

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Департамент мелиорации

**Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
"Всероссийский научно-исследовательский институт
систем орошения и сельхозводоснабжения "Радуга"
(ФГБНУ ВНИИ "Радуга")**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО КОМПЛЕКСНЫМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ
И ТЕХНИЧЕСКИМ РЕШЕНИЯМ,
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИМ СНИЖЕНИЕ ЭНЕРГОЕМКОСТИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕЛИОРАТИВНЫХ СИСТЕМ**

Коломна 2015

УДК 631.67, 631.647

Авторский коллектив:

д-р техн. наук **В.И. Городничев**, канд. техн. наук **С.С. Турапин**,
канд. техн. наук **С.С. Савушкин**, канд. экон. наук **Д.Г. Ольгаренко**,
А.В. Муравьев, канд. техн. наук **А.А. Алдошкин**,
канд. техн. наук **А.А. Терпигорев**, канд. техн. наук **Т.А. Капустина**,
канд. с.-х. наук **В.И. Булгаков**, канд. с.-х. наук **И.А. Костоварова**

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

Методические рекомендации по комплексным технологическим и техническим решениям, обеспечивающим снижение энергоемкости эксплуатации мелиоративных систем: научн. издание. – Коломна: ИП Воробьев О.М., 2015. – 164 с.

ISBN 978-5-9906549-1-4

Методические рекомендации предназначены для использования Минсельхозом России для контроля и планирования повышения технического уровня оросительных и осушительных (ОР и ОС) систем России, научно-исследовательскими и проектными организациями для разработки технических заданий и проектов при проведении реконструкции, модернизации и технического перевооружения ОР и ОС, подведомственными федеральными бюджетными учреждениями, эксплуатационными организациями, собственниками мелиоративных систем и гидротехнических сооружений с целью обеспечения повышения надежности работы технического оборудования, машин и установок, использования ресурсосберегающих режимов орошения и осушения, повышения их энергоэффективности.

Рассмотрены и одобрены секцией мелиорации Научно-технического совета Минсельхоза России (протокол № 58 от 17 декабря 2014 г.).

УДК 631.67, 631.647

ISBN 978-5-9906549-1-4

© Всероссийский научно-исследовательский институт систем орошения и сельхозводоснабжения «Радуга», 2015

Содержание

1.	Комплексные технологические и технические решения, обеспечивающие снижение энергоемкости эксплуатации мелиоративных систем	4
1.1	Рекомендации по снижению давления на входе дождевальных машин.....	16
1.2	Методические рекомендации и технические решения по созданию машины нового поколения "Кубань-ЛК2".....	32
1.3	Однокрылая фронтальная машина для полива животноводческими стоками, работающая от закрытой сети	64
1.4	Гидравлическая машина фронтального перемещения.....	70
1.5	Технические решения по снижению энергоемкости приводов машин.....	75
1.6	Автоматизация технологических процессов полива.....	91
1.7	Методические рекомендации и технические предложения по совершенствованию быстроразборных поливных комплектов.....	96
1.8	Методические рекомендации по технологическим и техническим решениям снижения энергоемкости малоинтенсивного дождевания.....	100
1.9	Разработка типовых решений по переводу оросительных систем дождевания на поверхностный полив.....	112
1.10	Системы капельного орошения СКО российского производства...	120
1.11	Методические рекомендации по комплексным технологическим и техническим решениям снижения энергоемкости технологий поверхностного способа полива	123
	Выводы.....	136
	Список используемой литературы.....	139

1. Комплексные технологические и технические решения, обеспечивающие снижение энергоемкости эксплуатации мелиоративных систем.

Научно-технический прогресс в области мелиорации и водного хозяйства на современном этапе развития, с учетом реализации Федеральной целевой программы развития мелиорации до 2020 года, должен предусматривать реализацию следующих направлений комплексных технологических и технических решений:

- повсеместный переход на основе межотраслевой унификации изделий и САПР к индустриальным методам создания поливной техники и строительства технически совершенных, экологически безопасных оросительных систем, гарантирующих получение экономически обоснованных урожаев сельскохозяйственных культур при любых погодных условиях с рациональным использованием всех имеющихся ресурсов;

- коренную индустриальную реконструкцию оросительных систем, в том числе с минимальным выводом земель из сельскохозяйственного оборота, на базе внедрения поливной техники нового поколения, средств автоматизации водораспределения, планировки земель, культуртехнических мероприятий, лесных мелиорации;

- дальнейшую интенсификацию сельскохозяйственного производства на мелиоративных землях путем внедрения комплексной механизации возделывания растений и уборки урожая, дозированного внесения минеральных и органических удобрений, биопестицидов, оптимизации режимов водоподдачи и водотведения, выведения и использования новых высокопродуктивных сортов сельскохозяйственных растений, отзывчивых на водные мелиорации, мульчирование почвы, регулирование микроклимата приземного слоя воздуха;

- приоритетное развитие научного потенциала, ускорение сроков внедрения научно-технических разработок в области орошения и осушения, повышение отдачи от деятельности НИИ отрасли, использование достижений фундаментальных наук для решения конкретных задач сельскохозяйственных мелиораций.

Для модернизации мелиоративных систем в соответствии с целевыми индикаторами Программы раз необходимо предусмотреть крупномасштабное внедрение таких перспективных технологий как: малоинтенсивное экологически безопасное орошение; непрерывное обеспечение растений водой в соответствии с ходом их водопотребления; двойное регулирование динамики влагозапасов в почве; многоцелевое использование мелиоративных систем, в том числе, с внесением с поливной водой удобрений и животноводческих стоков, комбинированное орошение различными способами.

Постановка и решение этих задач требует проведения комплекса теоретических и экспериментальных исследований, опытно-конструкторских работ по широкому спектру вопросов техники и технологии орошения и орошаемому земледелию.

Анализ технических решений по автоматизации конструкции отечественных и зарубежных оросительных систем, насосных станций, регуляторов уровня и расхода воды, запорно-регулирующих устройств позволяет проследить некоторые направления развития в этой области:

- Повышением надежности, упрощением конструкции систем автоматизации;
- Расширением функциональных возможностей;
- Автоматизации распределения и контроля уровня воды в оросительных системах;
- Автоматизации процессов регулирования параметров учета энергии и т.д.

Поэтому основными направлениями в развитии оросительных систем и насосных станций на ближайшую перспективу следует считать:

- Автоматизацию управления, контроля и учета параметров;
- Рациональные режимы работы, обеспечивающие экономию электроэнергии и воды;
- Применение современной приборной базы с использованием микроэлектроники и компьютерной техники.

В области дождевания генеральным направлением должно явиться модернизация существующих и создание нового поколения дождевальных машин и установок, реализуемых малоинтенсивные экологически безопасные ресурсосберегающие технологии орошения.

Анализ технических решений по совершенствованию конструкций отечественных и зарубежных дождевальных машин, дождевальных агрегатов, дождевальных аппаратов, дождевальных установок позволяет проследить некоторые направления развития в этой области:

- упрощение конструкции;
- повышение надежности в работе;
- улучшение качественных показателей работы;
- снижение материалоемкости;
- повышение качества полива низкорослых и высокостебельных сельскохозяйственных культур в неблагоприятных климатических условиях;
- повышение качества формирования дождя;
- повышение срока службы дождевальных машин и установок;
- расширение функциональных возможностей широкозахватных дождевальных машин;
- совершенствование конструкции;
- обеспечение равномерного распределения оросительной воды по всей площади;
- повышение производительности труда;
- повышение надежности и точности управления движением фронтальной дождевальной машины;
- уменьшение буксования и застревания колес в колее и уменьшение глубины колеи;
- улучшение маневренности при перемещении;
- унификация узлов и деталей машин;
- расширение технологических возможностей работы дождевальной машины;

- снижение энергетических затрат на поливе при использовании низконапорного оборудования;
- обеспечение наибольшей площади одновременного захвата дождем;
- обеспечение реверсивного передвижения;
- повышение качества заравнивания колеи;
- создание новых движителей;
- повышение надежности и точности управления движителем фронтальной дождевальной машины и повышение надежности и равномерности движения ходовых устройств;
- уменьшение мощности привода дождевальной машины;
- многоцелевое использование машины;
- обеспечение использования дождевального агрегата в межполивной период;
- усовершенствование конструкции опорных тележек за счет оснащения ведущими и управляемыми колесами с электроприводом и электроприводом рулевого управления;
- снижение затрат на изготовление деталей и узлов машин для орошения.

Они связаны с интенсивным развитием автоматизированных дождевальных систем, созданием и модернизацией широкозахватной дождевальной техники, а также указывают на необходимость проведения работ по обоснованию показателей качества полива дождевальных машин и установок, направленных на снижение материально-технических и энергетических затрат, уменьшение опасности ухудшения экологической обстановки на орошаемых землях, повышение эффективности использования водно-земельных ресурсов и сохранение почвенного плодородия.

Основными направлениями в развитии дождевальной техники на ближайшую перспективу следует считать:

Совершенствование (модернизация) существующих дождевальных машин и установок с целью снижения энергетических затрат и обеспечения экологической безопасности полива.

Создание на базе существующей и создаваемой дождевальной техники мобильных оросительных комплексов многоцелевого использования.

Разработка широкозахватных электрифицированных дождевальных машин кругового и фронтального действия, работающих от гидрантов закрытой оросительной сети с автоматической системой управления.

Разрабатываемые широкозахватные электрифицированные дождевальные машины фронтального и кругового действия должны обеспечивать следующие параметры:

- давление на гидранте 0,35 МПа;
- расход воды 65-75 л/с - дождевальная машина кругового действия;
- расход воды 45-55 л/с - дождевальная машина фронтального действия;
- сезонная нагрузка 70 га дождевальная машина кругового действия;
- сезонная нагрузка 50 га дождевальная машина фронтального действия;
- коэффициент эффективного полива не менее 0.8;
- диаметр капель искусственного дождя не более 1,0 мм;

Применение разрабатываемых технических средств орошения должно обеспечить:

- экономию поливной воды до 20 %;
- прирост урожайности на 20-30 %;
- повышение производительности труда на 20-30 %;
- повышение качества полива и улучшение экологической обстановки;
- автоматизацию процессов орошения и внесения удобрений и химмелиорантов с поливной водой.

В области поверхностного орошения предусматривается создание индустриальных технологий и технических средств полива, обеспечивающих водосбережение и энергосбережение.

Совершенствование поверхностного полива в современных условиях направлено на его механизацию и автоматизацию, водосбережение и экологическую безопасность орошения, повышение качества технологического процесса полива.

Механизация поверхностного полива по бороздам и полосам основывается:

- на автоматизированном процессе водораспределения нормированного поливного тока в соответствии с рекомендуемыми (нормированными) элементами техники полива по полосам и бороздам;

- на качестве процесса водораспределения и не должен зависеть от субъективной оценки поливальщика, проводимого автоматически и круглосуточно;

- на качестве водораспределения за счет поддержания в заданных пределах нормированного поливного тока: величины подаваемого расхода, напора и продолжительности использования в т.ч. с применением технических средств контроля;

- применение поливной техники, обеспечивающей использование сменного времени не ниже чем при дождевании;

- на подготовке поверхности поля для снижения затрат на перемещение технических средств полива.

