняя						
	Средний	12	34	31	19	4	100%
	Среднесухой	15	33	29	19	4	100%
	Сухой	15	32	29	19	5	100%
	Зерновые колосовые						
	Средний	11	61	28	-	-	100%
	Среднесухой	14	59	27	-	-	100%
	Сухой	20	55	25	-	-	100%
Степная (Ку = 0,4-0,5)	*Люцерна на сено*						
	Влажный	0	28	36	36	0	100%
	Средневлажный	4	31	31	22	12	100%
	Средний	10	28	25	21	16	100%
	Среднесухой	12	27	25	21	15	100%
	Сухой	13	26	24	23	14	100%
	Капуста поздняя						
	Влажный	6	50	31	13	0	100%
	Средневлажный	7	40	31	19	3	100%
	Средний	11	35	30	20	4	100%
	Среднесухой	15	32	28	20	5	100%
	Сухой	15	30	28	20	7	100%
	Зерновые колосовые						
	Влажный	0	0	0	0	0	100%
	Средневлажный	7	58	35	0	0	100%
	Средний	14	59	27	0	0	100%
	Среднесухой	15	58	27	0	0	100%
	Сухой	21	54	25	0	0	100%
Сухостепная Ку = 0,3 - 0,4	*Кукуруза (на силос)*						
	Средний	7	33	38			
	Среднесухой	9	32	36			
	Сухой						
	Люцерна на сено						
	Средний	11	27	26	23	13	100%
	Среднесухой	13	27	25	21	14	100%
	Сухой	16	27	25	20	12	100%

Распределение подекадных дефицитов водопотребления в год заданной расчетной обеспеченности оросительной нормы принимается как основа и рекомендуется для разработки поливных режимов.

Эксплуатационные графики полива строятся для севооборотных культур и наличного парка дождевальной техники с учетом ее размещения на полях. Составлению графиков *предшествует* разработка плановых режимов орошения на год ожидания, основным параметром которых является оросительная норма и ее внутрисезонное распределение.

2.5. Проектные (укрупненные) нормы водопотребности

2.5.1. Оросительные нормы брутто

К числу параметров нормирования орошения относится оросительная норма, равная объему воды, требуемой для восполнения природного дефицита водопотребления культуры за весь вегетационный период.

Оросительные нормы брутто определяют нормы водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур.

Нормы водопотребности рассчитываются для условий, когда отсутствует необходимость соблюдения промывного режима и проведения вневегетационных поливов, грунтовые воды залегают глубже 3 м, качество оросительной воды соответствует требованиям. При условиях, отличных от указанных, в расчеты водопотребности допускается введение соответствующих поправок:

- на подпитывание – в районах с близким залеганием грунтовых вод;
- на повышенную фильтрацию – в районах с высокопроницаемыми подстилающими грунтами (при проведении поливов по бороздам и полосам);
- на соблюдение промывного режима (для слабозасоленных почв оросительная норма увеличивается на 10%, для среднезасоленных – на 15% и более);
- на проведение вневегетационных поливов (влагозарядковые, предпосевные, приживочные, освежительные, противозаморозковые, удобрительные и др.) в зависимости от степени увлажнения территории (могут быть приняты по рекомендациям Б.С. Маслова, И.В. Минаева, К.В.Губера).

Расчет норм водопотребности (оросительных норм брутто) проводится по формуле

$$M_{бр} = M_{нт} \times \eta, \qquad (16)$$

где $M_{бр}$ и $M_{нт}$ – оросительные нормы, соответственно, брутто и нетто;

η – суммарный коэффициент, учитывающий потери воды на поле в процессе полива ($\eta > 1$).

Коэффициент потерь воды на поле при дождевании η учитывает потери на испарение и унос ветром, потери на поверхностный сток и глубинную фильтрацию, потери из трубопроводной сети в пределах поля, из открытой временной сети, от которой работают дождевальные машины.

Учет влияния ветрового режима. Расчеты для различных агроклиматических зон рассматриваемых федеральных округов показывают, что затраты воды на снос ветром, испарение в воздухе в момент дождевания, а также с листовой поверхности и с поверхности почвы сразу же после его прекращения, составляют от 2-6 до 14-16% от поливной нормы.

Показатели суммарного и ирригационного стока с орошаемых земель. Потери на ирригационный сток от бюджета влаги составляют 0-2% и практически не меняются по годам и территории, в то время как потери на суммарный сток значительны во влажные годы (до 20-45%) по всей территории и падают до 1-8% в сухие годы.

Потери на поверхностный сток и глубинную фильтрацию, по данным службы эксплуатации, приняты на уровне 3-5% от оросительной нормы.

Потери из оросительной сети вычисляются как средневзвешенные с учетом применяемой техники полива и соотношения площадей с открытой и закрытой сетью и составляют до 6%.

2.5.2. Средневзвешенная норма водопотребности

Средневзвешенная норма водопотребности определяется на *структурный поливной гектар.* Под ним понимается фиктивная единичная площадь орошения, на которой условно выращиваются все характерные для данного района сельскохозяйственные культуры в соотношениях, соответствующих принятым севооборотам и структуре поля. Это укрупненный показатель, предназначенный для прогнозирования развития водного хозяйства, а именно, потребности в водных ресурсах на перспективу. Укрупненные показатели разрабатываются по регионам на основе норм орошения.

Для определения средневзвешенных норм потребности сельскохозяйственных культур в оросительной воде (норм водопотребности) использована следующая формула:

$$M_{пв} = \frac{M_1 \cdot K_1 + M_2 \cdot K_2 + ... + M_i \cdot K_i}{K_1 + K_2 + ... + K_i}, \qquad (17)$$

где $M_{пв}$ – средневзвешенная норма водопотребности (брутто-поле), отнесенная к структурному гектару;

M_i – оросительная норма брутто-поле i -той сельскохозяйственной культуры, м^3/га;

K_i – коэффициент, учитывающий долю (в %) i-той сельхозкультуры в структуре орошаемых земель расчетной территории – административной области.

Разработаны рекомендации по режимам орошения и водопотребления для различных регионов Российской Федерации (рис. 2.6) [2.10, 2.14].



Рис. 2.6. Регионы Российской Федерации, для которых разработаны рекомендации по режимам орошения

Укрупненные нормы водопотребности для орошения представляют собой удельное потребление воды на единицу орошаемой площади под каждой группой сельскохозяйственных культур в регионе.

ФГБНУ ВНИИ «Радуга» совместно с ФГБНУ «РосНИИПМ» разработан нормативно-технический документ: «Стандарт организации (СТО) «Укрупненные нормы водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур Центрального, Приволжского, Уральского, Сибирского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов» [2.12, 2.13, 2.17].

Нормы водопотребности для орошения сельскохозяйственных культур представлены в табл. 2.8-2.16 для Центрального, Приволжского, Уральского, Сибирского, Южного и Северо-Кавказского федеральных округов. Расчеты проводились на год 50, 75 и 95%-ной обеспеченности (по дефициту водопотребления).

Таблица 2.8

Нормы водопотребности для орошения по областям Центрального федерального округа (Черноземная зона)

Субъект Российской Федерации, область	Зона увлажненности по *Ку*	Культура	Удельный вес орошаемой культуры (доля орошаемой площади)	Оросительные нормы нетто, м³/га			Коэффициент потерь воды на поле	Укрупненные показатели водопотребности (брутто-поле), м³/га		
				50%	75%	95%		50%	75%	95%
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Белгородская	0,5-0,75	Люцерна на сено	0,5	2000	2500	3600	1,18	2360	2950	4250
Воронежская	0,45-0,72		0,6	2200	2800	4000	1,19	2620	3330	4760
Курская	0,7-0,9		0,47	1300	2000	3050	1,18	1535	2360	3600
Липецкая	0,6-0,85		0,72	1700	2400	3200	1,17	1990	2810	3745
Тамбовская	0,5-0,75		0,6	1900	2450	3500	1,18	2240	2890	4130

Продолжение табл. 2.8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Белгородская	0,5-0,75	Сахарная свекла	0,07	1500	2400	3200	1,18	1770	2830	3780
Воронежская	0,45-0,72		0,03	2000	2450	3350	1,19	2380	2920	3990
Курская	0,7-0,9		0,06	1050	1600	2500	1,18	1240	1890	2950
Липецкая	0,6-0,85		0,01	1300	1800	2800	1,17	1520	2100	3280
Тамбовская	0,5-0,75		0,05	1350	2020	2900	1,18	1590	2385	3420
Белгородская	0,5-0,75	Капуста поздняя	0,08	1650	2350	3150	1,18	1950	2770	3720
Воронежская	0,45-0,72		0,04	2000	2700	3500	1,19	2380	3215	4165
Курская	0,7-0,9		0,05	1500	2200	3000	1,18	1770	2595	3540
Липецкая	0,6-0,85		0,02	1550	2150	3000	1,17	1815	2515	3510
Тамбовская	0,5-0,75		0,02	1800	2450	3300	1,18	2125	2890	3895
Белгородская	0,5-0,75	Кукуруза на зерно	0,07	1200	1950	2650	1,18	1415	2300	3130
Воронежская	0,45-0,72		0,1	1450	2000	2600	1,19	1725	2380	3095
Курская	0,7-0,9		0,03	850	1600	2000	1,18	1000	1890	2360
Липецкая	0,6-0,85		0,08	1100	1500	2400	1,17	1290	1755	2810
Тамбовская	0,5-0,75		0,06	1000	1550	2550	1,18	1180	1830	3010
Белгородская	0,5-0,75	Зерновые колосо-вые	0,1	1000	1450	2000	1,18	1180	1710	2360
Воронежская	0,45-0,72		0,1	1050	1550	2100	1,19	1250	1845	2500
Курская	0,7-0,9		0,1	850	1300	1800	1,18	1000	1535	2125
Липецкая	0,6-0,85		0,1	900	1350	1870	1,17	1055	1580	2190
Тамбовская	0,5-0,75		0,2	1000	1600	2050	1,18	1180	1890	2420

Таблица 2.9

Нормы водопотребности для орошения по областям Центрального федерального округа (Нечерноземная зона)

Субъект Российской Федерации, область	Культура	Удельный вес орошаемой культуры (доля орошаемой площади)	Оросительные нормы нетто, м³/га			Коэффициент потерь воды на поле	Укрупненные показатели водопотребности (брутто-поле), м³/га		
			50%	75%	95%		50%	75%	95%
Брянская	Кормовые (люцерна на сено)	48,5	500	950	1700	1,17	590	1110	1990
Владимирская		68,3	650	1200	2000	1,15	750	1380	2300
Ивановская		66,0	450	900	1650	1,15	520	1040	1900
Калужская		72,0	420	850	1600	1,15	480	980	1840
Костромская		70,9	450	900	1650	1,15	520	1040	1900
Московская		79,1	350	700	1350	1,17	400	820	1580
Орловская		26,9	700	1300	2000	1,17	820	1520	2340
Рязанская		37,5	900	1500	2400	1,18	1060	1770	2830
Тверская		77,8	300	650	1350	1,15	350	750	1550
Ярославская		82,2	350	650	1500	1,15	400	760	1720
Брянская	Кукуруза на силос	48,5	350	800	1400	1,17	410	940	1640
Владимирская		68,3	500	1000	1650	1,15	580	1150	1900
Ивановская		66,0	330	750	1350	1,15	380	860	1550
Калужская		72,0	310	700	1300	1,15	360	800	1500
Костромская		70,9	320	750	1380	1,15	370	860	1590
Московская		79,1	300	650	1200	1,17	350	760	1400
Орловская		26,9	550	1100	1700	1,17	640	1290	1990
Рязанская		37,5	650	1200	1800	1,18	770	1420	212
Тверская		77,8	250	600	1150	1,15	290	690	1320
Ярославская		82,2	280	630	1200	1,15	320	720	1380
Брянская	Овощи (капуста поздняя)	0,7	700	1200	1900	1,17	820	1400	2220
Владимирская		1,1	900	1400	2200	1,15	1040	1610	2530
Ивановская		0,8	800	1350	2100	1,15	920	1550	2420
Калужская		1,0	600	1100	1800	1,15	690	1270	2070
Костромская		0,6	650	1150	1850	1,15	750	1320	2130
Московская		3,6	550	950	1500	1,17	640	1110	1760
Орловская		0,1	850	1350	2100	1,17	990	1580	2460
Рязанская		0,3	1000	1600	2400	1,18	1180	1890	2830
Тверская		0,5	500	900	1500	1,15	580	1040	1730
Ярославская		0,8	520	950	1450	1,15	600	1090	1670

Таблица 2.10

Нормы водопотребности для орошения по Приволжскому федеральному округу

Субъект Российской Федерации, область	Культура	Удельный вес орошаемой культуры (доля орошаемой площади)	Оросительные нормы нетто, м³/га			Коэффициент потерь воды на поле	Укрупненные показатели водопотребности (брутто-поле), м³/га		
			50%	75%	95%		50%	75%	95%
Пензенская	Кормовые (люцерна на сено)	0,3	1400	2000	3000	1,20	1700	2400	3600
Саратовская		0,13	3000	4200	5500	1,20	3600	5040	6600
Самарская		0,155	2800	3800	5200	1,18	3300	4480	6140
Ульяновская		0,3	1700	2400	3600	1,17	2000	2800	4200
Республика Татарстан		0,37	1300	2100	3200	1,18	1550	2500	3800
Оренбургская		0,2	2000	2900	4100	1,20	2400	3480	4920
Республика Башкортостан		0,36	1100	2000	3100	1,20	1320	2400	3720
Пензенская	Зерновые (колосовые яровые)	0,66	1200	1400	2100	1,20	1450	1700	2500
Саратовская		0,68	1500	1900	2500	1,20	1800	2280	3000
Самарская		0,67	1550	2000	2500	1,18	1770	2360	2950
Ульяновская		0,6	1200	1700	2200	1,17	1400	2000	2600
Республика Татарстан		0,54	1400	1800	2500	1,18	1650	2100	2900
Оренбургская		0,7	1100	1600	2300	1,20	1320	1920	2760
Республика Башкортостан		0,62	700	1100	1800	1,20	840	1320	2160
Пензенская	Овощи (капуста поздняя)	0,002	1600	2100	3200	1,20	1900	2500	3800
Саратовская		0,002	2800	3300	3800	1,20	3360	3960	4560
Самарская		0,004	2500	3200	3900	1,18	2950	3780	4600
Ульяновская		0,002	1900	2700	3300	1,17	2200	3200	3900
Республика Татарстан		0,005	1800	2600	3500	1,18	2100	3100	4100
Оренбургская		0,001	1800	2400	3300	1,20	2160	2880	3960
Республика Башкортостан		0,002	1200	1800	2500	1,20	1440	2160	3000

Таблица 2.11

Нормы водопотребности для орошения по Сибирскому федеральному округу

Субъект Российской Федерации, область	Культура	Удельный вес орошаемой культуры (доля орошаемой площади)	Оросительные нормы нетто, м³/га			Коэффициент потерь воды на поле	Укрупненные показатели водопотребности (брутто-поле), м³/га		
			50%	75%	95%		50%	75%	95%
Алтайский край	Кормовые (люцерна на сено)	10	1580	2230	3170	1,1	1740	2450	3490
Кемеровская		10	750	1300	2100	1,08	810	1400	2270
Новосибирская		20	1180	1770	2630	1,2	1420	2120	3160
Омская		15	1200	1800	2650	1,08	1300	1940	2860
Алтайский край	Кукуруза на силос	5	1180	1700	2470	1,1	1300	1870	2720
Кемеровская		5	600	1050	1750	1,08	650	1130	1890
Новосибирская		20	900	1380	2100	1,2	1080	1660	2520
Омская		15	900	1400	2150	1,08	970	1510	2320
Алтайский край	Овощи (капуста поздняя)	5	1470	2030	2880	1,1	1620	2230	3170
Кемеровская		10	800	1250	2050	1,08	860	1350	2210
Новосибирская		3	1150	1670	2470	1,2	1380	2000	2960
Омская		1	1200	1700	2500	1,08	1300	1840	2700
Алтайский край	Картофель поздний	15	1180	1700	2470	1,1	1300	1870	2720
Кемеровская		33	700	1150	1800	1,08	760	1240	1940
Новосибирская		5	950	1430	2130	1,2	1140	1720	2560
Омская		5	980	1450	2150	1,08	1060	1570	2320
Алтайский край	Зерновые колосовые	55	970	1470	2100	1,1	1070	1620	2310
Кемеровская		40	500	1000	1600	1,08	540	1080	1730
Новосибирская		50	730	1220	1870	1,2	880	1460	2240
Омская		63	750	1250	1900	1,08	810	1350	2050

Примечание. Алтайский край: *Ку* = 0,3-0,9; Кемеровская область: *Ку* = 0,7-0,9; Новосибирская область: *Ку* =0,4-1: Омская область: *Ку* =0,4-1.

Таблица 2.12

Нормы водопотребности для орошения по субъектам Уральского федерального округа

Субъект Российской Федерации, область	Культура	Удельный вес орошаемой культуры, (доля орошаемой площади)	Оросительные нормы нетто, м³/га			Коэффициент потерь воды на поле	Укрупненные показатели водопотребности (брутто-поле), м³/га		
			50%	75%	95%		50%	75%	95%
Свердловская	Кормовые (люцерна на сено)	0,49	900	1500	2400	1,20	1100	1800	2900
Курганская		0,20	1400	2100	3500	1,20	1700	2500	4200
Тюменская		0,3	900	1500	2500	1,20	1080	1800	3000
Челябинская		0,33	1300	2000	3400	1,20	1560	2400	4080
Свердловская	Зерновые (колосовые яровые)	0,5	700	1200	1700	1,20	840	1440	2000
Курганская		0,775	1000	1500	2200	1,20	1200	1800	2600
Тюменская		0,69	700	1100	1800	1,20	840	1300	2160
Челябинская		0,66	900	1300	2300	1,20	1080	1560	2760
Свердловская	Овощи (капуста поздняя)	0,008	1000	1450	2200	1,20	1200	1740	2640
Курганская		0,003	1300	2000	3100	1,20	1560	2400	3700
Тюменская		0,006	1000	1500	2400	1,20	1200	1800	2880
Челябинская		0,005	1350	1900	2800	1,20	1620	2280	3360

Таблица 2.13

Нормы водопотребности (нетто, м³/га) для орошения сельскохозяйственных культур Южного федерального округа (разработаны ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»)

Субъект Российской Федерации, область	*Ку*	Обеспеченность, %	Сельскохозяйственная культура							
			многолетние травы прошлых лет (люцерна)	зерновые колосовые (яровые пшеница, ячмень, овес)	кукуруза на силос	кукуруза на зерно	кормовые корнеплоды	овощи (томаты, капуста, столовые корнеплоды, лук, фасоль)	картофель весенней посадки	культуры летней посадки (картофель)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Волгоградская	< 0,3	95	7780	4890	5670	6700	5990	5210	4930	4130
		75	6610	3870	4660	5600	4300	4250	4250	3630
		50	5110	2980	3770	4480	3670	3170	3400	3000
	0,31-0,4	95	7410	4780	5570	6640	5600	5180	4890	3840
		75	5940	3580	4370	5040	3950	4180	3890	2840
		50	4300	2470	3070	3780	3050	2650	2730	2210
	0,41-0,5	95	7150	4610	5210	5680	5270	4850	4510	2860
		75	4480	3350	4130	4390	3140	3230	3350	2210
		50	3260	1770	2230	2780	2510	1960	1890	1410
Ростовская	0,31-0,4	95	7490	3720	4590	5940	5100	4360	5380	4550
		75	5330	2920	3660	4800	3770	3410	4320	3690
		50	4140	1920	2460	3380	2820	2230	3000	2620
	0,41-0,5	95	5360	3360	3860	5290	3700	3970	4460	3750
		75	4520	2440	3340	4090	3200	2650	3310	2900
		50	3250	1290	1760	2590	1910	1740	1870	1850
Астраханская	< 0,3	95	6910	4760	4650	6500	6060	5060	5770	4040
		75	5860	4020	3960	5600	4990	4210	4980	3550
		50	5320	3090	3510	4480	4300	3140	3980	2930
Республика Калмыкия	< 0,3	95	7650	5020	5090	6990	6620	4660	6250	4530
		75	6300	4240	4340	6030	5380	3870	5390	3980
		50	5640	3260	3820	4820	4620	2890	4310	3290

Продолжение табл. 2.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Краснодарский край	0,41-0,5	95	6090	1270	3760	3310	3630	3080	3080	2450
		75	3600	930	2130	2560	2200	2060	2280	1900
		50	2350	490	1010	1620	1180	770	1290	1210
	0,51-0,6	95	5870	1020	3550	2500	3590	810	2160	1950
		75	3090	810	1720	2470	1740	390	1160	1400
		50	1730	200	620	1180	700	0	670	710
	0,61-0,7	95	0	610	0	410	0	0	0	260
		75	0	160	0	280	0	0	0	180
		50	0	0	0	120	0	0	0	0
	0,71-0,8	95	0	0	0	0	0	0	0	0
		75	0	0	0	0	0	0	0	0
		50	0	0	0	0	0	0	0	0
Республика Адыгея	0,61-0,7	95	0	0	0	640	0	420	170	190
		75	0	0	0	550	0	350	150	170
		50	0	0	0	440	0	260	120	140

Таблица 2.14

Нормы водопотребности (брутто, м³/га) для орошения сельскохозяйственных культур Южного федерального округа (разработаны ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»)

Субъект Российской Федерации, область	*Ку*	Обеспеченность, %	Сельскохозяйственная культура							
			многолетние травы прошлых лет (люцерна)	зерновые колосовые (яровые пшеница, ячмень, овес)	кукуруза на силос	кукуруза на зерно	кормовые корнеплоды	овощи (томаты, капуста, столовые корнеплоды, лук, фасоль)	картофель весенней посадки	культуры летней посадки (картофель)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Волгоградская	< 0,3	95	9025	5672	6577	7772	6948	6044	5719	4791
		75	7668	4489	5406	6496	4988	4930	4930	4211
		50	5928	3457	4373	5197	4257	3677	3944	3480
	0,31-0,4	95	8596	5545	6461	7702	6496	6009	5672	4454
		75	6890	4153	5069	5846	4582	4849	4512	3294
		50	4988	2865	3561	4385	3538	3074	3167	2564
	0,41-0,5	95	8294	5348	6044	6589	6113	5626	5232	3318
		75	5197	3886	4791	5092	3642	3747	3886	2564
		50	3782	2053	2587	3225	2912	2274	2192	1636
Ростовская	0,31-0,4	95	8763	4352	5370	6950	5967	5101	6295	5324
		75	6236	3416	4282	5616	4411	3990	5054	4317
		50	4844	2246	2878	3955	3299	2609	3510	3065
	0,41-0,5	95	6271	3931	4516	6189	4329	4645	5218	4388
		75	5288	2855	3908	4785	3744	3101	3873	3393
		50	3803	1509	2059	3030	2235	2036	2188	2165
Астраханская	< 0,3	95	8119	5593	5464	7638	7121	5946	6780	4747
		75	6886	4724	4653	6580	5863	4947	5852	4171
		50	6251	3631	4124	5264	5053	3690	4677	3443
Республика Калмыкия	< 0,3	95	8874	5823	5904	8108	7679	5406	7250	5255
		75	7308	4918	5034	6995	6241	4489	6252	4617
		50	6542	3782	4431	5591	5359	3352	5000	3816

Продолжение табл. 2.14

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Краснодарский край	0,41-0,5	95	7186	1499	4437	3906	4283	3634	3634	2891
		75	4248	1097	2513	3021	2596	2431	2690	2242
		50	2773	578	1192	1912	1392	909	1522	1428
	0,51-0,6	95	6927	1204	4189	2950	4236	956	2549	2301
		75	3646	956	2030	2915	2053	460	1369	1652
		50	2041	236	732	1392	826	0	791	838
	0,61-0,7	95	0	720	0	484	0	0	0	307
		75	0	189	0	330	0	0	0	212
		50	0	0	0	142	0	0	0	0
	0,71-0,8	95	0	0	0	0	0	0	0	0
		75	0	0	0	0	0	0	0	0
		50	0	0	0	0	0	0	0	0
Республика Адыгея	0,61-0,7	95	0	0	0	755	0	496	201	224
		75	0	0	0	649	0	413	177	201
		50	0	0	0	519	0	307	142	165

Таблица 2.15

Нормы водопотребности (нетто, м³/га) для орошения сельскохозяйственных культур Северо-Кавказского федерального округа (разработаны ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»)

Субъект Российской Федерации	*Ку*	Обеспеченность, %	Сельскохозяйственная культура							
			многолетние травы прошлых лет (люцерна)	зерновые колосовые (яровые пшеница, ячмень, овес)	кукуруза на силос	кукуруза на зерно	кормовые корнеплоды	овощи (томаты, капуста, столовые корнеплоды, лук, фасоль)	картофель весенней посадки	культуры летней посадки (картофель)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ставропольский край	< 0,3	95	6440	3800	4520	5800	4230	3910	5400	4210
		75	5710	2870	2810	4960	3930	2970	4450	3820
		50	4440	1820	2340	3270	2970	1990	2960	2830
	0,31-0,4	95	5940	3180	4030	5570	4180	3580	5140	4140
		75	5430	2490	2530	4500	3690	2800	4130	3360
		50	4220	1640	2030	3170	2800	1830	2870	2380
	0,41-0,5	95	5430	2580	3960	4780	4120	2610	4750	3990
		75	5080	1870	2340	3700	3510	1740	3520	3090
		50	3410	990	1610	2340	1920	1400	1990	1970
	0,51-0,6	95	4550	2440	3100	4150	3460	0	3470	3320
		75	3840	1060	2060	2930	2290	0	2580	2380
		50	2220	340	800	1400	1010	0	970	1210
	0,61-0,7	95	0	360	0	1540	0	0	920	1830
		75	0	90	0	1060	0	0	570	1300
		50	0	0	0	450	0	0	130	640
	0,71-0,8	95	0	0	0	780	0	0	600	590
		75	0	0	0	250	0	0	280	460
		50	0	0	0	0	0	0	0	300
Карачаево-Черкесская Республика	0,61-0,7	95	2910	1890	0	1230	760	380	960	1800
		75	1900	1230	0	850	270	180	450	1280
		50	650	0	0	360	0	0	0	630
	0,71-0,8	95	0	1140	0	590	0	0	0	0
		75	0	780	0	240	0	0	0	0
		50	0	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение табл. 2.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Чеченская Республика	0,31-0,4	95	4990	1620	2650	3200	2320	3990	1740	2450
		75	3150	1490	1830	2430	1570	2790	1400	1990
		50	2420	820	1420	1710	1310	1170	970	1410
	0,41-0,5	95	4560	1430	2110	3030	1950	3330	1150	1880
		75	3030	1040	1240	2340	1260	2080	850	1460
		50	2100	550	1110	1480	1060	1080	480	930
	0,51-0,6	95	2600	1320	1030	1120	1790	3260	1000	1250
		75	1160	950	780	760	850	1890	810	840
		50	1040	420	340	0	0	550	580	0
	0,61-0,7	95	1520	1250	0	0	1270	2300	960	0
		75	1000	860	0	0	450	1420	690	0
		50	340	360	0	0	0	310	0	0
Республика Ингушетия	0,41-0,5	95	2560	2130	1200	1170	1110	1880	0	830
		75	1950	980	630	900	890	1250	0	640
		50	1180	0	250	570	530	470	0	410
	0,51-0,6	95	1120	2050	0	1030	0	1230	0	550
		75	750	690	0	520	0	1120	0	0
		50	130	0	0	0	0	560	0	0
	0,61-0,7	95	0	1750	0	900	0	1050	0	260
		75	0	450	0	320	0	930	0	0
		50	0	0	0	0	0	0	0	0
Кабардино-Балкарская Республика	0,41-0,5	95	3750	1750	2240	2490	2500	2600	1340	2030
		75	2740	1550	1650	1930	1460	1740	990	1570
		50	1730	290	910	1220	750	650	560	1000
	0,51-0,6	95	3120	1620	2050	1980	1870	1230	800	1070
		75	2400	810	1140	1400	380	790	380	770
	0,51-0,61-0,7	50	920	0	380	670	130	240	0	390
		95	2040	1320	1870	1840	980	850	560	780
		75	980	800	720	950	120	420	0	250
		50	630	0	0	350	0	0	0	0
	0,71-0,8	95	0	1260	0	1720	0	0	0	0
		75	0	620	0	700	0	0	0	0
		50	0	0	0	0	0	0	0	0
Республика Северная Осетия-Алания	0,41-0,5	95	4820	2260	4030	4030	3680	4010	3030	3160
		75	3220	1640	2970	3110	2750	2670	2250	2450
		50	2220	870	1640	1970	1590	1000	1270	1560
	0,51-0,6	95	3710	2130	3900	2150	2110	2180	2160	2110
		75	2540	850	1510	1130	750	1160	890	680
		50	0	260	0	860	0	450	120	0
	0,61-0,7	95	420	1130	330	460	1750	1630	1660	110
		75	160	290	0	110	210	770	180	0
		50	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,71-0,8	95	0	0	0	0	0	0	0	0
		75	0	0	0	0	0	0	0	0
		50	0	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение табл. 2.15

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Республика Дагестан	<0,3	95	5540	2290	2440	3850	2590	1890	1970	1530
		75	3740	2090	2040	2630	2040	1570	1700	1340
		50	2730	840	1620	2100	1460	1170	1360	1110
	0,31-0,4	95	5360	2170	2390	3790	2230	1880	1950	1410
		75	3710	1630	1990	2220	1870	1330	1580	1300
		50	2690	800	1510	2010	1370	1110	1320	1050
	0,41-0,5	95	5210	2160	2310	3090	1960	1850	1930	1280
		75	3600	1570	1680	2080	1730	1230	1180	1230
		50	2650	630	1470	1950	1280	1010	1230	1040
	0,51-0,6	95	4020	2080	1900	2280	1750	1460	1310	1180
		75	2950	1340	1510	1260	1140	860	1030	850
		50	0	0	350	0	530	870	430	430
	0,61-0,7	95	640	1180	1420	2030	700	1120	1010	740
		75	150	860	630	1180	0	660	710	250
		50	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,71-0,8	95	0	1170	0	1840	0	730	910	0
		75	0	430	0	1150	0	350	420	0
		50	0	0	0	0	0	0	0	0

Таблица 2.16

Нормы водопотребности (брутто, м³/га) для орошения сельскохозяйственных культур Северо-Кавказского федерального округа (по материалам ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации»)

Субъект Российской Федерации	*Ку*	Обеспеченность, %	Сельскохозяйственная культура							
			многолетние травы прошлых лет (люцерна)	зерновые колосовые (яровые пшеница, ячмень, овес)	кукуруза на силос	кукуруза на зерно	кормовые корнеплоды	овощи (томаты, капуста, столовые корнеплоды, лук, фасоль)	картофель весенней посадки	культуры летней посадки (картофель)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ставропольский край	< 0,3	95	7664	4522	5379	6902	5034	4653	6426	5010
		75	6795	3415	3344	5902	4677	3534	5296	4546
		50	5284	2166	2785	3891	3534	2368	3522	3368
	0,31-0,4	95	7069	3784	4796	6628	4974	4260	6117	4927
		75	6462	2963	3011	5355	4391	3332	4915	3998
		50	5022	1952	2416	3772	3332	2178	3415	2832
	0,41-0,5	95	6462	3070	4712	5688	4903	3106	5653	4748
		75	6045	2225	2785	4403	4177	2071	4189	3677
		50	4058	1178	1916	2785	2285	1666	2368	2344
	0,51-0,6	95	5415	2904	3689	4939	4117	0	4129	3951
		75	4570	1261	2451	3487	2725	0	3070	2832
		50	2642	405	952	1666	1202	0	1154	1440
	0,61-0,7	95	0	428	0	1833	0	0	1095	2178
		75	0	107	0	1261	0	0	678	1547
		50	0	0	0	536	0	0	155	762
	0,71-0,8	95	0	0	0	928	0	0	714	702
		75	0	0	0	298	0	0	333	547
		50	0	0	0	0	0	0	0	357

Продолжение табл. 2.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Карачаево-Черкесская Республика	0,61-0,7	95	3434	2230	0	1451	897	448	1133	2124
		75	2242	1451	0	1003	319	212	531	1510
		50	767	0	0	425	0	0	0	743
	0,71-0,8	95	0	1345	0	696	0	0	0	0
		75	0	920	0	283	0	0	0	0
		50	0	0	0	0	0	0	0	0
Чеченская Республика	0,31-0,4	95	5739	1863	3048	3680	2668	4589	2001	2818
		75	3623	1714	2105	2795	1806	3209	1610	2289
		50	2783	943	1633	1967	1507	1346	1116	1622
	0,41-0,5	95	5244	1645	2427	3485	2243	3830	1323	2162
		75	3485	1196	1426	2691	1449	2392	978	1679
		50	2415	633	1277	1702	1219	1242	552	1070
	0,51-0,6	95	2990	1518	1185	1288	2059	3749	1150	1438
		75	1334	1093	897	874	978	2174	932	966
		50	1196	483	391	0	0	633	667	0
	0,61-0,7	95	1748	1438	0	0	1461	2645	1104	0
		75	1150	989	0	0	518	1633	794	0
		50	391	414	0	0	0	357	0	0
Республика Ингушетия	0,41-0,5	95	2995	2492	1404	1369	1299	2200	0	971
		75	2282	1147	737	1053	1041	1463	0	749
		50	1381	0	293	667	620	550	0	480
	0,51-0,6	95	1310	2399	0	1205	0	1439	0	644
		75	878	807	0	608	0	1310	0	0
		50	152	0	0	0	0	655	0	0
	0,61-0,7	95	0	2048	0	1053	0	1229	0	304
		75	0	527	0	374	0	1088	0	0
		50	0	0	0	0	0	0	0	0
Кабардино-Балкарская Республика	0,41-0,5	95	4425	2065	2643	2938	2950	3068	1581	2395
		75	3233	1829	1947	2277	1723	2053	1168	1853
		50	2041	342	1074	1440	885	767	661	1180
	0,51-0,6	95	3682	1912	2419	2336	2207	1451	944	1263
		75	2832	956	1345	1652	448	932	448	909
	0,51-0,61-0,7	50	1086	0	448	791	153	283	0	460
		95	2407	1558	2207	2171	1156	1003	661	920
		75	1156	944	850	1121	142	496	0	295
		50	743	0	0	413	0	0	0	0
	0,71-0,8	95	0	1487	0	2030	0	0	0	0
		75	0	732	0	826	0	0	0	0
		50	0	0	0	0	0	0	0	0
Республика Северная Осетия-Алания	0,41-0,5	95	5784	2712	4836	4836	4416	4812	3636	3792
		75	3864	1968	3564	3732	3300	3204	2700	2940
		50	2664	1044	1968	2364	1908	1200	1524	1872
	0,51-0,6	95	4452	2556	4680	2580	2532	2616	2592	2532
		75	3048	1020	1812	1356	900	1392	1068	816
		50	0	312	0	1032	0	540	144	0
	0,61-0,7	95	504	1356	396	552	2100	1956	1992	132
		75	192	348	0	132	252	924	216	0
		50	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,71-0,8	95	0	0	0	0	0	0	0	0
		75	0	0	0	0	0	0	0	0
		50	0	0	0	0	0	0	0	0

Продолжение табл. 2.16

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Республика Дагестан	<0,3	95	6593	2725	2904	4582	3082	2249	2344	1821
		75	4451	2487	2428	3130	2428	1868	2023	1595
		50	3249	1000	1928	2499	1737	1392	1618	1321
	0,31-0,4	95	6378	2582	2844	4510	2654	2237	2321	1678
		75	4415	1940	2368	2642	2225	1583	1880	1547
		50	3201	952	1797	2392	1630	1321	1571	1250
	0,41-0,5	95	6200	2570	2749	3677	2332	2202	2297	1523
		75	4284	1868	1999	2475	2059	1464	1404	1464
		50	3154	750	1749	2321	1523	1202	1464	1238
	0,51-0,6	95	4784	2475	2261	2713	2083	1737	1559	1404
		75	3511	1595	1797	1499	1357	1023	1226	1012
		50	0	0	417	0	631	1035	512	512
	0,61-0,7	95	762	1404	1690	2416	833	1333	1202	881
		75	179	1023	750	1404	0	785	845	298
		50	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,71-0,8	95	0	1392	0	2190	0	869	1083	0
		75	0	512	0	1369	0	417	500	0
		50	0	0	0	0	0	0	0	0

2.6. Оперативное планирование поливов при орошении на основе информационно-советующей системы

Основная задача на стадии реализации эксплуатационных режимов орошения состоит в оценке основных факторов, обусловливающих необходимость корректировки режима поливов, анализе информации и принятии решения о внесении изменений в планируемый режим орошения [2.10, 2.13].

Оперативное планирование эксплуатационных режимов орошения с использованием математических моделей и компьютерной технологии повышает точность нормирования объемов подачи воды на полив, обеспечивая эффективность гидромелиорации на различных природно-ландшафтных территориях, адекватный выбор антропогенных воздействий, экологическое равновесие природной среды и ресурсосбережение [2.5, 2.18].

Методические основы оперативного управления поливами включают в себя ежедневную оценку почвенных влагозапасов в слое активного влагообмена, динамично связанных с видом и фазой развития сельскохозяйственной культуры.

В каждом конкретном случае при близком залегании грунтовых вод дефициты водопотребления орошаемых культур необходимо корректировать, используя опытные и расчетные данные.

Разработанная ВНИИ «Радуга» информационно-советующая система рассчитывает рациональные нормы водопотребления с использованием компьютерных моделей при дифференциации коэффициентов, параметров и констант, входящих в математические зависимости, что обеспечивает отражение динамики внутригодового распределения гидрометеорологических факторов, вероятностный характер процессов, протекающих в агробиоценозах (рис. 2.7, 2.8).

Основные блоки ИСС:

- Блок анализа текущего состояния агроценозов;
- Блок сбора и обработки фактической и прогнозной метеоинформации;
- Блок расчета оперативного планирования поливов (наличие компьютера и программного обеспечения);
- Блок выдачи рекомендаций.

Основные компоненты ИСС:

Блок анализа текущего состояния агроценозов:

- влажность почвы (мм/неделю).

Блок сбора и обработки фактической и прогнозной метеоинформации:

- температура воздуха, °С;
- влажность воздуха, %;
- скорость ветра, м/с;
- осадки, мм.



Рис.2.7. Структурно-функциональная схема оперативного управления поливами

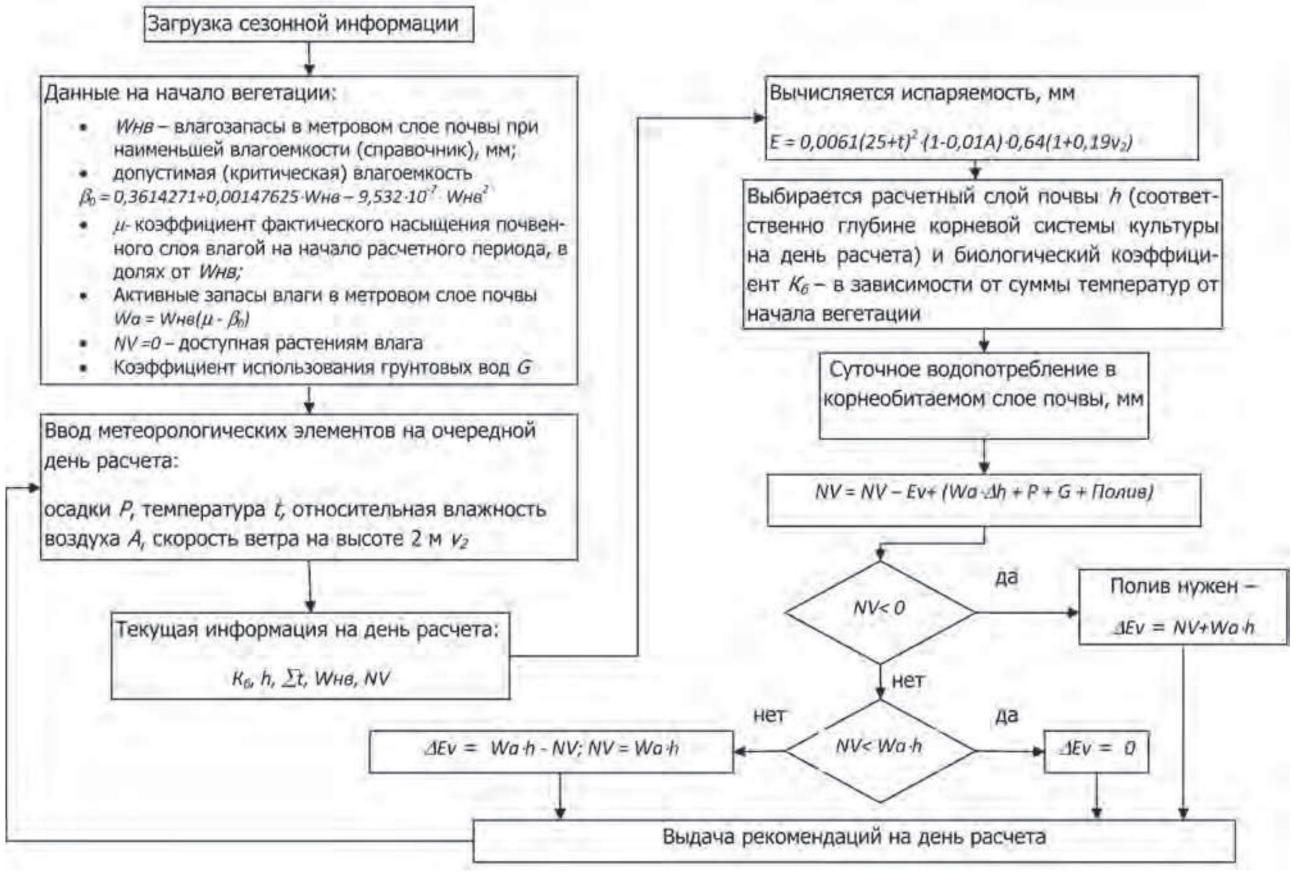


Рис. 2.8.Схема оперативного расчета почвенных влагозапасов с выдачей рекомендаций по поливу

Блок расчета оперативного планирования поливов:

● расчет показателей тепловых ресурсов и влагообеспеченности территории – испаряемость, почвенные влагозапасы, капиллярный приток из грунтовых вод, коэффициенты природного увлажнения, отражающие соотношение приходных и расходных частей водного баланса;

● расчет суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур, определяемого по биоклиматической модели с использованием биологических, микроклиматических коэффициентов и почвенно-мелиоративных констант, адаптированных для конкретных условий региона;

● расчет дефицита водопотребления;

● оперативное планирование поливов.

Блок выдачи рекомендаций:

● рекомендации на бумажном носителе в виде уточненных графиков полива на ближайшие троепять суток.

Реализация эксплуатационных режимов орошения и их оптимизация (на основе оперативного управления поливами) заключаются в следующем:

● корректировка и управление режимами поливов по «требованию» для поливных участков, обслуживаемых дождевальной машиной;

● измерение на поливных участках влажности почвы в начале вегетационного периода, а в течение вегетационного периода – через каждые пять дней, декаду или месяц с целью контроля за изменением запасов влаги в почве расчетным методом;

● систематические контрольные замеры реализованных поливных норм и равномерности их распределения по площади и глубине на каждом севооборотном участке;

● систематический сбор текущей и прогнозной метеорологической информации;

● сбор сведений о состоянии посевов, ходе агротехнических мероприятий, готовности поливной техники, оросительной сети и насосных станций;

● обработка полученной информации и выполнение водобалансовых расчетов на текущий и пятидневный, декадный прогнозные периоды;

● оценка по полученным данным сложившейся ситуации и принятие решения о целесообразности и размерах корректировки режима орошения сельскохозяйственных культур.

Система научно обоснованной оперативной корректировки эксплуатационных режимов орошения обеспечивает оптимальное использование природных ресурсов (воды и сельхозугодий), минимизацию затрат (энергетических, материально-технических и др.), увеличение объемов производства продукции (повышения урожайности возделываемых культур) при устойчивом экологическом балансе.

Используемые источники

2.1. **Алпатьев С.М., Остапчик В.П.** К обоснованию формирования поливных режимов с использованием биоклиматического метода расчета суммарного испарения //Мелиорация и водное хоз-во. – 1971. – Вып. 19.

2.2. **Бондаренко Н.Ф., Константинов А.Р.** Пути оптимизации режимов орошения //ГиМ, 1980. – № 6.

2.3. **Будыко М.И.** Испарение в естественных условиях. – Л.: Гидрометеоиздат, 1948.

2.4. **Данильченко Н.В., Аванесян И.М., Данильченко А.Н., Никольская А.А.** Природная тепло-, влагообеспеченность Центрально-Черноземных областей России и ее влияние на параметры орошения и урожайность. – М., 2000.

2.5. **Капустина Т.А., Бочкарева А.И., Брыль С.В.** Формирование информационной технологии планирования поливов сельскохозяйственных культур как основы ресурсо-, энергосберегающего орошаемого земледелия // Сб. науч. докл. «Информационные технологии», 2010.

2.6. **Капустина Т.А., БочкаревaА.И., Брыль С.В., Тарасенко Е.И.** Водосберегающая стратегия при планировании внутрихозяйственного водопользования// Сб. науч. докл. – М.: ВНИИГиМ, 2009.

2.7. Компьютерная программа «Расчет параметров режимов орошения сельскохозяйственных культур» (ROCK.xls). Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ за № 2004610996. 22 апреля 2004.

2.8. **Константинов А.Р., Струнников Э.А.** Нормирование орошения. Методы, их оценка, пути уточнения// Метеорология и гидрология. – 1986. – № 1. – С. 23.

2.9. Мелиорация и водное хозяйство.Т. 6 «Орошение»: Справ. – М.: ВО «Агропромиздат», 1990.

2.10. Научно-методическое обоснование нормирования водопотребления, планирования орошения, регулирования уровня плодородия почв на основе информационной технологии для предотвращения экологического дисбаланса: реком. / Под общей ред. д-ра с.-х. наук Г.В. Ольгаренко. – М.: Росинформагротех, 2006.

2.11. **Ольгаренко В.И., Колганов А.В., Ольгаренко Г.В.** Эксплуатационные режимы орошения агроценозов Нижне-Донской провинции степной зоны. – НГМА, 2001.

2.12. **Ольгаренко Г.В., Капустина Т.А., Аванесян И.М.** и др. Оценка современного почвенно-климатического потенциала агроэкосистем и его трансформации под влиянием природных и технологических факторов с целью регулирования и оптимизации водного и пищевого режима почв на орошаемых землях Уральского ФО. Рекомендации. – Коломна: ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2008.

2.13. **Ольгаренко Г.В., Цекоева Ф.К., Бочкарева А.И.** Расчет режимов орошения сельскохозяйственных культур и проектных норм водопотребности. Методические рекомендации. – Коломна: ФГБНУ ВНИИ «Радуга», ООО «Инлайт», 2012.

2.14. Оросительные нормы (нетто) и их внутрисезонное распределение для основных сельскохозяйственных культур по федеральным округам Российской Федерации. Рекомендации под общей ред. д-ра с.-х. наук Г.В. Ольгаренко. – Коломна, 2007.

2.15. **Остапчик В.П., Филипенко Л.А., Гайдаров Р.М.** Биоклиматический метод расчета испарения с орошаемых полей // Гидротехника и мелиорация. – 1980. – № 10.

2.16. Справочник: Механизация полива. – М.: ВО Агропромиздат, 1990.

2.17. Укрупненные нормы водопотребности для орошения по природно-климатическим зонам СССР. – М.: ММиВХ СССР, 1984.

2.18. **Щербина И.В.** Применение информационных технологий для оценки регионального природно-ресурсного потенциала тепло-, влагообеспеченности земледельческих территорий агроландшафтов России / Сб. науч. докл. 5-й Всерос. конф. молодых ученых и специалистов. – Коломна, 2008.

3. ШИРОКОЗАХВАТНЫЕ МНОГООПОРНЫЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

3.1. Технологии и конструкции широкозахватных многоопорных дождевальных машин ведущих зарубежных производителей

Совершенствование электрифицированных дождевальных машин направлено на решение трёх основных задач: экономию оросительной воды, снижение энергозатрат на проведение поливов, оптимизацию временных затрат [3.5]. В концептуальной схеме широкозахватных электрифицированных дождевальных машин за эти задачи отвечают следующие основные конструктивные элементы: дождеобразующий пояс, установленный на водопроводящем трубопроводе ферменной конструкции, привод и трансмиссия опорных тележек, системы управления машиной.

3.1.1. Конструкции дождевальных машин

Конструкции дождевальных машин ведущих мировых производителей приведены в табл. 3.1-3.8 [3.14; 3.21].

Таблица 3.1

Основные системы и конструкции дождевальных машин «Valley»

Марка ДМ, фирма, страна-производитель	Конструкция ферменного каркаса	Система привода тележек		Система панелей управления тележками	Водопроводящий трубопровод (варианты исполнения)	Системы повышения проходимости
		главный мотор-редуктор	червячный редуктор			
«Valley» (Center pivot, Linear Dich Feed) Valmont.inc,7002 North 288 Street Valley, Nebraska, USA	 Трёхпоясная ферменная конструкция треугольного сечения, верхний пояс – водопроводящий трубопровод.   Имеются насадки низкого и среднего давления и регуляторы давления	 Центральный привод «Valley» использует в редукторе косозубые шестерни, а также авторские сальники валиков, что позволяет увеличить срок службы на 40%	 Червячный редуктор с передаточным отношением 52:1, червячная шестерня с углом наклона 25° и эксклюзивными входными/ выходными сальниками	 Цифровая с ДУ  Механико-цифровая  Механическая  Простая	 POLY-SPAN™  С гальванической парой  Оцинкованные	 V3™ (трёхколёсный привод)  Полный привод Spider™  Полный привод Spider™ на гусеничном ходу

Таблица 3.2

Основные системы и конструкции дождевальных машин «RKD»

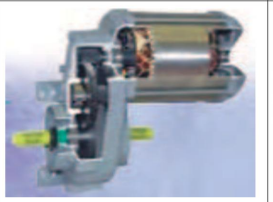
Марка ДМ, фирма, страна-производитель	Конструкция ферменного каркаса	Система привода тележек		Система панелей управления тележками	Водопроводящий трубопровод (варианты исполнения)	Системы повышения проходимости
		главный мотор-редуктор	червячный редуктор			
SYSTEMS OF IRRIGATION «RKD» Polígono La Mora - Pº de la Acacia, 13 47193 La Cistérniga (Valladolid) – Spain. Tel. (+34) 983-401-896. Fax. (+34) 983-401-897	 Эксклюзивное соединение пролётов тележек.  Трёхпоясная ферменная конструкция треугольного сечения, верхний пояс – водопроводящий трубопровод	 Центральный привод производства американской фирмы «UMC»	 Червячный редуктор производства американской фирмы «UMC»	 Программируемая цифровая  Цифровая  Механическая	 Оцинкованные	Возможность комплектации тележек шинами различного размера

Таблица 3.3

Основные системы и конструкции дождевальных машин «Zimmatic»

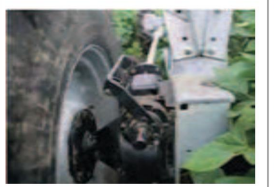
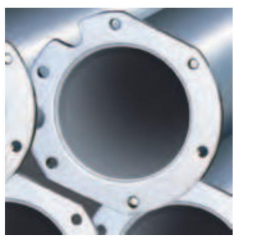
Марка ДМ, фирма, страна-производитель	Конструкция ферменного каркаса	Система привода тележек		Система панелей управления тележками	Водопроводящий трубопровод (варианты исполнения)	Системы повышения проходимости
		главный мотор-редуктор	червячный редуктор			
«Zimmatic», Lindsay Manufacturing Co. 2707 North 108th Street, Suite 102 Omaha,USA	 Трёхпоясная ферменная конструкция треугольного сечения, верхний пояс – водопроводящий трубопровод. Возможность изменения клиренса машины от 1,7 м до 5,8 м.  Имеются насадки с изменяемой структурой дождя	 Центральный привод  Привод промежуточной тележки	 Червячный редуктор  Исследуется возможность применения гипоидной передачи взамен червячной	 Простая- Field Vision Field Boss  Цифровая Field Boss  Механическая Field Basic	 Типа POLY-SPAN™  Оцинкованные  Алюминиевые, типа POLY-SPAN™	 Система Z-TRAX  Система Corner 4X4  Система Three-wheel tower structure

Таблица 3.4

Основные системы и конструкции дождевальных машин «Reinke»

Марка ДМ, фирма, страна-производитель	Конструкция ферменного каркаса	Система привода тележек		Система панелей управления тележками	Водопроводящий трубопровод (варианты исполнения)	Системы повышения проходимости
		главный мотор-редуктор	червячный редуктор			
Reinke Manufacturing Company, Inc	 Трёхпоясная ферменная конструкция треугольного сечения, верхний пояс – водопроводящий трубопровод.  Имеются насадки и дождевальные аппараты среднего давления и регуляторы давления	 Центральный привод производства американской фирмы «UMC»	 Червячный редуктор производства американской фирмы «UMC»	 Control-Механическая  Advanced Control Механико-цифровая  Preferred Control цифровая	 Оцинкованные, эмалированные, алюминиевые, типа POLY-SPAN™	Возможность комплектации тележек шинами различного размера

Таблица 3.5

Основные системы и конструкции дождевальных машин «Urapivot»

Марка ДМ, фирма, страна-производитель	Конструкция ферменного каркаса	Система привода тележек		Система панелей управления тележками	Водопроводящий трубопровод (варианты исполнения)	Системы повышения проходимости
		главный мотор-редуктор	червячный редуктор			
«Urapivot» – GRUPO CHAMARTIN SA Адрес: Calle Henares 9 - 28891 Velilla de San Antonio (Madrid – España). Tel. 913-69-07-51	 Трёхпоясная ферменная конструкция треугольного сечения, верхний пояс – водопроводящий трубопровод.  Имеются насадки Spray, Rotator, Spinner	 Центральный привод производства американской фирмы «UMC»	 Червячный редуктор производства американской фирмы «UMC»	 Ручная панель управления с возможностью телемеханизации	 Алюминиевый, нержавеющая сталь	Возможность комплектации тележек шинами различного размера

Таблица 3.6

Основные системы и конструкции дождевальных машин «OTECH»

Марка ДМ, фирма, страна-производитель	Конструкция ферменного каркаса	Система привода тележек		Система панелей управления тележками	Водопроводящий трубопровод (варианты исполнения)	Системы повышения проходимости
		главный мотор-редуктор	червячный редуктор			
OTECH S.A.S. Z.I. de la sablière 64270 Puyoô (France), Tel. +33 5 59 65 12 19 Fax. +33 5 59 65 20 05	 Трёхпоясная ферменная конструкция треугольного сечения, верхний пояс – водопроводящий трубопровод.  Используются дождевальные насадки и аппараты фирмы «Nelson»	 Центральный привод производства американской фирмы «UMC»	 Червячный редуктор производства американской фирмы «UMC»	  Используются простые интуитивные механические системы управления тележками	Оцинкованные, алюминиевые, нержавеющая сталь	Возможность комплектации тележек шинами различного размера

Таблица 3.7

Основные системы и конструкции дождевальных машин «T-L»

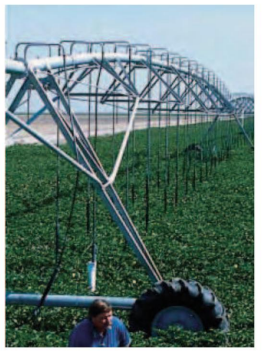
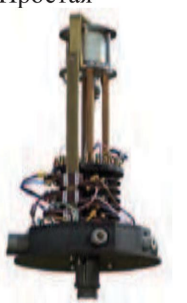
Марка ДМ, фирма, страна-производитель	Конструкция ферменного каркаса	Система привода тележек	Система панелей управления тележками	Водопроводящий трубопровод (варианты исполнения)	Системы повышения проходимости
T-L Irrigation Company 151 E. HWY 6 & AB Road P.O. Box 1047 Hastings, NE 68902-1047. Phone: (800) 330-4264. Fax: (800) 330-4268	 Трёхпоясная ферменная конструкция треугольного сечения, верхний пояс – водопроводящий трубопровод. Возможность изменения клиренса машины от 1,7 до 5,8 м. Имеются насадки с изменяемой структурой дождя, гидравлическая система стабилизации курса машины	 Гидравлическая система привода тележек, рабочая жидкость – гидравлическое масло.  Типы масляных насосов с различными видами приводов	 С ручным управлением Manual Speed and Direction Control  Цифровая T-L Point Control  Цифровая – программируемая с ДУ T-L Precision Point Control II	 Оцинкованный, алюминиевый, нержавеющая сталь	Возможность комплектации тележек шинами различного размера

Таблица 3.8

Основные системы и конструкции дождевальных машин «Bauer»

Марка ДМ, фирма, страна-производитель	Конструкция ферменного каркаса	Система привода тележек		Система панелей управления тележками	Водопроводяший трубопровод (варианты исполнения)	Системы повышения проходимости
		главный мотор-редуктор	червячный редуктор			
BAUER GmbH Röhren- und Pumpenwerk BAUER Kowaldstraße 2 A-8570 Voitsberg/ Austria	 Трёхпоясная ферменная конструкция треугольного сечения, верхний пояс – водопроводящий трубопровод.  Имеются распылители, разбрызгиватели, ротаторы, дождевальные аппараты	 Двигатель с высоким крутящим моментом и защитой от перегрузок, высокой степенью гидроизоляции. Цилиндрическая зубчатая передача с высоким КПД. Уплотнение вала со специальным грязеотталкивающим покрытием. Конструктивное исполнение: 50:1 0,54кВт/40:1 0,54кВт/30:1 1,1кВт	 Червячная передача для высоких крутящих моментов с передаточным числом 50:1. Массивный конический роликовый подшипник. Встроенная расширительная камера. Уплотнение вала со специальным грязеотталкивающим покрытием	 Цифровая с ДУ  Механико-цифровая  Простая 	 Оцинкованные  Соединение пролётов шарового типа. Фирма «BAUER» – единственный производитель, предлагающий рычаг управления, смонтированный над центром поворота гибкого шарнира	Возможность комплектации тележек шинами различного размера

3.1.2. Технологии орошения электрифицированными широкозахватными дождевальными машинами

Фронтальные электрифицированные дождевальные машины (ЭДМ)

Фронтальные ЭДМ орошают поля прямоугольной и квадратной формы. Представляют собой движущийся фронтально водопроводящий трубопровод со шпренгельными фермами, на котором установлены дождеобразующие устройства (дождевальные аппараты и (или) дождевальные насадки). Водопроводящий трубопровод размещен на самоходных опорах, которые помещены на тележки с пневмоколёсами с приводом от электродвигателя. Фронтальные ЭДМ имеют наибольший коэффициент земельного использования – до 0,98 [3.4; 3.6; 3.7].

По принципу питания делятся на машины с питанием из канала и с питанием от гидрантов закрытой оросительной сети (рис. 3.1).

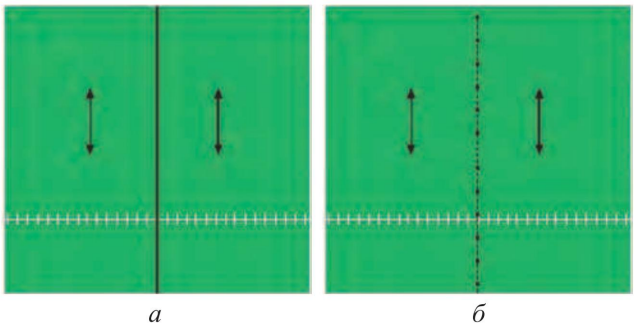


а *б*

Рис. 3.1. Варианты питания ЭДМ:
а – забор воды из канала; б – питание от гидрантов закрытой сети

Фронтальные ЭДМ позволяют выбирать тип направляющей – наземный кабель, подземный кабель или по борозде. Выпускаются фронтальные системы с основными опорами-тележками на двух и четырех колесах.

Классическая схема движения фронтальных электрифицированных дождевальных машин представлена на рис. 3.2.



а *б*

Рис. 3.2. Схема движения ЭДМ:
а – с забором воды из канала; б – с питанием от гидрантов закрытой оросительной сети

На современном этапе развития оросительной техники применение этих машин расширилось и появилась возможность использовать следующие схемы перемещения:

- фронтально-поворотная: машина, закончив полив, перемещается на другую часть поля, зеркальную относительно оси гидрантов ЭДМ, и продолжает полив второй части поля (рис. 3.3);



а *б*

Рис. 3.3. а – фронтально-поворотная схема движения ЭДМ; б – 4-колесная поворотная опора-тележка для фронтально-поворотной схемы движения ЭДМ

- ипподромная: фронтальная ЭДМ на последних гидрантах начинает работать как круговая, орошая площадь, похожую по конфигурации на ипподром;
- фронтально-перемещаемая: данная схема используется в случае близкого расположения двух участков орошения, что позволяет ЭДМ переезжать на другой участок орошения (рис. 3.4).

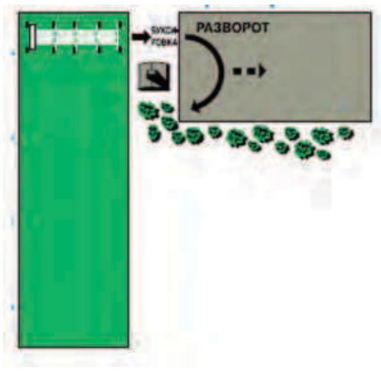


Рис. 3.4. Фронтально-перемещаемая схема движения ЭДМ: L – образная фронтальная схема движения ЭДМ, когда, завершив полив первой части орошаемого участка, машина производит разворот на 90° и продолжает полив второй части участка (рис. 3.5)

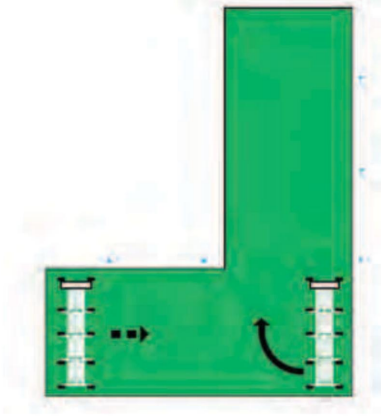


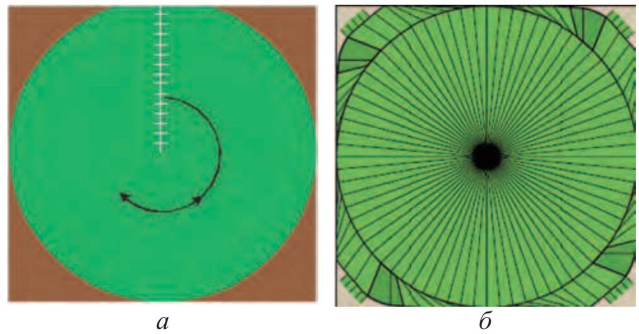
Рис. 3.5. L-образная фронтальная схема движения ЭДМ

Электрифицированные дождевальные машины с поливом по кругу

ЭДМ с поливом в движении по кругу представляет собой движущийся по кругу водопроводящий трубопровод со шпренгельными фермами, на котором установлены дождеобразующие устройства (дождевальные аппараты и (или) дождевальные насадки). Водопроводящий трубопровод находится на самоходных опорах, которые помещены на тележки с пневмоколёсами и приводом от электродвигателя. Консольная часть трубопровода снабжена вантовой подвеской. Водопроводящий трубопровод соединён с поворотным коленом неподвижной опоры, которая является центром вращения машины. Вода от закрытой оросительной сети к машине подводится через стояк неподвижной опоры [3.7].

Электроэнергия машине подаётся трансформаторной подстанцией (дизель-генераторном) через коллекторное кольцо, установленное на поворотном колене присоединения машины к неподвижной опоре.

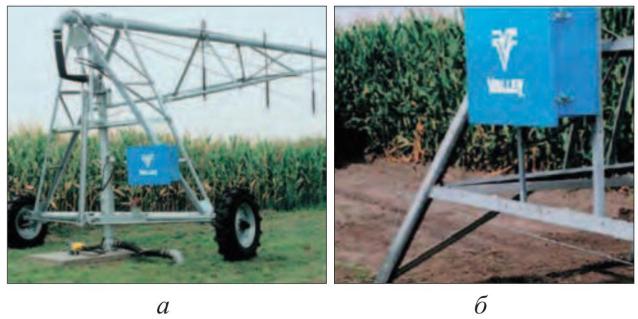
Электропривод машины обеспечивает реверсирование направления движения машины во время работы, а также перемещение без полива при холостых проходах. Коэффициент земельного использования (КЗИ) у ЭДМ с поливом в движении по кругу ниже, чем у фронтальных. С целью устранения данного недостатка ЭДМ с поливом в движении по кругу оборудуются специальным угловым плечом, что позволяет орошать большую площадь, а использование углового плеча – максимально приспособить ЭДМ к форме конкретного заданного поля любой конфигурации (рис. 3.6).



а *б*

Рис. 3.6. Схема движения ЭДМ: а – классическая с поливом в движении по кругу; б – с использованием углового плеча на классической схеме движения

Центральные опоры у ЭДМ с поливом в движении по кругу выполняются в трех вариантах на двух, четырехколесной тележке и на полозьях (рис. 3.7).



а *б*



в

Рис. 3.7. Центральные опоры ЭДМ с поливом в движении по кругу: а – двухколесная буксируемая тележка; б – тележка на полозьях; в – четырехколесная буксируемая тележка

ЭДМ с поливом в движении по кругу делятся на:

• центрально-стационарные – центральная опора ЭДМ жестко закреплена в центре орошаемого участка и весь сезон орошает только одно поле (см. рис. 3.6);

• мультицентральные (или буксируемые) – центральная опора снабжена пневмоколёсами или полозьями (см. рис. 3.7, 3.8) для буксирования на другой участок орошения.

Данная схема предназначена для прямолинейной буксировки. Её особенность заключается в том, что центральная опора при перемещении с участка на участок не требует бетонной подготовки, достаточно лишь земляных анкеров в отличии от двухколесной, требующей бетонное основание для центральной опоры.

ЭДМ с поливом в движении по кругу с двухколесной центральной буксируемой тележкой идеально подходит для секторного полива или буксировки в нескольких направлениях (рис. 3.9).

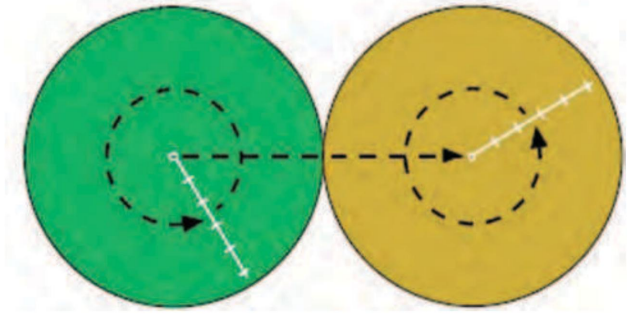
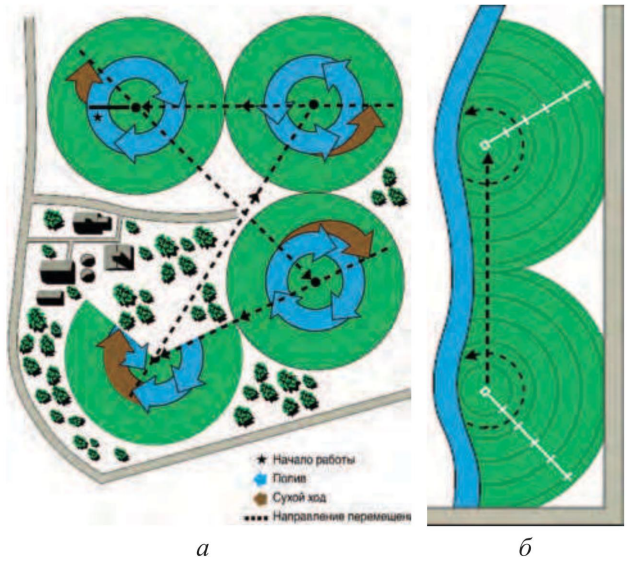


Рис. 3.8. Схема буксировки ЭДМ с поливом в движении по кругу с четырехколесной тележкой



а *б*

Рис. 3.9. Схема буксировки ЭДМ: а – с поливом в движении по кругу с двухколесной тележкой; б – при секторном поливе

3.2. Технологии и конструкции многоопорных широкозахватных электрифицированных дождевальных машин российского производства

3.2.1. Конструкции и технологии полива фронтальными многоопорными машинами

Дождевальная однокрылая машина с водозабором из закрытой сети «Ладога»

Предназначена для полива кормовых, зерновых, овощных, технических культур, в том числе высокостебельных, на участках со спокойным рельефом площадью до 80 га с любыми почвами. Проводит различные виды поливов: противозаморозковые, противосуховейные, увлажнительные и удобрительно-мелиоративные [3.9].

Может использоваться взамен выходящих из строя, отработавших свой срок службы дождевальных машин ДФ-120 «Днепр» без проведения работ по реконструкции существующей оросительной сети, а также на вновь вводимых площадях орошения.

Имеет водопроводящий пояс из стальных тонкостенных оцинкованных труб, наборов уголков и стяжек, образующих фермы, опирающиеся на самоходные тележки, и консольного трубопровода с тросовой подвеской. На водопроводящем трубопроводе размещаются короткоструйные низконапорные дождеватели, обеспечивающие равномерный слой осадков по площади орошения (рис. 3.10)



Рис. 3.10. Общий вид дождевальной машины «Ладога»

Полив участка осуществляется при фронтальном движении дождевальной машины с торцевой подачей воды от гидрантов низконапорной оросительной сети по гибкому шлангу. Колеса опорных тележек, оборудованные облегченными пневмошинами с грунтозацепами, приводятся в движении электродвигателями через самотормозящие червячные редукторы. Включение и отключение электродвигателей тележек, а также их движение «в линию» и «по курсу» обеспечивается автоматической системой управления электроприводом. Запуск в работу, остановка, реверс, а также изменение скорости движения машины и, следовательно, нормы полива осуществляются со щита управления (рис. 3.11-3.13).

В качестве энергетической установки применен автоматизированный дизель-генератор, расположенный, как и щит управления, на главной тележке. Машина оборудована системой аварийной защиты при отключении электропитания и снижении давления оросительной воды, а также автоматической системой остановки в местах переключения шланга подачи воды от гидрантов.

Машина выпускается с полной автоматизацией процесса полива, стабилизацией ее движения и использованием стандартного направляющего троса, натягиваемого вдоль оросительного трубопровода. К преимуществам машины относятся экономия водных и энергетических ресурсов при малых затратах труда, высокое качество дождя с каплями размером 1 мм, минимальные потери площади, используемой под сельскохозяйственные культуры, простота в управлении и обслуживании.

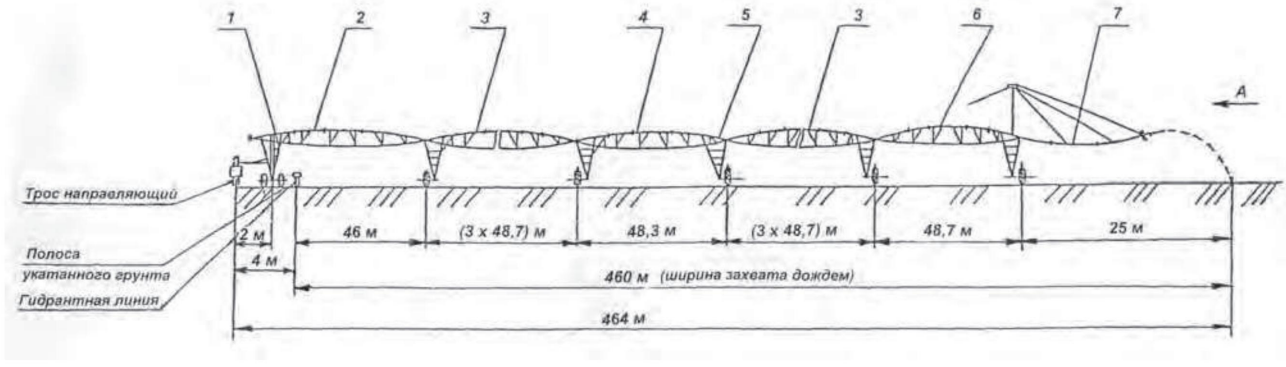


Рис. 3.11. Схема общего вида расположения основных элементов дождевальной машины «Ладога»: 1 – главная тележка; 2 – головная ферма; 3, 4 – фермы; 5 – опорная тележка; 6 – предконсольная ферма; 7 – консоль

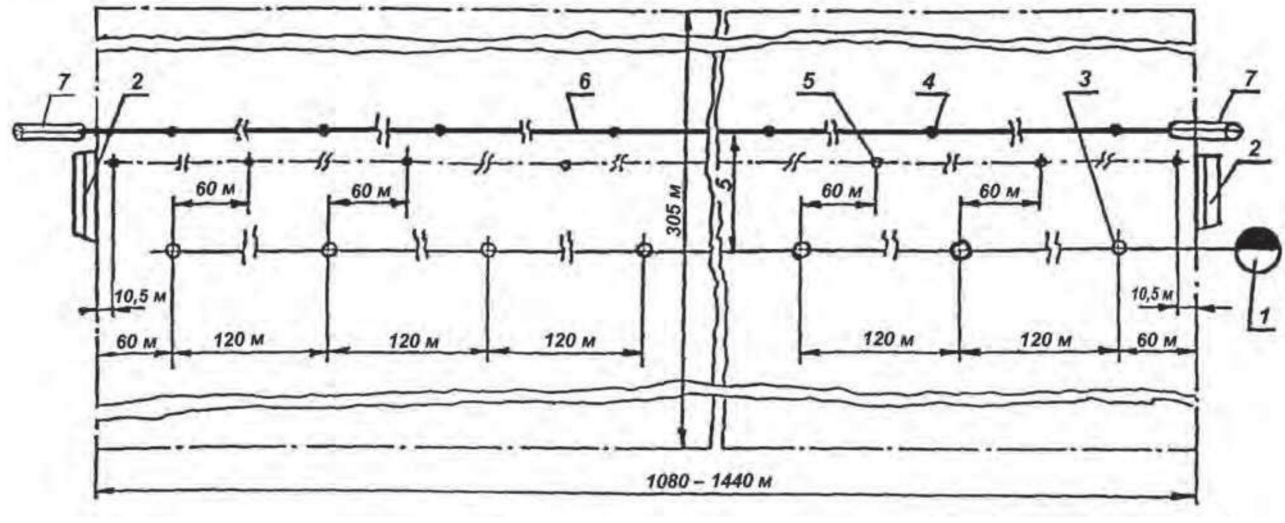


Рис. 3.12. Схема оросительной сети и оборудования для управления дождевальной машиной «Ладога»: 1 – насосная станция; 2 – упор «конца поля»; 3 – гидрант оросительной сети; 4 – стойка поддержки троса; 5 – упор для автоматической остановки; 6 – направляющий трос; 7 – тумба

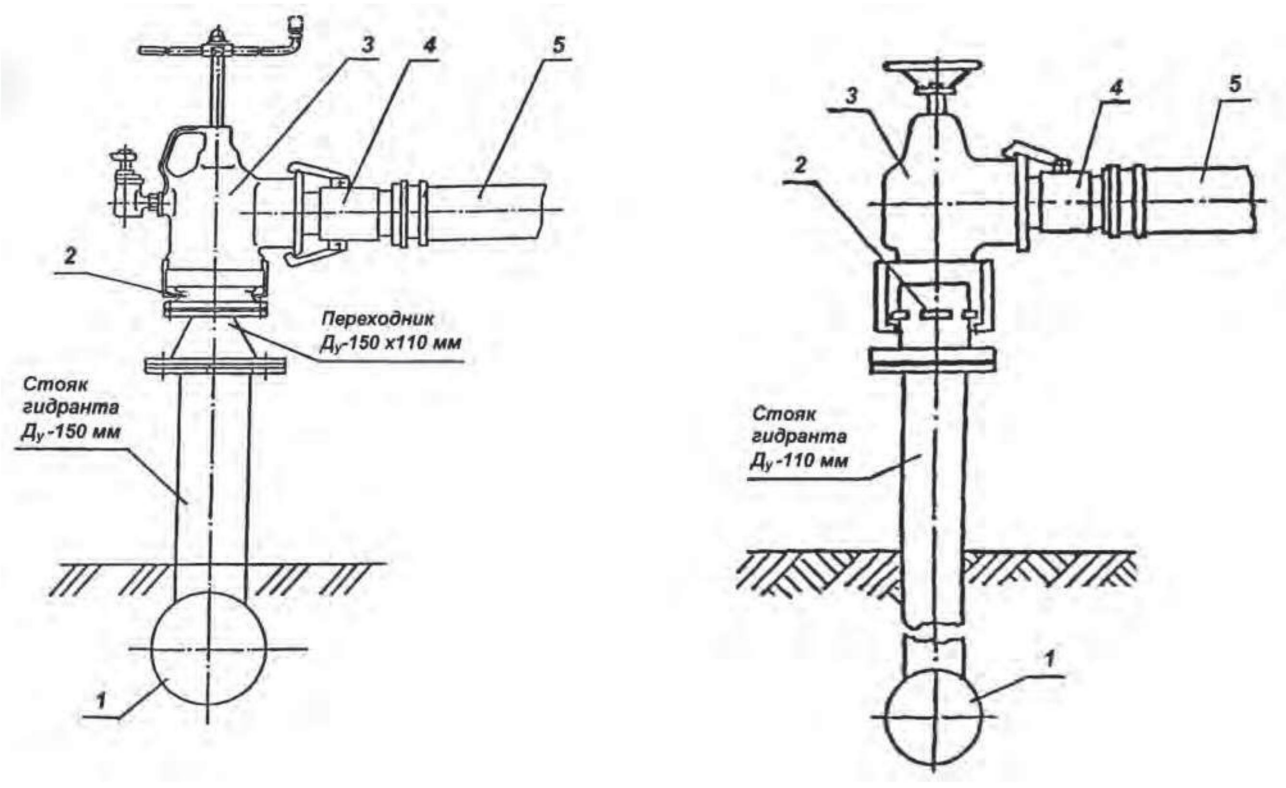


Рис. 3.13. Узлы подключения шланга к оросительной сети различного диаметра: 1 – трубопроводная оросительная сеть; 2 – запорное устройство; 3 – гидрант-колонка; 4 – наконечник для подсоединения к колонке; 5 – шланг

Техническая характеристика МДЭШ «Ладога»

Модификация	МДЭШ-460-60
Число тележек	10
Расход воды, л/с	60
Рабочее давление на входе в шланг из гидранта оросительной сети, МПа	0,42
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,65
Скорость движения, м/мин	0,7-1,8
Поливная норма за проход, м^3/га	44-800
Производительность при поливной норме 600 м^3/га, га/ч	0,36
Площадь орошения за поливной сезон, га	60-80
Рабочая длина гона, м	1300-1750
Ширина захвата дождем, м	460
Допустимый уклон поля:	
по ходу движения	±0,03
вдоль трубопровода машины	±0,01
Клиренс по нижнему поясу ферм, м	2,7
Длина машины, м	461,3
Диаметр водопроводящего пояса машины, мм:	
трубопровода ферм	168
трубопровода консоли	102
Мощность дизель-генераторной установки, кВт	16
Расход топлива при поливной норме 600 м^3/га, кг/ч	5,4
Водозабор по шлангу:	
тип шланга	рукав плоскосворачиваемый ∅135 мм
длина, м	65
число	2
Масса машины, кг	20100

Оросительная система с дождевальными машинами «Ладога» показана на рис. 3.14. Расположение элементов оросительной системы в плане определяется габаритными размерами машины, шириной захвата дождя, сезонной нагрузкой, конфигурацией орошаемой площади, рельефом местности, наличием линий электропередач и связи, лесополос, дорог и технико-экономическими показателями [3.12].

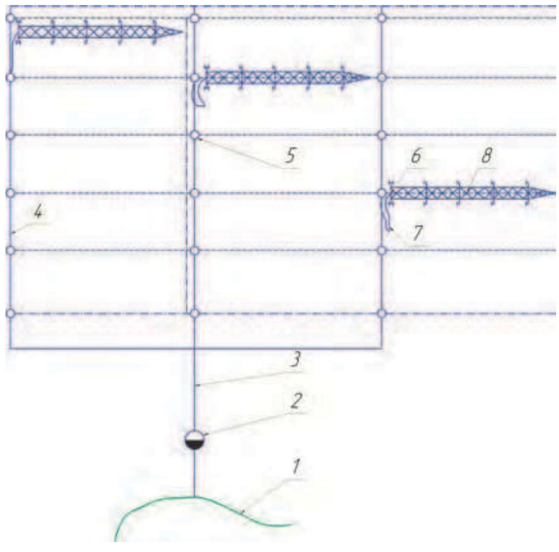


Рис. 3.14. Схема оросительной системы с дождевальной шланговой машиной «Ладога»: 1 – водоисточник; 2 – насосная станция; 3 – магистральный трубопровод; 4 – распределительный трубопровод; 5 – гидрант; 6 – энергетическая тележка; 7 – шланг подключения к гидранту; 8 – дождевальная машина

Дождевальная двухкрылая машина с водозабором из открытого канала «Кубань-Л»

Электрическая дождевальная машина «Кубань» фронтального действия (ЭДМФ) с забором воды из открытого канала (рис. 3.15) предназначена для полива дождеванием зерновых, овощебахчевых, технических культур, многолетних трав, лугов и пастбищ, а также других культур, включая высокостебельные (высота стебля не более 2,5 м). Оборудована электрической системой автоматического управления и защиты.

Дождевальная машина «Кубань-Л» представляет собой движущийся фронтально водопроводящий трубопровод, состоящий из двух дождевальных крыльев, опирающихся на 16 опорных тележек, и силового агрегата, установленного на раме и подвешенного к центральной балке и центральным опорным тележкам (рис. 3.16, табл. 3.10).





Рис. 3.15. Общий вид машины «Кубань-Л»

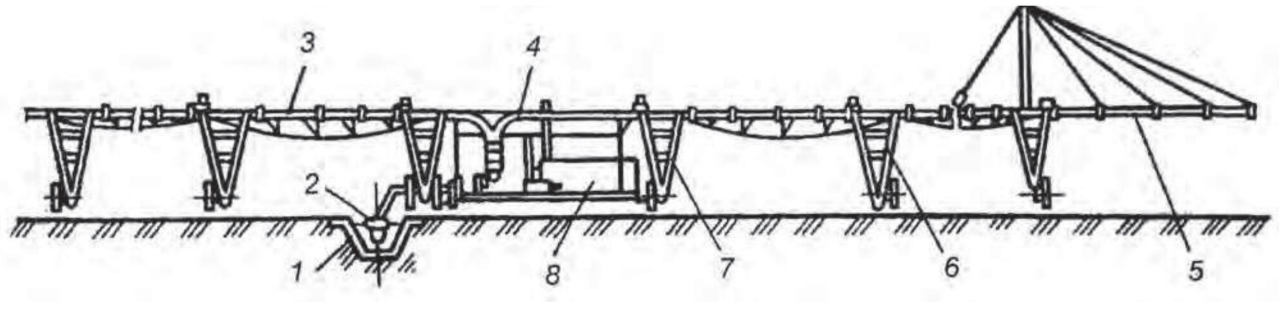


Рис. 3.16. Схема многоопорной самоходной машины типа «Кубань-Л»: 1 – канал; 2– плавающий водозаборный клапан; 3, 4, 5 – соответственно промежуточная, центральная и консольная фермы; 6, 7 – промежуточная и центральная тележки; 8 – насосно-энергетическая установка (двигатель-насос-генератор)

Силовой агрегат осуществляет забор воды из открытой оросительной сети. Дизельная установка подает воду в трубопровод для распыления через короткоструйные низконапорные дождеватели секторного действия.

Техническая характеристика ЭДМФ «Кубань-Л»

Тип машины	электрическая, колесная, многоопорная, самодвижущаяся, фронтального перемещения, реверсивная с расположением силового агрегата рядом с каналом или над ним
Привод передвижения машины	электрический, каждая опора (тележка) оснащена электроприводом
Способ дождевания	в движении вдоль открытого канала
Защита трубопровода от недопустимых изгибов в горизонтальной плоскости	автоматическая
Тип защиты	электрическая
Стабилизация движения машины относительно оси канала	автоматическая
Тип системы стабилизации	электрическая
Остановка машины в заранее заданном механиком-оператором месте	автоматическая
Тип дождевальных насадок	короткоструйные, низконапорные, секторного действия
Число:	
дождевальных насадок	294
опорных тележек	16
Расход воды при номинальном напоре на входе в машину и нулевом общем уклоне, л/с	165-170
Номинальный напор на входе в машину, МПа	0,34-0,31
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	до 1,2
Средняя скорость перемещения машины, м/мин:	
минимальная	0,19
максимальная	2
Максимальная норма полива за один проход, $м^3$/га	600
Расстояние от поверхности земли до фермы трубопровода при нулевых местных уклонах, м	2,7
Расстояние между опорами, м	52,5
Дорожный просвет (под силовым агрегатом), м	0,62
Габаритные размеры, м	790,7x1,2x7,2
Масса, т:	
машины без воды	50,5
с водой	65
агрегатной тележки, т	10,4

Оросительная сеть для дождевальной машины «Кубань-Л» состоит из распределительных каналов и каналов-оросителей. Расположение элементов оросительной сети в плане определяют габаритными размерами машины, шириной захвата дождя, сезонной нагрузкой, конфигурацией орошаемой площади, рельефом местности, наличием линий электропередач и связи, лесополос, дорог и технико-экономическими показателями (рис. 3.17) [3.12; 3.23].

Распределительные каналы выполняют в лотках, земляном русле и бетонированной облицовке. Их поперечные сечения принимают в зависимости от требуемого расхода воды, уклона дна канала, вида его облицовки и почвенно-мелиоративных условий [3.22].

Канал-ороситель, из которого дождевальная машина «Кубань» забирает воду для полива сельскохозяйственных культур, выполняют открытым, в монолитной бетонированной облицовке. Применение сборной облицовки допускается на оросителях, строительство которых осуществляется в зимний период. Параметры поперечного сечения, исходя из требуемого расхода воды, обе-

спечения гарантированного водозабора и наличия строительных механизмов, принимают следующими: ширина канала по дну 0,6 м, строительная глубина 1,1 м, заложение откосов 1,5. Если канал-ороситель выполнен в сборной облицовке с использованием плит НПК-60-15, то заложение откосов должно быть 1 или 1,25. Заложение откосов канала-оросителя влияет на принимаемый тип облицовки его элементов (табл. 3.9).

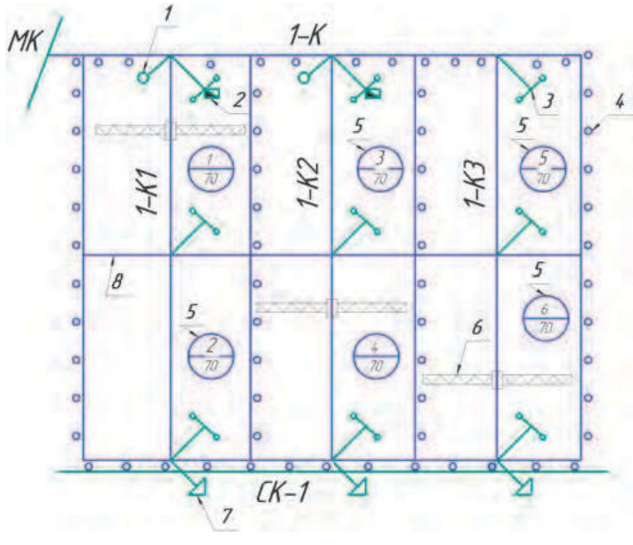


Рис. 3.17. Оросительная сеть на шестипольном севооборотном участке при поливе ЭДМФ «Кубань-Л»: 1 – водовыпуск; 2 – вододелитель; 3 – трубчатый переезд; 4 – лесополосы; 1-6 – № поля и площадь брутто, га; 6 – ЭДМФ «Кубань-Л»; 7 – концевой сброс; 8 – дорога; МК – магистральный канал; 1-К – севооборотный канал; 1-К1-1-К3 – участковые каналы; СК-1 – сбросный канал

Ширина канала-оросителя по дну может быть увеличена до 1 м при минимальной глубине воды в нем не менее 0,7 м. Оптимальная глубина оросительной воды в канале для обеспечения нормальных условий водозабора дождевальной машины равна 0,75 м. Для поддержания требуемой глубины воды в канале применяют подобные сооружения – стационарные или передвижные перемычки. Места их установки определяют уклонами дна канала-оросителя. При уклонах дна канала до 0,0001 глубина воды обеспечивает гарантированный водозабор без подпора, т. е. дождевальная машина может работать без перемычки. При уклонах дна более 0,0001 для обеспечения надежной работы водозабора дождевальной машины необходимо повысить нормальный горизонт воды в канале за счет подпора, создаваемого временными подпорными сооружениями. Уклон дна канала с подпорными сооружениями не должен превышать 0,003. Для сокращения числа подпорных сооружений (перемычек) при уклоне дна оросителя свыше 0,0001 глубина воды в канале-оросителе сразу же за стационарной перемычкой может быть снижена до 0,7 м. Оросители с уклонами дна 0,003-0,01 выполняют для дождевальной машины, оборудованной передвижной перемычкой. Конструкция подпорного сооружения (стационарной перемычки) должна обеспечивать автоматический пропуск расчетного расхода, а также опорожнение канала для ремонта и на зимнее время.

В качестве стационарной перемычки (см. табл. 3.10) рекомендуется конструкция, схема которой приведена на рис. 3.18. Она состоит из индустриально изготавливаемых блока-перемычки и двух упорных блоков.

Таблица 3.9

Основные характеристики канала-оросителя

Тип облицовки (бетон)	Ширина по дну, м	Строительная глубина, м	Минимальная глубина воды, м	Заложение откоса	Ширина по верху, м	Элементы канала, заделываемые бетоном
Монолитный	0,6	1,1	0,7	1,5	3,90	Дно, откосы, заплечики
Сборно-монолитный	0,6	1,1	0,7	1,25	3,35	Дно, верх откосов, заплечики
То же	0,6	1,1	0,7	1,6	2,90	Дно, заплечики

Таблица 3.10

Размеры стационарной перемычки

Заложение откоса канала	Ширина, м		Глубина, м				Фронт водосли-ва средний, м
	вверху $B_{стр}$	внизу $B_в$	строительная $h_{стр}$	в верхнем бьефе $h_{в.б.}$	в нижнем бьефе $h_{н.б.}$	на водосливе $h_в$	
1,5	3,9	0,6	1,1	1	0,7	0,09	3,45
1,25	3,35	0,6	1,1	1	0,7	0,1	2,97
1	2,70	0,6	1,05	1	0,7	0,11	2,50

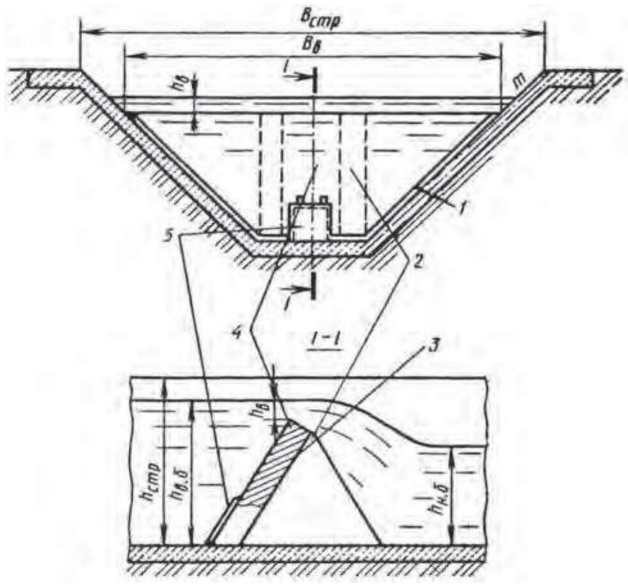


Рис. 3.18. Схема стационарной перемычки на каналах-оросителях для ЭДМФ «Кубань-Л» на уклонах до 0,003: 1 – цементный раствор; 2 – упорный блок; 3 – закладные детали (сварка); 4 – блок-перемычка; 5 – затвор (заслонка) для очистки канала

Для трех типоразмеров каналов-оросителей с заложением откосов 1,5; 1,25; 1 даны три типоразмера блока-перемычки, каждая из которых рассчитана на пропуск воды через водослив перемычки 165-175 л/с (табл. 3.11).

Таблица 3.11

Типоразмеры блока-перемычки

Заложение откосов канала-оросителя	1,5	1,25	1
Ширина вверху, мм	3300	2850	2400
Высота, мм	1040	1040	1040
Толщина, мм	150	150	150

Для спуска воды из канала и промывки его от наносов блок-перемычка имеет отверстие размером 200х200 мм, которое оборудуют затвором марки ЗК-289. Контур примыкания блока-перемычки к облицовке канала заделывают цементно-песчаным раствором или другим уплотняющим материалом.

Бровка канала (сухой запас) должна выступать над максимальным горизонтом воды в канале с учетом подпора на 0,1 м. За расчетный горизонт принимают глубину воды в головной части канала или сразу за перемычкой (0,7 м).

Расстояние между стационарными перемычками определяют по формуле

$$L_{сп} = (h_о - h_в - h_{сп} - h_{зап})/i, \quad (3.1)$$

где $h_о$ – строительная глубина канала-оросителя, 1,1 м;

$h_в$ – минимально допустимая глубина воды в канале (за перемычкой или в головной части канала), 0,7 м;

$h_{сп}$ – глубина воды над стационарной перемычкой при аварийном сбросе, 0,1 м;

$h_{зап}$ – превышение бровки канала над максимальным горизонтом воды при аварийном сбросе, 0,1 м;

i – уклон дна канала-оросителя.

Расстояние между стационарными перемычками в основном зависит от уклона дна канала-оросителя, так как глубина канала, представленная в числителе формулы, постоянное число.

Допускается изменение уклонов дна канала-оросителя на участках по его длине с сохранением постоянной строительной глубины. Устройство перепадов и быстротоков на каналах-оросителях не разрешается.

Элементы оросительной сети и сооружения на ней не должны нарушать естественного оттока поверхностных вод с орошаемой и смежной с ней территории. При неудовлетворительном естественном оттоке и наличии замкнутых понижений необходимо предусматривать мероприятия по организации искусственного отвода поверхностных вод.

В конце канала-оросителя делают сбросное сооружение с переездом.

3.2.2. Многоопорные широкозахватные дождевальные машины кругового действия с гидро- и электроприводом

Широкозахватные дождевальные машины кругового действия нашли широкое применение для орошения сельскохозяйственных культур, включая высокостебельные на уклонах до 0,07. В России выпускаются два типа машин: гидравлическая многоопорная дождевальная машина (ДМ) «Фрегат» (13 модификаций) и электрическая МДЭК «Кубань-ЛК1» (7 модификаций). По техническому уровню они уступают зарубежным как по качеству создаваемого дождя, так и энергопотреблению [3.20].

Были проведены исследования и государственные приемочные испытания опытных образцов с рекомендациями по модернизации эксплуатируемых дождевальных машин «Фрегат» и «Кубань-ЛК1» [3.10; 3.17; 3.19; 3.24].

Гидравлическая модернизированная дождевальная машина «Фрегат»

Машина кругового действия с гидроприводом «Фрегат», состоит из неподвижной опоры, многоопорного водопроводящего пояса с дождевальными насадками или аппаратами, имеет системы синхронизации и защиты от поломки (рис. 3.19) [3.13].

Чтобы достичь зарубежного уровня, проведен ряд усовершенствований, в том числе модернизация дождевого пояса ДМ «Фрегат», на котором вместо среднеструйных дождевальных аппаратов установлен по оптимизированной схеме комплект экологически безопасных водоэнергосберегающих дождеобразующих устройств на основе разработанных и изготовленных низконапорных насадок секторного действия (рис. 3.20).

Схема комплектации водопроводящего трубопровода ДМ «Фрегат» дождеобразующими устройствами выбирается с учетом того, чтобы максимальная интенсивность дождя на поливе не превышала 1,2 мм/мин, а параметры дождевальных насадок, в зависимости от водопроницаемости почв, рассчитываются и устанавливаются по всей длине трубопровода машины с шагом расстановки 2,44 м. На серийно выпускаемых ДМ «Фрегат» дождевальные аппараты устанавливаются в зависимости от типа пролета через 7,32-9,76 м.

Размещение основных частей дождевальной машины «Фрегат» представлено далее (см. рис. 3.19).

Снижение энергопотребления рабочего давления на входе машины достигается за счет установки перед каждой дождевальной насадкой на первых шести пролетах (в зависимости от модификации) машины дросселирующих элементов (дюз), имеющих лимитированные по диаметру входные отверстия.

На дождевом поясе машины вместо среднеструйных дождевальных аппаратов установлены по оптимизированной схеме комплект экологически безопасных водоэнергосберегающих дождеобразующих устройств на основе разработанных низконапорных насадок секторного действия.

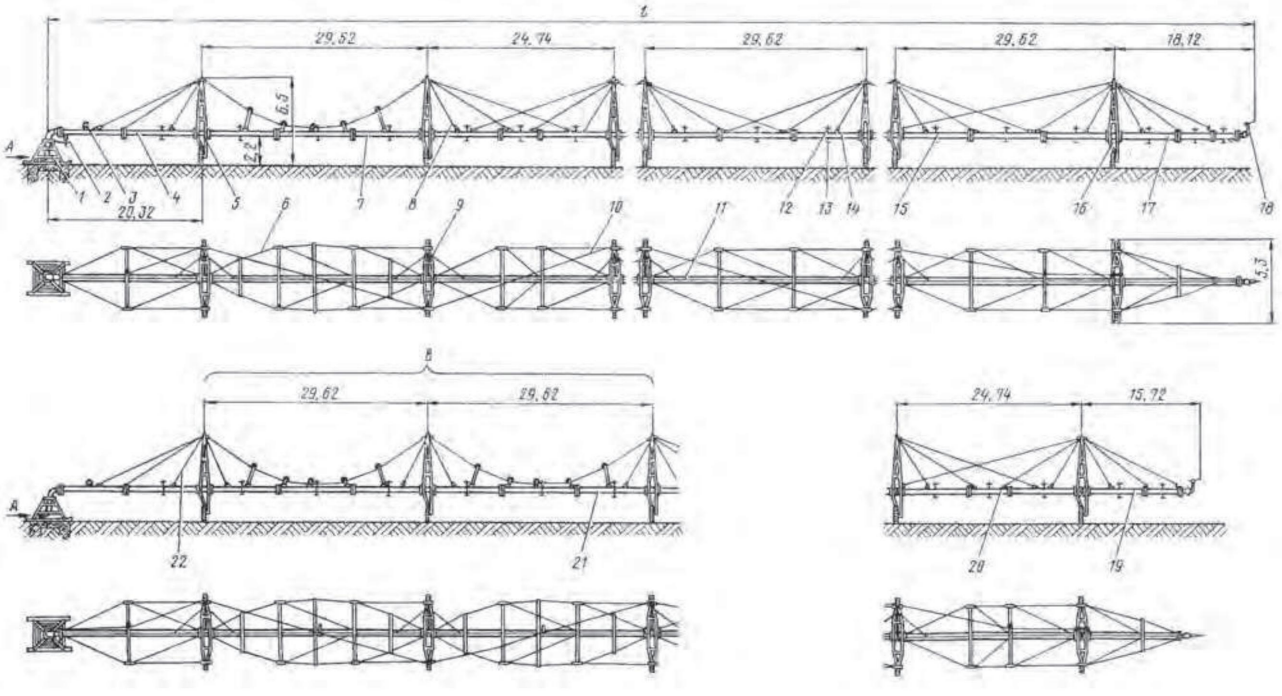
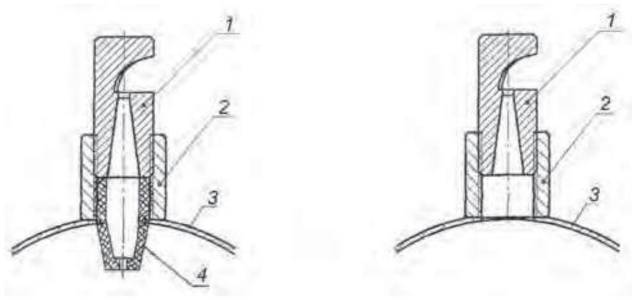


Рис. 3.19. Размещение основных частей машины ДМ «Фрегат»:
*1 – неподвижная опора; 2 – стоп-устройство; 3 – манометр; 4 – водопроводящий трубопровод; 5 – тележка; 6 – система горизонтальных тросовых растяжек трубопровода; 7 – гибкий пролет; 8 – жесткий короткий пролет; 9 – система автоматического регулирования скорости движения тележек; 10 – система механической защиты; 11 – система электрической (или гидравлической) защиты; 12 – дождевальные аппараты; 13 – сливные клапаны; 14 – жесткий длинный пролет; 15 – жесткий длинный последний пролет; 16 – кран-задатчик скорости; 17 – длинная консоль; 18 – концевой дождевальный аппарат; 19 – консоль короткая; 20 – жесткий короткий последний пролет; 21 – усиленный гибкий пролет; 22 – система вертикальной тросовой подвески трубопровода. А – вход воды в машину; **l** – длина машины (размеры указаны в метрах)*



а *б*

Рис. 3.20. Дождеобразующие устройства для ДМ «Фрегат»: а – с дросселирующим элементом (дюзой); б – без дросселирующего элемента; 1 – короткоструйная секторная насадка; 2 – муфта 1/2"; 3 – трубопровод ДМ «Фрегат» 4 – дросселирующий элемент

Смежные дождевалльные насадки устанавливаются так, чтобы факелы их дождя чередовались в шахматном порядке, т.е. были направлены в противоположные стороны относительно трубопровода, а факелы ближних к ходовым тележкам – в сторону, противоположную машине (рис. 3.21).

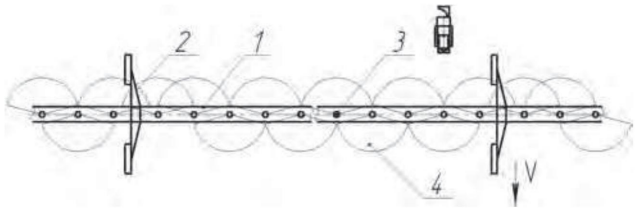


Рис. 3.21. Схема расстановки дождеобразующих устройств: 1 – трубопровод дождевальной машины; 2 – ходовая тележка; 3 – местоположение дождеобразующих устройств; 4 – формирование фронта дождя насадками; V – направление рабочего движения машины

Создаваемый комплектом дождь мелкодисперсной структуры обеспечивает высокую равномерность его распределения по орошаемой площади ($К_{эфф}$ > 0,75), снижение ударного воздействия на почву и растения и энергоёмкости полива на 15-18%, уменьшение размеров колеи от ходовых систем машины, повышение урожайности благодаря качеству полива.

Комплект состоит из набора муфт с внутренней резьбой 1/2", дросселирующих элементов, насадок секторного действия (см. рис. 3.20), пробок и переходников (при необходимости в зависимости от модификации машины). Функциональное назначение элементов комплекта заключается в следующем.

Муфты привариваются к водопроводящему трубопроводу на пролетах и консоли машины. Они образуют водовыпуски, и порядок их расположения на трубопроводе машины определяется схемой расстановки дождеобразующих устройств.

Концевой дождевальный аппарат устанавливается по своему штатному месту и должен соответствовать по техническим характеристикам модификации переоборудуваемой машины.

Дросселирующие элементы комплекта (дюзы) предназначены для регулировки напора и расхода воды, поступающей через водовыпуски комплекта в соответствии с характером распределения её вдоль трубопровода машины, и вворачиваются в муфты.

Короткоструйные насадки секторного действия служат для преобразования потока воды, проходящей через дюзы в искусственный дождь и дальнейшего распределения его по орошаемой площади. Соединяются с муфтами непосредственно или через дросселирующие элементы. Система «муфта-дюза-насадка» или «муфта-насадка» является дождеобразующим устройством (ДУ).

Пробки комплекта используются в качестве заглушек штатных водовыпусков (в местах демонтированных дождевальных аппаратов).

Переходники (1" х 1/2") используются в том случае, когда месторасположения дождеобразующих устройств совпадают с местами установки демонтированных аппаратов (устанавливаются вместо пробок).

Машина в работе показана на рис. 3.22.



Рис. 3.22. ДМ «Фрегат-Н». Общий вид искусственного дождя

Преимущества ДМ «Фрегат-Н» по сравнению с серийной ДМ «Фрегат» обеспечиваются:

- использованием короткоструйных насадок секторного действия с улучшенными расходно-напорными характеристиками;
- установкой на каждом пролете ДМ вместо дождевальных аппаратов в зависимости от длины пролета по 10 или 12 усовершенствованных дождеобразующих устройств;
- расстановкой дождеобразующих устройств с шагом, обеспечивающим трехкратное перекрытие искусственным дождем;

Техническая характеристика комплекта

Водозабор	от водопроводящего пояса ДМ «Фрегат»
Дождеобразующие устройства (ДУ)	дождевальные насадки короткоструйные, дефлекторные, секторного действия дросселирующий элемент (01 – пластмассовый, 02 – стальной)
Расход воды, л/с	5,5-90 (в зависимости от модификации машины)
Рабочее давление воды, МПа	0,37-0,58 (в зависимости от модификации машины)
Радиус полива ДУ (насадок) по крайним каплям, м	5-6
Площадь обслуживания за сезон, га	3-110 (в зависимости от модификации машины)
Коэффициент эффективного полива ДМ, оборудованной комплектом	более 0,75
Средний диаметр капель искусственного дождя, мм	не более 1
Конструкционный состав ДУ	муфта 1/2", * дросселирующий элемент 1/2", * дождевальная насадка 1/2", * пробка 1",* переходник 1"х 1/2 ", *
Условия работы комплекта:	
температура окружающего воздуха, °С	5-45
степень очистки воды	минерализация воды до 5 г/л, размер взвешенных частиц – до 2 мм
скорость ветра во время полива, м/с	до 5
Срок службы, годы	8
Срок гарантии, месяцы	24

* Количество деталей определяется модификацией машины, подлежащей модернизации, и указывается в приложении (комплектация по пролетам, спецификация и схема расстановки).

• созданием структуры искусственного дождя (средний диаметр капель менее 1 мм), существенно расширяющей диапазон применимости машины и увеличивающей значения достоковых поливных норм;

• уменьшением энергетических затрат на образование искусственного дождя за счет использования низконапорных дождеобразующих устройств и уменьшения сопротивлений потоку оросительной воды;

• обеспечением надежной работы и длительной сохранности благодаря применению стали с антикоррозионным покрытием и пластмасс;

• улучшением проходимости ДМ за счет выноса факелов дождя из зоны движения ходовых тележек;

• повышение урожайности орошаемых сельскохозяйственных культур за счет увеличения равномерности распределения дождя (коэффициент эффективного полива более 0,75).

Прирост урожайности сельскохозяйственных культур, орошаемых с помощью ДМ «Фрегат-Н», составляет от 10 до 15%.

Сравнительные характеристики серийной и модернизированной ДМ «Фрегат-Н» приведены в табл. 3.12.

Таблица 3.12

Сравнительные показатели агротехнической оценки машин

Показатели	Марка машины ДМ «Фрегат» (ДМУ-А 199-28)	
	модернизированная	серийная
Длина машины, м	199	
Расход воды, л/с	19,7	20
Напор на входе в машину, МПа	0,37	0,47
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,22	0,17
Средний диаметр капель, мм	0,87	1,17
Коэффициент эффективного полива	0,79	0,7
Достоковая поливная норма, $м^3$/га	460	280

Электрифицированная модернизированная дождевальная машина «Кубань-ЛК1»

Кругового действия, осуществляет полив дождеванием при движении по кругу (рис. 3.23). К центру неподвижной опоры подведены вода и электроэнергия [3.8; 3.11].

Вода подается из закрытой оросительной сети через запорную арматуру, управляемую сигналами от машины.

Надежность работы и простоту обслуживания обеспечивают автоматические системы управления и защиты машины, позволяющие осуществлять круглосуточный полив в автоматическом режиме и при необходимости автоматически прекращать полив в заданном месте поля.

Водопроводящий трубопровод машины представляет собой ферменную конструкцию из опирающихся на тележки трубопроводов. Количество тележек зависит от размеров орошаемого поля и изменяется от 4 до 13 шт. С одной стороны машины расположена неподвижная опора со стояком и поворотным коленом для забора воды из оросительной сети, с другой – консоль, поддерживаемая тросами.

Орошение поля производится дождевальными аппаратами и насадками, расположенными на водопроводящем трубопроводе. Норма полива регулируется от 53 до 950 м^3/га в зависимости от длины (модификации) машины и устанавливается путем изменения средней скорости движения машины с помощью таймера на пульте управления машины.

Привод передвижения машины электромеханический. Электропитание подается по кабелю от трансформаторной подстанции или мобильного генератора. Система управления машиной обеспечивает работу электродвигателей мотор-редукторов ходовых тележек и контролирует рабочее состояние машины. Управление машиной может осуществляться с пульта управления, расположенного на неподвижной опоре или дистанционно.

Машина обеспечена автоматической аварийной защитой от недопустимых изгибов трубопровода.

Для расширения диапазона применимости модернизированная машина разработана и успешно прошла государственные испытания МДЭК «Кубань-ЛК1» с комплектом дождеобразующих устройств для экологически безопасного полива, установленного на дождевом поясе по оптимизированной схеме, состоящих из дросселирующих устройств, переходников и низконапорных насадок секторного действия (на подобие модернизированной машины «Фрегат-Н»).

Комплект дождеобразующих устройств (ДУ) предназначен для установки на дождевом поясе различных модификаций МДЭК «Кубань-ЛК1» для полива дождеванием зерновых, овощебахчевых и технических культур, многолетних

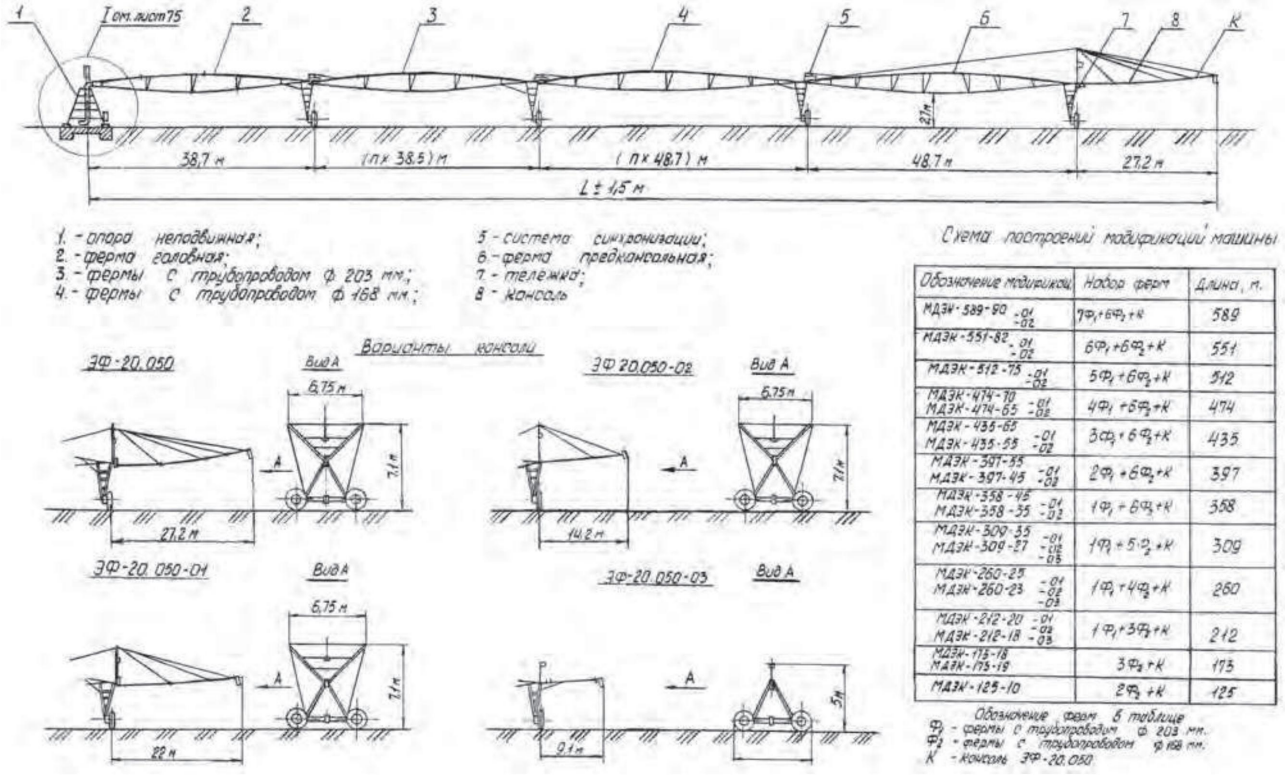
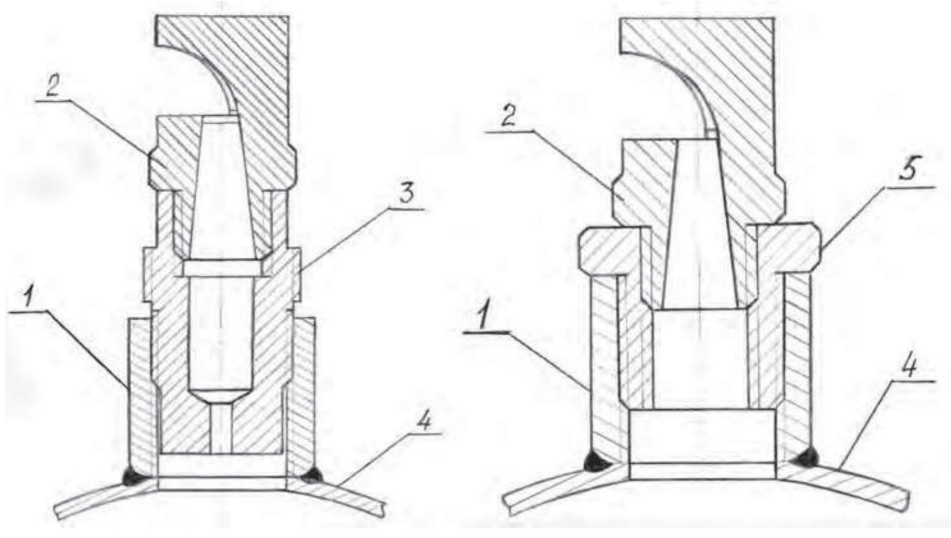


Рис. 3.23. Схема общего вида и составление модификаций дождевальной машины «Кубань-ЛК1»

трав, лугов и пастбищ, а также других культур, включая высокостебельные. Комплект состоит из муфт, дросселирующих элементов, переходников и насадок секторного действия (рис. 3.24).



а *б*

Рис. 3.24. Дождеобразующие устройства «Кубань-ЛК1»: а – с дросселирующим устройством; б – с переходником; 1 – муфта 1"; 2 – насадка короткоструйная секторная; 3 – дросселирующее устройство: 4 – трубопровод дождевальной машины; 5 – переходник

Функциональное назначение каждого из элементов комплекта заключается в следующем. Муфты (по необходимости на первом пролете) привариваются к водопроводящему трубопроводу. Они образуют водовыпуски, и порядок их расположения на трубопроводе машины определяется схемой расстановки дождеобразующих устройств. Дождеобразующие устройства устанавливаются в штатные водовыпуски, расположенные на дождевом поясе машины.

Дросселирующие элементы комплекта предназначены для регулировки напора и расхода воды, поступающей через водовыпуски комплекта в соответствии с характером распределения её вдоль трубопровода машины, и вворачиваются в муфты.

Насадки соединяются с муфтами через дросселирующие элементы и переходники. Система «муфта-дросселирующее устройство-насадка» или «муфта-переходник-насадка» является дождеобразующим устройством (ДУ).

Краткая техническая характеристика дождеобразующего комплекта устройств орошения для электрической машины дождевальной кругового действия «Кубань-ЛК1» приведена далее.

Техническая характеристика комплекта «Кубань-ЛК1»

Водозабор	от водопроводящего трубопровода машины
Тип дождеобразующих устройств (ДУ)*	короткоструйные, дефлекторные, секторного действия
Расход воды, л/с	6-90 (в зависимости от модификации машины)
Рабочее давление воды, МПа	0,15-0,36 (в зависимости от модификации машины)
Радиус полива ДУ по крайним каплям, м	5-6
Площадь обслуживания за сезон, га	4-118 (в зависимости от модификации машины)
Коэффициент эффективного полива ДМ, оборудованной комплектом	более 0,7
Средний диаметр капель дождя, мм	не более 1
Условия работы комплекта:	
температура окружающего воздуха, °С	5-45
степень очистки воды	минерализация воды до 5 г/л, размер взвешенных частиц до 2 мм
скорость ветра во время полива, м/с	до 5
Срок службы, годы	8
Срок гарантии, месяцы	24

* Количество деталей, схема их расстановки по длине водопроводящего трубопровода определяются в зависимости от модификации машины и прилагаются отдельно.

Применение МДЭК «Кубань-ЛК1» с комплектом для экологически безопасного полива (рис. 3.25) в сравнении с серийной машиной обеспечивает следующие технико-экономические показатели:

- создание дождя мелкокапельной высокодисперсной структуры с каплями диаметром 0,8-1 мм, уменьшающим ударное воздействие на почву и растения на 33%;
- повышение равномерности распределения дождя по орошаемой площади на 16%;
- эрозийно безопасный и качественный полив при отсутствии стоковых явлений;
- увеличение достоковых поливных норм для различных типов почв, в том числе с низкой водопроницаемостью, на 25-30%;
- экономию оросительной воды на 15%;
- снижение энергетических затрат на образование дождя на 30%;
- повышение урожайности сельскохозяйственных культур на 10-15%.



Рис. 3.25. Общий вид МДЭК «Кубань-ЛК1» с усовершенствованным дождевым поясом

В табл. 3.13 даны сравнительные характеристики серийной и модернизированной машины.

Таблица 3.13

Сравнительная техническая характеристика машины «Кубань-ЛК1» модификации МДЭК-512-75

Показатели	Серийная	С комплектом дождеобразующих устройств
Рабочее давление на входе, МПа	0,36	0,25
Расход воды, л/с	75	63
Орошаемая площадь, га	83,6	
Рабочая длина захвата дождем, м	516	
Достоковая поливная норма, $м^3$/га	460	570
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,7	0,45
Коэффициент эффективного полива при скорости ветра:		
0-1,5 м/с	0,7	0,81
1,5-5 м/с	0,64	0,73
Средний диаметр капель, мм	1	0,9

Повышение технического уровня широкозахватных многоопорных дождевальных машин

Предложена доработка, чтобы машина «Фрегат-Н» могла работать в автоматическом режиме и дистанционно управляться с диспетчерского пункта. В первую очередь это касается систем электрической и гидравлической защиты, стоп-устройства и крана-регулятора, чтобы без участия человека запустить машину на полив [3.3; 3.18; 3.20].

Гидравлическую систему защиты модернизируют, подавая воду не с консольной части водопроводящего трубопровода машины, а из неподвижного трубопровода до входа запорной задвижки (рис. 3.26).

При ручном пуске машины открывается вентиль *9*. Давление воды через управляющую трубку *5* с клапанами *6* гидрозащиты поступает

в управляющую полость гидрореле *4*. Оно переключает полости гидроцилиндра *3,* и задвижка *2* открывается. Машина начинает работать и поливать. Одновременно давление из гидрореле через обратный клапан поступает в управляющую трубку гидрозащиты. Ручной вентиль можно закрыть.

Если при пуске машины трубопровод *7* имеет недопустимый изгиб, то соответствующий клапан гидрозащиты *6* будет отрыт. Давление в гидрореле не поступает. Задвижка не открывается. Машина не будет запущена в работу до тех пор, пока не будет устранен изгиб трубопровода. Место изгиба можно определить по течи воды из соответствующего гидроклапана.

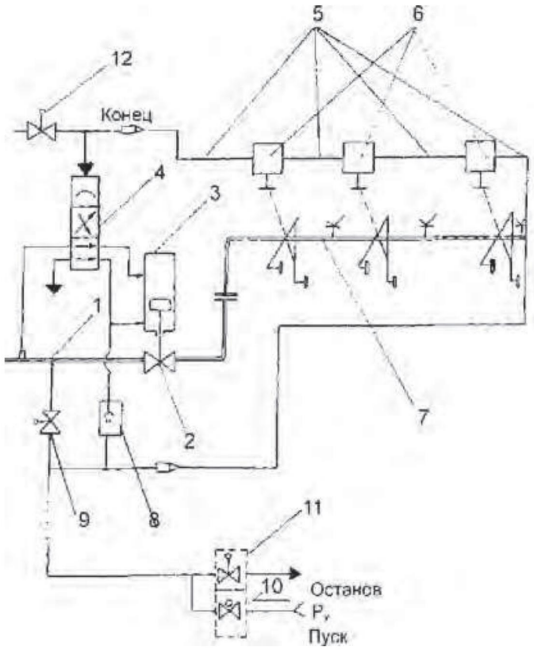


Рис. 3.26. Гидравлическая система аварийной защиты машины: 1 – неподвижный трубопровод; 2 – задвижка; 3 – гидроцилиндр; 4 – гидрореле; 5 – трубка гидрозащиты; 6 – клапаны гидрозащиты; 7 – подвижный трубопровод машины; 8 – обратный клапан; 9, 10, 11, 12 – вентили ручного и дистанционного пуска и останова машины

В случае недопустимого изгиба трубопровода *7* во время работы машины открывается соответствующий клапан 6 гидрозащиты. Давление в управляющей полости гидрореле *4* падает. Гидрореле закрывает гидрозадвижку машины. Машина останавливается. Течи из гидроклапана защиты не будет, так как ручной вентиль *9* закрыт. Для определения места изгиба открывают вентиль. Пуск и останов машины с такой системой гидрозащиты можно осуществить дистанционно с помощью ручных вентилей *10*, *11* или автоматических переключающихся устройств.

У выпускаемых круговых машин около центральной опоры и под ближайшими к ней межопорными секциями всегда возникает переполив из-за необходимости снижения сечения отверстия водовыпусков с насадками. Из-за малого диаметра сечения насадки забиваются песчинками, различными примесями в оросительной воде. Для повышения качества и надежности работы машины, ее унификации выбирают по расходу водовыпуск с насадками бóльшего сечения сопла, расположенный на удалении от центра на расстоянии, кратном порядковому номеру установки данного водовыпуска i на водопроводящем трубопроводе машины, устанавливают выбранный водовыпуск с теми же насадками на ближайших к центру частях водопроводящего трубопровода на расстоянии, кратном порядковому номеру его установки «*к*», и регулируют с помощью клапана с генератором (электрические машины «Кубань-ЛК1») или гидравлического пульсатора (гидравлические машины «Фрегат») время периодического полива или его периодического отсутствия.

С помощью генератора или пульсатора настраивают время их включения $t_{ик}$ для подачи воды в насадки или отключения $t_{пк}$, прекращения подачи воды в насадки.

При регулировании временем $t_{нк}$ подачи воды в какой-либо водовыпуск при постоянном периодическом включении настройка осуществляется по формуле

$$\frac{t_{ик}}{t_{ик}+t_{пк}}=\frac{\kappa}{i}. \qquad (3.2)$$

При регулировании времени прекращения подачи воды $t_{пк}$ в дождевальные насадки индивидуально для каждого установленного водовыпуска «к» настройка генератора (гидравлического пульсатора) производится по формуле

$$t_{ик}=\frac{(i-\kappa)}{\kappa}\cdot t_{ик}. \qquad (3.3)$$

В результате обеспечиваются равномерность и качество полива, повышаются надежность работы, унификация машины. Из-за большого сечения на водовыпусках, близлежащих к центральной опоре, насадки не забиваются, что повышает надежность их работы.

По сравнению с предыдущей конструкцией машины, полной ее унификацией с улучшением качества полива все водовыпуски с насадками, генераторами или пульсаторами равномерно устанавливают вдоль машины, кроме последнего. Каждый водовыпуск индивидуально настраивается в зависимости от его порядкового номе-

ра «*i*» расположения на трубопроводе и общего количества водовыпусков «*n*» согласно зависимости

$$\frac{t_{ui}}{t_{ui}+t_{ni}}=\frac{i}{n}. \qquad (3.4)$$

Кроме того, для снижения энергоемкости, увеличения КПД (до 80%), повышения качества полива в сложных почвенно-рельефных условиях на каждом пневматическом колесе самоходных тележек установлены малоэнергоемкие гипоидные передачи (рис. 3.27, 3.28), а система синхронизации исключает одновременное движение нескольких (более одной) промежуточных тележек.

За рубежом нет машин с гидравлическим приводом типа «Фрегат», в России они широко применяются из-за простоты эксплуатации. Обе модернизированные машины по научно-техническому уровню не уступают зарубежным, по конструкции машины превосходят его.

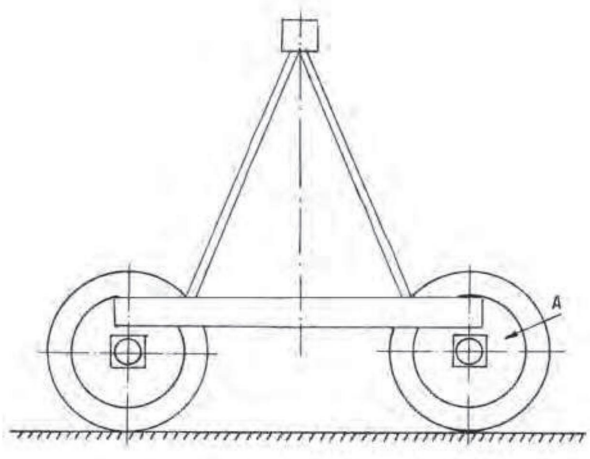


Рис. 3.27. Схема самоходной тележки машины с гипоидным приводом

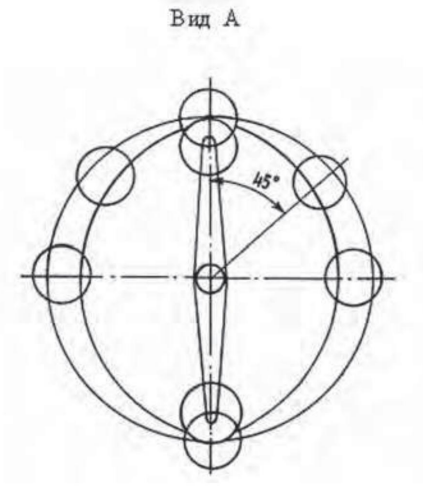


Рис. 3.28. Схема гипоидной передачи самоходной тележки машины

Модернизированные машины создают мелкокапельный полив (диаметр капель 0,8-1,0 мм), ударное воздействие их на почву и растения уменьшается на 33%, равномерность полива повышается на 16%, а эрозионно-допустимые его нормы – на 25-30%, энергозатраты на образование дождя снижаются до 30%, потребление воды – до 15%, благодаря высокому качеству дождя урожайность сельхозкультур повышается на 10-15% [3.2].

Локальные системы управления ДМ «Фрегат»

В зависимости от вида энергии системы управления могут быть электрическими, гидравлическими, гравитационными, механическими и комбинированными, локальными и телемеханическими [3.1].

Электрические локальные системы управления с электрогидрореле длительного действия

Для регулирования влагообеспеченности растений необходима оперативная информация о наличии влаги в почве. Для этих целей используют тензометрические датчики, балансомеры, лизиметры, испаромеры. В системах управления машинами ДМ «Фрегат-Н», «Кубань-ЛК1» применен используемый в гидрометеорологии испаромер ГГИ-3000. Он был усовершенствован и автоматически контролирует уровень воды в нем.

На основе усовершенствованного испаромера ГГИ-3000 разработана локальная система автоматического управления машиной «Фрегат» (ЛСАУ ДМ «Фрегат»). Система состоит из шкафа управления, датчиков контроля положения машины и контроля давления в гидрозащите, испарителя ГГИ-3000, снабженного электронным уровнемером и приемным устройством специальной конструкции (рис. 3.29).



Рис. 3.29. Устройство локальной системы управления на неподвижной опоре ДМ «Фрегат»: 1 – датчик давления (ЭКМ); 2 – датчик начального положения машины; 3 – шкаф управления ЛСАУ

В автоматическом режиме при снижении уровня воды в испаромере ниже заданного, однозначно взаимосвязанного с влагозапасом воды в почве, электронным уровнемером вырабатывается сигнал на включение машины.

Машина начинает двигаться и поливать. При отходе машины от исходного положения срабатывает датчик контроля ее положения. Он блокирует показания испаромера, держит задвижку открытой до тех пор, пока машина, вращаясь и поливая, не достигнет вновь исходного положения. При подходе машины к исходному положению снимается блокировка и анализируется уровень воды в испаромере. Если за полный оборот ДМ «Фрегат» (за двое-семь суток) уровень воды в испаромере не опускается ниже заданного (воды в почве достаточно), то машина останавливается в исходном положении. Если же за оборот машины вода в ГГИ-3000 испаряется ниже заданного уровня, а продолжать полив необходимо, то ДМ «Фрегат», не останавливаясь, начинает поливать еще один круг.

ЛСАУ может также использоваться при групповой работе ДМ «Фрегат».

Локальная система управления может работать в составе типового модуля орошаемого участка с подачей воды от типовой насосной станции. Систему можно использовать для управления ДМ «Фрегат», оснащенную гидроподкормщиком.

При отсутствии источников электроэнергии для включения машины используют электрогидрореле импульсного действия, например КЭГ-16И, потребляющее ток только в моменты его включения и отключения. В данном случае в качестве источника электропитания используют гальванические элементы небольшой емкости.

Логика работы, технология полива остаются прежними, как и с клапаном длительного действия. В данном случае в состав ЛСАУ дополнительно вводят блок импульсного управления. Система работает, как и в предыдущем случае.

Потребление электроэнергии осуществляется только в момент включения и отключения машины. Во время полива и стоянки машины эти элементы не потребляют электроэнергии. В результате резко снижено потребление электроэнергии и достаточно гальванических элементов для работы данной системы в течение всего поливного сезона. Отсутствие электрической энергии на многих машинах и наличие гидравлической предопределило разработку гидравлических и систем управления ДМ «Фрегат». Логика ее работы та же.

Технический уровень российских и зарубежных машин

На основе проведённого анализа построено сравнение технического уровня электрифицированных дождевальных машин «Valley» и «Кубань» (табл. 3.14-3.16) [3.18].

Таблица 3.14

Сравнение технического уровня ЭДМ «Кубань-ЛК-1» и «Valley» (Center pivot)

Марка ДМ, фирма, страна-производитель	**«Кубань-ЛК-1»**, РФ, ПО КМЗ «Радуга», г. Кропоткин, Промзона-7	**«Valley» (Center pivot)** Valmont.inc,7002 North 288 Street Valley, Nebraska, USA
Принцип перемещения и способ забора воды	Круговой, с забором воды из гидранта закрытой оросительной сети	
Расход воды, л/с	70	31-263
Давление на входе в ДМ, МПа	0,35-0,4	0,21-0,4
Диаметр водопроводящего трубопровода, мм	168;152	254;219;168,3;152,4.
Ширина захвата или радиус полива ДМ, м	483	В зависимости от типа центральной опоры: опора 6 ⅝″ до 396; опора 8″ до 457; опора 8 ⅝″ до 850; опора 10″ до 850
Конструкция ферменного каркаса	Трёхпоясная ферменная конструкция треугольного сечения, верхний пояс – водопроводящий трубопровод, ферма выполнена из оцинкованных уголков и прутков	
Система привода тележек	По одному червячному редуктору на каждое колесо с приводом от главного мотор-редуктора (вертикальная компоновка)	По одному червячному редуктору на каждое колесо с передаточным числом 52:1 и приводом от главного мотор-редуктора (горизонтальная компоновка – более высокие КПД и надёжность)

Продолжение табл. 3.14

Марка ДМ, фирма, страна-производитель	**«Кубань-ЛК-1»**, РФ, ПО КМЗ «Радуга», г. Кропоткин, Промзона-7	**«Valley» (Center pivot)** Valmont.inc,7002 North 288 Street Valley, Nebraska, USA
Система управления тележками	Автоматическая система управления электроприводом на устаревшей элементной базе	Автоматическая система управления электроприводом на микропроцессорах с четырьмя вариантами исполнения от простой механической до цифровой программируемой с дистанционным управлением
Дождевой пояс	37 дождевальных аппаратов «Фрегат № 2» и 125 дождевальных насадок на коротких изогнутых патрубках (второй вариант – расчётная схема расстановки по методике ФГНУ ВНИИ «Радуга»)	Авторские насадки-распылители, свисающие на длинных гибких шлангах для приземного дождевания, а также система полива углов
Системы повышения проходимости	В базовой комплектации не предусмотрена и в РФ не выпускается	Изменяемый размер шин от 279 до 429 мм; изменяемый привод тележек – трёхколёсный (V-3), четырёхколёсный (Spider), гусеничный
Варианты исполнения водопроводящего трубопровода	Только оцинкованный	Три варианта исполнения: оцинкованный; с гальванической парой; POLY-SPAN (водопроводящий трубопровод изнутри покрыт полимерным соединением)
Состояние с производством	Штучное (1-10 шт. в год)	Серийное производство
Надёжность	Средняя	Высокая

Таблица 3.15

Сравнение технического уровня ЭДМ «Ладога» и «Valley» (Linear Dich Feed)

Марка ДМ, фирма, страна-производитель	**«Ладога»**, РФ, ПО КМЗ «Радуга», г. Кропоткин, Промзона-7	**«Valley», (Linear Dich Feed)** Valmont.inc,7002 North 288 Street Valley, Nebraska, USA
Принцип перемещения и способ забора воды	Фронтальный, с забором воды из гидрантов закрытой оросительной сети по длинным гибким шлангам	Фронтальный, с забором воды из гидрантов закрытой оросительной сети по длинным ПНД шлангам
Расход воды, л/с	60	12-88
Давление на входе в ДМ, МПа	0,42	0,3-0,45
Диаметр водопроводящего трубопровода, мм	168	219;168,3;152,4
Ширина захвата или радиус полива ДМ, м	460	До 500
Конструкция ферменного каркаса	Трёхпоясная ферменная конструкция треугольного сечения, верхний пояс – водопроводящий трубопровод, сама ферма выполнена из оцинкованных уголков и прутков	
Система привода тележек	По одному червячному редуктору на каждое колесо с приводом от главного мотор-редуктора (вертикальная компоновка)	По одному червячному редуктору на каждое колесо с передаточным числом 52:1 и приводом от главного мотор-редуктора (горизонтальная компоновка – более высокие КПД и надёжность)
Система управления тележками	Автоматическая система управления электроприводом на устаревшей элементной базе	Автоматическая система управления электроприводом на микропроцессорах с четырьмя вариантами исполнения от простой механической до цифровой программируемой с дистанционным управлением

Продолжение табл. 3.15

Марка ДМ, фирма, страна-производитель	**«Ладога»**, РФ, ПО КМЗ «Радуга», г. Кропоткин, Промзона-7	**«Valley», (Linear Dich Feed)** Valmont.inc,7002 North 288 Street Valley, Nebraska, USA
Дождевой пояс	Дождевальные насадки на коротких изогнутых патрубках	Авторские насадки-распылители, свисающие на длинных гибких шлангах для приземного дождевания, а также система полива углов
Системы повышения проходимости	В базовой комплектации не предусмотрена и в Российской Федерации не выпускается	Изменяемый размер шин от 279 до 429 мм, изменяемый привод тележек – трёхколёсный (V-3), четырёхколёсный (Spider), гусеничный
Варианты исполнения водопроводящего трубопровода	Только оцинкованный	Три варианта исполнения: оцинкованный, с гальванической парой, POLY-SPAN, водопроводящий трубопровод изнутри покрыт полимерным соединением
Состояние с производством	Штучное (1-10 шт. в год)	Серийное производство
Надёжность	Средняя	Высокая

Таблица 3.16

Сравнение технического уровня ЭДМ «Кубань-Л» и «Valley», (Linear Dich Feed)

Марка ДМ, фирма, страна-производитель	**«Кубань-Л»**, РФ, ПО КМЗ «Радуга», г. Кропоткин, Промзона-7	**«Valley» (Linear ditch feed)** Valmont.inc,7002 North 288 Street Valley, Nebraska, USA
Принцип перемещения и способ забора воды	Фронтальный, с забором воды из открытого оросительного канала	
Расход воды, л/с	200	31-302
Давление на входе в ДМ, МПа	0,31	0,3-0,45
Диаметр водопроводящего трубопровода, мм	203;168;152	254;219;168,3;152,4
Ширина захвата или радиус полива ДМ, м	800	До 975
Конструкция ферменного каркаса	Трёхпоясная ферменная конструкция треугольного сечения, верхний пояс – водопроводящий трубопровод, сама ферма выполнена из оцинкованных уголков и прутков	
Система привода тележек	По одному червячному редуктору на каждое колесо с приводом от главного мотор-редуктора (вертикальная компоновка)	По одному червячному редуктору на каждое колесо с передаточным числом 52:1 и приводом от главного мотор-редуктора (горизонтальная компоновка – более высокие КПД и надёжность)
Система управления тележками	Автоматическая система управления электроприводом на устаревшей элементной базе	Автоматическая система управления электроприводом на микропроцессорах с четырьмя вариантами исполнения от простой механической до цифровой программируемой с дистанционным управлением
Дождевой пояс	303 дождевальные насадки на коротких изогнутых патрубках (второй вариант – расчётная схема расстановки по методике ФГНУ ВНИИ «Радуга»)	Авторские насадки-распылители, свисающие на длинных гибких шлангах для приземного дождевания, а также система полива углов

Продолжение табл. 3.16

Марка ДМ, фирма, страна-производитель	**«Кубань-Л»**, РФ, ПО КМЗ «Радуга», г. Кропоткин, Промзона-7	**«Valley» (Linear ditch feed)** Valmont.inc,7002 North 288 Street Valley, Nebraska, USA
Системы повышения проходимости	В базовой комплектации не предусмотрена и в Российской Федерации не выпускается	Изменяемый размер шин от 279 до 429 мм, изменяемый привод тележек – трёхколёсный (V-3), четырёхколёсный (Spider), гусеничный
Варианты исполнения водопроводящего трубопровода	Только оцинкованный	Три варианта исполнения: оцинкованный; с гальванической парой; POLY-SPAN, водопроводящий трубопровод изнутри покрыт полимерным соединением
Состояние с производством	Штучное (1-10 шт. в год)	Серийное производство
Надёжность	Средняя	Высокая

Концептуальная модель автоматического управления дождевальными машинами фронтального перемещения

Для совершенствования процесса управления фронтальной машиной разработана концептуальная модель, которая предполагает вначале математически определить машину как объект управления движением на орошаемом участке по направляющей, определить передаточные функции существующих и перспективных ФДМ. При этом учитываются режим орошения (норма полива, однозначно связанная с рабочей скоростью $v_н$ и скоростью коррекции смещения машины $v_к$) и конструктивные параметры машины (ее длина L и предельная скорость $v_т$, а также координата ее контролируемой части y_{oi}). Кроме того, при математическом описании передаточных функций машин предлагаются неизменность и способы стабилизации длины машины.

Передаточную функцию фронтальной машины $W_м(p)$ можно представить тремя последовательными динамическими звеньями: звеном движения крайних опорных тележек с передаточной функцией $W_т(p)$, звеном разворота машины – $W_r(p)$ и звеном бокового смещения ФДМ – $W_c(p)$ (формула 3.5) [3.1]:

$$W_м(p)= W_т(p) \cdot W_r(p) \cdot W_c(p). \qquad (3.5)$$

Корректировку движения машины можно осуществлять тремя способами: уменьшением-увеличением скорости только какой-либо одной крайней опорной тележки, движителя (первый способ), уменьшением скорости то одной, то другой крайних опорных тележек, движителей (второй способ), уменьшением скорости одной крайней тележки, движителя и одновременно увеличением скорости другой крайней тележки, движителя (третий способ).

С учётом способов корректировки движения передаточная функция машины может иметь два вида (3.6, 3.7):

$$W_{M1}(p)=(\upsilon_r)\cdot\left(\frac{1}{pL}\right)\cdot\left(\frac{\upsilon_i}{p}\right)=\frac{\upsilon_T^2\,K_{МН}}{Lp^2}=K_{МЛ}\cdot K_{МЛ}/p^2$$

(1-й, 2-й способы) (3.6)

или

$$W_{M2}=(\upsilon_T)\cdot\left(\frac{2}{pL}\right)\cdot\left(\frac{\upsilon_i}{p}\right)=\frac{2\upsilon_T^2\,K_{МН}}{Lp^2}=2K_{МЛ}\cdot K_{МЛ}/p^2$$

(3-й способ), (3.7)

где υ_T, L – транспортная скорость и длина захвата машиной;

p – оператор дифференцирования;

υ_i – скорость контролируемой опорной тележки (элемента движения) машины;

$к_{мл}$, $к_{мн}$ – коэффициенты передаточной функции машины ($к_м$), определяемые соответственно линейной зависимостью и нелинейной в случае ассиметричного расположения контролируемой части ФДМ.

Линейный коэффициент передаточной функции $к_{мл}$ определяется как $к_{мл}= \upsilon_T^2 / L$ (первый, второй способы), $к_{мл}= 2\upsilon_T^2 / L$ (третий способ).

Коэффициент передачи имеет конкретные значения для каждой машины (табл. 3.17).

При использовании третьего способа регулирования значения коэффициента передачи в 2 раза выше по сравнению с первым и вторым способами, что повысит быстродействие разрабатываемой системы.

Фронтальную дождевальную машину как объект управления можно представить как нелинейное двойное интегрирующее динамическое звено при контроле движения ассиметрично расположенной опорной тележки и линейное при контроле средней части. Машина не имеет самовыравнивания, движение неустойчивое. Она постоянно имеет тенденцию отклонения от прямолинейного направления.

Таблица 3.17

Коэффициент передачи фронтальных машин как объектов управления (при использовании первого и второго способов регулирования)

Машина	Скорость коррекции $v_к$, м/с	Уравнение коэффициента передачи	Значение коэффициента передачи, м/с^2	Расположение направляющей
«Кубань-М», Э2, «Таврия»	0,00075-0,0075	$K_M = \frac{(q+q_к)v_T^2}{2L}$	(9,2-92)×10^{-8}	Под серединой ФДМ
«Кубань-Л», «Зимматик»	0,0008- 0,008	$K_M = \frac{(q+q_к)v_T^2}{2L}$	(8,5-85)×10^{-8}	То же
«Кубань-Э1» (Э3)	0,0008-0,008	$K_M = \frac{(q+q_к)v_T^2}{2L}$	(8,4-84)×10^{-8}	-//-
«Мини-Кубань-ФШ»	0,0003-0,0058	$K_M = \frac{(q+q_к)v_T^2}{2L}$	(12,47-249,4)×10^{-8}	-//-
«Мини-Фрегат-ФШ»	0	$K_M = \frac{qv_T^2}{2L}$	(8,5-28,4)×10^{-8}	-//-
«Каравелла»	0	$K_M = \frac{qv_T^2}{2L}$	(2,4-7,4)×10^{-8}	-//-
«Мини-Кубань-ЛШ»	0,00075-0,0075	$\begin{cases} K_{M1} = qv_T^2 / L \\ K_{M2} = q_к v_T^2 / L \end{cases}$	(33,3-333)×10^{-8} (8,3-83)× 10^{-8}	Сбоку ФДМ
«Ладога»	0,0003-0,0075	$\begin{cases} K_{M1} = qv_T^2 / L \\ K_{M2} = q_к v_T^2 / L \end{cases}$	(8,1-204)× 10^{-8} (2-51)× 10^{-8}	-//-
«Коломенка-100»	0,0003-0,037	$\begin{cases} K_{M1} = qv_T^2 / L \\ K_{M2} = q_к v_T^2 / L \end{cases}$	(14,5-362,2)× 10^{-8} (2,2-350)× 10^{-8}	-//-
«ДФ-120 Днепр»	0,035	$\begin{cases} K_{M1} = qv_T^2 / L \\ K_{M2} = q_к v_T^2 / L \end{cases}$	4537× 10^{-8} 1134× 10^{-8}	-//-
Агрегат ДДА-100 МА: передний ход задний ход	 0 0	$K_M = \frac{qv_T^2}{2L}$	(4,4-63)× 10^{-8} (2,4-24,1)× 10^{-8}	Между гусеничными опорами (движителями)
Агрегат ДДА-100МА: передний ход задний ход	 0 0	$\begin{cases} K_{M1} = \left(1+\frac{y_0}{L}\right) qv_T^2 / L \\ K_{M2} = - y_0\, q_к v_T^2 / L \end{cases}$	(15,6-222,4)× 10^{-8} - (6,7-95,3)× 10^{-8} (8,4-84)× 10^{-8} - (3,6-36,1)× 10^{-8}	Над каналом на расстоянии $l_к$=1 м от ближайшей гусеничной опоры

Система управления фронтальным движением машины требует учета, как минимум, первой производной от смещения (скорости смещения), пропорциональной углу поворота машины φ. В этом случае система управления будет представлять собой звено первого порядка и формально как бы устойчива. Она будет стабилизировать угол поворота машины, параллельность движения машины по отношению к направляющей. Из-за возмущающих воздействий машина может все больше и больше отклоняться от направляющей, хотя и двигаться параллельно ей.

К тому же контроль малых значений угла и введение производной приводят к ухудшению помехозащищенности системы управления и увеличению интенсивности управляющих воз-

действий, а следовательно, уменьшению скорости движения машины и переполиву. Регулирование по производной не имеет самостоятельного значения, так как ошибка по смещению возрастает. Однако этот регулятор может играть существенную роль при движении в качестве вспомогательного средства.

Поэтому для обеспечения устойчивого движения без отклонения от направляющей регулятор машины W_p должен быть, как минимум, форсирующим звеном, учитывать осевое смещение y и скорость этого смещения $v_{yi.}$

В установившемся режиме движения при данных способах коррекции ошибка смещения и угол поворота машины равны нулю. Машина будет двигаться вдоль направляющей без отклонения. Как только появляется тенденция отклонения машины, система тут же начнет реагировать на это изменение, возрастет быстродействие регулирования.

Структурная схема машины «Кубань-Л» показана на рис. 3.30. Устойчивому ее движению будет способствовать введение регулятора – звено регулирования по производной в цепь обратной связи W_o, структурная схема которого показана на рис. 3.30 а, технически его можно осуществить путем выноса на штанге длиной $\ell_ш$ основного нелинейного форсирующего регулятора, структурная схема которого показана на рис. 3.30 б (W_{p2}).

Система управления работает следующим образом. При отклонении от направляющей $y_з$ система корректирует движение машины, чтобы устранить данное смещение. Контроль угла поворота φ и смещения y_i машины от направляющей осуществляется выносом вперед на шланге по ходу движения (это регулирующее звено по производной W_o в цепи обратной связи системы управления) (см. рис. 3.30 а) прибора слежения курса ПСК (основной нелинейный форсирующий регулятор W_{p2}) (см. рис. 3.30 б).

Корректировка движения машины осуществляется до тех пор, пока ее контролируемая тележка перейдет максимальное значение смещения, и корректировка будет длиться до тех пор, пока величина смещения не превысит заданной величины y_o (см. рис. 3.30 б).

Далее корректировка отключается, пока смещение машины (ее контролируемая тележка) не сместится в другую сторону от направляющей на величину порога чувствительности $a_н$. Далее процесс управления повторяется.

Применение и использование данного основного нелинейного регулятора и зоной нечувствительности 2 $a_н$ (рис. 3.30 б) позволят значительно повысить помехоустойчивость движения машины.

Система управления работает устойчиво, в установившемся режиме движения не будет смещения и угла поворота машины при прямолинейной прокладке направляющей ($y_з$ =const).

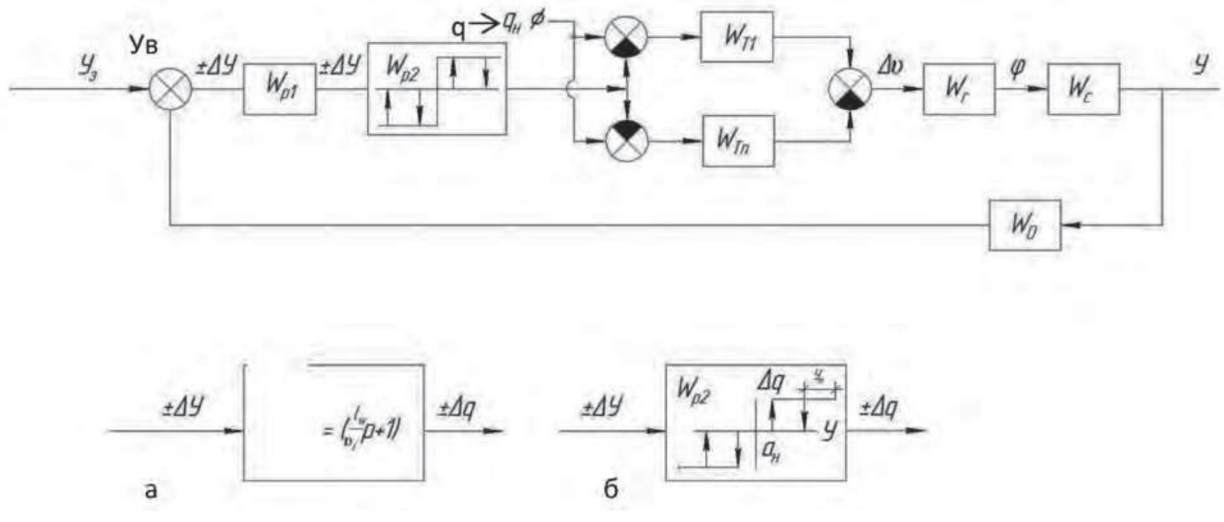


Рис. 3.30. Структурная схема системы управления фронтальной машины «Кубань-Л» с обратной связью: а – регулирующее звено по производной в обратной цепи W_o; б – нелинейное форсирующее звено W_{p2}; W_{p1} – линейное (пропорциональное) звено; $W_т$, Wr, Wc – динамические звенья опорной тележки, разворота и смещения машины соответственно; $y_з$, y, $y_в$ – заданное, текущее и возмущающее смещение машины; y_o – величина снижения отклонения машины от максимального; $a_н$ – порог чувствительности регулятора; φ – угол поворота машины

Длина штанги определяется в зависимости от места крепления основного регулятора (3.8 и 3.9):

на краю штанги – $l_ш \geq 2\sqrt{La_н} \cdot q;$ (3.8)

в середине штанги – $l_ш \geq \sqrt{2La_н}(q + q_k),$ (3.9)

где $a_н$ – допустимое осевое отклонение машины.

Передаточная функция регулятора $W_{p1} = \kappa_{p1}$ зависит от количества опорных тележек n_T, ширины колеи тележки $B_к$ и величины (коэффициента) повреждаемости растений от заминания $\kappa_з$ (3.10):

$$K_{P1} = \frac{2n_T}{LK_З - n_T B_K}. \quad (3.10)$$

Вышеуказанные регуляторы реализованы на дождевальных машинах «Кубань-Л», «Каравелла» и др. Были проведены экспериментальные исследования для проверки достоверности полученных расчетных зависимостей. Расчетная траектория движения центральной тележки и значения ее отклонения, полученные экспериментальным путем при первоначальном развороте машины на угол 0,92°, показаны на рис. 3.31. Экспериментально подтверждено, что система управления с указанными регуляторами в прямой и обратной цепи стремится устранить отклонения машины и заданного направления. Расчетная зависимость и экспериментальная практически совпадают, что подтверждает достоверность предположений и теоретически полученных зависимостей.

Отклонение машины (центральной тележки) не превысит порога чувствительности ПСК (±0,02 м) при отсутствии возмущений. При этом одна из штанг постоянно будет касаться и скользить по направляющему тросу (конечная часть расчетной траектории). Однако существенную роль играют возмущающие воздействия, особенно образуемая колея, прямолинейность прокладки направляющей (рис. 3.31, кривые 2 и 3).

При наличии кривизны прокладываемой тросовой направляющей, отклонения траектории колееобразования (от -30 до +40 см) и др. система управления с данными регуляторами также стремится исправить и устранить влияние возмущающих воздействий. Машина будет продолжать устойчиво фронтально двигаться по орошаемому полю.

Регуляторы системы управления машин могут включать в себя другую комбинацию динамических звеньев, непременным условием которых должны быть контроль угла поворота (скорости смещения) и осевое отклонение машины.

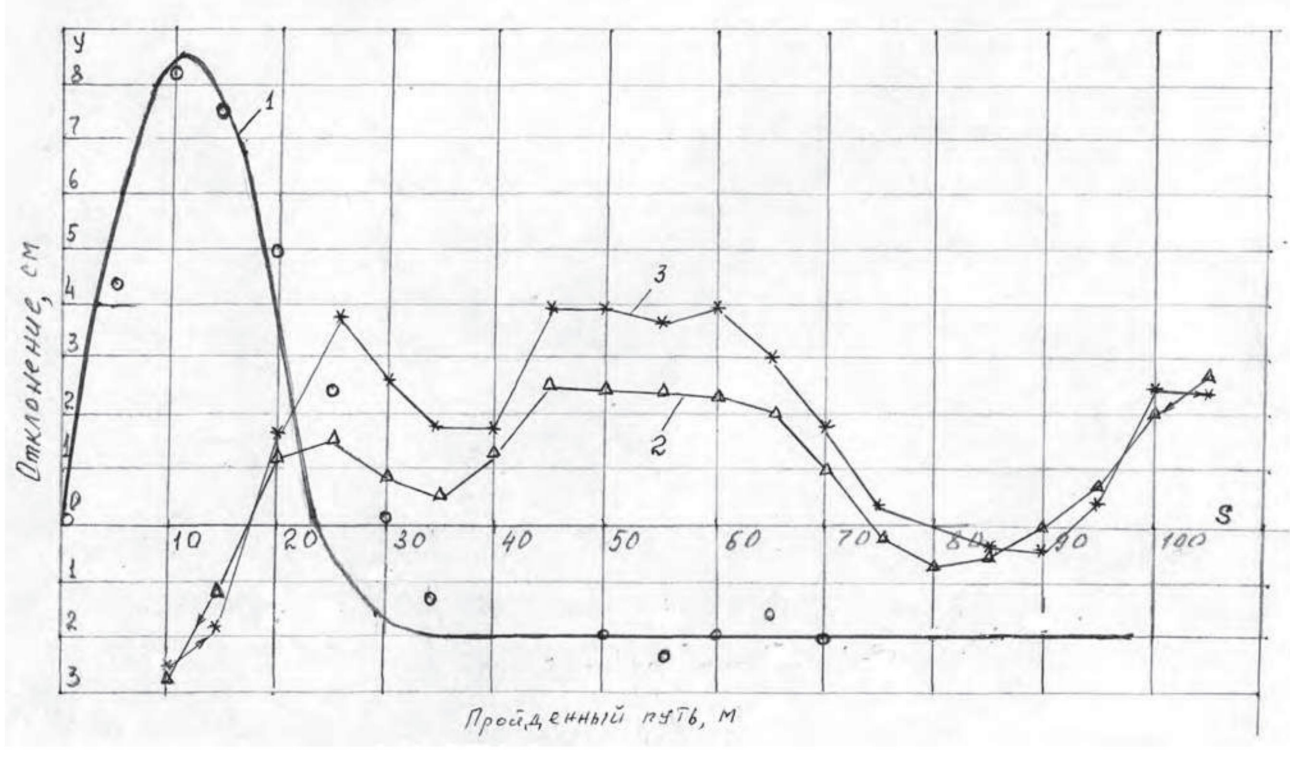


*Рис. 3.31. Траектория движения центральной тележки ФДМ «Кубань-Л» по орошаемому участку с системой управления: 1 – теоретическая траектория движения центральной тележки машины при начальной ее установке под углом φ=0,92° и о – фактическое значение; 2, 3 – экспериментальные отклонения центральной тележки машины при неоднократном движении машины и образовавшей колеи соответственно от начала к концу поля (кривая 2, Δ – фактическое значение) и обратном направлении (кривая 3, * – фактическое значение) от возмущающих воздействий $y_в$*

Таким образом, дождевальная машина как объект управления по боковому отклонению может быть линейной и нелинейной, представлена одним пропорциональным и двумя интегрирующими динамическими звеньями. Коэффициент передачи может меняться для каждой конкретной машины в зависимости от ее конструктивных параметров (L, v_T), способа управления и выбора места для контроля осевого смещения, осевой координаты контролируемого элемента машины $y_{0i.}$

Для устойчивого и затухающего процесса бокового отклонения машины регулятор системы управления должен быть, как минимум, динамическим форсирующим звеном, стоящим в ее прямой или обратной цепи. Простейшей реализацией такого звена является вынос устройства контроля отклонения вперед по ходу машины на штанге. Причем технически целесообразно применять нелинейные комбинированные регуляторы, которые нередко приводят к помехоустойчивости, повышению качества регулирования и полива, снижению их стоимости. В качестве такого регулятора можно использовать регулятор машины «Кубань-Л», вынесенной на балке на 3 м.

Для объективной оценки теоретических положений и получения достаточно полного представления о характере переходных процессов отклонения машины были проведены экспериментальные исследования, которые подтвердили достоверность предположений и полученных зависимостей.

3.2.3. Многоопорные широкозахватные дождевальные колесные трубопроводы позиционного действия

Предназначены для полива дождеванием низкостебельных зерновых, некоторых видов овощебахчевых и технических культур, многолетних трав, лугов и пастбищ [3.12; 3.14].

Базовой машиной для разработки ряда модификаций является дождевальный колесный трубопровод ДКШ-64 «Волжанка».

Техническая характеристика дождевальной машины ДКШ-64 «Волжанка»

Тип установки	самоходный дождевальный трубопровод позиционного действия
Водоисточник	от гидрантов закрытой стационарной или разборной оросительной сети с водоподачей стационарными или передвижными насосными станциями
Конструктивная длина установки (двух крыльев), м	до 395,8 м х 2 - 791,5 м (может изменяться в зависимости от количества секций)
Длина одной секции, м	12,6
Расстояние между оросителями, м	до 800
Расход воды двумя крыльями при длине каждой по 400 м, л/с	до 62,7 (может изменяться в зависимости от длины крыла, т. е. количества секций)
Давление на гидранте, МПа	0,42-0,5
Интенсивность дождя, мм/мин	0,25-0,3
Расстояние между гидрантами, м	18
Высота трубопровода над почвой, см	89
Площадь, га: обслуживаемая за сезон	70-100
поливаемая с одной позиции при полной длине крыльев	1,44
Скорость перемещения, м/мин	9
Привод	от двигателя внутреннего сгорания мощностью 4 л.с.
Допустимый уклон	до 0,02
Сменная производительность (за 8 ч при норме полива 300 м^3/га), га	5,2
Коэффициент использования рабочего времени смены при норме полива 300 м^3/га	0,85
Общая масса, кг	5430
Обслуживающий персонал	один человек на две-три установки

Широкозахватные многоопорные колесные дождеватели ДКН-80, ДКЭ-80, ДКШ-64А, ДКГ-80 «Ока», ТКУ-100, разработанные на базе ДКШ-64 «Волжанка», осуществляют предпосевные, посадочные (при посадке рассады и саженцев), вегетационные (различными нормами), противозаморозковые виды полива.

Устройство колесного дождевателя (рис. 3.32) состоит из двух поливных крыльев, расположенных по обе стороны оросительной сети. Каждое крыло состоит из поливного трубопровода, опорных колес, дождевальных аппаратов, узла присоединения, приводной тележки с двигателем.

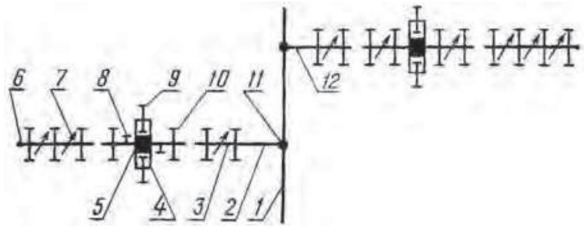


Рис. 3.32. Общая схема устройства колесных дождевальных трубопроводов: 1 – оросительный трубопровод; 2 – узел присоединения; 3 – секция трубопровода; 4 – приводная тележка; 5 – двигатель привода с реверс-редуктором; 6 – концевая заглушка; 7 – дождевальный аппарат с механизмом самоустановки; 8 – тормозной упор; 9 – ведущее колесо; 10 – опорное колесо; 11 – гидрант с колонкой; 12 – второе крыло

Перемещение поливных крыльев с позиции на позицию осуществляется методом перекатывания с помощью двигателей д.в.с. или электродвигателей.

Колесные дождеватели применяют во всех зонах орошаемого земледелия, где почвенно-климатические условия позволяют проводить дождевание сельскохозяйственных культур, размещенных на участках с достаточно спокойным рельефом с общим уклоном до 0,02 и со средним ветровым режимом не более 5 м/с. На участке не должно быть столбов, деревьев, ям и других препятствий. Технологическая схема полива с колесными дождевателями представлена на рис. 3.33.

Поливное крыло, собранное на краю поля против гидранта закрытого оросителя, с помощью узла присоединения подсоединяют к гидранту и открывают задвижку. Из оросителя вода поступает в крыло. Под ее напором сливные клапаны автоматически закрываются и в работу вступают среднеструйные дождевальные аппараты, орошая участок дождем (рис. 3.34).

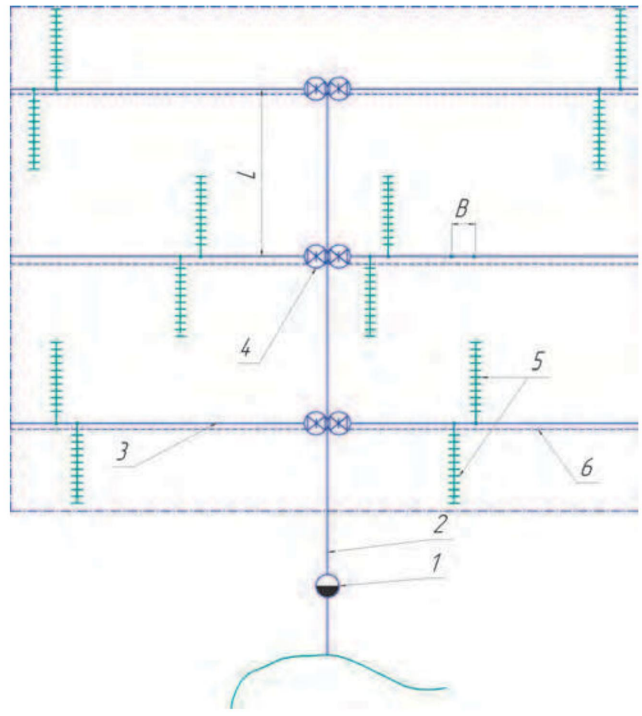


Рис. 3.33. Схема оросительной системы с колесными дождевателями: 1 – насосная станция; 2 – магистральный трубопровод; 3 – распределительный трубопровод с гидрантами; 4 – распределительный колодец с задвижками; 5 – поливные крылья колесного дождевателя; 6 – эксплуатационные дороги; 7 – граница орошаемой площади; L – расстояние между оросителями; B – расстояние между гидрантами



а *б*

Рис. 3.34. Общий вид колесных дождевателей на поливе пастбищ: а – с механическим приводом от д.в.с с; б – электроприводом от электростанции на базе шасси Т-16М

После выдачи поливной нормы закрывают задвижку сети, давление в трубопроводе падает, сливные клапаны автоматически открываются и выпускают воду из трубопровода. Затем отсоединяют от гидранта узел присоединения и, запустив двигатель, перекатывают поливное крыло на новую позицию к следующему гидранту. Заглушив двигатель, подключают узел присоединения к гидранту и открывают задвижку.

Аналогичные операции проводят со вторым крылом и оба крыла работают одновременно**.** Смена позиций производится поочередно.

Высокая производительность дождевальных колесных трубопроводов и хорошее качество полива обеспечиваются только в том случае, если технологические схемы ее работы составлены с учетом технико-эксплуатационных возможностей машины, а также требований почвы и растений к водному режиму.

При организации территории (размещении севооборотных полей и оросительной сети) и выборе технологических схем работы колесных трубопроводов следует стремиться к тому, чтобы продолжительность полива поля (участка) была минимальной и в то же время расход колесных трубопроводов не завышался.

Продолжительность работы дождевальных колесных трубопроводов на позиции зависит от рабочего расхода машины, поливной нормы и затрат воды на испарение в момент дождевания, мин (3.11):

$$t = \frac{m}{\rho\beta}, \qquad (3.11)$$

где m – поливная норма, мм;

ρ – интенсивность дождя, мм/мин (3.12);

β – коэффициент, учитывающий потери воды на испарение.

$$\rho = \frac{60Q}{\omega}, \qquad (3.12)$$

где Q – расход машины, л/с; w – поливаемая с позиции площадь, м^2.

Весь ряд дождевальных колесных трубопроводов разработан на базе ДКШ-64 «Волжанка», поэтому технологические схемы работы их идентичны. При проектировании оросительных систем с применением дождевальных колесных трубопроводов необходимо учитывать различие технических характеристик машин, которые представлены в табл. 3.18.

Таблица 3.18

Основные технические характеристики модификаций дождевальных колесных трубопроводов

Показатели	Модификации дождевальных колесных трубопроводов				
	ДКН-80 *	ДКЭ-80 *	ТКУ-100*	ДКГ-80 «Ока»	ДКШ-64А
Расход воды машиной, л/с	90	90	102	100	85
Давление на входе в машину, МПа	0,45	0,45	0,55	0,50	0,40
Диаметр водопроводящего пояса машины, мм	130	130	150	150	150
Привод для перемещения машины при смене позиций	Механический от д.в.с.	Электрический	Механический от д.в.с. или электрический	Гидропривод	Механический от д.в.с.
Расстояние, м: между оросителями	600	600	800	800	800
между позициями (гидрантами)	27	27	27-36	36	24/18

* Предназначены для полива водой и подготовленными животноводческими стоками.

3.2.4. Двухконсольные дождевальные агрегаты ДДА-100МА и ДДА-100В

Современное состояние сельского хозяйства в стране с ее многоукладностью форм хозяйствования характеризуется значительным снижением объемов производства сельскохозяйственных культур на мелиорированных землях, в том числе и овощных на открытых орошаемых площадях. Недостаточный объем производства и несовершенство конструкции ранее выпускавшихся технических средств полива, а также длительность их использования (более восьми-десяти лет) снижает эксплуатационную надежность, ухудшает качество дождевания и структуру почвы, не дает ожидаемого урожая сельскохозяйственных культур [3.12; 3.15].

Одним из направлений практического возрождения орошаемого земледелия в стране является разработка мероприятий по созданию новой и своевременному совершенствованию эксплуатируемой дождевальной техники и ее восстановлению на действующих оросительных системах на базе современных научно-технических достижений, обеспечивающих энергосберегающие и экологически безопасные технологии полива. Это позволит продлить срок службы техники орошения на ближайшие пять-восемь лет.

Исходя из территориальной и почвенной классификации пойменных земель, орошению дождеванием подлежат прирусловые и центральные их части, характеризуемые соответственно почвами легкого и тяжелого механического состава, что и определило разработку и создание для агрегата ДДА-100МА двух комплектов (№ 1 и № 2) малоинтенсивных дождеобразующих устройств, отличающиеся различным количеством, параметрами, схемами расстановок и обеспечивающие энерговодосберегающие и почвощадящие технологии полива на почвах средней (табл. 3.24, комплект № 1) и низкой водопроницаемости (табл. 3.25, комплект № 2).

Комплекты энерговодосберегающих и почвощадящих дождеобразующих устройств (в дальнейшем – «комплекты») предназначены для установки на дождевом поясе двухконсольных дождевальных агрегатов ДДА-100МА, работающих длительное время при орошении овощных, ягодных, кормовых культур, многолетних трав, лугов и пастбищ в условиях пойменных земель на действующих оросительных системах Нечерноземной зоны Российской Федерации.

В сравнении с серийным агрегатом модернизированные его модификации отличаются тем, что комплекты энерговодосберегающих и почвощадящих дождеобразующих устройств с использованием насадок нового поколения создают дождь мелкодисперсной структуры с высокой равномерностью распределения его по орошаемой площади и низкой энергией ударного воздействия на почву и растения (особенно в период их всходов и приживления); обеспечивают эрозийно-безопасный полив без образования поверхностного стока воды и разбрызгивания почвы, различных по водопроницаемости агрофонов (средней и низкой). Отмеченное также должно достигаться тем, что факелы дождя насадок соответствующих ветвей дождевого пояса и агрегата направляются в противоположные стороны [3.16].

Схема 1 (см. рис. 3.35 б), включающая в себя 54 дефлекторные насадки секторного действия, установленные через 4 м на открылках, предназначена для почв пойменных земель со средней водопроницаемостью.

Схема 2 (см. рис. 3.35 в), включающая в себя 102 дефлекторные насадки секторного действия, установленные через 2 м на ветвях дождевого пояса, попеременно на открылках с противоположно направленными факелами их действия, предназначена для почв пойменных земель с низкой водопроницаемостью.

Разнонаправленность действия факелов насадок первой и второй ветвей дождевого пояса агрегата обусловливает последовательное по времени воздействие их дождя на почву в отличие от серийной машины (см. рис. 3.35 а), что значительно снижает вероятность возникновения поверхностных стоков воды и почвенной эрозии пойменных земель. Это также подтверждено теоретическо-экспериментальными исследованиями по оптимизации конструктивно-высотных параметров насадок, которыми установлено, что при высоте положения насадок агрегата над поверхностью орошения H=1,5 м слой дождя попеременно от первой и второй ветви дождевого пояса полностью впитывается в почву без образования поверхностного стока воды, при этом расстояние между рядами насадок составляет 4 м. С возрастанием высоты положения насадок увеличивается величина сноса дождя ветром, обеспечивающего предварительное увлажнение почвы, и как следствие, увеличение ее впитывающей способности и достоковой нормы полива (не менее 100 $м^3$/га). Это в конечном счете должно обусловливать уменьшение расстояния между рядами насадок (ветвями дождевого пояса), что отмечается у серийного агрегата, которое при увеличении высоты положения концевых частей консолей ферм до H =3,5 м составляет 1,6-1,8 м.

Расстановка модернизированных насадок комплектов № 1 и № 2 приведены в табл. 3.19 и 3.20.

Таблица 3.19

Расстановка и комплектация энерговодосберегающими и почвощадящими дождеобразующими устройствами агрегата ДДА-100МА для почв пойменных земель средней водопроницаемости (комплект № 1)

Номер панели		К	I	II	III	VI	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Номер насадки		к	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Диаметр сопла насадки, мм		17	13	13	13	12	12	12	12	12	11	11	11	11	11
Число насадок	на консоль	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	на агрегат	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4

Примечание. Тип насадок № 1-13 – короткоструйные, дефлекторные секторного действия; к – концевая с ложкообразным дефлектором.

Таблица 3.20

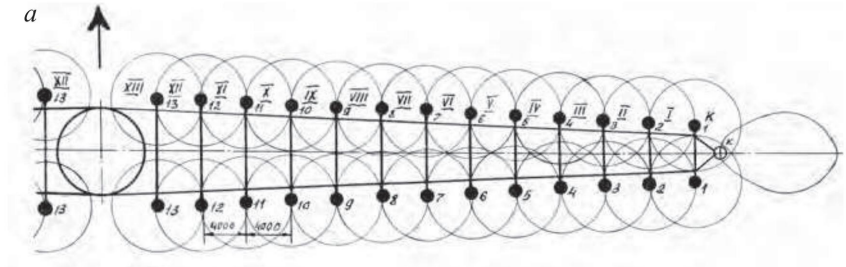
Расстановка и комплектация энерговодосберегающими и почвощадящими дождеобразующими устройствами агрегата ДДА-100МА для почв пойменных земель низкой водопроницаемости (комплект № 2)

Номер панели		К	I	II	III	VI	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII
Номер насадки		к	1, 2	3, 4	5, 6	7, 8	9, 10	11, 12	13, 14	15, 16	17, 18	19, 20	21, 22	23, 24	25
Диаметр сопла насадки, мм		15	9,5	9,5; 9,0	9,0	9,0	9,0	9,0	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5; 8,0	8,0
Число насадок	на консоль	1	4	2, 2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2, 2	2
	на агрегат	2	8	4, 4	8	8	8	8	8	8	8	8	8	4, 4	4

Примечание. Тип насадок № 1-25 – короткоструйные, дефлекторные секторного действия; к – концевая с ложкообразным дефлектором.

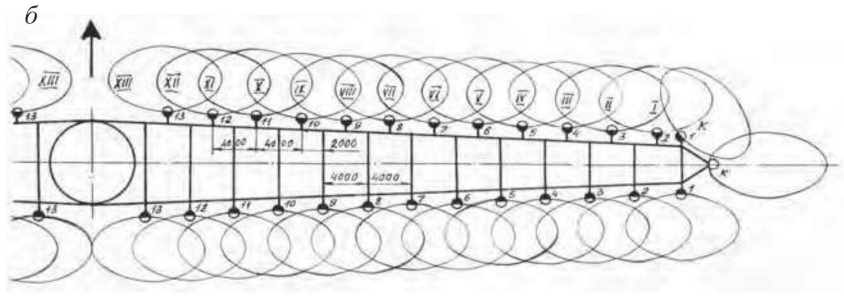
К – концевая панель;
I-XIII – номера панелей консоли;
1-13 – порядковые номера короткоструйных дефлекторных насадок кругового действия;
к – концевая насадка с плоским дефлектором

а



К – концевая панель;
I-XII–номера панелей консоли;
1-13 – порядковые номера короткоструйных дефлекторных насадок секторного действия;
к – концевая насадка с ложкообразным дефлектором

б



К – концевая панель;
I-XII – номера панелей консоли;
1-25 – порядковые номера короткоструйных дефлекторных насадок секторного действия;
к – концевая насадка с ложкообразным дефлектором

в

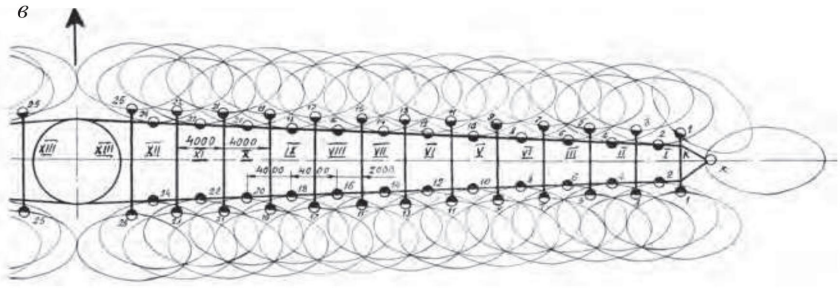


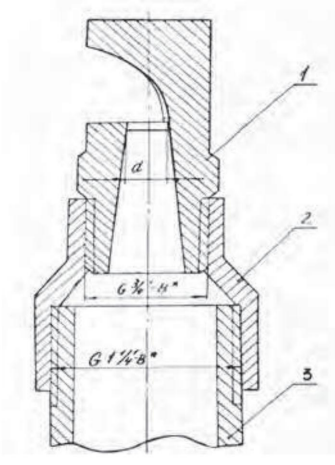
Рис. 3.35. Схемы расстановки дождеобразующих устройств на дождевальных агрегатах ДДА-100МА и карты формирования дождя: а – серийный; б – модернизированный для почв средней и пониженной водопроницаемости; в – модернизированный для почв низкой водопроницаемости

Установка модернизированного комплекта насадок приведена на рис. 3.36, а основные сравнительные показатели серийного и модернизированных агрегатов – в табл. 3.21.

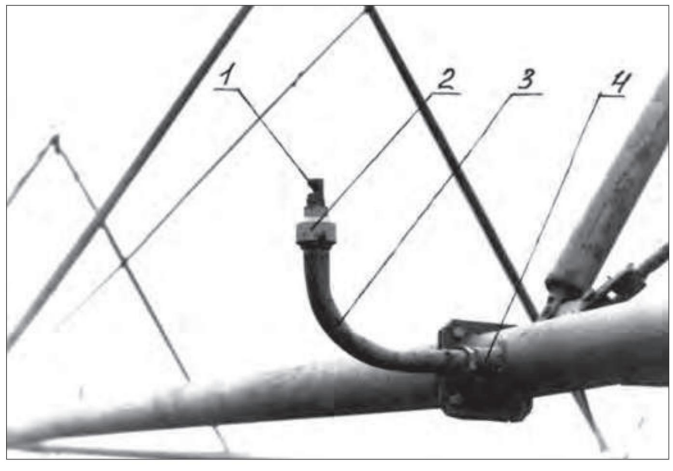
Конструктивная схема

Общий вид
Размещение на машине

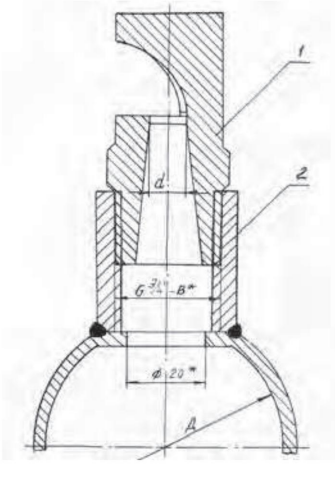
а



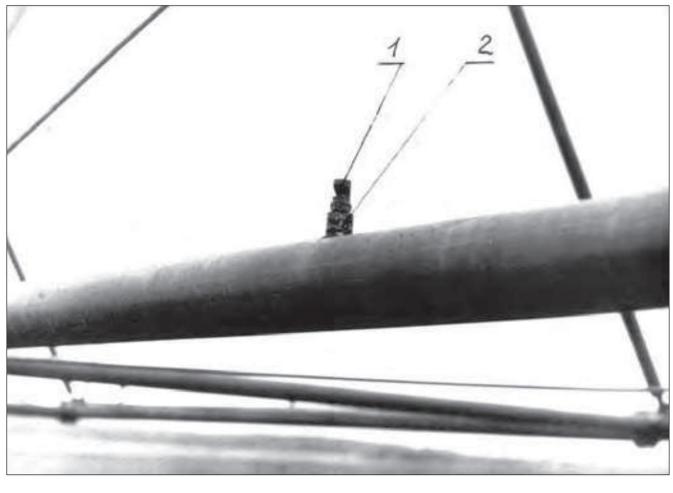
1 – насадка;
2 – переходник;
3 – патрубок



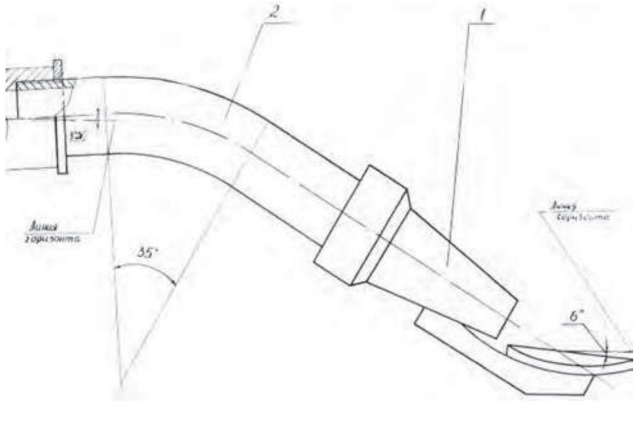
б



1 – насадка; 2 – муфта



в



1 – насадка; 2 – патрубок

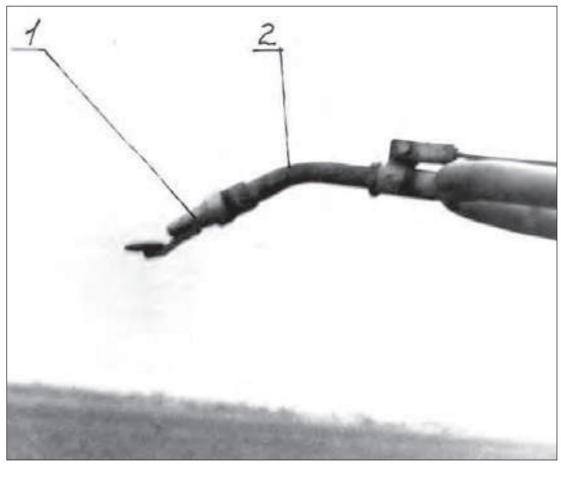


Рис. 3.36. Дефлекторные насадки секторного действия: а – на открылке; б – на трубе; в – концевая

Таблица 3.21

Сравнительная техническая характеристика серийного и модернизированных дождевальных агрегатов ДДА-100МА

Показатели	Агрегат		
	серийный	модернизированный с комплектами	
		№ 1 (для почв со средней водопроницаемостью)	№ 2 (для почв с низкой водопроницаемостью)
Расход воды, л/с	130±5	100±5	100±5
Напор на выходе из насоса, МПа	0,37	0,27-0,3	0,25-0,28
Тип дождевальных насадок: основных концевых	Дефлекторные кругового действия с плоским дефлектором	Дефлекторные секторного действия со сферическим дефлектором	
Схема размещения основных насадок	Супротивно на открылках с шагом 4 м	В шахматном порядке на открылках с шагом 4 м	Супротивно на открылках и трубопроводах с шагом 2 м
Число насадок: основных концевых	 52 2	 52 2	 100 2
Диаметр сопла насадки, мм: основной концевой	 12-14 22	 11-13 17,0	 8-9,5 15,0
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	3,8-4,3	2,5-3	2,5-3
Средний диаметр капли, мм	1,5-1,7	1,1-1,3	0,8-0,9
Коэффициент эффективного полива	До 0,6	0,75	0,8
Размеры полосы захвата дождем, м: ширина длина	 120 16	 120 18	 120 18
Всхожесть растений (на примере моркови), %	70	90	92
Расход топлива, кг/га	14,8	11,3	10,6

Дождевальный агрегат ДДА-100МА забирает воду в движении из открытых каналов. При благоприятных условиях рельефа и почвы вся внутрихозяйственная сеть таких систем, включая и распределители различных порядков, может быть полностью открытой. При сложном рельефе или механическом подъеме воды подводящая и распределительная сети или их отдельные участки делаются закрытыми (рис. 3.37).

Оросительная сеть состоит из земляных каналов, идущих параллельно друг другу на расстоянии 120 м, что соответствует рабочей ширине захвата дождевального агрегата.

При поливе дождевальные агрегаты ДДА-100МА совершают повторные проходы вдоль каналов. По окончании полива на одном оросительном канале агрегат ДДА-100МА переезжает на следующий.