Водосбережение при поверхностном поливе обеспечивают за счет проведения следующих мероприятий:

- выделение постоянного по величине поливного тока и обеспечения непрерывного поддержания на протяжении полива;

- исключения из состава оросительной сети временных оросителей, выводных борозд, с применением которых теряется до 30% оросительной воды и снижается устойчивость орошаемых агроландшафтов;

- выравнивания и планировки поверхности поля с точностью $\pm 3 \dots 5$ см;

- применения водосберегающих технологий, обеспечивающих равномерное распределение поливной нормы по длине поливных борозд и полос;

- дозирования поливных норм;

- применения передовых агротехнологий возделывания сельскохозяйственных культур;

- своевременного проведения послеполивных культиваций.

Повышение показателей качества увлажнения почвы достигают:

- размерами подаваемых расходов в борозды и полосы не вызывающих эрозии почвы;

- продолжительностью подачи воды в борозды, не превышающей продолжительности времени инфильтрационного впитывания воды почвой;

- равномерностью распределения поливной нормы по длине поливных борозд и полос за счет сокращения времени добегания воды на их длину;

- ограничением величины концевых сбросов до величин, определяемых допусками величин распределяемых расходов, различий в скоростях продвижения воды по бороздам и полосам и размерами, обеспечивающих их аккумуляцию в пределах поливного участка.

Механизация поверхностного полива может решаться двумя путями:

- созданием специальных технических средств поверхностного полива;

- переоборудованием дождевальной техники для проведения поверхностного полива.

Более реален и возможен путь реконструкции ранее построенных систем на энергосберегающие технологии орошения.

В области микро-орошения основным направлением является создание технических решений непрерывного орошения с интенсивностью импульсной и прерывистой вододачи, близкой к интенсивности водопотребления без предварительной тонкой очистки воды.

Анализ технических решений конструкций отечественных и зарубежных систем импульсного дождевания позволяет проследить некоторые направления развития в этой области. Они связаны с интенсивным развитием стационарных и полустационарных конструкций дождевальных устройств с импульсной подачей оросительной воды для регулирования микроклимата наземной части растений и поддержания оптимальной влажности почвы с целью создания благоприятных условий развития сельскохозяйственных культур и повышения их урожайности при наименьших затратах физического труда, экономии материальных, водных ресурсов, повышении надежности и экологической безопасности процесса орошения.

Поэтому основными направлениями в развитии систем импульсного дождевания на ближайшую перспективу следует считать необходимость того, чтобы их конструкции отвечали современным требованиям к дождевальным импульсным устройствам и установкам по следующим требованиям:

1. Агробиологические требования;
2. Экологические требования;
3. Техничко-экономические требования.

Выполнение требований, предъявляемых к современным системам импульсного дождевания, позволит определить новизну и полезность технического решения, установить диапазон применимости, сократить энергетические затраты на полив, сохранить структуру почвы и растения, обеспечить экологическую безопасность орошения.

Анализ технических решений конструкций отечественных и зарубежных ирригационных комплектов для полива садов, питомников и агроландшафтов позволяет определить основные направления развития в этой области.

Они направлены на выпуск комплектов с пластмассовыми трубами и поливными шлейфами с кольцами, обеспечивающими мелкоструйчатый подкромный полив, снижение потерь воды, материальных и энергетических затрат, улучшения экологической обстановки на орошаемых землях, повышение эффективности использования водно-земельных ресурсов и сохранение почвенного плодородия в садах, питомниках и агроландшафтах.

Поэтому основными направлениями в развитии ирригационных комплектов для полива садов, питомников и агроландшафтов на ближайшую перспективу следует считать:

1. Совершенствование (модернизация) существующего ирригационного комплекта мелкоструйчатого подкромного орошения с целью и обеспечения экологической безопасности полива.
2. Создание на базе существующего ирригационного комплекта нового, обеспечивающего полив кольцами с насадками.

3. Разработать ирригационный комплект с шлейфами, обеспечивающими полив струями или насадками садовых культур (винограда, малины и других).

Анализ технических решений конструкции отечественных и зарубежных дождевальных аппаратов и насадок позволяет проследить некоторые направления развития в этой области. Они связаны с интенсивным развитием автоматизированных дождевальных систем, созданием и модернизацией широкозахватной дождевальной техники, необходимостью создания оросительной техники малых форм. Технические решения направлены на упрощение конструкции, снижение массы и размеров, повышение надежности в эксплуатации, повышение универсальности применения, снижение стоимости.

Результатом работы в этих направлениях должны стать качественно улучшенные показатели работы дождевальных аппаратов и насадок:

низкий рабочий напор;

малая интенсивность искусственного дождя;

высокая равномерность распределения дождя по площади полива;

возможность осуществления одиночной и групповой работы;

полив при ветре;

относительно низкая стоимость.

Анализ технических решений по технологии и технике внутрисочвенного орошения позволяет проследить некоторые направления развития в этой области. Они связаны с эффективностью, надёжностью, экономичностью и автоматизацией систем подпочвенного орошения и точностью работы регуляторов уровня воды.

Внутрисочвенное орошение обладает следующими свойствами:

- экономно расходуется поливная вода, поданная в зону обитания корневой системы;

- для полива можно использовать подготовленные стоки, обеспечивая охрану окружающей среды;

- стоки содержат питательные вещества, в связи, с чем повышаются плодородие почвы и урожай сельскохозяйственных культур.

Поэтому основными направлениями в развитии на ближайшую перспективу технологии и технике внутрисочвенного орошения следует считать:

- снижение материалоемкости увлажнительной сети и автоматизация её укладки бестраншейным способом с целью сокращения капитальных вложений;
- повышение надёжности работы автоматики и системы в целом;
- повышение срока службы увлажнителей;
- повышение автоматизации контроля и управления системой.

В области многоцелевого орошения основным является создание безотходных экологически безопасных технологий внесения вместе с поливной водой средств химизации (макро- и микроудобрений, химвелиорантов, гербицидов), хозяйственных и промышленных вод, подготовленных животноводческих стоков.

В области нормирования орошения основным направлением является установление дифференцированной по зонам страны водосберегающих нормативов и действенной технологической службой для реализации водосберегающих эксплуатационных режимов орошения.

Требуется разработка информационной технологии и методики нормирования водопотребления и водоотведения в АПК: методика и алгоритм определения испаряемости и установления ресурсов влагообеспеченности; методика и алгоритм определения показателя тепло-, влагообеспеченности и агроклиматического районирования сельскохозяйственно используемой территории; методика определения суммарного водопотребления сельскохозяйственных культур и расчета оросительных норм нетто и брутто; методика разработки норм водопотребности для сборника укрупненных норм водоподачи в АПК.

В области создания ирригационного оборудования будет использован прогрессивный блочно-модульный принцип, основанный на унификации изделий и использовании САПР, а также освоения новых прогрессивных технологий для их промышленного производства.

Анализ технических решений конструкций отечественных и зарубежных комплектов ирригационного оборудования с переносными дождевальными крыльями позволяет определить основные направления развития в этой области. Они направлены на выпуск комплектов с алюминиевыми или пластмассовыми трубами, улучшение показателей качества полива снижение материальных и энергетических затрат, улучшения экологической обстановки на орошаемых землях, повышение эффективности использования водно-земельных ресурсов и сохранение почвенного плодородия.

Поэтому основными направлениями в развитии дождевальной техники на ближайшую перспективу следует считать:

1. Совершенствование (модернизация) существующих ирригационных комплектов с целью снижения энергетических затрат и обеспечения экологической безопасности полива.

2. Создание на базе существующих ирригационных комплектов новых, с площадью полива 15га.

3. Разработать и применять соединительные муфты и другие узлы на рабочем давлении до 1,0...1,5 МПа, что позволит использовать разборные трубопроводы для подачи воды к различным потребителям.

В области модернизации, реконструкции и технического перевооружения оросительных систем предлагается использовать индустриальные методы проектирования, систем блочно-модульной комплектации, поставки и монтажа ирригационного оборудования с минимальным выводом земель из сельхозоборота при проведении комплекса сухих и водных мелиораций. В области эксплуатации оросительных систем и ирригационного оборудования главным направлением должно явиться совершенствование инженерной службы эксплуатации на основе теории массового обслуживания и обеспечения высокого качества и надежности процесса водораспределения и водоподачи.

Типаж ирригационного оборудования должен обеспечивать многообразие технических решений по напору, расходу, водораспределению, уровню и сте-

пени автоматизации, стоимости оборудования, позволяющих землепользователю выбрать приемлемый для его условий вариант.

В современных условиях, технологические разработки и технические решения по ирригационному оборудованию должны быть ресурсосберегающими (вода, материальные и энергетические ресурсы).

Предпочтение должно отдаваться и многоцелевым системам низконапорного дождевания, поверхностного полива и микро-орошения. Совместно с поливной водой ирригационное оборудование должно давать возможность вносить вместе с поливной водой удобрения и средства химизации.

Факторами, определяющими выбор технического решения, наряду с природно-хозяйственными условиями и обеспеченностью объекта ресурсами, используемыми при традиционных методах проектирования, должны быть и индивидуальные запросы землепользователя, регламент его работы, финансовые возможности, реализующие принцип водоподачи "по требованию".

Необходимым условием крупномасштабного оснащения ирригационным оборудованием фермерских и приусадебных хозяйств является индустриализация методов проектирования, комплектации, поставки и монтажа ирригационного оборудования. Типизация технических решений оросительных систем на основе модульного принципа, переход на прогрессивные технологии каталожного и автоматизированного проектирования дают возможность в сжатые сроки подготовить проектно-сметную документацию, а модульное исполнение ирригационного оборудования позволяет ускорить все последующие этапы создания оросительных систем фермерских хозяйств.

Снижение энергоемкости можно осуществить по следующим направлениям:

- снижение давления на входе поливных машин, агрегатов, трубопроводах систем, комплектов за счет разработки низконапорных дождеобразующих насадок взамен дождевальных аппаратов, совершенствования схем их расстановки при модернизации машин ДМ "Фрегат", ДМ "Кубань-ЛК1, ДДА-100МА;

- перевод дождевальных машин и более широкого использования поверхностного полива и разработки технических средств для его осуществления;
- снижение энергоемкости путем совершенствования приводов машин, в том числе применения привода гидравлических машин с большим диаметром гидроцилиндра и эмалиевым покрытием, использования мотор-колеса на приводах широкозахватных электрических машин;
- разработки средств автоматики, систем управления и оптимизации технологических процессов полива;
- снижение пиковых нагрузок за счет равномерного их распределения на насосных станциях, электросетях, машинах, оптимизации процесса полива, рассредоточения подачи воды и электроэнергии в ночное и дневное время;
- многофункциональное использование поливной техники;
- схемных решений по проведению процесса полива и совершенствованию поливной техники, снижающие энергоемкость и расход электрической, гидравлической и тепловой энергии /163-279/.

1.1 Рекомендации по снижению давления на входе дождевальных машин.