Рис. 3.37. Полив агрегатом ДДА-100МА

Разработанные комплекты малоинтенсивных дождеобразующих устройств для двухконсольных дождевальных агрегатов ДДА-100МА на действующих оросительных системах должны обеспечить следующие показатели работы агрегата:

- продление срока службы работающих агрегатов на пять-восемь лет без значительных дополнительных капитальных вложений;
- обеспечение эрозийно-безопасного и энерговодосберегающего полива без образования поверхностного стока;
- снижение потерь оросительной воды до 12%, расхода топлива на 18-20%;
- повышение урожайности сельскохозяйственных культур на 10-15%;
- уменьшение количества озелененных (оголенных) корнеплодов на 4-5% (из-за уменьшения размыва грядок).

Разработанные комплекты № 1, 2 могут быть внедрены при модернизации двухконсольных дождевальных агрегатов ДДА-100МА на действующих оросительных системах при некотором уточнении параметров в различных регионах Российской Федерации.

На Волгоградском заводе оросительной техники освоено серийное производство двухконсольного дождевального агрегата ДДА-100В, агрегатируемого трактором со смещенной кабиной ДТ-75ХС4 (рис. 3.38). Основные технические характеристики агрегата приведены в табл. 3.22.

Дождевальный агрегат ДДА-100В по технологии работы и конструктивной компоновке в общем плане аналогичен дождевальному агрегату ДДА-100МА. Для повышения качества полива, ДДА-100В оснащается короткоструйными дефлекторными насадками секторного действия, разработанными ранее для модернизации агрегата ДДА-100МА.

Таблица 3.22

Техническая характеристика ДДА-100В

Расход воды, л/с	Напор, м	Рабочая скорость, км/ч		Транспортная скорость, км/ч	Слой дождя за один проход, мм	Ширина захвата, м	Габаритные размеры, м
		вперед	назад				
130	37	До 1,07	0,6	4,27	5,0	120	6,15x111,14x5,09
100	34	До 1,07	0,6	4,27	3,9	120	6,15x111,14x5,09



Рис. 3.38. Дождевальный агрегат ДДА-100В

Используемые источники

3.1. **Городничев В.И.** Система программного управления многоопорной дождевальной машиной. А.с. № 1676533; БИ № 34, 1991.

3.2. **Городничев В.И.** Системы контроля и оценки качества полива дождевальными машинами фронтального действия // Мелиорация и водное хоз-во. – 2004. – № 3. – С. 36-38.

3.3. **Городничев В.И.** Автоматизация технологических процессов. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 268 с.

3.4. **Городничев В.И., Ольгаренко Г.В.** Способ полива и машина для его осуществления: пат. № 2291610, БИ. № 2, 2007.

3.5. **Городничев В.И., Турапин С.С.** Перспективы совершенствования широкозахватных дождевальных машин / Сб. науч. докл. на Междунар. Российско-сирийской выставке-семинаре «Водо- и энергосберегающие технологии и техника сельскохозяйственного орошения». – Дамаск. Сирийская Арабская Республика, 2008.

3.6. **Лебедев Б.М.** Дождевальные машины. Изд.2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977.

3.7. **Маслов Б.С., Минаев И.В., Губер К.В.** Справочник по мелиорации. – М.: Росагропромиздат, 1989.

3.8. Машина дождевальная электрифицированная «Кубань-ЛК1». Руководство по эксплуатации (ч. 1 – техническое описание и инструкции; ч. 2 – иллюстрации).

3.9. Научно-технический отчет ГНУ ВНИИ «Радуга» по теме 01.01.02 «Разработать агротехнические требования на поливную технику нового поколения при различных способах орошения с учетом ее многоцелевого применения и обеспечения экологической безопасности». – Коломна, 2000.

3.10. **Ольгаренко Г.В., Рязанцев А.И., Каштанов В.В.** Экологически безопасная многоопорная дождевальная машина кругового действия: пат. на полезную модель № 48247, Бюл. № 28. 2005.

3.11. Отчет о научно-исследовательской работе по теме 1.130 «Разработка конкурентно-способной электрифицированной дождевальной машины с усовершенствованным дождевым поясом, автоматическим управлением и энергосберегающими ходовыми системами на базе серийной ДМ «Кубань-ЛК1». – Коломна, 2007.

3.12. Отчет о научно-исследовательской работе по теме 2.1.3 «Разработать научно-методическую и нормативную техническую документацию по проектированию и эксплуатации оросительных систем с широкозахватными дождевальными машинами», 2014.

3.13. Отчет о научно-технической работе по теме 2.12. Проект 1. Провести полевые испытания основных модификаций дождевальных машин кругового перемещения типа «Фрегат» и «Кубань-ЛК1». – Коломна. 1991.

3.14. Отчет по теме 1.119 «Проведение исследований, разработка программы и технических решений по совершенствованию широкозахватных дождевальных машин». – Коломна, 2005.

3.15. Многофункциональная дождевальная машина: пат. № 2212787 // Кошкин Н.М., Ольгаренко В.И., Ольгаренко Г.В., Кошкин А.Н. Дата регистрации 27.09.2003.

3.16. **Пацера И.П., Волобой В.И., Бубенчиков М.А., Данильченко А.Н.** Короткоструйная дождевальная насадка. А.с. № 1729603, 1991.

3.17. **Рязанцев А.А., Ольгаренко Г.В., Городничев В.И., Рогачев А.А., Каштанов В.В.** Многоопорная малоэнергоемкая дождевальная машина кругового действия с электроприводом: пат. на полезную модель № 54287, Бюл. № 18, 2006.

3.18. **Рязанцев А.И.** Механико-технологическое совершенствование дождевальной техники. – Коломна, 2003.

3.19. **Рязанцев А.И.** Многоопорная дождевальная машина кругового действия. А.с. № 1531926 СССР, Бюл. № 48.

3.20. **Рязанцев А.И.** Опыт совершенствования многоопорных дождевальных машин кругового действия // Мелиорация и водное хоз-во. – 1990. – №11.

3.21. **Рязанцев А.И.** Оценка движителей многоопорных дождевальных машин / Экспресс-информ. ЦБНТИ МВХ СССР, сер. 1. Вып. 8. – М.,1985.

3.22. **Рязанцев А.И.** Способ подготовки дождевальных машин к работе. А.с. № 1706467 СССР, Бюл. №3, 1992.

3. 23. **Рязанцев А.И., Ольгаренко Г.В., Кириленко Н.Я., Зилотин М.А.** Жесткое колесо движителя многоопорных дождевальных машин: пат. на полезную модель № 43726, Бюл. № 4, 2005.

3.24. **Рязанцев А.И., Ольгаренко Г.В., Кириленко Н.Я., Зилотин М.А.** Многоопорная дождевальная машина кругового действия: пат. на полезную модель № 43727, Бюл. № 4, 2005.

4. ШЛАНГО-БАРАБАННЫЕ ДОЖДЕВАЛЬНЫЕ МАШИНЫ

В последние годы значительно увеличился парк шланговых дождевателей барабанного типа: их доля в структуре парка техники полива Российской Федерации превышает 5% при площади полива более 100 тыс. га. В перспективе данная техника может обслуживать до 20% орошаемых земель [4.1; 4.5; 4.10].

Основные достоинства этих машин:

- высокая степень автоматизации процесса полива;
- простота работы и наладки;
- высокая мобильность и адаптируемость к конфигурации поливаемых участков;
- возможность работы на больших уклонах.

Основные недостатки:

- потребность в тракторах при перемещении между позициями и подготовке к поливу;
- необходимость высокого давления на входе в машину;
- ограничение диапазона применимости при использовании дальнеструйных дождевальных аппаратов.

4.1. Классификация, конструкция и технология работы шланговых дождевателей барабанного типа (ШДБТ)

Представляют собой дождевальные машины, проводящие полив при перемещении дождевального аппарата (дождевальной консоли) по площади орошения. Размеры поливаемой полосы (длина и ширина) зависят от длины шланга, по которому вода поступает к дождевальному аппарату (дождевальной консоли), и радиуса полива дождевального аппарата или ширины полосы поливаемой дождевальной консолью [4.2; 4.3; 4.4; 4.8; 4.9].

В зависимости от условий ШДБТ могут работать с приводом от гидротурбины, двигателя внутреннего сгорания или электродвигателя.

На начальном этапе развития ШДБТ подразделялись на два типа: с полиэтиленовым шлангом, наматываемым на барабан, и с плоскосворачиваемым рукавом. В современных условиях широкое распространение получили только шланговые дождеватели с ПЭТ шлангом, наматываемым на специальный барабан.

Классическая конструктивно-компоновочная схема ШДБТ предполагает наличие следующих узлов и устройств (рис. 4.1):

1. Намоточный барабан с катушкой, установленный на одно- или двухосное шасси с пневмоколесами. Барабан (катушка) размещается на шасси вертикально.

Барабан смонтирован на раме с опорно-поворотным устройством, благодаря которому он может поворачиваться на 360°. Привод опорно-поворотного устройства – ручного и гидравлического типа (от гидравлики трактора). Для предотвращения быстрого разматывания полиэтиленового шланга или ослабления его витков во время перемещения барабан снабжается автоматическим тормозным устройством.

2. Полиэтиленовый шланг, разматываемый с барабана перед поливом и наматываемый на него в процессе полива в несколько слоев. Поперечное сечение шланга постоянно по всей его длине. Номенклатура используемых шлангов довольно большая. Чаще всего используются ПЭТ шланги Ø32, 50, 63, 75, 90, 100, 110, 125, 140 мм с рабочим давлением воды 1,2 МПа.

Применение шланга диаметром более 140 мм и длиной более 550 м не практикуется. Это обусловлено значительными энергетическими затратами и большими гидравлическими потерями по длине шланга.

3. Привод для намоточного барабана (катушки), в качестве которого используются водяной двигатель поршневого типа (на малых машинах с расходом до 5 л/с), радиальная реактивная турбина с приводом на масляный гидромотор, водяная турбина с системой механических передач, двигатель внутреннего сгорания, электропривод.

Из перечисленных типов приводов чаще всего применяется водяная турбина с системой механических передач, которая обеспечивает бесступенчатое регулирование скорости перемещения дождевального аппарата по орошаемой площади

и выдачи заданной поливной нормы, а также возможность полива загрязненной водой.

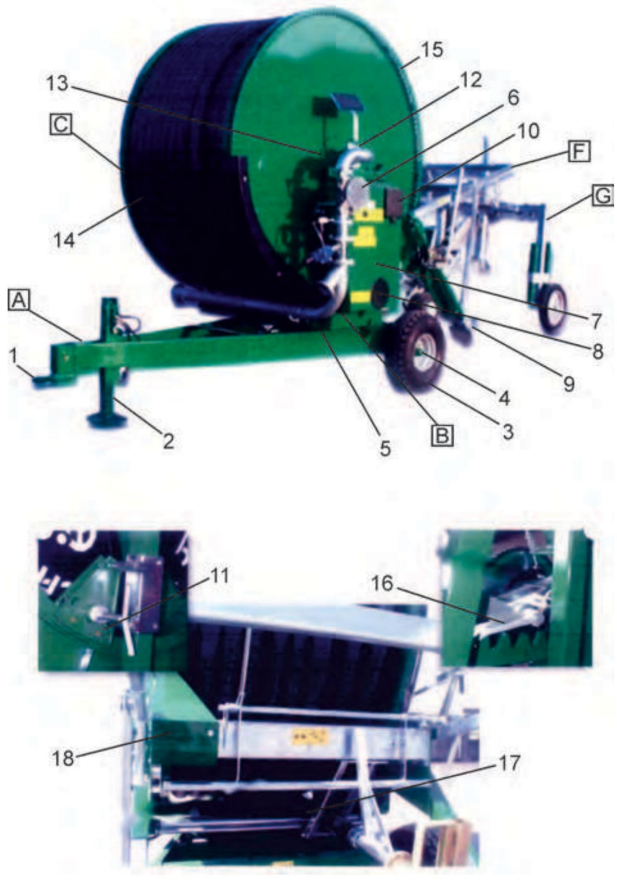


Рис. 4.1. Основные узлы и детали ШДБТ: A – рама ШДБТ: 1 – тяговый (транспортировочный) крюк; 2 – опорный домкрат; 3 – пневмоколеса; 4 – колёсная ось; 5 – опорно-поворотная платформа; B – движитель ШДБТ: 6 – турбина; 7 – защитный кожух; 8 – коробка передач; 9 – стойки и опоры дождевателя; 10 – шкаф управления дождевателем; 11 – тормоз; C – барабан (катушка) ШДБТ: 12 – шарнир соединения; 13 – опорная вилка; 14 – ПЭТ шланг; 15 – зубчатый венец барабана; 16 – невозвратная защёлка; D – механизм направляющий и укладывающий ПЭТ шланг: 17 – направляющая вилка; 18 – коническая зубчатая передача; F – подъёмный механизм для тележки; G – штатив с дождевальным аппаратом

4. Привод от ВОМ трактора для ускоренной смотки (в случае необходимости) ПЭТ шланга на катушку.

5. Механизм, направляющий и укладывающий ПЭТ шланг, обеспечивающий равномерную намотку и распределение шланга на барабане (катушке) машины.

6. Дождевальный аппарат (дождевальная консоль), установленный на штатив или раму с колесными опорами. Используются дождевальные аппараты кругового и секторного действия, но последние чаще, так как предохраняют ПЭТ шланг от намокания и обеспечивают перемещение дождевальной машины по сухой почве. Сектор полива при этом регулируемый, как правило, составляет 210-220°. Угол вылета струи из ствола аппарата 21-27°, что снижает действие ветра на дальность полета струи и обеспечивает равномерность распределения искусственного дождя по орошаемой площади.

Высота расположения ствола дождевального аппарата от поверхности земли регулируется и может достигать 2,3-2,5 м. Ширина колеи штатива регулируется в зависимости от орошаемой культуры.

Оптимальная величина давления воды перед дождевальным аппаратом должна быть не менее 0,35-0,4, в связи с чем давление на гидранте составляет от 0,5 до 1,2 МПа.

ШДБТ также предусматривают использование в качестве дождеобразующего устройства ферменный водораспределитель (дождевальная консоль) с рассредоточенными по нему низконапорными дождевальными насадками. Ширина полосы полива таких консолей 20-95 м. Преимущества замены – снижение требуемого давления на входе ШДБТ, малые диаметры капель искусственного дождя, и как следствие, повышение эрозионной устойчивости машины и большая устойчивость дождевальных струй к действию ветра.

7. Автоматическое устройство для прекращения водоподачи к дождевальному аппарату по окончании полива, в случае падения давления воды ниже требуемого или неправильной намотки шланга на барабан.

8. Сливной клапан или компрессор для удаления воды из полиэтиленового шланга после окончания прохода дождевального аппарата (дождевальной консоли) по поливаемой полосе и по окончании поливного сезона перед постановкой на зимнее хранение.

9. Саморегулирующийся клапан, устанавливаемый перед входом воды в дождеватель, предотвращающий возникновение гидравлического удара.

10. Механизм для подъема штатива с дождевальным аппаратом на шасси (раму) барабана перед транспортировкой ШДБТ с позиции на позицию.

11. Тахометр, на котором устанавливается скорость намотки ПЭТ шланга на барабан или шкаф электронного управления ШДБТ с питанием от солнечных батарей, который управляет скоростью движения штатива с дождевальным аппаратом (дождевальной консолью) с целью выдачи задан-

ной поливной нормы. Манометр для снятия показаний давления воды на входе в дождеватель.

12. Отрезок шланга длиной 5-10 м с быстроразъемными соединениями для подключения дождевателя к гидранту.

Проанализировав номенклатуру выпускаемых ШДБТ зарубежных и отечественных фирм, можно разделить все дождеватели на три класса: первый – малые дождеватели с расходом до 5 л/с и шлангом ∅ 32-63 мм; второй – средние дождеватели с расходом от 5 л/с до 25 л/с и ПЭТ шлангами ∅63-100 мм; третий – большие дождеватели с расходом свыше 25 л/с и ПЭТ шлангами диаметром до 160 мм.

Технология работы ШДБТ заключается в следующем (рис. 4.2). ШДБТ буксируется трактором на позицию возле гидранта. С помощью опорного домкрата машина фиксируется на позиции, далее по необходимости катушка поворачивается, используя опорно-поворотное устройство.

ШДБТ подключают к гидранту оросительной сети, используя гибкий рукав с быстроразъемными соединениями.

Затем ПЭТ шланг разматывается с барабана с помощью трактора, в движении по направлению к краю участка. По окончании размотки шланга на наконечник штатива устанавливается дождевальный аппарат и открывается гидрант оросительной сети.

Вода поступает на гидротурбину и далее по ПЭТ шлангу в дождевальный аппарат (дождевальную консоль). Посредством редуктора и шестеренчатых передач вращение от турбины передается на барабан (катушку) и он начинает вращаться (накручиваться). Одновременно с помощью шлангоукладывающего механизма ПЭТ шланг равномерно накручивается на барабан.

При постепенном накручивании ПЭТ шланга на барабан он начинает подтягивать за собой штатив с дождевальным аппаратом (дождевальной консолью), который, передвигаясь, проводит полив полосы.

Слой осадков искусственного дождя, выдаваемый дождевальным аппаратом (дождевальной консолью) за один проход, и время полива полосы зависят от скорости его передвижения, которая определяется скоростью намотки шланга на барабан, т.е. скоростью его вращения.

При подходе дождевального аппарата (дождевальной консоли) к ШДБТ на расстояние 5 м полив автоматически прекращается. Затем барабан поворачивают на требуемый угол, и начинается полив второй полосы. После ее полива дождевальный аппарат со штативов поднимается на шасси (раму) барабана и ШДБТ с помощью трактора перевозится на следующую позицию к другому гидранту и операции повторяются.

Современные ШДБТ предназначены для полива всех сельскохозяйственных культур способом дождевания при хорошей адаптации к параметрам и конфигурации орошаемой площади, высокой мобильности, возможности работы на сравнительно больших уклонах поверхности земли и высокой производительности. Спектр ШДБТ широко представлен на российском рынке сельскохозяйственной техники (табл. 4.1).

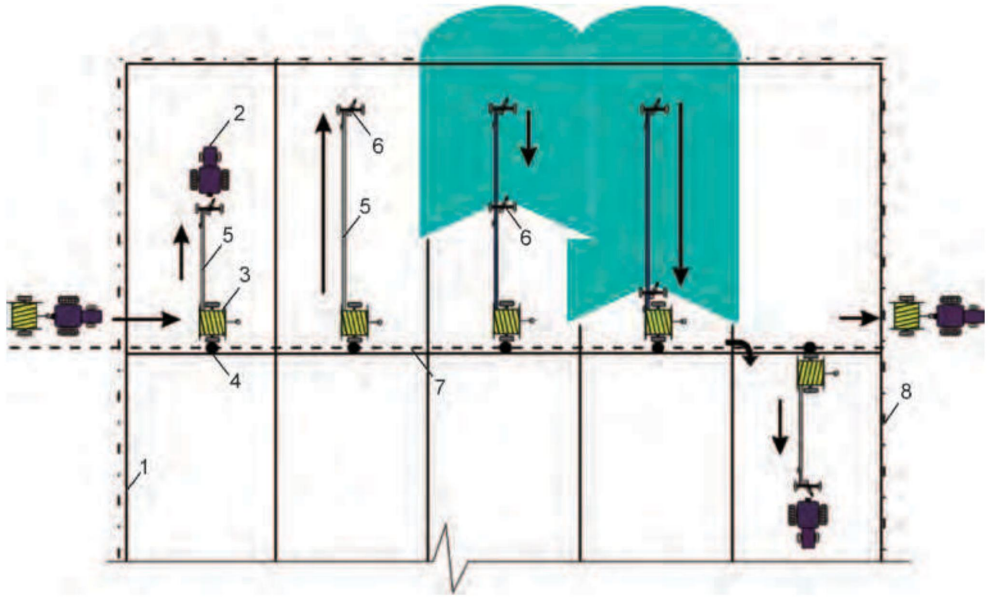


Рис. 4.2. Технологическая схема полива ШДБТ: 1 – граница орошаемого участка; 2 – трактор; 3 – шланговый дождеватель; 4 – гидрант оросительной сети; 5 – полиэтиленовый шланг; 6 – дождевальный аппарат; 7 – оросительная сеть; 8 – грунтовые дороги

Таблица 4.1

Основные марки шланговых дождевателей барабанного типа, представленные на рынке России

Название фирмы (страна-изготовитель, адрес и контактная информация)	Марка ШБДТ	Расход, л/с	Напор на входе в ШБДТ, МПа	Площадь полива с одной позиции, га	Возможность использования дождевальной консоли	Цена, руб. (2007 г.)
«АГРОС-32 Ортех» 107996, Россия, Москва, ГСП6, К-31, ул. Кузнецкий мост, 21/5 Тел. (495) 626-02-59 Тел/факс (495) 626-00-27 Auto.Mash@g23.relcom.ru	«АГРОС-32»	0,6-1,2	0,4-0,6	0,33	Предусмотрена: ДШ-90Ф, ДШ-110Ф	230000
	ДШ-90	8-10	0,6-0,7	1,0		1163000
	ДШ-110	10-20	0,7-0,9	2,4		1230000
УД-2500 (Белоруссия) 220049, г. Минск, ул. Кнорина, 1 Тел/факс +375 17 280-02-91 ПДМ-2500 246027, г. Гомель, ул. Объездная, 9 Тел. +375 (232) 45-23-53	УД-2500	До 14	0,2-1,2	0,9	Пока не предусмотрено	750000
	ПДМ-2500	До 17	До 1,2	1,2		959700
МДУ-75 (Украина) 72311, Запорожская обл., г. Мелитополь, ул.Вакуленчука, 99а Тел.: +38 (0619) 42-83-46, 43-43-80	МДУ-75	6-10	0,45-1	1,6-2,4	Предусмотрена: ДКФ-30	259200
«AQVA INDUSTRIAL» ОДРА 75/280 (Чехия) Aqua Industrial s.r.o. Dalimilova 54b Olomouc – Chomoutov783 35	«ОДРА 75/280»	6-12	0,5-1	2-3		150000
«Beinlih» (Германия) Eifel Maar Park 16, Postfach 1141, 56766 Ulmen,www.beinlich-beregnung.de Дилер по странам СНГ: Краснодарский край, г. Гулькевичи, ул. Олимпийская, 12 Тел. 007 (861 60) 555- 85 Тел/факс 007 (861 60) 559 -55 e-mail: sabonagro@mail.ru www.sabonagro.ru	«Примус-Кватро Модель 1800»	6-12	0,5-0,8	1,25-2,4	Оросительные консоли R 8/26 и R 20/28	
	«Монсун 2800II»	12-24	0,6-0,9	3,1-5,1	Оросительная консоль Тип R 18 – R 24 – – R 30 – R 40	
	«Монсун 3300 II»	24-50	0,6-1,1	3,2-4,6		

Продолжение табл. 4.1

Название фирмы (страна-изготовитель, адрес и контактная информация)	Марка ШБДТ	Расход, л/с	Напор на входе в ШБДТ, МПа	Площадь полива с одной позиции, га	Возможность использования дождевальной консоли	Цена, руб. (2007 г.)
«ABIirrigation». (Италия) Дилер «Садовый инженер»: Москва Тел/факс: (095) 995-88-51 (многоканальный) E-mail: company@poliv.ru http://www.irrigation.ru	560 GX	2,8-12,3	0,2-0,5	1,25-2,4	Оросительные консоли «Irrigation booms» 20,30,40,50 м	
	690 GX	10,4-31,9	0,3-0,7	3,1-5,1		
	890 GX	14-31,8	0,4-0,7	3,2-4,6		
«Irriland» (Италия) Via Togliatti, 4 (Zona IndustrialeS.Giacomo) 42016 GUASTALLA (Reggio Emilia) – ITALY Tel. 0522 831544 r.a. – Fax 0522 831548 http://www.irriland.it/	«Silver 75/110G»				Оросительные консоли IRRIGATION BOOM Mod.8,5/9; 30/39;49/57; 54/62; 61/70	
	«Compacta 100/200K»					
	«Diamant 125/400G»					
Irrimec (Италия) 100 TG 340 via Torino, 3 Zona Industriale 29010 Calendasco (PC) Tel. 0523.760441 Fax 0523.760444 e-mail: irrimec@irrimec.com	82 TG 400	3,8-11,6	0,2-0,5	1,84-3,28	Оросительные консоли «IRRIGATION BOOM F.V.T. 25/32 IN GALVANIZED STEEL»,«Irrigation boom A.V.T. - F.V.T. 91»	
	100 TG 400	10,2-21,9	0,2-0,5	2,52-3,68		
	120 TG 340	16,9-33,6	0,3-0,7	2,65-3,70		

4.2. Дождеобразующие консоли шланго-барабанных дождевателей

Основным недостатком ШДБТ является высокое рабочее давление воды на входе в машину. В связи с этим для снижения рабочего напора разработаны ферменные водораспределители (дождевальные консоли, рис. 4.3), оборудованные низконапорными дождевальными насадками, позволяющими снизить рабочий напор на 0,1-0,3 МПа. Кроме этого, использование дождевальных консолей позволило повысить эрозионную устойчивость ШДБТ (за счёт уменьшения среднего диаметра капель искусственного дождя и снижения ударной нагрузки на почву), а также устойчивость дождевых струй к воздействию ветра [4.14; 4.15; 4.16].

Выпускают консоли вантовой и ферменной конструкций.



а



б

Рис. 4.3.Дождевальные консоли: а – вантовая консоль Mod. 49/57 (IRRILAND); б – ферменная консоль Dusenwaqen Klein R40 (Beinlich)

Вантовая консоль (см. рис. 4.3а) представляет собой центральную жесткую опору, к которой посредством растяжек (вантов) подвешен водопроводящий трубопровод с рассредоточенными вдоль него низконапорными дождевальными насадками. На конце каждого плеча консоли устанавливают дождевальный аппарат, работающий по сектору с целью увеличения ширины полосы полива консолью. Для предотвращения горизонтального складывания консоли используют поперечные вантово-стержневые растяжки. Вантовые консоли – складывающиеся с целью упрощения их транспортировки.

Ферменная консоль (рис. 4.3б) чаще всего представляет собой четырех- или трёхпоясную конструкцию прямоугольного или треугольного поперечного сечения. Система решетки треугольная, с восходящими раскосами и стойками. Ближе к концу ферменная конструкция консоли переходит в вантовую. Между двумя нижними поясами находится водопроводящий трубопровод с расположенными вдоль него низконапорными дождевальными насадками. На концах каждого плеча консоли имеется дождевальный аппарат. Вся конструкция опирается на платформу с четырьмя пневмоколесами, расстояние между которыми регулируется в зависимости от длины междурядий поливаемой культуры [4.13].

ОАО «Волгоградский завод оросительной техники и жилищно-коммунального хозяйства» выпускает дождевальные консоли. Он также изготавляет вантовые консоли для машин «Агрос ДШ 90Ф» и ДШ 110Ф. Ширина захвата консолей 55-60 м, расход воды 10-20 л.

В ближайшем зарубежье выпуск консолей наладило ООО «Техносервис» (г. Мелитополь, Укра-

ина), кроме того, он выпускает вантовую дождевальную консоль ДКФ-30 как дополнительное оборудование к полосовому шланговому дождевателю МДУ-75. Ширина захвата консоли 30-46 м, масса 500 кг, расход воды 6-11 л/сек.

Выпуском вантовых дождевальных консолей занимаются итальянские фирмы RM, «IRRILAND», «Ocmis Irrigazionz». Фирма RM изготовляет консоли «Альбатрос» серий 14, 20, 30, 40, 50,72 с шириной захвата 20-95 м и расходом 1-56 л/с, «IRRILAND» – консоли для дождевальных машин серии DIAMANT (диаметр водопроводящего трубопровода 100-130 мм) с шириной захвата 26-57 м и расходом 13-28 л/с.

Консоли фирменной конструкции изготовляют фирмы «Bauer» (Австрия), «Irrimec» (Италия), «Beinlich» (Германия). Ширина захвата дождевальных консолей фирмы «Irrimec» 26-72 м, расход воды 6-33 л/с. Немецкая фирма «Beinlich» выпускает дождевальные консоли «Dusenwaqen Klein R18-R40». Для полосовых шланговых дождевателей Beinlich среднего класса (Primus) с шириной захвата 18-50 м и расходом воды 4,5-16 л/с, консоли «Dusenwaqen grob R35-R64» для машин класса Monsun с шириной захвата 35-72 м и расходом до 40 л/с.

Техническая характеристика дождевальных консолей приведена в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Техническая характеристика дождевальных консолей

Марка консоли (фирма)	Расход, л/с	Давление на входе в консоль, МПа	Рабочая ширина захвата, м	Рабочая длина захвата, м	Площадь орошения с одной позиции, га	Масса, кг
ДШ-90Ф («Ортех»)	8-10	0,2-0,5	55	250	1,375	500
ДШ-110Ф («Ортех»)	10-20	0,3-0,6	60	400	2,4	1000
ДКФ-30 («Техносервис»)	6-11	0,35-0,65	30-46	285(370)	0,85(1,7)	500
«Альбатрос» (RM)	36-56	0,3-0,4	95	440(600)	4,2(5,7)	1200
MOD 49/57 («Irriland»)	8-28	0,1-0,3	57	300(500)	1,7(2,8)	600
Dusenwaqen Klein R40 («Beinlich»)	4,5-16	0,2-0,45	50	350	1,75	600

Дождевальные консоли бывают двух конструкций: вантовая и рамная. Как правило, если длина консоль менее 40 м, то она вантовой конструкции, если более 40 м – ферменной.

Минимальная ширина полосы полива дождевальных консолей 16 м, расход воды 1 л/с, максимальная ширина дождевальной консоли «Альбатрос» фирмы RM (Италия) 95 м, расход воды до 56 л/с.

Разработанный и выпускаемый функциональный ряд дождевальных консолей позволяет сельхозпроизводителю подобрать консоль требуемых параметров.

4.3. Шланговый двухбарабанный дождеватель с ручным приводом. Шланговый дождеватель с двумя барабанами и ручным приводом

Назначение и техническая характеристика

Предназначен для полива сельскохозяйственных культур на садовых, приусадебных и мелкофермерских участках площадью до 4 га во всех зонах орошаемого земледелия Российской Федерации.

Может поставляться с распределительным полиэтиленовым трубопроводом Ø75 мм. Обслуживает один человек.

Техническая характеристика

Расход воды двумя аппаратами, л/с	2,2
Напор аппарата, м	30
Орошаемая площадь, га	до 4-2,5
Площадь полива с одной позиции, га	0,194-0,26
Число дождевальных аппаратов в дождевателе	2
В том числе одновременно работающих	1-2
Средняя интенсивность дождя, мм/ч	не более 12
Продолжительность полива на одной позиции при поливной норме 300 м³/га, ч	2,9-3,2
Расстояние между позициями, м	18
Подводящий трубопровод:	
длина, м	до 353
диаметр, мм	75

Устройство шлангового дождевателя

Дождеватель (рис. 4.4а, 4.4б) состоит из рамы *1* с двумя опорами *2*, в которых жестко закреплен полый вал *3* с отверстиями, на котором могут сво-

бодно и отдельно вращаться две катушки *4*, состоящие из барабанов *5* и внутренних труб *6*. Каждая внутренняя труба в подшипниках скольжения с полым валом имеет уплотнения (на рисунке не показаны). К внутренним трубам приварены отводы *7, 8* с кранами *9, 10*, к которым подсоединены полиэтиленовые трубы *11, 12*, намотанные на барабаны в разные стороны. На концах труб через муфты *13* подсоединены опоры *14* с дождевальными аппаратами *15*.

В рабочем и транспортном положениях каждая катушка жестко зафиксирована стопором *16* к раме.

Один конец полого вала заглушен, к другому подсоединен резиновый шланг с патрубком, предназначенный для подключения дождевателя через муфту к тройнику Ø 75 распределительного трубопровода.

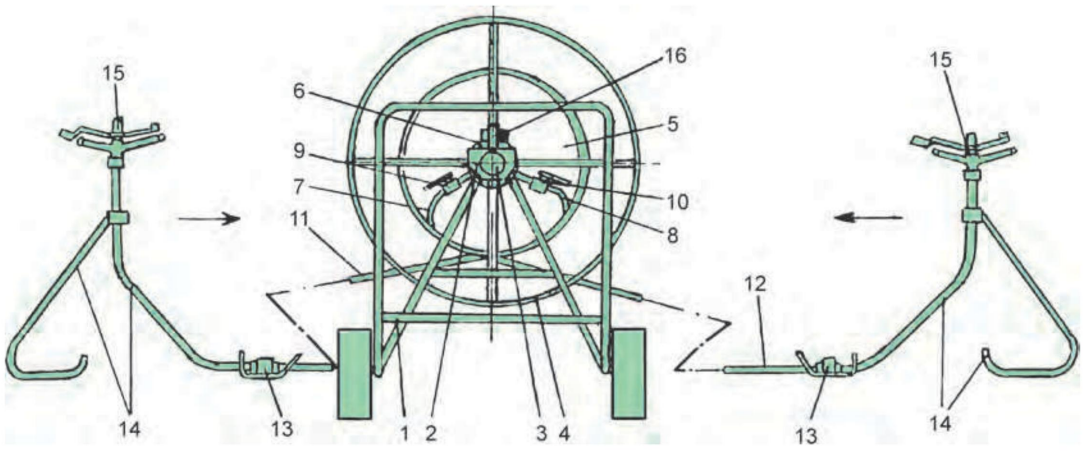


Рис. 4.4а. Шланговый дождеватель: 1 – рама; 2 – опора рамы; 3 – полый вал; 4 – катушка; 5 – барабан; 6 – внутренняя труба; 7,8 – отводы; 9,10 – краны; 11,12 – полиэтиленовые трубы Ø 32 мм, l = 50 м; 13 – муфта; 14 – опора; 15 – дождевальный аппарат; 16 – стопор



Рис. 4.4б. Шланговый дождеватель

Технология полива

Оператор-поливальщик перемещает за поперечину рамы дождеватель без опор с аппаратами на позицию для полива. Затем разматывает трубы в противоположные стороны. При этом стопоры не фиксируют жестко катушки с рамой. В запланированные места для полива переносят опоры с дождевальными аппаратами и с помощью муфт соединяют их с размотанными трубами. Подсоединяют резиновый шланг с патрубком к тройнику распределительного трубопровода, а катушки фиксируют жестко с рамой стопорами. Шланговый дождеватель готов к работе.

Для полива (см. рис. 4.4а) открывают кран, вентиль или задвижку на тройнике распределительного трубопровода. Вода под давлением по шлангу, полому валу, через внутренние трубы *6*, отводы *7, 8*, с кранами *9,10* (которые открыты), трубам *11, 12* поступает в дождевальные аппараты и происходит полив участка с двух сторон от дождевателя. После полива на первой позиции оператор-поливальщик освобождает от стопора одну из катушек и начинает вращать ее за внешний обод.

Шланг наматывается на барабан до перемещения опоры с аппаратом до следующей позиции с учетом перекрытия. Катушка фиксируется. Перемещение осуществляют при работающем аппарате до метки, нанесенной на полиэтиленовой трубе, обеспечивая заданное расстояние между позициями.

Перемещение второго дождевального аппарата осуществляют так же. Процесс полива продолжается на второй позиции.

Конструкция дождевателя позволяет проводить полив различных сельскохозяйственных культур разными поливными нормами. Для этого, например, одну катушку оставляют проводить полив, а другую вращают, шланг наматывается, перемещая опору с аппаратом на новую позицию. Полив обоими дождевальными аппаратами при этом не прекращается. При необходимости поливать можно одним аппаратом, второй отключают закрытием крана.

После полива всего участка на первой позиции шланговый дождеватель перемещают ко второму тройнику распределительного трубопровода, и процесс полива продолжается.

Схема полива шланговым дождевателем с разборным полиэтиленовым трубопроводом приведена на рис. 4.5. Чтобы не отключать насосную станцию при перемещении дождевателя, на участке необходимо иметь второй дождеватель, который в это время проводит полив.

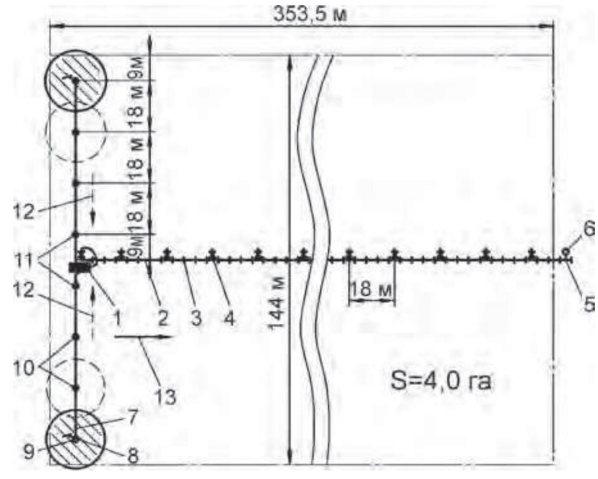


Рис. 4.5. Схема полива участка шланговым дождевателем с комплектом разборного трубопровода Ø75 мм: 1 – шланговый дождеватель; 2 – полиэтиленовая труба, l = 6 м, Ø 75 мм; 3 – муфта Ø75 мм; 4 – тройник с вентилем Ду 65; 5 – входной патрубок; 6 – манометр; 7 – трубопровод дождевателя; 8 – дождевальный аппарат (Д.А.) на опоре; 9,10,11 – позиции Д.А. при поливе; 12 – направление перемещения аппарата; 13 – направление перемещения шлангового дождевателя вдоль трубопровода

4.4. Насадки ферменных дождеобразующих устройств шланго-барабанных машин

Наибольшее распространение в шланговых установках в качестве дождеобразующих устройств (ДУ) получили короткоструйные насадки. Их достоинством является равномерное распределение воды с допустимым размером капель при сравнительно небольших напорах и затратах энергии. Структура образуемого ими дождя зависит от их конструктивных особенностей. В конструктивном исполнении различают дефлекторные короткоструйные насадки следующих видов: круговые, щелевые, секторные, центробежные (рис. 4.6-4.10) [4.6; 4.7].

К насадкам кругового действия относятся насадки стержневого типа, дугового типа с плоским дефлектором, дугового типа с вращающимся дефлектором, с коническим неподвижным дефлектором. Для получения одностороннего полива применяются щелевые насадки, преимуществом которых является простота конструкции. Вода, вытекая из щели, принимает форму плоской пленки.

В центробежных насадках в результате эксцентрического подвода жидкости возникает вихревое движение воды. При истечении из центрального отверстия в верхней крышке образуется кольцевой поток с незаполненным цилиндрическим пространством в центре (рис. 4.11).

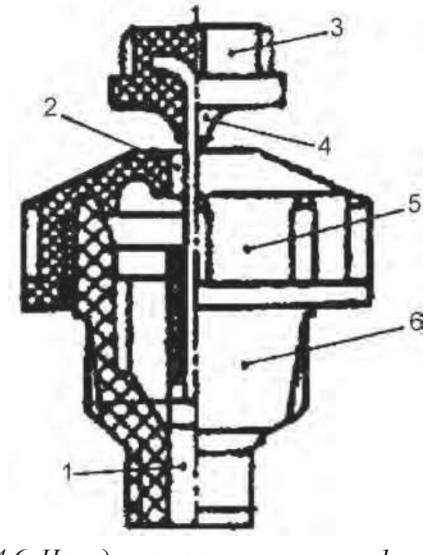


Рис. 4.6. Насадка стержневого типа: 1 – входное отверстие; 2 – выходное отверстие (сопло); 3 – гайка-регулятор; 4 – дефлектор; 5 – крышка; 6 – корпус

Секторные дождевальные насадки позволяют экономить оросительную воду, поливая растения с нужной потребителю стороны, поливать сектора разного размера – от 90° до 270°.

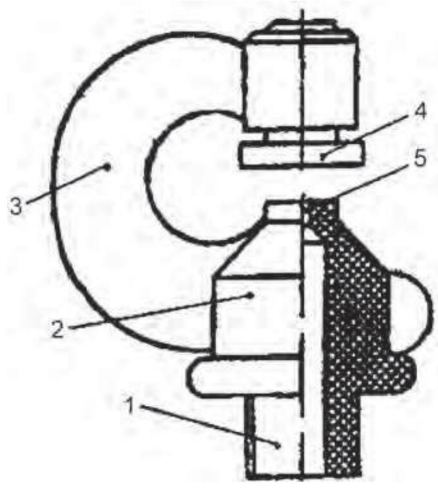


Рис. 4.7. Насадка дугового типа с плоским дефлектором: 1 – входное отверстие; 2 – корпус; 3 – дуга-держатель; 4 – плоский дефлектор; 5 – выходное сопло

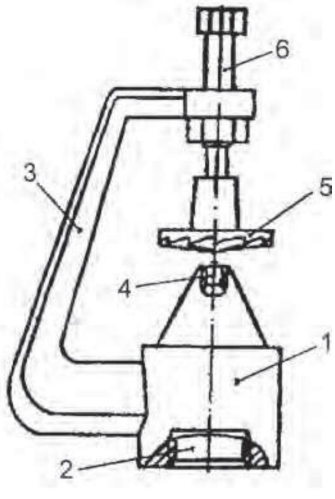


Рис. 4.8. Насадка дугового типа с вращающимся дефлектором: 1 – корпус; 2 – входное отверстие; 3 – дуга-держатель; 4 – выходное сопло; 5 – вращающийся дефлектор; 6 – винт-регулятор

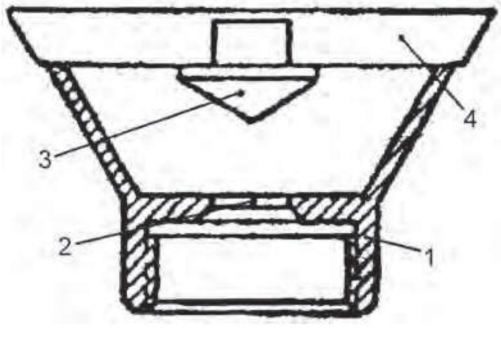
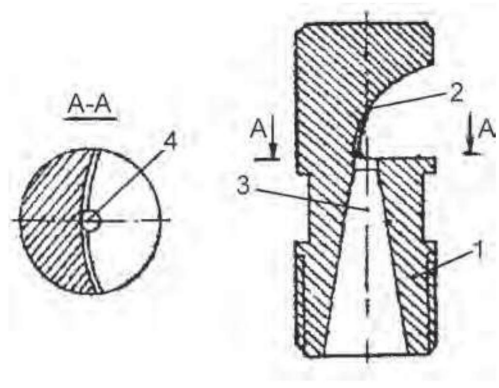
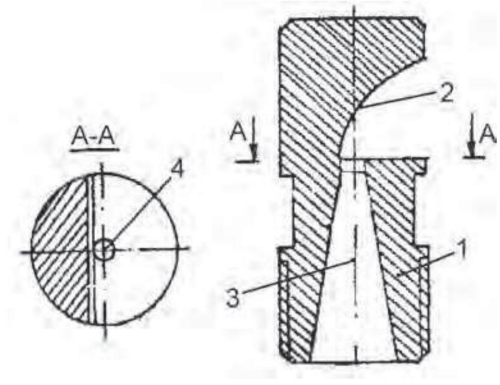


Рис. 4.9. Насадка кругового действия с коническим неподвижным дефлектором: 1 – корпус; 2 – выходное отверстие (сопло); 3 – конический дефлектор; 4 – планка-держатель



а

1 – корпус; 2 – сферический дефлектор; 3 – проходной канал в форме конфузора



б

1 – корпус; 2 – цилиндрический дефлектор; 3 – проходной канал в форме конфузора

Рис. 4.10. Насадки секторного действия: а – со сферическим дефлектором; б – с цилиндрическим дефлектором



Рис. 4.11. Центробежные насадки корпорации «Nelson»

В таблице 4.3 приведены сравнительные характеристики дождеобразующих устройств установок позиционного действия.

Таблица 4.3

Сравнительные показатели дождеобразующих устройств шланговых установок позиционного действия

Насадка	Минимальный рабочий напор, МПа	Радиус орошения, м	Средний диаметр капель, мм	Средняя интенсивность дождя, мм/мин	Материалоёмкость, кг/м^2	Способ образования искусственного дождя	Форма одновременно орошаемой площади	Материал для изготовления	Коэффициент эффективного полива
Круговая стержневая	0,05	2-3	0,4	0,30	0,24 x10^{-3}	Гидравлический	Круг	Пластмасса	0,3
Круговая дуговая с плоским дефлектором	0,2	3-4	0,6	0,36	0,71 x10^{-3}	Гидравлический	Круг	Пластмасса	0,32
Круговая дуговая с вращающимся дефлектором	0,25	7-8	1,4	0,10		Механический	Круг	Пластмасса	0,25
Круговая с коническим неподвижным дефлектором	0,25	3-3,5	0,9	0,28	16,1 x10^{-3}	Гидравлический	Круг	Сталь	0,35
Щелевая	0,25	3-4	1,1	0,42	42,5 x10^{-3}	Гидравлический	Сектор	Сталь	0,3
Центробежная	0,3	4	1,5	0,51	5,0 x10^{-3}	Комбинированный	Круг	Пластмасса	0,3
Секторная со сферическим дефлектором	0,1	6	0,85	0,48	0,44 x10^{-3}	Гидравлический	Сектор 150^o-160^o	Пластмасса	0,5
Секторная с цилиндрическим дефлектором	0,1	5,5	0,85	0,50	0,42 x10^{-3}	Гидравлический	Сектор 180^o	Пластмасса	0,45

Анализ работы дождевальных аппаратов и насадок, применяемых на шланговых дождевальных установках, показывает, что низконапорные короткоструйные насадки секторного действия по большинству показателей превосходят другие дождеобразующие устройства, в том числе по энергетическим затратам (использование низкого рабочего напора и наиболее экономичного гидравлического способа образования искусственного дождя) ниже на 50-70%, радиусу действия – больше на 25-75%, размеру капель – меньше на 6-40%, материалоёмкости – меньше в 2-10 раз, равномерности распределения воды по орошаемой площади – выше на 9-50%. Их применение позволяет решить проблему создания высококачественного искусственного дождя шланговых дождевальных установок. Стабильность показателей работы насадок секторного действия, обусловленная их конструктивным исполнением, позволяет рассчитать размеры дождевальных крыльев установок, оптимизировать их длину и таким образом снизить показатель материалоёмкости изделий (установок), более рационально использовать технологические возможности установок, учитывая форму и величину площади одновременного орошения насадок [4.13].

Возможные схемы размещения насадок и дождевальных аппаратов на ферменном водораспределителе приведены на рис. 4.12.

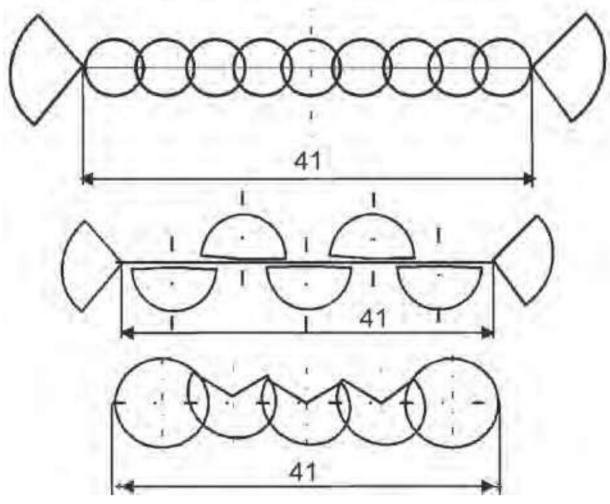


Рис. 4.12. Схемы расположения насадок и дождевальных аппаратов на ферменном водораспределителе

4.5. Условия применения шланго-барабанных дождевателей

ШДБТ используются для всех видов полива: влагозарядковых, предпосевных, посадочных, вегетационных, освежительных, противозаморозковых, а также для внесения минеральных, органических удобрений и микроэлементов с поливной водой [4.12].

Для полива подготовленными животноводческими стоками предусматриваются ШДБТ, имеющие в качестве привода для намоточного барабана (катушки) двигатель внутреннего сгорания или электродвигатель и специальный дождевальный аппарат (дождевальную консоль).

ШДБТ применяются для полива овощных, кормовых, технических и зерновых культур, сенокосов, пастбищ, многолетних насаждений, ягодников, цветников, газонов, гольф-полей, стадионов и спортивных площадок.

Их можно применять при уклонах поверхности земли, как правило, не более: общем по направлению движения дождевального аппарата – 0,05, поперечном – 0,01 и при следующих категориях рельефа: очень спокойном, спокойном и сильно расчлененном.

Благодаря возможности ШДБТ работать с неполной длиной шланга их можно использовать для орошения площадей сложной конфигурации. Однако при этом эффективность применения ШДБТ снижается.

Необходимо, чтобы на одной позиции ШДБТ поливал две полосы (по обе стороны от гидранта).

ШДБТ обычно работают не более 20 ч в сутки, за это время они должны перемещаться с позиции на позицию один-два раза. Время на перемещение ШДБТ с позиции на позицию не должно превышать 0,5-1 ч.

В целях более равномерного распределения искусственного дождя по орошаемой площади необходимо, чтобы ось полосы, поливаемой ШДБТ, была расположена под углом к преобладающему направлению ветра.

ШДБТ целесообразно использовать для групповой работы, при этом в группе должно быть не менее четырех-шести ШДБТ. Отечественный и зарубежный опыт проектирования и эксплуатации оросительных систем показал, что при работе ШДБТ с забором воды из закрытой оросительной сети оптимальная орошаемая площадь, обслуживаемая одной насосной станцией, исходя из технико-экономических и эксплуатационных показателей, составляет 100-250 га (рис. 4.13).

При орошаемой площади менее 100 га ШДБТ обычно используются в составе комплектов ирригационного оборудования, которые включают в себя дизельную или электрифицированную передвижную насосную станцию, сборно-разборный трубопровод, арматуру, соединительные части, ШДБТ (рис. 4.14).

Одной из областей применения ШДБТ является полив площади углов полей, не охватываемых дождевальными машинами кругового действия.

Практика эксплуатации ШДБТ показала, что при перемещении трактора для разматывания

шланга или троса с барабана наблюдаются потери посевной площади из-за повреждения растений сельскохозяйственных культур колесами трактора. При поливе пропашных культур потери составляют 1-1,2%, кормовых – 1-1,3, зерновых – 1,5%. При поливе высокостебельных сельскохозяйственных культур для перемещения трактора при разматывании шланга или троса с барабана целесообразно предусматривать проезды шириной 2,5-3 м, засеваемые травами.

Значительный диапазон технических характеристик ШДБТ, выпускаемых различными фирмами, дает возможность выбора ШДБТ, наилучшим образом отвечающих конкретным природно-хозяйственным условиям.

Расчет полива ШДБТ в отечественной практике производится согласно рекомендациям, изложенным в пособии к СНиП 2.06.03-85 «Оросительная сеть для полосовых шланговых дождевателей» (М., 1986) [4.11].

В зарубежной практике для этой цели, как правило, используются номограммы, по которым в зависимости от размеров орошаемой площади и требуемого водопотребления сельскохозяйственными культурами или многолетними насаждениями устанавливаются нужные длина шланга и радиус действия дождевального аппарата, т.е. длина и ширина поливаемой полосы, расход воды и требуемое давление воды на входе в ШДБТ и перед дождевальным аппаратом, а также размеры сопла, отвечающие этим параметрам. По номограммам также определяется скорость перемещения ШДБТ в зависимости от требуемой поливной нормы.

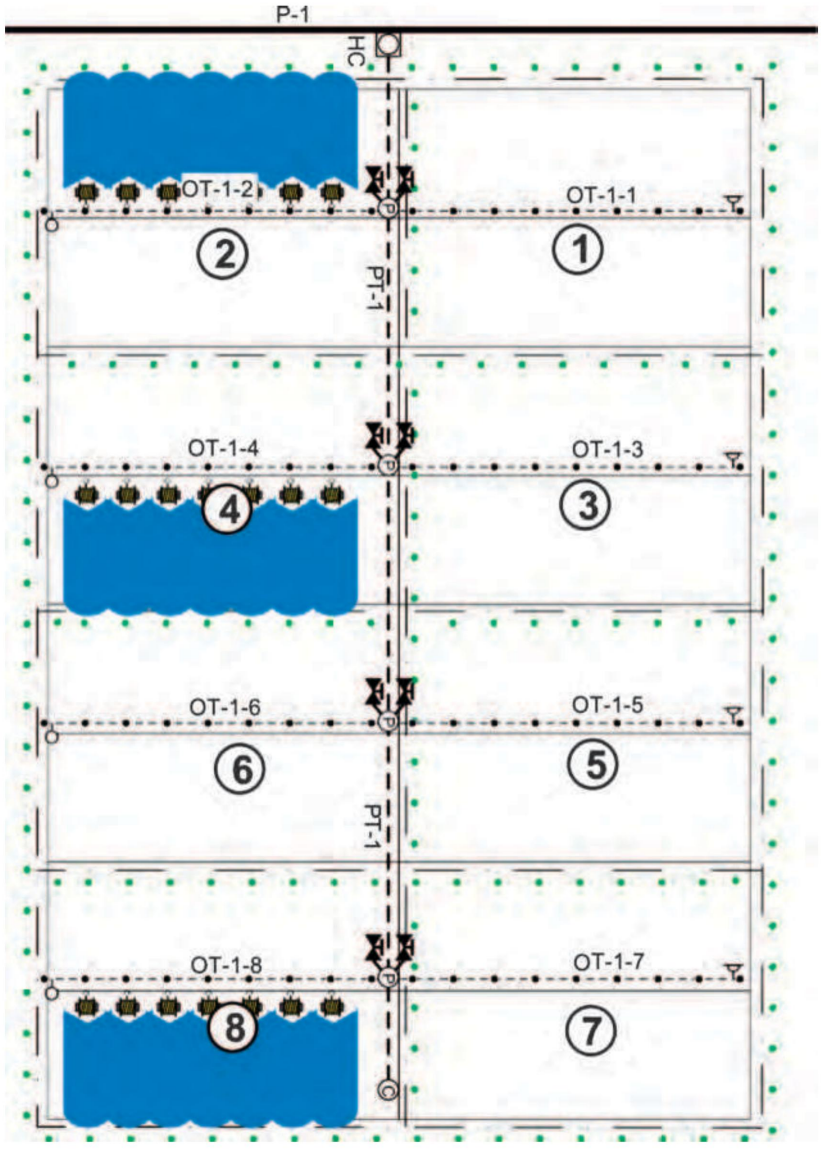


Рис. 4.13. Схема оросительной сети для полива шланговыми дождевателями барабанного типа

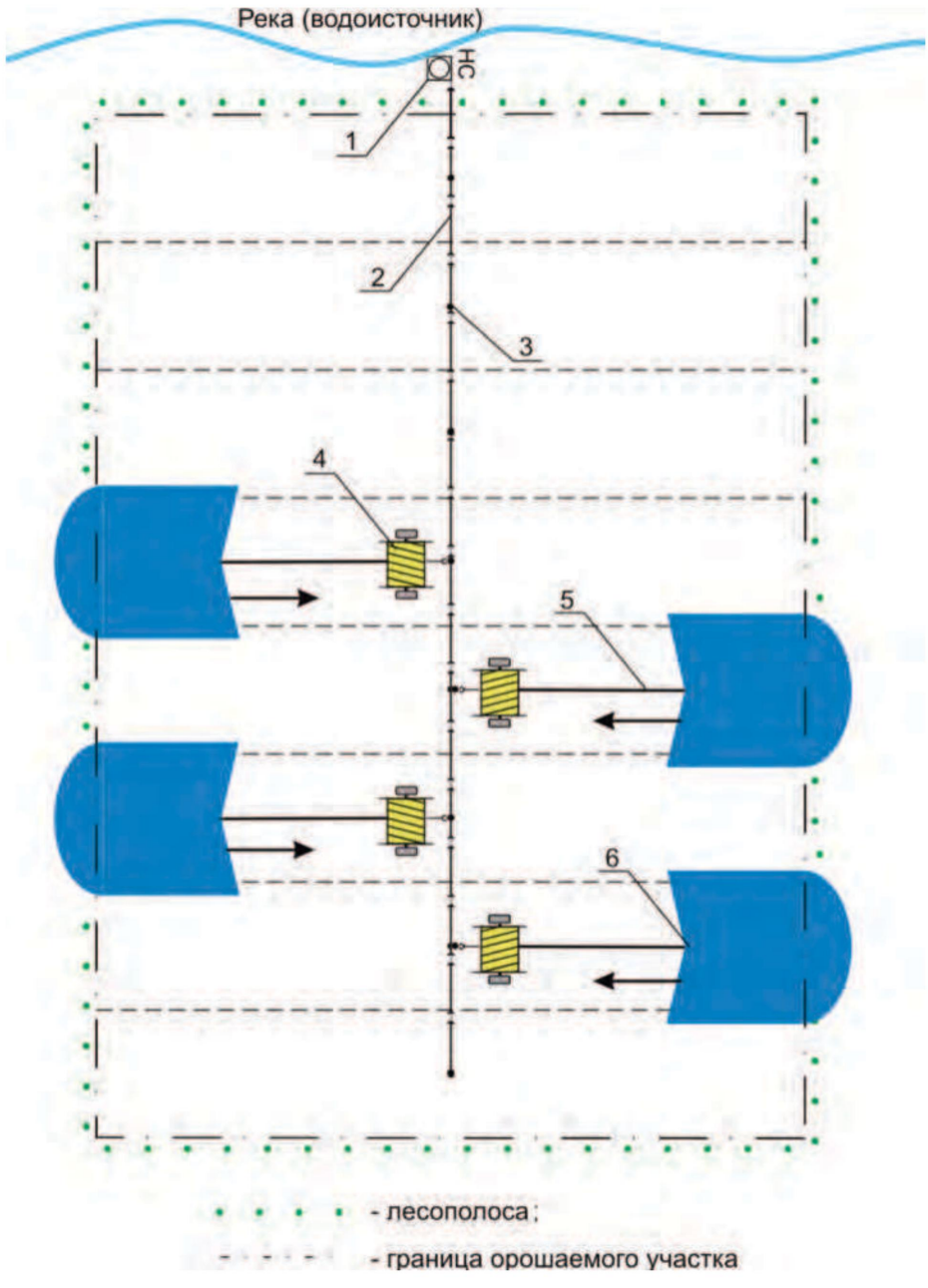


Рис. 4.14. Комплект мобильного ирригационного оборудования: 1 – передвижная насосная станция; 2 – быстроразборный трубопровод; 3 – гидрант с задвижкой; 4 – ШДБТ; 5 – ПЭТ шланг; 6 – дождевальный аппарат на штативе

Используемые источники

4.1. **Айдаров И.П.** Справочник / Айдаров И.П., Арент К.П., Баякина В.П./ Мелиорация и водное хозво. Т. 6. Орошение / ВО «Агропромиздат». – М.,1990.

4.2. **Винникова Н.В.** Технический уровень орошения дождеванием в США / Винникова Н.В., Рыжонков В.П.// Мелиорация и водное хоз-во, мелиоративные системы: Технический уровень орошения дождеванием в США. Обзор. информ. / ЦБНТИ Минводстроя СССР. – М., 1989.

4.3. **Винокур Е.Я.** Полосовые шланговые дождеватели / Е.Я. Винокур, А.И. Рязанцев, А.К. Лапидовский, В.И. Евтюхин // Мелиорация и водное хозяйство: обзор. информ. / ЦБНТИ Госконцерна «Водстрой». – М.,1991. – С.1-88.

4.4. **Голы М.** Оросительные мелиорации / Под ред. Б.Г. Штепы. – М.: Колос, 1977.

4.5. **Гулюк Г.Г.** Основные направления развития оросительных мелиораций в России // Сб. науч. тр. ФГНУ РосНИИПМ: «Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы решения». – Новочеркасск, 2003.

4.6. **Козлов А.И., Носенко С.И., Козлова Л.К., Ким А.С.** Основные направления технических решений по дождевальным аппаратам и насадкам: аналит. обзор патентных матер. / Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР. ЦБНТИ. Вып. 1. – М., 1985.

4.7. **Колесник Ф.И.** Оценка качества работы и эффективности дождевальных машин // Сб. науч. тр.: «Проблемы проектирования мелиоративных и водохозяйственных систем и сооружений» В/О «Союзводпроект». – М., 1981.

4.8. **Лебедев Б.М.** Дождевальные машины. – М.: Машиностроение, 1977.

4.9. Номенклатурный каталог дождевальной техники и оборудования // Ч. 1. Отечественное оборудование / ГУ ЦНТИ «Мелиоводинформ». – М., 2001; 2. Зарубежное оборудование. – М.: ГУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2001.

4.10. **Ольгаренко Г.В.** Состояние и перспективы развития орошения // Сб. науч. тр. ФГНУ ВНИИ «Радуга». – Коломна, 2004.

4.11. Оросительная сеть для полосовых шланговых дождевателей: Пособ. к СНиП 2.06.03 – 85 «Мелиоративные системы и сооружения». – М.: В/О «Союзводпроект»,1986.

4.12. **Поляков Ю.П., Меженский В.И.** Ирригационная эрозия почв и приема борьбы с ней: О влиянии интенсивности искусственного дождя, диаметра капель и уклона орошаемого участка на скорость впитывания // Сб. науч. тр. ЮжНИИГиМ. Вып. ХХУ. – Новочеркасск, 1977.

4.13. **Слабунов В.В.** Повышение эффективности полива путем совершенствования конструктивных параметров дождевателя консольного дальнеструйного фронтального: автореф. – Саратов, 2005.

4.14. Шланговые дождеватели // Оросительная техника: кат. – М., 2004. – С. 1-15.

4.15. **Штепа Б.Г., Носенко В.Ф., Винникова Н.В.** и др. Механизация полива: справ. – М.: Агропромиздат, 1990.

5. КОНЦЕПЦИЯ ПРОВЕДЕНИЯ РЕКОНСТРУКЦИИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ СИСТЕМ ОРОШЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МОДУЛЬНЫХ СБОРНО-РАЗБОРНЫХ КОМПЛЕКСОВ

Для выполнения этой программы требуется решение ряда задач и, в частности, повышение эффективности и надежности функционирования мелиоративных систем, развитие нормативно-правовой базы, стимулирование режима эксплуатации и экономии воды на орошение.

Варианты реконструкции и восстановления оросительных сетей:

- ремонт и восстановление ранее построенных сетей с различной техникой орошения, если они находятся в работоспособном состоянии, в дополнение к этому проводится контроль технического состояния и определяются участки, где можно применять различную технику орошения;
- строительство новой системы с основательным обоснованием и проектированием;
- поставка модульных сборно-разборных систем на площади орошения 20-100 га или ирригационных комплектов, готовых к использованию на площади 2-15 га.

Каждый вариант требует технико-экономического обоснования и выбора наиболее оптимального, применительно к местным условиям.

В ФГБНУ ВНИИ «Радуга» разработаны (и некоторые находятся в стадии разработки) модули на полив участков площадью 5-100 га (5, 10, 15, 20, 40, 50, 60, 80, 100 га) с использованием полиэтиленовых трубопроводов отечественного производства. Особенность их конструкций заключается в том, что они сборно-разборные, что не исключает укладку в траншею.

Преимущества предлагаемых модулей:

- простота монтажа и мобильность конструкции;
- неподверженность коррозии;
- использование систем на участках орошения площадью 20-100 га различной конфигурации, комплектации и уклонах местности;
- возможность демонтажа по окончании поливов и доставки к месту хранения (всей системы), а также в случаях паводка, с неохраняемой территории и монтажа на других участках орошения;
- применение среднеструйных аппаратов малой интенсивности и с требуемыми расходно-напорными характеристиками;
- поэтапность ввода участков орошения в связи с сокращенным финансированием строительства системы;
- не требуют высокой квалификации обслуживающего персонала;
- многоцелевое использование (внесение удобрений с поливной водой, труб для перекачки воды, стоков, откачки затопленных мест, полива парков, газонов и др.);
- возможность подсоединения поливных крыльев ирригационных комплектов КИ-5, КИ-10 с целью снижения интенсивности дождя, увеличения расстояния между поливными крыльями и площади полива;
- модульный принцип комплектования оросительных систем, что решает проблему импортозамещения по созданию участков орошения на вышеуказанных площадях;
- унификация узлов;
- снижение капитальных затрат;
- возможность проведения ранних поливов.

5.1. Комплект ирригационного оборудования КИ-5 (далее – комплект)

Назначение и техническая характеристика

Предназначен для полива технических, кормовых, овощных и бахчевых культур, картофеля, сенокосов и пастбищ на торфяных, песчаных, супесчаных и среднесуглинистых почвах на площади до 5 га.

Включает в себя распределительный трубопровод и два дождевальных крыла, осуществляющих полив попеременно. Может проводить забор воды от гидрантов закрытой оросительной сети или передвижных насосных станций, устанавливаемых у открытого водоисточника.

Обслуживает один человек.

Техническая характеристика КИ-5

Расход воды, л/с	5-7
Напор, м:	
полный	до 52
в начале дождевального крыла	35-40
Площадь, га:	
орошаемая	до 5,05
одновременного полива	0,195
Число одновременно работающих дождевальных аппаратов	6
Расстояния между тройниками и аппаратами, м	18
Средняя интенсивность дождя с учетом перекрытия, мм/ч	9,2-12,8
Продолжительность полива одной позиции при поливной норме 300 м³/га, ч	3,1-2,4
Производительность в час эксплуатационного времени (К и.э.= 0,9), га	0,067-0,08
Коэффициент эффективного полива	0,72

Основные узлы: транспортирующий и распределительный трубопроводы, два дождевальных крыла со среднеструйными аппаратами, соединительная и запорно-регулирующая арматура, манометр (рис. 5.1).

Транспортирующий трубопровод (поставляется по просьбе заказчика) предназначен для подачи воды от источника – гидранта оросительной сети или насосной станции к распределительному трубопроводу. Монтируется из полиэтиленовых труб ∅ 90 мм длиной по 6 м с помощью быстросборно-разборных соединительных двухсторонних муфт. Общая длина транспортирующего трубопровода до 150 м (зависит от расстояния от водоисточника до орошаемого участка).

Распределительный трубопровод длиной 216 м собирается из полиэтиленовых труб ∅ 90 мм длиной по 6 м с помощью двухсторонних муфт

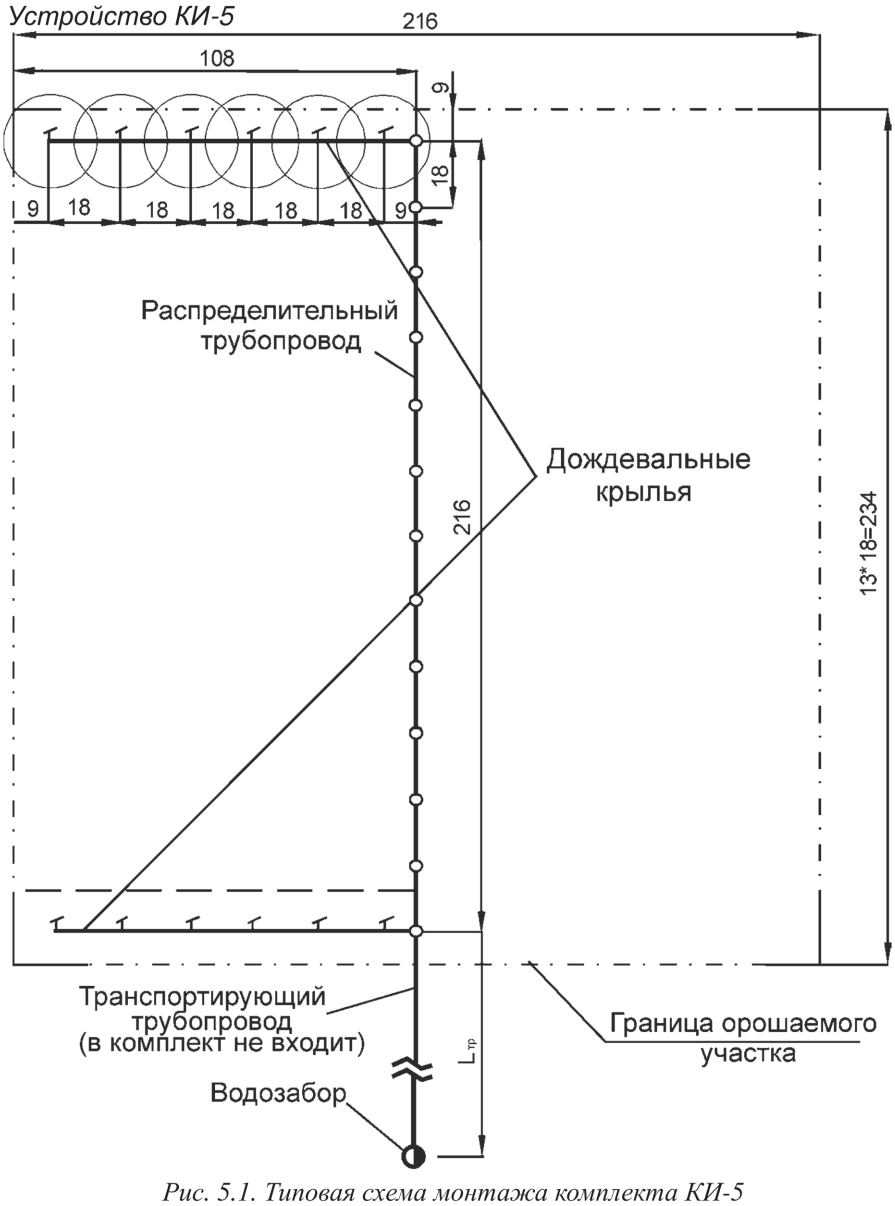


Рис. 5.1. Типовая схема монтажа комплекта КИ-5

и включает в себя 12 тройников ø 90х90х75 мм и один концевой угольник, расположенные через 18 м друг от друга и служащие для присоединения к ним дождевальных крыльев.

Комплект включает в себя два дождевальных крыла длиной по 99 м каждое. Крыло собирают из 16 шестиметровых полиэтиленовых труб и одной трехметровой трубы Ø75 мм. На каждом крыле находятся 6 дождевальных аппаратов (расстояние между ними 18 м), причем первый аппарат устанавливают на расстоянии 9 м от начала дождевального крыла.

Дождевальные аппараты размещают на стояках, ввинчиваемых в патрубки соединительных муфт.

Устройство быстросборно-разборных трубопроводов комплекта КИ-5

В комплекте используются полиэтиленовые трубы для работы при напоре до 60 м. Трубы длиной 6 м с гладкими концами оснащаются металлическими хомутами, устанавливаемыми на концах труб. При монтаже трубы соединяются между собой двухсторонними муфтами из полиуретана с двумя самоуплотняющимися резиновыми манжетами и фиксируются специальными стальными скобами, вставляемыми в отверстия «ушек» металлических хомутов соседних труб.

Монтаж комплекта КИ-5

Одним из главных преимуществ комплекта является мобильность, что позволяет ежегодно использовать его на поливе наиболее отзывчивых культур севооборота, т. е. на различных участках сельхозугодий.

Основное условие использования комплекта – наличие водоисточника: гидранта оросительной сети или открытого водоема с передвижной насосной станцией типа СНП (СНПЭ) 5/70 или 15/60.

Монтаж осуществляется согласно проекту (схеме), предварительно составленному специалистами хозяйства. Начинают его от водозабора с прокладки транспортирующего трубопровода, протяженность которого определяется по расстоянию от водозаборного переходника до патрубка с манометром или первого тройника распределительного трубопровода.

Распределительный трубопровод прокладывают посередине орошаемого участка. Сначала устанавливаются патрубок с манометром, муфта ∅ 90 мм, и тройник, который должен находиться на расстоянии 9 м от границы орошаемого участка, затем тройники – их размещают через каждые 18 м (через три трубы). В полном комплекте предусмотрена установка 12 тройников и одного концевого угольника, которым заканчивается распределительный трубопровод (рис. 5.2а).

Тройники монтируются так, чтобы патрубки Ø75 мм были направлены в одну сторону относительно направления распределительного трубопровода (все влево или вправо, в зависимости от очередности полива участка, см. схему участка на рис. 5.2).

К патрубкам тройников подсоединены вентили dy 65 свернутыми патрубками, на которые надевают муфты Ø75 мм с манжетами. Затем монтируются дождевальные крылья, подсоединяемые через муфту к тройнику с вентилем.

Вначале устанавливаются трехметровая труба, муфта и шестиметровая труба, на конец которой помещается рабочая муфта со стояком и дождевальным аппаратом, затем муфты с дождевальными аппаратами – устанавливаются через 18 м (три шестиметровые трубы). Для удобства работ крылья монтируются на первом тройнике и последнем (13-ом) угольнике. Каждое соединение труб с муфтами фиксируется двумя скобами. В последние муфты дождевальных крыльев устанавливаются заглушки Ø75 мм. Комплект готов к работе.

Работа комплекта КИ-5

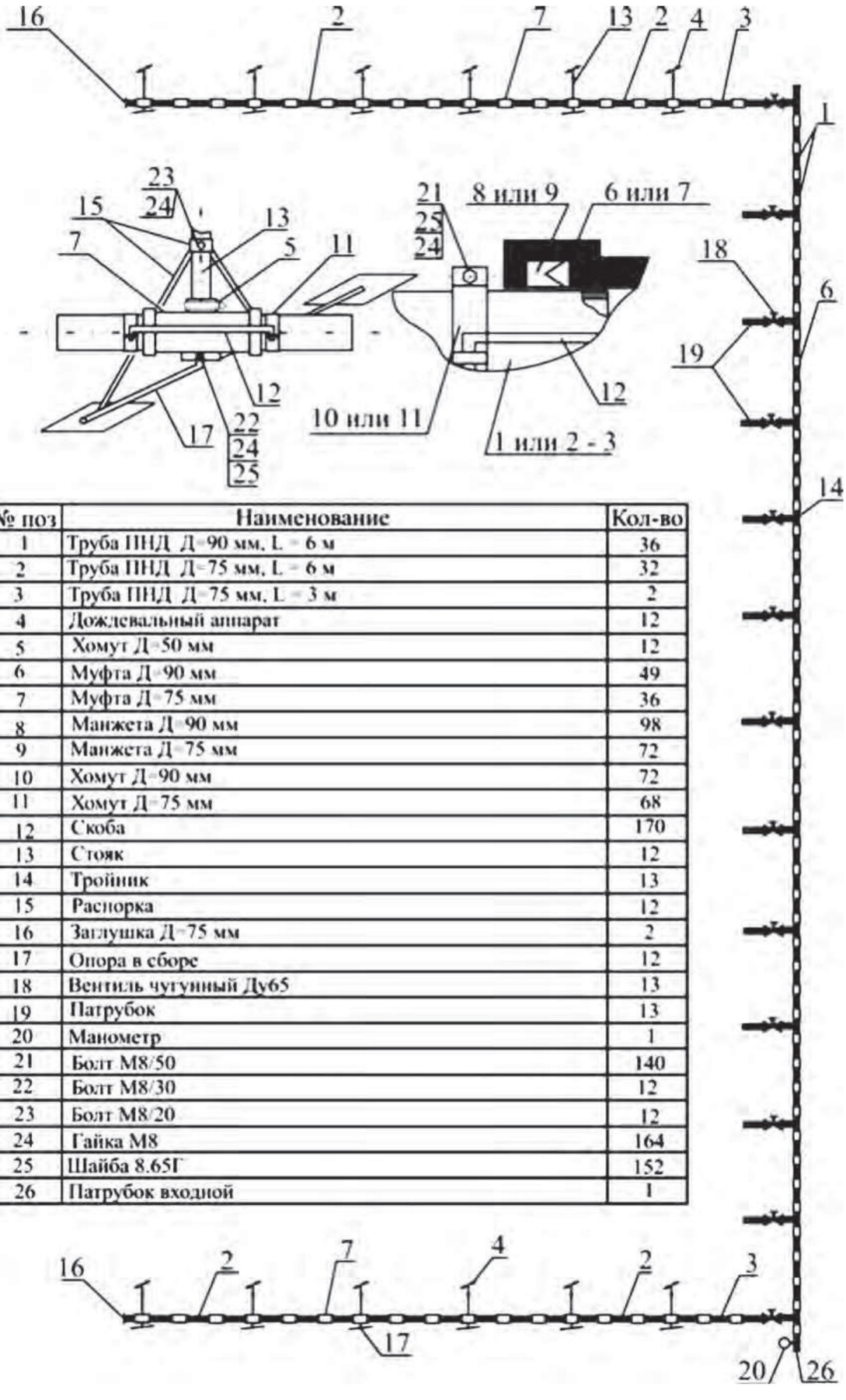
Начинается с заполнения трубопроводов водой: при наполовину открытом вентиле, дальнего от водозабора крыла, медленно, в два приема открывают задвижку в голове транспортирующего трубопровода. Заполнение трубопровода проводят при частичном (на 30-50%) открытии задвижки. Первичное заполнение осуществляется в зависимости от протяженности транспортирующего и распределительного трубопровода в течение 3-10 мин.

О полном заполнении трубопровода свидетельствует начало работы дождевальных аппаратов, после чего задвижка открывается полностью, но с таким расчетом, чтобы давление на манометре, установленном в голове распределительного трубопровода, не превышало 0,52 МПа.

После заполнения трубопроводов регулируют вентилем давление в голове дождевального крыла (должно составлять 0,35-0,4 МПа). Полив осуществляется одним дождевальным крылом.

После выдачи необходимой поливной нормы (ее определяют по времени полива крылом) наполовину открывают вентиль на втором дождевальном крыле, перекрывают подачу воды в первое крыло и регулируют давление в голове второго крыла.

Во время полива вторым дождевальным крылом первое крыло переносится на следующую (по направлению к центру орошаемого участка) позицию. Демонтаж крыла начинают в порядке, обратном его первоначальному монтажу.



№ поз	Наименование	Кол-во
1	Труба ПНД Д=90 мм, L = 6 м	36
2	Труба ПНД Д=75 мм, L = 6 м	32
3	Труба ПНД Д=75 мм, L = 3 м	2
4	Дождевальный аппарат	12
5	Хомут Д=50 мм	12
6	Муфта Д=90 мм	49
7	Муфта Д=75 мм	36
8	Манжета Д=90 мм	98
9	Манжета Д=75 мм	72
10	Хомут Д=90 мм	72
11	Хомут Д=75 мм	68
12	Скоба	170
13	Стояк	12
14	Тройник	13
15	Распорка	12
16	Заглушка Д=75 мм	2
17	Опора в сборе	12
18	Вентиль чугунный Ду65	13
19	Патрубок	13
20	Манометр	1
21	Болт М8/50	140
22	Болт М8/30	12
23	Болт М8/20	12
24	Гайка М8	164
25	Шайба 8.65Г	152
26	Патрубок входной	1

Рис. 5.2. Монтажная схема комплекта КИ-5

Общее время демонтажа, переноса и монтажа крыла не превышает 1 ч, а время полива на одной позиции не менее 2 ч, поэтому можно рекомендовать начинать демонтаж крыла через 0,5 ч по окончании полива. За это время крыло частично освобождается от воды, что облегчает процесс его демонтажа.

Аналогично осуществляется дальнейшая работа комплекта, что обеспечивает непрерывность процесса полива.

После полива последней позиции на левой (или правой) половине участка подачу воды прекращают и, разъединив соединительные скобы, разворачивают тройники так, чтобы патрубки Ø75 мм с вентилями были направлены на другую сторону от оси распределительного трубопровода, скобами фиксируют их в этом положении и проводят полив второй половины орошаемого участка. Далее работа проводится аналогично описанному.

5.2. Комплект ирригационного оборудования КИ-10 (далее – комплект КИ-10)

Назначение и техническая характеристика

Предназначен для поливов технических, кормовых, овощных и бахчевых культур, картофеля, сенокосов и пастбищ во всех зонах орошаемого земледелия на площади до 10 га при общем положительном уклоне не более 0,02 и местных уклонах до 0,05.

Включает в себя распределительный трубопровод и два переносных дождевальных крыла, выполняющих полив попеременно.

Может осуществлять забор воды от гидрантов закрытой оросительной сети или передвижных насосных станций, устанавливаемых у открытого водоисточника.

Обслуживают один-два человека.

Техническая характеристика КИ-10

Расход воды, л/с	10-11
Напор, м:	
во входном патрубке	до 60
в начале дождевального крыла	45-50
Орошаемая площадь, га	10,4
Площадь одновременного полива, га	0,345
Число одновременно работающих дождевальных аппаратов	6
Расстояния между тройниками и аппаратами, м	24
Средняя интенсивность дождя с учетом перекрытия, мм/ч	10,42-11,46
Продолжительность полива одной позиции при поливной норме 300 м³/га, ч	2,9-2,6
Коэффициент эффективного полива	0,81

Устройство комплекта КИ-10

Состоит из распределительного трубопровода, двух переносных дождевальных крыльев со среднеструйными аппаратами, соединительной и запорно-регулирующей арматуры, входного патрубка и манометра (рис. 5.3).

Устройство быстросборно-разборных трубопроводов комплекта КИ-10

В комплекте используются полиэтиленовые трубы для работы при напоре до 60 м. Трубы длиной 6 м с фасками оснащены двумя металлическими хомутами, установленными на концах труб. При монтаже трубы соединяются между собой двухсторонними муфтами из полиуретана с двумя самоуплотняющимися резиновыми манжетами и фиксируются специальными стальными скобами, вставляемыми в отверстия «ушек» металлических хомутов соседних труб.



Рис. 5.3. Типовая схема орошения комплектом КИ-10 (Fор=10,4 га)

Транспортирующий трубопровод (поставляется по просьбе заказчика), предназначен для подачи воды от источника – гидранта оросительной сети или насосной станции к распределительному трубопроводу. Монтируется из полиэтиленовых труб Ø110 мм длиной по 6 м с помощью быстросборно-разборных соединительных двухсторонних муфт. Общая длина транспортирующего трубопровода до 150 м (зависит от расстояния от водоисточника до орошаемого участка).

Распределительный трубопровод длиной 348 м собирается из полиэтиленовых труб Ø110 мм длиной по 6 м с помощью двухсторонних муфт и включает в себя 14 тройников Ø110х110х75 мм и один концевой угольник с вентилями, расположенными через 24 м друг от друга и служащими для присоединения к ним дождевальных крыльев.

Комплект включает в себя два переносных дождевальных крыла длиной по 132 м каждое. Крыло собирают из 22 шестиметровых полиэтиленовых труб Ø75 мм. На каждом крыле помещают 6 дождевальных аппаратов с расстоянием между ними 24 м, причем первый аппарат размещают на расстоянии 12 м от начала дождевального крыла.

Дождевальные аппараты устанавливаются через переходники на стояках, ввинчиваемых в патрубки соединительных муфт.

Монтаж комплекта КИ-10

Одно из главных преимуществ комплекта – мобильность, позволяющая использовать комплект на поливе наиболее отзывчивых культур севооборота на различных участках сельхозугодий.

Основным условием применения комплекта является наличие водоисточника: гидранта оросительной сети или открытого водоема с передвижной насосной станцией типа СНП (СНПЭ) 15/60.

Монтаж проводится согласно проекту (схеме), предварительно составленному специалистами хозяйства. Перед сборкой комплекта рекомендуется провести предварительную разбивку участка в соответствии со схемой, представленной на рис.5.2.

Начинают монтаж от водозабора с прокладки транспортирующего трубопровода, протяженность которого определяется по расстоянию от водозаборного переходника до патрубка с манометром или первого тройника распределительного трубопровода.

Распределительный трубопровод Ø110 мм прокладывают посередине орошаемого участка. Сначала устанавливаются входной патрубок с манометром, муфта Ø110 мм, две трубы с муфтами и тройник, который должен находиться на расстоянии 12 м от границы орошаемого участка, затем тройники – через каждые 24 м (через четыре трубы). В полном комплекте предусмотрена установка 14 тройников и одного концевого угольника, которым заканчивается распределительный трубопровод (рис. 5.4). Каждое соединение труб муфтами и тройников с трубами и муфтами фиксируется двумя скобами (для Ø110 мм) (рис. 5.5).

Тройники (рис. 5.6) монтируются так, чтобы патрубки Ø75 мм с вентилями были направлены в одну сторону относительно направления распределительного трубопровода (все влево или вправо, в зависимости от намечаемой очередности полива участка см. рис. 5.3).

К патрубкам тройников подсоединены вентили dy 65, в них ввернуты патрубки, на которые надевают муфты Ø75 мм с манжетами. Затем на первом тройнике и последнем угольнике монтируют дождевальные крылья (для удобства работы).

В муфту тройника устанавливаются труба 6 м, муфта и шестиметровая труба. На конец второй шестиметровой трубы помещают рабочую муфту со стояком, опорой и дождевальным аппаратом (рис. 5.7, 5.8). Далее муфты с дождевальными аппаратами устанавливаются через 24 м (четыре шестиметровые трубы). Каждое соединение труб муфтами фиксируется двумя скобами (для Ø75 мм). В последние муфты дождевальных крыльев устанавливают заглушки Ø75 мм, которые также крепят скобами. Комплект готов к работе.

Работа комплекта КИ-10

Начинается с заполнения трубопроводов водой. С этой целью при наполовину открытом вентиле, дальнего от водозабора крыла, плавно, медленно, в два приема открывают задвижку в голове транспортирующего трубопровода. Заполнение трубопроводов проводят при частичном (на 30-50%) открытии задвижки. Первичное заполнение осуществляется в зависимости от протяженности транспортирующего и распределительного трубопроводов в течение 10-20 мин.

О полном заполнении трубопроводов свидетельствует начало работы дождевальных аппаратов, после чего задвижка в голове транспортирующего трубопровода открывается полностью, но с таким расчетом, чтобы давление на манометре, установленного в патрубке входном распределительного трубопровода, не превышало 0,6 МПа.

После заполнения трубопроводов регулируют вентилем давление в голове дождевального крыла (должно составлять 0,45-0,5 МПа).

Полив проводится одним дождевальным крылом.

№ позиции	Наименование	Число
1	Труба ПНД, Д110, L=6 м	58
2	Труба ПНД, Д75, L=6 м	44
3	Дождевальный аппарат	12
4	Муфта Д110	74
5	Муфта Д75 с резьбой 1дюйм	12
6	Муфта проходная Д75	34
7	Манжетка Д110	148
8	Манжетка Д75	95
9	Хомут Д110	116
10	Хомут Д75	88
11	Скоба для труб Д110	148
12	Скоба для труб Д75	92
13	Тройник Д110х75	14
14	Угольник Д110х75	1
15	Заглушка Д75	2
16	Стояк	12
17	Распорка	12
18	Опора в сборе	12
19	Вентиль $Д_у$65(2½дюйма)	15
20	Патрубок вентиля	15
21	Патрубок входной	1
22	Монометр	1
23	Хомут Д50	12
24	Болт хомута Д110, М10х60	116
25	Болт хомута Д75, М8х50	88
26	Гайка М10	116
27	Гайка М8	112
28	Шайба 10.65г	116
29	Шайба 8.65г	100
30	Болт М8х20	12
31	Болт М8х35	12
32	Переходник 1дюйм х 1¼дюйма	12

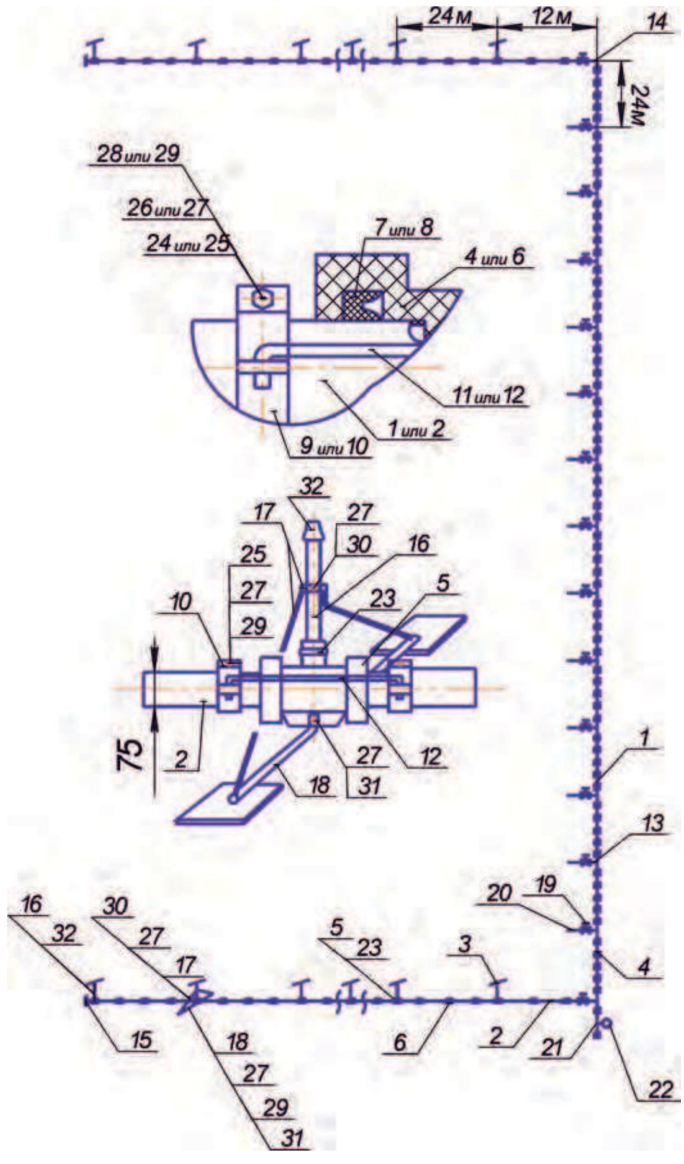


Рис. 5.4. Монтажная схема комплекта КИ-10



Рис. 5.5. Соединение труб в муфте



Рис. 5.6. Тройник



Рис.5.7. Дождевальный аппарат на стояке



Рис. 5.8. Установка стояка в муфте

После выдачи необходимой поливной нормы (ее определяют по времени полива крылом) открывают наполовину вентиль на втором дождевальном крыле, перекрывают подачу воды в первое крыло и регулируют давление вентилем в начале второго крыла.

В период полива вторым дождевальным крылом первое крыло переносят на следующую (по направлению к центру орошаемого участка) позицию. Демонтаж крыла начинают в порядке, обратном его первоначальному монтажу.

Общее время демонтажа, переноса и монтажа крыла не превышает 1 ч, а время полива на одной позиции не менее 3 ч, поэтому можно начинать демонтаж крыла через 40-60 мин по окончании полива. За это время дождевальное крыло частично освобождается от воды, почва несколько просохнет, что облегчает процесс демонтажа и перенос труб.

Аналогично осуществляется дальнейшая работа комплекта, что обеспечивает непрерывность процесса полива.

После проведения полива последней позиции на левой (или правой) половине участка подачу воды в комплект прекращают и, разъединив соединительные скобы, разворачивают тройники так, чтобы патрубки Ø75 мм с вентилями были направлены в другую сторону от оси распределительного трубопровода, фиксируют их скобами в этом положении и начинают полив второй половины орошаемого участка.

После полива всей площади дождевальные крылья переносят в исходное положение, разворачивают тройники и начинают второй цикл полива.

5.3. Комплект ирригационного оборудования КИ-15 (далее – комплект КИ-15)

Назначение и техническая характеристика

Предназначен для поливов технических, кормовых, овощных и бахчевых культур, картофеля, сенокосов и пастбищ во всех зонах орошаемого земледелия на площади до 10 га при общем положительном уклоне не более 0,02 и местных уклонах до 0,05.