Чтобы повысить научно-технический уровень и энергоэффективность полива, за счет снижения давления на входе машины произведен ряд усовершенствований, в том числе: модернизация дождевого пояса широкозахватных многопорных машин, агрегатов и трубопроводов. На дождевом поясе типа "Фрегат", "Кубань", ДДА-100 вместо высоконапорных среднеструйных дождевальных аппаратов установлены по оптимизированной схеме комплект экологически безопасных водознергосберегающих дождеобразующих устройств на основе разработанных и изготовленных низконапорных насадок секторного действия.

1.1.1 Рекомендации и технические предложения по снижению энергоемкости полива дождевальной машиной кругового действия с гидроприводом.

Машина кругового действия с гидроприводом типа «Фрегат» состоит из неподвижной опоры, многоопорного водопроводящего пояса с дождевальными насадками или аппаратами, имеют системы синхронизации и защиты от поломки.

Чтобы повысить энергоэффективность полива и научно-технический уровень, предлагается ряд усовершенствований, в том числе: модернизация дождевого пояса гидравлической машины. На ее дождевом поясе вместо среднеструйных дождевальных аппаратов установлены по оптимизированной схеме комплект экологически безопасных водоэнергосберегающих дождеобразующих устройств на основе разработанных низконапорных насадок секторного действия (рис. 1.1.)

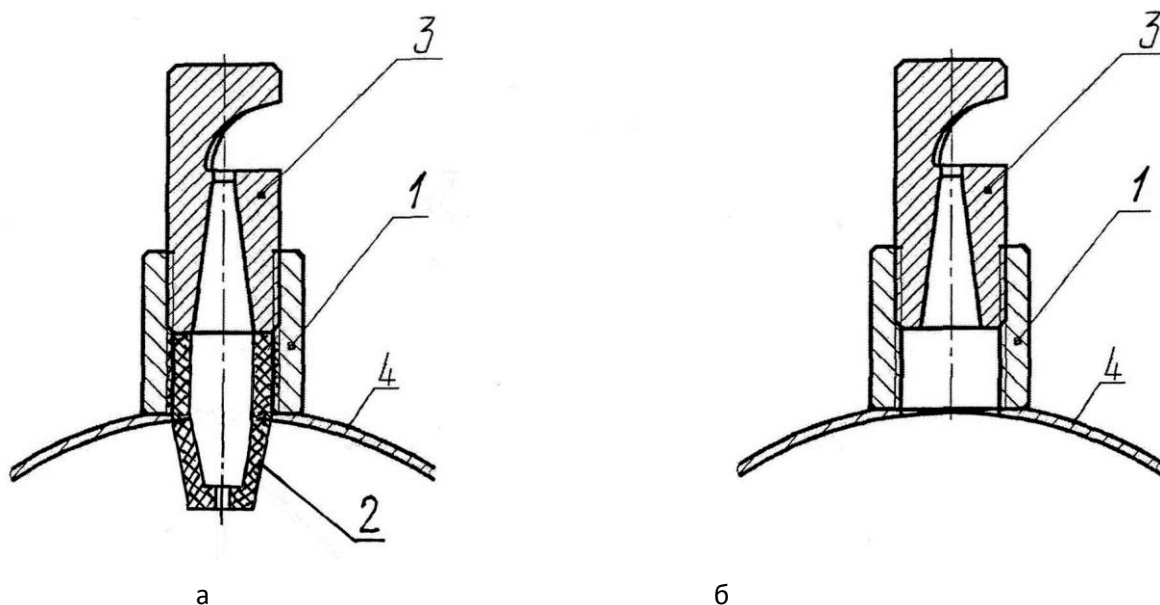


Рис.1.1 - Дождеобразующие устройства для машин типа «Фрегат»:

а – с дросселирующим элементом (дюзой); б – без дросселирующего элемента.

1 – муфта 1/2"; 2 – дросселирующий элемент (дюза);

3 – насадка короткоструйная секторная; 4 – трубопровод ДМ «Фрегат»

Дождеобразующий комплект устройств, устанавливаемый на водопроводящий пояс машины, предназначен для модернизации дождевого пояса различных модификаций дождевальной машины «Фрегат» и полива дождеванием зерновых, овоще-бахчевых и технических культур, многолетних трав, лугов и пастбищ, а также других культур, включая высокостебельные.

Схема комплектации водопроводящего трубопровода ДМ «Фрегат» дождеобразующими устройствами выбирается из условия, 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.

Смежные дождевальные 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 движению машины. (рис. 1.2)

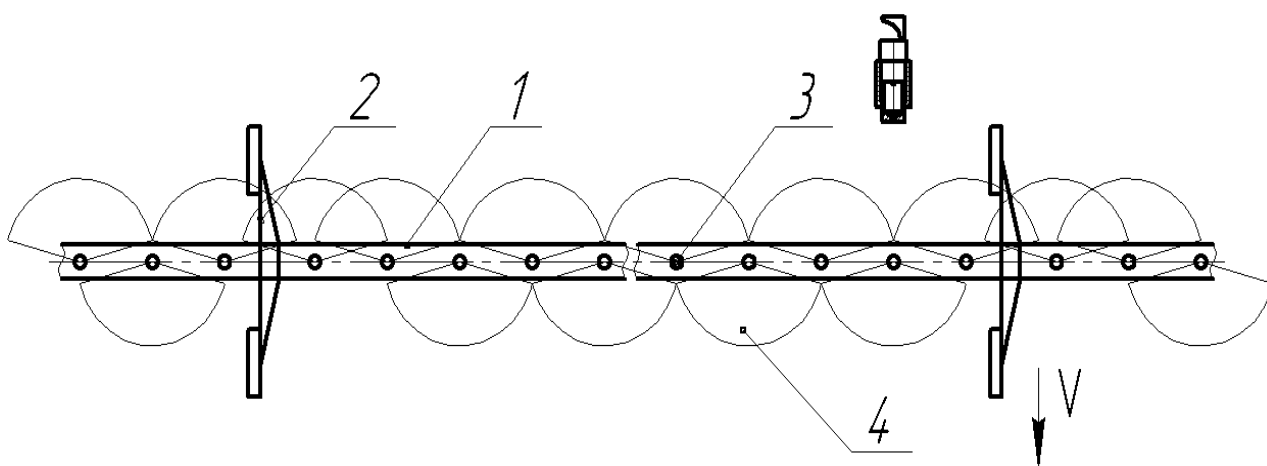


Рис. 1.2 - Схема расстановки дождеобразующих устройств и карта формирования дождя модернизированного дождевого пояса ДМ «Фрегат»:

- 1 – трубопровод дождевальной машины; 2 – ходовая тележка; 3 – местоположение дождеобразующих устройств; 4 – формирование фронта дождя насадками;
V – направление рабочего движения машины

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.

Создаваемый комплект дождь мелкодисперсной структуры обеспечивает высокую равномерность его распределения по орошаемой площади

($K_{эфф} > 0,75$), снижение ударного воздействия на почву и растения, уменьшение размеров колеи от ходовых систем машины, снижение энергоёмкости полива на 15...18%, увеличение урожайности за счет качества полива.

Комплект состоит из набора муфт с внутренней резьбой 1/2", дросселирующих элементов, насадок секторного действия (рис. 1.1.), 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 дождевальнй аппарат устанавливается по своему штатному месту и должен соответствовать по техническим характеристикам модификации переоборудываемой 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 предназначены для преобразования потока воды, проходящей через дюзы в искусственный дождь и дальнейшего распределения его по орошаемой площади. Насадки соединяются с муфтами непосредственно или через дросселирующие элементы. Система «муфта-дюза-насадка» или «муфта-насадка» являются дождеобразующими устройствами (ДУ).

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

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

Основные технические данные комплекта представлены в таблице 1.1, а на рис. 1.3 показана машина в работе.

Таблица 1.1 – Техническая характеристика комплекта

Наименование показателя	Значение показателя
Водозабор	От водопроводящего пояса
Дождеобразующие устройства (ДУ)	- дождевальные насадки короткоструйные, дефлекторные, секторного действия
	- дросселирующий элемент
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	5,0...6,0
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 1,0
Конструкционный состав ДУ	муфта 1/2 " – * дросселирующий элемент 1/2 " – * дождевальная насадка 1/2 " – * пробка 1" – * переходник 1"x 1/2 " – *
Условия работы комплекта: а) температура окружающего воздуха, °С; б) степень очистки воды в) скорость ветра во время полива, м/с	От +5 до +45 Минерализация воды до 5 г/л; размер взвешенных частиц – до 2 мм. До 5,0
Срок службы, лет	8
Срок гарантии, мес.	24

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

Общий вид ДМ "Фрегат" с новым дождевым поясом показан на рис. 1.3.



Рис. 1.3 - Низконапорная машина «Фрегат-Н». Общий вид дождя

Преимущества гидравлической машины по сравнению с серийной ДМ «Фрегат» обеспечиваются:

- использованием короткоструйных насадок секторного действия (а.с. № 1729603) 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;
- созданием структуры искусственного дождя (средний диаметр капель менее 1 мм) существенно расширяющей диапазон применимости машины и увеличивающей значения досточковых 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 за счет применения стали с антикоррозионным покрытием и пластмасс;
- улучшением проходимости ДМ за счет выноса факелов дождя из зоны движения ходовых тележек;

- увеличением урожайности орошаемых с/х культур за счет увеличения равномерности распределения дождя (коэффициент эффективного полива более 0,75).

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

Сравнительная оценка модернизированной машины приведена в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Сравнительная техническая характеристика дождевальной машины «Фрегат» модификации ДМУ-А199-28

Наименование показателей	Значения показателей	
	Серийная	С комплектом дождеобразующих устройств
Рабочее давление на входе, МПа	0,47	0,37
Расход воды, л/с	20,0	19,2
Длина машины, м	199,2	199,2
Количество тележек, шт.	7	7
Орошаемая площадь, га	15,8	15,8
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,31	0,28
Коэффициент эффективного полива	0,70	0,77

Удельный расход гидравлической энергии на полив низконапорным ДМ "Фрегат" с комплектом короткоструйных насадок составляет 67 кВт.ч/га, что на 27 кВт.ч/га или на 28,7 % ниже по сравнению с поливом серийной ДМ "Фрегат".

Энергоемкость полива ДМ "Фрегат" с низконапорными короткоструйными насадками достигает 115 кВт.ч/1000 м³, что примерно на 35 кВт.ч/1000 м³ меньше среднего значения, чем у серийной машины или меньше на 23,3 %.

Методические рекомендации по техническим решениям и снижению энергоемкости полива низконапорной машины даны в приложении 1.

1.1.2 Рекомендации и технические предложения по снижению энергоэффективности полива дождевальная электрифицированной круговой машиной с электроприводом

Машина дождевальная электрифицированная кругового действия с электроприводом (МДЭК) предназначена для полива различных сельскохозяйственных культур, включая высокостебельные.

Полив выполняется дождеванием в движении по кругу, в центре которого осуществляется подача воды и электропитания.

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 штук. С одной стороны машины расположена неподвижная опора со стояком и поворотным коленом для забора воды из оросительной сети, а с другой – консоль, поддерживаемая тросами.

Орошение поля производится дождевальными аппаратами и насадками, расположенными на водопроводящем трубопроводе. Норма полива регулируется в пределах от 53 до 950 м³/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 маши-

ны. Управление машиной может осуществляться непосредственно с пульта управления, расположенного на неподвижной опоре или дистанционно.

Машина обеспечена автоматической аварийной защитой от недопустимых изгибов трубопровода, коротких замыканий в электрических цепях, переполива и перепадов давления воды на входе в машину.

С целью снижения энергоемкости полива и расширения диапазона применимости предлагается модернизированная машина «Кубань-ЛК1» с комплектом дождеобразующих устройств для экологически безопасного и энергосберегающего орошения.

Комплект дождеобразующих устройств (ДУ) предназначен для установки на дождевом поясе электрифицированных круговых машин различных модификаций, предназначен для полива дождеванием зерновых, овоще-бахчевых и технических культур, многолетних трав, лугов и пастбищ, а также других культур, включая высокостебельные.

Комплект состоит из муфт, дросселирующих элементов, переходников и насадок секторного действия (рис. 1.4.). Функциональное назначение каждого из элементов комплекта заключается в следующем. Муфты привариваются к водопроводящему трубопроводу. Они образуют водовыпуски и порядок их расположения на трубопроводе машины определяется схемой расстановки дождеобразующих устройств. 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.

Короткоструйные насадки секторного действия предназначены для преобразования потока воды в искусственный дождь и дальнейшего распределения его по орошаемой площади. Насадки соединяются с муфтами через дросселирующие элементы и переходники. Система «муфта-дросселирующее устройство-насадка» или «муфта-переходник-насадка» являются дождеобразующими устройствами (ДУ).

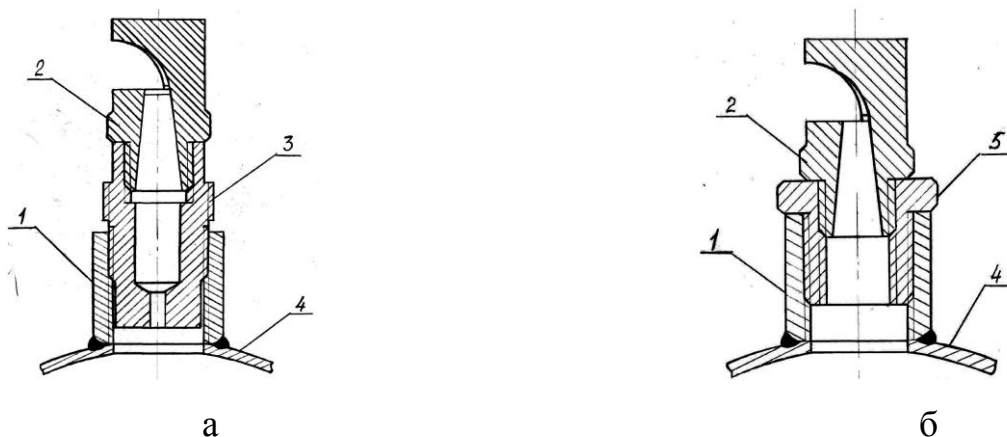


Рис. 1.4 - Дождеобразующие устройства на водопроводящем поясе электрифицированной круговой машины различных модификаций

а – с дросселирующим устройством; б – с переходником;
 1 – муфта; 2 – насадка короткоструйная секторная; 3 – дросселирующее устройство; 4 – трубопровод дождевальной машины; 5 – переходник

Отличительной особенностью усовершенствованных машин «Кубань-ЛК1» с низконапорным дождевым поясом является то, что на ее дождевом поясе вместо среднеструйных дождевальных аппаратов устанавливаются, по оптимизированной схеме, дождеобразующие устройства, состоящие из дросселирующих устройств и переходников с низконапорными насадками секторного действия с дефлекторами (рис. 1.5).

Дождеобразующие устройства устанавливаются в штатные водовыпуски, расположенные на дождевом поясе машины.

Применение машины с дождеобразующим комплектом для экологически безопасного полива в сравнении с серийной машиной обеспечивает достижение следующих технико-экономических показателей работы:

- создается дождь мелкокапельной высокодисперсной структуры с диаметрами капель 0,8...1,0 мм, уменьшающий ударное воздействие на почву и растения на 33%;
- повышается равномерность распределения дождя по орошаемой площади на 16%;
- обеспечивается эрозийно безопасный и качественный полив при отсутствии стоковых явлений;

- увеличиваются значения досточковых поливных норм для различных типов почв, в том числе с низкой водопроницаемостью, на 25...30%;
- экономия оросительной воды составляет 15%;
- снижаются энергетические затраты на образование дождя на 30%;
- повышается урожайность сельскохозяйственных культур на 10...15%.



Рис. 2.5 - Общий вид МДЭК «Кубань-ЛК1» с усовершенствованным дождевым поясом

Сравнительная оценка серийной и модернизированной машинами дана в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Сравнительная техническая характеристика машины «Кубань-ЛК1» модификации МДЭК-512-75

Наименование показателей	Значения показателей	
	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	83,6
Рабочая длина захвата искусственным дождем, м	516	516
Достоковая поливная норма, м ³ /га	460	570
Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,70	0,45
Коэффициент эффективного полива при скорости ветра:		
от 0 до 1,5 м/с	0,70	0,81
от 1,5 до 5 м/с	0,64	0,73
Средний диаметр капель, мм	1,0	0,9

Энергоемкость полива модернизированной машиной с электроприводом и низконапорными дефлекторными насадками составляет 68 кВт.ч/1000 м³, что меньше энергоемкости водоподачи на 34 кВт.ч/1000 м³ серийной машиной или на 33,3 %.

Удельный расход гидравлической энергии на полив модернизированной машиной "Кубань-ЛК1" не превышает 65 кВт.ч/га, что меньше на 25,5 кВт.ч/га, расходуемой энергии серийной машиной (90,5 кВт.ч/га) или на 28,2% меньше. Методические рекомендации и технические решения снижения энергоемкости полива дождевальными электрифицированными машинами с электроприводом даны в приложении 2.

Технические решения по машине защищены патентами № 36166, 43726, 43727, 48247.

1.1.3 Технические предложения по модернизации двухконсольного дождевального агрегата с низконапорным малоинтенсивным комплектом дождеобразующих устройств

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.

Комплекты создаются для почв средней (№ 1) и низкой (№ 2) водопроницаемости на следующем основании.

Применение «комплектов» на дождевальных агрегатах, проработавших длительное время на действующих оросительных системах (8 и более лет) должны обеспечить увеличение срока их службы без значительных капвложений при одновременном обеспечении требуемых показателей качества полива и энергосбережения.

Это определяется большим социальным значением, т.к. повышение срока службы качественных показателей работы агрегатов позволит в период резкого

спада производства обеспечить дополнительное привлечение трудовых ресурсов и получение прироста урожайности, особенно овощных культур, при их возделывании на пойменных землях нечерноземной зоны Российской Федерации.

Предлагаются 2 схемы расстановки дождеобразующих устройств для расхода воды 80-130 л/с (рис. 1.6), позволяющих снизить гидравлическую энергоёмкость и улучшить качество полива.

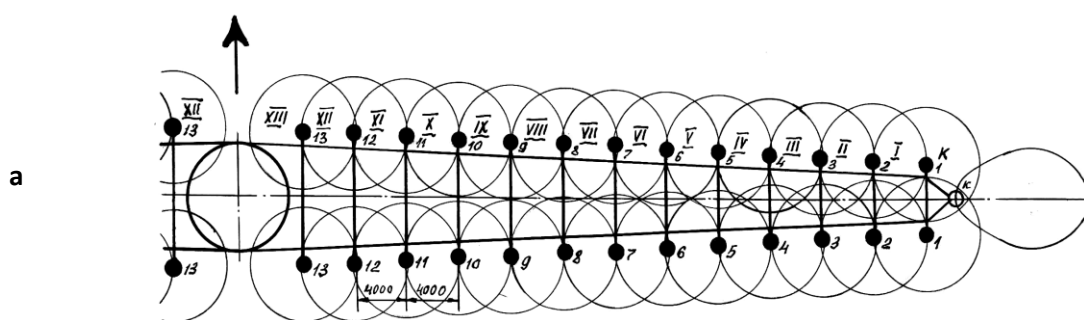
В сравнении с серийным агрегатом, модернизированные его модификации отличаются тем, что комплекты энерговодосберегающих и почвощающих дождеобразующих устройств с использованием насадок нового поколения создают дождь мелкодисперсной структуры с высокой равномерностью распределения его по орошаемой площади 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.

Схема 1 (рис.1.6-б, св. на модель № 12325), включающая 54 дефлекторные насадки секторного действия установленные через 4,0 м на открылках предназначена для почв пойменных земель со средней водопроницаемостью.

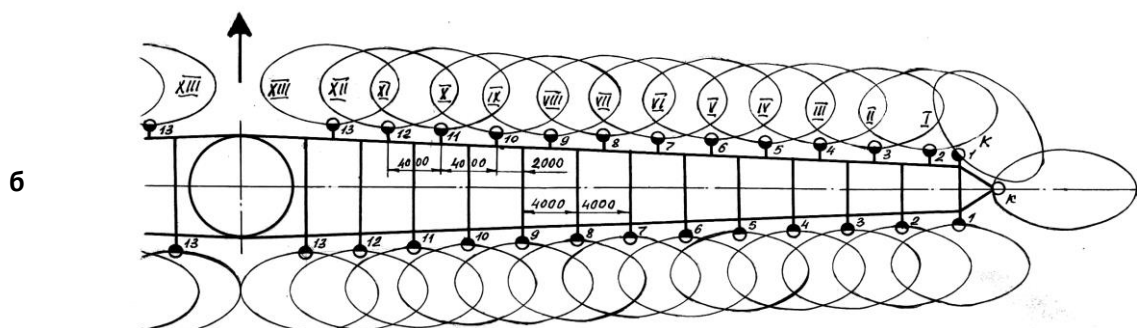
Схема 2 (рис1.6-в), включающая 102 дефлекторные насадки секторного действия, установленные через 2,0 м на ветвях дождевого пояса, попеременно на открылках с противоположно направленными факелами их действия предназначена для почв пойменных земель с низкой водопроницаемостью.