Обслуживают два человека.

Техническая характеристика КИ-15

Расход воды, л/с	14-15
Напор, м:	
в патрубке входном	до 60
в начале дождевального крыла	45-50
Орошаемая площадь, га	15,67
Площадь одновременного полива, га	0,46
Число одновременно работающих дождевальных аппаратов	8
Расстояния между тройниками и аппаратами, м	24
Средняя интенсивность дождя с учетом перекрытия, мм/ч	10,96-11,74
Продолжительность полива одной позиции при поливной норме 300 м³/га, ч	2,74-2,55
Коэффициент эффективного полива	0,6-0,65

В состав комплекта входят распределительный трубопровод и два переносных дождевальных крыла, осуществляющих полив попеременно (рис. 5.9).

Может осуществлять забор воды от гидрантов закрытой оросительной сети или передвижных насосных станций, устанавливаемых у открытого водоисточника.

Устройство и работа комплекта КИ-15

Состоит из распределительного трубопровода Ø110 мм, двух переносных дождевальных крыльев Ø90 мм со среднеструйными аппаратами, соединительной и запорно-регулирующей арматуры, входного патрубка и манометра (рис. 5.9).

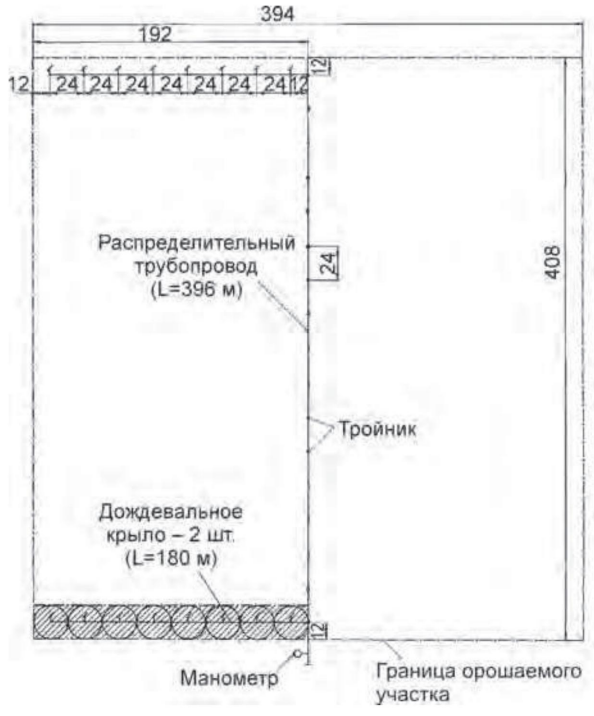


Рис. 5.9. Схема участка и монтажа комплекта КИ-15

Устройство быстросборно-разборных трубопроводов комплекта КИ-15

В комплекте используются полиэтиленовые трубы для работы при напоре до 60 м. Трубы длиной 6 м с фасками оснащены двумя металлическими хомутами, установленными на концах труб (рис. 5.10). При монтаже трубы соединяются между собой двухсторонними муфтами из полиуретана с двумя самоуплотняющимися резиновыми манжетами и фиксируются с помощью специальных стальных скоб, вставляемых в отверстия «ушек» металлических хомутов соседних труб (рис. 5.11).

Транспортирующий трубопровод (поставляется по просьбе заказчика) предназначен для подачи воды от источника – гидранта оросительной сети или насосной станции к распределительному трубопроводу. Монтируется из полиэтиленовых труб Ø110 мм длиной по 6 м с помощью быстросборно-разборных соединительных двухсторонних муфт. Общая длина транспортирующего трубопровода до 150 м – в зависимости от расстояния от водоисточника до орошаемого участка.

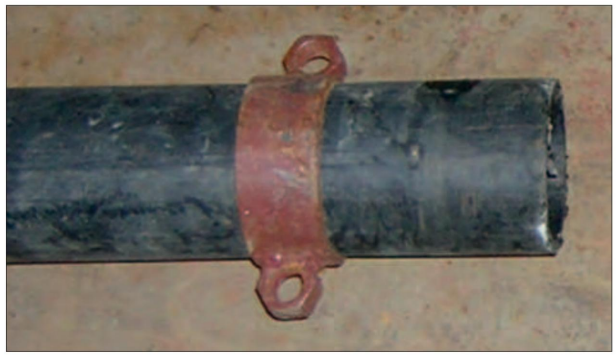


Рис.5.10. Установка хомута на трубе



Рис. 5.11. Соединение труб в муфте

Распределительный трубопровод длиной 396 м собирается из полиэтиленовых труб Ø110 мм длиной по 6 м с помощью двухсторонних муфт и включает в себя 16 тройников Ø110x110x90 мм (рис. 5.12) и один концевой угольник с вентилями или кранами, расположенными через 24 м друг от друга и служащими для присоединения к ним дождевальных крыльев.

Комплект включает в себя два переносных дождевальных крыла длиной по 180 м каждое. Крыло собирают из 30 шестиметровых полиэтиленовых труб Ø90 мм. На каждом крыле устанавливают 8 дождевальных аппаратов с расстоянием между ними 24 м, причем первый аппарат размещается на расстоянии 12 м от начала дождевального крыла.

Дождевальные аппараты (рис. 5.13) помещаются на стояки стальных патрубков с опорами (рис. 5.14).

Монтаж комплекта КИ-15

Главным условием использования комплекта КИ-15 является наличие водоисточника: гидранта оросительной сети или открытого водоема с передвижной насосной станцией.



Рис. 5.12. Тройник



Рис. 5.13. Дождевальный аппарат на стояке



Рис. 5.14. Патрубок со стояком, опорой и дождевальным аппаратом

Монтаж проводится согласно проекту (схеме), предварительно составленному специалистами хозяйства. Перед сборкой комплекта рекомендуется провести предварительную разбивку участка в соответствии со схемой, представленной на рис. 5.9.

Начинают монтаж от водозабора с прокладки транспортирующего трубопровода, протяженность которого определяется по расстоянию от водозаборного переходника до патрубка с манометром или первого тройника распределительного трубопровода.

Распределительный трубопровод Ø110 мм прокладывают посередине орошаемого участка. Сначала устанавливаются входной патрубок с манометром, муфта Ø110 мм, две трубы с муфтами и тройник, который должен находиться на расстоянии 12 м от границы орошаемого участка, затем тройники – через каждые 24 м (через четыре трубы). В полном комплекте предусмотрена установка 16 тройников и одного концевого угольника, которым заканчивается распределительный трубопровод (рис. 5.15). Каждое соединение труб муфтами и соединение тройников с трубами муфтами фиксируется двумя скобами (для Ø110 мм).

Тройники монтируются так, чтобы патрубки Ø90 мм с вентилями или кранами были направлены в одну сторону относительно направления распределительного трубопровода (все влево или вправо в зависимости от намечаемой очередности полива участка (см. рис. 5.9).

К патрубкам тройников подсоединены вентили dy 80, в них ввернуты патрубки, на которые надевают муфты Ø90 мм с манжетами. Затем на первом тройнике и последнем угольнике (для удобства работы) монтируют дождевальные крылья.

В муфту тройника устанавливаются труба длиной 6 м, муфта и еще шестиметровая труба. На конец второй шестиметровой трубы помещают муфту, в которую вставляют патрубок со стояком, опорой и дождевальным аппаратом. Далее патрубки с дождевальными аппаратами размещаются через 24 м (четыре шестиметровые трубы). Каждое соединение труб и патрубков муфтами фиксируется двумя скобами (для Ø90 мм). В последние муфты дождевальных крыльев устанавливают заглушки Ø90 мм, которые также крепят скобами. Комплект готов к работе.

Работа комплекта КИ-15

Начинается с заполнения трубопроводов водой.

При наполовину открытом вентиле, дальнего от водозабора крыла, плавно, медленно, в два приема открывают задвижку в голове транспортирующего трубопровода.

№ позиции	Наименование	Число
1	Труба ПЭ, ∅110, L=6 м	66
2	Труба ПЭ ∅90, L=6 м	60
3	Дождевальный аппарат	16
4	Муфта ∅110, мм	84
5	Муфта ∅90, мм	78
6	Манжетка ∅110, мм	168
7	Манжетка ∅90, мм	156
8	Хомут ∅110, мм	132
9	Хомут ∅90, мм	120
10	Скоба труб ∅110, мм	168
11	Скоба труб ∅90, мм	156
12	Тройник ∅110х90, мм	16
13	Угольник ∅110х90, мм	1
14	Заглушка ∅90, мм	2
15	Патрубок со стояком и опорой	16
16	Вентиль	17
17	Патрубок вентиля	17
18	Патрубок входной	1
19	Манометр	1

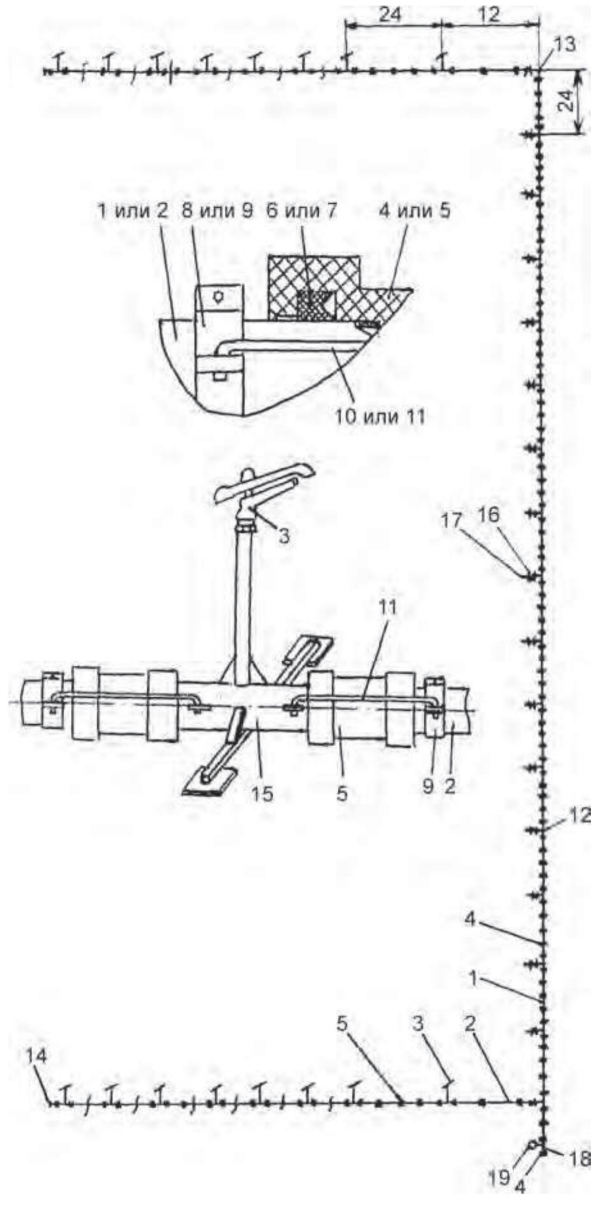


Рис. 5.15. Монтажная схема комплекта КИ-15

Заполнение трубопроводов проводят при частичном (на 30-50%) открытии задвижки. Первичное заполнение осуществляется в зависимости от протяженности транспортирующего и распределительного трубопроводов в течение 10-20 мин.

О полном заполнении трубопроводов свидетельствует начало работы дождевальных аппаратов. Затем полностью открывается задвижка в голове транспортирующего трубопровода, но с таким расчетом, чтобы давление на манометре, установленного в патрубке входном распределительного трубопровода, не превышало 0,6 МПа.

После заполнения трубопроводов регулируют вентилем давление в голове дождевального крыла (должно составлять 0,45-0,5 МПа).

Полив проводится одним дождевальным крылом.

После выдачи необходимой поливной нормы (ее определяют по времени полива крылом) открывают наполовину вентиль на втором дождевальном крыле, после чего перекрывают подачу воды в первое крыло и регулируют давление вентилем в начале второго крыла.

Во время полива вторым дождевальным крылом первое крыло переносят на следующую (по направлению к центру орошаемого участка) позицию. Демонтаж крыла начинают в порядке, обратном его первоначальному монтажу.

Общее время демонтажа, переноса и монтажа крыла не превышает 1 ч, а время полива на одной позиции не менее 3 ч, поэтому можно начинать демонтаж крыла через 40-60 мин после окончания полива. За это время дождевальное крыло частично освобождается от воды, почва несколько просохнет, что облегчает процесс демонтажа и перенос труб.

Аналогично осуществляется дальнейшая работа комплекта, что обеспечивает непрерывность процесса полива.

Как только будет проведен полив последней позиции на левой (или правой) половине участка, подачу воды в комплект прекращают и, разъединив соединительные скобы, разворачивают тройники так, чтобы патрубки Ø90 мм с вентилями были направлены в другую сторону от оси распределительного трубопровода, скобами фиксируют их в этом положении и осуществляют полив второй половины орошаемого участка.

После полива всей площади, дождевальные крылья переносят в исходное положение, разворачивают тройники и начинают второй цикл полива.

5.4. Дождеватель дальнеструйный на передвижной тележке ДДПТ-30 (мобильный комплект)

Предназначен для орошения технических, кормовых, овощных и бахчевых культур, картофеля, сенокосов и пастбищ на торфяных, песчаных, супесчаных и среднесуглинистых почвах на площадях до 40 га при общем уклоне участка не более 0,02 и местных уклонах до 0,05.

Может применяться для полива сельскохозяйственных культур во всех зонах орошаемого земледелия Российской Федерации со средней скоростью ветра в период полива до 5 м/с.

Работает позиционно от гидрантов закрытой оросительной сети и дополнительного трубопровода с последующим перемещением на другую позицию оператором-поливальщиком.

В зависимости от применяемого дальнеструйного дождевального аппарата имеет две модификации (см. таблицу).

Техническая характеристика модификаций мобильных комплектов

Показатели	ДДПТ-15	ДДПТ-30
Марка дождевального аппарата	ДД-15	ДД-30
Расход воды, л/с	15-17,5	15-30
Напор на входе, м	50-60	
Диаметр наконечников, мм	26	26; 30; 34
Радиус действия, м	50-55	50-70
Площадь орошения с одной позиции, га	0,78-0,95	0,78-1,54
Интенсивность дождя без перекрытия, мм/мин	0,11	0,11-0,117
Частота вращения, мин$^{-1}$	0,2	
Технология полива	По кругу и сектору	
Коэффициент: использования эксплуатационного времени	0,9	
эффективного полива	0,6	
надежности технологического процесса	0,98	
готовности	0,98	
Срок службы, годы	8	
Диаметр патрубка на гидранте для подсоединения муфты ø 110 мм	Труба ø 110 мм с двумя ушками	

Устройство мобильного комплекта

Состоит из быстросборного полиэтиленового трубопровода Ø110 мм с муфтами, передвижной тележки на пневматическом ходу, на которой установлен дальнеструйный дождевальный аппарат ДД-15 или ДД-30 и манометр (рис. 5.16). Узлы подсоединения трубопровода Ø110 мм к гидранту (поз. 2) входят в состав оросительной сети и комплектуются ими при реконструкции.

Быстросборный транспортирующий трубопровод предназначен для подачи воды от гидранта оросительной сети к передвижной тележке с дальнеструйным дождевальным аппаратом. Трубопровод монтируют из полиэтиленовых труб Ø110 мм длиной по 6 м, которые соединяются с помощью быстроразборных соединительных двухсторонних муфт с манжетами. К патрубку узла подсоединения, закрепленному на гидранте оросительной сети и к тележке, трубопровод подсоединяется муфтами со скобами. На трубах с двух сторон установлены стальные хомуты, в проушины которых вставляют с двух сторон скобы, фиксируя таким образом соединение двух труб в муфте (рис. 5.17).

Передвижная тележка (рис. 5.18, 5.19) состоит из рамы, на которой закреплен стояк с дождевальным аппаратом. Рама установлена на четырех пневматических колесах. Впереди к раме с возможностью поворота прикреплены водило и ручка. Подводящая труба через муфту соединяется с разборным транспортирующим трубопроводом.

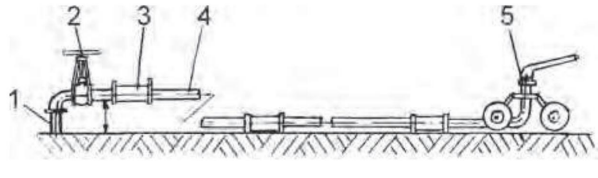


Рис. 5.16. Общий вид комплекта: 1 – гидрант оросительной сети; 2 – узел подсоединения трубопровода Ø110 мм, к гидранту; 3 – муфта Ø110 мм; 4 – полиэтиленовая труба Ø110 мм, l = 6 м; 5 – тележка с дождевальным аппаратом

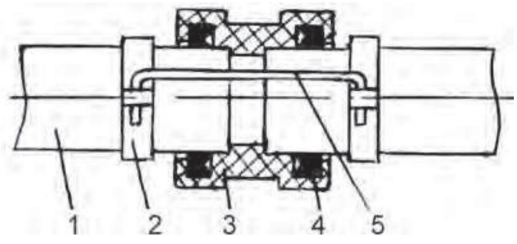


Рис. 5.17. Соединение труб: 1 – полиэтиленовая труба Ø110 мм; l = 6 м; 2 – хомут трубы; 3 – муфта; 4 – манжета; 5 – скоба

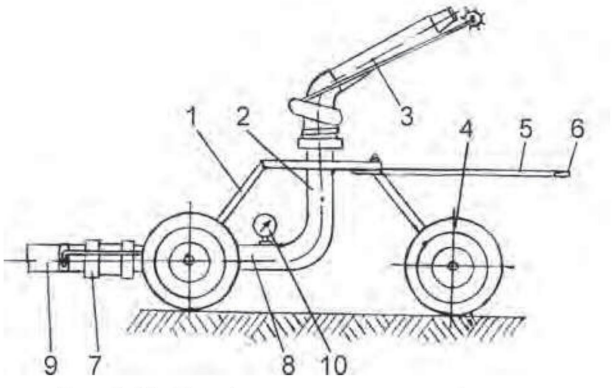


Рис. 5.18. Передвижная тележка: 1 – рама; 2 – стояк; 3 – дождевальный аппарат; 4 – колесо; 5 – водило; 6 – ручка; 7 – подводящая труба тележки; 8 – муфта; 9 – трубопровод; 10 – манометр



Рис. 5.19. Передвижная тележка

Монтаж мобильного комплекта

Конструктивное исполнение комплекта и его состав позволяют использовать его на различных оросительных системах.

К патрубку узла подсоединения, закрепленному под углом на гидранте оросительной сети, подсоединяют муфту, в которую вставляют полиэтиленовую трубу. Соединение трубы и патрубка фиксируют двумя скобами. Далее последовательно раскладывают следующие трубы с муфтами, каждое соединение фиксируют скобами. К последней муфте разборного трубопровода подсоединяют подводящую трубу (см. рис. 5.18, 5.19) передвижной тележки. Комплект готов к работе.

Работа комплекта

Начинается с заполнения трубопровода водой при частичном (на 30-50%) открытии задвижки гидранта оросительной сети. Первичное заполнение осуществляется в течение нескольких минут. О полном заполнении свидетельствует начало работы дождевального аппарата. После этого задвижку полностью открывают, но с таким расчетом, чтобы давление перед аппаратом не превышало 0,55-0,6 МПа. Рабочее давление контролируют по манометру, установленному у гидранта или на тележке, перед дождевальным аппаратом.

Полив осуществляется минимум двумя передвижными комплектами. После выдачи необходимой поливной нормы (ее определяют по времени полива) перекрывают задвижку на гидранте, отсоединяют подводящую трубу и тележку за ручку перемещают на другую позицию.

На следующей позиции тележку с дождевальным аппаратом подключают к гидранту через узел подсоединения, открывают задвижку и процесс полива повторяется.

Во время полива операторы-поливальщики разбирают трубопровод и переносят его к следующему гидранту. Сборка трубопровода осуществляется с учетом возможного его подсоединения к узлу подсоединения к гидранту, после того, как полив от гидранта будет закончен и тележку необходимо переместить на конец собранного трубопровода. Далее процесс полива, перемещения тележки и разборного трубопровода повторяется.

Ирригационные комплекты в зависимости от количества их приобретения с применением дополнительного распределительного трубопровода могут использоваться для полива бóльших площадей (40-100 га) сельскохозяйственных угодий.

Рекомендуемые схемы использования ирригационных комплектов КИ-10, КИ-15 и ДДПТ-30 на площадях до 100 га приведены на рис. 5.20, 5.21, 5.22.

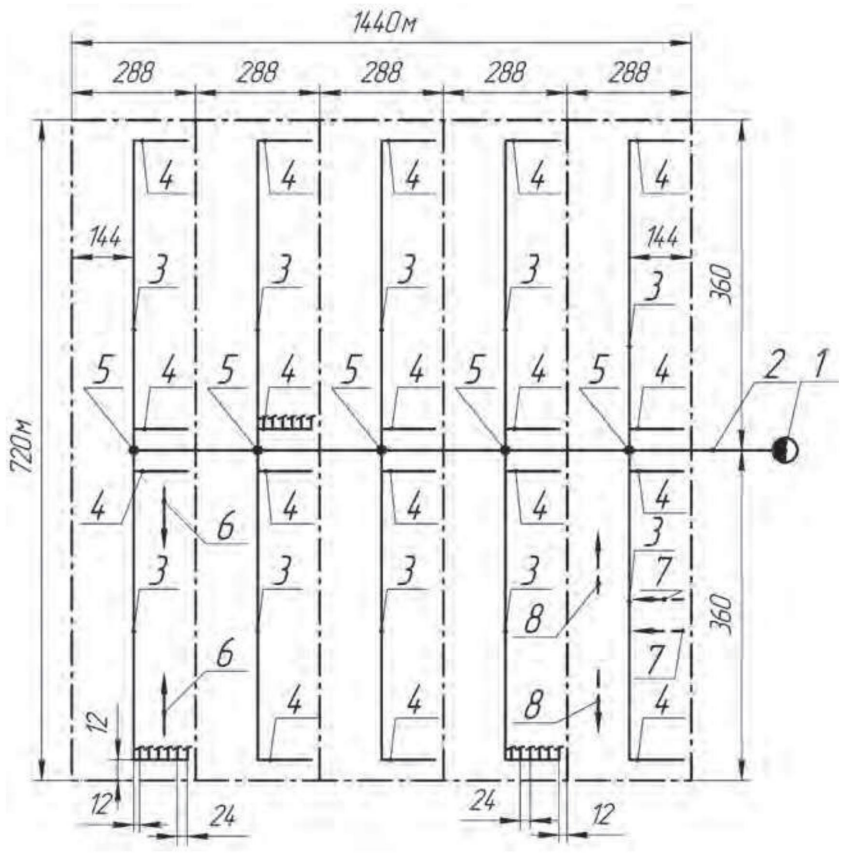


Рис. 5.20. Схема орошения участка десятью комплектами КИ-10 (S=103,68 га, расход 100-110 л/с): 1– насосная станция; 2 – магистральный трубопровод закрытой оросительной сети; 3 – распределительный трубопровод Ø110 мм, l = 348 м комплекта КИ-10; 4 – дождевальное крыло Ø75 мм, l = 132 м; 5 – гидрант с узлом подсоединения распределительных трубопроводов двух комплектов КИ-10; 6, 7, 8 – напрвления перемещения дождевальных крыльев

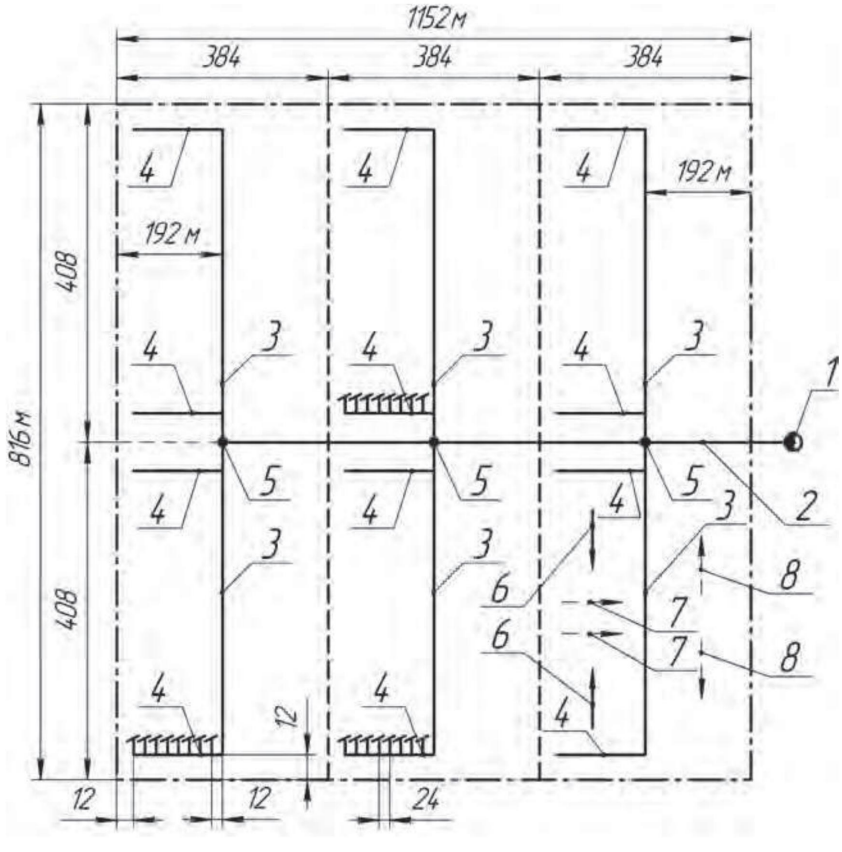
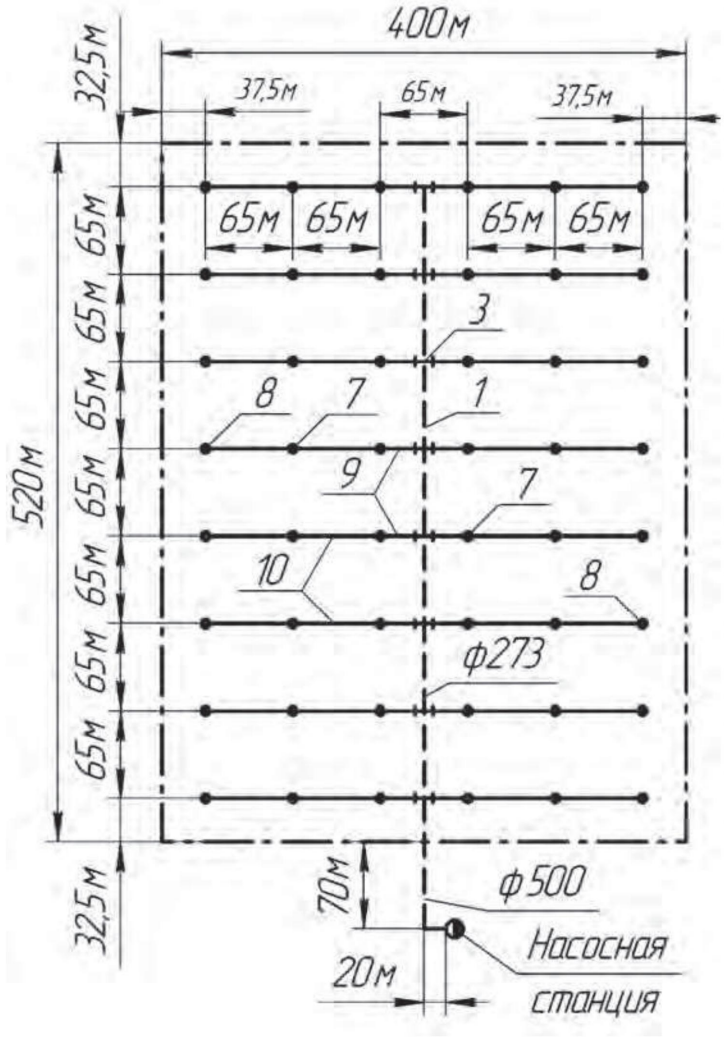
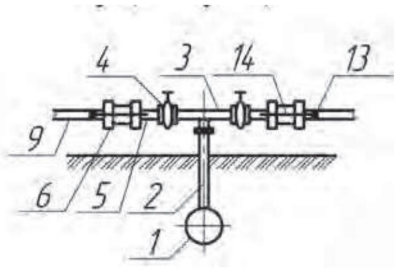


Рис. 5.21. Схема орошения участка десятью комплектами КИ-15 (S=94 га, расход 88-90 л/с): 1– насосная станция; 2 – магистральный трубопровод закрытой оросительной сети; 3 – распределительный трубопровод Ø110 мм, l = 396 м комплекта КИ-15; 4 – дождевальное крыло Ø90 мм, l = 180 м; 5 – гидрант с узлом подсоединения распределительных трубопроводов двух комплектов КИ-15; 6, 7, 8 – напрвления перемещения дождевальных крыльев



№ позиции	Наименование	Число
1	Трубопровод ∅273, пог. м	557,5
2	Стояк с фланцем	8
3	Тройник ∅110 мм стояка	8
4	Дисковоротный затвор или задвижка Ду100	64
5	Патрубок ∅110 мм с ушками	64
6	Муфта ∅110 мм с манжетами	100
7	Трйник ∅110 мм	32
8	Уголник ∅110 мм	16
9	Труба ПЭ, ∅110 мм, L=32,5 м	16
10	Труба ПЭ, ∅110 мм, L=65 м	32
11	Дождеватель ДДПТ-30	2
12	Труба ПЭ, ∅110 мм, L=1-3 м	2
13	Хомут трубы ∅100 мм	100
14	Скоба	200

Узел подсоединения к существующей сети



Узел подсоединения тройника

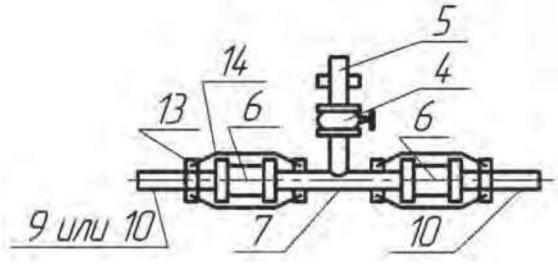


Схема подсоединения ДДПТ-30

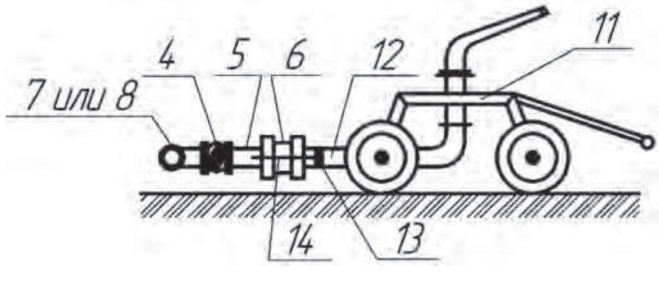


Рис. 5.22. Схема полива участка 400х520 м *дождевателями ДДПТ-30*

Используемые источники

5.1. **Ольгаренко, Г. В**. Состояние и перспективы развития орошения / Сб. науч. тр. ФГНУ ВНИИ «Радуга». – Коломна, 2005.

5.2. Контроль технического состояния и реконструкция закрытых оросительных сетей: метод. указания. Под общ. ред. Г. В. Ольгаренко. – Коломна, 2004.

5.3. **Никулин, С.Н**. Рекомендации по монтажу и эксплуатации комплекта передвижного ирригационного оборудования ДДН-70. – М., 1971.

5.4. Сборник научных докладов международной конференции молодых ученых и специалистов. – Коломна, 2008.

5.5. **Кирейчева, Л.В., Белова, И.В**. и др. Технология управления продуктивностью мелиорируемых агроландшафтов в различных регионах Российской Федерации. – М., 2008.

5.6. Программа работ по модернизации существующей, освоению серийной и созданию новой поливной техники и ирригационного оборудования в РФ на 2004-2010 годы. – Коломна, 2004.

5.7. НТО по теме 118. «Разработать экологические, водосберегающие технологии полива дождеванием на базе модернизированных машин и оборудования». – Коломна, 2005.

5.8. Перспективы зарубежных и отечественных фирм и предприятий.

5.9. **Алдошкин, А.А., Петренко, Л.В**. Быстросборные трубопроводы для обеспечения фермерских, садоводческих и крестьянских хозяйств / Сб. науч. тр. ВНИИ «Радуга». – Коломна, 2001.

5.10. **Ольгаренко, Г.В., Алдошкин, А.А**. и др. Методические рекомендации по применению и эксплуатации комплектов ирригационного оборудования. – Коломна: ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2008.

5.11. Научно-исследовательский отчет по теме 1.133. Проведение исследований и разработка рекомендаций по эксплуатации ирригационного оборудования из пластических материалов. – Коломна, 2008.

5.12. **Ольгаренко, Г.В., Алдошкин, А.А**. Научно-методические рекомендации по проектированию и эксплуатации оросительных систем при дождевании на агроландшафтах различной топографии. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011.

6. ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МИКРООРОШЕНИЯ

Микроорошение объединяет технологии и технические средства полива сельскохозяйственных культур, при которых обеспечивается под относительно низким давлением и с малой интенсивностью постоянная или прерывистая подача воды или слабоконцентрированных питательных растворов в зону обитания корней растений, над поверхностью почвы или внутри ее. Термин микроорошение был принят в ходе дискуссии за «круглым столом» по микроорошению на Международной конференции МКИД в 1986 г. в г. Будапеште.

Отмеченные характеристики микроорошения, могут быть реализованы на системах капельного, импульсно-локального и внутрипочвенного орошения; традиционного периодического, синхронного импульсного и мелкодисперсного (аэрозольного) дождевания.

Система микроорошения подает воду к культуре, используя сеть магистральных трубопроводов, ответвлений от магистральных трубопроводов и поливных трубопроводов с точками водовыпуска (капельницами или микронасадками), расположенными по их длине. Каждая точка водовыпуска равномерно подает небольшое, точно контролируемое количество воды, питательных элементов и других необходимых для роста веществ непосредственно в корневую зону растения или на поверхность возле него, а при аэрозольном орошении – на само растение.

Отток влаги и питательных элементов пополняется непрерывно, вследствие чего растения никогда не подвергаются стрессу, вызываемому недостатком влаги или питательных элементов. Постоянная водообеспеченность и наличие питательных элементов позволяют растению, не подвергаемому стрессу, достичь оптимального роста и высокого урожая.

Особенности технологий микроорошения и их эффективность

Микроорошение характеризуется низкими нормами полива, при этом вода подается:

- в течение длительного времени;
- с частыми интервалами;
- непосредственно в корневую зону или на поверхность растения (аэрозольное увлажнение);
- через низконапорную систему подачи.

Технология капельного орошения по сравнению с обычным поливом имеет следующие преимущества:

- происходит аэрация почвы. Почва не переувлажняется, что обеспечивает интенсивное дыхание корней на протяжении всего цикла роста, не прерывающееся во время или непосредственно после орошения. Почвенный кислород позволяет активно функционировать корневой системе;
- корневая система развивается лучше, чем при любом другом способе орошения. Основная масса корней сосредотачивается в зоне капельниц, корневая система становится более мочковатой, с обилием активных корневых волосков. Увеличивается интенсивность потребления воды и питательных веществ;
- вода поступает медленно, почва не подвергается эрозии, что позволяет избежать потерь влаги;
- растворенные удобрения вносятся непосредственно в корневую зону вместе с поливом. Происходит быстрое и интенсивное поглощение питательных веществ. Это самый эффективный способ внесения удобрений в засушливых климатических условиях;
- листья растений не увлажняются, как при дождевании (кроме аэрозольного увлажнения), снижается вероятность распространения болезней, инсектициды и фунгициды не смываются с листвы;
- капельный полив позволяет осуществлять обработку почвы, опрыскивание и сбор урожая в любое время, независимо от проведения орошения, так как участки почвы между рядами на протяжении всего сезона остаются сухими;
- капельное орошение дает возможность применять полив на склонах или участках со сложной топографией, без сооружения специальных уступов или переноса почвы;
- при поливе напуском одна треть растений получает очень много воды, от чего они задыхаются, другая треть недополучает влагу. В результате только оставшаяся треть растений получает оптимальное количество воды. Капельное орошение регулирует не только количество воды, но и подачу удобрения, растворенного в ней;

• значительная экономия воды: увлажняется только прикорневая зона растений, от 40 до 60% объема общей площади; снижаются потери на испарение; отсутствуют потери от периферийного стока воды;

• температура почвы выше, чем при дождевании, поэтому можно получить более ранний урожай;

• продукты, полученные в результате использования капельного орошения, лучше по качеству;

• урожайность повышается примерно в 3 раза;

• уменьшаются трудовые затраты на проведение поливов;

• семена сорняков не попадают в почву, следовательно, нет необходимости делать прополку вручную;

• система действует автоматически и при необходимости может быть подключена к компьютеру. Все это позволяет экономить до 60% рабочего времени.

Различные виды систем орошения имеют различные эффективности, обусловленные способом полива (табл. 6.1).

Таблица 6.1

Эффективность системы орошения (по М.Д. Босуэл, Австралия, 1998)

Вид системы орошения	Примерная эффективность, %
Подпочвенное капельное орошение	95+
Капельное орошение	95
Микродождевание	85
Дождевальная система с поливом в движении по кругу	80
Дождевальные насадки для полива сверху	60-75
Самоходные дождевальные машины	60
Полив затоплением/полив по бороздам	36-75
Дождевальная система с поливом в движении по кругу и дождевальной насадкой для полива сверху	50 или менее

6.1. Импульсное дождевание

Импульсное дождевание обеспечивает частые поливы при минимальных поливных нормах. Позволяет регулировать микроклимат на высоте растений. Его применяют для полива многолетних насаждений, кормовых и других культур, прежде всего на землях с уклонами до 0,2 и расчленённым рельефом, а также на маломощных почвах, подстилаемых сильнофильтрующими или практически нефильтрующими грунтами. Зоны применения – предгорные районы Закавказья, Средней Азии, Юга Украины, Северного Кавказа и Молдавии. Импульсное дождевание проводят по следующим технологическим схемам: ежедневное дождевание в жаркие часы суток при поливной норме, близкой к суточному водопотреблению; дождевание в обычном режиме (в расчётные сроки при расчётных поливных нормах); непрерывное в течение вегетации водоснабжение растений в соответствии с ходом водопотребления (синхронное дождевание) за счёт одновременной и непрерывной работы импульсных дождевальных аппаратов. Системы импульсного дождевания состоят из следующих элементов: водозаборные сооружения, насосные станции, оросительная сеть, генераторы и усилители командных сигналов, импульсные дождеватели, линии связи, система автоматизации управления поливом. Процесс импульсного дождевания заключается в многократной кратковременной подаче воды (дождя) чередующимися паузами.

6.1.1. Синхронное импульсное дождевание

Это одно из прогрессивных технологических направлений в дождевании для получения максимального рассредоточения поливного тока. На протяжении всей вегетации растений вода на орошаемый участок подается в диапазоне хода текущего водопотребления сельскохозяйственных культур, что постоянно поддерживает на оптимальном уровне влажность активного слоя почвы и приземного слоя 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.

Синхронное импульсное дождевание применяют для полива многолетних насаждений, кормовых и других культур, прежде всего на участках сложного рельефа, при уклонах до 200, а также на маломощных почвах, подстилаемых сильнофильтрующими или практически нефильтрующими грунтами. Перспективные зоны развития систем синхронного импульсного дождевания – это в первую очередь предгорные районы Северного Кавказа, Алтая, южных областей России.

Технологические параметры системы синхронного импульсного дождевания приведены в табл. 6.2.

Система синхронного импульсного дождевания включает в себя водозаборное сооружение, насосную станцию, линии связи, систему автоматизации управления поливом, оросительную сеть с импульсными дождевальными аппаратами (рис. 6.1).

Оросительные трубопроводы прокладывают параллельно горизонталям местности по ярусам с перепадом высот между ярусами не более 25 м.

Таблица 6.2

Технические параметры системы синхронного импульсного дождевания

Показатели	Расчетная формула или метод установления	Пределы изменения для среднеструйных аппаратов
Верхний предел давления в гидроаккумуляторе p_{max}, Па	По рабочей характеристике насоса	(4-10) 10^5
Геометрический объем гидроаккумулятора V_{hQ}, л	Конструктивно	20-100
Диаметр сопла d, см	-»-	1,4-2,6
Угол поворота за рабочий цикл Θ, град	-»-	4-6
Нижний предел давления в гидроаккумуляторе p_{min}, Па	0,4-0,6	(2-6) 10^5
Объем выброса воды за рабочий цикл V_{ejc}, л	$\frac{V_{hQ}P_a}{P_{max}}\left[\left(\frac{p_{max}}{p_{min}}\right)^{0,9}-1\right]$	4-20
Радиус действия R, м	Экспериментально	25-40
Площадь полива при расстановке, га: по квадратной схеме по треугольной схеме	 $10^{-4}\cdot 2R^2$ $10^{-4}\cdot 2{,}6R^2$	 0,12-0,32 0,16-0,41
Расход воды, подводимой одному аппарату q, л/с		0,04-0,3
Продолжительность накопления τ_{dc}	V_{ejc}/q	30-300
Продолжительность выброса τ_{ejc}, с	$\frac{V_{ejc}}{\mu\cdot 0{,}785d\sqrt{g\left(P_{max}+P_{min}\right)}}$	1-4
Продолжительность цикла τ_{cyc}, с	$\tau_{ac}+\tau_{ejc}$	30-300
Средняя круговая интенсивность p_m, мм/мин	$6\cdot 10^{-3}q$	0,0018-0,005
Число рабочих циклов за один оборот n_{cyc}	360/Θ	60-90
Продолжительность одного оборота τ_{rev}, мин	τ_{cyc}	30-750

Примечание: q – ордината гидромодуля, (л/(с·га); μ – коэффициент расхода сопла; p_a – давление в атмосфере, Па.

Системы синхронного импульсного дождевания можно проектировать из отдельных блок-участков, в пределах которых осуществляется автономное управление режимом работы. Такой блок-участок обслуживает сезонно-стационарный комплект оборудования для синхронного импульсного дождевания КСИД-I0А, включающий в себя насосную станцию, трубопроводную сеть, импульсные дождевальные аппараты ДИ-15А, генератор командных сигналов (импульсов снижения давления), датчик необходимости и интенсивности водоподачи, пульт управления, гидроподкормщик типа ГПД-50, контрольно-измерительное оборудование, систему аварийной защиты.

Несколько блок-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.

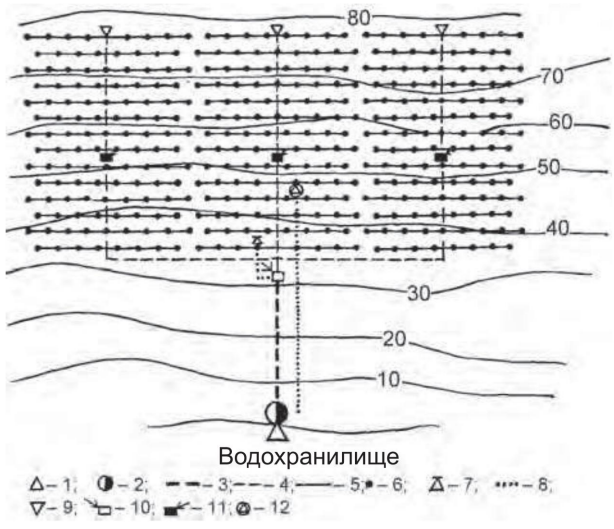


Рис. 6.1. Принципиальная схема системы синхронного импульсного дождевания: 1 – водозаборное сооружение; 2 – насосная станция; 3 – магистральный трубопровод; 4 – распределительный трубопровод; 5 – поливной трубопровод; 6 – импульсный дождеватель; 7 – датчик заполнения системы; 8 – управляющие линии; 9 – вантуз; 10 – генератор командных сигналов с дождевателем; 11 – усилитель командных сигналов; 12 – датчик необходимости полива

Импульсный дождевальный аппарат ДИ-15 (рис. 6.2) состоит из пневмогидроаккумулятора, гидроуправляемого запорного органа, дождевальной насадки. Пневмогидроаккумулятор представляет собой водовоздушный бак, разделенный перфорированным сводом и эластичной мембраной на две части. Нижняя часть предварительно заполняется сжатым воздухом, в верхнюю − поступает вода.

По сигналу от датчика необходимости водоподачи включается насосный агрегат, который подает воду ко всем импульсным аппаратам комплекта. Вода через запорные органы импульсных дождевальных аппаратов поступает в верхние полости гидроаккумуляторов и сжимает находящийся под эластичной мембраной воздух. После наполнения всех аппаратов водой до расчетного объема генератор командных сигналов на короткое время соединяет трубопроводную сеть с атмосферой. Давление в трубопроводах резко понижается. При этом дождевальные аппараты срабатывают одновременно на всей орошаемой площади. После выплеска дождевальные насадки поворачиваются на угол 60°, и рабочий цикл накопление-выплеск повторяется.

Исходными данными для расчета технологических параметров дождевальных аппаратов, работающих 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 потребного числа дождевальных аппаратов выбранной конструкции на 1 га орошаемой площади и продолжительности паузы накопления, обеспечивающих требуемую удельную водоподачу.

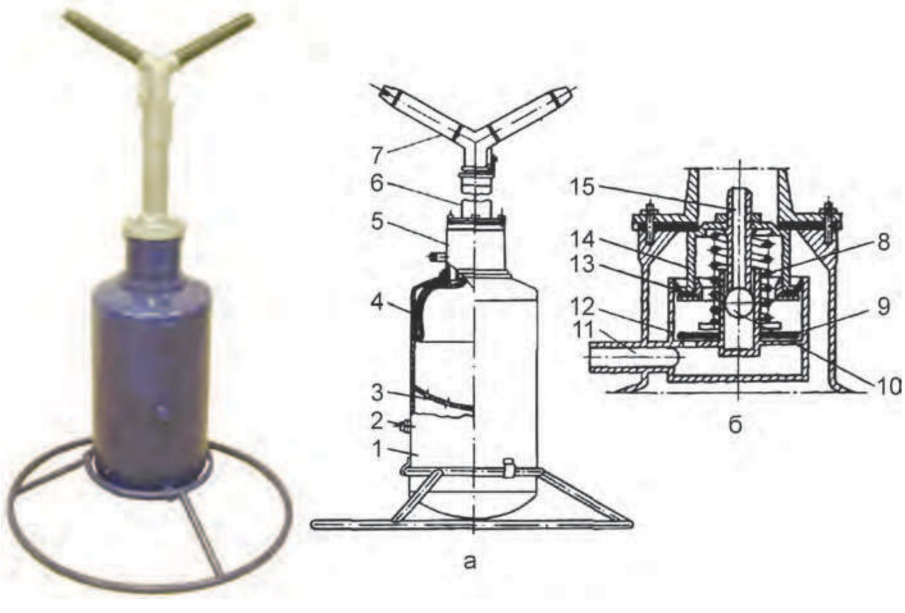


Рис. 6.2. Импульсный дождевальный аппарат ДИ-15 (а) и его гидроуправляемый запорный орган (б): 1 – пневмогидроаккумулятор; 2 – штуцер для закачивания воздуха; 3 - перфорированный ограничительный свод; 4 – эластичная шаровая мембрана; 5 – гидроуправляемый запорный орган; 6 – стояк; 7 – дождевальная насадка; 8 – пружина; 9 – обратный клапан; 10 – шаровой клапан; 11 – штуцер; 12 – центральная камера; 13 – манжета; 14 – поршень; 15 – сбросная втулка

Устойчивость работы импульсного дождевального аппарата обеспечивается двухсторонней разгруженной от действия реактивных сил среднеструйной насадкой, с принудительным механизмом поворота (рис. 6.3).

Водопроводящий стояк выполняется в двух вариантах: для установки дождевальной насадки на высоте 1,5 м (для кустарниковых культур и питомников) и 2,5 м (для садов). При дождевании низкостебельных культур возможно использовать среднеструйный дождевальный аппарат типа «Роса-3» с установкой без стояка, непосредственно на пневмогидроаккумулятор, высота установки 0,9 м.

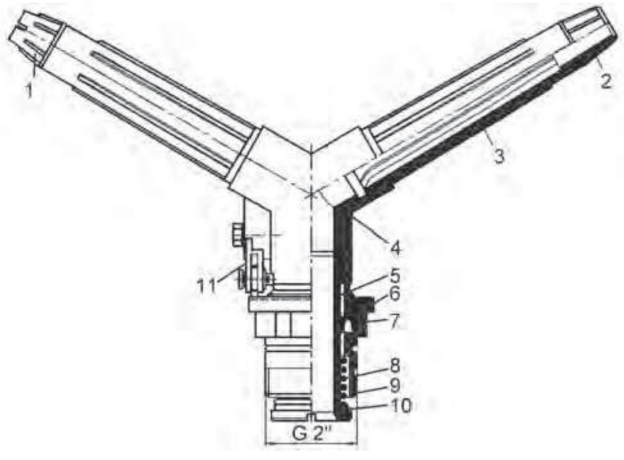


Рис. 6.3. Среднеструйный дождевальный аппарат: 1, 2 – сопла; 3 – ствол; 4 – корпус; 5 – втулка; 6 – колесо храповое;7 – манжета; 8 – пружина; 9 – втулка в сборе; 10 – шайба;11 – механизм шаговый храповой

Техническая характеристика комплекта КСИД-10А

Площадь полива, га	до 10,0
Средний расход, л/с	10,0
Рабочее давление импульсных дождевателей, МПа	0,55-0,30
Максимально 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
Высота установки насадки, м	1,0-2,5
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	не более 0,02
Диаметр трубопроводов, мм:	
распределительных	50-100
поливных	20…32
Протяженность трубопроводов, м/га	259,2
В том числе ∅ 20-32 мм	228,8

Обслуживает один человек 4 комплекта.

Для мелких участков рекомендуется одногектарный комплект синхронного импульсного дождевания КСИД-1, имеющий аналогичные характеристики и конструктивно отличающийся лишь гидроуправляемым запорным органом дождевального аппарата и упрощенным генератором импульсов (рис. 6.4-6.6). Трубопроводная сеть состоит из поверхностно располагаемых полиэтиленовых труб ∅ 20-32 мм.

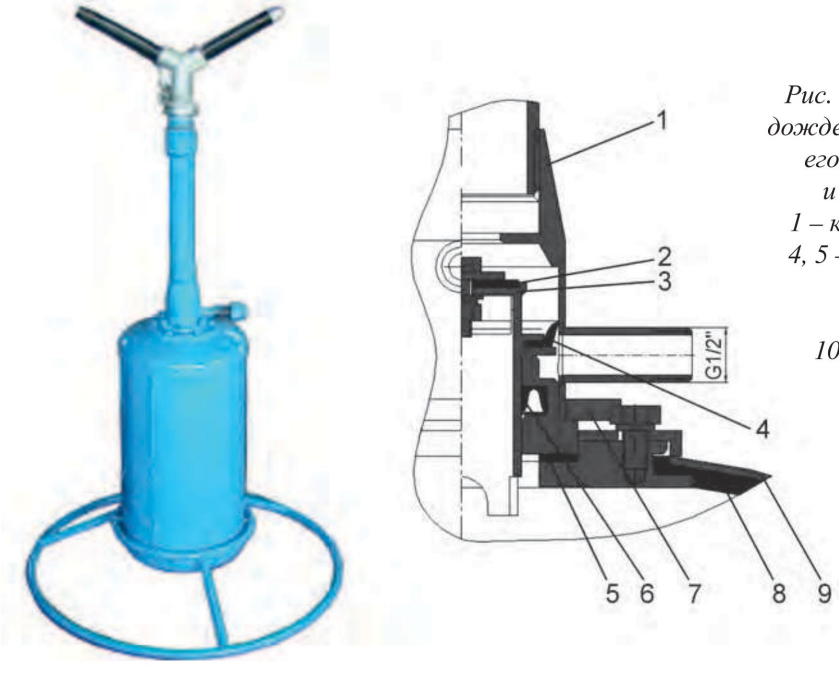


Рис. 6.4. Модернизированный импульсный дождевальный аппарат комплекта КСИД-1, его запорный гидроуправляемый орган и генератор командных импульсов: 1 – корпус; 2,6 – уплотнения; 3 – клапан; 4, 5 – манжета; 7 – фланец; 8 – шаровая мембрана; 9 – корпус пневмогидроаккумулятора; 10 – генератор командных импульсов



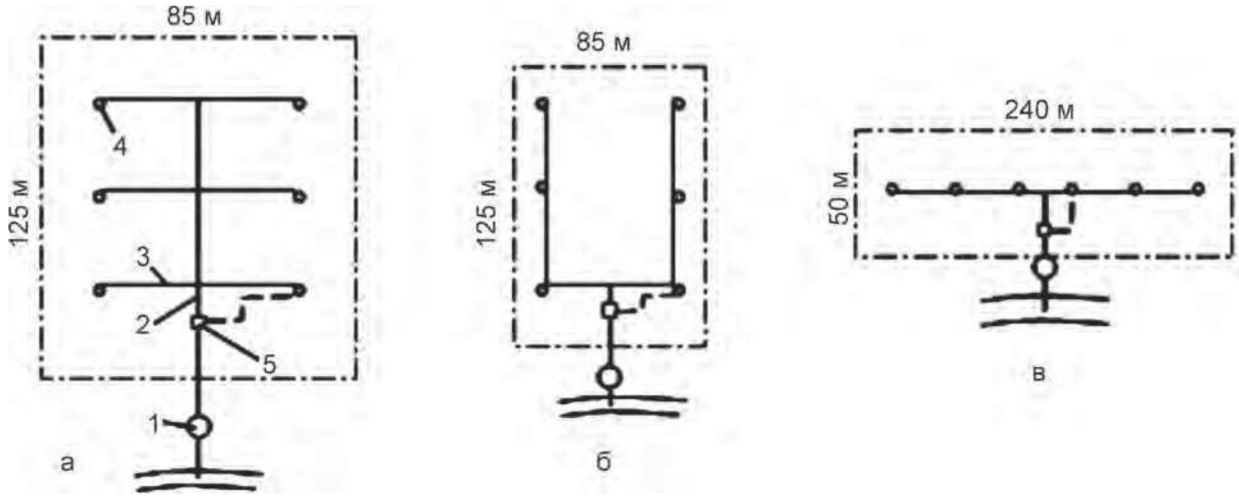


Рис. 6.5. Варианты схем расположения сети комплекта КСИД-1: а, б, в – возможные схемы трубопроводной сети; 1 − насосный агрегат; 2 − распределительный трубопровод; 3 − поливные трубопроводы; 4 − импульсный дождеватель; 5 − управляющий узел (генератор командных сигналов)

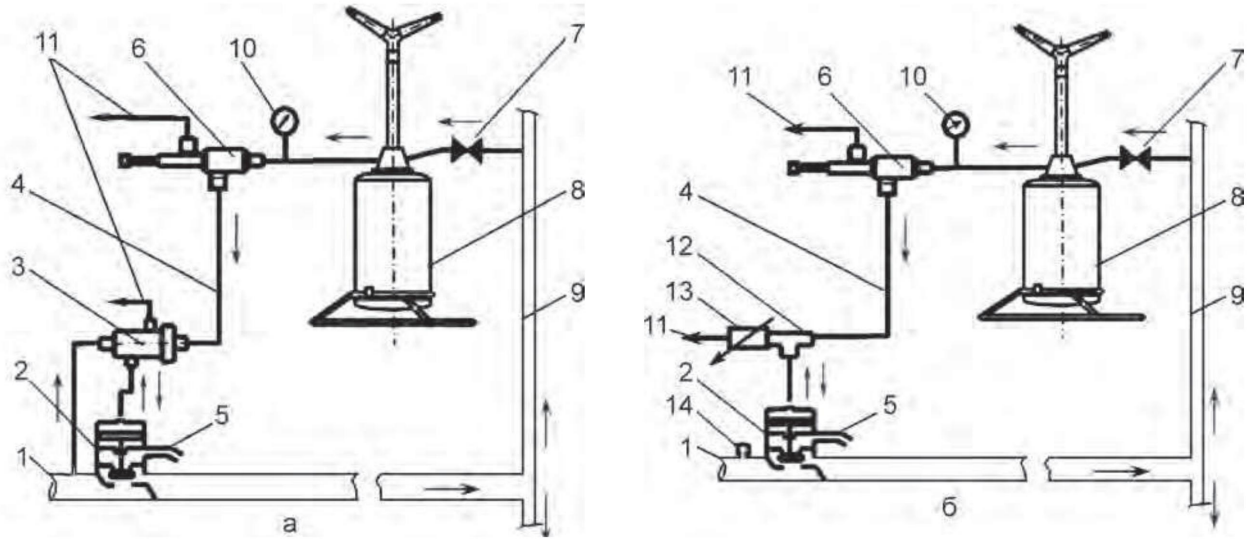


Рис. 6.6. Схемы управляющего узла – генератора командных сигналов для КСИД-1: а – с уклонами более 0,05; б – с уклонами до 0,05; 1 – распределительный трубопровод; 2 – клапан гидроуправляемый; 3 – клапан-распределитель; 4 – канал управления; 5 – сбросная труба; 6 – реле давления; 7 – кран дросселирующий; 8 – командный импульсный дождеватель; 9 – поливной трубопровод; 10 – манометр; 11 – слив в атмосферу; 12 – тройник ½"; 13 – дроссель; 14 – заглушка ½"

Техническая характеристика КСИД-1

Тип комплекта	стационарно-сезонный
Режим работы	автоматический
Площадь полива, га	1
Подводимый расход, л/с	1
Рабочее давление, МПа	не менее 0,65
Давление МПа:	
в трубопроводной сети воздуха в гидропневмоаккумуляторе:	0,6-1,25
до работы гидропневмоаккумулятора	не менее 0,3
при работе гидропневмоаккумулятора	не более 0,6
Число импульсивных дождевателей	6
Объём выплеска, л:	
дождевателем	не менее 13
комплектом	не менее 78
Время выплеска, с	не более 3
Сектор поворота дождевального аппарата при выплеске	3^0-6^0
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	не более 0,02
Радиус полива по крайним каплям, м	не менее 27
Схема расстановки дождевателей	по квадрату
Расстояние между дождевателями при уклоне до 0,05, м	35±5

Комплекты синхронного импульсного дождевания могут комплектоваться также импульсными дождевальными аппаратами автоколебательного типа АИД-1 (рис. 6.7), работающих как самостоятельная единица или в комплекте в несинхронном режиме. Может работать как в импульсном, так и в непрерывном режимах дождевания.

В целях большего рассредоточения поливного тока по площади на базе автоколебательного импульсного дождевального аппарата АИД-1 сформирован комплект КСИД-Р (рис. 6.8) с рассредоточенными по площади среднеструйными дождевальными аппаратами с радиусом полива до 12,5 м типа «RACO» (рис. 6.9). Комплект представляет собой пневмогидроаккумуляторный бак полезным объёмом 15 л с разводящей сетью полиэтиленовых быстроразборных трубопроводов и 12 стояками с дождевальными аппаратами малой интенсивности.

Комплект синхронного импульсного дождевания КСИД-Р предназначен для малоинтенсивного непрерывного орошения питомников плодовых, декоративных и овощных культур, в том числе зеленных, цветников, газонов и других сельскохозяйственных культур на протяжении всего вегетационного периода и регулирования в них микроклимата поливными нормами, максимально приближенными к нормам суточного водопотребления. Комплект имеет возможность работать как в импульсном, так и в непрерывном периодическом режимах орошения.

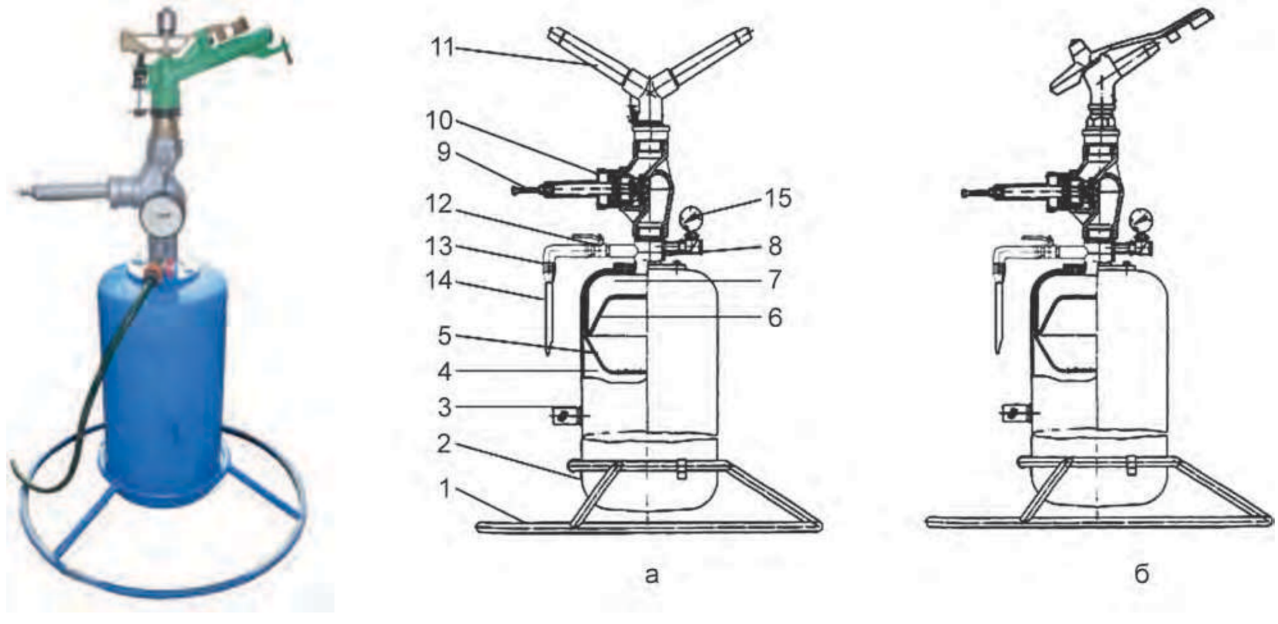


Рис. 6.7. Дождеватель импульсный автоколебательный АИД-1: а – с разгруженным дождевальным аппаратом; б – с коромысловым дождевальным аппаратом; 1 – опора; 2 – корпус водовоздушного бака; 3 – клапан воздушный; 4 – воздушная полость; 5 – перфорированный свод; 6 – эластичная мембрана; 7 – водяная полость; 8 – патрубок; 9 – болт регулировки давления срабатывания; 10 – запорный орган гидроуправляемый автоколебательный; 11 – дождевальный аппарат; 12 – кран непрерывной водоподачи; 13 – угольник переходный компрессионный; 14 – подводящий трубопровод; 15 – манометр

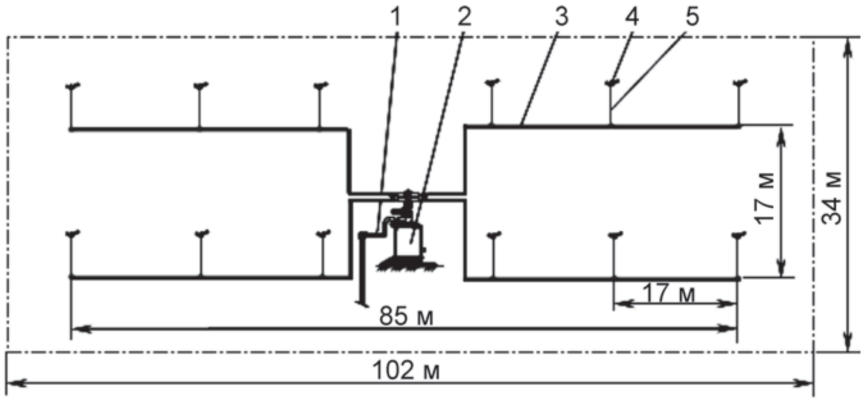


Рис. 6.8. Принципиальная схема комплекта КСИД-Р: 1 – подводящий трубопровод; 2 – пневмогидроаккумулятор импульсный; 3 – поливной трубопровод; 4 – дождевальный аппарат; 5 – стойка

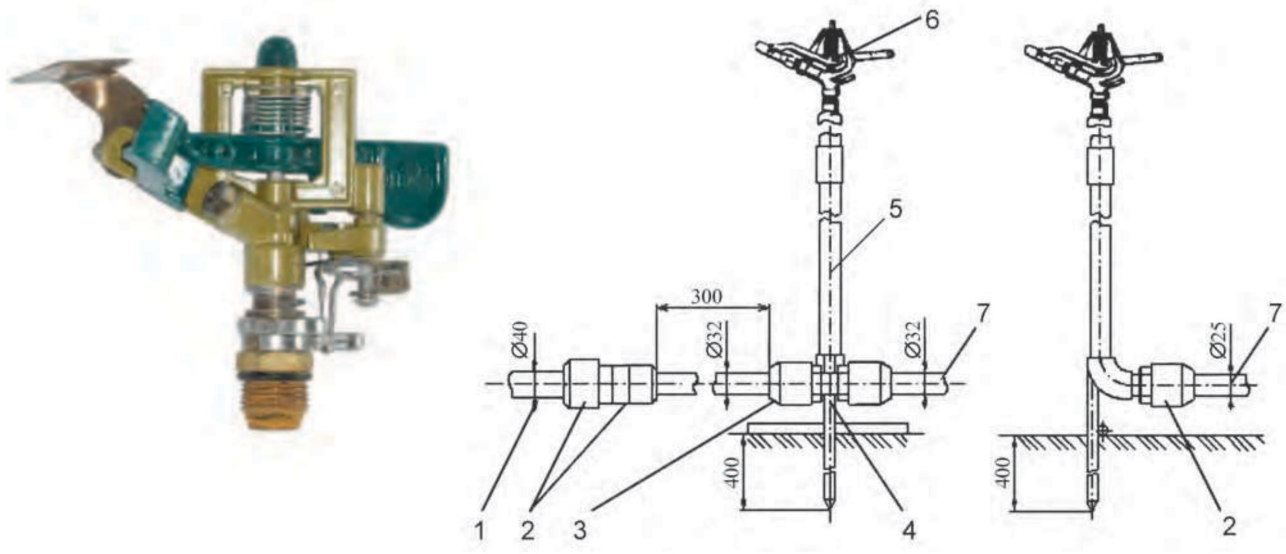


Рис. 6.9. Дождевальный аппарат «RACO» (Expert) ½" с соплом 3,5 мм: 1 – распределительный трубопровод; 2 – переходные муфты; 3 – тройник; 4 – основание; 5 – труба стояка; 6 – дождевальный аппарат; 7 – поливной трубопровод

Комплект является блок-модулем для устройства оросительных систем (рис. 6.10).

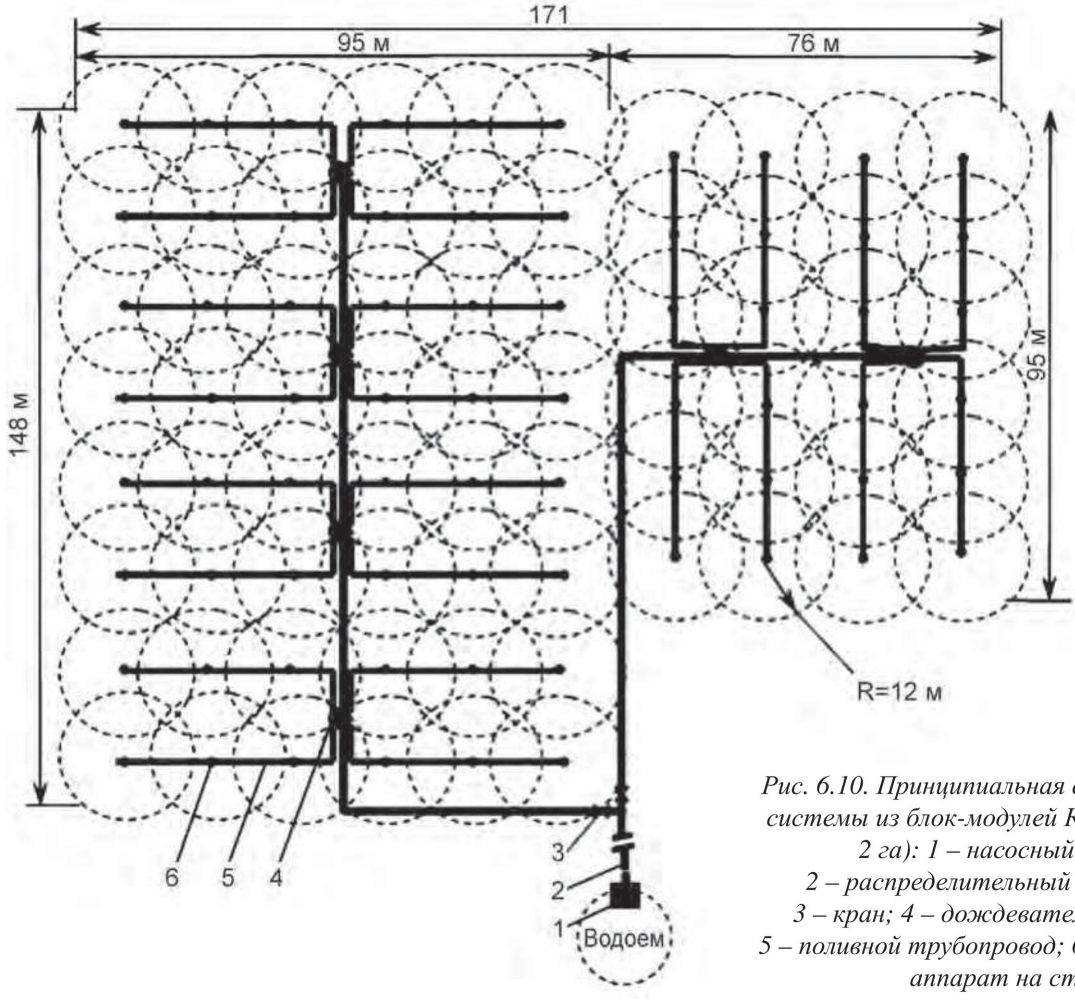


Рис. 6.10. Принципиальная схема построения системы из блок-модулей КСИД-Р (площадь 2 га): 1 – насосный агрегат; 2 – распределительный трубопровод; 3 – кран; 4 – дождеватель импульсный; 5 – поливной трубопровод; 6 – дождевальный аппарат на стойке

Важным показателем использования комплекта КСИД-Р является снижение интенсивности дождя до 0,006 при импульсном дождевании (рис 6.11) и до 0,07 мм/мин – при непрерывном. В режиме непрерывного дождевания в комплект включается гидроподкормщик инжекторного типа или дозатрон для ввода растворов минеральных удобрений в поливную воду.

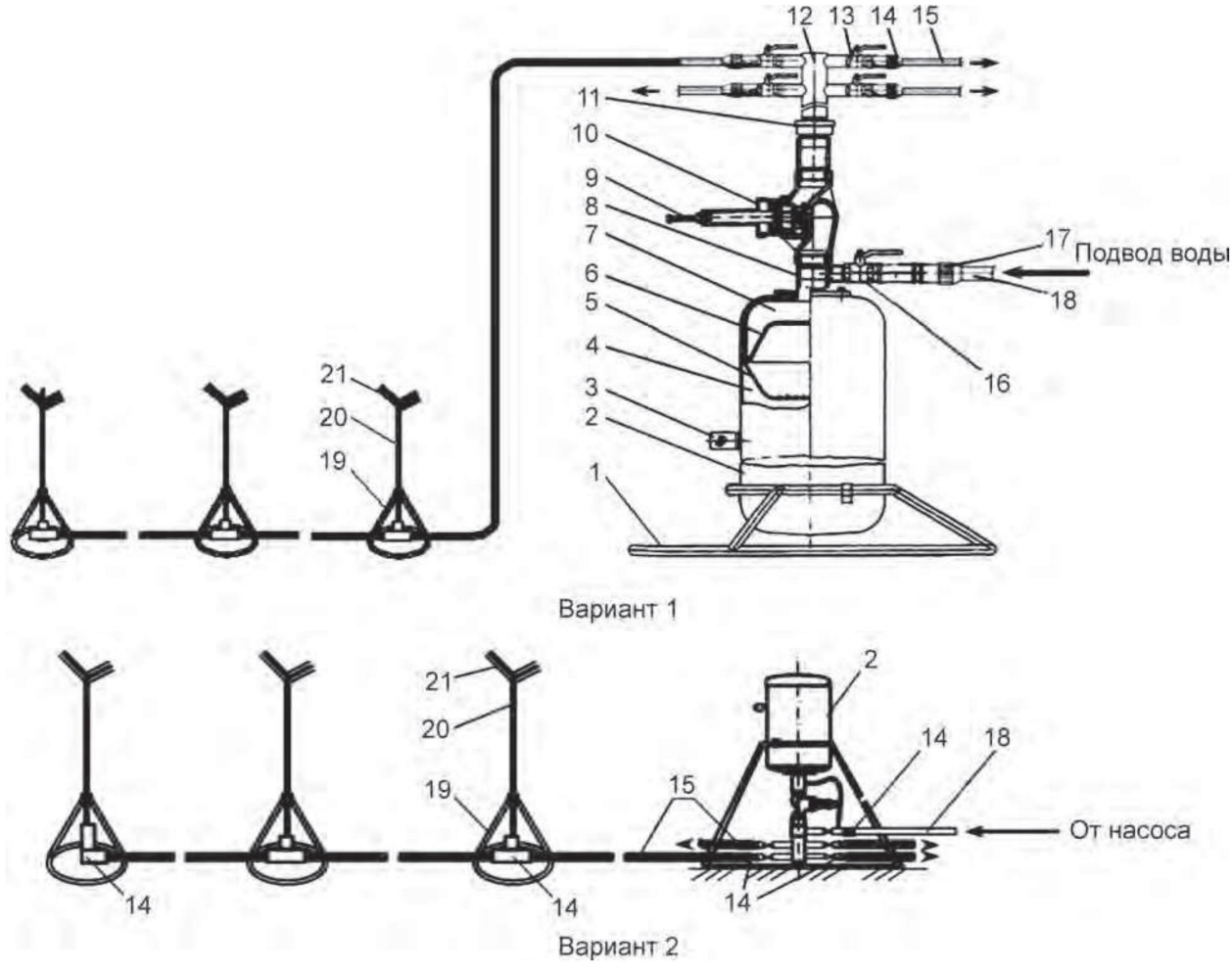


Рис. 6.11. Схема импульсного аппарата и поливного трубопровода КСИД-Р:
1 – опора; 2 – корпус водовоздушного бака; 3 – клапан воздушный; 4 – воздушная полость; 5 – перфорированный свод; 6 – эластичная мембрана; 7 – водяная полость; 8 – патрубок; 9 – болт регулировки давления срабатывания; 10 – запорный орган гидроуправляемый автоколебательный; 11 – обратный клапан; 12 – коллектор; 13 – кран запорный участковый; 14 – соединение переходное компрессионное; 15 – поливной трубопровод; 16 – кран водоподачи; 17 – муфта переходная компрессионная; 18 – подводящий трубопровод; 19 – опора стояка; 20 – стояк; 21 – дождевальная насадка

Техническая характеристика КСИД-Р

Способ дождевания	импульсный и непрерывный
Площадь орошения, га	до 0,35
Давление на входе в дождеватель, МПа	до 0,65
Подводимый расход, л/с:	
импульсный режим	не более 0,35
непрерывный режим	не менее 3,6
Давление воздуха в пневмогидроаккумуляторе, МПа:	
до работы пневмогидроаккумулятора	не менее 0,3
при работе пневмогидроаккумулятора	не более 0,6
Объём выплеска при импульсном режиме, л:	
комплектом	не менее 13
дождевальным аппаратом	не менее 1
Продолжительность рабочего цикла «накопление-выплеск», с	90±30
Время выплеска, с	не менее 3
Средняя интенсивность дождя, мм/мин:	
импульсный режим	не более 0,006
непрерывный режим	не более 0,07
Число стоек в комплекте	12

Высота установки дождевальной насадки, м	0,5; 1
Радиус полива по крайним каплям, м	12,5
Расстояние между дождевальными аппаратами, м	17
Уклон участка	до 0,005
Коэффициент эффективного полива	не менее 0,7
Средний диаметр капель, мм	не более 1
Расстановка пневмогидроаккумуляторов при групповом использовании, м:	
между пневмогидроаккумуляторами	34
между линиями пневмогидроаккумуляторов	102
Масса (сухая), кг	не более 120
Трудоёмкость досборки на месте применения, чел.-ч	не более 8
Коэффициент земельного использования	не более 0,99

Один человек обслуживает 30 комплектов

6.1.2. Комплект импульсного дождевания КИД-1

Комплект импульсного дождевания КИД-1 осуществляет увлажнительные поливы на протяжении всей вегетации растений, обеспечивая подачу воды в соответствии с ходом текущего водопотребления сельскохозяйственной культуры, постоянно поддерживая на оптимальном уровне влажность активного слоя почвы и приземного слоя воздуха без резких колебаний, свойственных периодическим поливам, благодаря последовательной импульсной водоподаче поливного тока по шести участкам орошаемой площади.

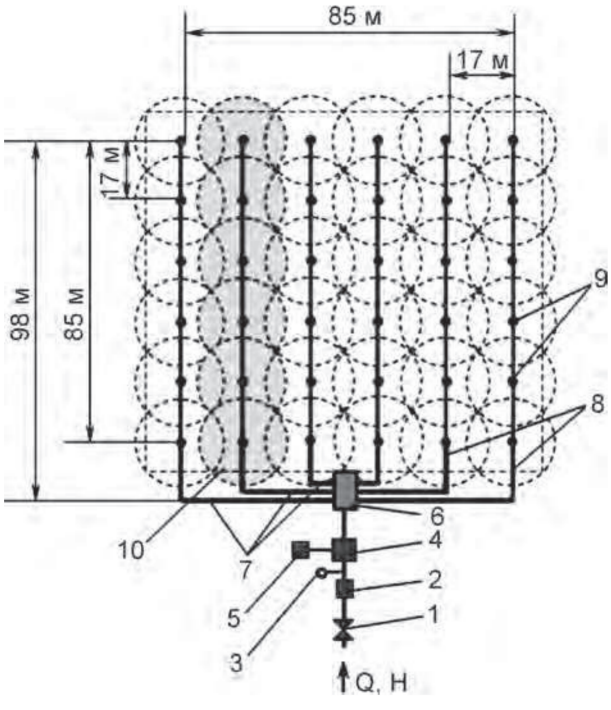


Рис. 6.12. Принципиальная схема сети комплекта КИД-1: 1 – входной кран; 2 – фильтр; 3 – манометр; 4 – электромагнитный клапан; 5 – контроллер; 6 – распределительный клапан; 7 – распределительные трубопроводы; 8 – поливные трубопроводы; 9 – стояк с дождевальным аппаратом; 10 – зона полива

Сезонно-стационарный одногектарный комплект КИД-1 (рис. 6.12) представляет собой сеть из шести полиэтиленовых поливных трубопроводов переменного сечения (25-40 мм), оснащённых стояками со среднеструйными дождевальными аппаратами типа «RACO». Трубопроводы соединены с управляющим узлом (рис. 6.13) с распределительным клапаном, переключающим направление потока воды по команде падения давления в сети, которое формируется за счёт работы (закрытия-открытия) электрогидроуправляемого клапана, управляемого программатором-таймером, работающих от девятивольтовой батареи.

Комплект предназначен для непрерывного орошения питомников, плодовых и декоративных культур, овощных, в том числе зеленных культур, цветников, газонов и других сельскохозяйственных культур на площади до 1 га на протяжении всего вегетационного периода поливными нормами максимально приближенными к нормам суточного водопотребления

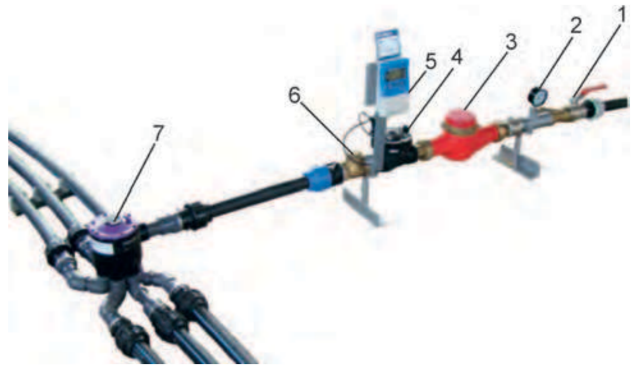


Рис. 6.13. Узел управления комплекта КИД-1: 1 – кран; 2 – манометр; 3 – счётчик воды; 4 – клапан электроуправляемый; 5 – контроллер-таймер; 6 – обратный клапан; 7 – клапан распределительный

Техническая характеристика КИД-1

Рабочее давление, МПа	не менее 0,6
Подводимый расход, л/с	не более 2
Площадь орошения, га	до 1
Схема расстановки дождевателей	по квадрату
Расстояние между дождевателями, м	17х17
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	не более ,025
Средний диаметр капель дождя, мм	не более 1
Число зон последовательного полива	6
Одновременно поливаемые зоны, шт.	1
Длительность полива зоны (устанавливаемая), мин	от 1 до 720
Пауза между переключением зон (устанавливаемая), мин	не менее 1
Уклон участка	до 6 ^{0}
Трудоёмкость монтажа комплекта, чел.-ч	24
Масса оборудования, кг	не более 300

Один человек обслуживает десять комплектов.

6.1.3. Мелкодисперсное (аэрозольное) увлажнительное дождевание

С повышением температуры воздуха у растений увеличивается испарение (транспирация), предохраняющее их от перегрева. При продолжительном действии высоких температур транспирация резко увеличивается, содержание воды в тканях растений уменьшается ниже оптимального уровня, начинается депрессия фотосинтеза. В результате обезвоживания жизнедеятельность растений снижается. Депрессия фотосинтеза у большинства культур начинается при + 18-28°С и продолжается с 8 ч утра до 18 ч вечера. Периоды с температурой выше 25°С могут длиться от 44 до 120 дней и сопровождаться суховеями со скоростью ветра 1,8-4,3 м/с и штилями продолжительностью от 5 до 35 дней. Одним из путей защиты растений от действия повышенных температур является увлажнение воздуха, снижение его температуры и восстановление водного баланса растений.

Мелкодисперсное дождевание (МДД) предназначено для увеличения влажности приземного слоя воздуха и уменьшения температуры листьев растений при неблагоприятных состояниях внешней среды (воздушные засухи и суховеи).

Системы МДД применимы 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.

МДД может быть использовано как самостоятельный способ орошения в регионах с достаточным увлажнением, а для районов с умеренным и недостаточным увлажнением – как составная часть комбинированных систем, например, с капельной системой орошения, так как при капельном орошении на создание микроклимата надземной части растений расходуется не более 2 % подаваемой оросительной воды, что недостаточно в периоды депрессии фотосинтеза. При применении аэрозольного увлажнения основная часть оросительной воды (95-98 %) расходуется на увлажнение воздуха, практически не создавая запаса влажности в почве.

Эффективный размер диспергированных капель воды – 50-600 мкм. Но по группам растений этот показатель отличается. У растений с листьями, имеющими выраженный восковой налет оптимальная крупность капель 50-300 мкм. Крупные капли (400-500 мкм и более) сползают по поверхности, смыкаются и скатываются с поверхности листа на землю. Количество воды, подаваемое за один импульс или проход агрегата, должно, с одной стороны, обеспечивать достаточно сильное и продолжительное влияние на фитоклимат посевов, с другой – полностью удерживать влагу на листовом покрове. Разовая норма увлажнения должна находиться в пределах 0,8-1 м^3/га. Максимальная водоудерживающая способность поверхности сельскохозяйственных культур составляет 3-4 м^3/га при достаточно равномерном распределении капельной влаги по листовой поверхности, но на практике из-за неравномерности увлажнения растительного покрова максимальная норма разового увлажнения должна быть в 1,5-2 раза меньше. Периодичность подачи воды в термически напряженное время суток – через 1-2 ч. Необходимое число циклов увлажнения определяется скоростью испарения капель диспергированной воды с поверхности растений. Объем расходуемой за сутки влаги должен обеспечивать поддержание регулируемых параметров фитоклимата посевов в рекомендуемых пределах. По данным многих авторов, средняя за вегетационный период суточная норма увлажнения находится в пределах 2-7 м^3/га.

Наибольший эффект от мелкодисперсного дождевания достигается при частом или непрерывном распределении водного аэрозоля над орошаемой площадью.

Для расчета времени испарения капель воды с поверхности растительного покрова Б.К. Рассоловым и А.И. Шахмейстером предложен ряд формул. Для растительного покрова с изменяющимися параметрами фитоклимата формула имеет вид:

$$\tau = 1,3\frac{d^2}{\Delta\ell}\cdot 10^{-3},\ \text{мин}, \qquad (6.1)$$

где τ – время испарения, мин;

d – средний диаметр капель, мкм;

$\Delta\ell$ – разность концентрации водяного пара в растительном покрове и над растительным покровом, мб.

Время испарения капель для ДДА-I00МА определяется по формуле

$$\tau = \frac{200}{\Delta\ell}\ \text{, мин}, \qquad (6.2)$$

а для туманообразующей установки (ТОУ):

$$\tau = \frac{300}{\Delta\ell}.$$

А.П. Лихацевич, использовав широко применяемые в метеорологии уравнения состояния идеального газа и допустив некоторые упрощения, аналитически получил уравнение, позволяющее рассчитывать необходимую для конкретных условий интенсивность (q) мелкодисперсного увлажнения:

$$q = \frac{H}{\tau} = \frac{\alpha^1\cdot\mu_n P h E (T - T_0)}{K\beta\rho_{\tilde{a}} R H T T_0},\ \text{мм/мин}, \qquad (6.3)$$

где H – слой воды, поданный на площадь при мелкодисперсном увлажнении, мм;

τ – время воздействия одного цикла мелкодисперсного увлажнения на микроклимат зоны обитания увлажняемых растений, мин;

α^1 – коэффициент, учитывающий плотность растительности в данном объеме;

μ_n – молекулярный вес пара, кг/моль;

P – общее давление влажного воздуха, мб;

h – высота вегетационной массы увлажняемой культуры, м;

E – интенсивность испарения капелек воды, мм/мин;

T – фактическая температура влажного воздуха, ^{0}К.

T_0 – относительная температура влажного воздуха, ^{0}К;

K – коэффициент пропорциональности;

β – коэффициент, учитывающий потери мелкодиспергированной воды;

R – универсальная газовая постоянная, Дж/^{0}К·моль.

Уравнение (6.3), по мнению А.П. Лихацевича, является универсальным и может быть использовано в любой зоне и для любой культуры. Однако с учетом того, что определение коэффициентов α, β, K затруднено, им установлена эмпирическая зависимость для определения межполивного интервала при мелкодисперсном увлажнении многолетних трав на торфяных почвах Белорусского Полесья вентиляторными опрыскивателями ОП-450 и ОВТ-IA.

$$\tau = \frac{1,85\cdot 10^5\, H^2\,(1+0,00366\ t_{\tilde{a}})}{(1-0,01_{\tilde{a}})\ (1+0,23\,\nu_{\tilde{a}})\,(t_{\tilde{a}}-20)}\text{, мин}. \qquad (6.4)$$

Построенная на основании формулы (6.4) номограмма (рис. 6.14) позволяет оперативно корректировать разовую норму увлажнения и межполивной интервал применительно к сложившимся условиям. В ходе проверки формулы в полевых условиях полученные фактические данные отличались от расчетных не более чем на 2 мин.

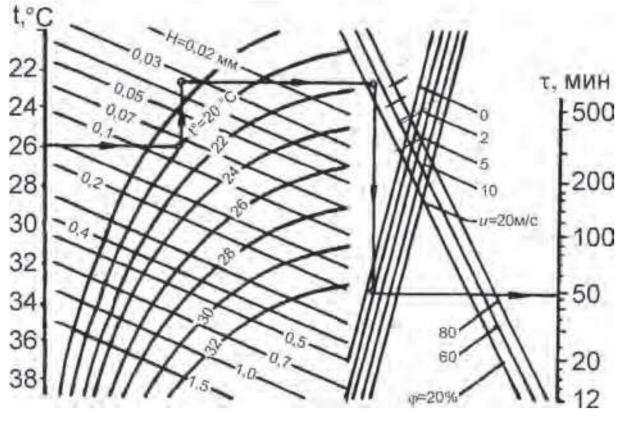


Рис. 6.14. Номограмма для расчета режима мелкодисперсного увлажнения (по А.П. Лихацевичу)

При рассредоточенной установке стационарных диспергаторов на равномерность распределения влаги по площади участка большое влияние оказывает диаметр образующихся капель, наличие и сила ветра, высота установки насадки. Чем мельче капля, тем дальше и равномернее идет распределение влаги по площади. На рис. 6.15 приведены данные зависимости дальности полета капли от ее диаметра и скорости ветра. Экспериментальными исследованиями установлено, что стационарная система мелкодисперсного дождевания может обеспечивать удовлетворительную

равномерность распределения слоя осадков только при скоростях ветра более 1,8 м/с. В этом случае коэффициент эффективного полива достигает значения 0,6.



Рис. 6.15. Зависимость дальности полета капли от ее диаметра и скорости ветра (по данным А.М. Шарко, М.М. Османова, 1986)

Основные способы диспергирования воды – гидродинамический, гидромеханический и пневмогидродинамический. Для этого используют форсунки различных конструкций, которыми оснащают машины или установки для мелкодисперсного дождевания (рис. 6.16).

Краткие технические данные имеющихся технических средств для МДД приведены в табл. 6.3.

На стационарных системах для надкронового мелкодисперсного дождевания в садах применяют оборудование, включающее в себя мачту высотой 9-12 м и поворотную штангу с диспергаторами (форсунками). Штанга самоустанавливается перпендикулярно направлению ветра (рис. 6.17). Оборудование работает по принципу гидродинамического диспергирования воды. При скорости ветра 3-6 м/с средняя интенсивность дождя составляет не менее 0,06 мм/ч.

Сезонно-стационарный комплект мелкодисперсного (аэрозольного) увлажнения КАУ-1М (рис. 6.18), конструкции ВНИИ «Радуга», представляет собой типовой модуль площадью 1 га для увлажнительного импульсного орошения садовых и овощных культур. Комплект аэрозольного орошения КАУ-1М предусмотрен для работы в режиме импульсного автоматического полива на протяжении периода термически неблагоприятных условий окружающей среды (засухи, суховея, термически напряженные периоды времени суток, заморозки).