Разнонаправленность действия факелов насадок первой и второй ветвей дождевого пояса агрегата обуславливает последовательное во времени воздействие их дождя на почву, в отличие от серийной машины (рис. 2.6.-а), что значительно снижает вероятность возникновения поверхностных стоков воды и почвенной эрозии пойменных земель. Это также подтверждено теоретическо-

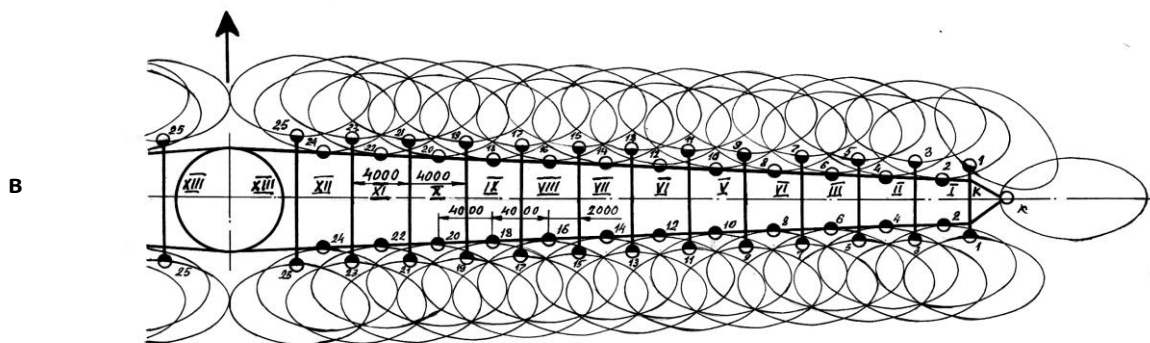
экспериментальными исследованиями по оптимизации конструктивно-высотных параметров насадок, которыми установлено, что при высоте положения насадок агрегата над поверхностью орошения $H=1,5$ м слой дождя попеременно от первой и второй ветви дождевого пояса полностью впитывается в почву без образования поверхностного стока воды, при этом расстояние между рядами насадок составляет 4,0 м. С возрастанием высоты положения насадок увеличивается величина сноса дождя ветром, обеспечивающего предварительное увлажнение почвы, и как следствие, увеличение ее впитывающей способности и досточковой нормы полива (не менее $100 \text{ м}^3/\text{га}$). Это, в конечном счете, должно обуславливать уменьшение расстояния между рядами насадок (ветвями дождевого пояса), что и есть у серийного агрегата, которое при увеличении высоты положения концевых частей консолей ферм до $H=3,5$ м, составляет около 1,6...1,8 м.



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



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



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

а – серийный; б – модернизированный для почв средней и пониженной водопроницаемости;

в – модернизированный для почв низкой водопроницаемости

Рис. 2.6 - Схемы расстановки дождеобразующих устройств на дождевальных агрегатах ДДА-100МА и карты формирования дождя

Основные показатели модернизированных агрегатов соответствуют значением, приведенных в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Показатели модернизированных агрегатов ДДА-100МА

Наименование показателей	Значение показателей по вариантам комплектов для ДДА-100МА	
	1	2
Расход оросительной воды агрегатом, л/с	100±5	100±5
Давление (напор), требуемое на входе в водопроводящий пояс, не более, МПа (кг/см ²)	0,27...0,30 (2,7...3,0)	0,25...0,28 (2,5...2,8)
Основные параметры дождеобразующих устройств	Должны обеспечивать основные показатели качества выполнения технологического процесса	
Основные показатели качества выполнения технологического процесса:		
средняя интенсивность дождя, не более, мм/мин.	2,5	2,2
средний диаметр капли дождя, не более, мм	1,2	0,9
коэффициент эффективного полива (при скорости ветра до 1,5 м/с), не менее	0,70	0,75
слой осадков за проход (на рабочих скоростях движения агрегата с поливом), мм	3...10	3...10
ширина захвата дождем, м	120	120
механическая повреждаемость растений дождем, не более, %	1,0	1,0

Наименование показателей	Значение показателей по вариантам комплектов для ДДА-100МА	
	1	2
рабочая скорость движения агрегата на поливе, не более, км/час	1,07	1,07
вперед	0,6	0,6
назад		
Транспортная скорость агрегата, не более, км/час	4,27	4,27
Универсальность:		
вид орошаемых культур	Кормовые, зерновые, технические и овощные	
пределы регулирования поливных норм, м ³ /га	30...100	
коэффициент надежности технологического процесса	не менее 0,98	
коэффициент использования эксплуатационного времени (в течение поливного сезона)	<i>не менее 0,93</i>	
Условия работы:		
содержание твердого осадка в воде, г/л	<i>не более 5,0</i>	
размер механических и растительных примесей, мм	<i>не более 6,0</i>	
общая минерализация воды, г/л	<i>не более 6,0</i>	
активная реакция воды при температуре от +5 до +45°С	рН=6-8	
температура окружающего воздуха:		
при работе	от +5 до +45°С	
при хранении	от -40 до +45°С	

Разработанные комплекты малоинтенсивных дождеобразующих устройств для двухконсольных дождевальнх агрегатов ДДА-100МА на действующих оросительных системах обеспечивают достижение следующих технико-экономических показателей работы агрегата.

Обширные исследования модернизированных агрегатов ДДА-100МА в хозяйственных условиях позволили установить следующие преимущества усовершенствованного дождевого пояса агрегата:

- равномерность распределения дождя увеличивается на 60 %, а его интенсивность и крупность капель уменьшается соответственно на 40 и 30 %. При этом ударное воздействие капель искусственного дождя на почву снижается на 33 %;

- достокочная норма полива повышается на 27 %;
- не наблюдается вымывание семян и образование почвенной корки;
- время прорастания семян после посадки сокращается на 18...20 %;
- выход товарной продукции корнеплодов увеличивается на 14...16 %;
- не наблюдается образование мелкоземного слоя на листовой поверхности растений;

- снижение расхода воды и топлива на полив соответственно составляет около 23 % и 20 %;

- прибавка урожая овощных культур на гектар орошаемой площади составляет в среднем около 20 %.

Технические решения по модернизации агрегата обеспечивают то, что энергоемкость полива первым дождеобразующим комплектом не превышают 73,5-81,6 кВт.ч/1000 м³, вторым комплектом – 68-76 кВт.ч/1000 м³. Это ниже энергоемкости серийного агрегата на 40-50 %, которая составляет 135 кВт.ч/1000 м³.

Удельный расход гидравлической энергии агрегата с первым комплектом при той же производительности полива (0,78 га/ч) составляет порядка 34,6 кВт.ч/га – 38,5 кВт.ч/га, со вторым комплектом – 32 кВт.ч/га – 36 кВт.ч/га, что примерно на 62,3 % - 54,7 % меньше.

1.2 Методические рекомендации и технические решения по созданию машины нового поколения "Кубань-ЛК2"

а) Обоснование по разработке широкозахватной многоопорной машины:

- оптико-волоконная связь;
- микропроцессорное управление;
- тиристорный гипоидный привод;
- управляемый водопроводящий пояс.

Методические рекомендации и технические решения направлены на создание систем управления машинами дождевальными электрифицированными типа "Кубань" фронтального (МДЭФ) и кругового (МДЭК) перемещений повы-

шенного ресурса и надежности с широкими функциональными возможностями, изготавливаемых для нужд сельского хозяйства и для поставки на экспорт на базе оптико-волоконной автоматики. Задачи: повышение информативности, ремонтпригодности и эксплуатационной надежности, упрощение технического обслуживания за счет введения автоматически действующих средств диагностики и поиска неисправности, снижение материалоемкости, в том числе остро дефицитной меди и других материалов.

В совокупности поставленные задачи, по своему объему и содержанию, являются программой разработки и создания нового современного конкурентоспособного на рынке зарубежных стран поколения многоопорных дождеваль-ных машин, отвечающих перспективным безлюдным технологиям орошения в сельском хозяйстве.

Это означает, что должны быть поставлены на качественно новый уровень не только параметры машин как таковых, но и учтены перспективные тенденции развития технологии орошения. Сюда относят вопросы централизованного автоматизированного управления групповой работой машин, включающим запрограммированную работу, как группы машин, так и каждой машины в отдельности при различных режимах полива, и, в том числе, избирательного полива, т.е. с выбором и осуществлением полива по нормам, наиболее благоприятных и экономных для конкретной почвы и культуры на том или ином участке орошения.

Местные и центральные пульта управления должны иметь диагностические каналы связи и передачи информации о нарушениях режимов работы машин, возникновения неисправностей с индикацией и причин неисправностей.

Столь широкая и глубокоперспективная постановка вопроса правомерна, так как предопределяется необходимость изыскания технических направлений и средств в обеспечение развития дождевальной техники на современном этапе, а также на ближайшую и долговременную перспективу.

Имеющаяся в настоящее время серийная система автоматизированного управления и защиты дождевальных машин построена по типу "жесткой логи-

ки" и не позволяет менять, без существенной переделки, структуру и программы управления. Это означает, что для каждого функционального действия этой системе необходим свой канал связи, т.е. своя металлическая жила кабеля. Таких каналов на машине 12. Они обеспечивают минимально необходимые условия работы машины и ее защиты. Расширение функциональных возможностей машины, как-то, введение избирательного полива, непрерывная диагностика с информацией о возникающих и возможных нарушениях в работе машины с расшифровкой причин и места возникновения дефектов, дистанционное управление работой машины или их групповой работой на базе существующей системы практически невозможно из-за потребности в большом количестве дополнительных каналов связи. Расчеты показывают, что для этого потребовалось бы около 500 дополнительных медных жил.

Наиболее современным и перспективным направлением является применение волоконной техники.

Волоконно-оптическая техника является новым направлением развития таких отраслей народного хозяйства, как вычислительная техника, средства связи и управления и находится на современном этапе ее внедрения в отечественную промышленность по существу на стадии осознания ее возможностей и преимуществ.

Ее широкое внедрение в наше народное хозяйство, как это имеет место в других развитых странах, у нас ограничено.

Можно с уверенностью констатировать, что в настоящее время располагаем в этой области достаточно высоким научно-техническим заделом и созданы производственные мощности, как по производству всей элементной базы, так и по оптическим кабелям связи, которые в состоянии без больших инвестиций обеспечить широкое внедрение этого перспективного технического направления в народное хозяйство.

Вопросы применения нового направления, каким является волоконно-оптическая техника, в сельском хозяйстве, и, в частности, в дождевальной тех-

нике не однозначны. Эти вопросы являются предметом тщательной и углубленной проработки.

Актуальность и необходимость применения, высокая технико-экономическая эффективность и фундаментальная практическая значимость применения волоконно-оптических линий связи (сокращенно ВОЛС) по сравнению с традиционными системами передачи информации, определяются прежде всего их способностью передавать огромнейшие потоки информации, в том числе по единичному волоконному световоду (ВС). Использование ВС вместо металлических проводников позволяет перейти в технике связи и передачи информации на оптические частоты, на несколько порядков превышающие частоты СВЧ диапазона, а увеличение частоты несущей расширяет диапазон пропускаемых системой передачи информации наборов рабочих команд и сигналов от датчиков.

Световодные системы передачи информации знаменуют собой возникновение принципиально нового направления в информатике и технике связи, исключительно эффективным является применение ВОЛС в сочетании с современными микропроцессорными комплексами.

Так в ряде компьютерной техники достигнутое на сегодня высокое быстродействие процессоров не используется из-за длительности передачи сигналов традиционным проводным каналам связи. Применение ВОЛС позволяет в полной мере использовать быстродействие ЭВМ.

Применение в составе дождевальных машин ВОЛС позволит всю необходимую информацию в части управления работой, ее защиты и диагностики передавать по одному волоконно-оптическому каналу. При этом исключается применение металлических кабелей для передачи сигналов управления, сечение жил силового кабеля уменьшается из-за избирательного включения электродвигателей тележек. Все это дает значительную экономию расхода меди на машину.