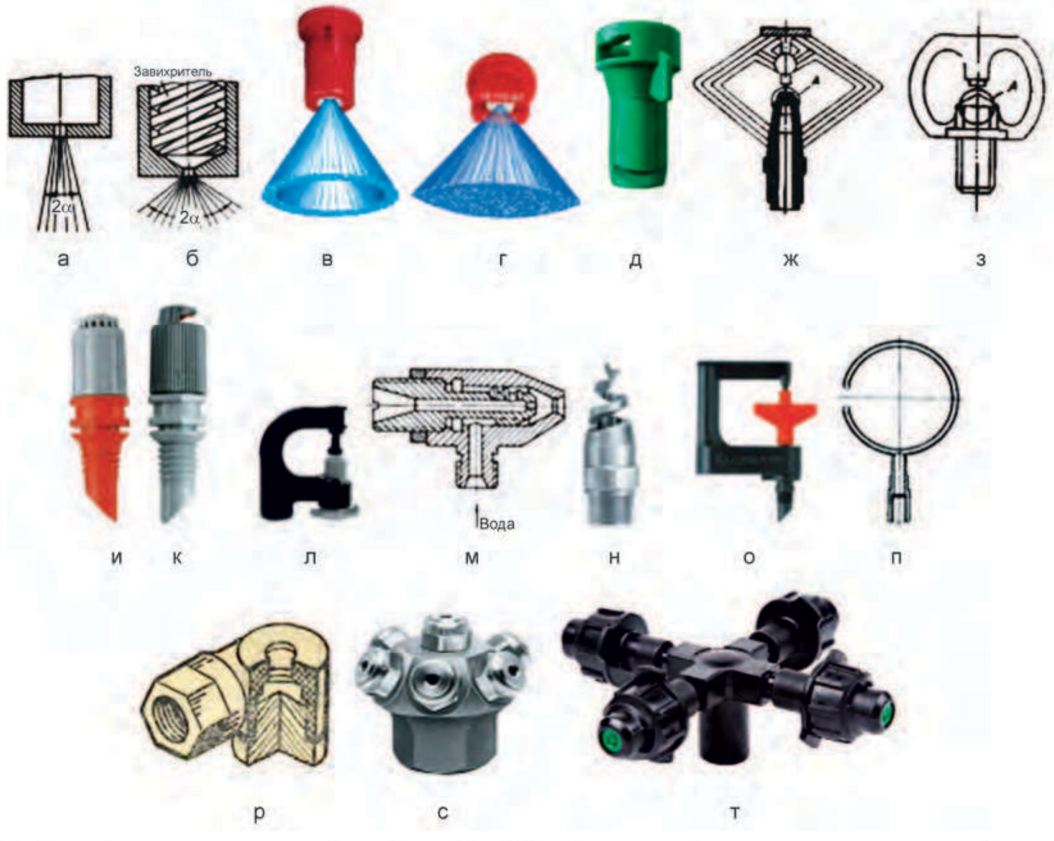


Рис. 6.16. Типы форсунок: а – струйная (2α = 10 - 15°); б – центробежная с завихрителями (2α = 50 - 110°); в – струйная с полым коническим факелом; г – струйная с плоским факелом; д – струйная с боковым факелом; ж, з, и, к, л – струйные с отражающим дефлектором; м – центробежная с завихрителем и подсосом воздуха; н – струйная с завихрителем; о – с разбрасывающим диском; п – струйная с соударяющимися струями; р – тангенциальная; с, т – фоггер (блок насадок)

Таблица 6.3

Стационарные системы мелкодисперсного (аэрозольного) увлажнительного дождевания (МДД)

Показатели	Система МДД разработана		
	ВНИИ «Радуга»		УкрНИИОС
Тип основного рабочего органа	Дождеватель		Насадка
Схема расстановки рабочих органов, м	38х37	17х17	4х2,5
Число рабочих органов на 1 га	5-7	36	1000
Высота установки насадок, м	9-10	5	
Давление воды у рабочего органа, МПа	0,3-0,4	0,15-0,6	0,15-0,4
Расход распылителя, л/с	0,08-0,11	0,015-0,023	0,008
Интенсивность водоподачи, на 1 га л/с	0,48-0,66	1,62-2,48	1
Площадь, обслуживаемая одним оператором, га	100	10	50
Удельная протяженность трубопровода, м/га	300	850	2213
Средний диаметр трубопроводной сети, мм	42	20	29

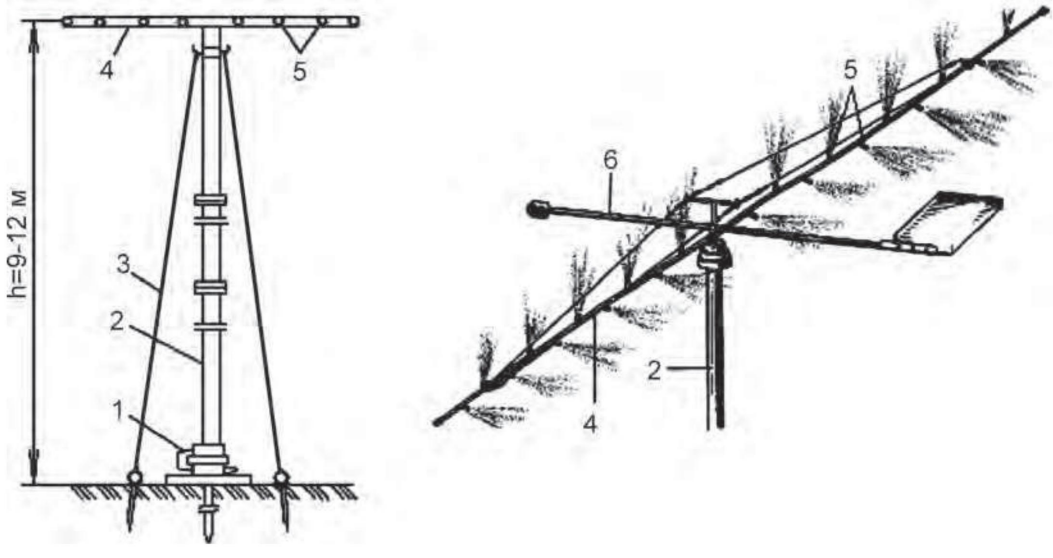
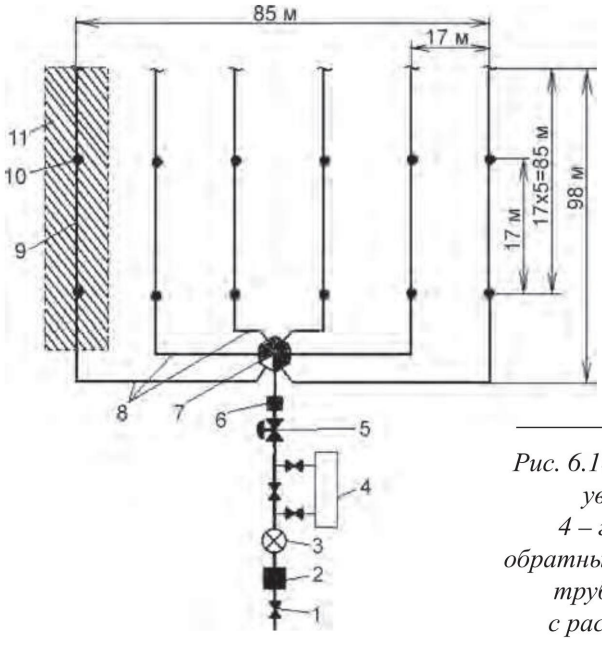


Рис. 6.17. Схема мелкодисперсной стационарной установки ВНПО «Радуга»: 1 – основание стойки; 2 – стойка; 3 – растяжки; 4 – штанга поворотная; 5 – форсунки; 6 – флюгер



Энергонезависимый блок управления (см. рис. 6.13) позволяет задавать импульсы водоподачи и паузы между ними в интервалах, соответствующих расчетным параметрам разовых объемов водоподачи и времени обсыхания влаги с листовой поверхности.

Стояки комплекта выполнены в виде стальной трубчатой конструкции переменного сечения высотой 5 м и весят менее 13 кг, что позволяет одному оператору проводить их техническое обслуживание.

Рис. 6.18. Принципиальная схема модуля комплекта аэрозольного увлажнения: 1- кран; 2 – фильтр; 3 – счётчик воды; 4 – гидроподкормщик; 5 – клапан с таймером; 6 – клапан обратный; 7 – клапан распределительный; 8 – распределительный трубопровод; 9 – поливной трубопровод d=25; 10 – стояк с распыливающими насадками; 11 – зона полива (импульса)

Основание стояка выполнено в виде полого стакана с крестообразным ограничителем глубины, служащим и для обеспечения устойчивости к вращению и наклону (рис. 6.19). Основание заглубляется в грунт на 0,7 м, в него помещается стояк и крепится болтом, чтобы избежать произвольного вращения.

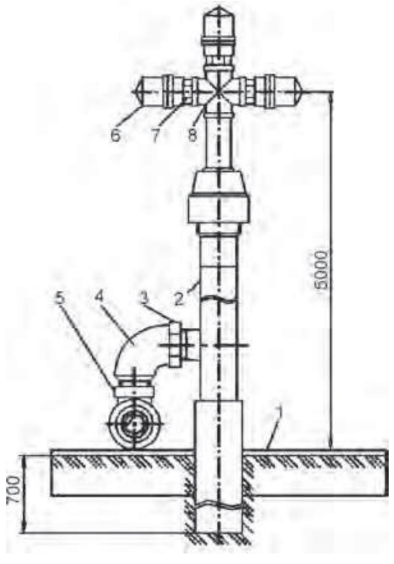


Рис. 6.19. Дождеватель: 1 – основание (анкер); 2 – трубчатый стояк; 3 – контргайка; 4 – угольник; 5 – тройник; 6 – насадка; 7 – ниппель; 8 – крестовина

Для комбинированного полива сельскохозяйственных культур аэрозольное увлажнение можно сочетать с дождеванием, капельным или внутрипочвенным орошением.

Стационарная автоматизированная система МДД конструкции УкрНИИОС предназначена для одновременного проведения надкронового и подкронового мелкодисперсного дождевания на участках с уклоном до 0,5 при скорости ветра до 5 м/с. Она включает в себя водозаборный узел, насосную станцию, устройство для очистки воды и внесения удобрений, сеть трубопроводов, водовыпуски и блок автоматизированного управления поливом. Элементы системы выполнены из полимерных материалов. Система состоит из блоков одновременного полива площадью по 6 га. Система автоматизированного управления обеспечивает прерывистый полив в режиме «полив малой продолжительности – длительная пауза» (например, 5 и 40 мин).

Во ВНИИГиМ разработано несколько модификаций туманообразующих установок для аэрозольного орошения (табл. 6.4).

Газодинамическая установка МДД-ТОУ-7 конструкции ВНИИГиМ создана на базе емкости машины РЖТ-3 с газотурбинным двигателем и сопловым аппаратом с водяным коллектором. Жидкость диспергируется скоростным газовоздушным потоком. Установка работает следующим образом: атмосферный воздух засасывается в компрессор, сжимается там и поступает в камеру сгорания, куда подается топливо. Разогретый до температуры 1100 °С воздух с продуктами сгорания направляется в двухступенчатую газовую турбину, служащую приводом компрессора, а затем поступает в суживающееся сопло с температурой 400-450 °С. В нем газовоздушная смесь циркулирует со скоростью порядка 400-450 м/с, расширяется, создавая давление, равное атмосферному. На выходе из сопла в струю газовоздушной смеси подается вода из перфорированных по длине патрубков, соединенных с водораспределительным коллектором гибкими шлангами, которые укреплены на шарнирах, позволяющих сводить и разводить их по отношению к оси струи. Из сопла смесь воды и воздуха выходит в виде турбулентной двухфазной струи и распределяется по посеву. Через некоторое время скорость струи уменьшается, капли воды выпадают из потока и осаждаются на листьях растений.

Таблица 6.4

Техническая характеристика установок ТОУ

Показатели	**ТОУ-2**	**ТОУ-3 и ТОУ-5**	**ТОУ-6**	**ТОУ-7**
Мощность двигателя, л.с.	75	700	100	700
Расход топлива, кг/ч	60	180	120-160	200
Расход воды, кг/с	2	16	20	20
Удельный расход топлива, г/кг воды	-	3,12	-	2,8
Средний размер капель, мкм	50-150	500	200…600	-
Радиус действия, м	70	100	100	100
Подача воды из автоцистерны вместимостью, $м^3$	-	3,8	-	8
Скорость движения, км/ч	-	11,5	4-16	15
Время непрерывной работы (без заправки ёмкости), с	-	240	-	390
Производительность, га/ч	-	30	-	65
Поливная норма, л/га	-	500	-	480

В качестве двигателя используется газотурбинный авиационный двигатель ГТД-3Ф, отработавший свой ресурс и приспособленный для работы в наземных условиях.

Туманообразующая установка МАГ-3 монтируется на автомобиле КРАЗ-214 или КРАЗ-225 и состоит из топливной и водяной емкостей, двух насосов подачи, запорно-регулирующих органов, турбореактивного двигателя (ВК-1), коллектора для подвода жидкости, дроссельной заслонки.

Автомобиль газоводяного тушения АГВТ-150, также представляет этот тип газоаэрозольных установок, используемых, например в борьбе с заморозками (рис. 6. 20).

Газоструйная установка «Экотрон» позволяет имитировать дождь от мелкодисперсного до тропического ливня; вносить химические удобрения, микроэлементы, средства защиты растений, производить мульчирование почвы растворами типа битумной эмульсии и т.д. (табл. 6.5).

При работе в режиме дождевания питание осуществляется от гидрантов стационарной оросительной сети, а в режиме МДД – от прицепной ёмкости вместимостью 22 м^3 с помощью насоса.

Таблица 6.5

Характеристика газоструйной установки «Экотрон»

Параметры	В режиме обычного дождевания	В режиме МДД
Расход воды, л/с	100-800	10-100
Длина струи, м	100-120	120-150
Диаметр капель, мкм	1000-2500	100-600

Мелкодисперсное орошение осуществляют с применением широкозахватных дождевальных машин и агрегатов.

Использование микродождевальных насадок на широкозахватных машинах фронтального и кругового действия типов «Фрегат», «Кубань», ДДА-100МА позволяет использовать их для малообъёмного орошения и гербигации (рис. 6. 21).

Оборудование МДД к агрегату ДДА-I00МА включает в себя центробежный насос ЗК-6, всасывающую и напорную линии трубопроводов, подвесной полиэтиленовый шланг ∅ 66 мм, на котором установлены 175 центробежных форсунок с диаметрами сопл 3,5 мм.



Рис. 6.20. Автомобиль газоводяного тушения АГВТ-150



Рис. 6.21. Микродождевальные насадки в работе на машине «Zimmatic» (Франция)

Техническая характеристика переоборудованного агрегата ДДМ-100МА для аэрозольного орошения

Базовая машина	ДТ-75
Суммарная мощность, л.с.	90
В том числе для диспергирования воды	8
Расход:	
воды, кг/с	5
топлива, кг/ч	12
Удельный расход топлива, г/кг воды (кг/га)	0,7(0,33)
Ширина захвата, м	120
Производительность чистого времени, га/ч	120-180
Разовая норма увлажнения, л/га	300
Средний размер капель, мкм	500

Используемые источники

6.1. Методические рекомендации по орошению сельскохозяйственных культур на участках со сложной топографией с применением комплектов импульсного дождевания: инстр.-метод. изд. / Г.В. Ольгаренко, В.И. Городничев, А.А.Терпигорев, А.В. Грушин, С.А. Асцатрян, С.А. Гжибовский– М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 100 с.

6.2. Механизация полива: справ. / Б.Г.Штепа, В.Ф. Носенко, Н.В. Винникова и др. – Агропромиздат, 1990. – 336 с.

6.3. Мелиорация и водное хозяйство. Орошение: справ. / Под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Колос, 1999. – 432 с.

6.4. **Голы М**. Оросительные мелиорации / Под ред. Б.Г. Штепы. – М.: Колос, 1977. – 192 с.

6.5. **Лебедев Б.М**. Дождевальные машины. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1977.

6.6. **Терпигорев А.А., Грушин А.В., Жирнов А.Н**. Технологии малоинтенсивного орошения для устойчивости агроландшафтов / Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования. Том 1. Материалы юбилейной международной научно-практической конференции (Костяковские чтения). – М.: Изд. ВНИИА, 2007.

6.7. **Терпигорев А.А., Грушин А.В., Жирнов А.Н**. Повышение санитарно-экологической безопасности орошаемых агроландшафтов: матер. региональной науч.-теорет. конф. «Проблемы и методы управления экономической безопасностью регионов». – Коломна, КГПИ, 2005.

6.8. **Терпигорев А.А., Грушин А.В**. Поддержание плодородия почв с применением малоинтенсивных технологий дождеванием: сб. науч. тр. науч.-практ. семинара «Приемы регулирования почв на орошаемых сельхозугодьях». – Новочеркасск: ФГНУ РосНИИПМ, 2011.

7. МАЛООБЪЕМНОЕ (МАЛОРАСХОДНОЕ) ОРОШЕНИЕ

7.1. Дождевальная шланговая установка ДШУ-09

Изготавливается на базе ДШ-06П, предназначена для полива дождеванием различных сельскохозяйственных культур, кроме высокостебельных, в том числе плодовых, ягодных, овощных культур, кустарников и пальметных садов, а также газонов и цветников на участках орошения приусадебных, фермерских, индивидуальных и селекционных хозяйств (рис. 7.1).



Рис. 7.1. Общий вид ДШУ-09 в работе

Различные варианты изготовления установки (на штативе, на полозьях, с измененной схемой расстановки насадок) позволяют использовать её в условиях открытого и закрытого грунта, для удобрительных поливов [7.6; 7.7].

В табл. 7.1 приведены основные технические показатели дождевальной шланговой установки ДШУ-09 [7.8].

Техническая характеристика установки ДШУ-09

Тип изделия	дождевальная шланговая установка позиционная, с вращающимися дождевальными крыльями
Марка	ДШУ-09
Водозабор	от водопроводной сети или бытовых насосов
Привод вращения крыльев	реактивная сила струи воды
Рабочее давление воды (на гидранте), МПа	0,15-0,2
Расход воды, л/с	0,6-0,8
Площадь орошения с одной позиции, м^2	не менее 200
Радиус полива по крайним каплям, м	не менее 8
Средний диаметр капель искусственного дождя, мм	не более 1
Средняя интенсивность дождя (без учета перекрытия соседних позиций), мм/мин	не более 0,3
Коэффициент эффективного полива	не менее 0,7
Число сортов масел и смазок	солидол «С»
Минимальное расстояние от поверхности почвы до положения концевой насадки, м	не менее 0,95
Длина питающего шланга, м	не менее 15
Параметры питающего шланга, мм:	
наружный диаметр	25 ± 1,5
условный проход	20 ±2,0
толщина стенки	3 ±1,0
Дождеобразующие устройства:	
тип	дождевальные насадки короткоструйные, дефлекторные
диаметр сопла, мм	3,0; 4,0; 5,0
количество	1 /1 /2

Площадь обслуживания за сезон, га	до 1,0
Условия работы установки:	
температура окружающего воздуха, °С;	5-45
степень очистки воды, подводимой к установке	минерализация воды до 5 г/л, размер взвешенных частиц до 2 мм
скорость ветра во время полива, м/с	до 3
Габаритные размеры, мм:	
длина установки	6000±50
ширина основания	900±100
высота	1900±50
Масса установки (без шланга), кг	не более 25
Срок службы, годы	8
Срок гарантии, месяцы	24

Схема устройства дождевальной шланговой установки ДШУ-09 показана на рис. 7.2.

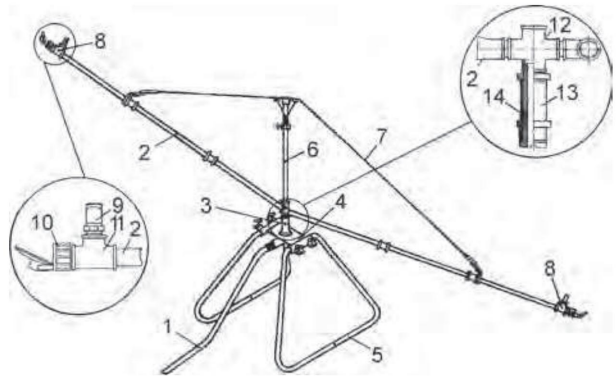


Рис. 7.2. Схема дождевальной шланговой установки ДШУ-09: 1 – подводящий шланг; 2 – водопроводящее звено; 3 – узел вращения; 4 – платформа; 5 – опора; 6 – стояк; 7 – регулируемые растяжки с крюками; 8 – пакет дождевальных насадок; 9 – вертикальные дождевальные насадки секторного действия; 10 – концевая насадка горизонтального действия; 11 – тройник; 12 – крестовина; 13 – корпус; 14 – стакан

Для обеспечения дискретного и равномерного полива целесообразно в качестве привода на вращение крыльев установки использовать устройство «сегнерова колеса», когда насадки секторного действия, объединенные в пакет и установленные на конце дождевального крыла, используются одновременно в качестве движителей и дождевателей (рис. 7.2).

Одна из вертикальных насадок (9) используется в качестве движителя и дождевателя внутренней части поливаемого круга, а другая в качестве дождевателя периферийной. Для равномерного заполнения орошаемого круга искусственным дождем факелы насадок должны быть направлены в соответствии с рис. 7.3 .

Оптимальные углы поворота реактивных насадок относительно продольной оси вращающегося крыла для орошения внутренней части круга выбираются, с одной стороны, из условия обеспечения равномерности вращения дождевальных крыльев, с другой – равномерного заполнения искусственным дождем площади полива. При этом факел насадки с диаметром сопла 3 мм направлен перпендикулярно продольной оси крыла, факел насадки с диаметром сопла 4 мм – под оптимизированным углом $\alpha = 35^{o} \pm 2^{o}$, для обеспечения, с одной стороны, равномерности вращения и выравнивания величины создаваемых реактивных сил вертикальных насадок, с другой – возможности регулирования равномерности заполнения дождем внутренней части орошаемого круга [7.1; 7.2; 7.3; 7.4].

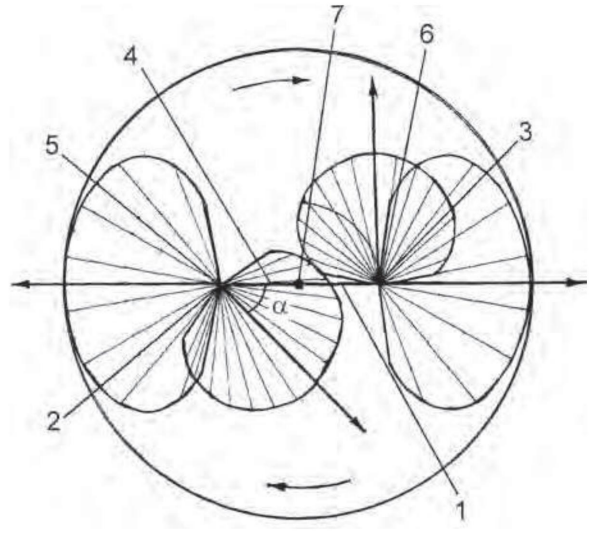


Рис. 7.3. Схема расположения насадок и формирования факелов дождя: 1, 4 – дождевальные крылья установки; 2, 3 – концевые горизонтальные насадки с соплами диаметром 5 мм; 5 – насадка с диаметром сопла 4 мм; 6 – насадка с диаметром сопла 3 мм; 7 – дождевальная установка (центр вращения); → – направления факелов насадок

К монтажу и эксплуатации дождевальной шланговой установки допускаются лица, имеющие минимальные навыки проведения слесарных

работ, предварительно изучившие «Руководство по эксплуатации» на установку ДШУ-09.

После доставки установки на место монтажа необходимо освободить ее от упаковки, проверить наличие узлов и деталей, согласно описанию устройства изделия. Снять с наружных поверхностей стальных деталей избыток смазки и протереть их ветошью, смоченной в бензине Б.70.ГОСТ 1012-72 или уайт-спирите ГОСТ 3134-78.

На центральную часть установки, которая состоит из узла вращения, закрепленного на платформе лыжной опоры, крепится стояк. К узлу вращения крепятся звенья водопроводящего трубопровода. С целью равномерного распределения силовых нагрузок водопроводящие звенья крепятся к центральному стояку регулируемыми по длине растяжками, что позволяет изменять высоту расположения пакета насадок в зависимости от вида орошаемой культуры.

Регулируемая опора обеспечивает вертикальное положение установки во время полива и позволяет удерживать её в вертикальном положении на участках с общим уклоном до 0,1.

Установку питающим шлангом соединяют с гидрантом водопроводной сети.

Работоспособность установки проверяют легким толчком одного из крыльев по часовой стрелке. При этом вращение крыльев должно быть свободным без заметного торможения. Открывают гидрант и убеждаются в плавном вращении крыльев, которое должно осуществляться по часовой стрелке, при этом каждая насадка должна поливать зоны согласно рис. 7.3.

Для безопасной работы установки на пути вращения крыльев не должно быть растений и препятствий выше водопроводящего пояса (вращающихся крыльев).

Ремонтные работы и регулировку с ДШУ-09 следует производить после отключения установки от гидранта.

При эксплуатации установки полив проводится позиционно при вращении крыльев, которые приводятся в движение реактивной силой струи от вертикальных насадок (рис. 7.3).

Технологическая схема полива установкой представлена на рис. 7.4.

Время стоянки на позиции зависит от величины технологической поливной нормы и регулируется по табл. 7.2.

Установка производит равномерный полив мелкокапельным дождем, что особенно важно в фазе прорастания семян и при поливе рассады, сводят к минимуму образование корки на поверхности почвы.

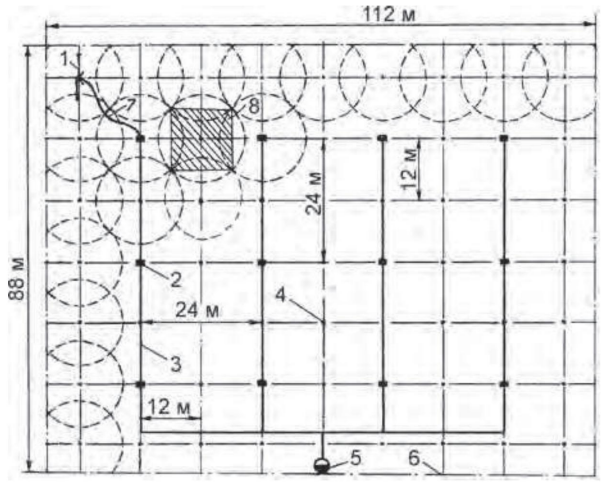


Рис 7.4. Технологическая схема орошения участка площадью до 1 га: 1 – дождевальная шланговая установка ДШУ-09; 2 – гидрант; 3 – оросительный трубопровод; 4 – позиции для работы ДШУ-09; 5 – насос; 6 – граница участка; 7 – питающий шланг; 8 – площадь орошения с перекрытием

Таблица 7.2

Продолжительность стоянки установки ДШУ-09 на позиции

Технологическая поливная норма, м³/га	Время полива, мин
50	29
100	58
150	87
200	117
250	146
300	175

После выдачи поливной нормы установка перемещается на другую позицию вручную.

Примечание. Определение максимальной поливной нормы для конкретных природных условий эксплуатации устанавливается опытным путем с хронометражом времени от начала полива до появления луж.

Техническое обслуживание

Для поддержания работоспособности установки необходимо своевременно проводить техническое обслуживание, которое предусматривает ежесменное техническое обслуживание (ЕТО) через 10 ч работы и сезонное обслуживание через 600 ч работы (по окончании поливного сезона).

ЕТО включает в себя проверку затяжки резьбовых соединений, проверку и устранение внешней утечки через уплотнения, осмотр и прочистку дождевальных насадок при засорении, проверку свободного вращения дождевального крыла в узле вращения.

Межсезонное техническое обслуживание включает в себя:

• техническое обслуживание при подготовке к хранению:

• техническое обслуживание при снятии с хранения.

При подготовке к хранению необходимо очистить установку от грязи и растительных остатков, выполнить требования ЕТО, провести осмотр установки на соответствие комплектности и определить возможность ее дальнейшей эксплуатации, разобрать и смазать консистентной смазкой узел вращения и резьбовые части деталей и узлов, проверить состояние уплотнений питающего шланга.

При снятии с длительного хранения необходимо провести расконсервацию установки, очистить узлы и детали от пыли и защитной смазки, проверить комплектность, собрать установку в рабочее положение согласно инструкции по эксплуатации.

Правила хранения

Дождевальную шланговую установку ДШУ-09 при кратковременном хранении в естественных погодных условиях необходимо содержать в собранном виде.

При длительном межсезонном хранении установку следует хранить в закрытом помещении в разобранном виде на стеллаже. Детали, подверженные воздействию коррозии, должны быть смазаны солидолом.

Питающий шланг при хранении необходимо беречь от воздействия солнечных лучей.

Возможные неисправности и методы их устранения

Неполадки могут возникнуть в результате естественного износа деталей, а также при неправильной эксплуатации, несвоевременном проведении технических уходов.

В табл. 7.3 приведены возможные неисправности и методы их устранения.

Таблица 7.3

Неисправности и методы их устранения

Неисправности, внешнее проявление	Методы устранения
Дождевальные крылья расположены под разным углом к горизонту	Проверить длину каждой растяжки и установить стояк в вертикальное положение
Дождевальные крылья не вращаются	Проверить правильность установки насадок на дождевальных крыльях согласно рис. 3.8.3. С помощью контргайки и стакана узла вращения отрегулировать зазор между крестом и корпусом. Убедиться в свободном вращении крыльев
Одна или несколько насадок не поливают	Вывернуть насадку, прочистить, промыть и поставить на место согласно инструкции по эксплуатации

7.2. Дождеватель шланговый ДШ-1

Предназначен для орошения овощных и плодово-ягодных культур на фермерских, приусадебных и садово-огородных участках площадью до 1 га, а также ягодников, стадионов и газонов различного назначения [7.9; 7.10; 7.11].

Отличительная его особенность – использование в качестве источника энергии на полив и перемещение низконапорных водопроводящих сетей и электробытовых насосов.

Дождеватель осуществляет автоматизированный полив в движении и позиционно. В первом случае полив осуществляется при движении в направлении к гидранту за счет намотки питающего шланга на катушку с приводом от ротационного двигателя («сегнерово колесо»). В случае позиционной работы привод двигателя отключается.

Дождеватель шланговый ДШ-1 имеет высокую эксплуатационную надежность и обеспечивает экологически безопасную технологию полива сельскохозяйственных культур, являясь мобильным техническим средством орошения.

Принцип действия ДШ-1: вода из напорного гидранта (или бытового насоса) через разъём подается по шлангу на катушку дождевателя (рис. 7.5). Шланг со стороны узла подсоединения к гидранту закрепляется на грунте якорем. С противоположной стороны шланг подключается к дождевателю через разъём патрубка катушки и закрепляется на ней скобой.

Далее через патрубок катушки вода поступает в ступицу катушки, а через неё – в трубопровод дождевателя. Катушка имеет возможность вращаться на оси трубопровода. Для предотвращения протечек катушка уплотняется на оси трубопровода двумя манжетами.

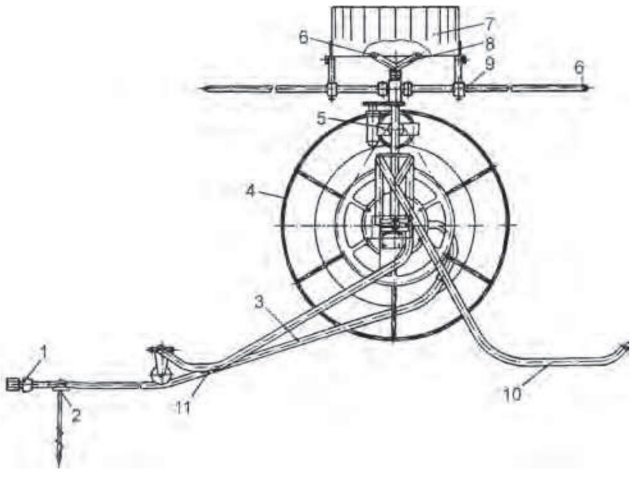


Рис. 7.5. Схема общего вида шлангового дождевателя ДШ-1: 1 – узел подсоединения; 2 – якорь; 3 – водопроводящий шланг; 4 – катушка; 5 – редуктор; 6 – сопла с рассекателями; 7 – корона; 8 – дождевальный аппарат; 9 – сегнерово колесо; 10 – лыжи; 11 – опора с направляющим роликом

Из трубопровода установки вода поступает в трубы, конструктивно изогнутые под углом 90°, установленные отогнутыми концами под углом 28-30° к горизонту и снабженные на концах соплами с рассекателями, а также в дождевальный аппарат. Трубы при помощи гаек через уплотнительные кольца крепятся на корпусе дождевателя и вращаются за счет реактивной силы воды, вытекающей из сопел отогнутых труб, образуя «сегнерово колесо». Вращение труб осуществляется по часовой стрелке, если смотреть на дождеватель сверху.

Усилие от вращающихся труб, через шестерню на корпусе, передаётся на зубчатое колесо, укрепленное на приводном валу червячного редуктора, а с него на катушку дождевателя. Вращаясь, катушка наматывает на себя шланг и тем самым приводит в движение сам дождеватель. Он перемещается на двух лыжах и опоре, снабженной на конце направляющим роликом, в направлении гидранта.

В конце орошаемого участка дождеватель отключают от гидранта и перемещают вручную на соседний участок орошения, где процесс полива повторяется.

Техническая характеристика ДШ-1

Марка	**ДШ-1**
Водозабор	от закрытой водопроводной сети, открытого водоема с использованием насосной станции СНП-5/60
Режим дождевания	позиционный и в движении
Давление на гидранте, МПа	0,3
Расход воды, л/с	0,8-1
Средняя интенсивность дождя по кругу, мм/мин	0,31
Средний диаметр капель, мм	1,4
Максимальная скорость передвижения, м/мин	0,1
Радиус орошения на позиции (по крайним каплям), м	6,5
Площадь орошения с одной позиции в движении, м^2	до 455
Масса (сухая) без шланга, кг	не более 20
Производительность в час основного времени (при поливной норме 300 м^3/га), м^2	78
Эксплуатационно-технологические коэффициенты:	
технического обслуживания	0,95
надежности технологического процесса	1
использования эксплуатационного времени	0,94
использования сменного времени	0,94
Коэффициент эффективного полива	0,7
Срок службы, годы	8
Срок гарантии, месяцы	12

Расположение дождевателя шлангового ДШ-1 и его элементов на орошаемом участке представлено на рис. 7.6.

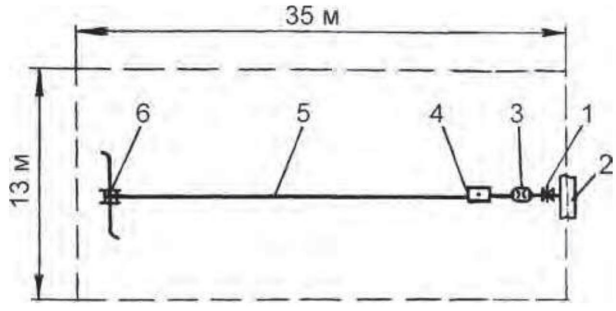


Рис. 7.6. Схема расположения оборудования на позиции: 1 – вентиль; 2 – трубопровод подводящий; 3 – разъём; 4 – якорь и отсекатель; 5 – водопроводящий шланг; 6 – дождеватель шланговый

Дождеватель может работать в нескольких режимах.

1. Режим струйного орошения в движении (рис. 7.7).



Рис. 7.7. ДШ-1 в режиме струйного орошения в движении

В этом режиме дождеватель оснащается «короной», закрепляемой на трубах «сегнерова колеса», и дождевальным аппаратом, соплами, не оснащенными рассекателями. Корона служит для регулирования равномерности распределения искусственного дождя на ближнем расстоянии от дождевателя. Необходимый угол отгиба лепестков короны определяется визуально. В этом режиме катушка дождевателя должна быть застопорена шпилькой.

2. Режим орошения раздробленными струями в движении (рис. 7.8).



Рис. 7.8. ДШ-1 при орошении раздробленными струями в движении

При работе в данном режиме дождеватель комплектуется трубами «сегнерова колеса» и дождевальным аппаратом с соплами, оснащенными рассекателями. Степень дробления водяной струи регулируется путем введения в неё иглы винта рассекателя (рис. 7.9).

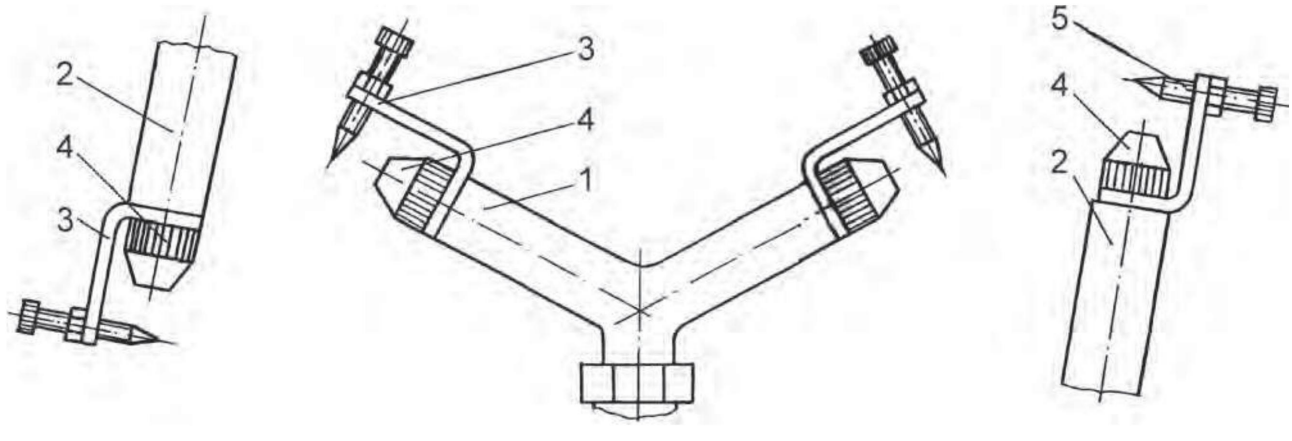


Рис. 7.9. Установка сопел и рассекателей: 1 – корпус дождевального аппарата; 2 – открылок; 3 – скоба; 4 – сопло; 5 – рассекатель

3. Позиционный режим работы для орошения раздробленными струями.

Для работы в этом режиме дождеватель комплектуется дополнительным трубопроводом, который ставится вместо дождевального аппарата с помощью переходника и оснащается двумя малорасходными дождевальными аппаратами (МДА), входящими в комплект оборудования дождевателя (рис. 7.10).

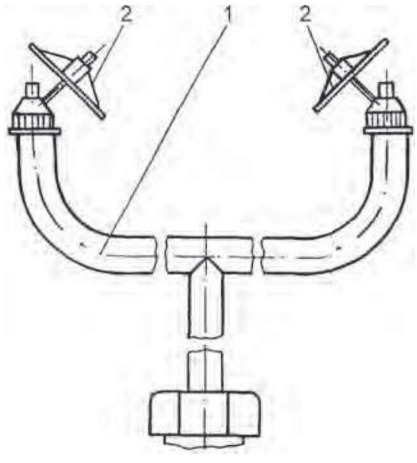


Рис. 7.10. Установка МДА: 1 – дополнительный трубопровод; 2 – малорасходый дождевальный аппарат (МДА)

Дополнительный трубопровод устанавливается отогнутыми концами труб вверх.

Технологическая схема с расположением дождевателя шлангового ДШ-1 на модульном орошаемом участке приведена на рис. 7.11.

Порядок подготовки дождевателя к работе

Конец водопроводящего шланга через разъём подсоединяется к гидранту. Подводящий шланг крепится к грунту якорем.

Катушка дождевателя отсоединяется от звездочки путем снятия шпильки.

Дождеватель вручную перемещается на край орошаемого участка, одновременно разматывается водопроводящий шланг.

Перед началом работы необходимо убрать с пути движения дождевателя препятствия, могущие привести к его поломке.

Катушка дождевателя фиксируется на звездочке шпилькой, открывается кран и в водопроводящий шланг подается вода.

Техническое обслуживание и хранение

Периодически, не реже одного раза в поливной сезон перед началом работы необходимо смазывать минеральной консистентной смазкой шестерни, редуктор, цепь и звездочки дождевателя.

При засорении сопел труб и дождевальных аппаратов (ДА) их необходимо снять с дождевателя, очистить, промыть и установить на место.

При межсезонном хранении необходимо полностью слить воду из трубопроводов дождевателя, смазать вращающиеся части (шестерни, редуктор, цепь и звездочки) консистентной смазкой.

Хранить дождеватель необходимо в сухом закрытом помещении.

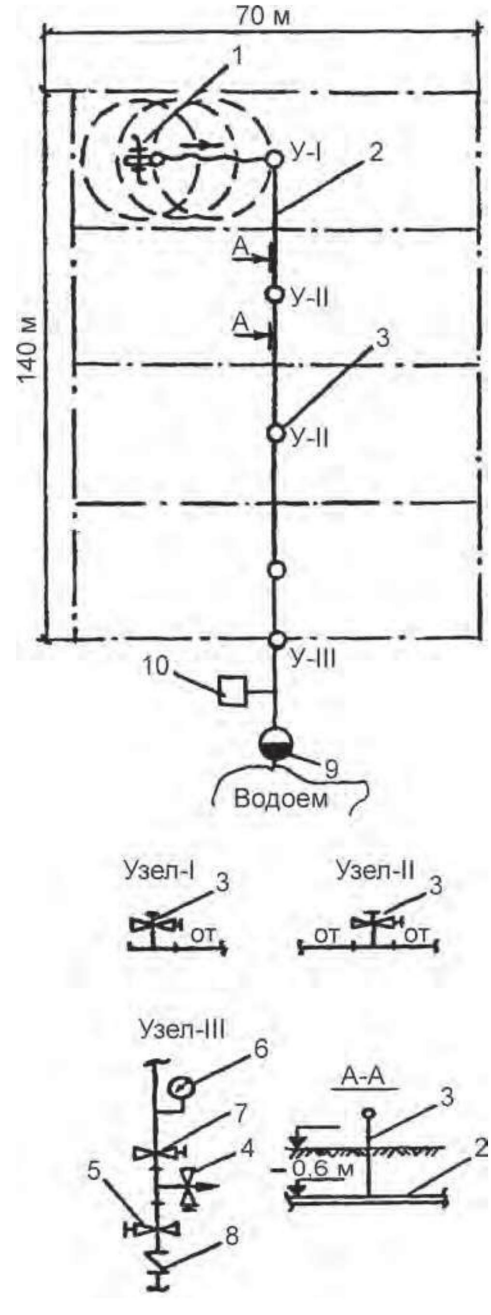


Рис. 7.11. Технологическая схема полива модульного участка с ДШ-1: 1– дождеватель шланговый ДШ-1; 2 – оросительный трубопровод; 3 – гидрант в сборе; 4 – вентиль; 5 – задвижка, 6 – счетчик воды; 7 – регулятор давления; 8 – клапан обратный; 9 – электрифицированная насосная станция; 10 – гидроподкормщик

7.3. Комплект малоинтенсивного дождевания «Росинка-М»

Предназначен для орошения садово-огородных культур на площади до 0,06 га.

Вода в комплект подается от бытового насоса или напорной стационарной сети.

Комплект может использоваться для проведения приживочных, вегетационных и освежительных поливов [7.5; 7.12; 7.13].

Техническая характеристика

Площадь одновременного полива, м^2	до 600
Диаметр сопла ДА, мм	3,5
Давление у конечного ДА на поливном трубопроводе, МПа	0,15-0,2
Расход воды, л/с	до 0,5
Интервал температур воздуха, ^{o}C	+ 2-+45
Масса комплекта, кг	12

Сведения об устройстве изделия

В комплект малоинтенсивного дождевания «Росинка-М» входят полиэтиленовые трубопроводы, быстроразъемная соединительная арматура и разбрызгивающие устройства в виде дождевальных аппаратов.

Стационарно-сезонный комплект «Росинка-М» по качеству дождя (интенсивность менее 0,1 мм/мин, размер капель с диаметром не более 1,5 мм) относится к поливному оборудованию, обеспечивающему медленное дождевание. Малые интенсивность дождя и размер капель позволяют использовать комплект на любых почвах и уклонах, обеспечивая экологически безопасный полив дождеванием. Комплект рекомендуется для полива участков личных, подсобных, фермерских хозяйств с площадью одновременного орошения 0,06 га.

Поставка полиэтиленовых труб осуществляется в бухтах; расстояние между аппаратами и высота их установки выбираются в зависимости от конфигурации участка и орошаемых культур.

Схема расположения оборудования комплекта приведена на рис. 7.12.

Перед началом сборки необходимо определить схему расположения комплекта на участке, определить вид орошаемой культуры и в соответствии с этим разрезать бухты трубопроводов на необходимые по размеру элементы (высота установки ДА – от 0,5 до 6 м; расстояние между ними – не более 10 м).

Сборку комплекта начинают с установки муфт и штуцеров на полиэтиленовые трубопроводы. Вначале на оба конца распределительных трубопроводов *1* устанавливают муфты *4*, на поливные трубопроводы *2* – муфты и штуцера *7*, а на подсоединительный патрубок *10* – муфту *4* и штуцер *12*. Для облегчения монтажа при присоединении муфт и штуцеров к трубопроводам концы последних нагревают в кипятке.

Оборудование комплекта раскладывается на участке в соответствии с выбранной схемой расположения ДА (см. рис. 7.12). Вначале монтируются распределительные трубопроводы *1* через муфты *4* и тройники *3*, затем поливные *2* через муфты *5* к тройникам *3*. Поливные трубопроводы при помощи крепежного шпагата *14* или других обвязочных средств закрепляются на стояках *15* (рис. 7.12, I-А). На них устанавливаются ДА 8 в количестве 6 шт. на комплект. Тройники, расположенные в конце распределительного трубопровода, закрываются муфтой-заглушкой *6*.

Фильтр *11* подсоединяется к распределительному трубопроводу *1* через тройник *3* и подсоединительный патрубок *10*. Установка фильтра ФММ-20 осуществляется согласно документации (паспорт 5975.00.00 ПС), поступающей с изделием.

Если трубопроводы заглубляются, то для их укладки предварительно выкапывают траншею глубиной, исключающей возможность повреждения оборудования при обработке почвы.

В работу комплект включается от водонапорной сети через вентиль, а из скважины или водоема – через бытовой насос и вентиль. При поливе поступающая на ДА вода разбрызгивается по кругу с перекрытием от соседних аппаратов.

Время полива зависит от технологической поливной нормы и регулируется по табл. 7.4.

Таблица 7.4

Продолжительность и норма полива

Продолжительность, ч-мин	Норма, м^3/га (х 0,1 л/м^2)
15 мин	6-8
30 мин	12-16
1 ч	24-32
1,30 мин	36-48
2 ч	48-64
2,30 мин	60-80
3 ч	72-96
3,30 мин	84-105
4 ч	96-120

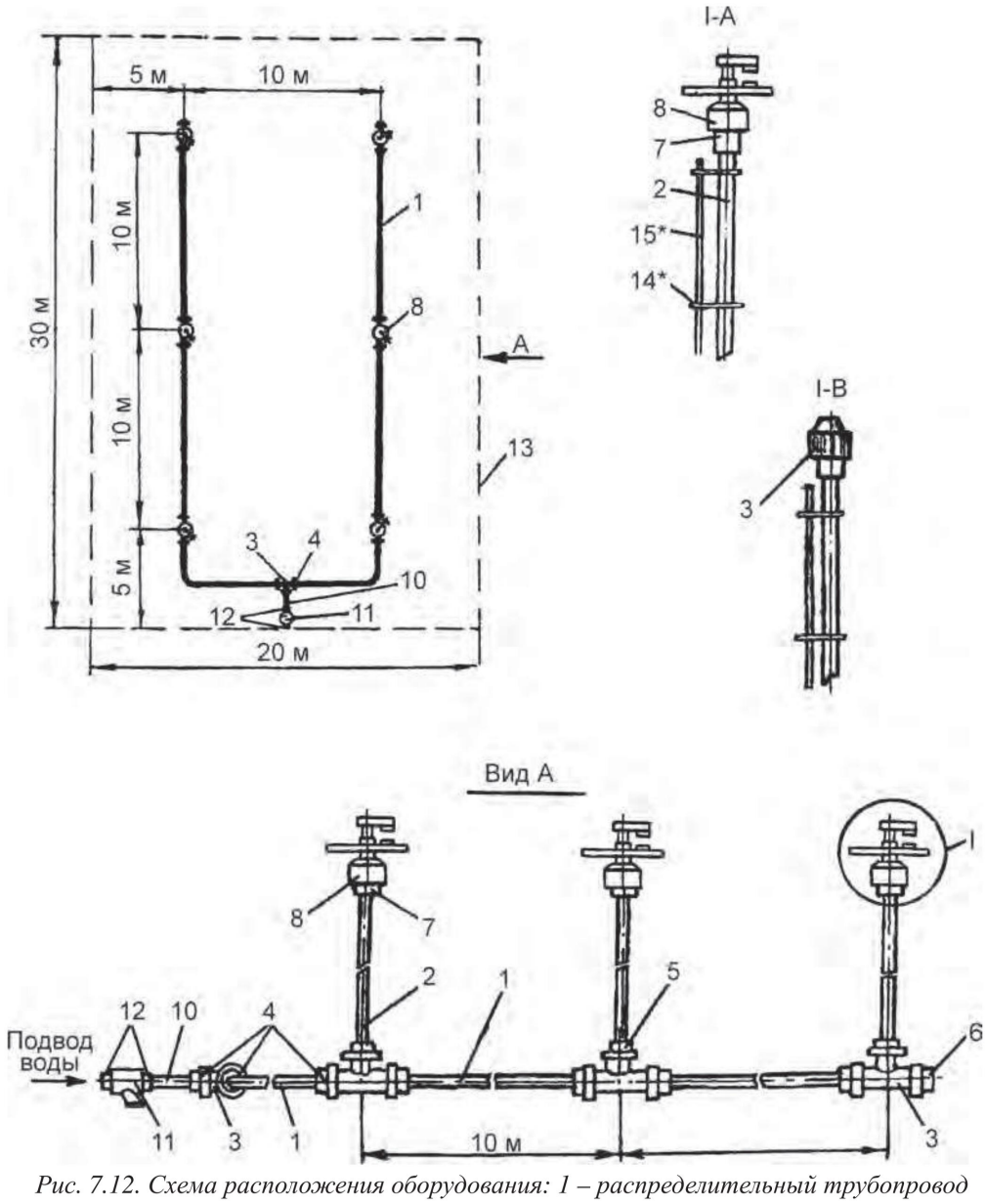


Рис. 7.12. Схема расположения оборудования: 1 – распределительный трубопровод ПНД-20; 2 – поливной трубопровод (стояк) ПВД-16; 3 – тройник; 4 – муфта М36х20; 5 – муфта М36х16; 6 – муфта-заглушка М36; 7 – штуцер G1/2"; 8 – малорасходный дождевальный аппарат (МДА); 9 – заглушка поливного трубопровода G1/2"; 10 – патрубок подсоединительный ПНД-20; 11 – фильтр ФММ-20; 12 – штуцер G3/4"; 13 – граница модульного участка; 14 – шпагат крепежный; 15* – стойка*

* В комплект поставки не входят, изготавливаются из подручных материалов.

Техническое обслуживание и хранение

Техническое обслуживание в период гарантийного срока, а также техническое обслуживание и ремонт в период срока службы осуществляются потребителем.

Во время эксплуатации необходимо следить за состоянием соединений трубопроводов и элементов комплекта. Для этого в период поливного сезона 2-3 раза в месяц необходимо проводить контрольный осмотр основных соединительных узлов комплекта.

При работе комплекта возможны неисправности в виде засорения ДА. Их очистка производится путем снятия ДА и замены на запасной или заглушку *9* (см. рис. 7.12, I-В) на период очистки.

Эксплуатация фильтра ФММ-20 осуществляется согласно документации, поступающей от завода-изготовителя (паспорт 5975.00.00 ПС).

В случае заглубления трубопроводов комплект на зимний период остается на участке, при этом ДА снимаются, а на выходы поливных трубопроводов устанавливаются заглушки 9. Если комплект

на зиму демонтируется, хранение его допускается в неотапливаемых помещениях.

Перед началом поливного сезона трубопроводы промываются, торцевые муфты-заглушки *6* при этом снимаются.

Срок гарантии изделия 2 года.

Используемые источники

7.1. **Васильев. С.М**. Опыт использования малоинтенсивных мобильных оросительных систем. Наукоемкие технологии мелиорации / Труды международной конференции (Костяковские чтения). – М., ВНИИГиМ, 2005.

7.2. **Винокур Е.Я., Рязанцев А.И., Лапидовский А.К**., **Евтюхин В.И**. Полосовые шланговые дождеватели / Мелиорация и водное хозяйство: обзор. информ. ЦБНТИ Госконцерна «Водстрой». – М., 1991.

7.3. **Гулюк Г.Г.** Основные направления развития оросительных мелиораций в России. Современные проблемы мелиорации земель, пути и методы решения: сб. науч. тр. ФГНУ РосНИИПМ. – Новочеркасск, 2003.

7.4. Научно-технические достижения в мелиорации и водном хозяйстве: кат. паспортов. Выпуск 5, 2001-2002.

7.5. Научно-технический прогресс в садоводстве: сб. науч. докл. Ч. I. - М., 2003.

7.6. **Ольгаренко Г.В.** Состояние и перспективы развития орошения: сб. научн. тр. ФГНУ ВНИИ «Радуга». – Коломна, 2005.

7.7. Отчет о научно-технической работе по теме 1.123 «Разработка технологии, методических рекомендаций и создание мобильных оросительных комплексов для полива мелкоконтурных участков личных подсобных и крестьянских фермерских хозяйств», 2007.

7.8. **Рязанцев А.И., Бубенчиков М.А**. и др. Дождевальный консольный агрегат. Пат. № 2122783 РФ, Бюл. № 334, 1998.

7.9. **Рязанцев А.И., Бубенчиков М.А**. и др. Экологически безопасная дождевальная техника для полива овощных культур // Картофель и овощи. – 2001. – № 3.

7.10. **Рязанцев А.И., Никитин А.Г.** Дождевальная установка. Пат. № 1790345 РФ, Бюл. №3, 1993.

7.11. **Рязанцев А.И., Никитин А.Г.** Дождевальная установка. Пат. № 1804289 РФ, Бюл. №11, 1993.

7.12. Ресурсосберегающие экологически безопасные системы орошения и сельхозводоснабжения: сб. науч. тр. ФГНУ ВНИИ «Радуга» / Под общ. ред. Г.В. Ольгаренко. – Коломна, 2002.

7.13. **Терпигорев А.А., Грушин А.В., Асцатрян С.А**. Импульсно-локальное мелкоструйчатое орошение. Техническое обоснование орошаемого земледелия в АПК: сб. науч. докл. Междунар. науч.-практ. конф. 19-21 мая. – Коломна, ВНИИ «Радуга», 2005.

8. МИКРООРОШЕНИЕ

8.1. Капельное орошение

Капельное орошение – способ полива, при котором вода подаётся непосредственно на прикорневую зону выращиваемых растений регулируемыми малыми порциями с помощью дозаторов-капельниц. Позволяет получить значительную экономии воды и других ресурсов (удобрения, трудовые затраты, энергия), имеет и другие преимущества (более ранний урожай, предотвращение эрозии почвы, уменьшение вероятности распространения болезней и сорняков).

Капельное орошение (КО) характеризуется наличием постоянной распределительной сети под давлением, позволяющей осуществлять непрерывные или частые поливы, точно соответствующие водопотреблению насаждений.

Система капельного орошения в базовой комплектации включает в себя источник водоснабжения (насосная станция), фильтростанцию, узел подготовки и внесения удобрений, магистральный трубопровод, регуляторы давления, разводной трубопровод, клапан высвобождения воздуха, соединительную и запорную арматуру, капельные линии, контрольно-измерительные приборы.

Обобщение опыта применения систем капельного орошения показывает его высокую эффективность по сравнению с другими способами полива (ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2002 г.), а именно:

- экономия воды составляет 30-50% и более по сравнению с дождеванием и поверхностным поливом;
- урожайность увеличивается в 1,5-2 раза (табл. 8.1): плодовых культур – на 20-50%, виноградников на 30-40, овощей в теплицах – на 20-30%;
- КО можно применять в условиях неровного рельефа с уклонами до 60°, где не применимы другие способы полива;
- трудозатраты в теплицах снижаются на 150-250 чел.-дн/га, или в 12-19 раз, по сравнению с дождеванием,
- затраты ручного труда – на 50-70 чел.-дн/га;
- производительность труда в теплицах повышается на 20%;
- затраты на оборудование теплиц системами КО на 40-50 % ниже, чем при внедрении малообъёмной гидропоники;
- расход удобрений уменьшается на 10-15%;
- производительность труда в орошаемом земледелии повышается на 5-10%;
- экономия земельных ресурсов составляет 5-10%, трудовых – 10-25, материальных – 5-10%.

Таблица 8.1

Сравнительный анализ товарного урожая овощей по опыту хозяйств России, т/га

Культура	Традиционные методы полива и внесения сухих удобрений	Капельное орошение с фертигацией
Картофель	37	50-60
Морковь	22	54
Томат	30	100-150
Огурец	10	50-100
Лук репчатый	25	80-120

8.1.1. Системы капельного орошения

Могут быть стационарными и сезонно-стационарными.

Система капельного орошения включает в себя 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. 8.1).

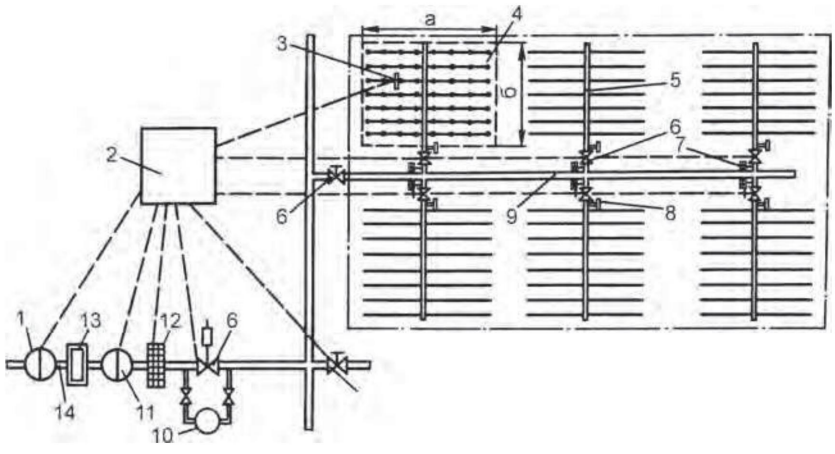


Рис. 8.1. Принципиальная схема системы капельного орошения:
1 – головная насосная станция; 2 – управляющий вычислительный комплекс; 3 – метеостанция;
4 – модульный участок; 5 – участковый трубопровод; 6 – запорно-регулирующая арматура;
7 – фильтр «компакт»; 8 – узел подключения установки внесения удобрения;
9 – распределительный трубопровод; 10 – установка внесения удобрений; 11 – насосная станция;
12 – фильтр очистки воды; 13 – регулирующий накопительный бассейн;
14 – магистральный трубопровод

Источниками для орошения могут быть реки, озера, водохранилища, обводнительные и оросительные каналы, воды местного поверхностного стока, а также подземные воды.

Краткая характеристика систем капельного орошения приведена в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Краткая характеристика систем капельного орошения

Тип системы	Характеристика и условия применения
1	2
Продолжительность нахождения оборудования на участке	
Стационарная	Для полива многолетних насаждений. Требует относительно больших капитальных затрат
Стационарно-сезонная	Для полива однолетних культур. Требует ежегодных монтажных и демонтажных работ
Односезонного использования	Для полива однолетних культур. Поливную трубопроводную сеть выполняют из дешевых недолговечных материалов. Требует ежегодного монтажа
Размещение сети поливных трубопроводов относительно поверхности почвы	
С укладкой поливных трубопроводов по 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	Сезонная заглубляется до 5 см, многолетняя (по технологии ROOT-GUARD®) – от 25 до 70 см. Повышается срок службы полиэтиленовых трубопроводов. Прокладка трубок осуществляется при помощи специальных навесных приспособлений – бестраншейных укладчиков
Степень автоматизации	
Автоматическая	Все технологические операции по системе (определение срока начала полива, его продолжительность, управление водораспределением, контроль работоспособности оборудования и др.) выполняются автоматически
Автоматизированная	Технологические операции на системе автоматизированы частично

Продолжение табл. 8.2

1	2
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
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 пропусной 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/га
Полосовое локальное увлажнение почвы вдоль ряда растений	Полив многолетних насаждений с густотой посадки свыше 2,6 тыс/га

На насосных станциях систем капельного орошения наиболее целесообразно применять низконапорные центробежные насосы и насосы консольного типа. Главным критерием оценки являются их производительность, экономичность и надёжность. Производительность выбираемого насоса должна отвечать потребности участка в воде. Рекомендуется выбирать насос с запасом производительности (около 10%). Водозаборный патрубок насосной станции должен быть оборудован фильтром грубой очистки и сороудерживающими устройствами.

Магистральные и распределительные трубопроводы должны быть выполнены из материала, который не поддается коррозии, иметь достаточный диаметр и запас прочности, чтобы пропустить необходимый объём воды и выдержать создаваемое давление. Диаметр магистрального трубопровода рассчитывается исходя из объёма транспортируемой воды, расстояния, на которое её нужно подать, и коэффициента трения материала, из которого изготовлена труба. Для устройства магистральных трубопроводов в системах могут использоваться асбестоцементные, полиэтиленовые или поливинилхлоридные трубы с соответствующим типом соединений, а для сезонно-стационарных систем может применяться гибкий рукав Lay Flat (LFT) с ПВХ-пропиткой армированный синтетической нитью. Он выпускается диаметрами от 2″ до 6″ и рассчитан на давление от 0,3 до 0,9 МПа. В табл. 8.3 приведены основные характеристики таких трубопроводов. Рукав не деформируется под влиянием температуры окружающей среды, устойчив к солнечной радиации, имеет продолжительный срок эксплуатации (свыше пяти лет); при его опорожнении возможно прохождение по нему колёсной техники. Для подсоединения к рукаву линий капельного орошения предусмотрен широкий ассортимент соединительной и запорной арматуры.

Расположение оросительных трубопроводов систем капельного орошения может быть наземным и подземным. Глубина заложения стационарной сети трубопроводов 0,5-0,7 м. При подземном расположении оросителя капельные водовыпуски выводятся на поверхность при помощи отводных питателей. Глубина заложения оросительного трубопровода – 0,45-0,55 м.

Таблица 8.3

Основные характеристики гибких трубопроводов (рукавов) Lay Flat (LFT)

Артикул	Размер	Диаметр, мм	Стенка, мм	Рабочее давление, атм.	Бухта, м
Низкого давления					
H2000LFL040BF	1½″	40	1,3	5	100
H2000LFL050BF	2″	52	1,35	4,5	100
H2000LFL065BF	2½″	65	1,5	4	100
H2000LFL075BF	3″	77	1,7	4	100
H2000LFL100BF	4″	103	1,75	4	100
H2000LFL125BF	5″	128	2,0	3	100
H2000LFL150BF	6″	153	2,0	3	100
Высокого давления					
H2000LFL040HF	1½″	40	1,45	7	100
H2000LFL050HF	2″	52	1,6	7	100
H2000LFL065HF	2½″	66	1,7	7	100
H2000LFL075HF	3″	78,5	1,9	6	100
H2000LFL100HF	4″	104,5	2,3	6	100
H2000LFL125HF	5″	128	2,3	6	100
H2000LFL150HF	6″	156,5	2,6	6	100

Наиболее важным элементом системы капельного орошения, от которого зависят качество и надежность технологического процесса, являются микроводовыпуски (капельницы), устанавливаемые на поливном трубопроводе и обеспечивающие подачу воды непосредственно к корневой системе растений.

На поливных трубопроводах применяют встроенные и наружные капельницы с расходом от 0,5 до 15 л/ч.

Поливные трубопроводы с наружными капельницами применяются в основном на поливе в условиях защищенного грунта или на плодово-ягодных многолетних насаждениях. Наружные капельницы могут быть применены лишь при условии монтажа на жестких полиэтиленовых трубах цилиндрической формы ∅12-25 мм с толщиной стенки 0,7-2,2 мм.

Поливные трубопроводы со встроенными капельницами более технологичны в применении, прежде всего благодаря меньшим затратам труда на их монтаж, демонтаж и удобство транспортировки и могут быть использованы при любых посадках сельскохозяйственных культур с учетом подбора характеристик. Встраиваемые (интегрированные) капельницы, размещаются через заданный интервал внутри самого трубопровода при его изготовлении путем экструзии в заводских условиях и бывают трех типов (рис. 8.2): плоские, вклеенные с внутренней поверхности эмиттеры; цилиндрические вставки; так называемые «мягкие» капельницы, изготовленные непосредственно в стенке трубопровода при склеивании из полоски пленки путем тиснения сплошного лабиринта с регулярно устроенными впускными и выпускными отверстиями, расположенными соответственно с внутренней и внешней сторон трубопровода.

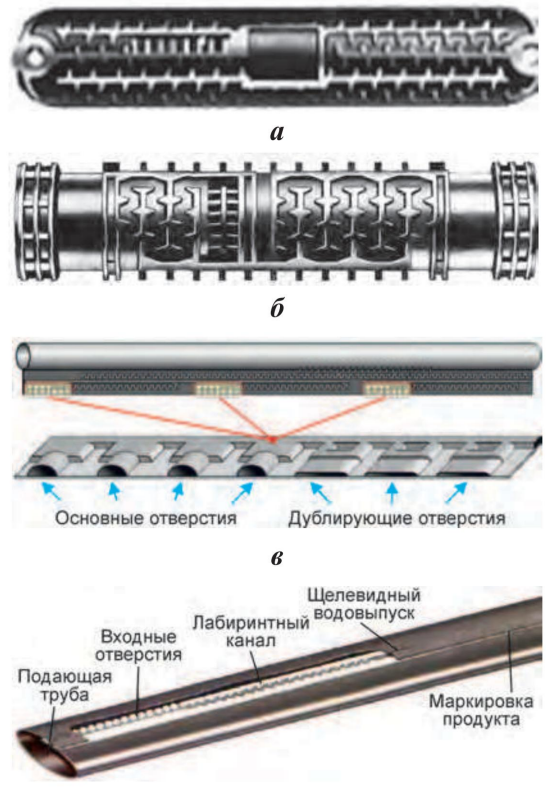


Рис. 8.2. Типы встраиваемых капельных водовыпусков: а – плоский эмиттер; б – цилиндрический эмиттер; в – щелевые «мягкие» водовыпуски

Встроенные и наружные капельницы в зависимости от конструкции могут быть постоянного или переменного расхода. Первые из них характеризуются постоянным расходом в определенном диапазоне изменения рабочего давления, что даёт возможность обеспечить высокую равномерность водораспределения вдоль поливных трубопроводов большой длины на равнинных участках и в условиях небольших склонов (длина и уклон рекомендуются производителем). Однако с технической точки зрения они являются более сложными и дорогостоящими.

Во втором типе капельниц расход напрямую зависит от давления, поэтому их целесообразно применять на равнинном и безуклонном рельефе или на склонах при использовании специальных схем размещения поливных трубопроводов и средств регулирования давления на каждом поливном трубопроводе. Однако это делает такие схемы более сложными, а системы капельного орошения более дорогостоящими. Такие капельницы целесообразно применять на линиях капельного орошения короткой длины.

По толщине стенки капельные поливные трубопроводы разделяют на ленты (от 0,1 до 0,85 мм) и трубки (свыше 0,85 мм). Лентами называют плоскоскладывающийся при намотке на бобины трубопровод капельного полива. Трубками называют трубопроводы, не меняющие форму при намотке. В качестве единицы измерения толщины стенки капельной трубки (ленты) иностранные производители пользуются «мил» (1 мил (mil) – единица длины (расстояния) = 0,0254 мм, или 1 мм = 39,37 mils).

Все типы капельниц имеют устройство для гашения напора в сети и один или несколько водовыпусков. Гашение избыточного давления или дозирование пропускаемого расхода воды, который должен обеспечиваться на протяжении всего периода эксплуатации, происходит за счет потока воды, проходящего по извилистому лабиринту. Лабиринт капельницы должен также обеспечивать создание такого турбулентного потока воды, который минимизирует возможность отложения осадка внутри водовыпуска. Обеспечение надёжности работы капельных линий в системе достигается соответствующей очисткой оросительной воды и выбором типа капельниц.

Технические характеристики капельных поливных трубопроводов подбираются под соответствующие агротребования к возделываемым культурам. Основными показателями капельной трубки (ленты) являются часовой расход капельницы, расстояние между водовыпусками, номинальное давление и толщина стенки. Толщина стенки в основном влияет на стоимость капельных линий и ее износостойкость. Тонкая капельная трубка (5, 6, 8 мил) рекомендуется к использованию в течение одного сезона, а толстая (10 мил и более) может использоваться в течение двух-трех лет при соблюдении требований технологии. Данные по основным и сопутствующим (возможные длины капельных линий) техническим показателям капельных трубопроводов должен предоставлять производитель данной продукции.

8.1.2. Гидравлический расчет трубопроводов систем 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 трубопроводах можно определять по графику, представленному на рис. 8.3.

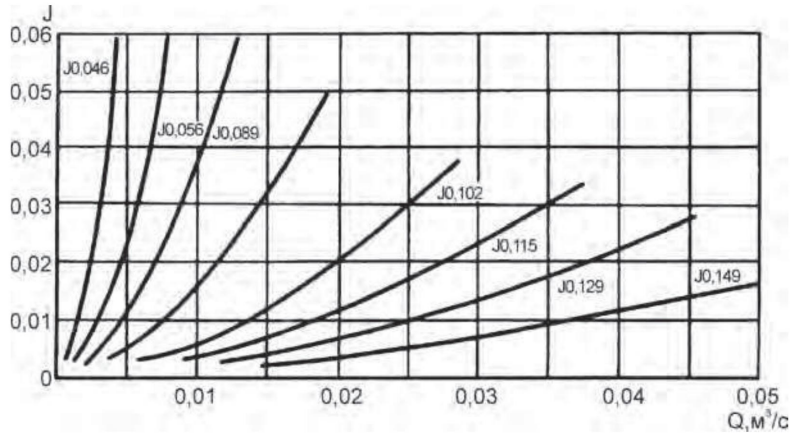


Рис. 8.3. График для определения удельных потерь давления в участковых трубопроводах

Для расчета участка трубопровода длиной ℓ_{dr} со скоростью течения воды в концевом сечении, не равной нулю, потери напора (м) определяют по формуле

$$h_p = \gamma g l_{tr} i_{pz} [1 - (\upsilon_{end}/\upsilon_0)^3] , \qquad (8.1)$$

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); υ_0, υ_{end} – скорость потока в головном и концевом сечениях, м/с.

В случае применения трубопровода переменного диаметра потери давления определяют отдельно для каждого участка и затем суммируют.

Удельную подачу воды вычисляют по формуле

$$q_{sp} = q_{dr}/d_{dr} , \qquad (8.2)$$

где q_{sp} – удельный расход, л/с на 1 м; q_{dr} – расход микроводовыпуска, л/с; d_{dr} – расстояние между водовыпусками, м.

Параметры трубопровода выбирают из условия $h_p \le h_{padm}$, где h_{padm} – 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.

По стандартам, допустимый разброс выхода воды из капельниц по всей длине шланга не должен превышать 5-10% для категории А и 15% – для категории В.

8.1.3. Автоматизация систем капельного орошения

На системах капельного орошения могут применяться системы автоматического, полуавтоматического или ручного управления поливом. Тип управления системой капельного орошения определяется заказчиком исходя из потребности и экономических возможностей.

Ручное управление предусматривает наличие шарового крана на входе в каждый канал системы полива.

Все типы систем должны быть оборудованы контрольно-измерительными приборами: манометрами контроля давления, расходомерами для определения объемов поданной воды и т.д.

Полуавтоматические системы предусматривают элементы прямого действия без обратной связи и могут оснащаться редукционными клапанами, гидрометрами, растворными узлами и контроллерами-таймерами с простой программой управления электроуправляемыми клапанами.

Автоматические системы полива предусматривают обратную связь с контролируемым параметром среды и могут включать в систему управления программные и анализирующие устройства обработки информации (компьютер), связанные с измерительными, контрольными и исполнительными элементами (клапаны, тензиометры, датчики дождя, температуры, давления, кислотности и электропроводности раствора и т.д.). В более сложные системы входят метеостанции.

Все управляющие устройства объединяются в блоки и размещаются либо в помещениях, либо непосредственно на территории. При проектировании систем автоматического полива требуются детальные рабочие проекты блоков и узлов управления, принципиальные и функциональные электрические и гидравлические схемы, выполненные в соответствии с ГОСТами, ЕСКД и другими нормами и правилами.

8.1.4. 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 почвы показаны на рис. 8.4.

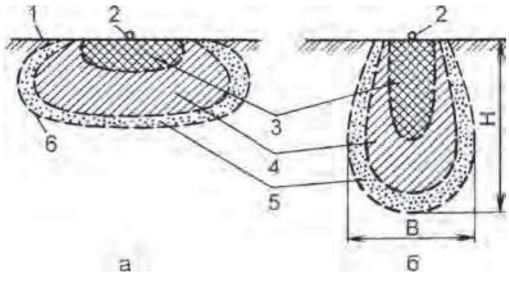


Рис. 8.4. Характерные контуры увлажнения почвы при капельном орошении:
а – на тяжелых по механическому составу почвах;
б – на легких по механическому составу почвах;
1 – поверхность почвы; 2 – капельный микроводовыпуск; 3,4,5 – зоны переувлажненной, нормально увлажненной и частично увлажненной почвы; 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_{ni} при капельном орошении рассчитывают по формуле

$$m_{ni} = 100 d_{\omega} a a_{hn} (FC - \lambda FC), \qquad (8.3)$$

где d_{ω} – глубина расчетного слоя почвы, м; a – 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

$$a_{hn} = (n a_{h1}) / (b_1 b_2), \qquad (8.4)$$

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 на полив поля в предшествующие сутки, т.е. поливная норма (мм)

$$m = ET_{crop} k_{bio} k_{rat} \Delta t, \qquad (8.5)$$

где ET_{crop} – суточная эвапотранспирация, мм; k_{bio} – биологический коэффициент, учитывающий роль растений в расходовании воды; k_{rat} – отношение увлажненной площади к общей площади участка капельного орошения; Δt – межполивной период, сут.

Режим капельного орошения рассчитывают по году с 95%-ной обеспеченностью дефицита водопотребления (для наиболее напряженного в температурном отношении года).

Суммарное водопотребление (м^3/га) может быть вычислено по формуле (8.6) с учетом технологии несплошного (локального) увлажнения площади поля

$$\sum_{1}^{i} ET_{crop} = k_{al} k \sum_{1}^{i} d_{ha}, \qquad (8.6)$$

где k_{al} – коэффициент, учитывающий локальную площадь увлажнения, определяемый по зависимости

$$k_{al} = \frac{1}{\sqrt{1 + (1 - f)^2}}, \qquad (8.7)$$

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.

8.1.5. Очистка поливной воды

Очистка поливной воды является обязательным элементом системы капельного орошения, который определяет надёжность ее эксплуатации, эффективность и долговечность.

Технология и технические средства очистки воды выбираются в зависимости от расчетного расхода, конструкции микроводовыпусков и принципа их работы, а также от физико-химических и гидробиологических свойств воды.

Выбор очистных сооружений в каждом отдельном случае проводят на основе технико-экономических расчетов сравнением различных вариантов.

Расчёт пропускной способности фильтростанции производят по формуле

$$Q = Sm / t, \qquad (8.8)$$

где S – плановая площадь орошения, га; m – плановая максимальная ежедневная поливная норма, м^3/га; t – плановое время работы системы в сутки, ч.

В расчетах должен быть предусмотрен резервный запас воды на промывку системы и другие технические и хозяйственные нужды (до 10%).

В зависимости от качества используемой воды на системе может предусматриваться установка фильтров грубой, основной, тонкой очистки или их сочетания, а для повышения производительности – группировка фильтров в блоки. В любом случае конечным должен быть предусмотрен фильтр тонкой очистки.

Станция фильтрации может включать сетчатые, дисковые, гравийные, гидроциклонные, автоматические самопромывные фильтры (рис. 8.5).



Рис. 8.5. Основные типы сороудерживающих устройств:
а – гидроциклон; б – сетчатый фильтр; в – дисковый фильтр; г – песчано-гравийный фильтр;
д – самопромывной фильтр-автомат

Для предварительной грубой очистки воды используют фильтры-отстойники или гидроциклоны. Используются при сельском загрязнении воды тяжелыми частицами (в основном песка).

Если необходима дополнительная очистка, то предусматривают фильтры с песчано-гравийным наполнителем. Они гарантируют фильтрацию всех частиц размером более 80 мкм. Гравийные фильтры используются для удаления органических и неорганических частиц. Фракционный состав гравийно-песчаного наполнителя должен соответствовать размерам частиц от 0,5 до 2,8 мм, причем крупная фракция (1,2-2,8 мм) засыпается снизу, а мелкая (0,5-0,8) – сверху.

Давление воды, рекомендуемое на входе в фильтростанцию, должно составлять не менее 3 атм (при более низком давлении снижается эффективность промывания гравийного наполнителя обратным потоком воды). Перепад давления на входе и выходе из фильтростанции не должен превышать 0,3 атм – более высокий перепад указывает на необходимость промывки фильтрующего материала. Периодичность промывания фильтров зависит от степени загрязнения воды и интенсивности водопотока. При «грязной» воде необходимо промывать фильтры не реже одного раза в час. Минимальное количество промываний (при «чистой» воде) – не менее 2 раз в сутки. Средний срок службы гравия составляет три-пять лет и зависит от интенсивности работы фильтра, после чего он подлежит полной замене.

Новая смесь, загруженная в фильтры, содержит тонкие частицы, которые не вымываются. Эти частицы затрудняют ток воды и должны быть удалены обратной промывкой до подачи воды в систему.

Сетчатые фильтры применяют для фильтрования воды при невысоком содержании неорганических частиц.

Дисковые фильтры применяют для более глубокого фильтрования (удаление неорганических и органических частиц). Они состоят из корпуса и фильтрующего элемента в виде набора плотно сжатых тонких дисков с радиальными канавками. Обычно используются при заборе воды из скважин в сочетании с гидроциклонами, удаляющими частицы песка.

Уровень очистки воды при фильтрации должен составлять от 400 до 20 мкм в зависимости от типа применяемых капельниц. Для большинства используемых в промышленном производстве капельных водовыпусков уровень очистки воды должен соответствовать 130-120 mesh, или 0,125 мм.

При засорении фильтра (сетчатый, дисковый, гравийный) фильтрующий элемент промывается обратным потоком воды (рис. 8.6).

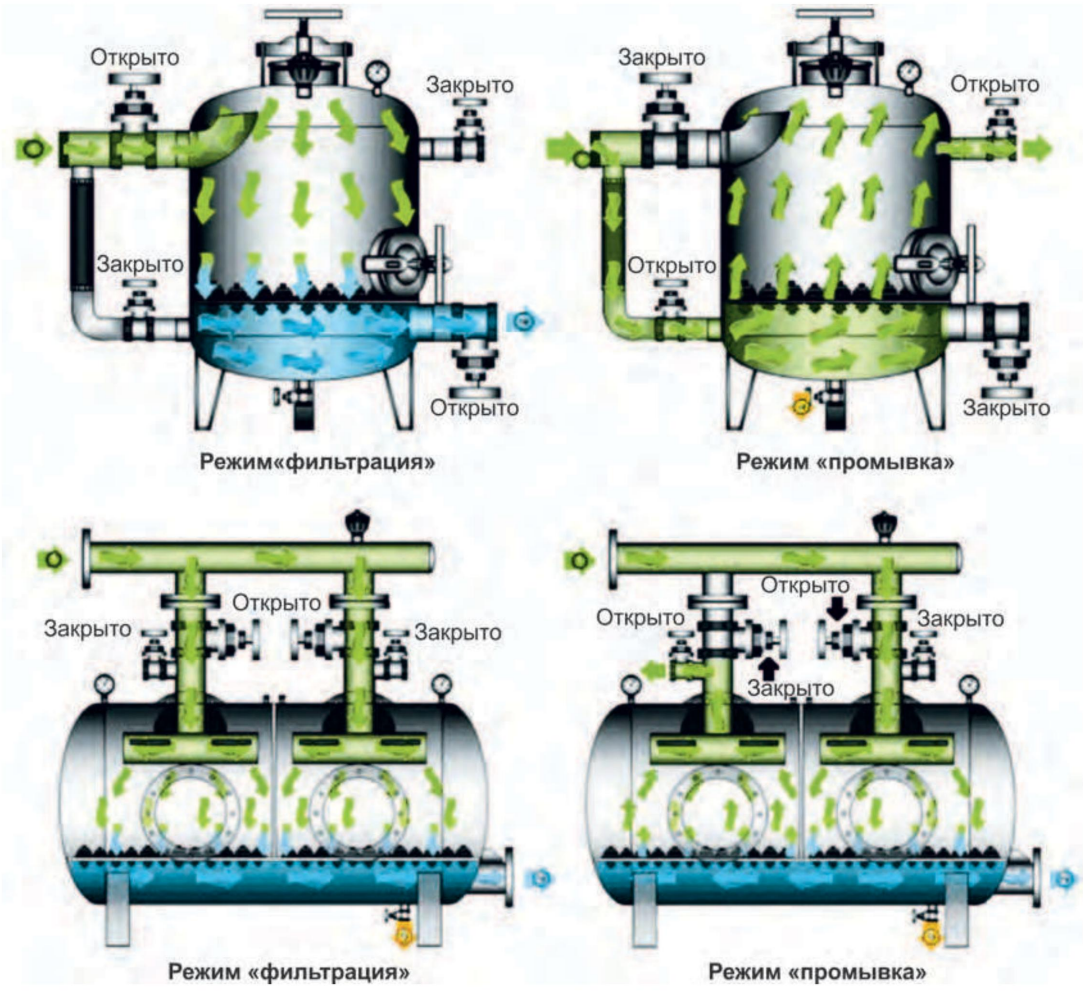


Рис. 8.6. Схемы промывки песчано-гравийной фильтростанции однокамерного и двухкамерного типов

Автоматические самопромывные фильтры серии Filtromat M100 TAF – это сложные по конструкции, но легкие в управлении автоматические фильтры, снабженные механизмом самоочистки с гидравлическим управлением, фильтры серии SAF активируются электроприводом. Предназначены для работы с различными типами фильтрующих сеток (степень фильтрации от 800 до 10 мкм).

В отличие от песчано-гравийного на промывку такого фильтра требуется 15 л воды, продолжительность цикла промывки – 5 с, подача чистой воды в капельные линии осуществляется без перерыва.

Схема фильтровальной станции для системы капельного орошения в базовой комплектации приведена на рис. 8.7. Размеры фильтров и степень фильтрации строго индивидуальны для каждого конкретного случая.

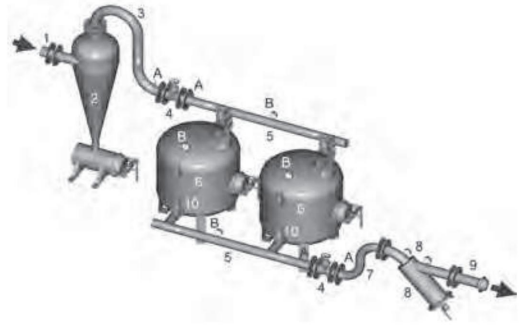


Рис. 8.7. Схема базовой комплектации фильтрационной станции:
1 – вода, поступающая из насоса; 2 – отделитель песка – гидроциклон, или центробежный сепаратор; 3 – входной трубопровод; 4, 10 – вентили или задвижки; 5 – коллектор фильтров (если их несколько); 6 – фильтр песочный; 7 – выходной трубопровод (ввод удобрений осуществляется именно в этом месте); 8 – фильтр картриджный тонкой очистки; 9 – очищенная вода на систему полива; 10 – выходной кран

8.1.6. Внесение удобрений с поливной водой

Внесение растворённых удобрений и микроэлементов с поливной водой (фертигация) получило широкое распространение на системах капельного орошения в связи с переходом на более эффективные способы поддержания питательных режимов почв и рационального использования удобрений.

Удобрительный полив с помощью капельного орошения позволяет осуществлять локальное внесение удобрений в корнеобитаемую зону растений.

Для подачи удобрений в оросительную сеть устанавливают стационарный подкормщик. Концентрированные (маточные) растворы удобрений готовят заранее и подают в систему двумя способами: эжекционным (в системе в месте подключения подкормщика создают перепад давления) и путем впрыскивания (инжектирования) удобрений в систему насосом-дозатором (рис. 8.8). Кроме простых насосов-дозаторов, применяются плунжерные и мембранные насосы принудительного впрыска порций раствора, производительность которых регулируется частотой поступательного движения поршня. Применяют их в основном на миксерах в условиях закрытого грунта.

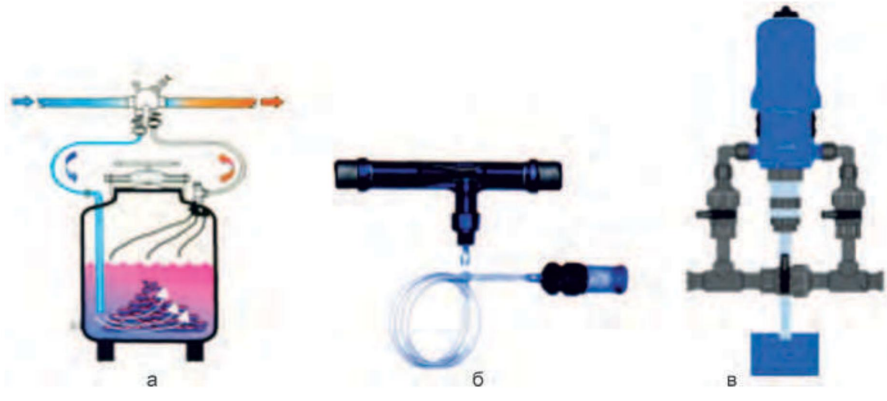


Рис. 8.8. Типы устройств для ввода растворов удобрений в поливную воду: а – емкость для растворимых удобрений; б – инжекторный насос «Вентури»; в – насос-дозатор «Дозатрон»

Равномерность поддержания заданной концентрации в процессе внесения удобрений гидроподкормщиками различных конструкций показана на рис. 8.9.

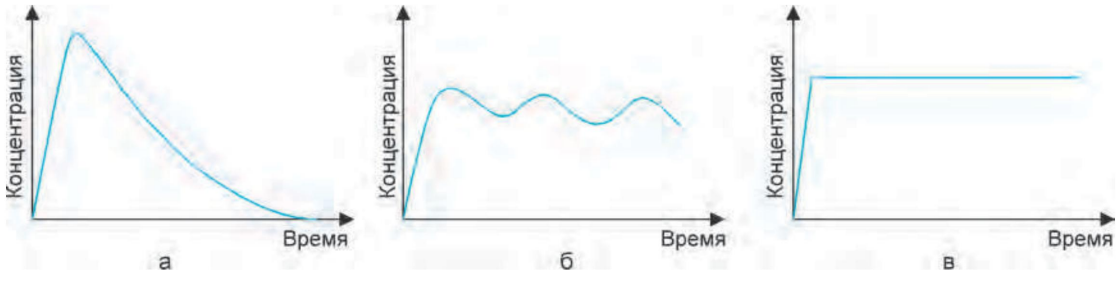


Рис. 8.9. Процесс поддержания концентрации раствора удобрений в оросительной воде при введении его через удобрительную емкость (а), насос-инжектор (б) и порционный насос-дозатор типа «Дозатрон» (в)

Годовые нормы (кг/га) минеральных удобрений вычисляют по формуле

$$FR = 100\, N_i\, Y_{add} / k_{nus}, \qquad (8.9)$$

где N_i – вынос питательных веществ на 1 т урожая, кг; Y_{add} – дополнительный урожай, т; k_{nus} – коэффициент использования питательных веществ, %.

Расход (л/с) маточного раствора удобрений рассчитывают по формуле

$$q_{ml} = \frac{f\, R_f\, a}{3,6\, C_{ml}\, k\, t_{ir}}, \qquad (8.10)$$

где fR_f – рекомендуемая норма внесения жид-

кого 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.

Внесение удобрений желательно производить дробно и регулярно или ежедневно небольшими дозами 0,5-3 г физического вещества удобрений на 1 м гряды. Подаваемые дозы не должны превышать 10-15 кг/га в день. Введение удобрений следует начинать через 20 мин после начала полива, когда стабилизируются гидравлические показатели. Продолжительность введения удобрений должна быть не менее 30 мин с обязательной последующей промывкой системы в течение 20-30 мин. Все химикаты и удобрения должны вводиться в систему капельного орошения выше установки основных фильтров.

При применении удобрений необходимо учитывать 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.

8.2. Локально-импульсное орошение

Технология импульсно-локального орошения заключается в импульсной подаче порций воды или питательного раствора на орошаемый участок, распределении её по секциям в очаги увлажнения прикорневой зоны растений в течение всей вегетации со средней интенсивностью, определяемой значением текущего водопотребления сельскохозяйственных культур. Для распределения суточной поливной нормы соответственно водопотреблению в систему заложен принцип накопления малым расходом (до капельного) объёма воды (питательного раствора) в аккумулирующей ёмкости с последующей его подачей большим расходом в одну из нескольких секций поливной сети. Секционное деление орошаемого массива с последовательной водоподачей создаёт импульсный характер полива с кратковременным выплеском и продолжительной паузой. Длительные паузы между водоподачами обеспечивают рассредоточение влаги из контура перенасыщения, создавая более благоприятные условия питания растений. Вода подаётся по поливным перфорированным трубопроводам, уложенным вдоль рядов растений. Направленное отверстие микроводовыпуска обеспечивает горизонтальный струйный выплеск воды по осям рядов с растениями, создавая эффект полосового полива без увлажнения междурядий и смачивания листовой поверхности. Это существенно снижает потери воды на испарение с поверхности почвы и листьев. Локальность водораспределения соответствует коэффициенту орошаемой площади, равному 0,6-0,7. Экономия поливной воды и питательного раствора составляет 20-30%. Система отличается выгодными техническими характеристиками. Работает при подводимых напорах от 3 м и расходах, равных 0,3-0,4 л/с, что соответствует интенсивности водоподачи до 0,016 мм/мин.

Способ импульсно-локального орошения может быть использован как стационарный в теплицах и на рядовых многолетних садовых насаждениях.

Модуль системы импульсно-локального орошения садов (МИЛОС-М) включает в себя следующие основные элементы: опору, накопительную ёмкость, распределитель потока жидкости, распределительные и поливные трубопроводы (рис. 8.10, 8.11.).

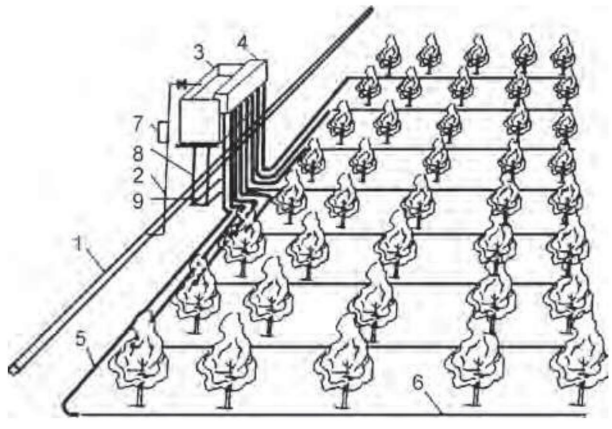


Рис. 8.10. Принципиальная схема модуля мелкоструйчатого импульсно-локального орошения садов:
1 – магистральный трубопровод;
2 – подводящий трубопровод;
3 – накопительная ёмкость;
4 – сифонный распределитель;
5 – распределительный трубопровод;
6 – поливной трубопровод;
7 – стабилизатор расхода; 8 – опора;
9 – опорная плита

Техническая характеристика садового модуля

Тип распределительного узла	стационарный, гидроавтоматический
Площадь орошения при посадке 5×3 и длине ряда 100 м, га	0,4
Подводимый расход, л/с	0,3-0,4
Удельный расход на 1 га, л/с	0,9-1,2
Напор, м	не менее 4
Максимальное расстояние между рядами деревьев, м	не более 5
Максимальная длина ряда, м	не более 100
Число поочередно поливаемых рядов	8
Объём, л:	
накопительной ёмкости	не менее 120
воды за один выплеск	70-300
Продолжительность слива, мин	не менее 3
Средний объём, подаваемый под дерево за один импульс, л	2-2,5
Диаметр водовыпускного отверстия, мм	2-2,5
Расстояние между водовыпусками, м	0,9-2,5
Уклоны:	
вдоль поливных трубопроводов	0,005-0,0005
вдоль распределительных трубопроводов	0,002-0,0001
Масса модуля (без опорной плиты), кг	не более 400

Один человек обслуживает 10 модулей.

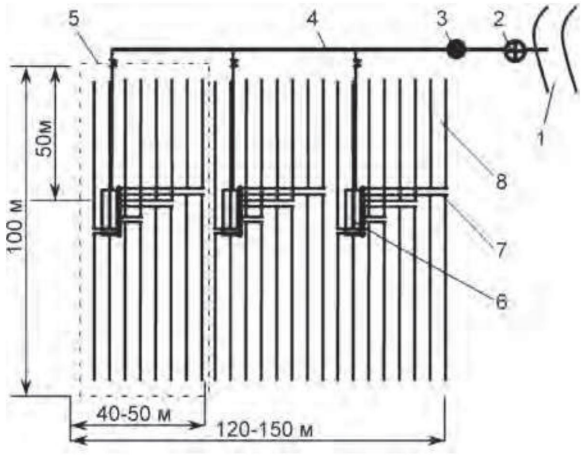


Рис. 8.11. Схема МИЛОС-М-1,0 на площади 1 га:
1 – водоисточник;2 – насосная станция;
3 – гидроподкормщик; 4 – напорный трубопровод;
5 – блок МИЛОС-М;
6 – накопительно-распределительный узел;
7 – распределительный трубопровод;
8 – поливной трубопровод

Для внесения жидких удобрений может быть использован гидроподкормщик ГП 72-400 с инжекторным насосом и ёмкостью на 130 л (рис. 8.12).



Рис 8.12. Гидроподкормщик ГП 72-400

Узел автоматизированного распределения потока воды по поливным трубопроводам (рис. 8.13) состоит из стабилизирующего устройства расхода воды, накопительной ёмкости, опоры на опорной плите, распределителя сифонного типа. Узел автоматизированного распределения потока воды размещён в голове каждого модуля мелкоструйчатого импульсного орошения. Распределительный узел имеет повышенную надежность благодаря отсутствию движущихся деталей.

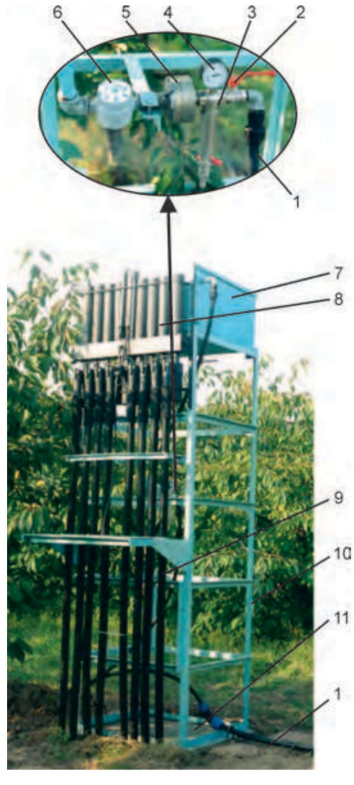


Рис. 8.13. Узел автоматизированного распределения водоподачи в саду:
1 – подводящий трубопровод; 2 – кран; 3 – фильтр;
4 – манометр; 5 – стабилизатор расхода;
6 – счётчик воды; 7 – ёмкость; 8 – распределитель;
9 – распределительные трубопроводы; 10 – опора;
11 – опорная плита

В условиях стационарных зимних теплиц узел автоматического распределения потока воды размещается под коньком теплицы, не занимая полезную площадь (рис. 8.14, 8.15).

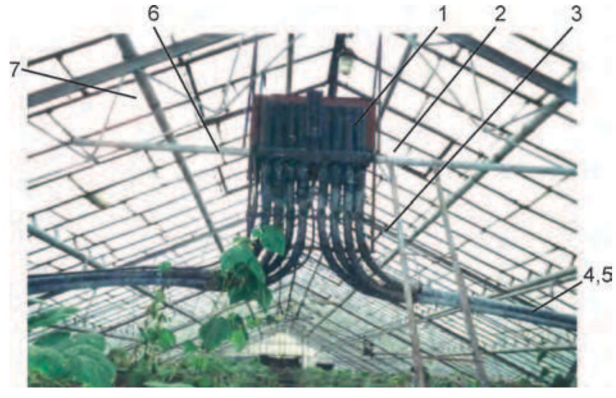


Рис. 8.14. Узел автоматизированного распределения водоподачи в ангарной теплице:
1 – накопительно-распределительный узел;
2 – опорная площадка; 3 – соединительная муфта (рукав); 4 – распределительные трубопроводы;
5 – проволока; 6 – поперечная тяга;
7 – каркас теплицы

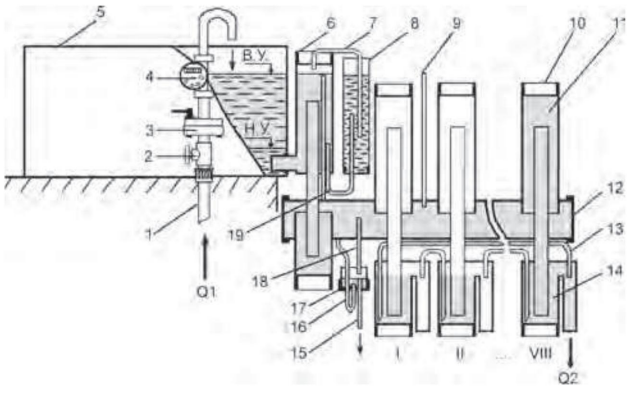


Рис. 8.15. Принципиальная гидравлическая схема сифонного узла автоматического распределения водоподачи:
1 – подводящий трубопровод; 2 – кран;
3 – стабилизатор расхода; 4 – счётчик воды;
5 – накопительная ёмкость; 6 – заряжающий сифон;
7 – трубка срыва вакуума; 8 – устройство срыва вакуума заряжающего сифона; 9 – трубка-сапун;
10 – рабочий сифон; 11 – верхняя камера (капор) рабочего сифона; 12 – коллектор;
13 – трубка-эжектор; 14 – нижняя камера рабочего сифона; 15 – сливная трубка распределителя;
16 – v-образная трубка заряжающего сифона;
17 – стакан устройства запуска заряжающего сифона; 18 – сливная трубка коллектора;
19 – соединительная трубка

Для распределения воды по грядам в зависимости от типа грунтов, схемы посадки и технологии возможно использование струйных водовыпусков (рис. 8.16, 8.17) или оснащение поливного трубопровода распределяющими микротрубками со струйными колышками (рис. 8.18). Выплеск воды за единичный импульс водоподачи колеблется от 1 до 2,5 л на водовыпуск при использовании в качестве водовыпусков отверстий в стенке поливного трубопровода или от 0,2 до 1 л на растение при использовании струйного столбика под каждым растением с диаметром водовыпускного отверстия не менее 2 мм.





Рис. 8.16. Поливной трубопровод в ряду сада и виноградника



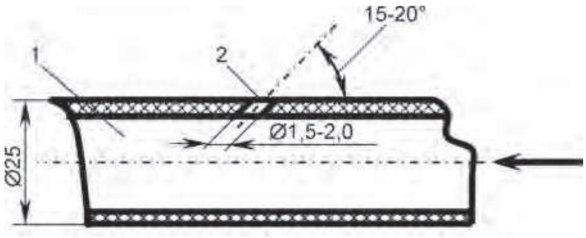


Рис. 8.17. Струйный водовыпуск

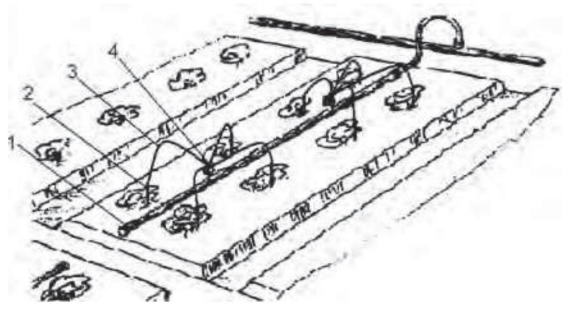


Рис. 8.18. Водовыпуски поливного трубопровода в теплице:
1 − поливной трубопровод; 2 – струйный столбик;
3 – микротрубка; 4 – дриппер

В теплицах применяются две модификации комплекта импульсно-локального орошения – для ангарных (КИЛО-0,4А) и блочных теплиц (КИЛО-0,4Б) (рис. 8.19) типовых проектов № 810-24 (пролет 14 м) и № 810-99 (пролет звена 6,4 м), отличающихся исполнением распределительной и поливной сети.

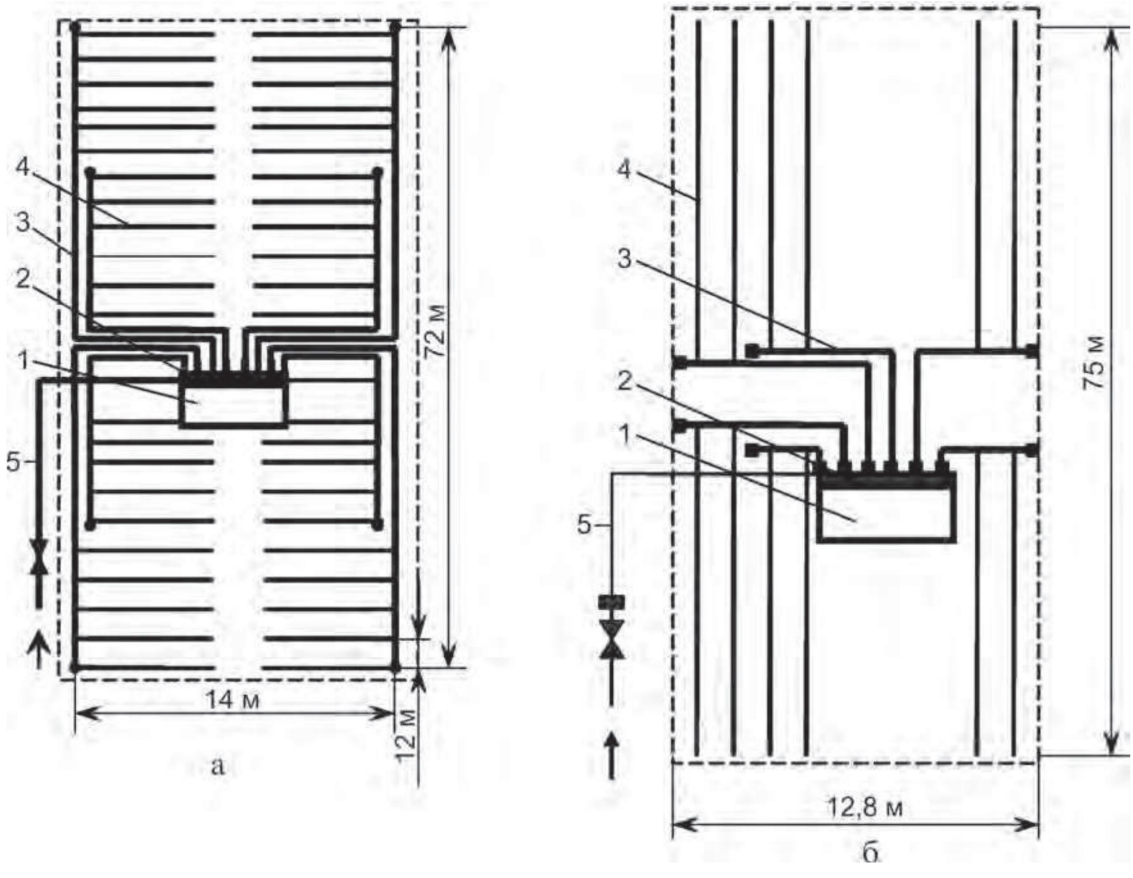


Рис. 8.19. Схемы импульсно-локального орошения теплиц:
а – схема расположения оборудования в ангарной теплице;
б – схема расположения оборудования в блочной теплице;
1 – накопительная ёмкость; 2 – распределитель;
3 – распределительный трубопровод;
4 – поливной трубопровод; 5 – подводящий трубопровод

Используемые источники

8.1. **Ольгаренко Г.В., Терпигорев А.А., Грушин А.В., Асцатрян С.А.** Рекомендации по монтажу и эксплуатации модуля мелкоструйчатого импульсно-локального орошения садов и виноградников (МИЛОС-М). – М.: Минсельхоз России, 2008. – 48 с.

8.2. **Ольгаренко Г.В., Грушин А.В., Асцатрян С.А., Терпигорев А.А**. Рекомендации по монтажу и эксплуатации комплекта мелкоструйчатого импульсно-локального орошения теплиц (КИЛО-0,4). – М.: ООО «Столичная типография», 2008. – 40 с.

8.3. **Терпигорев А.А., Грушин А.В., Жирнов А.Н.** Технологии малоинтенсивного орошения для устойчивости агроландшафтов / Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования. Т. 1: матер. юбилейной Междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения). – М.: Изд. ВНИИА, 2007.

8.4. **Терпигорев А.А., Грушин А.В., Жирнов А.Н**. Повышение санитарно-экологической безопасности орошаемых агроландшафтов: матер. региональной науч.-теорет. конф. «Проблемы и методы управления экономической безопасностью регионов». – Коломна: КГПИ, 2005.

9. ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА МЕХАНИЗИРОВАННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО ПОЛИВА ПО БОРОЗДАМ

В мировой практике орошаемого земледелия в настоящее время наиболее распространенным остается поверхностный способ полива.

В России из 5-5,3 млн га орошаемых земель поверхностным способом поливается около 20 %, или 1 млн га. Поверхностный полив получил распространение в сухостепной, степной и аридной зонах. В перспективе, по данным районирования способов орошения, площади поверхностного полива могут быть увеличены до 30% орошаемой территории.

Техника и технологии поверхностного полива в нашей стране последние 25-30 лет совершенствовались в направлении развития механизации, разработки водосберегающих технологий для достижения высокой равномерности увлажнения почвы по длине поливных борозд и сокращения концевых сбросов.

9.1. Технология дискретного (импульсного) полива

Предусматривает многократную подачу воды в длинные борозды (до 400 м) постоянным или переменным расходом многократными импульсами, чередующимися с продолжительными паузами. Увлажнение почвы происходит не только в период подачи воды, но и в продолжительную паузу накопленным объемом воды в борозде. Повышение равномерности распределения поливной нормы по длине поливных борозд достигается путем снижения скорости впитывания после создаваемых пауз, сокращение концевых сбросов – путем подачи дозированных расходов воды, подбора продолжительности импульсов подачи и пауз.

Реализацию технологии дискретного (импульсного) полива осуществляют с применением стационарных автоматизированных поливных трубопроводов (АПТ), лотков (АПЛ), установок (АШУ), модификаций переносных поливных комплектов (КДП) (табл. 9.1).

Формирование продолжительности импульсов и пауз на автоматизированных поливных лотках, трубопроводах и переносных комплектах осуществляют с применением гидро- или электроуправляемых клапанов с поочередной подачей воды в смежные трубопроводы или поливные секции.

На построенных системах с закрытыми поливными трубопроводами (АПТ) с ярусным расположением поливных трубопроводов полив дискретной струей проводят поочередной и многократной подачей воды в парные ярусы поливных трубопроводов расходами, принятыми при их проектировании под технологии полива постоянным или переменным расходом (рис. 9.1).

Таблица 9.1

Техническая характеристика стационарных автоматизированных поливных трубопроводов

Показатели	Техническое устройство			
	АПТ	АПЛ	АШУ	КДП
Расход, л/с	110	До 150	3-4,5	20-30
Напор, м	1,5	От 0,6	30-40	0,8-3
Расход водовыпуска, л/с	До 1,5	0,2-0,6	0-1	0,4-0,5
Длина борозд, м	100-200	300-400	200	200-250
Схема полива	Продольная	Поперечная	Продольная	Продольная, поперечная
Площадь одновременного полива, га	16	12	0,12	2
Продолжительность импульсов, мин	30-140	40-180	1-10	0,5-5
Продолжительность пауз, мин	30-140	40-180	1-10	0,5-5
Численность обслуживающего персонала	1	1	1 на 16 шт.	1 на 2 шт.

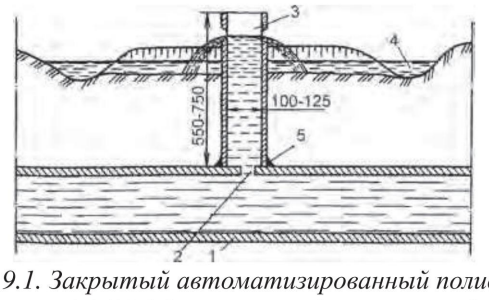


Рис. 9.1. Закрытый автоматизированный поливной трубопровод (АТП) для полива садов и виноградников: 1 – поливной трубопровод; 2 – водовыпускное устройство; 3 – полиэтиленовый патрубок; 4 – поливная борозда; 5 – уплотнитель

Дискретный полив из автоматизированных поливных лотков при поперечной схеме полива осуществляют с помощью водовыпусков, установленных в стенке или днище лотков. Подачу воды в них осуществляют многократным созданием подпора воды в двух смежных секциях с помощью автоматизированных затворов (рис. 9.2). Величину подаваемых расходов назначают исходя из существующих рекомендаций.

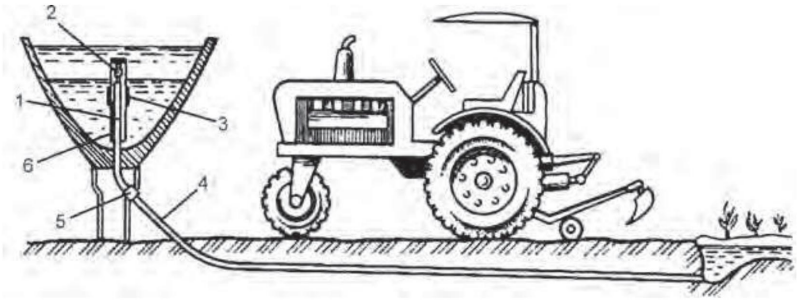


Рис. 9.2. Автоматизированный поливной лоток (АПЛ):
1 – сифонный водовыпуск; 2, 5 – втулки для настройки водовыпуска на заданный расход и подсоединения шланга; 3 – поплавок; 4 – полиэтиленовый шланг; 6 – стакан

Для полива по бороздам по продольной схеме применяют способ дискретного полива автоматизированным шланговым устройством (АШУ) из перемещающегося поперек борозд с помощью гидропривода барабана поливного трубопровода-шлейфа с водовыпусками, выполненными в его концевой части (рис. 9.3). Диаметры водовыпусков уменьшаются к концевой части в соответствии с впитывающей способностью борозды, открытые водовыпуски чередуются с закрытыми, создавая паузы в подаче воды в борозды при перемещении шлейфа.

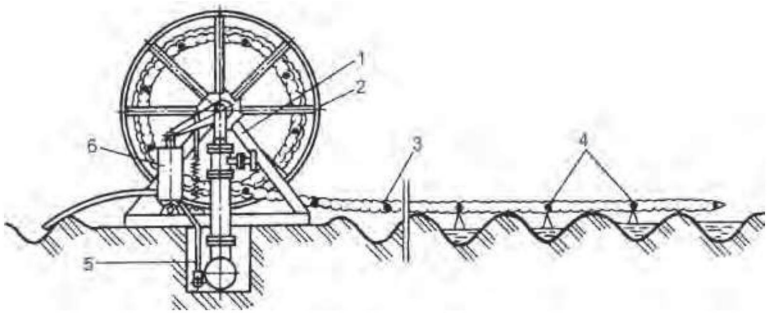


Рис. 9.3. Конструктивная схема поливного шлангового устройства (АШУ):
1 – рама; 2 – барабан; 3 – шланг; 4 – водовыпуск; 5 – линия управления от командного генератора; 6 – гидравлический привод барабана

Для полива из лотковых оросителей и низконапорных трубопроводов по поперечной и продольной схемам применяют переносные комплекты дискретного полива (КДП). Оснащение комплекта управляемыми гидроавтоматическими или электрогидроавтоматическими клапанами обеспечивает поочередное и многократное включение подачи воды в смежные поливные трубопроводы (рис. 9.4).



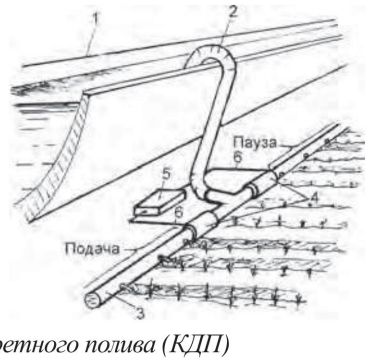


Рис. 9.4. Переносной клапанный комплект дискретного полива (КДП)

В США (компания «P&R Surge Systems», Inc., г. Люббок) выпускает оборудование переносных комплектов дискретного полива по бороздам из гибких резинотканевых рукавов и жестких пластиковых быстросборных труб с клапанами и автономными контроллерами управления (рис. 9.5).



Рис. 9.5. Система дискретного (импульсного) полива с управляемым клапаном

Для полива садовых насаждений по бороздам дискретной струей ВНИИ «Радуга» разработан комплект дискретного полива с поочередной подачей воды в группы (от 4 до 6) поливных борозд (КИП-С). Последовательная многократная подача воды в борозды осуществляется с помощью клапана-переключателя, управляемого электрогидравлическим клапаном по сигналу таймера (рис. 9.6, 9.7).

Техническая характеристика комплекта КИП-С

Расход, л/с:	
комплекта поливного шлейфа	До 2,5
водовыпуска	0,05-0,2
Давление на входе в комплект, МПа	До 0,6
Длина поливных шлейфов при посадке 4 х 5, м	До 45
Площадь полива комплектом с одной позиции при $l_б$=200 м, га	До 3

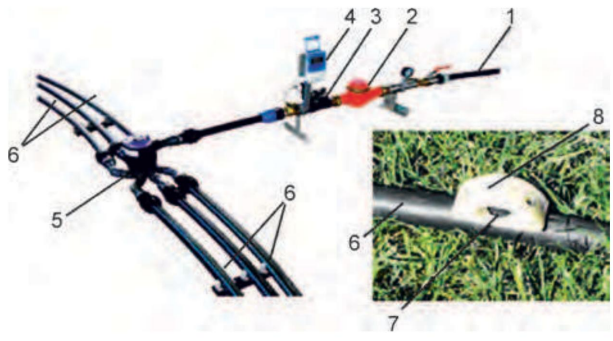


Рис. 9.6. Узел автоматического управления импульсного полива:
1 – подводящий трубопровод комплекта;
2 – расходомер; 3 – гидравлический клапан;
4 – программатор (контроллер);
5 – клапан-переключатель; 6 – подводящие трубопроводы поливных шлейфов;
7 – водовыпуск; 8 – гаситель

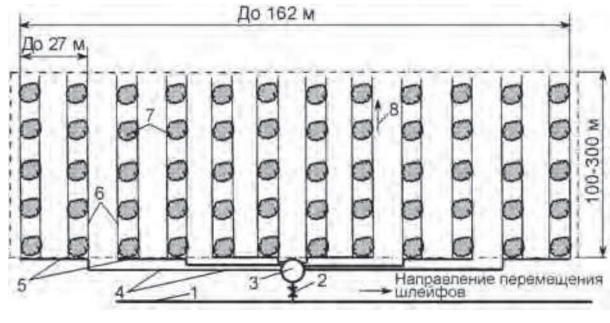


Рис. 9.7. Технологическая схема импульсного полива сада по бороздам комплектом КИП-С:
1 − распределительный (оросительный) трубопровод;
2 − вентиль; 3 − узел автоматического управления поливом; 4 – подводящие трубопроводы;
5 − поливные шлейфы; 6 − поливные борозды;
7 − ряды насаждений; 8 – направление полива

Технология импульсно-локального орошения садов наиболее распространена во Франции (провинции Нижняя Рона, Лангедок) на поливе виноградников. По характеру локального увлажнения почвы эта технология близка к капельному орошению, но не требует проведения тонкой очистки оросительной воды. Для автоматизации локально-импульсного полива ВНИИ «Радуга» разработан модуль стационарной системы импульсно-локального орошения садов (МИЛОС), который включает в себя установленную на опоре накопительную емкость, гидроавтоматический распределитель накопленного объема воды, распределительные и поливные трубопроводы. Подача воды в накопительную емкость осуществляется непрерывно при напоре не менее 3-4 м расходом 0,4 л/с (см. рис. 8.10, 8.11).

Разработанные системы МИЛОС прошли производственную проверку на поливе виноградников в Астраханской области и косточкового сада в Московской области.

Урожайность зерновых при дискретном и традиционных способах подачи воды приведена в табл 9.2.

Таблица 9.2

Урожайность зерновых при дискретном и традиционных способах подачи воды в борозды (по данным Ф. Джонсона, США)

Показатели	Дискретный полив	Полив постоянной струей, среднее значение	Неуплотненные борозды	Рыхлые борозды
Урожайность с 1 акра	12,05	12,925	13,02	12,83
Оросительная норма (нетто), $м^3$/га	6819	8141	7726	8558
Затраты на полив 1 акра, долл. США	135,29	179,29	162,47	196,1
Чистый доход акра, долл. США	557,59	563,90	586,10	541,63

9.2. Технология полива с рассредоточенной подачей расхода по длине поливных борозд

Представляет собой полив по коротким сквозным отрезкам (до 50 м) длинных (до 400 м) борозд постоянным расходом.

Для реализации технологии рассредоточенной подачи воды в борозды ВНИИ «Радуга» на базе широкозахватных дождевальных машин ДКШ-64 «Волжанка» и «Днепр» разработаны машины для поверхностного полива по продольной и поперечной схемам. На базе ДКШ-64 созданы поливные колесные трубопроводы ТКП-90 (рис. 9.8), ТКУ-100 (рис. 9.9), работающие от гидрантов стационарной или разборной оросительной сети с напором 0,15-0,25 МПа и расходом 45-55 л/ч (табл. 9.3). На них вместо дождевальных аппаратов через каждые 50 м на водопроводящем поясе установлены вращающиеся муфты с поливными шлейфами, оснащенными комбинированными водовыпусками, выполненными на расстоянии, равном ширине поливных междурядий.



Рис. 9.8. Колёсный трубопровод для полива по бороздам ТКП-90

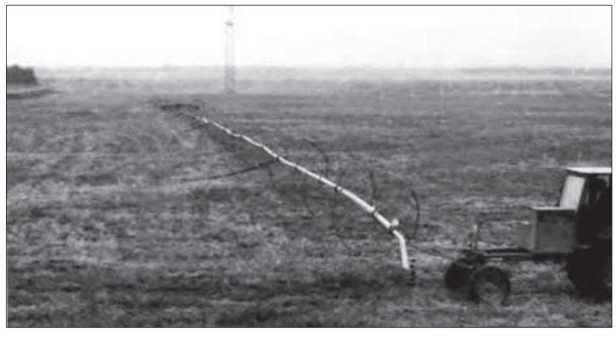


Рис. 9.9.Трубопровод колёсный универсальный ТКУ-100

Поливные машины работают позиционно. Для перемещения ТКП-90 используют штатный бензиновый двигатель, а на ТКУ-100 наряду с бензиновым двигателем при групповой работе может применяться электродвигатель, работающий от передвижного электрогенератора, смонтированного на тракторе Т-16М. Увеличенный диаметр водопроводящего трубопровода до 150 мм (против 130 мм на ДКШ-64 и ТКП-90) обеспечивает более высокую производительность поливной машины, а ее электрический привод – санитарную безопасность при поливе подготовленными животноводческими стоками по бороздам.

При определении элементов техники бороздкового полива с рассредоточенной подачей воды в борозды и величины подаваемых норм, руководствуются разработанными рекомендациями.

Технологические схемы полива с использованием машин ТКП-90 и ТКУ-100 практически совпадают (рис. 9.10).

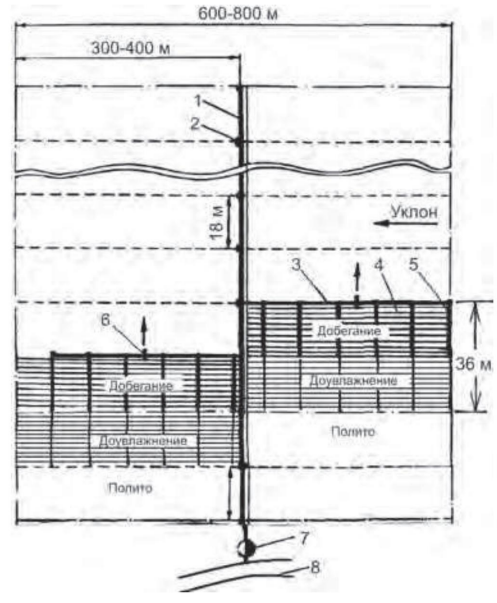


Рис. 9.10. Принципиальная схема работы колесных трубопроводов:
1 – трубопровод; 2 – гидрант; 3 – крыло машины; 4 – поливная борозда; 5 – шлейф с водовыпусками; 6 – приводная тележка; 7 – насосная станция; 8 – водоисточник

Поливной шлейф для дождевальной машины «Днепр» приведен на рис. 9.11.

Таблица 9.3

Техническая характеристика машин

Показатели	ТКП-90	ТКУ-100	ТКП-П	ТКП-ПР	ППК-25
Расход, л/с	До 50	55	55	55	До 25
Напор на входе, м	10-20	Не более 15	20-25	20-25	До 20
Расход водовыпуска, л/с	0,1-0,3	Не более 0,3	0,1-0,2	0,2 / 0,04-0,07	0,2
Расстояние между шлейфами, м	50	50	0,7-0,9	50	50
Длина, м:	21,2	27	2-3	36	21
шлейфа					
борозд	До 400	До 400	До 400	До 400	До 200
Расстояние между гидрантами, м	18	27	18	18	18-26
Схема полива	Поперечная	Поперечная	Продольная	Поперечная	Поперечная
Площадь одновременного полива, га	0,72	1,08	0,72	1,44	0,48
Длина машины, м	До 400	До 400	До 400	До 400	150
Равномерность увлажнения	0,7-0,75	0,7-0,8	0,75	0,75-0,8	0,7-0,75
Численность обслуживающего персонала	1 на 4	1 на 4	1 на 4	1 на 4	1 на 2

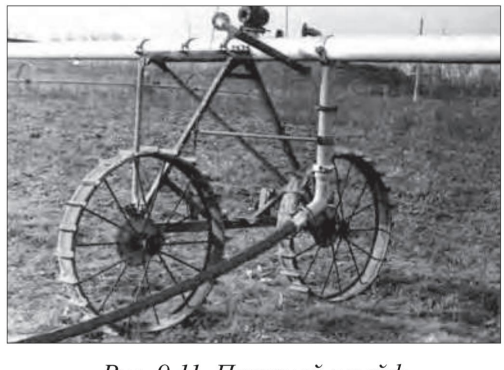


Рис. 9.11. Поливной шлейф для поверхностного полива на ДМ «Днепр»

Рассредоточенная подача воды в 400-метровые борозды через 50 м позволяет увеличить равномерность распределения поливной нормы до 0,8-0,9. Экономия воды за один вегетационный полив по сравнению с традиционным способом составляет 400-900 м^3/га. Равномерное увлажнение почвы способствует повышению урожайности орошаемых культур. На поливе хлопчатника она увеличилась с 22,9 до 36 ц/га, а производительность труда – в 4-5 раз.

Для полива мелкоконтурных участков площадью 25-30 га разрабатывается передвижной по-

ливной комплект ППК-25 (рис. 9.12, 9.13). Поливной комплект ППК-25 состоит из последовательно соединенных между собой унифицированных двухколесных тележек, соединенных между собой водопроводящим плоскосворачиваемым гибким шлангом. Каждая из тележек оснащена подводящим шлангом, барабаном и поливным шлейфом для полива по бороздам.

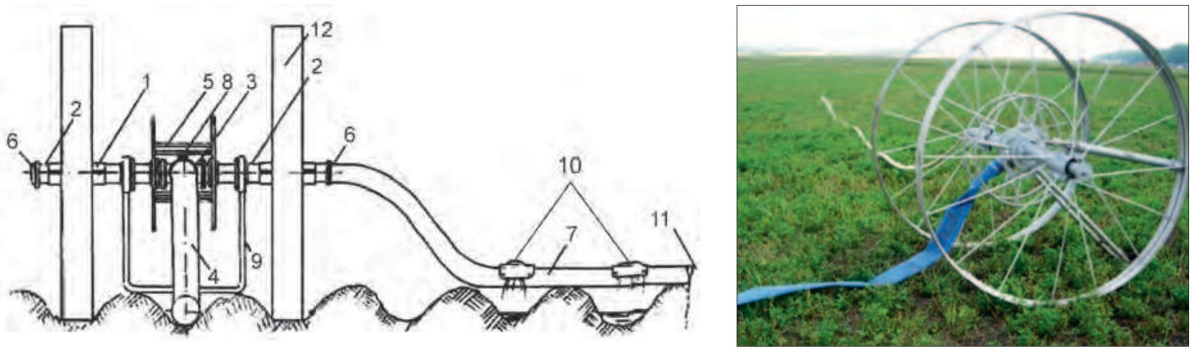


Рис 9.12. Унифицированная тележка передвижного поливного комплекта ППК-25:
1 – тележка; 2 – ось полая; 3, 6 – быстроразъёмные соединения;
4 – плоскосворачиваемый водопроводящий трубопровод; 5 – барабан; 7 – поливной шлейф;
8 – крестовина; 9 – рукоятка; 10 – водовыпуски с гасителями; 11 – заглушка; 12 – опорные колёса

Узлы подсоединения плоскосворачиваемых водопроводящих трубопроводов, поливных шлейфов – быстроразъемные, позволяют вручную перемещать тележки с позиции на позицию вдоль борозд без дополнительных разворотов для подсоединения поливных шлейфов, перемещаемых в осевом направлении поперек поливных борозд.

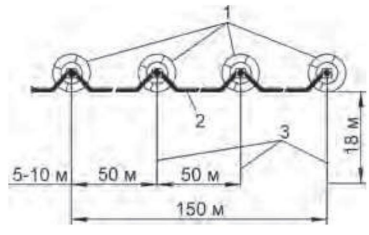


Рис. 9.13. Схема передвижного поливного комплекта ППК-25:
1 – унифицированные тележки; 2 – гибкий шланг;
3 – поливные шлейфы

9.3. Технология полива по бороздам переменным расходом

Может быть реализована без изменения напора и расхода на гидранте. При применении АШУ для полива переменным расходом диаметры водовыпусков поливного шлейфа к концевой части уменьшают. Производимая водоподача рассчитывается пропорционально скорости впитывания воды в борозде.

Для полива переменным расходом с применением колесных трубопроводов ТКП-90 и ТКУ-100 машины оснащают двухсекционными поливными шлейфами (рис. 9.14). Каждая секция равна расстоянию между гидрантами. Водовыпуски верхней секции рассчитывают на расход для выдачи нормы добегания по сухой борозде, а нижней – на расход, определяемый его пробегом за равное время по увлажненной борозде.

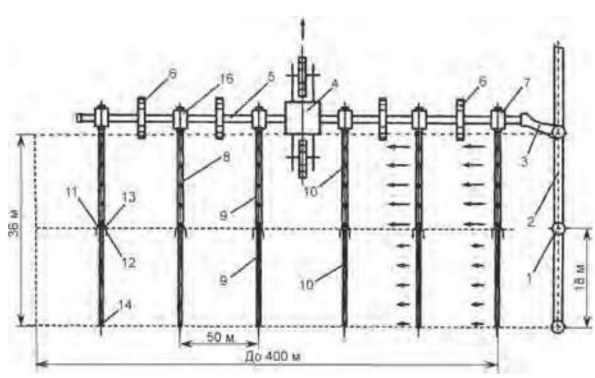


Рис. 9.14. Трубопровод колесный поливной ТКП-ПР:
1 – гидрант; 2 – оросительный трубопровод;
3 – соединительный трубопровод; 4 – приводная тележка; 5 – водопроводящий трубопровод;
6 – опорное колесо; 7 – муфта водозаборная;
8 – поливной шлейф; 9 – поливная секция;
10 – водовыпуск; 11 – быстроразборное соединение;
12 – защитный кожух; 13 – хомут; 14 – заглушка

Для полива по продольной схеме переменная подача воды в длинные борозды обеспечивается подачей постоянного расхода на норму добегания по отрезкам сухой борозды с последующим доувлажнением нижележащих участков с каждого вышерасположенного, чем достигается переменная удельная водоподача в борозды. Поливная машина для реализации полива представляет собой колесный трубопровод с приводной тележкой. Вдоль ее водопроводящего трубопровода с расстоянием, равным ширине междурядий, установлены водовыпуски с отводящими трубками для подачи воды в борозды (рис. 9.15, 9.16).

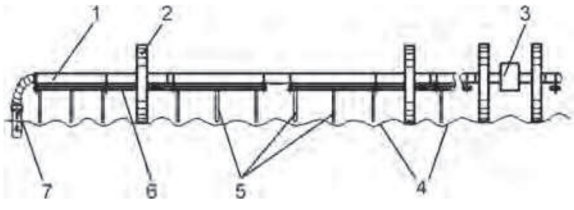


Рис. 9.15. Принципиальная схема поливного колесного трубопровода ТКП-П:
1 – трубопровод водопроводящий;
2 – колеса опорные; 3 – тележка приводная;
4 – поливные борозды;
5 – водовыпуски; ;
6 – звенья поливного трубопровода навесного оборудования; 7 – гидрант

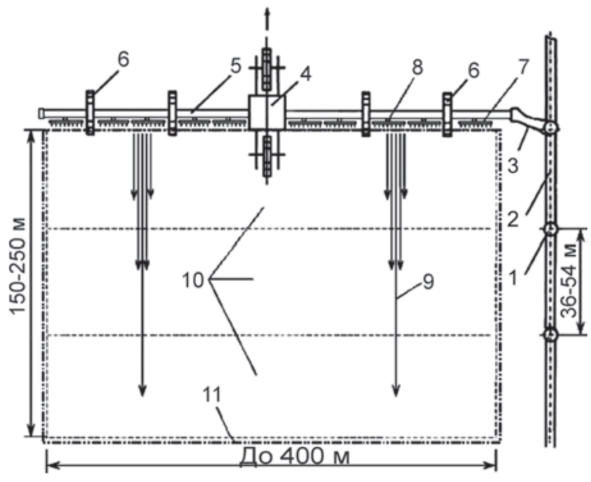


Рис. 9.16. Технологическая схема полива по бороздам по продольной схеме с применением колесного трубопровода ТКП-П (одно крыло):
1 – гидрант; 2 – распределительный трубопровод;
3 – соединительный трубопровод; 4 – приводная тележка; 5 – водопроводящий трубопровод;
6 – опорные колеса; 7 – поливное звено;
8 – узел подсоединения поливного звена;
9 – направление полива; 10 – участок полива с одной позиции; 11 – границы участка суточного полива

Величина элементов техники бороздкового полива переменным расходом устанавливается по существующим рекомендациям или путем проведения пробных поливов.

9.4. Технология полива через междурядье с перераспределением расхода в нижней части поля в каждую борозду

Представляет собой видоизмененную технологию полива переменным расходом на норму добегания, только расход уменьшают не в головной части борозды, а в нижней (третья четверть) простым разделением его на две борозды. При этом в нижней части борозд увеличивается общая величина смоченных периметров, а скорость продвижения воды замедляется, равномерность распределения поливной нормы достигает 0,7-0,9, а концевой сброс не превышает 4-5%.

Для реализации этой технологии могут быть использованы передвижные колесные (АПШ-1) и переносные гибкие и жесткие поливные трубопроводы с регулируемыми водовыпусками, а также стационарные автоматизированные поливные лотки (АПЛ) и каналы (АПК) с водовыпусками, выполненными в их стенке против поливных борозд.

9.5. Технология полива по сформированным бороздам

Позволяет подготовить длинные (400-600 м) борозды на высокую пропускную способность и равную скорость продвижения в них воды, исключить концевые сбросы в период доувлажнения без изменения величины подаваемых расходов.

Для формирования таких борозд к культиватору КРН-4,2 разработано и применяется навесное технологическое оборудование ФБУ-7, которое позволяет одновременно с нарезкой борозд формировать и уплотнять пневматическими катками

начальные участки борозд и нарезать их в концевой части щели для увеличения впитывания поливной нормы и предотвращения концевых сбросов.

9.6. Технология комбинированных поливов по бороздам и дождеванием

Предусматривает выдачу поливных норм с преимуществом того или иного способа полива дифференцированно по фазам развития орошаемых культур. Комбинированный полив по бороздам и дождеванием позволяет сократить продолжительность времени выдачи поливной нормы и увлажнять надземную часть растений в зависимости от погодных условий. Его реализация наиболее доступна при переоборудовании дождевальных машин ДКШ-64 «Волжанка», «Днепр» и ДДА-100М.

Комплект навесного оборудования КО-ДДА к дождевальному агрегату ДДА-100 включает в себя гидроуправляемые водораспределяющие устройства, устанавливаемые между дождевальными насадками и водовыпусками в поливные борозды. Управление водораспределительным устройством для полива по бороздам или дождеванием осуществляется дистанционно.

Проведение комбинированных поливов по бороздам и дождеванием способствует повышению урожайности орошаемых культур на 10-15% благодаря равномерному (0,85-0,9) распределению поливной нормы при поливе по бороздам, освежительным поливам надземной части растений и созданию благоприятного микроклимата.

Освоение механизированных технологий поверхностного полива по бороздам пропашных сельскохозяйственных культур, овощей, многолетних трав, садов и виноградников позволяет практически исключить концевые сбросы (4-5%), снизить потери воды на глубинные утечки, довести КИВ на поливе с 30-40 до 70-80%, практически приблизив его к дождеванию, где он составляет 75-80%. Энергетические затраты при реализации водосберегающих технологий поверхностного полива по сравнеию с высоконапорным дождеванием составляют на поливе АШУ 26,4%, с применением ТКП-90 и ТКУ-100 – 13,2, с использованием переносных поливных комплектов дискретного полива из открытой сети (КДП-С) – 0,87%.

9.7. Расчет продолжительности пробега воды при дискретном поливе по бороздам

За основу расчета времени пробега воды при дискретном поливе по бороздам принимают краткую формулу пробега воды в борозде, предложенную А.Н. Костяковым, в которой взаимосвязь величины подаваемого расхода, смоченный периметр борозды и средняя скорость впитывания определяют начальные условия пробега воды в борозде:

$$\ell = v_1 \cdot t^{\gamma} \quad , \qquad (9.1)$$

где ℓ – длина пробега; v_1 – скорость пробега подаваемого расхода в первую единицу времени; t – продолжительность подачи расхода; γ – показатель степени затухания пробега.

Значения параметров, входящих в формулу 9.1, принимают из существующих справочников ли устанавливают экспериментально при проведении пробных поливов.

Для почв пониженной водопроницаемости с уклонами 0,004-0,005 скорость пробега воды в первую единицу времени определяют уравнением

$$v_1 = 7{,}25 \cdot q^{0{,}613}; \qquad (9.2)$$

показатель степени затухания пробега определяют по уравнению

$$\gamma = 0{,}84 \cdot q^{\,0{,}178}, \qquad (9.3)$$

где q – расход воды, подаваемый в борозду, л/с.

Пробег воды по сухой борозде в период добегания при импульсной водоподаче определяют уравнением

$$\ell = s \cdot v_1 \cdot t^{\mu\gamma}. \qquad (9.4)$$

где ℓ – длина пробега; v_1 – скорость пробега подаваемого расхода в первую единицу времени; t – продолжительность подачи расхода; γ – показатель степени затухания пробега; s – коэффициент увеличения скорости пробега; μ – коэффициент показателя затухания пробега.

Значения входящих параметров s и μ принимают из существующих рекомендаций или

устанавливают при проведении пробных поливов.

Пробег воды по увлажненной борозде в период доувлажнения рассчитывают по формуле

$$\ell = v_{1y} \cdot t^{\gamma_y}. \quad (9.5)$$

Параметры v_{1y} и γ_y, определяют по существующим рекомендациям или устанавливают путем проведения пробных поливов.

Для почв пониженной водопроницаемости с уклонами 0,004-0,005 установившуюся начальную скорость пробега по увлажненной борозде определяют по уравнению

$$v_{1y} = 22{,}95 \cdot q^{0{,}963}, \quad (9.6)$$

показатель степени затухания пробега:

$$\gamma_y = 0{,}89 \cdot q^{0{,}031}. \quad (9.7)$$

Длительность импульсов дискретной водоподачи в период добегания может быть постоянной или переменной. В период доувлажнения длительность импульсов определяют по времени пробега воды по увлажненной борозде при установившихся параметрах пробега (9.5) с учетом аккумуляции стекающего объема и его впитывания на протяжении паузы.

При установлении диапазона параметров разрабатываемых программных механизмов для автоматизации управления поливом дискретной струей ориентировочную длительность импульсов для нормативных сочетаний элементов техники бороздкового полива, предложенных Н.Т. Лактаевым, рекомендуется принимать по табл. 9.4.

Таблица 9.4

Ориентировочная длительность импульсов дискретной водоподачи при установившихся значениях пробега по увлажненной борозде для нормативных сочетаний элементов техники полива хлопководческой зоны

Уклоны	Водопроницаемость*	Длина борозды, м	Расход струи, л/с	Время добегания воды в период доувлажнения, ч	Длительность импульсов в период доувлажнения, ч
1	2	3	4	5	6
Ширина междурядий 0,9 м					
0,005	В	400	0,50	1,07	0,71
	Г	400	0,25	0,64	1,11
	Д	400	0,12	3,12	2,13
0,00175	Б	400	1,20	0,65	0,44
	В	400	0,60	1,15	0,76
	Г	400	0,25	1,95	1,37
	Д	400	0,15	2,27	1,63
0,005	В	400	0,60	1,68	1,17
	Г	400	0,35	1,83	1,32
	Д	400	0,20	1,93	1,43
Ширина междурядий 0,6 м					
0,04	А	40	0,10	0,34	0,16
	Б	75	0,10	0,54	0,32
	В	125	0,10	0,70	0,44
	Г	150	0,05	1,25	0,82
	Д	175	0,05	0,95	0,65
0,01	А	100	0,50	0,13	0,08
	Б	125	0,25	0,42	0,28
	В	200	0,25	0,58	0,39
	Г	200	0,10	0,91	0,68
	Д	200	0,05	1,28	0,91
0,005	А	175	0,75	0,30	0,19
	Б	275	0,75	0,43	0,29
	В	325	0,50	0,67	0,45
	Г	400	0,25	1,27	0,88
	Д	375	0,10	2,08	0,14

Продолжение табл. 9.4

1	2	3	4	5	6
0,0175	А	225	1,50	0,16	0,07
	Б	300	1,00	0,39	0,26
	В	350	0,50	0,78	0,58
	Г	400	0,25	0,64	0,12
	Д	400	0,125	2,01	1,42
0,0005	А	150	1,00	0,33	0,23
	Б	250	0,75	0,76	0,53
	В	350	0,50	1,35	0,69
	Г	400	0,25	1,82	1,33
	Д	400	0,10	2,30	1,89

*А, Б, В, Г, Д – типы почв в зависимости от водопроницаемости по классификации Н.Т. Лактаева соответственно: почвы сильноводопроницаемые, повышенной, средней, слабой и низкой водопроницаемости.

9.8. Рекомендуемые элементы техники полива с рассредоточенной подачей расхода по длине поливных борозд

Элементы техники полива с рассредоточенной подачей расхода по длине поливных борозд с равномерностью распределения $\eta \geq 0,7$ для условий применения технологии в Российской Федерации приведены в табл. 9.5.

Таблица 9.5

Рекомендуемые элементы техники полива с рассредоточенной подачей расхода по бороздам с расстоянием 50 м (ширина междурядий 0,7 м)

Средняя скорость впитывания воды, см / мин	Расход в борозду, л/с	Уклон борозды	Время стоянки на позиции, мин	Поливная норма добегания, м³/га
Более 0,3	0,3	I_1	220	1150
		I_2	210	1100
		I_3	190	1000
	0,2	I_1	300	1000
		I_2	275	950
		I_3	235	800
	0,1	I_1	485	850
		I_2	450	750
		I_3	425	700
0,15-0,30	0,3	I_1	168	850
		I_2	126	650
		I_3	120	620
	0,2	I_1	210	720
		I_2	168	570
		I_3	164	500
	0,1	I_1	300	510
		I_2	270	470
		I_3	260	450
Менее 0,15	0,3	I_1	114	600
		I_2	85	450
		I_3	80	400
	0,2	I_1	120	400
		I_2	114	400
		I_3	96	300
	0,1	I_1	198	125
		I_2	180	110
		I_3	174	100

Примечание. $I_1 = 0,002\text{-}0,004$; $I_2 = 0,044\text{-}0,007$; $I_3 = 0,007\text{-}0,01$.

Используемые источники

9.1. **Терпигорев А.А., Грушин А.В., Жирнов А.Н.** Технологии малоинтенсивного орошения для устойчивости агроландшафтов / Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования. Т. 1. // Матер. юбилейной Междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения). – М.: Изд. ВНИИА, 2007.

9.2. **Буцыкин А.М., Шленов С.Л., Рева Л.П.** и др. Машина унифицированная дождевально-поливная ТКУ-100. – Коломна: ВНИИМиТП, 1991.

9.3. ВСН 3.3- 2.2. Внутрихозяйственная сеть с поверхностным способом полива. – М., 1987.

9.4. **Джурабеков И.Х., Лактаев Н.Т.** Совершенствование оросительных систем и мелиорация земель Узбекистана. – Ташкент: Узбекистан, 1983. – 152 с.

9.5. **Терпигорев А.А.** Механизированные технологии полива с дискретным регулированием подачи воды в борозды // Мелиорация и водное хоз-во. – 2004. – № 3.

9.6. **Терпигорев А.А.** Широкозахватная техника для водосберегающих и экологически безопасных технологий полива по бороздам: сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Защитное лесоразведение и мелиорация земель в Российской Федерации: проблемы земледелия». – Волгоград, 2008.

9.7. **Терпигорев А.А.** Особенности инфильтрационного увлажнения почвы при поливе дискретной струей широким фронтом. Широкозахватная поливная техника и оптимизация её параметров. – М.: ВНИИГиМ, 1984. – С. 181-189.

9.8. **Терпигорев А.А., Максимов В.И.** Обоснование схем реконструкции оросительных систем с заменой дождевальной техники на технику поверхностного полива / Техн. орошения и сельхозводоснабжения нового поколения. – Коломна, ВНИИ «Радуга», 1998. – С. 101-112.

9.9. **Терпигорев А.А.** Энергосберегающие технологии механизированного полива сельскохозяйственных культур по бороздам / Междунар. конф. «Экологические проблемы мелиорации» (Костяковские чтения). – М., ВНИИГиМ, 2002. – С.297-299.

9.10. **Терпигорев А.А.** Водосберегающие механизированные технологии полива по бороздам мелкоконтурных участков для устойчивых орошаемых агроландшафтов: сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. «Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии и техника в орошаемом земледелии». Ч.1. – Коломна: ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2003.

9.11. **Терпигорев А.А., Буцыкин А.М., Рева Л.П.** Методика гидравлического расчета поливных трубопроводов и шлейфов для поливных машин, установок и устройств: сб. науч. докл. Междунар. науч.-практ. конф. «Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии и техника в орошаемом земледелии». Ч.2. – Коломна, 2004.

9.12. **Терпигорев А.А.** Научно-технические аспекты разработки и внедрения водосберегающих технологий ВНИИ «Радуга» для поверхностного полива по бороздам: сб. докл., подготовленных на основе семинара «Экологически ориентированные гидромелиоративные системы: прогрессивные способы орошения и осушения, районирование, техника, системы и сооружения». – М.: ГНУ ВНИИГиМ, 2004.

9.13. **Терпигорев А.А., Грушин А.В., Жирнов А.Н.** Повышение санитарно-экологической безопасности орошаемых агроландшафтов // Материалы региональной научно-теоретической конференции «Проблемы и методы управления экономической безопасностью регионов». – Коломна, КГПИ, 2005.

9.14. **Терпигорев А.А.** Технология внесения с поливной водой животноводческих стоков КРС при поверхностном поливе по бороздам: сб. науч. докл. Междунар. российско-вьетнамской выставки-семинара «Многофункциональные технологии и техника полива для удобрительного орошения, почвенной очистки и утилизации стоков на сельскохозяйственных фермах». – Вьетнам, Ханой, 2006 .

9.15. **Терпигорев А.А., Буцыкин А.М., Рева Л.П.** Механизация внесения подготовленных животноводческих стоков КРС поверхностным поливом по бороздам / Материалы юбилейной Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования», посвященной 120-летию со дня рождения А.Н. Костякова (Костяковские чтения). – М.: ВНИИГиМ, 2007.

9.16. **Терпигорев А.А.** Водосберегающие механизированные технологии полива по бороздам // Природообустройство. – 2008. – № 5.

9.17. **Терпигорев А.А.** Водосберегающие технологии полива по бороздам с применением базовых широкозахватных дождевальных машин / Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Социально-экономические и экологические проблемы сельского и водного хозяйства». Ч. I. – М.: МГУП, 2010.

10. ВНУТРИПОЧВЕННОЕ ОРОШЕНИЕ

Внутрипочвенное орошение (ВПО) – способ орошения, при котором оросительная вода поступает в корнеобитаемый слой почвы из системы подпочвенных труб-увлажнителей (водоводов). В основу внутрипочвенного способа орошения положена идея подачи растению такого количества влаги, в котором оно нуждается в данный момент. При этом обеспечивается равномерность полива, поддерживается влажность корнеобитаемого слоя, сохраняется структура почвы, предотвращается появление на ней корки, снижается расход поливной воды и уменьшаются её потери на испарение с поверхности почвы, создаются условия для автоматизации всего технологического цикла орошения. Внутрипочвенное орошение применяют при возделывании овощных и плодовых культур, винограда, хлопчатника на плоских участках с хорошо водопроницаемыми незасоленными почвами, на склонах с рыхлым почвенным покровом, подстилаемым водонепроницаемыми или слабопроницаемыми грунтами.

При внутрипочвенном орошении используют закрытые оросительные системы с оросительной сетью из трубопроводов. По способу подачи воды системы внутрипочвенного орошения подразделяют на вакуумные, или адсорбционные, безнапорные и напорные. В вакуумных системах вода поступает к растениям под действием сил поверхностного натяжения (по мере расходования воды в трубах-увлажнителях создаётся вакуум, вследствие чего поддерживается их наполнение), в безнапорных – вследствие капиллярного движения воды, в напорных – искусственно создаваемого напора.

Система внутрипочвенного орошения предназначена для орошения сельскохозяйственных культур во всех зонах орошаемого земледелия как условно чистыми водами, так и подготовленными хозбытовыми сточными водами населенных пунктов и осветленными животноводческими стоками (рис. 10.1), а также может быть использована в качестве дополнительных градирен для отвода сбросных теплых вод АЭС, ТЭС и других источников теплых вод для получения при этом дополнительного урожая за счет создания благоприятных микроклиматических условий, сокращения сроков созревания и продления вегетационного периода.

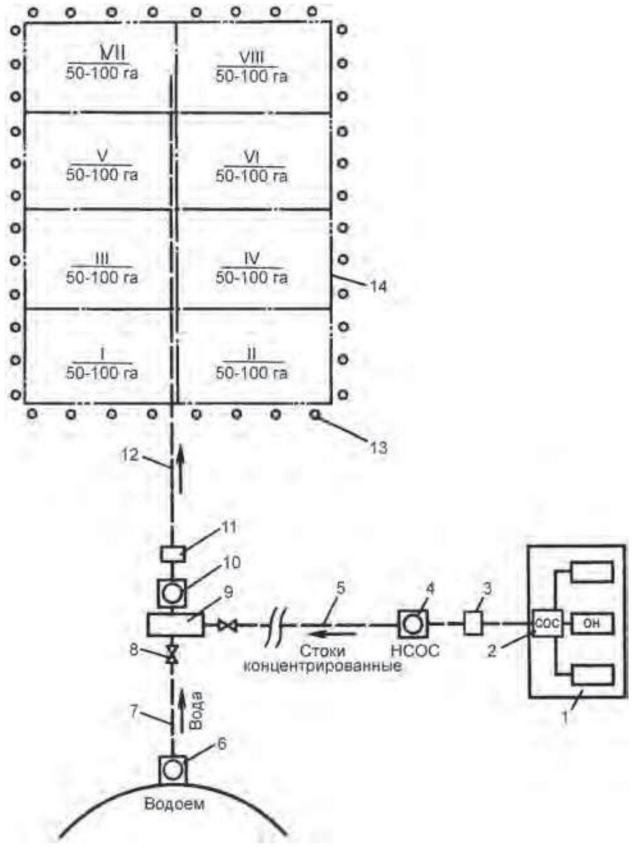


Рис. 10.1. Схема системы внутрипочвенного орошения с использованием животноводческих стоков: 1 – отстойники-навозонакопители (ОН); 2 – сборник осветленных стоков (СОС); 3 – приемный резервуар насосной станции сточных вод; 4 – насосная станция осветленных сточных вод (НСОС); 5 – напорный трубопровод стоков; 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 с сетью внутрипочвенных увлажнителей; I…VIII – номера полей

При использовании сточных вод система внутрипочвенного орошения выступает в роли не только поливного элемента, но и выполняет функции утилизации, при этом биологические и химические остатки под действием почвенной микрофлоры разлагаются на простейшие вещества и обогащают почву питательными веществами.

Внутрипочвенное орошение коренным образом изменяет условия и организацию труда на поливном участке:

- улучшается организация территории и повышается коэффициент земельного использования;
- отсутствие оросительной и поливной сети на поверхности поля дает возможность широкой механизации сельскохозяйственных работ;
- вода, поданная небольшими поливными нормами (не более 150-200 м^3/га) непосредственно в прикорневую зону почвенной толщи, более экономно расходуется, исключаются потери на инфильтрацию, резко снижается испарение влаги с поверхности почвы, в связи с чем экономия оросительной воды составляет 25-50% по сравнению с дождеванием;
- внесение поливной воды, обогащенной питательными элементами, в зону развития корневой системы положительно воздействует на структуру почвенной толщи, не вызывая уплотнения поверхностного слоя, создает благоприятный водный, пищевой и воздушный режимы, что способствует интенсивному росту и развитию сельскохозяйственных культур;
- распределение воды по сельскохозяйственному полю по специальной увлажнительной сети повышает равномерность увлажнения и качество полива, упрощает процесс автоматизации водораспределения;
- человек, животные и сельскохозяйственные культуры не имеют непосредственного контакта с поливной водой, для орошения могут быть использованы сточные воды населенных пунктов, животноводческих ферм и некоторых перерабатывающих промышленных предприятий;
- исключается возможность переноса болезнетворных бактерий и микроорганизмов при использовании сточных вод из-за отсутствия их контакта с поверхностью почвы, растениями, человеком и животными;
- в связи с сохранением поверхностного слоя почвы в относительно сухом состоянии отсутствует необходимость послеполивной обработки почвы с целью недопущения образования почвенной корки, сохраняется структура почвы, имеется возможность сочетания полива с одновременным проведением поверхностных обработок и выполнения других сельскохозяйственных работ, что позволяет сократить время их проведения и выполнять их в лучшие агротехнические сроки;
- возможны орошение в момент посадки или посева культуры и в дальнейшем непрерывное снабжение растений водой в соответствии с их потребностью;
- возможно орошение высокостебельных культур;
- уменьшается развитие сорняков, сельскохозяйственных вредителей и болезней;
- обеспечивается более прочное и равномерное сохранение заданного запаса влажности почвы;
- возможно самотечное водораспределение при размещении емкости сезонного регулирования на командных отметках местности, так как напор в голове оросителя не должен превышать 2 м;
- резко снижаются трудовые затраты на поливе благодаря автоматизации процессов полива и исключению повреждаемости сети.

Разновидность внутрипочвенного орошения – *капельное орошение*. Употребляемый иногда вместо термина «внутрипочвенное орошение» термин «подпочвенное орошение» менее точен. А.Н. Костяков также относил к этому способу орошения искусственное поднятие уровня грунтовых вод (субирригация).

В результате развития внутрипочвенное орошение разделилось на несколько основных направлений: по трубчатым увлажнителям, по кротовинам, очаговое, инъекционное (табл. 10.1).

Таблица 10.1

Виды и типы систем ВПО

Характеристика системы	Условия применения, описание
1	2
По назначению	
Орошение чистой водой	При возделывании высокорентабельных культур, дефиците влаги
Утилизация сточных вод	Предотвращают загрязнение окружающей среды при быстрой окупаемости капитальных вложений. Промышленные и бытовые системы

Продолжение табл. 10.1

1	2
Многофункциональное орошение, внесение органических и минеральных удобрений, аэрация почв, двустороннее регулирование (орошение и осушение) водно-воздушного режима почвы	Регулирование основных условий произрастания сельскохозяйственных культур
По продолжительности нахождения увлажнительной сети на участке	
Стационарная	Увлажнительную сеть укладывают на десятки лет (более распространена)
Полустационарная	Требует мобильных поливных устройств
Стационарно-сезонная	Возможно использование увлажнительной сети на протяжении ряда лет или в течение одного сезона (кротовые микропористые увлажнители)
Временная для одноразового использования	Нарезают кротовые увлажнители во время специальных подкормок
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 самотёком (системы 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 капельными внутрипочвенными увлажнителями	Капельные трубки ROOTGUARD со встроенными капельницами фирм «Geoflow Inc.», «Metzerplas» (по лицензии)
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 (система САНИИРИ)
Машинно-инъекционного увлажнения	Вода или раствор подаётся при культивации 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 трудоёмкости
Механизированная отрывка узких траншей и механизированная укладка сети	Требует применения узкотраншейных экскаваторов, при работе которых существенно нарушается почвенный покров

Продолжение табл. 10.1

1	2
Бестраншейная укладка сети	Специальные укладчики позволяют вести строительство индустриальными методами с минимальными затратами труда и без существенного нарушения почвенного покрова
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 определённого предела. Наиболее распространена. Требует применения водоводов повышенной пропускной способности с необходимой арматурой для осуществления водооборота
Увлажнение по всей площади, полосовое увлажнение	При пропашных и узкорядных культурах (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)

Для внутрипочвенного орошения считаются пригодными лёгкие или среднесуглинистые почвы с маловодопроницаемыми плотносуглинистыми почвогрунтами, не затопляемые паводковыми водами, с хорошей водоудерживающей способностью и водоподъёмностью.

Не рекомендуется строить системы внутрипочвенного орошения на землях с близким залеганием минерализованных грунтовых вод, на засолённых, солонцеватых почвах, требующих рассоления и промывок. Для внутрипочвенного орошения нужна довольно тщательная планировка как в направлении прокладки увлажнителей, так и в направлении прокладки оросительных трубопроводов. Уклоны при этом должны быть в пределах 0,0005-005.

10.1. Система ВПО

В систему внутрипочвенного орошения входят: головной водозабор; насосная станция; водорегулирующий блок, блок подачи в систему растворённых минеральных удобрений; распределительный трубопровод, распределяющий воду по подпочвенным увлажнителям; подпочвенные увлажнители, подающие воду в корнеобитаемый слой почвы, водоотводящий аэрационный трубопровод и соответствующие сооружения и арматура на них; система датчиков, осуществляющих обратную связь и контролирующих создаваемый водный режим в почве (рис. 10.2). Увлажнители изготавливают из гончарных труб, из которых вода поступает в почву через стыки, а также пластмассовых гладких (ГОСТ 18599-2001) и гофрированных (ТУ 33-1018312-16-90) (вода поступает через отверстия – перфорацию). Наиболее распространены системы с перфорированными увлажнителями, которые закладывают на глубину 40-60 см с расстоянием между ними 125-400 см (оптимальная длина 100-200 м, диаметр труб 20-40 мм). Расход воды в головной части увлажнителя 0,2-0,6 л/с при минимальном напоре 0,5 м.

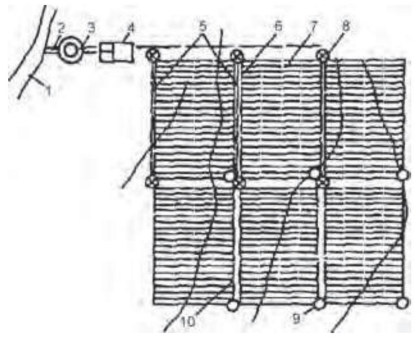


Рис. 10.2. Схема системы внутрипочвенного орошения: 1 – источник орошения; 2 – магистральный трубопровод; 3 – насосная станция; 4 – очистные сооружения; 5, 6, 7 – распределительные, оросительные и увлажнительные трубопроводы; 8,9 – колодцы переключения и смотровой; 10 – водоотводный аэрационный трубопровод

Технологические схемы систем ВПО с различными типами увлажнителей приведены в табл. 10.2.

Таблица 10.2

Элементы систем 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.-3-85
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

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 длины), длину увлажнителя (50-250 м), расстояние между увлажнителями или очагами увлажнения (I -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.

Описание технологических схем внутрипочвенного орошения приведено в табл. 10.3.

Таблица 10.3

Технологические схемы внутрипочвенного орошения

Краткое описание схемы	Применение	Преимущества	Недостатки
1	2	3	4
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 в сутки	Поддерживается комковатая структура почвы при отсутствии эрозии, уплотнения почвы и почвенной корки. Улучшается тепловой режим почвы с выравниванием по профилю. Стимулируются 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 суток
Машинно-инъекционное Механизированная подача воды в почву на заданную глубину осуществляется с помощью специальных машин и орудий с одновременным рыхлением почвы. Поливная сеть включает в себя подземные оросительные трубопроводы длиной 300-400 м с расстоя-	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;	Отсутствие серийно выпускаемых машин и механизмов

Продолжение табл. 10.3

1	2	3	4
нием между гидрантами 100-150 м. Давление воды в сети 0,5-0,7 МПа. Машинно-инжекторное орошение при использовании различных гидробуров		высокая производительность; возможность внесения с поливной водой удобрений; одновременное рыхление почвы	
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. Трубчатая система с пористыми гончарными или керамическими трубками-увлажнителями ∅50-150, длиной 333 мм. Воду в увлажнители подают из оросительных трубопроводов ∅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 др.	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
Кротово-внутрипочвенное орошение В качестве увлажнителей применяют устраиваемые в почве полости круглого поперечного сечения – кротовины. Кротовины ∅80-150 мм нарезают специальными кротователями без отрывки траншей. Для повышения срока службы кротовины можно закреплять цементом, жидким стеклом, виброуплотнением, термическим способом, растворами полимеров и др. (имеется ряд экспериментальных проработок)	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
Очаговые вертикальные системы Включают в себя 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; заиливание увлажнителей
Системы с полиэтиленовыми увлажнителями Наиболее перспективны. Применяют гладкие и гофрированные увлажнители ∅20-40 мм с точечной (1-2 мм) или щелевой перфорацией (ширина	На всех почвах; при повышенной водопроницаемости – с укладкой экрана	Достаточные напоры в оросителе 1-2 м. Надежность соединений увлажнителей с ороси-	Большая потребность труб-увлажнителей (2,5-8 тыс. м на 1 га) в зависимости от куль-

Продолжение табл. 10.3

1	2	3	4
2 мм, длина 45 мм, шаг 350 мм) с закладкой на глубину 40-60 см. Вода в увлажнители подается из оросительных трубопроводов		телем; долговечность; возможность промывки под повышенным напором; наличие промышленно выпускаемых трубоукладчиков для бестраншейной укладки увлажнителей	туры и типа почвы. Укладка труб-увлажнителей спецтехникой
Текстильные маты внутрипочвенного орошения ECO Rain® Материал: поверхность – полипропилен 250 г/м^2 руна; покрытие трубы – полипропилен; шов – полипропилен; основа – полипропилен 250 г/м^2 руна. Размеры (в рулоне): 0,8 х 75 м = 60 м^2; наружный диаметр – 1,2 м; внутренний – 0,4 м; ширина – 0,42 м. Влагоудерживающая способность – 4 л на м^2. Рабочее давление (входной мат) – 1-4 бар. Макс. длина в зависимости от рельефа местности и давления – 140 м. Масса на 1 м^2: сухие – около 1000 г влажные/насыщенные – около 5100 г. Капельная трубка: внутренний диаметр – 16 мм, внешний – 33 мм, расстояние между капельными трубками 35 см. Капельницы с компенсацией давления; расстояние между капельницами – 33 см. Количество воды на капельницу – 2,2 л/ч. Расход воды на 1 м^2 – около 18 л/ч	В основном текстильные поливные маты ECO Rain® идеально подходят для орошения газонов и садов. Дают возможность профессионального орошения на спортивных полях, крышах, склонах	Эффективны при нехватке воды	Мало применимы в промышленном производстве на больших площадях
Система капельного внутрипочвенного орошения ROOTGUARD® Система капельных труб располагается на 10-70 см ниже глубины обработки почвы, в зависимости от культуры.	Для любых культур. Технология ROOTGUARD® предохраняет капельницы от проникновения корней посредством длительного управляемого выделения в почву локального ингибитора роста корней Treflan®	Рассчитана на работу в течение 10 лет и более, имея все преимущества капельного и внутрипочвенного орошения.	Прокладка трубок под землей осуществляется при помощи специальных приспособлений, напоминающих по конструкции кабелеукладчик (в дальнейшем не востребованы).

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 табл. 10.4, а водно-физические свойства почв и величины элементов техники ВПО – в табл. 10.5.

Таблица 10.4

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	расстояние 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	0,8	1,5	0,8
средние	1,0	1,4	1,2	0,9	1,4	0,9
тяжелые	1,1	1,3	1,3	1,0	1,3	1,1
Глины	1,3	1,2	1,5	1,1	1,3	1,2

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.

Расчетные параметры для пальметтных садов и виноградников зависят от механического состава почвогрунтов (см. табл. 10.4).

Таблица 10.5

Водно-физические свойства почв и величина элементов техники ВПО

Параметры	Механический состав почв			
	легкие суглинистые	средне-суглинистые	тяжелые суглинистые	глинистые
Среднее удельное впитывание на 1 м увлажнителя:				
$м^3/ч$	0,0112	0,0009	0,0065	0,0047
л/с	0,0032	0,0025	0,0018	0,0013
Коэффициент, характеризующий влагопроводность в пределах контура увлажнения при влажности $W_{FC} \geq W_i$ (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 табл. 10.6-10.8.

Таблица 10.6

Длина полиэтиленовых увлажнителей в зависимости от уклона местности

Уклон	Длина увлажнителей, м	Разность геодезических отметок в начале и в конце увлажнителя, см	Расход в головной части 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

Таблица 10.7

Длина оросительного трубопровода с пористой засыпкой 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

Таблица 10.8

Длина кротового увлажнителя в зависимости от уклона местности

Уклон	Длина увлажнителей, м	Разность геодезических отметок в начале и в конце увлажнителя, см	Расход в головной части 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

Таблица 10.9

Расчетные параметры трубчатых полиэтиленовых увлажнителей при Δh=0,3 м (по данным ВНИИ «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	79 / 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	–	116 / 0,21	116 / 0,21	116 / 0,21	116 / 0,21	116 / 0,21
	0,0028	–	152 / 0,38	140 / 0,35	123 / 0,31	105 / 0,27	97 / 0,23
	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 / 0,4	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. В числителе – предельная длина увлажнителя l_{mn}, м; в знаменателе – расход увлажнителя q_h, л/с.

10.2. Гидравлический расчет трубопроводов системы ВПО

Расход (л/с) увлажнительного трубопровода определяют по формуле

$$Q_{ht} = q_h l_h, \qquad (10.1)$$

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 табл. 10.5; l_h – длина увлажнителя, м.

Потери (м) пьезометрического напора в увлажнительном трубопроводе:

$$h_{pz} = \frac{Q_{hl}^3 - 3K^2 i_h Q_{ht}}{3K^2 q_h}, \qquad (10.2)$$

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 табл. 10.9.

Расход в голове оросителя равен сумме расходов подключенных увлажнителей. Потери пьезометрического напора в оросительном трубопроводе не должны превышать 30% напора в его головной части.

В общем виде потери напора (м) в оросителе могут быть выражены зависимостью

$$h_f = \frac{(Q_L^3 - 3Q_L i_L K^2)a_h}{3K^2 Q_L}, \qquad (10.3)$$

где Q_L – расход оросителя, л/с; i_L – уклон оросителя; K – модуль расхода, см. формулу (10.2); a_h – расстояние между увлажнителями, м.

Число увлажнителей, подвешенных к оросительному трубопроводу:

$$n_h = Q_L/Q_{ht}. \qquad (10.4)$$

В случае телескопического оросителя расчеты выполняют последовательно для отдельных его участков.

10.3. 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

$$m_{sh} = 0,65 d_\omega B(FC_1 - V_{01}), \qquad (10.5)$$

где d_ω – расчетная глубина промачивания грунта, м; B – средняя ширина полосы увлажнения, м; FC_1 – наименьшая влагоемкость 1 м^3 расчетного слоя почвы, м^3/м^3; V_{01} – объем влаги в 1 м^3 расчетного слоя почвы перед поливом, м^3/м^3; V_{01} = 0,7-0,8FC_1.

Поливная норма в расчете на 1 га орошаемой площади, м^3/га:

$$m = 0,65 d_w B(FC_1 - V_{01})l_h n_h, \qquad (10.6)$$

где l_h – длина увлажнителя, м; n_h – число увлажнителей на 1 га.

При поливных нормах более 500 м^3/га проводят два полива половинной нормой с интервалом между ними более трех суток.

Продолжительность полива (ч):

$$\tau = \frac{d_\omega 1m^2(1,1...1,15)}{\sum_1^i \upsilon_i}, \qquad (10.7)$$

где d_w – расчетная глубина промачивания почвогрунта, м; $\sum_1^i \upsilon_i$ – 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:

$$\Delta t_{\min} = m/d_{mw}, \qquad (10.8)$$

где d_{mw} – среднесуточный дефицит водопотребления за декаду с максимальным за вегетацию водопотреблением сельскохозяйственной культуры, м^3/га в сутки.

10.4. Автоматизация систем ВПО

На системах ВПО рекомендуется автоматическое управление поливами 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.

Принципиальная схема автоматизации системы ВПО с электрическими линиями управления приведена на рис. 10.3.

Оборудование для автоматического управления поливами включает в себя индикатор всасывающего давления (ИВД), нормально закрытое запорное устройство (ГЗУ), состоящее из запор-

ного 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.

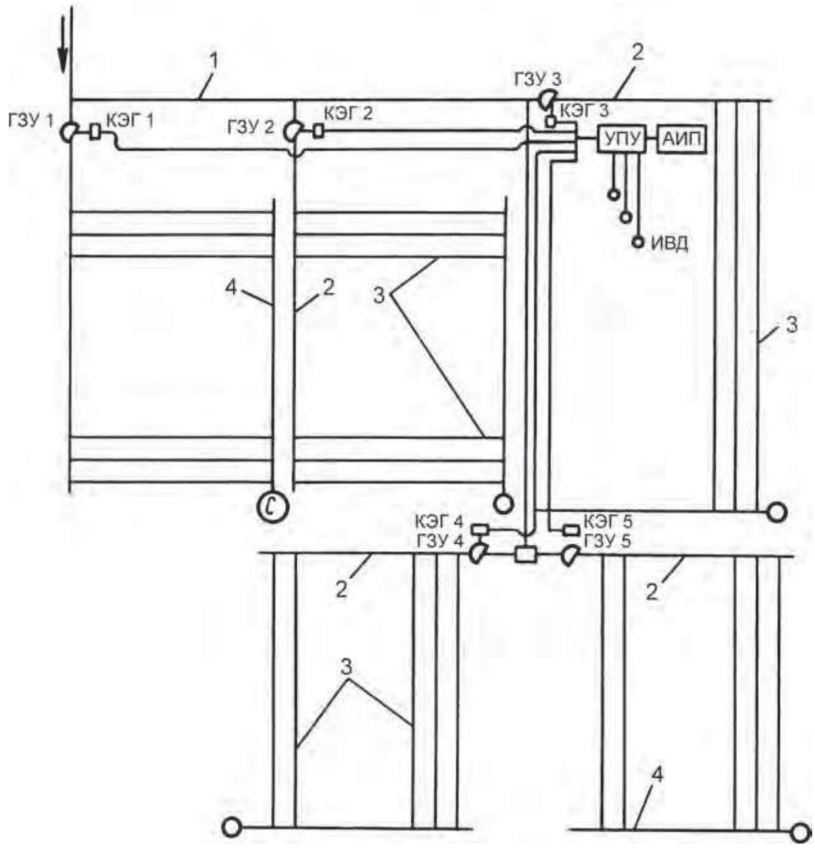


Рис. 10.3. Схема оросительно-увлажнительной сети и электрических линий управления: 1, 2 – распределительный и оросительный трубопроводы; 3 – полиэтиленовые увлажнители; 4 – водосборно-сбросной трубопровод; ГЗУ – гидроуправляемое запорное устройство; КЭГ – электрогидроуправляемый клапан; УПУ – устройство программного управления; ИВД – индикатор давления почвенной влаги; АИП – аккумуляторный источник питания

Устройство программного управления включает в себя задатчик программ, программатор, таймер, коммутатор, источник питания.

Запорное устройство и электрогидроуправляемый клапан помещают в головной части оросителя, в колодце, а устройство программного управления – в одном из колодцев на участке.

Команда на начало полива при достижении определенного нижнего порога увлажнения почвы поступает от ИВД 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 программе. 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.

10.5. Технологии и технические средства укладки 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 выполняется бестраншейным трубоукладчиком НБУ-ПТ, а с укладкой пленочного экрана под увлажнителем – НБУ-ПТЭ (рис. 10.4, табл. 10.10). В качестве увлажнителей используют гладкостенные полиэтиленовые трубы ∅20-40 мм с толщиной стенок 1,5-2 мм (ГОСТ 18599-2001), гофрированные – с толщиной стенок 0,7-0,9 мм, длиной бухты до 200 м.

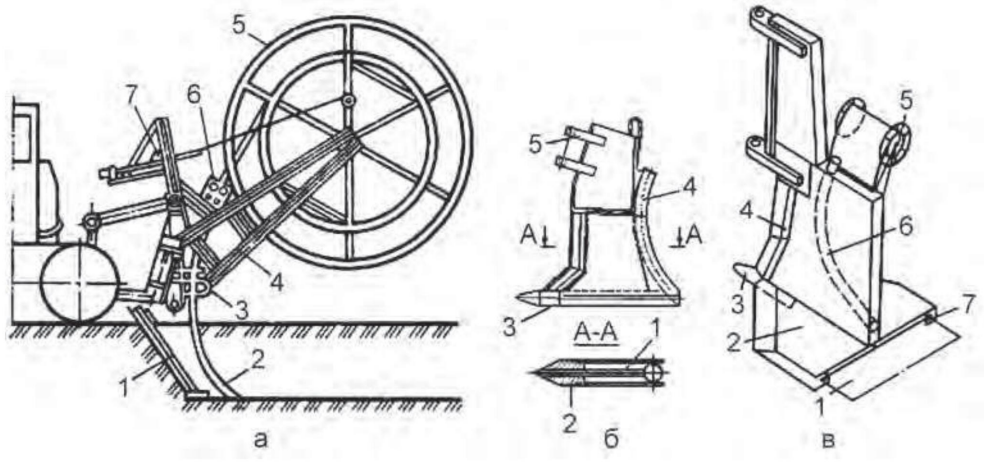


Рис. 10.4. Навесной бестраншейный трубоукладчик:
а – схема НБУ-ПТ: 1 – нож с дренером; 2 – направляющая труба; 3 – рама; 4 – ферма;
5 – катушка разъемная; 6 – перфоратор; 7 – тросогидравлический механизм;
б – рабочий орган НБУ-ПТ: 1 – основание; 2 – накладка; 3 – дренер; 4 – труба направляющая;
5 – шарнир; в – рабочий орган НБУ-ПТЭ: 1 – экран из полиэтиленовой пленки;
2, 4 – горизонтальный и вертикальный ножи; 3 – дренер; 5 – катушка для пленки;
6 – направляющая труба; 7 – пластина разделительная (формователь)

Увлажнители укладывают перфорацией вниз. Перфорацию выполняют с шагом 350 мм в виде щелей длиной 45 мм, шириной 2 мм с помощью пассивного или активного ножа (рис. 10.5). Перфоратор с пассивным ножом может быть применен только при укладке гладких полиэтиленовых труб-увлажнителей, с активным ножом в виде фрезы, вращающейся от гидромотора – на гладких и гофрированных трубах-увлажнителях.



Рис. 10.5. Перфоратор для полиэтиленовых труб:
а – перфоратор с ножевым рабочим органом на эксцентриковом механизме для гладких труб;
б – перфоратор с фрезерным рабочим органом и приводом от гидронасоса
на эксцентрике для гладких и гофрированных труб;
в – модернизированный перфоратор с фрезерным рабочим органом и приводом
от гидронасоса для гладких и гофрированных труб

Таблица 10.10

Техническая характеристика НБУ

	НБУ-ПТ	НБУ-ПТЭ
Тип	Навесной	
Класс агрегатируемого трактора, тс	6,0	6,0
Рабочая скорость, км/ч	2,4-4,0	2,4-4,0
Транспортная скорость, км/ч	6,45	
Производительность в час чистой работы, м	800	600
Дорожный просвет, мм	400	
Глубина закладки полиэтиленовых увлажнителей в почву, мм	450-600	450-600
Диаметр трубы-увлажнителя, мм	20-40	20-40
Толщина трубы-увлажнителя, мм	1,5-3,0	1,5-3,0
Шаг перфорации, мм	350	350
Ширина перфорации, мм	2,0-2,5	2,0-2,5
Длина перфорации, мм	45-50	45-50
Минимальное расстояние между увлажнителями, мм	1250	1250
Ширина полиэтиленового экрана, мм	-	700
Толщина пленки (экрана), мм	-	0,2
Управление машиной	Гидравлическое, с помощью рычагов тракторного распределителя	
Удельное давление на почву, кг/см^2	0,52	
Габаритные размеры без трактора, мм	3600х1195х х4550	3500х2100х х3000
Масса трубоукладчика, кг	930	1100
Численность обслуживающего персонала		
тракторист	1	1
на подсобных операциях	2	2

Увлажнители присоединяют с одной стороны к оросителю, с другой – к водоотводному аэрационному трубопроводу. Соединение выполняют различными способами (рис. 10.6): через соединительный штуцер или непосредственно в просверленное отверстие в трубопроводе. В зависимости от требуемого расстояния между увлажнителями, зависящего от орошаемой культуры и типа почвы, на 1 га расходуется от 2500 до 8000 м труб.

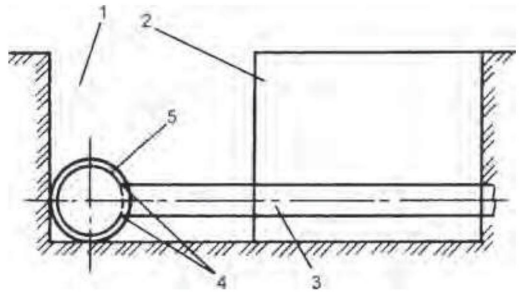


Рис. 10.6. Схема соединения оросительного и увлажнительного трубопроводов: 1 – траншея для укладки оросительного трубопровода; 2 – шурф для установки ножа трубоукладчика; 3 – полиэтиленовый увлажнитель; 4 – отверстие в асбестоцементном трубопроводе; 5 – асбестоцементный трубопровод

Кротовые увлажнители устраивают одновременно с закреплением растворами полимеров. Схема соединения кротовин с оросителем показана на рис. 10.7, а рабочий орган для устройства кротовин с креплением их растворами полимеров – на рис. 10.8.

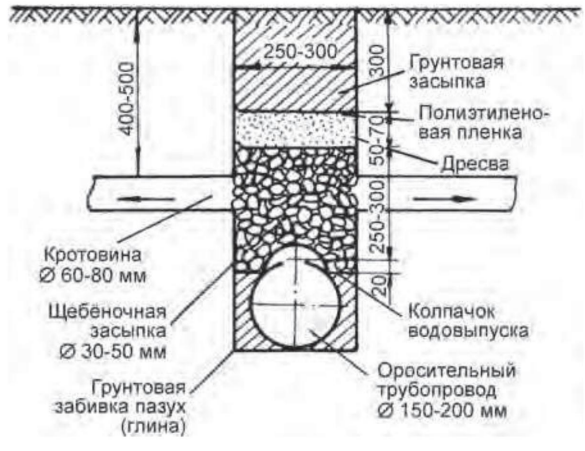


Рис. 10.7. Поперечный разрез траншеи оросительного трубопровода с пористой засыпкой

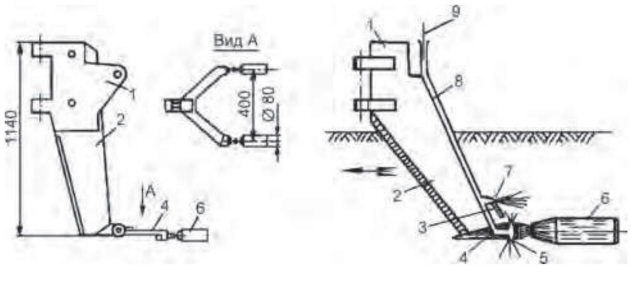


Рис. 10.8. Схемы рабочих органов кротователя КТД-0,45 для нарезки кротовых увлажнителей в грунтах при влажности не менее 21-30% и 15-21% от массы сухой почвы: 1 – серьга; 2 – нож; 3 – штанга закрытия щели; 4 – дренер; 5, 7 – форсунки; 6 – уширитель; 8 – трубка подачи крепителя; 9 – крепитель

Оросители выполняют из асбестоцементных или полиэтиленовых труб ∅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.

Техническая характеристика КТД-0,45

Агрегатирование	трактор К-701
Скорость, км/ч:	
рабочая	3-3,3
транспортная	6-8
Число рабочих органов (кротовин за один проход)	1 или 2
Глубина заложения кротовин, см	45-60
Расстояние между кротовинами, см	80-120
Влажность грунта при нарезке кротовин, %:	
для спаренного рабочего органа	21-30
для одинарного с внесением крепителя	15-21
Вместимость бака для раствора крепителя, л	1200
Рабочее давление в баке с крепителем, МПа	0,1-0,15
Марка крепителя	полиакриламид, препарат К-9
Расход раствора крепителя на 1 п.м., л	0,3-0,15
Сменная производительность, га	2-5
Дорожный просвет, мм	1000
Габаритные размеры	2080х2605х2290
Масса, кг	1000

Обслуживают два человека.

Перед нарезкой кротовых дрен кротователем КТД-0,45 необходимо установить влажность грунта на глубине 0,4-0,6 м, так как от исходной влажности зависят доза и концентрация раствора полимерного крепителя. В табл. 10.11 приведены градация влажности почвы, соответствующие дозы и концентрация полиакриламида или препарата К-9.

Таблица 10.11

Влажность почвы, дозы и концентрация полиакриламида или препарата К-9

Полимер	Доза, г/л			Концентрация (масса пасты полимера к массе раствора), %		
	исходная влажность почвы, % НВ					
	50-65	65-80	80-95	50-65	65-80	80-95
Полиакриламид	1-1,5	0,5-1,0	0,3-0,5	1,5-2,0	1,0-1,5	0,5-1,2
К-9	1,0-1,5	0,5-1,2	0,3-0,5	4-5	3-4	2-3

Используемые источники

10.1. Рекомендации по проектированию, строительству и эксплуатации систем внутрипочвенного орошения / А.Ф. Абрамов, И.В. Пак, С.В. Зайцева, А.И. Караваев и др. – Коломна: ВНПО «Радуга», 1986.

10.2. Оросительные системы с использованием животноводческих стоков. ВСН 33-2.2.01-85. Изд. офиц. – Москва, 1985.

10.3. **Шевцов Н.М.** Эффективность внутрипочвенной очистки и использования сточных вод и навоза в сельском хозяйстве. – ВНИИТЭИСХ, 1986.

10.4. **Гостищев Д.П., Ясониди О.Е., Мякотин.Г.Н.** и др. Изучение внутрипочвенного орошения природными, сточными водами и животноводческими стоками: метод. реком. – М.: ВАСХНИЛ, 1988.

10.5. **Терпигорев А.А., Грушин А.В., Жирнов А.Н.** Повышение санитарно-экологической безопасности орошаемых агроландшафтов: матер. региональной науч.-теорет. конф. «Проблемы и методы управления экономической безопасностью регионов». – Коломна: КГПИ, 2005.

10.6. **Терпигорев А.А., Грушин А.В., Жирнов А.Н.** Технологии малоинтенсивного орошения для устойчивости агроландшафтов / Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования. Т. 1.: матер. юбилейной Междунар. науч.-практ. конф. (Костяковские чтения). – М.: Изд. ВНИИА, 2007.

11. ГИДРОТЕХНИЧЕСКАЯ ТРУБОПРОВОДНАЯ АРМАТУРА И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ НА ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

В настоящем разделе рассматриваются вопросы применения на системах подачи и распределения воды комплекса гидротехнической трубопроводной арматуры, обеспечивающей ее надёжную работу при использовании экономичных, сравнительно низконапорных труб: асбестоцементных, стеклопластиковых, пластмассовых, стальных с защитными покрытиями и др.

Выбор типа и параметров трубопроводной арматуры производится в зависимости от схемы водоподачи, используемой поливной техники и насосного оборудования.

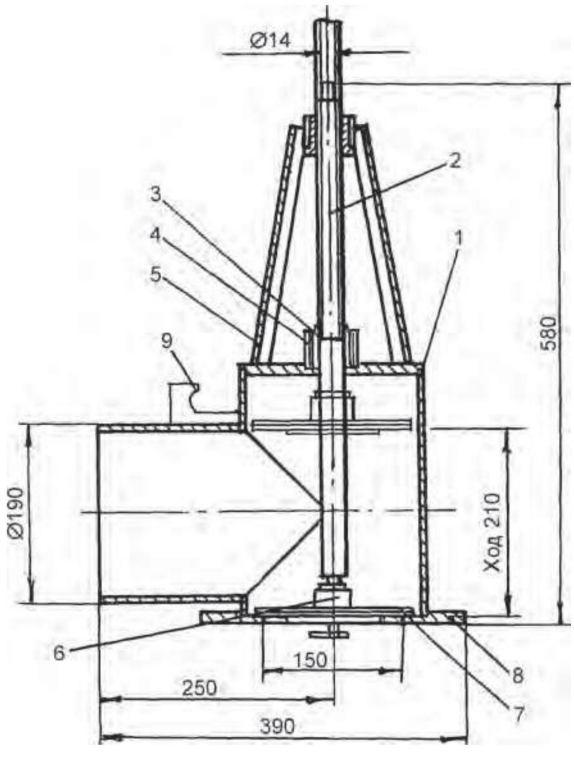
Назначение и типы трубопроводной арматуры

По назначению трубопроводная арматура для закрытых оросительных сетей подразделяется на следующие типы:

- запорная – для включения и отключения насосов, трубопроводов и поливной техники;
- запорно-предохранительная – для предотвращения обратного потока при отключении насосов;
- регулирующая – для поддержания заданного давления в трубопроводе, перед дождевальными машинами, в диктующих точках оросительной сети и на выходе насосной станции;
- аэрационная – для удаления и впуска воздуха из трубопровода;
- предохранительная – для предотвращения повышения давления в сети сверх определенного предела.