Внешняя связь машины с центральным пультом управления (например, при групповом управлении машинами) также может осуществляться чисто оп-

тическим кабелем. Микрокомпьютер, микроконтроллеры, входящие в состав системы управления, непрерывно контролирует состояние рабочих органов дождевальной машины и в соответствии с программой полива и учетом климатических факторов, вырабатывает оптимальные команды управления на исполнительные органы, что качественно расширяет функциональные возможности, повышает надежность и эффективность работы дождевальной машины.

Известно, что износостойкость контактных элементов автоматики составляет 0,1-0,4 млн. включений, а число включений предпоследней тележки может составить $5 \cdot 10^5$ за сезон. Автоматика предпоследней тележки может выйти из строя после первого года эксплуатации. Необходимы дополнительные комплекты ЗИП, чтобы увеличить срок службы машины. При применении бесконтактной автоматики, гарантийный срок службы которой составляет 10-15 тыс. часов, срок службы машины можно увеличить до 18 лет (при ее работе 800 часов за сезон), используя минимальный комплект ЗИП. Замена релейной, контактной электротехнической аппаратуры, средств автоматики на бесконтактные электронные и процессорные с использованием оптико-волоконных каналов связи позволит не только выполнять обычные функции синхронизации движения тележек и машины по курсу, но много дополнительных, обеспечивая при этом снижение веса и надежность их работы.

Изложенное и определяет направления исследований.

Предложения по структуре управления дождевальной машиной.

Предложения по структуре управления дождевальной машиной рассмотрены в следующих аспектах:

- управление поливом;
- управление движением;
- управление работоспособностью;
- связь с внешними технологическими устройствами и пультом дистанционного управления (ПДУ).

Структура управления поливом.

Структура управления поливом для круговой машины остается без принципиальных изменений. Управление поливом осуществляется (САУ) автоматического управления системой и включает в себя две функции:

- управление подачей воды в машину;
- управлением включения концевого насоса (при его наличии);
- управление качеством полива.

В этой связи имеет смысл рассмотреть две разновидности дождевальных машин:

- дождевальная машина с концевым насосом;
- дождевальная машина без концевого насоса.

Использование дождевальных машин при групповой работе ставит под сомнение необходимость использования концевого насоса, т.к. в этом случае полив углов будет производиться за счет площади перекрытия.

Функциональная схема управления поливом представлена на рис. 1.7.

Предложения по структуре управления движением.

В результате проведенной проработки предлагаем систему управления движением построить по двухуровневому иерархическому принципу.

Первый уровень управления – управление движением тележки (СУТ).

Контур управления: датчик угла (ДИ), система управления тележкой, эл. двигатель, трубопровод, датчик угла.

Второй уровень управления - управление дождевальной машиной (САУ) в целом. Микропроцессорный контроллер связан двусторонним дуплексным каналом связи с каждой тележкой.

Организация управления дождевальной машиной по двухуровневому принципу имеет следующие положительные стороны:

- создается возможность централизованного контроля за положением каждой тележки, а следовательно, анализ с пульта геометрии всей машины;
- при наличии датчика ориентации (например, одометрического колеса) создается возможность установить машину с пульта или дистанционно на поле строго ориентировано относительно географических координат;

- как следствие вышеперечисленных пунктов создается возможность для организации третьего уровня управления (дистанционное управление групповой работой дождевальных машин).

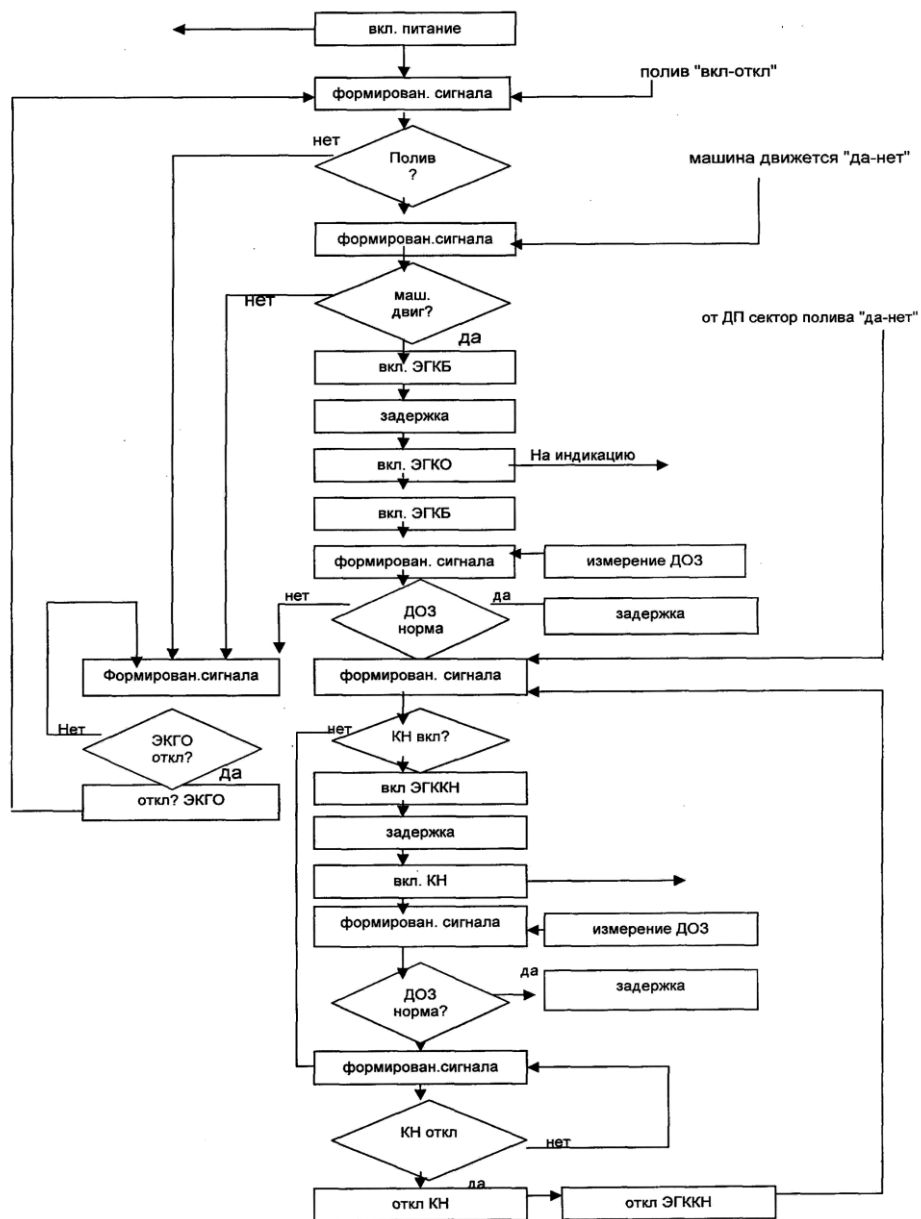


Рис. 1.7 - Функциональная схема управления поливом:

ЭКГС – основной электрогидроклапан; ЭКГБ – байпасный электрогидроклапан;

ДОЗ – датчик движения относительно земли (одометрическое колесо);

КН – насос полива углов; ЭГККН – электрогидроклапан

Предлагаемая структура системы управления движением как круговой так и фронтальной приведена на рис. 1.8.

Система управления тележкой (СУТ) каналом связи связана с пультом САУ и постоянно обменивается с ней информацией о работе тележки.

Работает СУТ следующим образом. СУТ получает сигналы от датчика изгиба ДИ значения угла изгиба между двумя соседними пролетами и получает задание от пульта. На основе полученной информации СУТ управляет включением и отключением электродвигателя тележки, контролирует движение тележки по сигналам датчика движения.

Такой схемой управления достигается то, что на движение конкретной тележки возможно воздействие с центрального пульта, находящегося на неподвижной опоре и входящего в состав САУ.

Сигналы с пульта воспринимаются СУТ как уставка.

Для выработки уставки необходимо:

- подавать информацию на САУ от всех датчиков движения и всех датчиков излома по машине;

- сигналы от датчиков излома должны быть согласованы с направлением движения машины;

- показатели ДИ должны быть разбиты на ряд зон: (рис. 1.9.):

0 - недопустимых углов. Сигнал от датчика угла или излома ДИ подается в САУ. СУТ включает двигатель только по указанию ручного режима по команде оператора;

$\alpha = 0 \div 1^\circ$ - зона безразличного состояния. СУТ и САУ ничего не предпринимают.

$\alpha = 2 \div 3^\circ$ - зона повышенного внимания. СУТ включает двигатель. САУ анализирует обстановку (ДИ ДОЗ) по соседним тележкам и может вмешаться в управление двигателем.

$\alpha = 3 \div 4^\circ$ - зона управления с пульта. СУТ может включить двигатель только по указанию пульта. САУ анализирует сигналы ДИ и ДОЗ по всей машине.

$\alpha = \pm 4^\circ$ - и выше - зона аварийной остановки всей машины. Сигнал от ДИ подается на пульт и он останавливает машину.

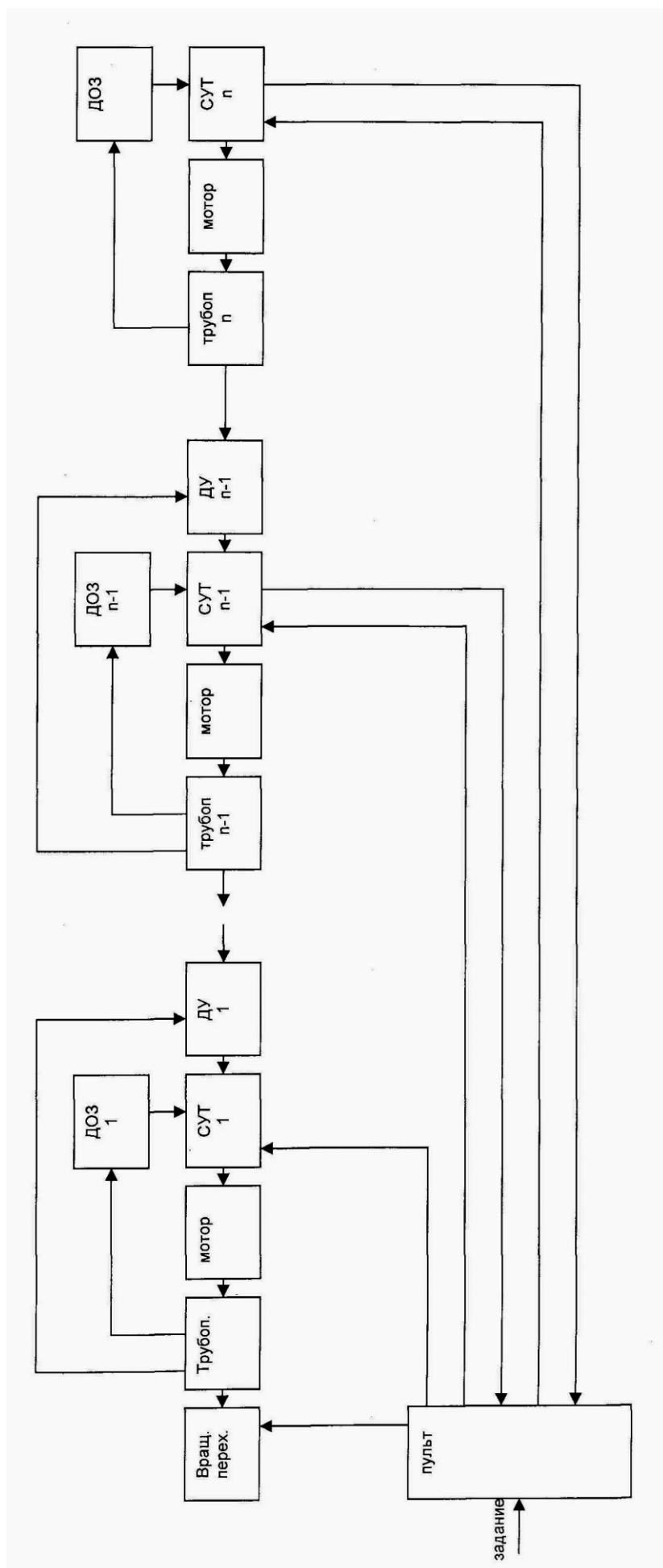


Рис. 1. 8 - Структурная схема управления движения машины:
 ДОЗ – датчик ориентации машины относительно земли; СУТ – система управления тележкой;
 ДУ – датчик угла излома трубопровода.