11.1. Запорная арматура

Гидрант ДМ ДДН-70



Назначение

Предназначен для подсоединения дождевальных машин ДДН-70 к закрытой оросительной сети.

Устройство

Гидрант устанавливается на фланце закрытой оросительной сети.

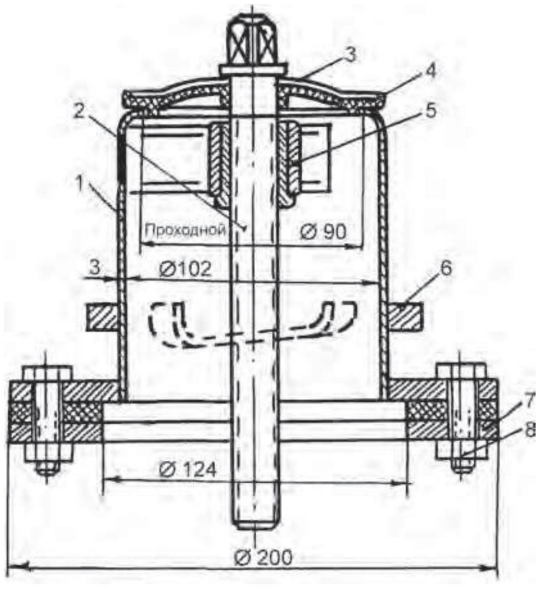
Состоит из сварного корпуса *1*, винта *2*, направляющей втулки *3*, винтового крепления *4*, стоек *5*, шарнира *6*, тарели *7*, фланца *8*, зацепа *9*.

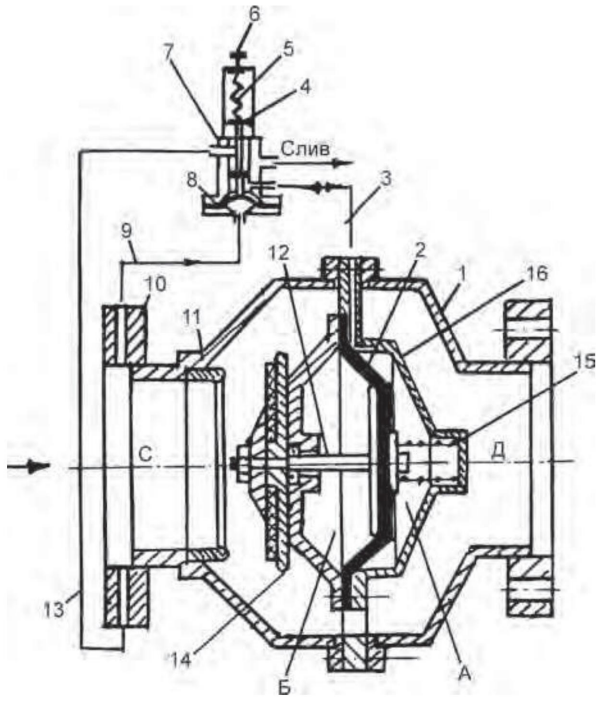
Принцип действия

Присоединительный шланг ДЦН-70 насаживается на патрубок и кольцом закрепляется на зацепе *9*.

При вращении винта *2* поднимается тарель *7* и открывается проходное сечение гидранта – вода поступает в дождевальную машину. После выдачи поливной нормы вращением винта тарель перекрывает проходное сечение гидранта, снимается присоединительный шланг и осуществляется переезд к следующему гидранту.

Гидрант ДМ «Волжанка»





Назначение

Предназначен для подсоединения ДМ «Волжанка» к закрытой оросительной сети.

Устройство

Состоит из корпуса *1*, винта *2*, на котором жестко закреплены крышка *3* и резиновое уплотнение *4*. К корпусу *1* прикреплена втулка *5* и приварены зацепы *6*. Крепление гидранта к фланцу *7* оросительной сети осуществляется с помощью болтов *8*.

Принцип действия

Для подсоединения к гидранту колонка ДМ «Волжанка» закрепляется с помощью зацепов *6*, при вращении винта *2* открывается проходное сечение гидранта и вода поступает в присоединенную колонку ДМ «Волжанка».

После выдачи поливной нормы вращением винта *2* совместно с крышкой *3* и уплотнением *4* перекрывается проходное сечение гидранта, снимается коленка машины и осуществляется переезд к следующему гидранту.

Устройство запорное автоматическое $Д_у$ 100 мм, $Р_у$ 1,6 МПа

Назначение

Предназначено для предотвращения непроизводительных сбросов из оросительной сети и систем сельхозводоснабжения при прекращении электропитания насосных станций. Может использоваться в качестве клапана для предотвращения обратного потока воды из расположенных выше трубопроводов.

Устройство

Состоит из корпуса *1* с входным «С» и выходным «Д» патрубками, мембранного гидравлического привода *16*, запорного клапана *14*, управляющего датчика *7* и соединительных трубок *3, 9, 13*. Входной патрубок имеет фланец *10*, седло *11*, а также отверстия для отбора давления.

Мембранный гидравлический привод *16* включает в себя мембрану *2*, шток *12*, запорный клапан *14*, пружины *15*.

Направляющий датчик *7* состоит из корпуса, золотника *4*, пружины *5*, мембраны *8*, регулировочного болта *6*.

Принцип действия

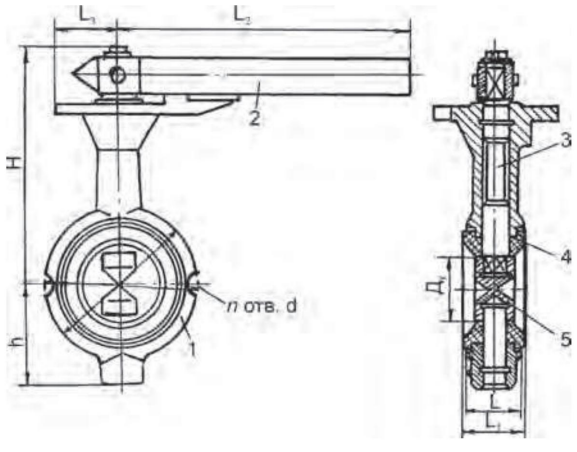
При подаче воды в оросительный трубопровод она поступает во входной патрубок «С». Под действием давления на запорный клапан *14* преодолевается сопротивление пружины *15*, а также по линии связи *13* оно воздействует на мембрану *8*, перемещает золотник *4* и сообщает полость «А» мембранного гидравлического привода *16* со сливом, происходит открытие клапана *14*. При снижении давления (в зависимости от величины настройки управляющего датчика) в трубопроводе золотник *4* перемещается в исходное положение, и вода по линии связи *3* поступает в мембранную полость «А».

Под действием давления на мембрану *2* и усилия пружины *15* запорный клапан *14* перекрывает входной патрубок «С». При увеличении давления циклы повторяются.

Техническая характеристика

Условный проход, мм	100
Условное давление, МПа	1,6
Рабочая среда	вода
Средний ресурс, циклы	20000
Коэффициент гидравлического сопротивления в положении полного открытия	0,4
Диапазон регулирования, МПа	0,2-0,6
Точность регулирования, %	5-7
Герметичность	Ш класс (ГОСТ 9544-85)
Срок службы, годы	10
Габаритные размеры, мм	245х375х290
Масса, кг	18

Затвор поворотный с рукояткой $Д_у$ 50-100 мм, $Р_у$ 1,0 МПа (ЗП-1,0)



Назначение

Затвор поворотный с уплотнением по корпусу с ручным приводом от рукоятки с защелкой предназначен для установки в качестве запорного и дросселирующего устройства на трубопроводах систем мелиорации и водоснабжения.

Устройство

Состоит из корпуса *1* с резиновой уплотнительной муфтой *4*, диска *5*, вала *3*, рукоятки с защелкой *2*.

Принцип действия

Работа затвора осуществляется следующим образом: диск, жестко закрепленный на валу *3*, при повороте рукоятки *2*, поворачивается на 90°, открывая или закрывая проходное отверстие.

Техническая характеристика

Условный диаметр, мм	50 80 100
Условное давление, МПа	1
Установочное положение	любое
Герметичность	Ш класс ГОСТ 9544-75

Таблица 11.1

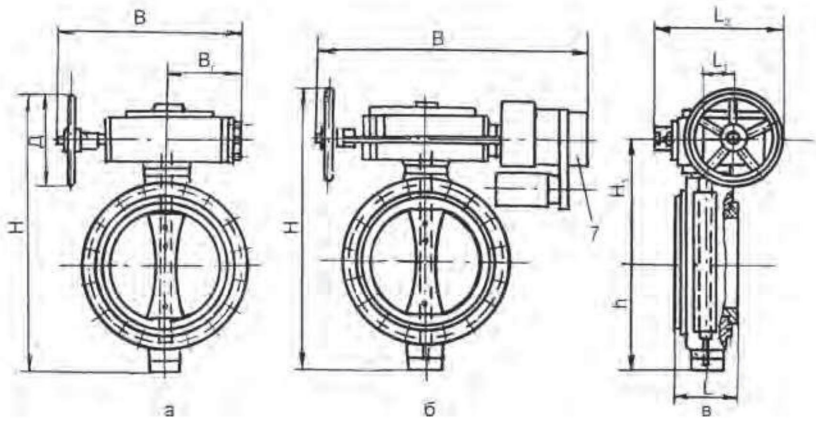
Основные габаритные, присоединительные размеры, мм

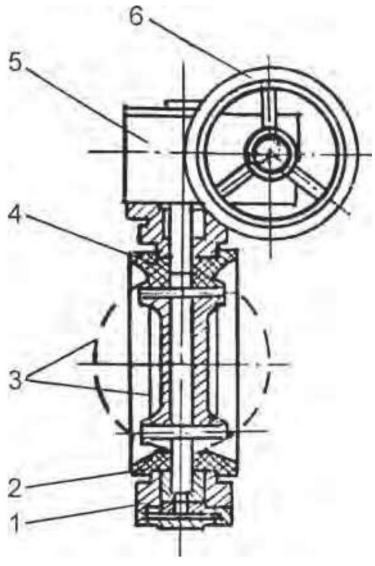
D_y	D	D_1	L	L_1	L_2	L_3	H	h	Масса, кг
50	107	100	32	34	170	12,5	143	66	2,3
80	142	135	32	34	170	12,5	158	70	3,0
100	152	145	52	55	288	17	200	85	5,8

Затворы поворотные с уплотнением по корпусу с ручным приводом и электроприводами $Д_у$ 100-400 мм, $Р_у$ 1,0 МПа (ЗПР-1,0, ЗП3-1,0)

Назначение

Предназначены для установки в качестве запорных и дросселирующих устройств на трубопроводах систем мелиорации, водоснабжения, гидротехнических сооружений и на сточных водах, не содержащих волокнистых загрязнений и включений размером более 0,1 Ду.





г

Управление затворами производится вручную (см. рисунок, а) и от электропривода (см. рисунок, б). Затвор с ручным приводом имеет два исполнения: с рычажно-винтовым редуктором (см. рисунок, а), с червячным (см. рисунок, в).

Устройство

Затвор состоит (см. рисунок, г) из корпуса *1* с резиновой уплотнительной муфтой *2*, диска *3*, предназначенного для перекрытия потока и закрепленного на приводном валу *4*, редуктора *5*, маховика *6* и электропривода *7* (для затвора с электроприводом).

Принцип действия

Диск *3*, жестко закрепленный на валу *4*, при вращении маховика *6* поворачивается на 90°, открывая или закрывая проходное сечение. У затворов с электроприводом поворот диска может производиться автоматически от электропривода *7* или вручную от вращения маховика *6*.

Герметичность затвора в закрытом положении обеспечивается за счет упругой деформации резиновой муфты.

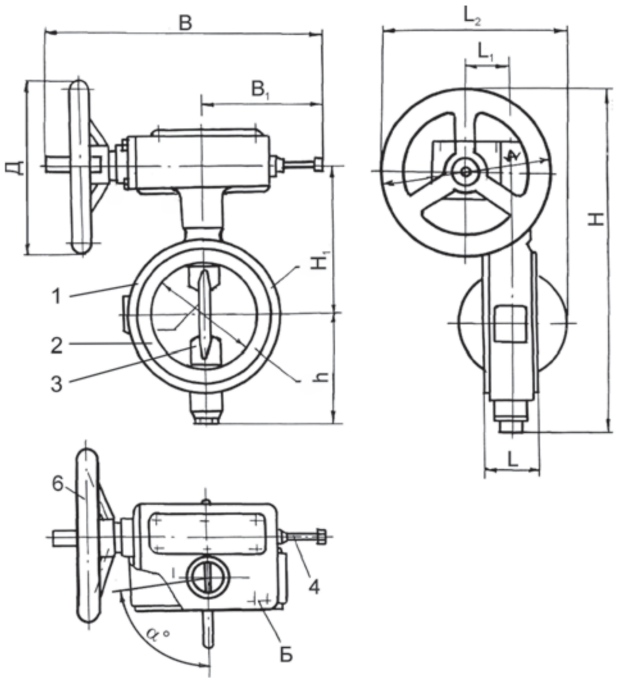
Техническая характеристика

Условный диаметр, мм	100 150 200 300 400
Условное давление, МПа	1,0
Усилие на штурвале редуктора (не более), Н	80
Время полного открытия и закрытия затвора, мин	2-3
Установочное положение	любое
Герметичность	Ш класс ГОСТ 9544-75
Затворы относятся к классу ремонтируемых изделий	
Средняя наработка, циклы:	
до первого отказа, не менее	1000
до списания (с учетом ремонта)	12000

Основные габариты, присоединительные размеры, мм

Ду	Управление	$Д_1$	B	L	L_1	L_2	H	H_1	h	Масса, кг
100	От червячного редуктора	200	325	52	84	284	423	195	98	24
150	От червячного редуктора	200	325	62	84	284	481	232	148	30
	От рычажно-винтового редуктора	200	388	62	80	250	513	264	148	47,5
200	От червячного редуктора	200	335	90	80	260	580	255	225	40,9
	От рычажно-винтового редуктора	200	388	90	80	250	620	295	225	57,0
390	От червячного редуктора	400	600	100	188	673	860	365	295	121,0
	От рычажно-винтового редуктора	320	585	100	100	372	830	375	295	158,0
	От электропривода	320	930	100	100	372	830	375	295	295,0
400	От червячного редуктора	400	600	100	188	673	990	430	360	130,0
	От рычажно-винтового редуктора	320	585	100	100	372	960	440	360	167,0
	От электропривода	320	930	100	100	372	960	440	360	185,0

Затворы поворотные с уплотнением по корпусу с ручным (рычажно-винтовым) приводом $Д_у$ 100-300 мм, $Р_у$ 1,6 МПа (ЗПРЛ-1,6, ЗПРС-1,6)



Установочное положение	любое
Герметичность	Ш класс ГОСТ 9544-75
Затворы относятся к классу ремонтируемых изделий	
Срок службы до списания годы, не менее	10
Средняя наработка, циклы:	
до первого отказа, не менее	1000
до списания (с учетом ремонта)	12000

Основные габариты, присоединительные размеры в литом исполнении, мм

$D_у$	D	L	L_1	L_2	H	H_1	h	Масса, кг
100	180	52	45	190	360	150	120	18
150	200	62	50	230	473	190	183	27
200	220	95	60	276	590	179	201	44,7
300	250	100	90	372	810	431	254	86,3

Основные габариты, присоединительные размеры в сварном исполнении, мм

$D_у$	D	L	L_1	L_2	H	H_1	h	Масса, кг
100	180	52	45	190	354	150	114	10
150	200	62	50	227	440	184	156	12
200	220	95	60	276	550	248	192	28,2
300	250	100	90	370	700	331	244	63,5

Назначение

Предназначены для установки в качестве запорных и дросселирующих устройств на трубопроводах систем мелиорации, водоснабжения, гидротехнических сооружений и на сточных водах, не содержащих волокнистых загрязнений.

Устройство

Затвор состоит из корпуса *1* с резиновой уплотнительной муфтой *2*, диска *3*, предназначенного для перекрытия потока и закрепленного на приводном валу *4*, редуктора *5*, маховика *6*.

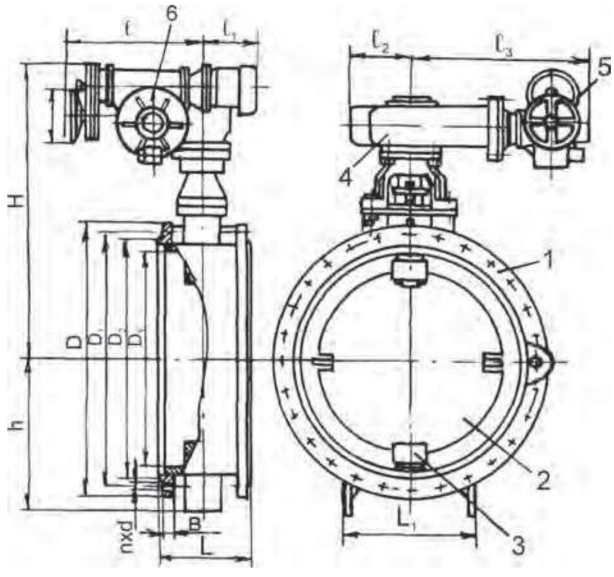
Принцип действия

Диск *3*, жестко закрепленный на валу *4*, при вращении маховика *6* поворачивается на 90°, открывая или закрывая проходное сечение. Герметичность затвора в закрытом положении обеспечивается за счет упругой деформации резиновой муфты.

Техническая характеристика

Условный диаметр, мм	100	150	200 300
Условное давление, МПа		1,6	
Усилие на штурвале редуктора (не более), Н		150	
Время полного открытия и закрытия затвора, мин		2-3	

Затворы поворотные фланцевые с уплотнением по диску с электроприводом Ду 500-800 мм Ру 1,0 МПа (К399083)



Назначение

Предназначены для установки в качестве запорных устройств на трубопроводах в насосных

станциях, на магистральных трубопроводах. Управление затворами производится как от электропривода, так и вручную (вращением маховика).

Устройство

Затвор состоит из корпуса *1*, диска с уплотнением *2*, предназначенного для перекрытия потока и закрепленного на приводном валу *3*, редуктора *4*, маховика *5*, электропривода *6*.

Принцип действия

Диск *2*, жестко закрепленный на валу *3*, при вращении маховика или включении электропривода *6* поворачивается на 90°, открывая или закрывая проходное сечение. Герметичность затвора в закрытом положении обеспечивается за счет уплотнения в затворе – диск с резиновым кольцом, укрепленным прижимной планкой в канавке диска. Уплотнение – сальниковое.

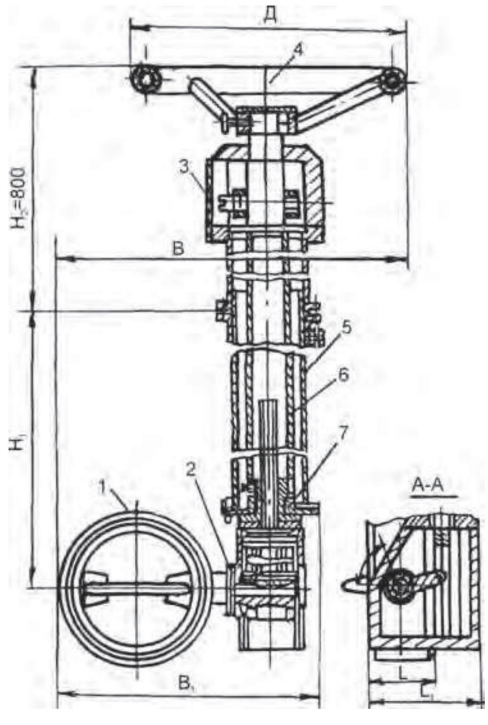
Техническая характеристика

Условный диаметр, мм	500 600 800
Условное давление, МПа	1,0
Установочное положение	электроприводом вверх
Герметичность	Ш класс ГОСТ 9544-75
Затворы относятся к классу ремонтируемых изделий	
Средняя наработка, циклы:	
до первого отказа, не менее	1000
до списания (с учетом ремонта)	12000

Основные габариты, присоединительные размеры, мм

D_y	L	L_1	Д	$Д_1$	$Д_2$	B	H	L	L_1	L_2	$Д_м$	d	n	Масса
500	275	405	670	620	585	28	545	390	1010	530	450	26	20	499
600	300	445	780	725	685	38	650	390	1050	545	450	30	20	675
800	350	520	1010	950	905	45	760	425	1180	570	450	33	24	1110

Затворы поворотные с колонкой управления $Д_у$ 150-300 мм, $Р_у$ 1,6 МПа (ЗПД-1,6)



Назначение

Затворы поворотные с колонкой управления (бесколодезная установка) предназначены для установки на трубопроводах в грунте без устройства колодца или в насосных станциях для управления с верхних этажей.

Устройство

Затвор включает в себя затвор дисковый *1* с рычажно-винтовым редуктором *2*, колонки управления *3*. Колонка управления *3* состоит из маховика *4*, корпуса *5*, соединительной штанги *6*, переходника *7*.

Принцип действия

Вращением маховика *4* усилие через соединительную штангу 6 и переходник *7* передается на рычажно-винтовой редуктор *2*, который осуществляет открытие или закрытие затвора *1*.

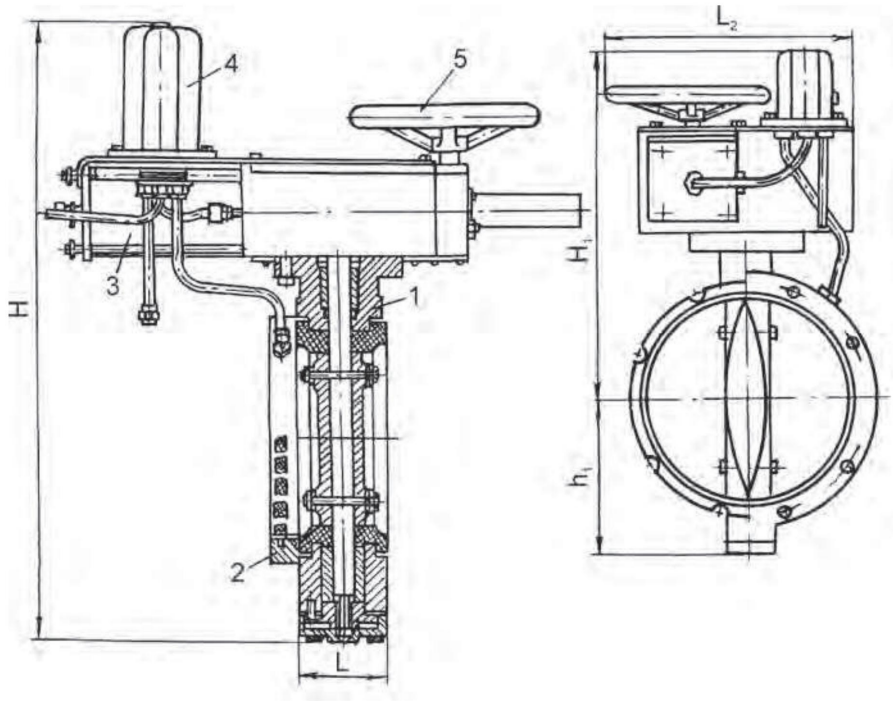
Техническая характеристика

Условный диаметр, мм	150 200 300
Условное давление, МПа	1,6
Усилие на штурвале редуктора (не более), Н	640
Время полного открытия и закрытия затвора, мин	2-3

Основные габаритные, присоединительные размеры, мм

$Д_у$	Д	H_1	B	B_1	L	L_1	Масса, кг
150	200	1000-1800	475	420	62	130	61
200	280	1000-1800	580	490	90	145	85
300	360	1000-1800	760	670	100	205	123

Затворы поворотные с уплотнением по корпусу с программированным гидроприводом $Д_у$ 150-300 мм, $Р_у$ 1,2 МПа (ЗПГ-1,2)



Назначение

Предназначены для аварийной защиты дождевальных машин, а также для установки в качестве запорных и дросселирующих устройств на трубопроводах систем орошения и водоснабжения.

Устройство

Затвор поворотный с гидравлическим приводом состоит из затвора *1*, фильтра *2*, гидравлического привода *3*, управляющего органа *4* (ЭГРМ или КЭГ гидропереключатель), механизма ручного управления *5*.

Принцип действия

Вода из напорного трубопровода через фильтр *2* попадает в управляющий орган *4*, откуда по трубкам в соответствующую полость цилиндра на открытие или закрытие затвора, другая полость сообщается с атмосферой.

Закрытие и открытие затворов вручную осуществляется механизмом ручного управления, при этом переключатель управляющего органа устанавливается в положение «открыто» или «закрыто».

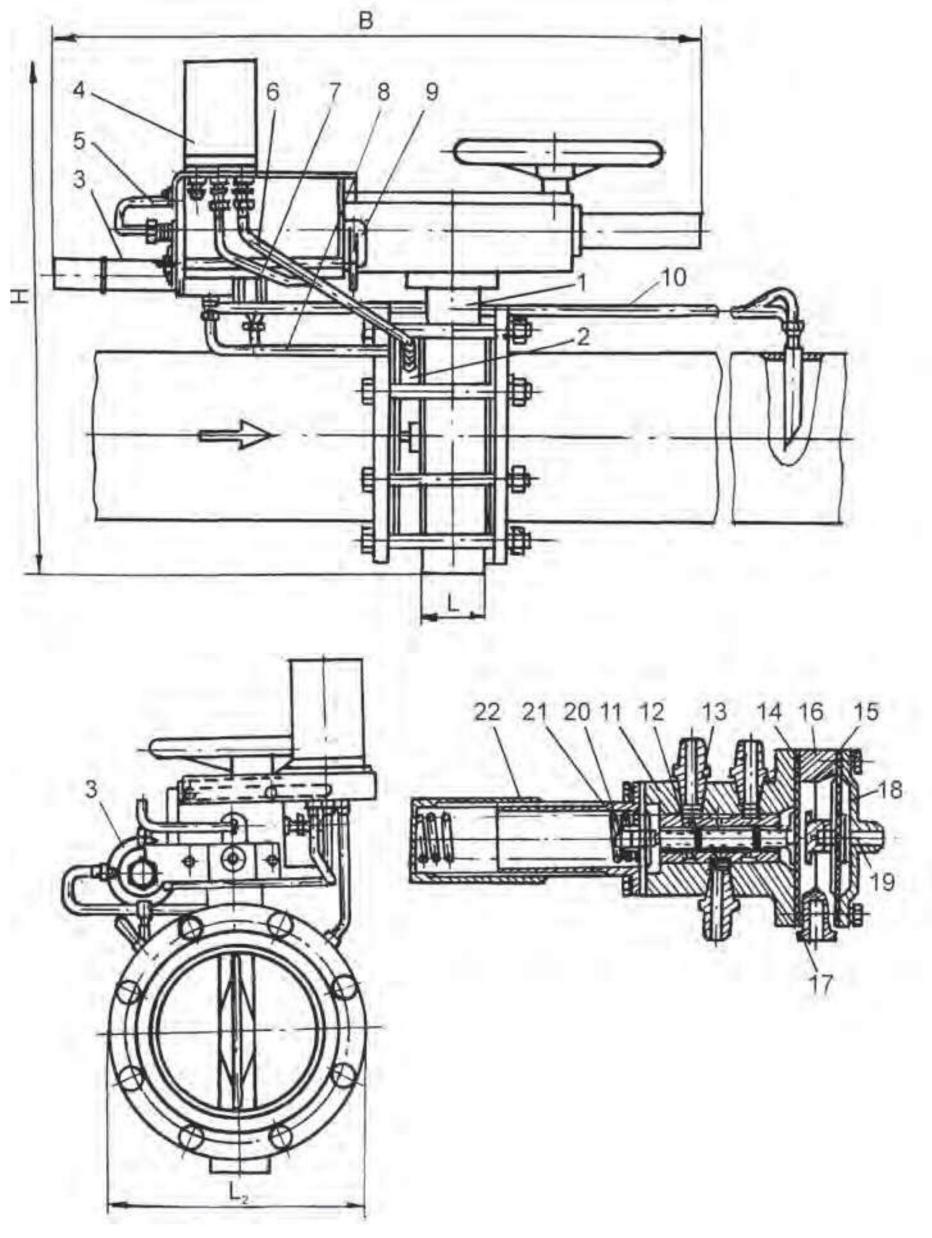
Техническая характеристика

Условный диаметр, мм	150 200 300
Условное давление, МПа	1,2
Минимальное давление, необходимое для управления затворами, МПа	0;3
Время закрытия, с[x]: от гидропривода при давлении в трубопроводе:	
0,3 МПа	120 130 150
1,2 МПа	60 80 90
Управление в зависимости от варианта исполнения	ЭГРМ-2, КЭГ, гидравлический переключатель
Затворы относятся к классу ремонтируемых изделий	
Средняя наработка, циклы:	
до первого отказа, не менее	1000
до списания (с учетом ремонта)	12000

Основные габаритные, присоединительные размеры, мм

$Д_у$	H	H_1	B	L	L_2	2	Масса, кг
150	450	240	149	730	62	280	48,8
200	690	260	225	730	90	335	64,0
300	730	360	295	930	100	420	124,0

Регуляторы давления на базе поворотного затвора с гидроприводом $Д_у$ 150-300 мм, $Р_у$ 1,2 МПа (РДЗ)



Назначение

Предназначены для автоматического поддержания заданного давления «после себя» или «до себя». Применяются на трубопроводах как регулирующее и запорное устройство, а также для аварийной защиты дождевальных машин.

Устройство

Регулятор давления на базе поворотного затвора с гидроприводом состоит из следующих узлов и деталей: затвора с гидроприводом *1* (смотри описание поворотного затвора с гидроприводом), фильтра *2*, регулирующего клапана *3*, управляющего органа (ЭГРМ, КЭГ) *4*, соединительных трубок *5,6,7,8, 9,10*.

Регулирующий клапан 3 включает в себя корпус *11* с запрессованной бронзовой втулкой *12*, плунжер *13*, мембрану *14* и *15*, проставочное кольцо *16* со штуцером *17* и фланец *18* со штуцером *19*. С другой стороны к корпусу прикреплен стакан *20*, внутри которого расположена пружина *21*. Настройка на заданное давление производится колпаком *22*.

Принцип действия

Работа в режиме регулятора

Регулирующий клапан *3* с помощью пружины *21* и колпака *22* настраивается на поддержание требуемого давления за затвором (0,3 до 1,2 МПа). При повышении давления за затвором оно передается мембране *14* и связанному с ней плунжеру *13*, который перемещается влево относительно среднего положения. Вода по трубке *9* поступает в поршневую полость гидроцилиндра, а другая полость сообщается с атмосферой. Затвор прикрывается. При снижении давления пружина *21* в регулирующем клапане *3* перемещает плунжер *13* вправо. При этом штоковая полость сообщается с атмосферой, а в другую полость гидропривода по трубке *5* передается давление. Затвор открывается. При применении затвора как регулятора давления «до себя» подача давления к штуцеру *17* по трубке *10* производится до затвора.

Работа в режиме запорного органа

Закрытие затвора производится посредством электрического реле (ЭГРМ-2, КЭГа) или установкой переключателя ручного управления в положение «закрыто», а также от маховика редуктора.

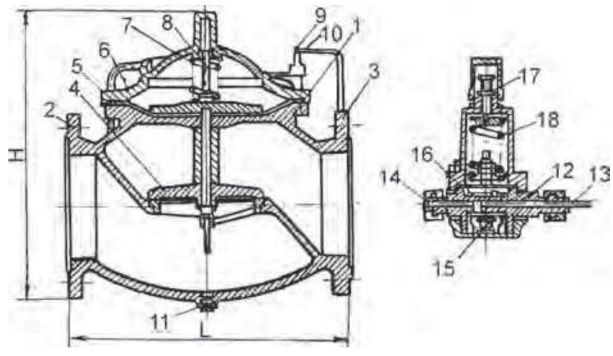
Техническая характеристика

Условный диаметр, мм	150 200 300
Условное давление, МПа	1,2
Диапазон регулирования, МПа	0,3-1,1
Минимальное давление, при котором работает регулятор, МПа	0,03 0,03 0,03
Точность регулирования, %	± 5
Коэффициент гидравлического сопротивления в положении полного открытия	0,4 0,36 0,37
Герметичность	по Ш классу ГОСТ 9544-75
Ручной дублер	маховик редукторный или переключатель ручного управления ЭГШ-2
Время закрытия, с	60-120 80-130 90-150

Основные габаритные, присоединительные размеры, мм

$Д_у$	B	L	L_2	H	Масса, кг
150	810	62	385	550	59,3
200	830	90	395	655	78,2
300	1030	100	500	830	124

Регуляторы давления марки РД $Д_у$ 150, 200, $Р_у$ 1,6 МПа



Назначение

Предназначены для поддержания заданного давления «после себя». Применяются на трубопроводах и на входе перед дождевальными машинами.

Устройство

Регулятор давления состоит из корпуса *1* с входным и выходным *3* патрубками, запорного органа *4*, мембраны *5*, крышки управляющей камеры *6*, пружины *7*, штока *8*, клапана-пилота *9*, соединительных трубок *10*, сливной пробки *11*. Клапан-пилот 9 включает в себя корпус *12* с входным *13* и выходным *14* патрубками, регулирующий клапан *15*, мембрану *16*, регулировочный болт *17*, пружину *18*.

Принцип действия

При подаче давления в трубопровод вода поступает во входной патрубок регулятора, приподнимает запорный орган и поступает в трубопровод за ним. Одновременно по соединительной трубке давление поступает в управляющую камеру, а затем через клапан-пилот в выходной патрубок.

При повышении давления за регулятором выше заданного мембрана *16* клапана *9*, преодолевая сопротивление пружины *18*, перемещает регулирующий клапан и перекрывает выходной патрубок клапана-пилота. Поступающая в рабочую камеру вода, воздействуя на мембрану *5*, перемещает запорный орган до тех пор, пока давление за регулятором не будет равным рабочему. При снижении давления в трубопроводе за регулятором пружина *18* воздействует на мембрану *16* и на соединенный с ней регулирующий клапан *15*, который открывает клапан-пилот, и вода из рабочей камеры поступает в выходной патрубок *3*, запорный орган перемещается в положение «открыто».

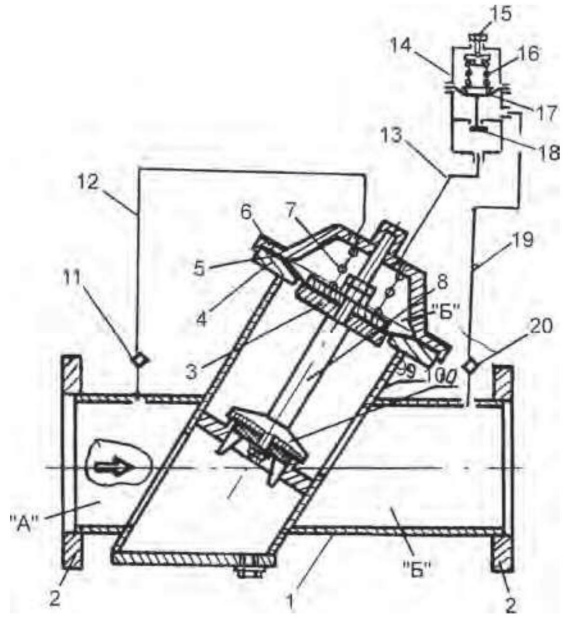
Техническая характеристика

Условный диаметр, мм	150 200
Условное давление, МПа	1,6
Диапазон регулирования, МПа	0,4-1,2
Минимальное давление, при котором работает регулятор, МПа	0,4
Точность регулирования, не более	10
Коэффициент гидравлического сопротивления в положении полного открытия	13
Герметичность	не обеспечивается
Ручной дублер	отсутствует

Основные габаритные, присоединительные размеры, мм

$Д_у$	L	B	H	Масса, кг
150	436	490	465	94
200	548	565	570	133

Регулятор давления $Д_у$ 50 мм, $Р_у$ 1,6 МПа



Назначение

Регулятор давления Ду 50 мм Ру 1,6 МПа предназначен для поддержания заданного давления в трубопроводах занятых оросительных систем и систем сельскохозяйственного водоснабжения, а также может бытъ использован для предотвращения обратного потока при отключении скважинных насосов и автоматического сброса воды при авариях трубопровода.

Устройство

Регулятор давления состоит из корпуса *1* с входным *А* и выходным *В* патрубками и фланцами 2, мембранного привода *3*, клапана-пилота *14*. На входном и выходном патрубках имеются дроссели *11* и *20*.

Мембранный привод *3* включает в себя верхнюю крышку *6*, пружину *7*, мембрану *Б*, нижнюю крышку *4*, шток *8*, корпус *9*, запорный диск *10*.

Клапан-пилот *14* состоит из корпуса, регулировочного болта *15*, пружины *16*, мембраны *17*, тарели *18*.

Принцип действия

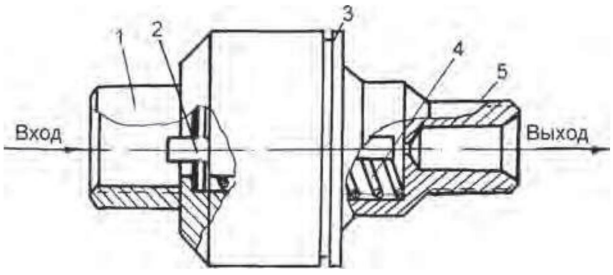
При включении насоса и под действием развиваемого им давления вода поступает во входной патрубок *А*, поднимает запорный диск *10*, воздействуя на шток *8*, мембрану *5* и, преодолевая сопротивление пружин *7*, открывает проходное сечение регулятора. Одновременно по линии связи *12* поступающая в верхнюю полость *Б* мембранного привода *3* вода сбрасывается через клапан-пилот *14* по линиям связи *13* и *19* в выходной патрубок *В*.

При повышении давления после регулятора вода воздействует на мембрану *17* клапана-пилота, которая, преодолевая сопротивление пружины *16*, приподнимает тарель *18* и перекрывает выходной патрубок клапана-пилота. Поступающая в рабочую камеру *Б* вода воздействует на мембрану *5*, шток *8* перемещает запорный диск *10* до тех пор, пока давление за устройством не будет равным настроечному. При восстановлении давления пружина *16*, воздействуя на мембрану *17* и соединенную с ней тарель *18*, открывает выходной патрубок клапана-пилота *14*, и вода из рабочей камеры *Б* поступает в выходной патрубок *В*. Запорный диск *10* перемещается в положение «открыто». При изменении давления циклы повторяются.

Техническая характеристика

Условный проход, мм	50
Условное давление, МПа	1,6
Рабочая среда	вода
Средний ресурс, циклы	10000
Коэффициент гидравлического сопротивления в положении полного открытия	15
Диапазон регулирования давления, МПа	0,3-1
Точность регулирования, %	5-7
Срок службы, годы	10
Герметичность	III класс (ГОСТ 9544-92)
Габаритные размеры, мм	245x140x390
Масса, кг	20

Ограничитель расхода (зональный)



Назначение

Предназначен для стабилизации расхода воды в трубопроводных сетях при изменении давления как «до себя» так и «после себя». Может применяться в системах теплоснабжения жилых массивов производственных объектов промышленного и сельскохозяйственного назначения и др.; на оросительной системе, предназначенной для обслуживания нескольких фермерских хозяйств. Применение ограничителя расхода позволит реализовать принцип подачи оросительной воды потребителям «по требованию» и при этом обеспечить работу поливной техники в паспортном режиме.

Устройство

Ограничитель расхода состоит из корпуса *1*, штока с мембраной и дросселем *2*, регулировочной шайбы *3*, пружины *4*, корпуса дросселя *5*.

Принцип действия

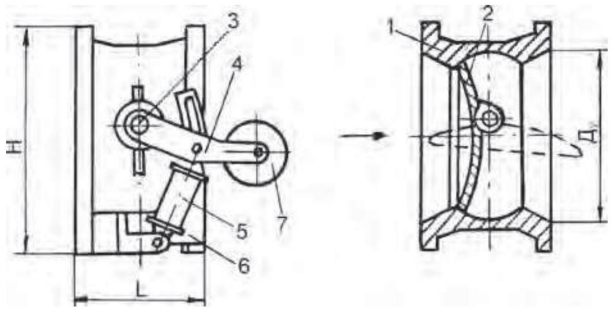
Принцип действия ограничителя расхода основан на автоматическом ограничении расхода протекания жидкости до определенной величины при изменении давления и расхода в подводящем трубопроводе на входе.

Техническая характеристика

Условный проход, мм	15	20
Условное давление, МПа	0,2	-1,2
Ограничение расхода, л/с	1,0	1,5
Габаритные размеры, мм	90х50	95х75
Масса, кг	0,3	0,45

11.3. Запорно-предохранительная арматура

Клапан обратный поворотный с регулируемым закрытием и открытием $Д_у$ 300, $Р_у$ 1,6 МПа



Назначение

Предназначен для безударного отключения трубопроводов при возникновении обратного потока и для установки на автоматизированных насосных станциях, предусматривающих пуск и остановку агрегатов на закрытый запорный орган.

Устройство

Обратный клапан с регулируемым закрытием состоит из следующих деталей: корпуса *1*, диска *2*, вала *3*, рычага-противовеса *4*, гидроцилиндра-демпфера *5*, кронштейна *6*, противовеса *7*.

Принцип действия

При работе насоса под действием потока воды диск с рычагом поворачивается вокруг вала на 85° и клапан открывается. При включении насосного агрегата, закрытие клапана первых 57°-63° происходит быстро под воздействием массы диска и обратного потока, а последние 22°-28° – замедленно. Торможение диска осуществляется демпфером, в котором масло под давлением от поршня перетекает через дроссельные отверстия из одной полости в другую.

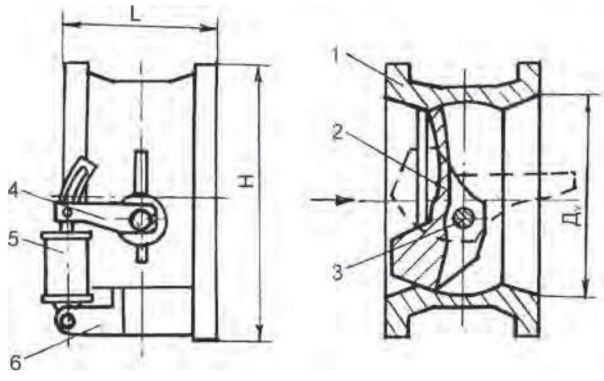
Техническая характеристика

Условный проход, мм	300
Условное давление, МПа	1,6
Время закрытия, с:	
ускоренное (от полного открытия клапана до 20-30°)	0,5-1,0
замедленное (от 20-30° до полного закрытия)	10-50

Основные габаритные, присоединительные размеры, мм

$Д_у$	L	H	B	Масса, кг
300	230	460	640	155

Клапаны обратные с регулируемым закрытием и открытием $Д_у$ 400-1000 мм, $Р_у$ 1,6 МПа (КОР-1,6)



Назначение

Предназначены для безударного отключения трубопроводов при возникновении обратного потока и для установки на автоматизированных насосных станциях, предусматривающих пуск и остановку агрегатов на открытый запорный орган.

Устройство

Обратный клапан с регулируемым закрытием состоит из корпуса *1*, диска *2*, вала *3*, рычага диска *4*, гидроцилиндра-демпфера *5*, кронштейна *6*.

Принцип действия

При работе насоса под действием потока воды диск с рычагом поворачивается вокруг вала на 85° и клапан открывается. При выключении насосного агрегата закрытие клапана первые 57°-63° происходит быстро под воздействием массы диска и обратного потока, а последние 22°-28° – замедленно. Торможение диска осуществляется демпфером, в котором масло под давлением от поршня перетекает через дроссельные отверстия из одной полости в другую.

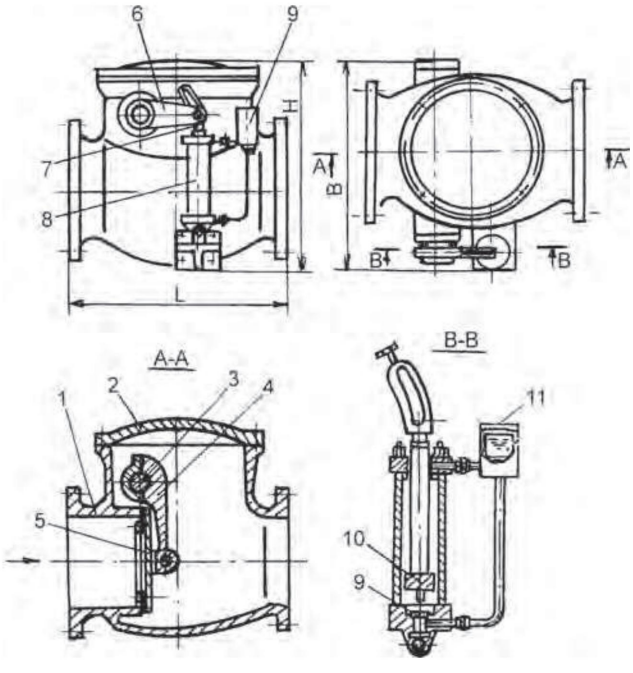
Техническая характеристика

Условный проход, мм	400 500 600 800 1000
Условное давление, МПа	1,6
Время закрытия, с:	
ускоренное (от полного открытия клапана до 22°-28°)	0,5-1
замедленное (от 22°-28° до полного закрытия)	10-60
Максимально допустимый перепад давления на диске клапана при демпфировании, МПа	1,2
Минимальное давление, гарантиирующее герметичное закрытие клапана, МПа	0,05

Основные габаритные, присоединительные размеры, мм

$Д_у$	L	H	B	Масса, кг
400	270	585	940	187
500	320	693	960	440
600	360	780	1100	630
800	460	1060	1480	1270
1000	600	1357	1800	1580

Клапаны обратные поворотные с регулируемым закрытием $Д_у$ 200, 250 мм, $Р_у$ 1,6 МПа (КОР-1,6)



Назначение

Предназначены для безударного отключения трубопроводов при возникновении обратного потока воды и для установки на автоматизированных насосных станциях, предусматривающих пуск и остановку агрегатов на открытый запорный орган.

Устройство

Клапан обратный с регулируемым закрытием состоит из корпуса *1*, крышки *2*, вала *3*, рычага *4* с диском *5*, внешнего рычага *6*, штока *7*, гидроцилиндра-демпфера *8*, дросселя *9*, поршня *10*, бачка компенсирования утечек *11*.

Принцип действия

При прямом потоке воды диск с рычагом поворачивается вокруг вала на 65°, и клапан открывается.

При включении насоса закрытие клапана первые 25-45° происходит быстро под воздействием

массы диска и обратного потока, а последующие 20-40° – замедленно. Торможение осуществляется демпфером, в котором масло под давлением от поршня перетекает через дроссель из одной полости в другую.

Техническая характеристика

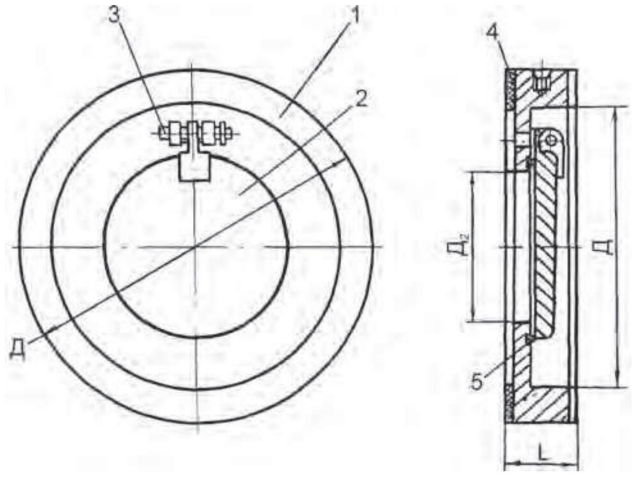
Условный проход, мм	200 250
Условное давление, МПа	1,6
Регулирование*	четырехступенчатое
Время закрытия, с:	
ускоренное (от полного открытия клапана до 20-40°)	0,2-0,4
замедленное (от 20-40° до 10°)	10-25
(от 10° до полного закрытия)	4-20

*От 60° до 40° – I ступ.; от 40° до 20° – 2 ступ.; от 20° до 10° – 3 ступ.; от 10° до 0° – 4 ступ.

Основные габаритные, присоединительные размеры, мм

$Д_у$	L	H	B	Масса, кг
200	500	497	525	114
250	600	590	590	268

Клапаны обратные бесфланцевые с односторонней подвеской диска $Д_у$ 50-150 мм, $Р_у$ 1,6 МПа (КОБ-1,6)



Назначение

Предназначены для предотвращения обратного потока рабочей среды в трубопроводах и устанавливаются на вспомогательном насосном оборудовании.

Устройство

Клапан состоит из корпуса *1*, поворотного диска *2*, оси *3*, уплотнительного кольца *5*, прокладок *4*.

Принцип действия

Поворотный диск *2*, закрепленный на оси *3*, открывается под действием потока воды и удерживается в открытом положении за счет подъемной силы, возникающей от скоростного напора потока. В положении «закрыто» поворотный диск *2* плотно прижимается к кольцу *5* и обеспечивает одностороннюю герметичность.

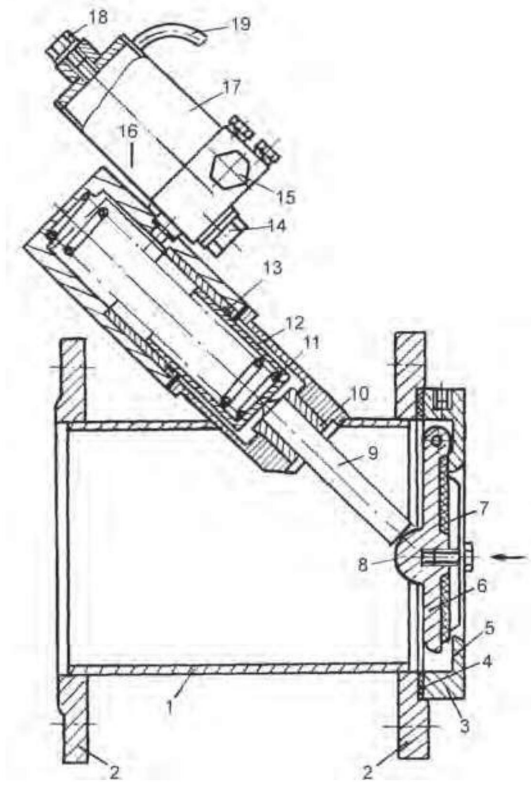
Техническая характеристика

Условный переход, мм	50	80	100	150
Условное давление, МПа	1,6			
Коэффициент сопротивления клапанов в положении полного открытия, не более	9,2	6,5	5,5	4,0

Основные габаритные, присоединительные размеры, мм

$Д_у$	Д	$Д_1$	$Д_2$	L	Масса, кг
50	100	66	32	24	1,5
80	135	93	54	24	2,1
100	155	115	70	31	3,2
150	205	156	114	33	4,2

Обратный клапан с регулируемым временем открытия-закрытия $Д_у$ 100 мм, $Р_у$ 1,0 МПа (КОР-1,0)



Назначение

Предназначен для предотвращения обратного потока воды при отключении скважинных насосов систем водоснабжения и орошения и осуществления плавного гидравлического режима в трубопроводах при их пуске.

Устанавливается между двумя фланцами трубопровода с помощью крепежных болтов.

Устройство

Обратный клапан с гидротормозом включает в себя патрубок *1* с двумя фланцами *2*, клапан с односторонней подвеской *3*, гидравлический механизм задержки открытия *13*. Крепление клапана с односторонней подвеской осуществляется к правому фланцу патрубка с помощью двух болтов. Между клапаном и фланцем устанавливается резиновая прокладка *4*. Клапан *3* имеет корпус *5*, тарель *6* с полукруглым шарниром *8*, уплотнение *7*.

Механизм задержки открытия имеет корпус *10*, внутри которого расположены пружина *11* и поршень *12*, воздействующие на шток *9*. Сверху к корпусу крепится дросселирующее устройство *16*, включающее в себя регулируемый дроссель *15* и шариковый клапан *14*. К дросселирующему устройству приварен масляный бачок *17*, имеющий заливную пробку *18* и сливную трубку *19*.

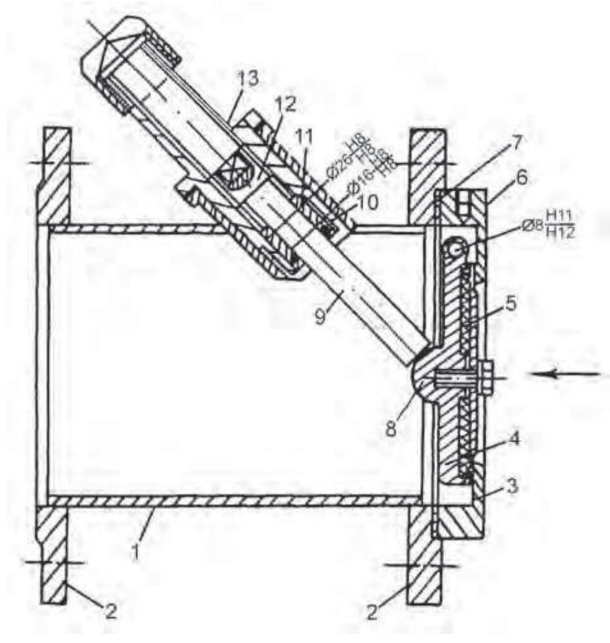
Принцип действия

Работа обратного клапана осуществляется по следующей технологической схеме. При включении насосного агрегата под действием развиваемого им давления тарель *6* через шарнир *8* воздействует на шток *9*, поршень *12* и, преодолевая сопротивление пружины *11*, выдавливает масло из полости над поршнем через дроссель *15* в масляный бачок *17*. При снижении давления в трубопроводе усилием пружины *11,* действующим на поршень *12* и шток *9,* тарель *6* закрывается. Переток масла в полость над поршнем происходит через шариковый клапан *14*. В дальнейшем циклы повторяются.

Техническая характеристика

Тип	стационарный
Условный проход, мм	100
Условное давление, МПа	1,0
Рабочая среда	вода
Герметичность	Ш класс (ГОСТ 9544-75)
Средний ресурс, циклы	10000
Коэффициент гидравлического сопротивления при открытом клапане	5,5
Время, с:	
регулируемого открытия	5-220
закрытия	20-25
Срок службы, годы	10
Габаритные размеры, мм	215х215х370
Масса, кг	13,4

Обратный клапан с регулируемой степенью открытия $Д_у$ 100 мм, $Р_у$ 1,0 МПа



Назначение

Предназначен для предотвращения в трубопроводе обратного потока воды и осуществления регулируемой подачи при работе скважинных насосов систем водоснабжения и орошения.

Устройство

Обратный клапан состоит из патрубка *1* с двумя фланцами *2*, клапана в сборе *3* и винтового механизма *13*.

Клапан *3* состоит из корпуса *6*, тарели *4* с полукруглым шарниром *8* и уплотнением *5*. Он крепится к фланцу патрубка справа с помощью двух болтов. Между клапаном и фланцем устанавливается резиновая прокладка *7*.

Винтовой механизм *13* представляет собой корпус *10*, внутри которого находится винт *12*, втулка *11*, шток *9*.

Принцип действия

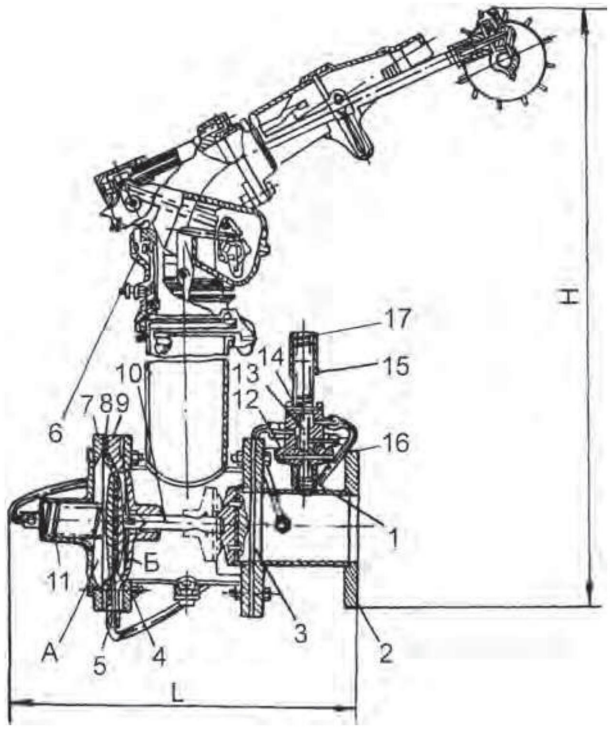
Предварительно определяется необходимая пропускная способность обратного клапана, для чего с помощью винта *12* по конусу устанавливается соответствующий угол открытия.

При включении насосного агрегата под действием развиваемого им давления тарель *4* открывается на заданный угол. При отключении насоса под действием собственной массы или обратного потока воды тарель закрывается. В дальнейшем циклы повторяются.

Техническая характеристика

Условный проход, мм	100
Условное давление, МПа	1,0
Рабочая среда	вода
Герметичность	Ш Кл. (ГОСТ 9644-86)
Средний ресурс, циклы	1000
Коэффициент гидравлического сопротивления в положении полного открытия	6,5
Угол открытия	1^0-70^0
Срок службы, годы	10
Габаритные размеры, мм	200х215х265
Масса, кг	10,2

Предохранительная арматура и устройства
Предохранительно-сбросное устройство ПСУ-100, $Р_у$ 1,2 МПа



Назначение

Предназначено для защиты трубопроводов оросительной сети от гидравлических ударов, вызываемых отключениями дождевальных машин, переключениями на насосной станции и закрытием арматуры. Устанавливается на трубопроводах оросительной сети и сбросных линиях насосных станций.

Устройство

ПСУ-100 состоит из управляющего клапана *1*, входного патрубка *2*, запорного диска *3*, мембранного механизма *4*, выходного патрубка *5*. При установке на сети ПСУ-100 комплектуется дождевальным аппаратом *6*, который закрепляется на выходном патрубке и осуществляет движение как по кругу, так и по сектору.

Мембранный механизм *4* включает в себя фланцы *7*, мембрану *8*, корпус *9*, шток *10*, пружину *11*.

Управляющий клапан *1* состоит из корпуса *12*, плунжера *13*, мембран *14*, *16*, регулировочной пружины *15* и колпака *17*.

Принцип действия

При давлении в сети не выше заданного, управляющий клапан *3* передает давление из трубопровода в полость *А* мембранного механизма *1*, за счет разности площадей мембраны *8* и диска *3* – сбросное устройство закрыто. При повышении давления в сети мембрана *16* управляющего клапана преодолевает сопротивление пружины, переключает плунжер *13* на открытие и вода поступает в полость *Б* мембранного механизма *1*; происходит перемещение диска *3* и сбросное устройство открывается. При снижении давления пружина *15* возвращает плунжер *13* и вода поступает в камеру *А* мембранного механизма. Сброс воды через ПСУ-100 прекращается.

Техническая характеристика

Условный диаметр, мм	100
Условное давление, МПа	1,4
Пределы регулирования, МПа	0,4-1,2
Настройка датчика давления	ручная
Точность регулирования, %	до 10
Объем сброса в зависимости от применяемого диаметра сопла, л/с	20-50
Радиус разбрызгивания, м	55-60
Интенсивность дождя, мм/мин	0,114-0,117

Основные габаритные, присоединительные размеры, мм

$Д_у$	L	H	B	Масса, кг	
				с дождевальным аппаратом	без дождевального аппарата
100	450	1300	290	39	23

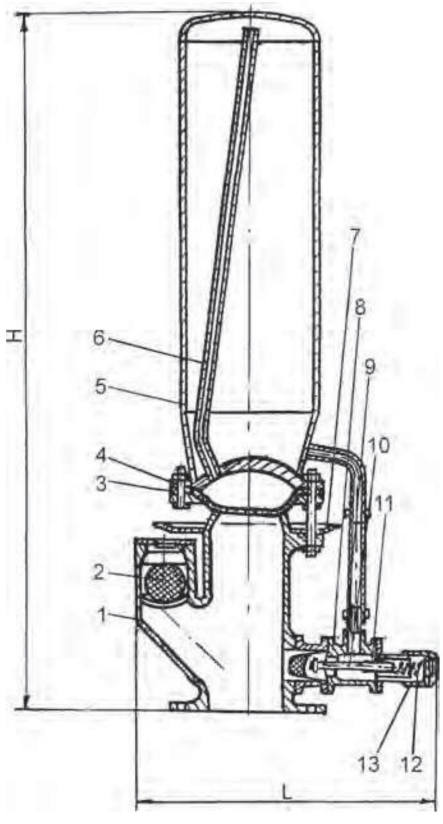
Клапан защитный гидравлический КЗГ-120 $Д_у$ 100 мм, $Р_у$ 1,4 МПа

Назначение

Предназначен для защиты трубопроводов оросительной сети от гидравлических ударов, вызываемых отключениями дождевальных машин, переключениями на насосной станции и закрытием арматуры. Устанавливается на трубопроводах

оросительной сети и сбросных линиях насосных станций.

При использовании на насосной станции насосов с крутой характеристикой (14Д6 и др.) КЗГ-120 необходимо использовать в комплексе с ПСУ-100 или регулятором давления «до себя» на обводной линии, или с автоматикой по расходу.



Устройство

Клапан КЗГ-120 состоит из следующих узлов: корпуса *1*, вантуза *2*, крышки *3*, гибкой диафрагмы *4*, трубки *5*, водовоздушного бака *6*, отражательной тарели *7* и отсечного устройства *8*. Отсечное устройство включает в себя корпус *9*, отсечный клапан *10*, поршень *11*, пружину *12*, регулировочную гайку *13*.

Принцип действия

При заполнении оросительного трубопровода вода поступает в корпус *1* устройства и одновременно через отсечный клапан *8* – в водовоздушный бак *6*, сжимая воздух в верхней части бака и через трубку *5* в камере над диафрагмой *4*. До выравнивания давления в корпусе и баке вода из клапана, отжимая диафрагму *4*, сбрасывается в атмосферу, рассеиваясь от отражательной тарелки *7*. После выравнивания давления в корпусе и баке диафрагма перекрывает седло, и сброс прекращается, таким образом, подготавливая устройство к работе. При гидравлическом ударе происходит резкое повышение давления в корпусе, при этом отсечное устройство отделяет корпус от водовоздушного бака. Давление воды приподнимает диафрагму, происходит ее сброс в атмосферу, тем самым снижая величину гидравлического удара.

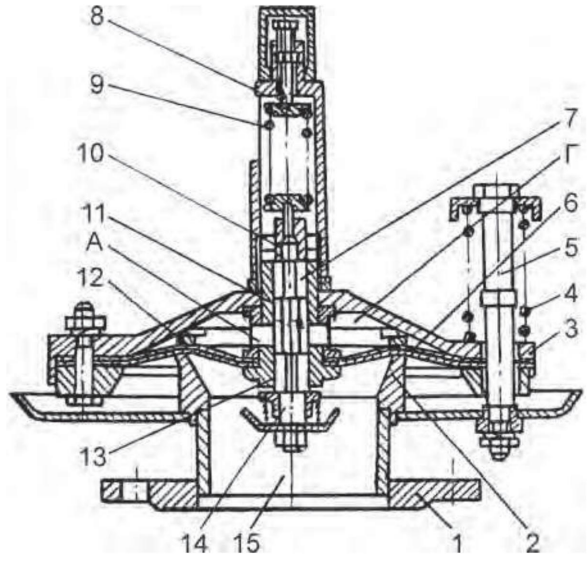
Техническая характеристика

Условный проход, мм	100
Условное давление, МПа	1,4
Пределы регулирования давления, МПа	0,6-1,2
Слой осадков за один выброс, мм:	
при зарядке	1,6
при гидроударе	0,6
Объем вылива воды за один выброс, л:	
при зарядке	до 260
при гидроударе	до 330
Радиус разбрызгивания, мм	15-20
Точность, %	5-10
Быстродействие, с	0,5-0,6
Расход сброса, л	50

Основные габаритные, присоединительные размеры, мм

$Д_у$	L	B	H	Масса, кг
100	490	310	880	27,3

Клапан противоударный гидравлический $Д_у$ 80-150 мм, $Р_у$ 1,6 МПа (КГ)



Назначение

Предназначен для зашиты трубопроводов внутрихозяйственной оросительной сети и водоводов системы сельскохозяйственного водоснабжения от гидравлических ударов, возникающих от избыточного нарастающего давления.

Гашение избыточного давления до установленного расчетного производится путем быстрого соединения полости напорного трубопровода с атмосферой и дросселирования таким образом части объема воды из трубопровода.

Устройство

Клапан включает в себя корпус *1*, крышку *3*, шток *7* с клапанами *14* и *10*, мембрану *6*, регулировочное устройство *8*.

Принцип действия

До заполнения оросительной сети водой патрубок *2* с помощью пружины *4*, кольцевого прижима *12* и мембраны *6* находится в положении закрытия. Вода, поступая из напорного трубопровода в полость клапана *15*, а затем через импульсный клапан *14* и окна *А* в направляющей *11*, попадает в управляющую полость *Г*, где сжимается, создавая давление, равное рабочему в сети. Усилие пружины *4* рассчитано на то, что она может удерживать крышку *3* в нижнем положении при определенном давлении в сети. При дальнейшем росте давления крышка *3* перемещается вверх до упора в поясок, выполненный на шпильках *5*. Клапан заряжен и готов к работе.

Перед включением в работу с помощью регулировочного устройства *8* путем затяжки пружины *9* производится настройка на рабочее давление от 0,4 до 1,2 МПа. При возрастании давления выше установленного шток 7, преодолевая усилие пружины *9*, перемещается вверх, приподнимая запорный клапан *10* над седлом *13*. Происходит слив из управляющей полости *Г*. Давление в ней падает, и под напором воды мембрана 6 отжимается от патрубка *2*, сообщая с атмосферой напорный трубопровод через полость *15*. Сброс воды происходит до тех пор, пока давление в напорном трубопроводе не достигнет заданной установленной величины. В этом случае пружиной *9* шток *7* запорного клапана *10* опускается на седло *13,* перекрывая путь на слив, одновременно открывается импульсный клапан *14*, который соединяет напорную полость *15* с управляющей полостью *Г*. Под воздействием создавшегося в управляющей полости *Г* давления мембрана *6* перемещается вниз к патрубку и перекрывает сброс воды из напорного трубопровода в атмосферу.

Клапаны устанавливаются вертикально на напорных трубопроводах с условным проходом от 50 до 300 мм с помощью фланцев. В зависимости от расхода воды в трубопроводе применяют три типоразмера клапанов: с условным проходом 80, 100, 150 мм.

Техническая характеристика

Тип	стационарный		
Условный проход, мм	80	100	150
Условное давление, МПа		1,6	
Настройка		ручная	
Пределы регулирования давления срабатывания, МПа		0,4-1,2	
Быстродействие, с		0,5-0,6	
Точность регулирования от настройки давления, %		±10	
Расход сброса (не менее), $м^3$/ч (л/с)	90(25)	144(40)	270(75)
Коэффициент готовности (не ниже)		0,99	
Размеры, мм:			
диаметр	290	320	450
высота	300	300	350
Масса, кг	18,7	20,9	52,7

11.4. Аэрационная арматура

Клапаны для выпуска воздуха (КВВВ) $Д_у$ 100 - 150 мм, $Р_у$ 1,6 МПа

Назначение

Предназначены для впуска воздуха при плановом или аварийном опорожнении трубопроводов и для выпуска воздуха при заполнении водоводов или отдельных его участков.

Устройство

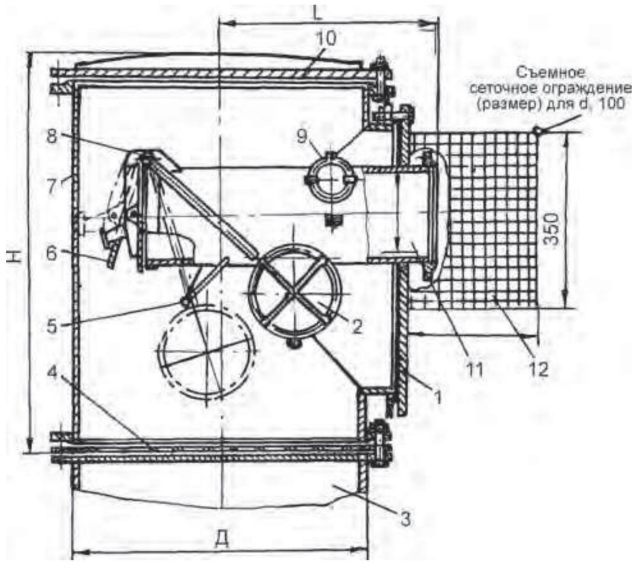
Клапан для впуска и выпуска воздуха состоит из фланца установочного *1*, шарового поплавка *2*, монтажного патрубка *3*, рассекателя *4*, ограничителя *5*, тарели *6*, корпуса *7*, оси подвески тарели *8*, вантуза рычажного *9*, крышки *10*, выпускного патрубка *11*, сетчатого ограждения *12*.

Принцип действия

В процессе заполнения трубопровода воздух поступает в корпус КВВВ. Тарель клапана под действием массы шаровых поплавков находится в открытом положении и вытесняемый водой воздух выходит в атмосферу через выпускной патрубок.

По мере заполнения водовода уровень воды в корпусе КВВВ поднимается, поплавки всплы-

вают, поворачивая тарель, которая перекрывает выпускной патрубок. Удаление воздуха, поступающего в корпус КВВВ после закрытия тарели, производится малым рычажным вантузом *9*. При образовании вакуума вследствие аварии или при плановом опорожнении водовода клапан открывается под действием разности давлений между атмосферой и внутренней полостью трубопровода, впуская воздух, который обеспечивает срыв вакуума в водоводе.



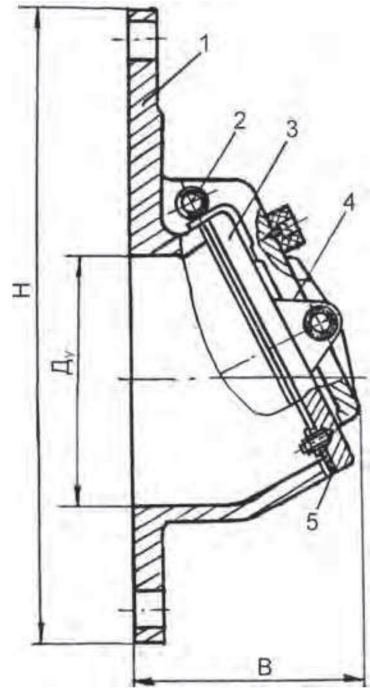
Техническая характеристика

Диаметр выпускного патрубка, мм	100	150
Диаметр установочного фланца, мм	400	575
Условное давление, МПа	1,6	
Давление, при котором обеспечивается герметичность клапана, МПа	0,005	
Коэффициент гидравлического сопротивления:		
при впуске воздуха	0,208	
при выпуске воздуха	0,187	

Основные габаритные, присоединительные размеры, мм

$Д_у$	Д	L	H	Масса, кг
100	400	456	570	200
150	500	575	767	274

Клапаны противовакуумные для впуска и защемления воздуха (КВЗВ) $Д_у$ 50, 150 мм, $Р_у$ 1,6 МПа



Назначение

Предназначены для автоматического впуска воздуха в трубопроводы систем подачи воды при образовании в них вакуума. Применяются для предотвращения гидравлических ударов, начинающихся с волны понижения давления; для защиты тонкостенных труб от деформации в момент возникновения вакуума при переходных режимах; впуска воздуха при опорожнении водоводов или отдельных ремонтных участков.

Устройство

Клапан состоит из фланца-корпуса *1*, тарели *3* с плоским резиновым уплотнением *5*, которая шарнирно соединена с рычагом *4*, подвешенным на оси *2*.

Принцип действия

Нормальное положение клапана – закрытое. Тарель перекрывает впускной патрубок, начальное усилие для уплотнения создается ее массой. Окончательная герметизация происходит под действием разности давлений (внутреннего в трубопроводе и атмосферного). При появлении вакуума тарель клапана открывается и атмосферный воздух выпускается в трубопровод. После выравнивания давлений внутри и снаружи трубопровода тарель под действием собственной массы перекрывает впускной патрубок, не допуская выхода впущенного воздуха, сжатие которого при последующем повышении давления смягчает процесс протекания гидравлического удара.

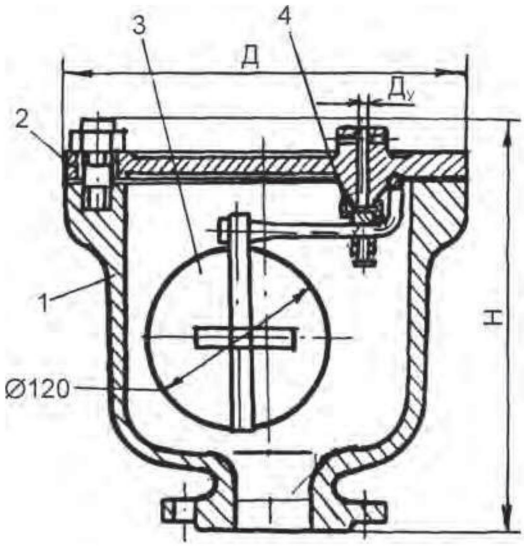
Техническая характеристика

Диаметр впускного патрубка, мм	50	150
Диаметр установочного фланца, мм	100	250
Условное давление, МПа	1,6	
Пропускная способность в сверхкритическом режиме движения воздуха, $м^3/с$	0,045	0,04
Величина вакуума, необходимая для открытия клапана, КПа	1-1,5	
Коэффициент гидравлического сопротивления клапана при открытии тарели потоком	0,5	

Основные габаритные, присоединительные размеры, мм

$Д_у$	Д	Н	В	Масса, кг
150	250	380	150	22
50	100	155	70	7

Вантузы рычажные «В» $Р_у$ 1,6 МПа



Назначение

Предназначены для периодического удаления воздуха из трубопроводов в эксплуатационном режиме работы водоводов.

Устройство

Вантуз состоит из корпуса *1*, крышки *2*, шара-поплавка *3*, тарели-клапана *4*.

Принцип действия

По мере накопления воздуха уровень воды в корпусе *1* падает, шар-поплавок *3* под действием своей массы опускается вниз, поворачивая рычаг относительно оси, укрепленной на крышке *2*, тарель *4* открывает выпускное отверстие и воздух удаляется в атмосферу. После удаления воздуха уровень воды в корпусе поднимается, шар-поплавок всплывает и тарель *4* закрывает выпускное отверстие.

Вантузы «В» обеспечивают удаление воздуха в диапазоне рабочих давлений от 0 до 1,6 МПа и по условиям прочности допускают кратковременное повышение давления до 2,5 МПа. Относятся к классу ремонтируемых изделий.

Техническая характеристика

Диаметр выпускного отверстия, мм	6	8
Условный диаметр присоединительного фланца, мм	50	
Условное рабочее давление, МПа	1,6	
Исполнение вантуза	литой – «В» сварной – «Вс»	
Срок службы, годы	10	

Основные габаритные, присоединительные размеры, мм

Марка	$Д_у$	Д	$Д_1$	Н	Масса, кг
В-6	50	275	6	295	30
$В_с$-8	50	275	6	280	24,2
В-8	50	320	8	295	41

Монтажная проставка $Д_у$ 80 - 800 мм, $Р_у$ 1,0 МПа

Назначение

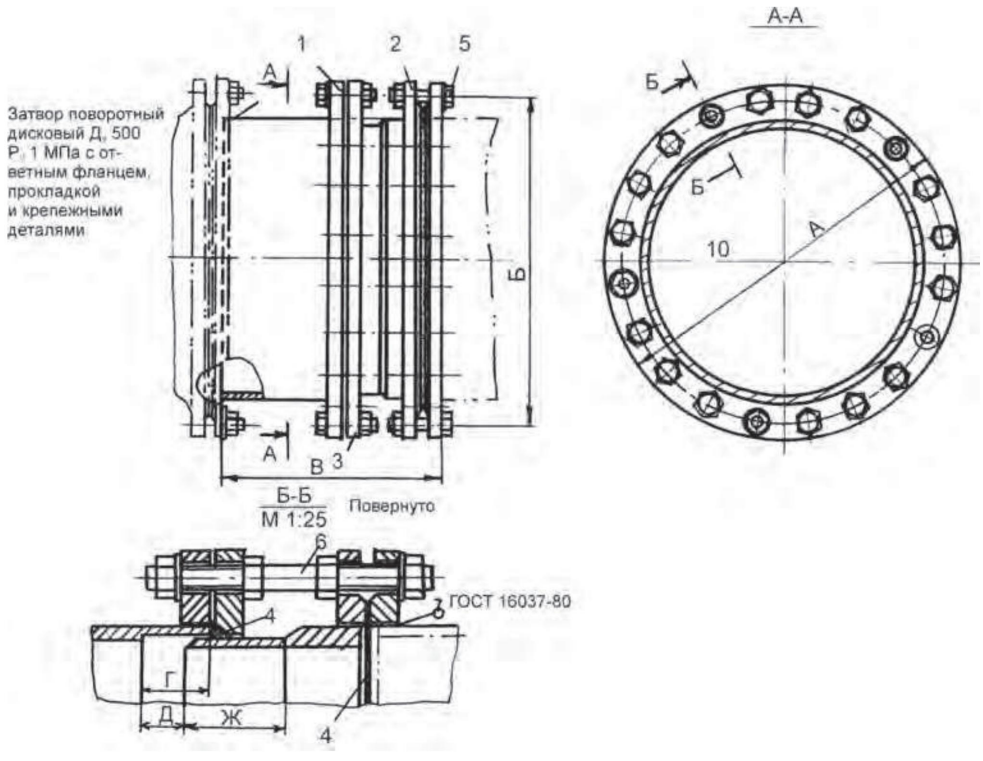
Предназначена для удобства монтажа и демонтажа запорной арматуры на трубопроводах с целью ее ремонта или замены.

Устройство

Монтажная проставка состоит из патрубка *1*, компенсатора *2*, свободного фланца *3*, уплотнений *4*, крепежных болтов *5*, стягивающих шпилек *6*.

Принцип действия

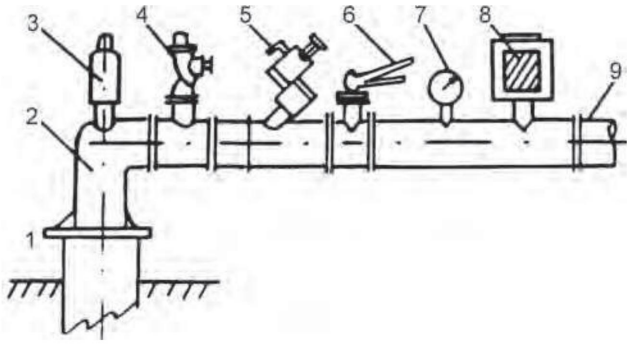
Патрубок *1* вместе с компенсатором *2* и уплотнением *4* вставляется в промежуток между фланцем трубопровода. Компенсатор выдвигается на нужную длину, и монтируются крепежные болты и шпильки.



Техническая характеристика

Номер чертежа	Условный диаметр	Размеры, мм						
		А	*L*	*В*	*Г*	*Д*	*Ж*	масса, кг
33АВ-А232.00.000	80	160	195	270	50	30	60	10,27
33АВ-А233.00.000	100	180	215	270	50	30	60	14
33АВ-А234.00.000	150	240	280	290	50	30	60	24,62
33АВ-А235.00.000	200	295	300	290	50	30	65	33,2
33АВ-А236.00.000	300	400	440	320	50	30	65	54,5
М 6360000Сб	400	565	515	415	65	40	95	160
М 6370000Сб	500	670	620	440	65	40	98	202
М 6380000Сб	600	780	725	480	65	40	100	285
М 6390000Сб	800	1010	950	495	65	40	105	485

Оголовок водозаборной скважины



Назначение

Предназначен для управления подачей и распределением воды потребителям в соответствии с нормами водопотребления.

Водозабор осуществляется из скважины с использованием насосов типа Э.Ц.В.

Устройство

Оголовок включает в себя устье скважины *1*, специальное колено *2*, вантуз *3*, патрубок со сбросным вентилем *4*, обратный клапан КОР-I00 *5*, затвор *6* с ручным приводом, манометр *7*, устройство для учета времени работы *8*, напорный трубопровод *9*.

Техническая характеристика

Условный диаметр, мм	Напор м вод. ст.	Расход $м^3/ч$	Строительная длина, м	Масса в сборе, кг
50	30-130	0,6-2	1880	94
100	30-190	3,15-5	2010	121

Используемые источники

11.1. Совершенствовать комплекс внутрихозяйственной части оросительных систем с применением новых технологий и технических средств для всех зон орошения Российской Федерации (доклад в/о «Союзводпроект», 1992)

11.2. **Никольская А.А., Тырсин М.С.** Основные принципы проектирования оросительных систем с широкозахватной техникой.

11.3. **Мошнин Л.Ф., Никольская А.А., Тырсин М.С.** Защита закрытых оросительных сетей от повышения давления: сб. науч. тр. в/о «Союзводпроект». – М., 1979.

11.4. **Ольгаренко Г.В., Алдошкин А.А.** Научно-методические рекомендации по проектированию и эксплуатации оросительных систем при дождевании. – М: ФГБНУ «Росинформагротех», 2011.

11.5. **Вишневский К.П., Подласов А.В.** Проектирование насосных станций закрытых оросительных систем. – М.: Агропромиздат, 1990.

11.6. **Алдошкин А.А., Ольгаренко Г.В.** и др. Контроль технического состояния и реконструкция закрытых оросительных сетей. Методика выбора способов и технологий реконструкции оросительных сетей. – Коломна, 2004.

11.7. **Алдошкин А.А.** Совершенствование методов и средств ограничения давления в системах водоподачи: автореф. дис.… канд. техн. наук. – М., 1989.

11.8. Отчет о научно-исследовательской работе по теме 1.2. «Провести исследования, обосновать конструкции гидротехнической трубопроводной арматуры для реконструкции оросительных систем». – Коломна, 2013.

12. НАСОСНЫЕ СТАНЦИИ МЕЛИОРАТИВНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

12.1. Модернизация стационарной насосной станции мелиоративно-водохозяйственного комплекса и разработка системы управления и диспетчеризации

Модернизация заключается в реконструкции и разработке приборов средств контроля и автоматических систем управления на стационарных насосных станциях (СНС), адаптированных к условиям конкретных оросительных систем и агроландшафтов, обеспечивающих оптимальное использование водных и энергетических ресурсов, при максимизации в реальном времени информационного обеспечения регионов и отрасли в целом об их техническом состоянии.

В ходе обследования технического состояния стационарных насосных станций в России установлено, что большинство технических средств изношены, 70-80% – с истекшим сроком службы, насосные станции требуют реконструкции, средства автоматики морально и физически устарели, нуждаются в коренном как конструктивном, так и физическом обновлении [12.2; 12.3; 12.4].

Это касается в первую очередь автоматики водоподъемных, перекачивающих насосных станций с расходом от 10 до 100 $м^3/с$ наземного, полузаглубленного типа с двигателями насосных агрегатов горизонтального и вертикального расположения напряжением питания 6 кВ и 400 В.

На оросительных, сбросных и комбинированных насосных станциях широко используются насосные агрегаты вертикального расположения ОПВ-87, ОПВ-110, ОПВ-145 и ОПВ-180 с электроприводами напряжением питания 6 кВ, а также ОПВ-55, ОПВ-60, ОПВ-70 с электроприводами напряжением 400 В. На указанных насосных станциях используются также насосные агрегаты горизонтального типа Д-6300 (24 НДН) с электроприводами с напряжением питания 6 кВ и 0,4 кВ. Кроме того, на гидросооружениях встречаются электрифицированные гидрозатворы, задвижки.

Системы автоматического управления на большинстве насосных станций отсутствуют. Остались лишь шкафы, ящики и панели. Включение насосных агрегатов осуществляется в кнопочном варианте дистанционно. Диспетчеризация отсутствует. Поэтому при реконструкции насосных станций с указанными насосными агрегатами в первую очередь необходимо восстановить систему управления на современных технических элементах и блоках, микропроцессорной и компьютерной технике, электротехнических устройствах последних лет выпуска. Для каждой модификации насосных агрегатов и напряжения электроснабжения необходимо разработать модули систем управления, организовать управление и связь с управлением мелиоводхоза региона, используя космическую, сотовую, радиотехническую или другую связь.

В настоящее время разработаны и представлены четыре вида моделей управления насосными станциями с высоковольтными насосными агрегатами вертикального типов ОПВ-87, 180, низковольтными насосными агрегатами ОПВ-55, -70, с высоковольтными и низковольтными насосными агрегатами горизонтального типа марки Д6300 и отдельно стоящими гидротехническими сооружениями с электрическими винтовыми подъемниками гидрозатворов [12.5]. По четырем видам полезных моделей представлены структурные, функциональные схемы, решения по комплексу технических средств, режиму функционирования системы, ее монтажу, защите от несанкционированного доступа, решению по электропитанию, оценке надежности. В связи с ограничением представляемого материала по данной работе приведены лишь структурные схемы характерной системы управления стационарной насосной станцией Марьяно-Чебургольской оросительной системы Краснодарского края (рис. 12.1) и системы управления гидрозадвижками, учета расхода электроэнергии и водоподачи (рис. 12.2), а также принципиальная схема системы автоматического управления основными насосами одной из модификаций стационарных насосных станций.

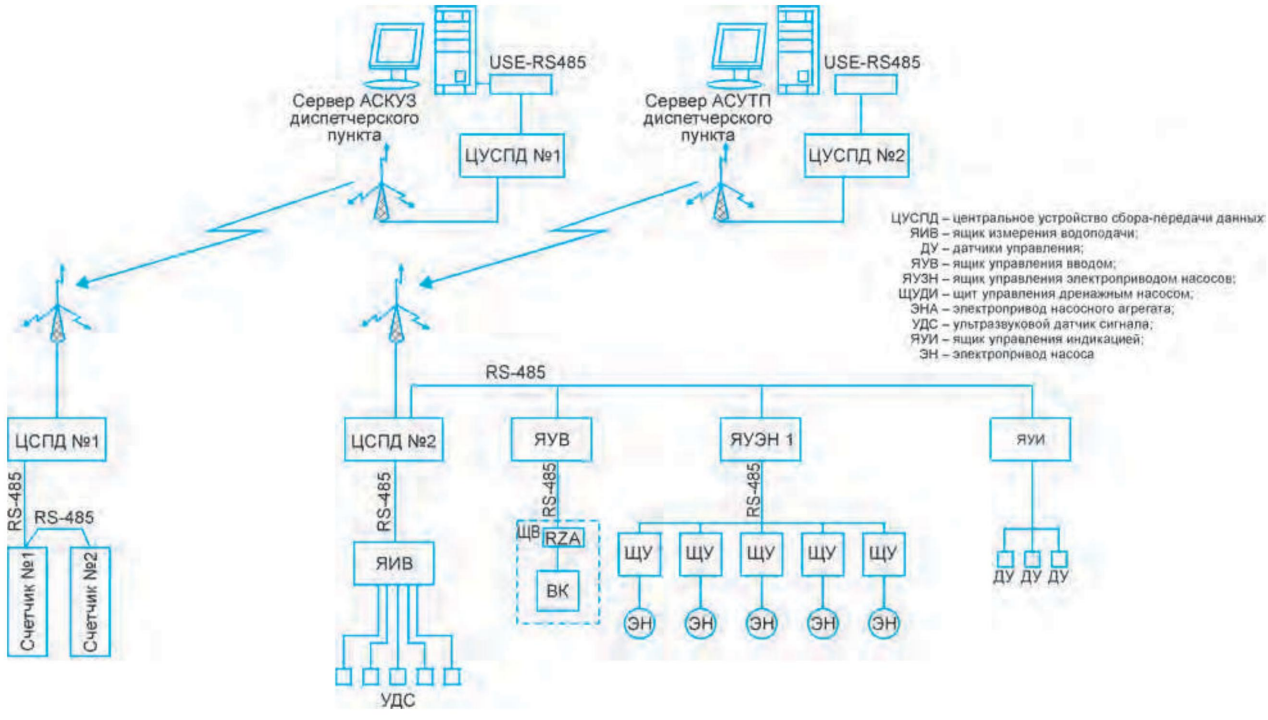


Рис. 12.1. Структурная схема СНС Марьяно-Чеборгульской оросительной системы

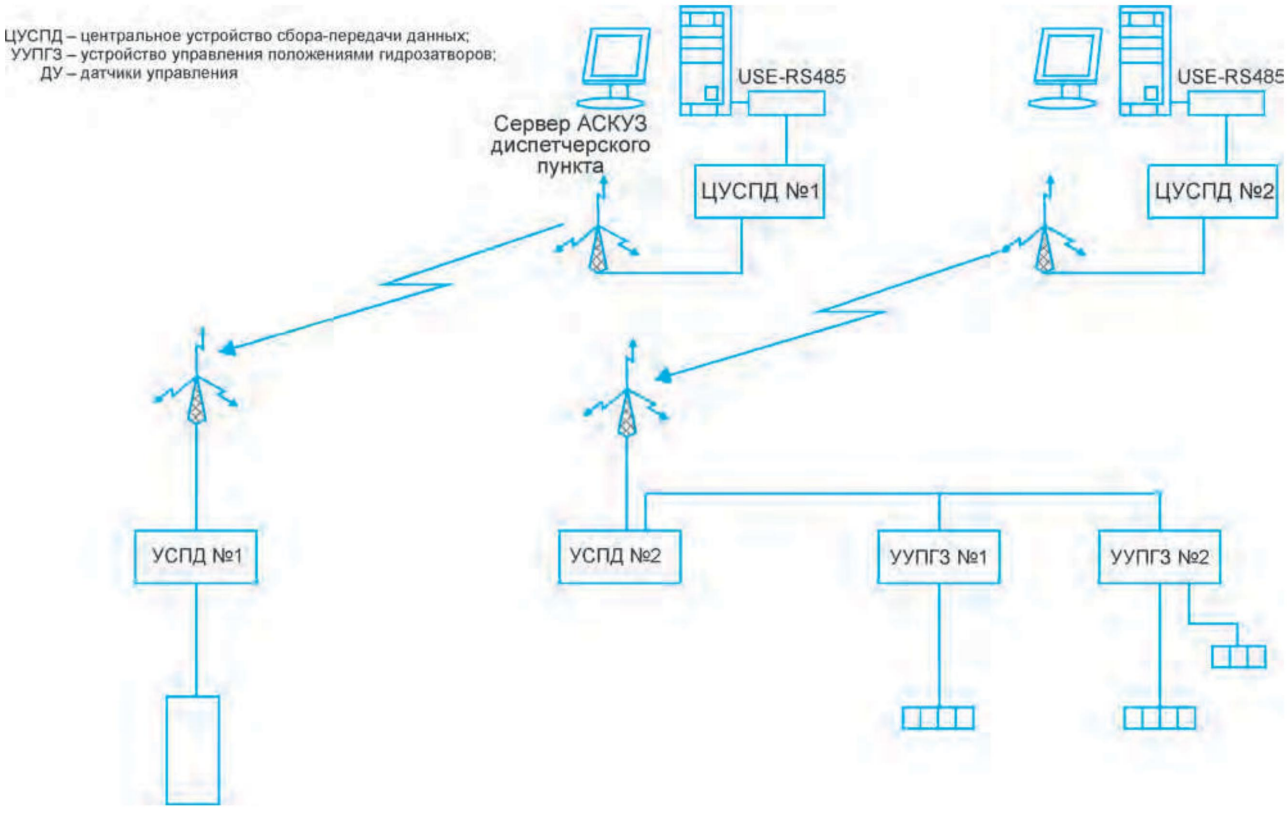


Рис. 12.2. Структурная схема управления гидрозадвижками, учета расхода электроэнергии и подачи воды

В результате использования предлагаемой полезной модели появляется возможность расширенного регулирования водоподачи при полном удовлетворении потребностей водопользователей на орошение и водоснабжение, повышения надежности работы насосной станции, защиты экологической обстановки и окружающей среды от утечек оросительной воды.