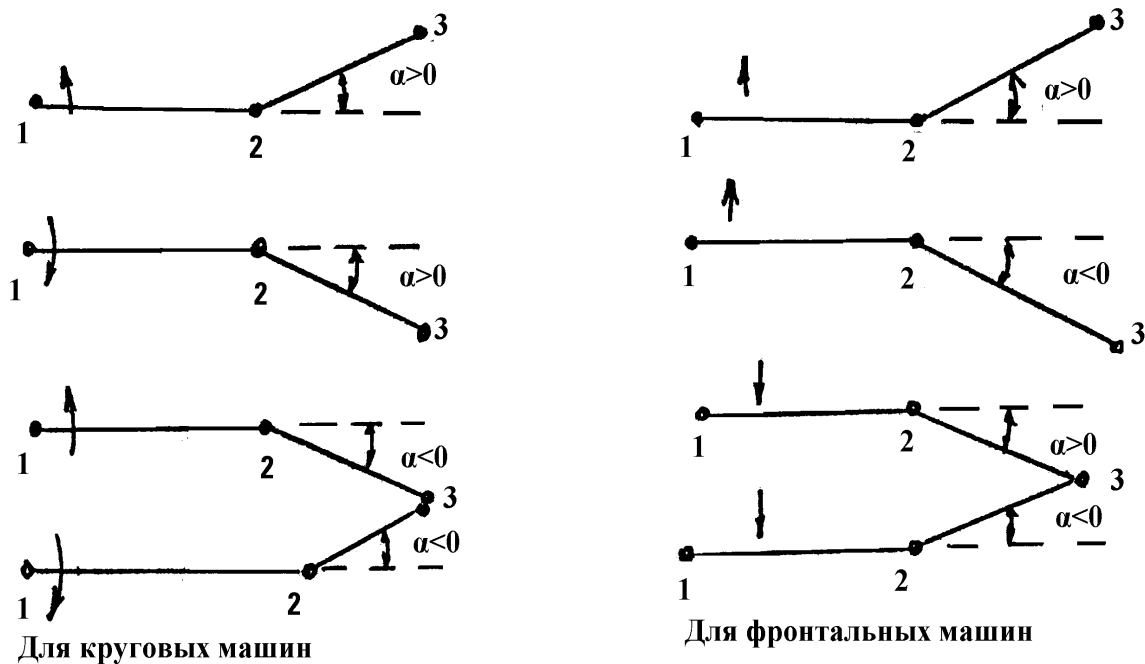


Рис. 1.9 - Зоны излома трубопровода машины

В соответствии со схемой рис. 1.8. информационными входами СУТ являются:

- сигнал от датчика движения относительно земли (ДОЗ);
- сигнал от датчика излома между отдельными секциями дождевальной машины (ДИ);
- сигналы поступающие от пульта управления (САУ).

Информационными выходами СУТ являются:

- сигналы на управление электродвигателем;
- сигналы на пульт управления САУ;

Функции СУТ:

- включение питания датчиков (ДИ, ДОЗ);
- прием сигналов от ДОЗ, ДИ, пульта САУ;
- формирование сигналов на включение или на отключение электродвигателя;

- формирование сигналов о работе тележки (секции машины) для передачи на пульт САУ;
- выдача сигналов о работе тележки (секции) в пульт САУ;
- включение отключение двигателя.

Функциональная схема работы СУТ по управлению движением тележки представлена на рис. 1.10.

Функциональная схема защит, а также схемы индикации будут разработаны на стадии рабочего проектирования. Тогда же по конкретным конструкторским решениям и принципиальным электрическим схемам необходимо определить показатели ремонтпригодности и сохраняемости САУ, далее, в соответствии с требуемыми показателями определить состав ЗИПа, порядок регламентных и ремонтных работ.

б) Технические предложения по реализации системы автоматизированного управления дождевальными машинами типа "Кубань-ЛК2"

В результате появляется возможность создания вместо автоматизированной системы управления систему автоматического, т.е. полностью исключающую вмешательство оператора в управление, которая структурно состоит из центрального устройства управления, который состоит из следующих функциональных блоков:

- блока питания;
- блока логики (построенного на основе применения микропроцессорной техники);
- блока памяти;
- блока индикации;
- блока задания режимов работы (клавиатура);
- интерфейсные блоки.

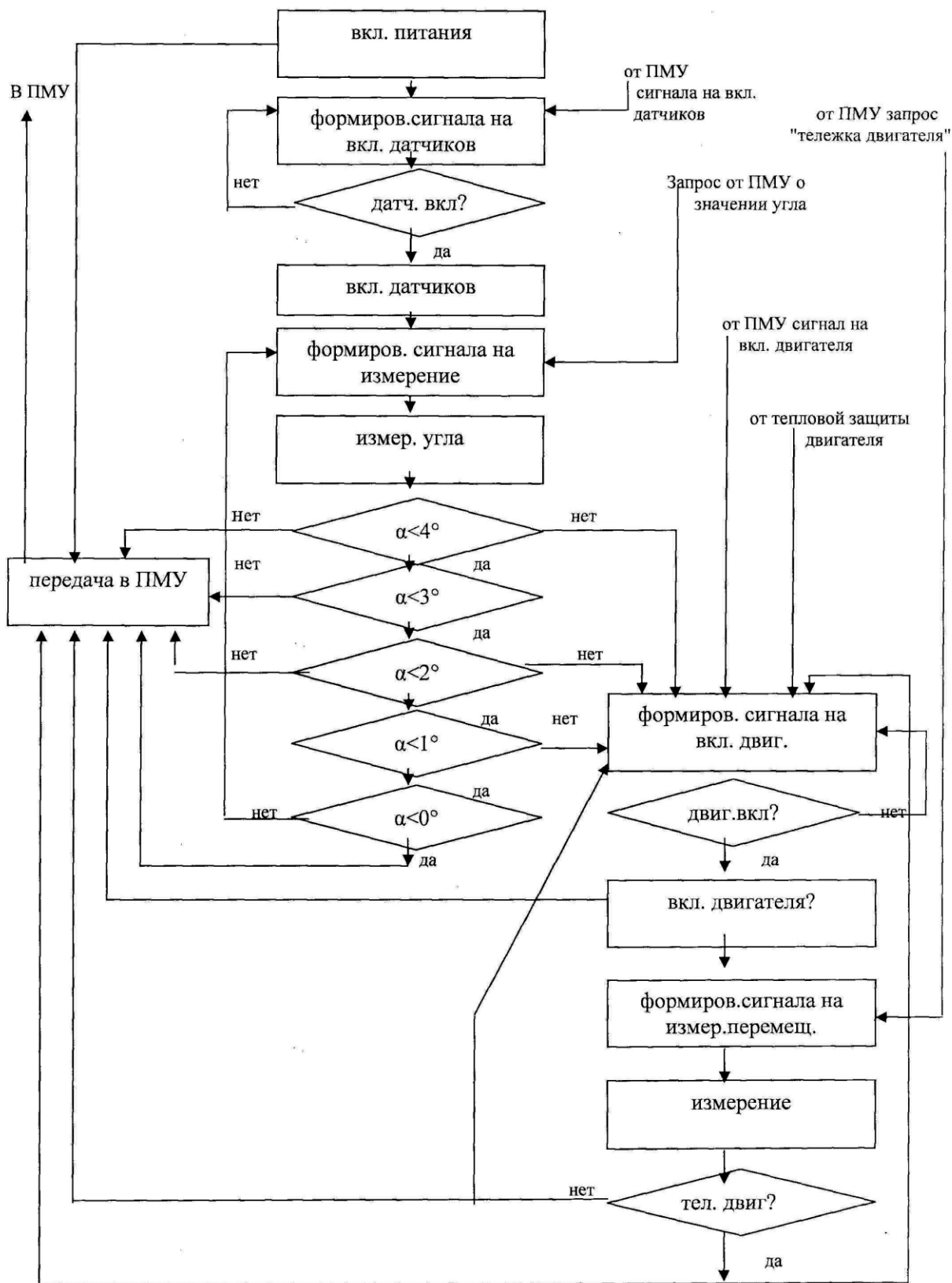


Рис. 1.10 - Функциональная схема работы СУТ

Кроме центрального устройства в состав системы входят вращающийся оптический переход и система управления тележкой (СУТ), равное числу тележек машины.

Структурная схема САУ1 приведена на рис. 1.11.

Центральное устройство управления связано с СУТ волоконно-оптическими кабелями через вращающийся оптический переход.

Так в основу САУ1 положена двухуровневая иерархическая структура, то описание работы системы рациональнее начать с нижнего уровня, т.е. системы управления тележкой.

Структурная схема управления тележкой приведена на рис. 1.12.

По результатам анализа существующей научно-технической информации по многоопорным широкозахватным электрофицированным дождевальным машинам, а также из рассмотрения аналогов для разработки можно сформулировать следующие рекомендации и требования к СУТ. Так как в тележке находятся следующие механизмы: электродвигатель, редуктор, подвижное сочленение трубопровода, то они должны быть надежно защищены, и, кроме того, должны быть в какой то разумной мере охвачены диагностическими средствами.

Поэтому для обеспечения управления и контроля работой тележки, последняя должна быть оснащена следующими датчиками:

- датчик тока электродвигателя;
- датчик изгиба трубопровода (в сочленении);
- датчик движения (при необходимости);
- датчик крена тележки (при необходимости);

указанные датчики выполняют следующие функции.

Датчик тока электродвигателя измеряет и выдаёт в СУТ информацию о величине тока потребляемого электродвигателем тележки в каждый момент времени. Конкретную схему датчика тока на этапе технического предложения определить весьма сложно, но можно предположить, что датчик тока на последующих стадиях проектирования будет выполнен по одной из двух схем.