Для обеспечения равномерной нагрузки на электросети цена на электроэнергию снижена в ночное время. Раздельный учет потребления электроэнергии на оросительной системе позволяет существенно повысить экономическую эффективность ее работы.

Для этих целей в состав системы входят многофункциональные счетчики электрической энергии, которые являются элементами автоматизированных систем контроля и учета электроэнергии (АСКУЭ) и автоматизированных систем диспетчерского управления (АСДУ).

Счетчик обеспечивает 10-минутный контроль и архивирование расхода электроэнергии в течение 3,7 месяца. Оборудован часами реального времени.

Точный и дифференцированный во времени контроль водоподачи с помощью ультразвуковых расходомеров позволяет экономить воду и повысить урожай сельскохозяйственных культур, особенно риса.

В ходе работы были изготовлены системы управления. В состав типовой системы входит следующее оборудование.

Блоки управления

1. Блок (ящик) управления насосными агрегатами ЯУД – 6 шт.

2. Блок (ящик) управления индикацией ЯУИ – 1 шт.

3. Блок (панель) управления ячейкой ввода ПУЯВ – 2 шт.

4. Блок (панель) управления ячейкой ПУЯ включения вакуумных выключателей – 10 шт.

5. Блок управления гидротехническими затворами УУПГЗ – 1 шт.

6. Центральное устройство сбора-передачи данных ЦУСПД – 2 шт.

7. Блок управления вакуумным выключателем ЯУВ – 6 шт.

8. Блок (ящик) управления приводами гидрозатворов ЯУ – 6 шт.

9. Блок управления дренажными насосами ПУНД – 1шт.

10. Блок управления вакуумными насосами ПУНД – 1 шт.

11. Блок управления электроприводами насосов ЯУЭН – 1 шт.

12. Блок управления агрегатной задвижкой ПУНЗ – 6 шт.

13. Блок управления сетевой задвижкой ПУСЗ – 1 шт.

14. Система управления технологическими процессами АСУТП с автоматизированным рабочим местом АРМ – 1 шт.

15. Система контроля и управления подачи электроэнергии с рабочим местом АРМ – 2 шт.

Устройства контроля и передачи данных

1. Устройство сбора-передачи данных с объектов УСПД – 2 шт.

2. Прибор контроля и отображения предоставления на центральный диспетчерский пункт о состоянии вводных и секционных выключателей электрооборудования насосной станции ПСВ – 1 шт.

3. Блок (ящик) измерения водоподачи ЯИВ – 1 шт.

4. Ультразвуковые расходомеры – 10 шт.

5. Блок контроля температуры электродвигателей насосных агрегатов (НА) (подшипники, подпятник, охлаждающая вода) – (5х6) шт.

6. Блок контроля времени работы насосных агрегатов – 1 шт.

7. Блок измерения уровня воды в каналах, аванкамере – 3 шт.

8. Устройство контроля со счетчиками потребления электроэнергии – 2 шт.

9. Панель отображения информации состояния вакуумного выключателя.

Система призвана заменить комплексы автоматики и релейных защит, спроектированных и смонтированных в 70-80-х годах прошлого века и к настоящему времени морально и физически устаревших.

Круглосуточный мониторинг состояния технологического оборудования, выполняемый системой в реальном времени с передачей данных на единый диспетчерский пункт, ведение архивов, генерирование отчетов, позволяют на качественно новом уровне организовать службу эксплуатации объектов мелиорации.

Реализуемые на оборудовании системы автоматизированного учета электроэнергии и водоучета призваны оптимизировать работу оборудования объекта, ввести коммерческий расчет с потребителями водных ресурсов.

Широкое внедрение представленной системы автоматизации позволит провести модернизацию систем автоматизации объектов мелиорации на самом современном уровне, осуществить диспетчеризацию оросительных систем, многократно повысить безопасность эксплуатации гидротехнических сооружений.

Модернизация насосных станций и система управления включена в перечень строек и объектов для федеральных государственных нужд, финансируемых за счет государственных капитальных вложений.

12.2. Технические предложения по насосно-силовому оборудованию мелиоративных систем нового поколения, обеспечивающему снижение потребления электроэнергии (для стационарных и передвижных насосных станций мелиоративного назначения)

12.2.1. Характеристика насосно-силового оборудования оросительной системы

Насосная станция является самым энергоемким элементом оросительной системы. В зависимости от площади оросительной системы, применяемой дождевальной техники, рельефа местности она потребляет от 40 до 80 % всей энергии оросительной системы.

Главным условием эффективной работы насосной станции должна быть согласованность с оросительной сетью. В процессе работы оросительной системы насосная станция, оросительная сеть и дождевальная техника составляют единую систему, воздействуя друг на друга и находясь во взаимосвязи, что определяет эффективность работы системы [12.1]. Основной причиной неэффективной работы насосного оборудования является работа насосов вне рабочей зоны при низких значениях КПД (рис.12.3).

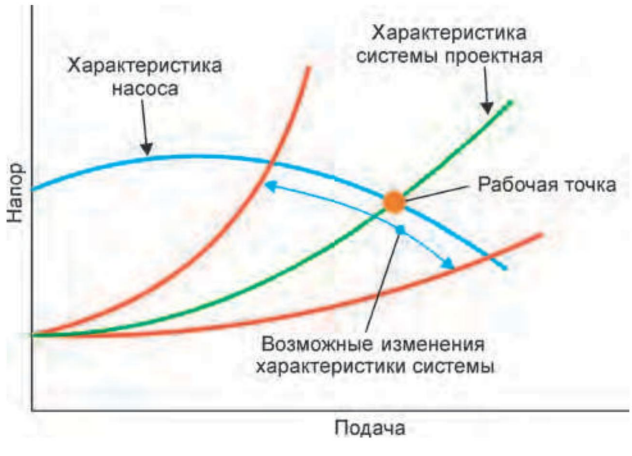


Рис.12.3. Рабочая характеристика оросительной системы и насосно-силового агрегата

Пересечение характеристики насосно-силового агрегата (насосная станция может состоять из одного или нескольких насосно-силовых агрегатов) и рабочей характеристики оросительной сети является рабочей точкой системы. Она должна находиться в рабочей зоне насосного агрегата, где КПД имеет наибольшее значение. Выход за пределы рабочей зоны приводит к неустойчивой работе насосов (вправо от рабочей зоны) и резкому снижению производительности (влево от рабочей зоны). Работа насосов вне рабочей зоны ведет к повышению температуры узлов, увеличению вибрации (при этом снижается ресурс работы подшипников и уплотнений), возникновению рециркуляции потока и кавитации в полостях насоса, перегрузке электродвигателя.

Рабочая характеристика оросительной системы включает в себя:

- статический напор ($H_{ст.}$), который обеспечивается на входе в дождевальную технику;
- гидравлические потери в оросительной сети ($H_{ос}$), в том числе в трубопроводах, арматуре, геодезические потери (перепад высот между насосной станцией и дождевальной техникой).

Таким образом, на эффективность работы и энергопотребление оросительной системы и ее отдельных элементов (насосной станции, оросительной сети и дождевальной техники) влияют:

- рабочие характеристики насосно-силового агрегата;
- рабочая характеристика оросительной сети;
- технико-эксплуатационные характеристики дождевальной техники.

Анализ этих характеристик, их элементов, эксплуатационных факторов дает возможность оценить энергоемкость и пути ее снижения.

12.2.2. Пути снижения энергопотребления насосно-силовым агрегатом и элементами оросительной системы

Снижение энергоемкости насосно-силового агрегата при неизменной производительности связано со смещением рабочей точки характеристики вниз (рис. 12.4). Это может быть достигнуто уменьшением ($H_{ст.}$+$H_{ос}$) за счет изменения гидравлических характеристик оросительной сети и снижением напора на входе в дождевальную технику. Как следствие – необходимо снизить и расходную характеристику насосно-силового агрегата (путем частичного закрытия задвижки на выходе либо частотного регулирования электродвигателя).

Снижение статического напора

Как упоминалось ранее, статический напор напор – это на входе в дождевальную технику, необходимый для ее нормальной работы.

Значения напора на входе для различной дождевальной техники отечественного производства приведены в табл. 12.1.

Таблица 12.1

Перечень отечественной дождевальной техники и ее основные характеристики

Наименование, марка поливной техники	Основные параметры поливной техники		
	расход, л/с	напор, м	площадь орошения, га
ДШ-0,6	До 1,0	15	До 1,0
ДШ-1	До 1,0	30	1,2
ДШ-32 «Агрос»	0,6-1,0	40-60	1,1
ДШ-75 «Агрос»	5-6	60-70	6
ДШ-90 «Агрос»	8-10	50-60	10
ДШ-90Ф «Агрос»	8-10	35	10
ДШ-110 «Агрос»	10-20	70-90	2,4
«Мини-Фрегат-К»	7	43	3
«Фермер-Фрегат-К»	5,5-20	43-45	13
«Фермер-Кубань-ЛК»	5-18	20	9,8
«Мини-Кубань-К»	5-7	21-28	
«Кубань-ЛШ»	30-40	28-35	3
«Мини-Фрегат-ФШ»	25	58	26,8
«Мини-Кубань-ФШ»	20	35	24
«Ладога»	60	42	60-80
ДШ-25-300	25	37	1
КИ-5	5-7	52	5
КИ-10	10-11	60	10
КИ-50	45-50	70-80	1
ДКШ-64 «Волжанка»	64	40	70-100
ДКГ-80 «Ока»	100	55	80-100
«Фрегат-ДМУ» (модификации)	20-40	47-55	15-30
«Фрегат-ДМУ» (модификации)	35-65	50-60	35-55
«Фрегат-ДМУ» (модификации)	60-70	57-66	55-75
«Кубань-ЛК1»	70	35	15-112
«Кубань-Л»	200	31	50-120
ДДА-100В	130	36	120
ДД-70ВН; ДД-70ВП	47-65	60-65	60
ДД-100ВН	95	72	120
ТКП-90	До 90	10-20	70-90
ТКУ-100	100	15	80-100

Стационарные насосные станции, как правило, обслуживают оросительные системы с использованием широкозахватной дождевальной техники (ДМ «Кубань-Л», «Кубань-ЛК», ДМ «Фрегат» различных модификаций). Другая дождевальная техника в основном используется с передвижными насосными станциями. Снижения требуемого напора на выходе из насосной станции можно достигнуть за счет модернизации дождевальных машин или устройств путем замены дальне- и среднеструйных аппаратов на низконапорные дождевальные насадки (для ДМ «Фрегат» снижение напора на входе в машину составляет 35-40%, соответственно снижается и статический напор $H_{ст.}$) либо за счет применения другой, менее энергоемкой дождевальной техники.

Снижение гидравлических потерь в водопроводящей сети

Обеспечивается путем проведения гидравлического расчета при проектировании сети. Основное требование – обеспечение минимальных потерь при пропуске воды с одновременным снижением материалоемкости сети.

При проектировании сети должны соблюдаться следующие условия:

- диаметр трубопровода выбирается с использованием данных справочного пособия по гидравлическому расчету труб (Ф.А. Шевелев, М.

Стройиздат, 1984 г.), оптимальной скорости движения воды, минимального сопротивления и др.;

- количество задвижек, поворотов и других элементов, увеличивающих сопротивление сети, должно быть минимальным;
- надежность и долговечность сети обеспечиваются благодаря применению новых материалов, арматуры и новых технологий строительства и монтажа.

Снижение энергозатрат в насосно-силовом агрегате

Основная причина неэффективной (энергозатратной) эксплуатации насосно-силового оборудования – несоответствие параметров насосов требованиям оросительной сети, вызванное тем, что:

- при проектировании оросительной системы параметры насосного оборудования закладывались с запасом на случай непредвиденных обстоятельств или перспектив развития – до 50% от номинала;
- параметры сети со временем изменились (коррозия труб, их замена, установка задвижек другой конструкции, изменение схемы подачи воды в оросительной сети);
- была заменена дождевальная техника на оросительной системе;
- подача воды в оросительную сеть регулируется задвижкой.

В случае регулирования подачи насосно-силового агрегата задвижкой (рис.12.4) происходит следующее. При частичном закрытии задвижки характеристика оросительной системы (парабола) смещается влево с более крутым наклоном. Подача уменьшается от значения Q_p до Q_1. Если КПД насоса в рабочей точке А имеет максимальное значение, то в любой другой точке, например в точке В, оно снижается, т.е. снижается энергоэффективность насосного агрегата.

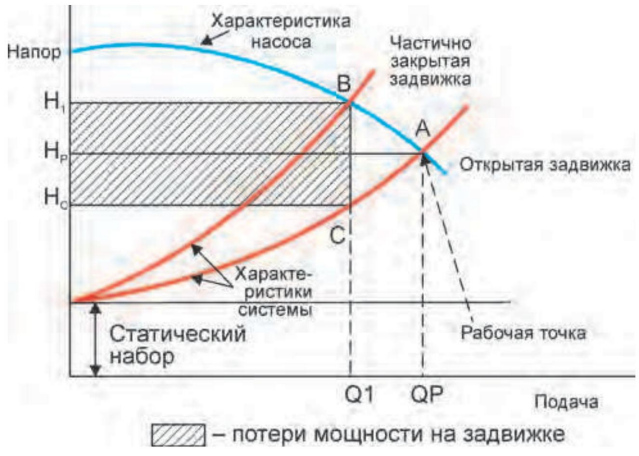


Рис.12.4. Характеристика насоса при регулировании подачи воды в оросительную систему задвижкой

Однако главный недостаток регулирования подачи насоса задвижкой заключается в том, что вместе со снижением подачи насоса до значения Q_1 возрастает его фактический напор H_1 в точке (В) пересечения характеристики насоса с новой характеристикой сети, хотя требуемый напор насоса для подачи Q_1 определяется точкой С, лежащей на пересечении характеристики сети с вертикальной пунктирной линией, соответствующей подаче Q_1. Таким образом, насосный агрегат потребляет излишек мощности, пропорциональный площади затененного прямоугольника, а требуемая мощность оросительной сети пропорциональна произведению Q_1 x H_c.

Другими словами, потеря мощности на задвижке пропорциональна площади затененного прямоугольника на рис. 12.4, т.е. потребляемая мощность приводного двигателя (электродвигателя или дизельного двигателя) используется неэффективно.

12.2.3. Мероприятия по снижению энергопотребления насосных станций

1. Замена регулирования подачи задвижкой регулированием частотным преобразователем, особенно при значительных изменениях параметров сети во время ее работы и при доминировании динамической составляющей напора в общем напоре насосной станции. Данный способ при его технико-экономической обоснованности обеспечивает снижение энергопотребления от 10 до 60%.

2. Снижение частоты вращения насосов при неизменных параметрах сети. Способ обеспечивает снижение энергопотребления на 5-40%.

3. Каскадное регулирование при параллельной установке насосов путем включения или отключения необходимого количества насосов обеспечивает снижение энергозатрат в пределах 10-30%.

4. Подрезка рабочего колеса для согласования работы насоса в рабочем диапазоне с более высоким КПД с целью снижения подачи, напора и потребляемой мощности. Работа насосов в пределах рабочего диапазона позволит также снизить затраты на ремонт и обслуживание. Обеспечивается снижение энергозатрат до 20%.

5. Замена насосов и электродвигателей в период эксплуатации на более эффективные или подходящие под текущие требования оросительной сети с точки зрения параметров Q-H.

Одним из самых дорогостоящих мероприятий по снижению энергопотребления насосных станций является применение частотно-регулируемого привода. В связи с этим важно обосновать его применение с учетом различных факторов.

Блок-схема процесса принятия решения о применении частотного привода приведена на рис.12.5.

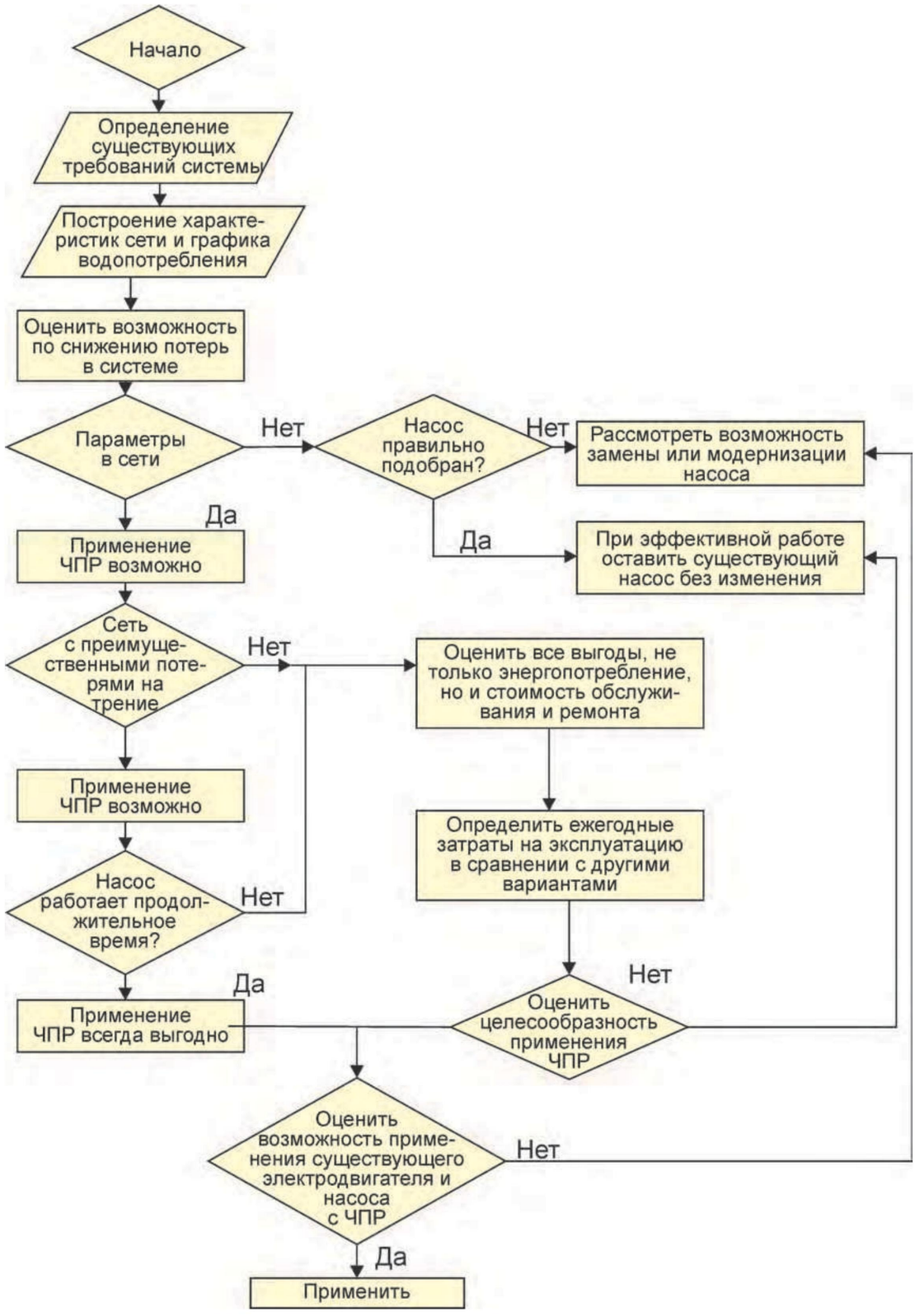


Рис.12.5. Блок-схема принятия решения о применении частотного привода

12.2.4. Перспективные модульные насосные установки (МНУ) с электроприводом для закрытых оросительных систем

В качестве современной альтернативы устаревшим проектам типовых блочно-комплектных насосных станций (БКНС) ВНИИ «Радуга» предлагает рассмотреть новые типовые модульные насосные установки (МНУ) с электроприводом, которые позволят существенно изменить подход к строительству новых и модернизации старых насосных станций.

Идеология проектирования МНУ предусматривает бóльшие заводскую готовность и модельный ряд типовых мобильных (в смысле перемещения их с места на место) насосных установок с использованием современных программных, аппаратных и других технических средств и технологий. Уже в ближайшее время может появиться возможность оперативного выбора ГИПом при проектировании оросительных систем стандартизированных и прошедших государственные испытания МНУ, а для фермеров – возможность приобретения одной мобильной насосной станции (МНС), которую в случае необходимости можно переместить на другое место (смена полей при севообороте, покупка дополнительных участков полей и т.д.) или продать.

Общая характеристика МНУ

МНУ – полуавтоматические электроприводные насосные установки полной заводской готовности, выполненные на базе нескольких (от 2 до 5) центробежных насосов разного типа, установленных параллельно на единой раме. Как правило, они предназначены для подачи воды из открытых водных источников (река, канал, озеро, копань) в закрытую оросительную сеть, включающую в себя несколько одновременно работающих дождевальных машин (установок или устройств), либо одну или несколько капельных систем. Также данные насосные установки могут использоваться для технического водоснабжения или как резервные станции первого подъема в системах питьевого водоснабжения.

Одной из отличительных черт МНУ является возможность их использования для забора и подачи воды из открытых водных источников, расположенных ниже уровня (на 3-5м) оси всасывающего коллектора МНУ (вариант установки МНС с положительной высотой всасывания).

Состав МНС

В состав МНС входят следующие основные блоки элементов (базовая комплектация):

- несколько (2-5) центробежных насосов с приводом от асинхронных электродвигателей, установленных на общей раме;
- комплект запорно-регулирующей арматуры, состоящий из запорных и обратных клапанов. При необходимости в напорном коллекторе также может быть установлен предохранительный клапан;
- гидравлическая обвязка насосных агрегатов и запорно-регулирующей арматуры, включая один или несколько всасывающих / напорных коллекторов;
- комплект контрольно-измерительных приборов (манометры, мано-вакуумметры и расходомер), датчиков или реле давления;
- шкаф управления, предназначенный для включения/отключения МНУ и отдельных насосов оператором, а также для контроля за работой электронасосных агрегатов. Кроме того, предусмотрено автоматическое включение/отключение одного или нескольких насосных агрегатов (каскадное или ступенчатое регулирование подачи МНУ) в зависимости от числа одновременно работающих ДМ или систем орошения.

Предлагаются следующие опции:

- вакуум-система, включающая в себя один или несколько вакуумных насосов с электроприводом, вакуумный бачок и систему вакуумной автоматики, установленные на общей раме с основными электронасосными агрегатами. Данная опция необходима в случае установки МНУ выше уровня водозабора (положительная высота всасывания);
- частотно-регулируемый привод (ЧРП) одного или нескольких электродвигателей основных насосов. Использование ЧРП дает возможность автоматического или ручного плавно-ступенчатого регулирования подачи МНУ в зависимости от числа одновременно работающих дождевальных машин или систем орошения и режимов их работы. Данная опция позволяет снизить затраты электроэнергии, потребляемой МНУ, более точно отрегулировать параметры подачи и напора насосов в соответствии с режимом работы оросительной сети, а также повысить ресурс электронасосных агрегатов. Кроме того, использование ЧРП является одним из эффективных способов предотвращения гидроударов в системах орошения, где установлена МНУ;
- устройство плавного пуска (УПП) одного или нескольких электродвигателей основных насосов. Данная опция рекомендуется для снижения

пусковых токов электродвигателей и увеличения ресурса электронасосных агрегатов;

● контейнерное исполнение: в виде блок-бокса со стенками или без них.

Преимущества насосных установок типа МНУ по сравнению с БКНС и ПНС

1. Полная заводская комплектность и готовность к эксплуатации.

Стандартная комплектация МНУ предусматривает полную укомплектованность насосной установки всеми насосными агрегатами, запорной арматурой, контрольно-измерительными приборами, силовыми шкафами и шкафами автоматики на заводе-изготовителе и подразумевает минимальные пусконаладочные работы на месте установки.

2. Возможность и простота многократной переустановки МНУ.

В стандартной комплектации МНУ поставляется на единой раме (по заказу – различные варианты контейнерного исполнения), что позволяет при необходимости переместить ее в другое место или убрать на склад в зимнее время и переустановить следующей весной. Для монтажа-демонтажа требуется высокая квалификация обслуживающего персонала.

3. Каскадно-частотное регулирование подачи МНУ.

В целях обеспечения оросительной сети необходимой подачей воды в зависимости от количества одновременно работающих дождевальных машин или участков орошения, а также в зависимости от режима орошения предусматривается ступенчатое (каскадное), бесступенчатое частотное (опция) или комбинированное каскадно-частотное регулирование подачи насосной станции. При каскадном регулировании подачи возможно также применение устройств плавного пуска (опция).

4. Цифровое управление и контроль за режимами работы МНУ.

В состав стандартной комплектации МНУ входит шкаф системы автоматизированного управления и контроля (САУК), позволяющий:

● осуществлять ручной, автоматический и дистанционный режимы пуска/останова МНУ; ручной, автоматический и дистанционный режимы управления подачей при заданных значениях напоров МНУ; визуальный контроль за работой насосов и параметрами работы МНУ; дистанционный контроль за работой насосов и параметрами работы МНУ;

● при подключении к единой автоматизированной системе полива использовать технологии энерго- и ресурсосбережения или технологии повышения урожайности сельхозкультур;

● исключить или минимизировать последствия аварийных режимов работы МНУ.

Предлагаются МНУ трех типов в зависимости от используемых в них насосов (рис.12.6-12.8).

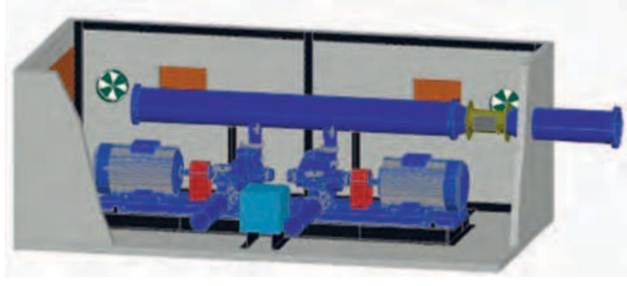


Рис.12.6. Общий вид насосной установка типа «Волга» на базе насосов типа Д

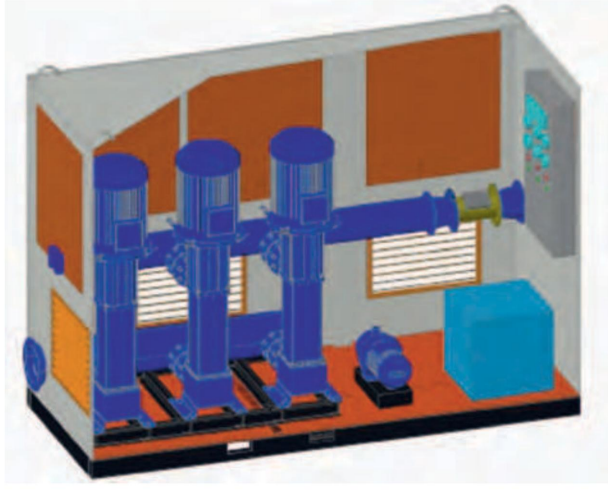


Рис.12.7. Общий вид насосной установки типа «Ладога» на базе насосов ЦНС



Рис.12.8. Общий вид насосной установки типа «Кама» на базе насосов типов К и КМ

В качестве конкретного примера разработана модульная насосная установка (МНУ) «Ладога» – 120/80. 3xSKMV-H 65C/6 – 18,5/4, спроектированная и изготовленная под руководством специалистов ВНИИ «Радуга» в Турции и установленная в 2014 г. в г. Камызяк (Астраханская область) на опытном поле по выращиванию хлопчатника в ГНУ ВНИИОБ (рис.12.9).



Рис.12.9. Насосная установка «Ладога» на оросительной сети (г. Камызяк, Астраханская область)

Параметры данной контейнерной насосной установки:

- подача 30-200 м^3/ч (3 х 67 м^3/ч);
- напор 60-95 м;
- суммарная установленная мощность электродвигателей – 55,5 (3х18,5) кВт;
- высота всасывания – не более 3-4 м;
- габаритные размеры – 2,9 х 2 х 2,1 м;
- масса – 2900 кг.

МНУ указанной модели представляет собой насосную установку и включает в себя:

- насос типа SKMV-H 65C/6 с электродвигателем N=18,5 кВт – 3 шт.;
- вакуумный насосный агрегат типа PVM 115/030 с вакуумным бачком – 1 шт.;
- комплект запорно-регулирующей арматуры – 1 шт.;
- комплект датчиков давления – 1 шт.;
- расходомер электромагнитный типа OPTIFLUX 1000 Dn = 150 мм – 1 шт.;
- компенсационный бак 50 л – 1 шт.;
- силовой шкаф с панелью контроля и управления, включая контроллер и частотно-регулируемый привод электродвигателя – 1 шт.;
- всасывающий коллектор Dy = 250 мм – 1 шт.;
- нагнетающий коллектор Dy = 200 мм – 1 шт.;
- раму – 1 шт.;
- контейнер – 1 шт.;
- комплект внутренних силовых кабелей – 1 шт.;
- комплект коммутационных кабелей – 1 шт.

Используемые источники

12.1. **Вишневский К.П., Подласов А.В.** Проектирование насосных станций закрытых оросительных систем: справ. – М.: Агропромиздат, 1990.

12.2. **Ольгаренко Г.В., Давшан С.М., Савушкин С.С., Бальбеков Р.А.** Насосные станции для орошения: справ. пос. – Коломна, 2007.

12.3. Концепция федеральной целевой программы «Развитие гидромелиорации сельскохозяйственных земель России на 2010-2015 годы и на периоды до 2020 и до 2025 годов». – М., МСХ РФ, 2009.

12.4. **Ольгаренко Г.В., Давшан С.М., Савушкин С.С.** Перспективы использования серийной и новой поливной техники в АПК России. – Коломна, ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2008.

12.5. **Городничев В.И., Савушкин С.С., Хмарский В.А.** Модернизация АСУ ТП мелиоративных стационарных насосных станций // Мелиорация и водное хоз-во. – 2012. – № 5.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

Экологически допустимые границы применимости серийной дождевальной техники

Наименование вида ирригационного оборудования	Дефицит водного баланса	Скорость ветра, м/с	Средняя скорость впитывания в первый час	Глубина залегания, м		Максимальный уклон местности	Необходимый объем планировочных работ, $м^3$/га	Давление на почву, кПа
				подстилающего почву слоя	минерализованных вод			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Среднеструйные дождевальные установки. Показатели определены по переносной установке КИ-50	1-3	До 5	15-30	Более 0,5	Более 2	0-0,1	До 800	60
2. Двухконсольные короткоструйные дождевальные машины с забором воды на открытом оросителе. Показатели определены по ДДА-100МА	1-5	До 5	10-30	Более 1,5	Более 2	0,001-0,004	До 800	60
3. Многоопорная электрифицированная дождевальная машина с короткоструйными насадками, работающая в движении из открытой сети	3-6	До 6	5-30	Более 0,5	Более 2	0-0,01	До 400	60
4.Широкозахватные среднеструйные дождевальные машины позиционного действия. Показатели определены по дождевальной машине «Волжанка»	1,5-5	До 7	5-30	Более 0,5	Более 2	0-0,02	До 500	20
5.Широкозахватные среднеструйные дождевальные машины, работающие по кругу. Показатели определены по дождевальной машине «Фрегат»	1,5-5	До 8	5-30	Более 0,5	Более 2	0-0,03	До 500	160

Продолжение прил. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
6. Дальнеструйные машины с забором воды из канала определены по дождевальной машине ДДН-70,100, 150	1-4	До 5	15-30	Более 1,0	Более 2	0,001-0,007	До 300	100
7. Самоходные шланговые дождеватели среднеструйные, работающие в движении	1,5-5	До 5	5-80	Более 0,5	Более 2	0-0,05	До 400	70
8. Стационарные системы и стационарные комплекты СИД	1,5-5	До 5	1-30	Более 0,3	Более 2	0-0,3	До 3000	200

Приложение 2

Экологически допустимые границы применимости серийной и перспективной дождевальной техники для фермерских хозяйств

Наименование вида ирригационного оборудования, поливного устройства, характеристика технологического процесса	Коэффициент естественной природной увлажненности/ суточный расход влаги, $м^3$/га	Водопроницаемость почвы, см/ч	Глубина залегания грунтовых вод (пресных/ минерализованных), м	Глубина залегания подстилающего почву слоя, м	Максимальный уклон поверхности участка	Показатель выравненности поверхности участка, $м^3$/га
1	2	3	4	5	6	7
1. Перспективные дождевальные установки с дефлекторными, целевыми насадками и забором воды из трубчатой сети (установка «Радуга»)	Более 0,3 30-60	1-30	Более 1 Более 2	Более 0,5	0,0-0,05	Менее 400
2. Дождевальные установки со среднеструйными аппаратами и забором воды из трубчатой сети («Россиянка»)	Более 0,3 30-60	1-30	Более 1 Более 2	Более 0,3	0,0-0,05	Менее 400
3. Перспективный шланговый дождеватель позиционного действия с забором воды из трубчатой сети или водонапорной системы («Кооператор»)	Более 0,3 30-60	1-30	Более 1 Более 2	Более 0,5	0,0-0,1	Менее 400
4. Шланговый дождеватель, работающий в движении с забором воды из трубчатой сети или бытового насоса	Более 0,3 30-60	1-30	Более 1 Более 2	Более 0,3	0,0-0,05	Менее 400
5. Дождеватель импульсного действия, работающий в движении с забором воды из трубчатой сети (ДШИ-3)	Более 0,3 30-60	1-30	Более 1 Более 2	Более 0,3	0,0-0,05	Менее 1000
6. Перемещаемый дождевальный шлейф импульсного действия с забором воды из трубчатой сети (шлейф с дождевальной тягой «Роса-3»)	Более 0,3 30-80	1-30	Более 1 Более 2	Более 0,3	0,0-0,1	Менее 400
7. Дождевальная однопролетная машина кругового действия с забором воды из трубчатой сети («Карусель», «Мини-Карусель-К»)	Более 0,3 30-80	5-30	Более 1 Более 2	Более 0,5	0,0-0,03	Менее 500
8. Дождевальная многопролетная машина кругового действия с забором воды из трубчатой сети («Фермер-Кубань-ЛК-1», «Фермер-Фрегат»)	Более 0,3 30-80	5-30	Более 1 Более 2	Более 0,5	0,0-0,02	Менее 400

Продолжение прил. 2

1	2	3	4	5	6	7
9. Дождевальная машина фронтального действия, работающая в движении с забором воды из перемещаемого шланга, питающегося от трубчатой сети («Мини-Кубань-ЛК», «Мини-Фрегат-ФШ»)	Более 0,3 30-80	5-30	Более 1 Более 2	Более 0,5	0,0-0,03	Менее 500
10. Дождевальный колесный трубопровод позиционного действия с забором воды из гидрантов трубчатой сети (ТКА-24)	Более 0,3 30-80	5-20	Более 1 Более 2	Более 0,5	0,0-0,02	Менее 400
11. Стационарно-сезонный комплект медленного, в том числе противозаморозкового дождевания	Более 0,3 30-60	5-20	Более 1 Более 2	Более 0,3	0,0-0,1	Менее 1000
12. Стационарная система прерывистого дождевания с гидроавтоматическим управлением (ДАУ-30)	Более 0,3 30-80	10-30	Более 1 Более 2	Более 1,0	0,0-0,05	Менее 400
13. Стационарная система мелкодисперсного дождевания с забором воды из трубчатой сети	Более 0,3 20-60	0,1-25	Более 0,5 Более 1	Более 0,3	0,0-0,3	Менее 3000

Приложение 3

Технико-экономические характеристики техники для полива

Таблица 3.1

Сравнительная таблица показателей широкозахватных дождевальных машин отечественного и зарубежного производства

Название, страна-изготовитель	Производительность, га/ч (га/сезон)	Коэффициент эффективности полива	Материалоемкость, кг/га	Затраты энергии на 1 м^3 воды, кВт · ч	Численность обслуживающего персонала	Стоимость, тыс. руб.	Коэффициент готовности	Число модификаций	Степень автоматизации
ДМ «Фрегат» ДМУ-Б463-90 (Россия)	1,43 (74,9)	0,7	200,3	0,36	1 человек на 3-4 машины	700	0,98	21	Автоматический полив по кругу на позиции
«Valley» (459,8м) (США)	1,0 (72,6)	0,7	210,7	0,24	1 человек	1000	0,99	10	Автоматический полив по кругу на позиции
Дождевальная система «Shur-Roll» (США)	0,44 (70,0)	0,65	1868	0,93	1 человек на 2-3 установки	320	0,98	-	Автоматический полив при фронтальном перемещении
ДКШ-64 «Волжанка» (Россия)	0,77 (65,0)	0,75	3764	0,29	1 человек на 2 установки	650	0,98	6	Автоматический полив при фронтальном перемещении
ЭДМ «Кубань-ЛК» (Россия)	3,35 (96,4)	0,7	256	0,16 (без учета затрат на перемещение)	1 человек на 5-6 машин	1200	0,99	7	Автоматический полив по кругу
Zimmatic 410Elektric (США)	3,3 (100,0)	0,7	160	0,18 (без учета затрат на перемещение)	1 человек на 5-6 машин	800	0,99	10	Автоматический полив по кругу
ДДА-100МА с модернизированным дождевальным поясом (Россия)	0,78 (160,0)	0,78	589	0,22	1 человек	С трактором 600	0.97	3	Автоматический полив полосы
BAUER «Rainstar» AS 50 (Австрия)	0,16 (52,0)	0,7	1023	0,21	1 человек	1200-1400	0,98	5	Автоматический полив полосы

Таблица 3.2

Нормативно-справочная информация по параметрам дождевальной техники

Тип (модификация)	Расход, $м^3$/га	Давление на входе в машину, МПа	Площадь, орошаемая с одной позиции, $мм^2$	Средняя интенсивность дождя, мм/мин	Дождевальный аппарат	Характер перемещения дождевого облака
ДКШ-64-800	0,054	0,39	18-800	0,27	ДКШ-64.00.060	Угловое, непрерывно формируемое
ДКШ-64-400	0,054	0,39	24-800	0,35	ДКШ-64.00.060	Угловое, непрерывно формируемое
ШД-25/300	0,03	0,5	60-300	0,125-0,168	«Тимирязевец»	Постоянное
ДФ-30	0,03	0,5	80-400	<0,3	Среднеструйный	Оросительно-угловое
ДМУ-А337-65	0,065	0,59	674-674	0,29	«Фрегат»	Двойное угловое
ДМУ-А362-50	0,05	0,54	724-724	0,21	«Фрегат»	Двойное угловое
ДМУ-А302-50	0,05	0,55	784-784	0,2	«Фрегат»	Двойное угловое
ДМУ-А417-55	0,055	0,57	834-834	0,21	«Фрегат»	Двойное угловое
ДМУ-Б463-90	0,09	0,68	925-925	0,20	«Фрегат»	Двойное угловое
«Кубань-ЛК-1»	0,07	0,35-0,4	966-966		«Фрегат»	Двойное угловое
МДЭФ «Кубань»	0,2	0,31	1500-800	1,3	Дефлекторные	Фронтальное
КСИД-10А	0,01	0,55-0,7	100-100	<0,02	Среднеструйные	Постоянное

Таблица 3.3

Сравнительная таблица технических характеристик дождевальных машин АДК-20, «Сигма - PZT90», «Reinstar», «Агрос -ДШ-75М»

Показатели	Дождевальная машина			
	АДК-20 (Россия)	«Сигма-PZT90» (Чехия)	«Reinstar» (Австрия)	«Агрос-ДШ-75М» (Россия)
1	2	3	4	5
Забор воды	Из шланга	Из шланга	Из шланга	Из шланга
Привод	Гидравлический (на движение и полив)	Гидравлический (на поливе); агрегатируется с трактором	Гидравлический (на поливе); агрегатируется с трактором	Гидравлический (на поливе); агрегатируется с трактором
Водопроводящий трубопровод	Облегченный	Повышенной материалоёмкости	Повышенной материалоёмкости	Повышенной материалоёмкости
Напор, МПа	0,4-0,5	0,6-1,0	0,6-1,0	0,6-0,7
Расход, л/с	10,0-20,0	7,6-12,5	6,4-15,8	5,0-6,0
Площадь орошаемой полосы, га	1,6	2,2-2,6	2,4	1,0

Продолжение табл. 3.3

1	2	3	4	5
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,2-0,3	Не менее 0,8	Не менее 0,8	Не менее 0,8
Средний диаметр капель дождя, мм	Менее 1,0	Не менее 1,0-2,0	Не менее 1,0-2,0	
Коэффициент эффективного полива	0,85	0,60	0,65	0.75
Коэффициент земельного использования	0,98	0,96	0,94	0,95
Масса, кг	3200	1506(2400)	2270	2120
Стоимость серийного образца, руб. (долл. США)	~ 450000 (14150)	310000 (9698)	~ 600000 (18890)	424881 (13361)

Приложение 4

Эколого-ландшафтные требования к технологии и технике полива

Таблица 4.1

Состав нормативно-справочной информации в базе данных

Группа показателей	Показатели	Ед. изм.
1	2	3
Технико-эксплуатационно-энергетические	Расход воды	л/сек
	Напор на гидранте	м.в.ст.
	Мгновенная интенсивность дождя	мм/мин
	Средняя крупность дождя	мм
	Коэффициент эффективного полива	
	Конструктивная длина	м
	Площадь одновременного захвата дождем	га
	Площадь полива с одной позиции	га
	Производительность (при поливной норме 300 м^3/га)	га/час
	Площадь обслуживания за сезон	га
	Высота трубопровода над поверхностью земли	м
	Допустимая скорость ветра	м/сек
	Расстояния между оросителями или линиями гидрантов	м
	Количество дождевальных аппаратов или насадок	шт.
	Привод (гидравл., электр., тепловой)	
	Скорость передвижения:	м/мин
	рабочая	
	холостого хода	
	Обслуживающий персонал	чел/га
	Коэффициент:	
	земельного использования	
	готовности	
	использования сменного времени	
	надежности технологического процесса	
	технического использования	
	Удельная металлоемкость на:	кг/га
	орошаемую площадь	т/м^3
	расход	
	Удельная материалоемкость на:	кг/га
	орошаемую площадь	кг/м^3
	расход	кВтч/га
	Удельная энергоемкость на:	кВт/м^3
	орошаемую площадь	
	расход	
Эколого-ландшафтно-адаптивные	Дефицит водопотребления	мм
	Количество осадков	мм
	Испаряемость	мм
	Средняя скорость ветра	м/с
Климатические	Индекс сухости	
Почвенные	Скорость впитывания	мм/мин
	Гранулометрический состав	%
	Содержание гумуса и глубина гумусового горизонта	%, м
	Глубина залегания воднорастворимых солей	м
	Соотношение солей в ППК	%
	Степень засоления	
	Эрозионная стойкость почв	
	Плотность почв	т/м^3
	РН	

Продолжение табл. 4.1

1	2	3
Гидрогеологические	Глубина залегания грунтовых вод	м
	Минерализация	г/л
	Содержание в оросительной воде Na	% от суммы катионов
	PH оросительной воды	
	SAR	
	Дренированность территории	%
	Осветленность оросительной воды	
Геоморфологические	Протяженность склонов	км
	Эрозионная устойчивость территории	
	Объем планировочных работ	$м^3$
Агробиологические	Специализация сельскохозяйственного производства:	
	характер развития	
	типичные севообороты	
	размер полей	га
	конфигурация участков	
	требования культур к режиму орошения с учетом технологий возделывания	
	урожайность сельскохозяйственных культур	ц/га
Экономические	Удельные затраты на строительство системы	
	Удельные затраты на осуществление технологического процесса	%
	Удельный выход продукции	
	Удельная прибыль	

Таблица 4.2

Система показателей оценки качественного уровня дождевальной техники

Показатели, условное обозначение, размерность	Способ определения	Критические значения	Марка техники			
			ДДА-100МА	ШДМ круговые	ДМ шланго-барабанные	ШДМ линейные
1	2	3	4	5	6	7
1. Группа показателей назначения, характеризующих получение прироста продукции и использование природных (хозяйственных) ресурсов						
1.1. Прирост продукции от орошения V, доли единицы	$\Delta V = 1 - \frac{V_б}{V_о}$, где $V_б$, $V_о$ – урожай соответственно на богаре и при орошении	≥ 0,3 дифференцирован по зонам и культурам	0,25-0,75	0,25-0,75	0,25-0,75	0,25-0,75
1.2. Степень использования земельных ресурсов (коэффициент земельного использования орошаемого поля) (КЗИ), доли единицы	$КЗИ = \frac{Wнетто}{Wбрутто}$, где Wнетто, Wбрутто – площадь нетто и брутто участка системы севооборотного поля, га	0,95	0,965	0,980	0,950	0,970
1.3. Степень использования водных ресурсов (коэффициент полезного действия участка системы в пределах сельскохозяйственных культур севооборотного поля (КПД), доли единицы	$КПД = \frac{W}{W + \Delta W}$, где W – суточная водоподача, нетто, $м^3$/га; ΔW– потери воды на глубинную фильтрацию, испарение и снос влаги ветром за пределы орошаемого поля	0,7-1,0	0,75	0,85	0,75	0,80
1.4. Удельная энергоемкость технологического процесса полива ($А_{уд.}$), кВт·ч/$м^3$	$А_{уд.} = 2,72\left(\frac{H}{\eta} + \frac{H_1}{\eta_1}\right)$, где H – напор в трубопроводной сети последнего порядка, м; H_1 – напор, развиваемый насосно-силовым оборудованием дождевальных (поливных) машин, м; η и η_1 – КПД головной насосной станции и насосно-силового оборудования машин	При дождевании – 500-1500, при поверхностном, капельном и внутрипочвенном орошении – 50-200	0,22	0,36	33	0,14

Продолжение табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7
1.5. Трудоемкость орошения поданной воды ($П_{уд.}$), чел.-ч на 1000 м^3	$$П_{уд.} = \frac{n_a}{3{,}6\, Q_y\, K_{см}.\, n},$$ где Q_y – расход воды, поступающей на орошаемое поле, м^3/с; $K_{см}$ – плановый коэффициент использования времени за смену; n_a, n – соответственно количество единиц поливной техники на орошаемом поле и обслуживаемой одним оператором	≤ 2	2,0-4,0	1,0-1,5	2,5-5,0	0,6-1,8
2. Группа показателей назначения, характеризующих качество технологического процесса полива						
2.1. Средняя интенсивность водоподачи за технологический цикл полива в сутки (И), м^3/га	$$И = \frac{Q_м}{F},$$ где $Q_м$ –расход поливной (дождевальной) машины, м^3/с; F – площадь полива за технологический цикл, га	400	546	458	504	504
2.2. Степень приближения интенсивности водоподачи к интенсивности водопотребления ($K_{рт}$), доли единицы	$$K_{рт} = \frac{T}{T_1}\left(1 - E / И\right),$$ где T и T_1 – продолжительность межполивного периода (T_1=1сут.); E – интенсивность водопотребления в сутки, м^3/га; И – средняя интенсивность водоподачи за технологический цикл полива в сутки, м^3/га	1-50	4,8-9,6	4,8-7,8	4,8-8,0	4,8-8,0
2.3. Средний диаметр капель дождя ($d_{ср}$), мм	Экспериментально	≤ 1	1,5	1,1	2,0	1,0
2.4. Энергия капель дождя Э, дж	Экспериментально и по расчетам	≤ 55 10^{-9} – для дальнеструйных, ≤ 5·10^{-9} – для среднеструйных, ≤ 5·10^{-11} – для мелкодисперсных дождевателей	0,23	0,11	0,23	0,03

2.5. Действительная интенсивность дождя (ρ), мм/мин	$P=\frac{60\cdot Q}{f}$, где Q – расход машины (аппарата), л/с; f – площадь одновременного захвата дожде, м^2	Для слабоводо-проницаемых почв 0,1-0,2 Для сильноводопро-ницаемых почв 0,5-0,7	3,2	0,25	0,50	1,2
2.6. Слой осадков за один проход машины или оборот (h), мм	Для фронтальных машин $h=\frac{60Q}{V\cdot b}$, где V – скорость движения, м/мин; b – размер захвата дождем в направлении движения машины, м. Для струйных дождевателей и машин кругового действия $h=\frac{60Q}{\Pi R^2\cdot n}$, где n – частота вращения дождевателя, мин; R – радиус захвата дождем, м	10-20	3,6-6,8	25-100	1,5	6-70
2.7. Продолжительность безнапорного дождевания (без лужеобразования) ($t_{луж.}$), мин	Устанавливается экспериментально и расчетом $t_{луж.}=\left(\frac{K_1}{И}\right)^{1/\alpha}\cdot\sigma\left[\sigma^{ж}\left(1-\alpha\right)\right]$, где K_1 – средняя (по А.Н. Костякову) скорость впитывания в первую единицу времени, см/мм; И – интенсивность водоподачи, см/мм; α – коэффициент затухания скорости впитывания, изменяющийся от 0,3 до 0,8 для различных почв; σ, $\sigma^{ж}$ – дефицит влаги в почве между влажностью, соответствующей полной влагоемкости и исходной перед поливом, в том числе соответствующей нижнему порогу увлажнения	≥ 20	49,0	63,3	29,0	33,0
2.8. Слой дождя до стока (h) мм	Устанавливается экспериментально и расчетом		30,0	38,0	12,0	40,0

Продолжение табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7
2.9. Равномерность распределения воды по площади. Среднеквадратичное отклонение (коэффициент Кристиансена, G)	Показатели (σ, $К_{эф}$) устанавливаются экспериментальным путем $C = 100\left(1 - \frac{\sum\lvert d\rvert}{hcp \cdot n}\right)$, где $\lvert d\rvert$ – абсолютная величина отклонения измерения от среднего слоя осадков, мм; hcp – средний слой осадков, мм; n – число измерений, характеризует среднеквадратичное отклонение слоя дождя по площади; $К_{эф.}$ – характеризует процент площади, слой дождя, на которой отклоняется от среднего значения в допустимых агротехнических пределах ($\pm$25%)	$\geq 0{,}8$ $\geq 0{,}7$	0,85 0,70	0,87 0,75	0,70 0,50	0,89 0,80
Коэффициент эффективного полива ($К_{эф}$)	$К_{эф} = \frac{W_{эф}}{W}$, где $W_{эф}$ – площадь эффективного полива, м^2; W – общая поливная площадь, м^2					
2.10. Почвоувлажнительный эффект процесса полива. Степень соответствия влажности корнеобитаемого слоя почвы ее биологическому оптимуму; среднеквадратичное отклонение (Δ), доли единицы	$\Delta = \sqrt{\frac{1}{T} S_0^T \left(\frac{\beta_t - \beta_1}{\beta_0^2}\right)^2 \cdot dt}$. При линейном изменении в β_t от $\beta_0 + \frac{\Delta\beta}{2}$ в начале периода до $\left(\beta_0 - \frac{\Delta\beta}{2}\right)$ – в конце межполивного периода,	0,2	0,10	0,15	0,19	0,10

	$\Delta = \frac{\beta_{\Delta}}{\sqrt{12}\beta_0}$, где Δ – среднеквадратичное отклонение влажности почвы; β_1 β_0 – текущее и оптимальное значение влажности почвы; $\left(\frac{\Delta\beta}{2}\right)$ – размах (отклонение) от среднего значения в моменты О и Т межполивного периода	0,1-1,0	0,15	0,10	0,20	0,10
Коэффициент почвоувлажнительного эффекта ($К_{ПЭ}$), доли единицы	Устанавливается экспериментальным путем как доля от водоподачи (поливной нормы), идущей на увлажнение почвенного слоя в процессе полива					
Показатель снижения прироста урожайности из-за несоответствия влажности корнеобитаемого слоя почвы ее биологическому оптимуму ($\Delta У$), доли единицы	$\Delta У = 1 - \left(1 - \frac{У_0}{У_{max}}\right) \cdot \left(f - \frac{\Delta^2}{4}\right)$, где $У_o$, $У_{max}$ – соответственно урожай без орошения при биологическом оптимуме; Δ – среднеквадратичное отклонение влажности корнеобитаемого слоя почвы от ее биологического оптимума, равного примерно 80% от НВ	Для дождевания $\leq 0,4$ Для поверхностного, капельного и внутрипочвенного орошения $\leq 0,1$ $\leq 0,1$	0,10	0,06	0,15	0,05

Продолжение табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7
2.11. Микроклиматический эффект процесса полива. Среднеквадратичное отклонение фактора относительной влажности приземного слоя воздуха от биологического оптимума (Δ), доли единицы	$\Delta = \sqrt{\frac{1}{T}\left[\int_0^2 \left(\frac{\beta'}{\beta_0 - 1}\right)^2 dt + \int_Q^T \left(\frac{\beta''}{\beta_0 - 1}\right)^2 dt\right]}$, где β_0 – значение фактора, соответствующего биологическому оптимуму, %; β' – текущее значение фактора в интервале времени $0 \le t \le \theta$ (фаза полива); β'' – текущее значение фактора в интервале времени от окончания полива (Q) до конца межполивного (Т) периода		-	-	-	-
Микроклиматический коэффициент, ($К_{мк}$), (потери на испарение), в доли единицы	Устанавливается экспериментальным путем как доля от водоподачи (поливной нормы), идущей на увлажнение приземного слоя воздуха в процессе полива для определенных климатических условий. Устанавливается экспериментальным путем и ориентировочными расчетами	Для мелкодисперсного дождевания 1-0,7. Для дождевания – 0,15-0,5 Для поверхностного орошения ≤ 0,1	0,05	0,15	0,21	0,10
Показатель снижения прироста урожайности при недостаточном воздействии технологического процесса полива на микроклимат приземного слоя воздуха (ΔУ), доли единицы	$У = 1 - \left(1 - \frac{У_0}{У_{max}}\right) \cdot \left(1 - \frac{\Delta^2}{4}\right)$, где $У_0$, $У_{max}$ – урожайность без орошения и при оптимальном увлажнении, ц/га; Δ – среднеквадратичное отклонение влажности приземного слоя воздуха от биологического оптимума	0,05-0,5 0,5-2,0	0,43	0,30	0,78	0,28

2.12. Повреждаемость растений в процессе полива и послеполивных обработках (Р), %	Устанавливается экспериментально и расчетом $\left(1-\frac{n-\Delta n}{n}\right)\cdot 100$, где n и Δn – количество растений на 1 м^2;		0	1,3	0	2,0
3. Группа показателей, характеризующих эксплуатационные параметры, надежность и долговечность ирригационного оборудования						
3.1. Трудоемкость нормативного технического обслуживания за сезон (STi), чел.-ч	По паспортным данным и расчетам		15,6	77,9	25,0	97,0
3.2. Степень полезного использования поливного технологического оборудования во времени.						
Коэффициент сменного использования ($К_{см}$).	По паспортным данным	0,95	0,82	0,92	0,84	0,88
Коэффициент суточного использования ($К_{сут}$).	По паспортным данным	0,9	0,82	0,92	0,84	0,88
Коэффициент сезонного использования ($К_{сез}$).	По паспортным данным	0,7	0,70	0,80	0,72	0,75
Коэффициент эффективного использования оборудования во времени ($К_т$).	$К_Т = \frac{T-\Delta T}{T}$, где Т – продолжительность использования (полезного) технологического оборудования за расчетный период, ч; ΔТ – продолжительность технологических пауз и простоев из-за отказов за расчетный период, ч	≥ 0,2	0,35	0,75	0,50	0,65
3.3. Эксплуатационная надежность технологического оборудования.	Экспериментально и по паспортным данным. Экспериментально по паспортным данным и расчетом					
Средняя наработка на отказ (Т), ч.		≥ 100	120	25,0	150	50,0
Коэффициент готовности (Кг)	$К_г = T_о/(T_о + T_В)$, где Т – средняя наработка на отказ, ч; $T_В$ – среднее время восстановления, ч	≥ 0,96	0,94	0,96	0,99	0,89

Продолжение табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7
3.4. Срок службы поливного оборудования (T_C), годы.	Устанавливается нормативно и по паспортным данным:	≥ 8	10,0	10,0	10,0	10,0
Достигаемый уровень механизации процесса полива (А), доли единицы	$A = \frac{Тм(а)}{Тр + Тм(а)}$, где Тм (а) и Тр – суммарная продолжительность выполнения операции механизированно и вручную	0,1-1,0	-	-	-	-
4. Группа экономических показателей						
4.1. Капитальные вложения						
Удельная стоимость строительства, реконструкции систем (К), тыс. руб, га	$K = \frac{\sum C}{F}$, где $\sum C$ – суммарная стоимость оросительной системы, у.е.; F – площадь оросительной системы, га.	≤ 20 тыс. долларов США для стационарных систем. ≤ 10 тыс. долларов США для полустационарных систем	1570	2760	1870	2421
Удельная стоимость дождевального оборудования, (K_g), тыс. руб/га	$K_g = \frac{C_g}{F}$, где C_g – стоимость дождевальной техники, системы, у.е.; F – площадь оросительной системы, га.		100	244	171	-
Капитальные затраты на 1000 м^3 подаваемой воды, (K_B), тыс. руб.	$K_B = \frac{К1000}{M}$, где К – удельная стоимость системы, у.е.; М – оросительная норма, м^3/га		1,785	2,1380	3,935	4,1210

4.2. Издержки на проведение поливов Стоимость всех использованных энергоресурсов для подачи 1000 м^3 воды (Сэ), тыс. руб.	$C_Э = \frac{\overline{C}_Э 1000}{M}$, где $\overline{C}_э$ – стоимость энергоресурсов для обеспечения орошения 1 га, у.е.; М – оросительная норма, м^3/га		5,4 10,85	15,9 42,5	5,5 10,9	
Оплата труда в пересчете на 1000 м^3 поданной воды, ($C_т$), тыс. руб.	$C_Т = \frac{\overline{C}_Т 1000}{M}$, где $\overline{C}_т$ – оплата труда, у.е/га; М – оросительная норма, м^3/га		2,3 66,0	0,60 69,8	2,40 87,0	
Суммарные издержки на проведение поливов, (Сп), тыс. руб/1000м^3	$Cn = \frac{\overline{C}_т + C_{ар} + C_э \cdot 1000}{M}$, где $C_т$, $C_э$ – издержки на 1 га; $C_{ар}$ – затраты на амортизацию и ремонт 1 га ВОС, у.е.; М – оросительная норма, м^3/га		47,5	53,3	59,3	
4.3. Сравнительная экономическая эффективность нового варианта с базовым по основным эффектообразующим факторам. Экономический эффект от снижения капитальных затрат на строительство ($\Delta Э_к$), тыс. руб/га	$\Delta Э_к = К_б - К_н$, где $К_б$, $К_н$ – удельные капитальные затраты базового и нового вариантов, у.е/га		150	445	-	275

Продолжение табл. 4.2

1	2	*3*	4	5	6	7
Годовой экономический эффект от снижения издержек (ΔЭи), тыс.руб/га	$\Delta Э_и = И_б - Ин,$ где $И_б$, $И_н$ – удельные издержки по базовому и новому вариантам, у.е/га		21	17,2	-	4,1
Годовой экономический эффект за счет снижения потерь воды (ΔЭв), тыс.руб.	$\Delta Э_в = F_н M(C_б - C_н),$ где $C_б$, $C_н$ – издержки на проведение поливов; $F_н$ – площадь сезонного обслуживания базовой техникой, га; M – оросительная норма, $м^3$/га					
Годовой экономический эффект за счет более полного использования земельной площади, ($\Delta Э_з$), тыс. руб.	$\Delta Э_з = И_{вп} (F_н - F_б),$ где $И_{вп}$ – цена валовой продукции с 1 га, у.е.; $F_н$, $F_б$ – земельная площадь нового и базового вариантов, га					
Годовой экономический эффект от повышения урожая за счет улучшения качества технологического полива ($Э_к$), тыс. руб.	$Э_к = (У_н - У_б)\ Ц_{вп}\ F_н,$ где $У_н$, $У_б$ – урожай по новому и базовому вариантам, ц/га; $Ц_{вп}$ – стоимость валовой продукции, у.е/ц					
Годовой экономический эффект, полученный за счет повышения надежности технологического процесса и долговечности ирригационного оборудования ($Э_н$), тыс. руб.	$Э_н = (К_{гн} - К_{гб})\ И_б,$ где $К_{гн}$, $К_{гб}$ – коэффициент готовности нового и базового вариантов; $И_б$ – издержки по базовому варианту, у.е.					

4.4. Экономический эффект Экономический эффект за расчетный период, ($Э_т$), тыс. руб. Срок возврата капитальных вложений, ($Т_в$), годы	$Э_т = Р_т - З_т,$ где $Р_т$ – стоимостная оценка результатов работ, у.е.; $Э_т$ – стоимостная оценка затрат за расчетный период, у.е. $Т_в = \frac{З_т}{П},$ где $З_т$ – стоимостная оценка затрат за расчетный период, у.е.; П – прибыль от реализации продукции (услуг) в год, у.е.	≤ 10	970 0,70	780 1,4	900 0,88	740 1,3
5. Группа показателей, характеризующих энергетическую эффективность						
5.1 Коэффициент энергетической эффективности орошения (η_0)	$\eta_0 = \frac{У_0 Э_б}{Э_0 У_б},$ где $У_0/У_б$ – урожайность при орошении и на богаре; $Э_0/Э_б$ – отношение энергозатрат возделывания сельскохозяйственных культур на орошении и богаре	> 1,0	-	-	-	-
5.2. Коэффициент гидравлической эффективности ($\eta_г$), доли единицы	$\eta = \frac{\Delta H_{уд}}{H_м},$ где $\Delta H_{уд}$ – потери напора на единицу длины машин; $H_м$ – напор на входе в машину	< 0,3	0,67	0,38	0,30	0,56
5.3. Энергетический эквивалент дождевальных машин ($\eta_м$) при $М_{ор}$ = 200 мм (МДж/м^3)	$\eta_м = \frac{Э_м}{m},$ где $Э_м$ – энергетический эквивалент дождевальной машины, МДж/ч; m – производительность за 1 ч работы, м^3	< 1,0	0,312	1,94	0,112	2,07

Продолжение табл. 4.2

1	2	3	4	5	6	7
5.4. Экологический коэффициент качества дождя ($\eta_э$)	$\eta_Э = \frac{Э_{дм}}{Э_д}$, где $Э_д$ – энергия естественных дождей средней силы, не приводящих к развитию водной эрозии ≈ 0,055 Вт/м^2; $Э_{дм}$ – энергия искусственного дождя, создаваемого различными типами ДМ, Вт/м^2	< 2,0	4,2	2,0	4,2	0,56
5.5. Экологический коэффициент равномерности водораспределения ($\eta_В$)	$\eta_В = \frac{S_М}{S_д}$, где $S_М$ – коэффициент эффективности полива по Кристиансену для ДМ; $S_д$ – коэффициент равномерности распределения для естественных дождей ≈ 0,9	0,8-1,0	0,88	0,94	0,77	0,97
5.6. КПД распыливания ($\eta_р$)	$\eta_р = \frac{Э_п}{Э}$, где $Э_п$ – энергия, пошедшая на образование искусственного дождя; Э – энергия, затраченная на водораспределение по полю	0,001-0,01	-	-	-	-

Примечание. 1. Расчеты проведены для средневзвешенной оросительной нормы 2000 м^3/га и поливной нормы 500 м^3/га.

2. Расчеты по блоку 4 не проводились, так как оценка патентной защищенности, чистоты и новизны технических решений в данном случае не требовалась.

Таблица 4.3

Эколого-ландшафтные факторы, определяющие адаптивность технологий и техники орошения

Технология орошения	Значение	Факторы оценки							
		климатические		геоморфологические		почвы		гидрогеологические	
		дефицит влагообеспе-ченности, тыс. $м^3$/га	скорость ветра, м/с	рельеф, уклоны	условный объем планировочных работ, $м^3$/га	скорость впитывания за первый час, м/сут	глубина почвенной толщи, м	допустимая глубина УГВ, пресных минерали-зованных, м	допустимая минерализа-ция, г/л
Поверхностный полив	Среднее	7,5	-	0,015	350	1-8,0	1,0	-	4
	Диапазон варьирования	5-10	-	0,0-0,03	0-700	1-15	0,5-1,5	3/5	3-5
Дождевание	Среднее	3,5	4,0	0,035	250	15,5	0,9	-	2,25
	Диапазон варьирования	1-6	0-8	0-0,07	0-500	1-30	0,3-1,5	1,5/3	1,5-3,0
Капельное	Среднее	7,5	-	0,1	-	12,5	1,25	-	0,5
	Диапазон варьирования	5-10	-	0,0-0,2	-	5-20	1,0-1,5	1,5/3	0,0-1,0
Внутрипоч-венное	Среднее	6,0	-	0,005	100	20	1,25		0,5
	Диапазон варьирования	2-10	-	0,002-0,015	0-200	10-30	1,0-1,5	1,5/3	0,0-1,0

Таблица 4.4

Возможность использования ДМ в зависимости от природных факторов

Тип машины	Почвенные условия			Геоморфологические	
	скорость впитывания в первый час, мм/мин	минимальная глубина залегания		продольные уклоны, %	сложность рельефа (условный объём планировочных работ), $м^3$/га
		сильнофильтрующего подстилающего горизонта, м	минерализованных грунтовых вод, м		
ДДА-100МА	0,17-0,50	0,50	3,0	0,0-0,02	0-300
«Волжанка»	0,10-0,50	0,50	3,0	0,0-0,02	0-500
«Днепр»	0,12-0,50	0,50	3,0	0,0-0,003	0-500
«Фрегат»	0,10-0,50	0,50	3,0	0,0-0,003	0-500
«Кубань»	0,20-0,50	0,50	3,0	0,0 -0,006	0-200
ДДН-70	0,10-0,50	1,50	3,0	0,1-0,07	0-300
Стационарные системы	0,25-0,50	0,50	3,0	0,0-0,4	0-800

Таблица 4.5

Допустимая интенсивность дождя, мм/мин

Почвы	Максимально допустимый общий уклон поверхности, %	Широкозахватные ДМ
Чернозёмы легкосуглинистые	0,002-0,019	0,30-0,35
Чернозёмы средние и тяжёлосуглинистые	0,019-0,029	0,22-0,27
Каштановые почвы	0,029-0,045	0,12-0,20

Таблица 4.6

Область применения различных способов орошения в неблагоприятных природно-климатических условиях

Технология орошения	Засоление	Механический состав		Сложный рельеф	Большие уклоны	Близкое расположение УГВ	Минерализация воды	Дефицит воды
		лёгкий	тяжёлый					
Мелкодисперсное микроорошение	-	+	+	+	+	+	-	+
Дождевание	-	+	+	+	+	-	-	+
Поверхностное	+	-	+	-	-	-	+	-
Внутрипочвенное	-	-	+	+	+	-	-	+
Капельное	-	+	+	+	+	+	-	+

Приложение 5

Таблица 5.1

Состав и диапазон изменения определяющих факторов

Показатели	Диапазон значений				
	очень большой	большой	средний	малый	очень малый
Коэффициент естественной природной увлажненности	>0,9	> 0,5-0,9	0,3-0,5	<0,3	0,1
Суточный расход влаги, $м^3$/га	>10	5-10	2-5	1-2	<1
Водопроницаемость почвы, см/ч	>25	20-25	5-20	1-5	<1
Глубина залегания, м:					
пресных грунтовых вод	-	>5	1-5	0,5-1	<0,5
грунтовых минерализованных вод	-	>5	2-5	1	<1
подстилающего почву слоя	>1,5	1,5	0,5-1,5	0,5	0,3
Максимальный уклон поверхности участка	>0,07	0,03-0,07	0,01-0,03	0,002-0,01	<0,002
Показатель выровненности поверхности участка, $м^3$/га	>600	400-600	200-400	< 200	-
Максимальная высота надземной части растения, м	-	>3	1-3	1	<1
Площадь участка, га	>130	50-130	20-50	10-20	<10
Расстояние между препятствиями, м	>350	200-350	100-200	50-100	10-50
Степень автоматизации технологического процесса, %	до 95	80-90	55-80	20-55	до 20
Водозабор, л/с	>28	15-25	5-15	1,5-5	0-1,5

Таблица 5.2

Границы технической применимости основных видов дождевальной техники

Поливная техника (наименование, марка)	Условия применимости									
	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	потребный объем планировочных работ, $м^3$/га	минимальный размер участка, м	высота надземной части растений, м	поливная норма, $м^3$/га
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
КСИД-10А	2-5	До 5	1-30	Более 0,3	Более 2	0-0,3	До 3000	100	До 4	200-1200
ДЦА-100МА	1-5	До 6	10-30	Более 0,5	Более 2	0,001-0,004	До 300	120	До 2	200-1200

Продолжение табл. 5.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
«Кубань-Л»	2-6	До 6	5-30	Более 0,5	Более 2	0-0,01	До 400	800	До 3,5	200-1200
«Кубань-ЛК-1»	2-6	До 6	5-30	Более 0,5	Более 2	0-0,02	До 500	800	До 3,5	200-1200
«Мини-Кубань-К»	2-6	До 6	5-30	Более 0,5	Более 2	0-0,07			2,7	До 430
«Кубань-ЛШ»	2-6	До 6	5-30	Более 0,5	Более 2	0,02			2,7	До 440
«Кубань-ФШ»	2-6	До 6	5-30	Более 0,5	Более 2	0,02			2,7	До 990
«Ладога»	2-6	До 6	5-30	Более 0,5	Более 2	0,03			2,7	До 800
«ФЕРМЕР Кубань-ЛК1»	2-6	До 6	5-30	Более 0,5	Более 2	0-002		5 га	2,7	20-560 $м^3$/га
ДМУ «Фрегат»:	2-5	До 8	5-30	Более 2	Более 2	0-0,03	До 500	400	До 2,5	200-800
«Фермер Фрегат-ДМУ»	2-5	До 8	5-30	Более 2	Более 2	0,05		2,3 га	До 2,2	49-102
ДДН-100, ДДН-70	1-4	До 5	15-30	Более 1,5	Более 2	0,001-0,007	До 300	100	До 5	200-800
ДКШ «Волжанка»	2-5	До 7	5-30	Более 0,5	Более 2	0-0,02	До 500	300	До 0,9	200-800
ДШ 25/300	2-5	До 4	10-30	Более 0,5	Более 2	0-0,07	До 500	150	3-7	200-1200
ДФ «Днепр»	2-5	До 8	7-30	Более 0,5	Более 2	0-0,02	До 500	500	До 2,5	200-800
КИ-50	1-3	до 5	15-30	Более 0,5	Более 2	0-0,1	До 600	300	До 4	200-1200

Таблица 5.3

Ориентировочные значения агроклиматических показателей для Европейской части Российской Федерации

Область	Относительная влажность воздуха, %	Температура воздуха по месяцам					Средняя скорость ветра, м/с	Общая пористость, %	Расчетная глубина увлажнения, см	Скорость впитывания осадков в первый час, см/ч
		V	VI	VII	VIII	IX				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Астраханская	25, 40, 50	15, 19	21,23	24,25	24, 26	16, 18	4, 5, 7	70 65-55 55-50 <50 40-25	20 40,60, 80, 100	1, 5-15

Пермская	48, 60, 80	11, 15	14, 21	15, 25	13, 18	10, 15	3, 4, 5	- « -	- « -	- « -
Московская	50, 60, 70	9, 12	11, 18	12, 21	12, 19	7, 13	2, 3, 8	- « -	- « -	- « -
Оренбургская	55, 60, 80	10, 16	17, 20	19, 22	15, 21	9, 15	4, 5, 6	- « -	- « -	- « -
Ленинградская	66, 75, 85	9, 10	10, 16	15, 16	10, 14	5, 10	3, 4, 5	- « -	- « -	- « -
Самарская	56, 66, 81	10, 19	11, 21	16, 23	16, 23	10, 19	3, 4, 5	- « -	- « -	- « -
Волгоградская	60, 70, 75	10, 18	14, 23	22, 30	20, 23	17, 20	4, 5. 8	- « -	- « -	- « -

Таблица 5.4

Ориентировочные значения технико-эксплуатационных показателей внутрихозяйственных оросительных систем с механизированным поливом*

Марка поливной техники	Энерго-емкость полива, кВт·ч / 1000 м^3	Трудо-емкость полива, чел.-ч / 1000 м^3	Коэффициент готовности	КЗИ	КПД	Доля поливной нормы, идущая на создание микроклимата	Доля поливной нормы, идущая на увлажнение почвы	Коэффициент равномерности увлажнения	Средняя интенсивность водоподачи, доли от водопот-ребления
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Оптимум показателя	min	min	max	max	max	max	max	max	min
«Кубань»	306,9	0,7	0,99	0,95	0,88	0,25	0.75	0,77	330
«Днепр»	286,1	1,3	0,96	0,97	0,98	0,2	0,8	0,7	100
«Волжанка»	291,1	3,5	0,98	0,97	0,98	0,2	0,8	0,66	90
«Фрегат (круг)»	508,7	2,0	0,98	0,98	0,97	0.2	0.8	0,69	70
«Фрегат (поле)»	508,7	2,0	0,98	0,84	0,97	0,2	0,8	0,69	70
ДДА-ЮО МА	344,4	6,2	0,98	0,91	0,86	0.2	0.8	0,7	250
ДДН-70 (100)	513,4	6,5	0,92	0,89	0,86	0,1	0,9	0,57	120
КСИД	395,0	3,2	0,98	0,98	0,99	0.4	0,6	0,78	1
ТКУ-100п	52,5	1,5	0,96	0,97	0,91	0,04	0,96	0,715	90
АШУ-4	116,0	5,6	0,96	0,98	0,91	0,06	0,94	0,6	132
Капельное орошение	52,5	10,6	0,98	0,99	0,99	0,02	0.98	0.76	4
Значение оптимума	52,5	0,7	0,99	0,99	0,99	0.4	0,98	0,78	1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Показатели равноценны	0,167	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083	0,083
Дефицит водных ресурсов	0,154	0,077	0,077	0,077	0,154	0,077	0,077	0,077	0,077
Дефицит земельных ресурсов	0,154	0,077	0,077	0,154	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077
Дефицит трудовых ресурсов	0,154	0,154	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077
Дефицит водных и земельных ресурсов	0,143	0,071	0,071	0,143	0,143	0,071	0,071	0,071	0,071
Дефицит водных и трудовых ресурсов	0,143	0,143	0,071	0,071	0,143	0,071	0,071	0,071	0,071
Дефицит земельных и трудовых ресурсов	0,143	0,143	0,071	0,143	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071
Дефицит водных, земельных и трудовых ресурсов	0,133	0,133	0,067	0,133	0,133	0,067	0,067	0,067	0,067

Приложение 6

Направления проведения НИОКР по созданию оросительной техники на период 2015-2020 годов

Наименование техники	Краткая характеристика
Многофункциональная машина дождевальная широкозахватная круговая модульная с радиусом захвата от 200 до 550 м, с шагом 50 м для полива, в том числе животноводческими стоками	Предназначена для полива различных сельхозкультур, включая высокостебельные, на любых типах почв. Полив выполняется дождеванием в движении по кругу с подачей воды и электропитания к его центру (неподвижной опоре). Включает в себя 10 основных модификаций со следующими техническими характеристиками: рабочее давление на входе – 0,24-0,43 МПа; расход воды – 20-90 л/с; орошаемая площадь – 14,8-112,2 га; потребляемая мощность – 3,7-9,6 кВт; время одного полного оборота – 10,8-34,0 ч; допустимый уклон – +0,01…- 0,015; гарантийный срок службы 12 лет; коэффициент эффективного полива – не менее 0,85-0,9
Шланго-барабанные установки для полива участков площадью 5 и 10 га, снижающие капитальные и энергетические затраты, обеспечивающие экологически безопасные технологии полива, внесение удобрений с поливной водой	Предназначены для полива всех сельхозкультур способом дождевания при хорошей адаптации к параметрам и конфигурации орошаемой площади, высокой мобильности, возможности работы на сравнительно больших уклонах поверхности земли и высокой производительности. Представляют собой технические средства, работающие за счет энергии оросительной воды и производящие полив при перемещении дождеобразующего устройства, установленного на колесной, лыжной или комбинированной опоре (в том числе на ферме) путем подтягивания её за шланг, наматываемый на барабан. Имеют широкий диапазон значений показателей работы: напор воды на входе – 0,25-0,35 МПа; расход воды – 2,0-10 л/с; ширина поливаемой полосы – до 20 м; длина поливаемой полосы – до 200 м
Мобильные оросительные комплексы на основе комплектов из пластмассовых труб для полива сельхозкультур на площади 15, 20, 25 га, обеспечивающие использование на участках различной конфигурации и уклонах местности, снижение капитальных и энергетических затрат, многоцелевое использование (сады, парки, газоны, пополнение прудов и т.д.)	Предназначены для полива технических, бахчевых, кормовых, овощных культур, сенокосов и пастбищ. Включает в себя три модификации со следующими характеристиками: давление – 0,5-0,6 МПа; расход воды – от 15 до 25 л/с; орошаемая площадь – 15-25 га; коэффициент эффективного полива – не менее 0,7
Стационарная автоматизированная система с применением новых материалов	Предназначена для полива различных сельскохозяйственных культур, включая высокостебельные на любых типах почв. Полив выполняется дождеванием с применением средне-дальноструйных дождевальных аппаратов, включаемых оператором или автоматически. Проектируется по модульному принципу (модули) – 20, 40, 60, 80, 100, 120 га. Напор на входе 0,5-1,0 МПа. Расход – в зависимости от орошаемой площади. Орошаемая площадь – 20, 40, 60, 80, 100, 120 га. Подбор насосных агрегатов проводится в зависимости от орошаемой площади

Наименование техники	Краткая характеристика
Полустационарная оросительная система с применением полиэтиленовых труб и современного поливного оборудования	Предназначена для полива различных сельскохозяйственных культур, включая высокостебельные. Полив выполняется дождеванием с частичным переносным оборудованием с применением среднеструйных и дальнеструйных аппаратов с улучшенными дождевальными характеристиками, передвигаемых с помощью тележки. Используется на площадях 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160 га. Напор в зависимости от удаленности участка и орошаемой площади – 0,6-1,1 МПа, расход – 40-160 л/с. Подбор насосных агрегатов проводится в зависимости от орошаемой площади
Унифицированная дождевально-поливная шланго-барабанная установка с бессбросным управлением гидроцилиндра привода барабана	Предназначена для полива дождеванием или по бороздам дискретной струей в зависимости от вида сельхозкультур, почвенно-топографических условий и скорости ветра и может быть использована при реконструкции изношенных высоконапорных дождевальных систем. Имеет сменные водораспределяющие устройства и бессбросной гидроцилиндр привода барабана. Рабочие характеристики: напор – 0,30-0,6 МПа; расход – 3,5-4,0 л/с; размер поливаемой полосы: при дождевании: ширина – до 40 м, длина – 100-120 м; при поливе по бороздам: ширина – 100 м, длина – 200-400 м. Новизна разработки подтверждена патентом РФ № 2330177
Дождевальные аппараты и насадки многофункционального назначения	Предназначены для применения на широкозахватных дождевальных машинах и агрегатах, установках, работающих на полях со спокойным, сложным рельефом и повышенными уклонами, с целью обеспечения высокой равномерности дождя при орошении дождеванием. Используются для работ по внесению растворимых минеральных удобрений и внесения подготовленных животноводческих стоков. Состоят из корпуса, направляющего элемента, диафрагмы. Имеют следующие технические характеристики: расход воды – 0,23-0,72 с/с; напор – 0,12-0,4 МПа; диаметр выходного отверстия – 2,5-10,1 мм; интенсивность дождя – 0,4-1,2 мм/мин; масса – 0,080-0,12 кг
Комплекты комбинированного капельного орошения с регулированием микроклимата приземного слоя воздуха импульсным микродождеванием	Оборудование системы капельного орошения с регулированием микроклимата приземного слоя воздуха предназначено для локального обеспечения растений водой и элементами питания и создания благоприятных условий развития растений. Применяется для орошения садов, виноградников, овощей. Технические характеристики: давление – 1,5-2 МПа; водоподача – до 2 л/с га; площадь – до 1,5 га; коэффициент эффективного полива – не менее 0,9
Унифицированная поливная машина для дискретного полива по бороздам и полосам со сменным рабочим оборудованием	Предназначена для дискретного полива пропашных культур по бороздам и полосам по продольной схеме полива, в том числе на реконструированных высоконапорных дождевальных системах с их переводом на технологии поверхностного полива с реализацией технологий полива рассредоточенной подачей воды в длинные борозды и дискретного полива в период доувлажнения. Технические характеристики: давление – 0,2 МПа; расход – 100 л/с; длина поливных борозд и полос – до 400 м; расстояние между позициями – 50 м; коэффициент эффективного полива – 0,8-0,95; производительность в час (при m = 600 м^3/га) – не менее 0,45 га. Новизна разработки подтверждена патентами № 2239991, 2463778, 2267258, 2314678

Продолжение прил. 6

Наименование техники	Краткая характеристика
Комплекты дискретного полива по бороздам садовых насаждений и пропашных культур с использованием низкоэнергоемких автономных электроуправляемых устройств с программным управлением водоподачи	Предназначены для создания и поддержания водного и питательного режимов почв в соответствии с развитием растений. Технические характеристики: расход – от 2,5 до 15 л/с; давление – от 0,04 до 0,6 МПа; площадь полива с одной позиции – до 2,0 га
Блочно-модульные автоматизированные электрические насосные станции с рядом модификаций	Предназначены для автоматизированной подачи воды в закрытую оросительную сеть, питания дождевальных машин, установок и других хозяйственных нужд
Рыбозащитное водозаборное устройство, предотвращающее попадание в насосные агрегаты мусора, водорослей, молоди рыб, обеспечивающее надежность водоподачи и самоочищение установленных сеток	Предназначено для установки на всасывающих трубопроводах насосных станций и предотвращения попадания в них мусора, водорослей, молоди рыб и др. Разрабатываемое устройство должно обеспечить диапазон контролируемых параметров: размер ячейки; пропускной расход
Информационно-советующие, измерительные системы, приборы контроля и управления продуктивностью орошаемых агробиоценозов, оценки параметров почвенного плодородия, качества полива, надежности работы и эксплуатации оросительных систем, поливных машин	Предназначены для оперативной корректировки эксплуатационных режимов орошения с учетом складывающихся условий. Разрабатываемые средства должны обеспечить: диапазон контролируемых параметров: - размер капель дождя, мм – 0,3-6 - скорость капель дождя, м/с – 1-20 - температуру воздуха, °С – 0-5 - влажность воздуха, % – 25-95 - скорость ветра, м/с – 0-15 - осадки, мм – неограниченно - гумус, % – 0-10 - время регистрации, сутки – до 90-180 управление: - по времени, сутки – до 180 - объему поданной воды на 1 га, $м^3$ – до 1,2 Погрешность контроля, % – до 5

СОДЕРЖАНИЕ

Введение ... 3
1. Технологии и техника орошения. Агроклиматическое районирование, классификация и требования безопасности ... 8
1.1. Мелиорация и гидромелиоративные системы ... 8
1.2. Классификация технологий орошения и техники полива ... 13
1.3. Исходные требования к качеству технологического процесса и технике орошения ... 19
1.4. Методы оценки качества технологий орошения ... 21
1.4.1. Информационное обеспечение оценки качества дождевания ... 21
1.4.2. Способы повышения достоверности измерений показателей качества технологий полива ... 25
1.4.3. Приборы контроля и средства оценки качества полива поливной техникой ... 30
Используемые источники ... 35
2. Режимы орошения сельскохозяйственных культур и их оперативная корректировка ... 37
2.1. Методика определения и оценка природного потенциала тепла и влаги. Агроклиматическое районирование территории по коэффициенту природного увлажнения Ку ... 37
2.2. Методика определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур ... 40
2.3. Основные положения методики определения оросительных норм нетто (дефицитов водопотребления) ... 41
2.4. Расчет режимов орошения ... 42
2.4.1. Поливная норма ... 42
2.4.2. Внутрисезонное распределение оросительной нормы ... 45
2.5. Проектные (укрупненные) нормы водопотребности ... 47
2.5.1. Оросительные нормы брутто ... 47
2.5.2. Средневзвешенная норма водопотребности ... 47
2.6. Оперативное планирование поливов при орошении на основе информационно-советующей системы ... 57
Используемые источники ... 59
3. Широкозахватные многоопорные дождевальные машины ... 60
3.1. Технологии и конструкции широкозахватных многоопорных дождевальных машин ведущих зарубежных производителей ... 60
3.1.1. Конструкции дождевальных машин ... 60
3.1.2. Технологии орошения электрифицированными широкозахватными дождевальными машинами ... 69
3.2. Технологии и конструкции многоопорных широкозахватных электрифицированных дождевальных машин российского производства ... 71
3.2.1. Конструкции и технологии полива фронтальными многоопорными машинами ... 71
3.2.2. Многоопорные широкозахватные дождевальные машины кругового действия с гидро- и электроприводом ... 77
3.2.3. Многоопорные широкозахватные дождевальные колесные трубопроводы позиционного действия ... 93
3.2.4. Двухконсольные дождевальные агрегаты ДДА-100МА и ДДА-100В ... 96
Используемые источники ... 101
4. Шланго-барабанные дождевальные машины ... 102
4.1. Классификация, конструкция и технология работы шланговых дождевателей барабанного типа (ШДБТ) ... 102
4.2. Дождеобразующие консоли шланго-барабанных дождевателей ... 107
4.3. Шланговый двухбарабанный дождеватель с ручным приводом. Шланговый дождеватель с двумя барабанами и ручным приводом ... 108
4.4. Насадки ферменных дождеобразующих устройств шланго-барабанных машин ... 110
4.5. Условия применения шланго-барабанных дождевателей ... 113
Используемые источники ... 116
5. Концепция проведения реконструкции и восстановления систем орошения при использовании модульных сборно-разборных комплексов ... 117
5.1. Комплект ирригационного оборудования КИ-5 ... 117
5.2. Комплект ирригационного оборудования КИ-10 ... 121
5.3. Комплект ирригационного оборудования КИ-15 ... 124
5.4. Дождеватель дальнеструйный на передвижной тележке ДДПТ-30 (мобильный комплект) ... 128
Используемые источники ... 132
6. Технология и технические средства микроорошения ... 133
6.1. Импульсное дождевание ... 134

6.1.1. Синхронное импульсное дождевание ... 134
6.1.2. Комплект импульсного дождевания КИД-1 ... 142
6.1.3. Мелкодисперсное (аэрозольное) увлажнительное дождевание ... 143
Используемые источники ... 149
7. Малообъемное (малорасходное) орошение ... 150
7.1. Дождевальная шланговая установка ДШУ-09 ... 150
7.2. Дождеватель шланговый ДШ-1 ... 153
7.3. Комплект малоинтенсивного дождевания «Росинка-М» ... 157
Используемые источники ... 159
8. Микроорошение ... 160
8.1. Капельное орошение ... 160
8.1.1. Система капельного орошения ... 160
8.1.2. Гидравлический расчет трубопроводов систем капельного орошения ... 164
8.1.3. Автоматизация систем капельного орошения ... 165
8.1.4. Элементы технологии капельного орошения ... 165
8.1.5. Очистка поливной воды ... 166
8.1.6. Внесение удобрений с поливной водой ... 169
8.2. Локально-импульсное орошение ... 170
Используемые источники ... 174
9. Технологии и технические средства механизированного поверхностного полива по бороздам ... 175
9.1. Технология дискретного (импульсного) полива ... 175
9.2. Технология полива с рассредоточенной подачей расхода по длине поливных борозд ... 178
9.3. Технология полива по бороздам переменным расходом ... 180
9.4. Технология полива через междурядье с перераспределением расхода в нижней части поля в каждую борозду ... 181
9.5. Технология полива по сформированным бороздам ... 181
9.6. Технология комбинированных поливов по бороздам и дождеванием ... 182
9.7. Расчет продолжительности пробега воды при дискретном поливе по бороздам ... 182
9.8. Рекомендуемые элементы техники полива с рассредоточенной подачей расхода по длине поливных борозд ... 184
Используемые источники ... 185
10. Внутрипочвенное орошение ... 186
10.1. Система ВПО ... 189
10.2. Гидравлический расчет трубопроводов системы ВПО ... 195
10.3. Расчет режима ВПО ... 196
10.4. Автоматизация систем ВПО ... 196
10.5. Технологии и технические средства укладки трубопроводов систем ВПО ... 198
Используемые источники ... 200
11. Гидротехническая трубопроводная арматура и ее применение на внутрихозяйственных оросительных системах ... 201
11.1. Запорная арматура ... 201
11.2. Регулирующая арматура ... 208
11.3. Запорно-предохранительная арматура ... 211
11.4. Аэрационная арматура ... 217
Используемые источники ... 221
12. Насосные станции мелиоративного назначения ... 222
12.1. Модернизация стационарной насосной станции мелиоративно-водохозяйственного комплекса и разработка системы управления и диспетчеризации ... 222
12.2. Технические предложения по насосно-силовому оборудованию мелиоративных систем нового поколения, обеспечивающему снижение потребления электроэнергии (для стационарных и передвижных насосных станций мелиоративного назначения) ... 225
Используемые источники ... 231
Приложения ... 232
Приложение 1. Экологически допустимые границы применимости серийной дождевальной техники ... 232
Приложение 2. Экологически допустимые границы применимости серийной и перспективной дождевальной техники для фермерских хозяйств ... 234
Приложение 3. Технико-экономические характеристики техники полива ... 236
Приложение 4. Эколого-ландшафтные требования к технологии и технике полива ... 239
Приложение 5. Состав и диапазон изменения определяющих факторов ... 255
Приложение 6. Направления проведения НИОКР по созданию оросительной техники на период 2015-2020 годов ... 259

РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОРОШЕНИЯ

Справочник

Редакторы: *Л.Т. Мехрадзе, В.И. Сидорова*
Обложка художника *П.В. Жукова*
Компьютерная верстка *Л.И. Болдиной, Г.А. Прокопенковой, А.Г. Шалгинских*
Корректоры: *В.А. Белова, Н.А. Буцко*

fgnu@rosinformagrotech.ru

Подписано в печать 01.12.2015 Формат 60x84/8
Печать офсетная Бумага офсетная Гарнитура шрифта Times New Roman
Печ. л. 33,0 Тираж 500 экз. Изд. заказ 97 Тип. заказ 571

Отпечатано в типографии ФГБНУ “Росинформагротех”,
141261, пос. Правдинский Московской обл., ул. Лесная, 60

ISBN 978-5-7367-1119-2

9 785736 711192