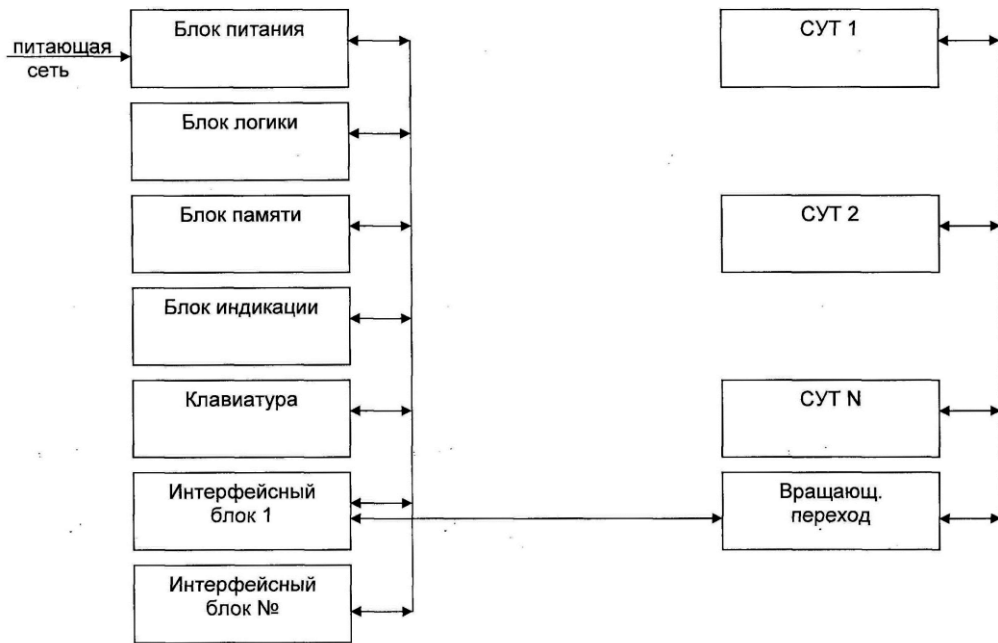


Рис. 1.11 - Структурная схема САУ

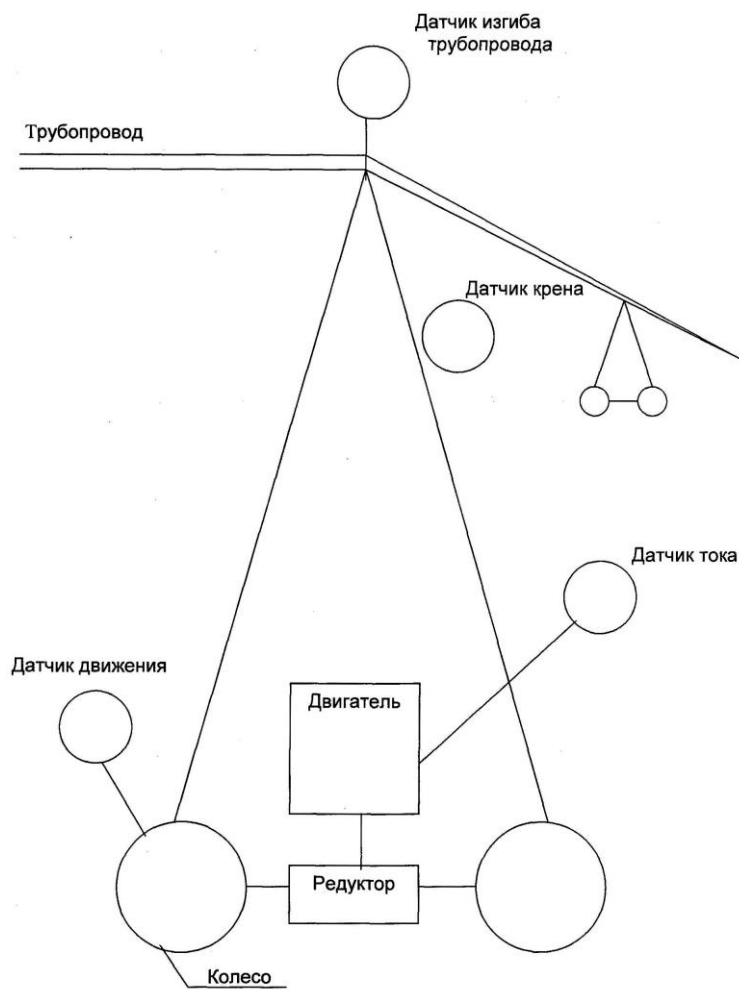


Рис. 1.12 - Структурная схема управления тележкой

С трансформатором тока и компараторами, настроенных на определенные пороги срабатывания или вместо компараторов подключается аналого-цифровой преобразователь. Тогда, на выходе схемы будет присутствовать цифровой сигнал пропорциональный значению тока двигателя в данный момент времени.

Датчик движения крепится или на колесо у его оси, либо у его обода, и выдает в СУТ информацию пропорциональную углу поворота колеса или числу его оборотов. Здесь также возможно 4 исполнения датчика движения.

Датчик изгиба трубопровода, выдает в СУТ сигнал о текущей информации величины изгиба и знаке в сочленении трубопровода. Желательно применение преобразователя типа "угол-код".

Датчик крена тележки выдает в СУТ информацию о ее наклоне поверхности движения. Датчик должен быть очень простым и дешевым, например - ртутный переключатель.

Алгоритм работы СУТ тележки приведен на рис. 1.10.

При разрешающем сигнале от САУ на запуск электродвигателя, при оставании тележки СУТ начинает функционировать следующим образом:

- выдается сигнал на запуск электродвигателя;
- СУТ производит контроль включения электродвигателя следующим образом. Внутренний таймер вырабатывает отметку времени t_1 и в этот момент времени датчик тока по сигналу от СУТ производит измерение. Если значение тока, измеренного в данный момент времени совпадает со значением уставки тока I_1 , или более ее, то формируется сигнал "Срабатывание тиристорного пускателя";
- СУТ проводит контроль загрузки электродвигателя. Для этого таймер вырабатывает временную отметку t_2 , и в этот момент времени датчик тока по сигналу от СУТ производит измерение тока.

Если значение тока лежит в пределах $I_1 < I < I_2$, то формируется сигнал "нагрузка двигателя в норме";

- СУТ проводит контроль работоспособности редукторов. Для этого в момент времени t_2 снимается блокировка с выхода датчика движения, и, в случае наличия сигнала о вращении колес, при наличии сигнала "нагрузка двигателя в норме" формируется сигнал "исправность редуктора";

- СУТ проводит контроль сцепления колес с грунтом. Для этого при появлении сигнала "исправность редуктора" проводится контроль выходного сигнала датчика изгиба. При изменении сигнала на выходе датчика изгиба формируется сигнал "отсутствие буксования". В случае наличия сигнала о вращении колес ("исправность редуктора"), но отсутствия информации об изменении угла изгиба трубопровода, СУТ формирует сигнал "пробуксовка тележки" и передает в центральное устройство САУ1.

Аналогичным образом в случае невыполнения вышеперечисленных условий СУТ выдает в центральное устройство САУ1 сигналы:

- "Отказ тиристорного пускателя";
- "Перегрузка двигателя";
- "Неисправность редуктора".

Кроме того при контроле сцепления колес с грунтом в случае появления сигнала "отсутствия буксовки", но при увеличении угла излома трубопровода, СУТ вырабатывает сигнал на отключение электродвигателя тележки и выдает в центральное устройство сигнал "Реверс".

При движении на подъем СУТ получает сигнал от датчика крена, производит замер тока двигателя и передает данные в центральное устройство САУ1, которое рассчитывает время, которое двигатель может работать с возросшей нагрузкой.

В случае повышения тока двигателя, но отсутствия крена и буксования, точную причину, вызвавшую это повышение, установить нельзя, т.к. это может быть и движение по рыхлому участку поля, так и возросшее сопротивление редуктора (к примеру потеря смазки).

Поэтому в этом случае СУТ формирует сигнал "сопротивление движению", который передается в центральное устройство САУ1, которая принимает

ет решение о возможности дальнейшей работы дождевальная машины. Центральное устройство, имеющее в своем составе блок памяти, в которую может быть записана "картина" поля после первого прохода машины, и имеющее возможность опросить соседние тележки, в данном случае может принять решение по возможности дальнейшей работы или остановки и вызове ремонтной бригады. Введение вышеперечисленных проверок позволяет использовать блоки САУ1 в качестве постоянно действующего диагностического средства. Сигналы СУТ:

- "Отказ тиристорного пускателя";
- "Неисправность редуктора"

можно условно считать аварийными сигналами, а сигналы:

- "Перегрузка двигателя";
- "Пробуксовка тележки";
- "Сопротивление движению"

можно считать сигналами диагностики работы.

При достижении угла аварийного значения $\alpha = \pm 4^\circ$ между соседними тележками СУТ выдает аварийный сигнал на остановку дождевальная машины.

Центральное устройство САУ1 конструктивно может быть выполнено на базе серийно выпускаемых микрокомпьютеров или микроконтроллеров.

Дистанционное управление многоопорной дождевальная машиной.

Для дистанционного управления целесообразно применить используемый на машине волоконно-оптический кабель. Использование в качестве дистанционного пульта микро-ЭВМ позволяет иметь на нем всю ту же информацию, что и на системе управления машиной. На пульт может быть выведена информация, как об аварийных, так и о рабочих состояниях дождевальная машины: географическое положение на поле, ток любого двигателя, наличие ветра и многое другое. При этом управление работой дождевальная машиной может осуществляться с дистанционного пульта.

Выбор в качестве основы системы автоматического управления дождевальными машинами микро-ЭВМ новыми элементами автоматики обоснован следующим соображением: использование микропроцессоров и микро-ЭВМ в составе промышленного оборудования обеспечивает снижение на порядок их стоимости по сравнению с системами на элементах малой и средней степени интеграции, реализующих аналогичные функции. Одновременно достигается резкое увеличение функций контроля и управления, уменьшение массы и габаритных размеров, а также энергопотребление систем. Переход на новую элементную базу повышает технологичность и воспроизводимость систем промышленной автоматики, резко расширяет экономически доступную сферу их применения...".

в) Управление качеством полива машин кругового действия

У выпускаемых круговых машин возле центральной опоры и под ближайшими к ней межопорными секциями всегда возникает переполив из-за необходимости увеличения сечения отверстия водовыпусков с насадками. Схематично план участка с расположением машины показан на рис. 2.13. Из-за малого диаметра сечения насадки забиваются песчинками, различными примесями в оросительной воде. Для повышения качества и надежности работы машины, повышения ее унификации выбирают по расходу водовыпуск с насадками большего сечения сопла, расположенный на удалении от центра на расстоянии, кратном порядковому номеру установки данного водовыпуска 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 типа "Кубань-ЛК1") или гидравлического пульсатора (гидравлические машины типа "Фрегат"), время периодического полива или его периодического отсутствия (рис. 1.13.).

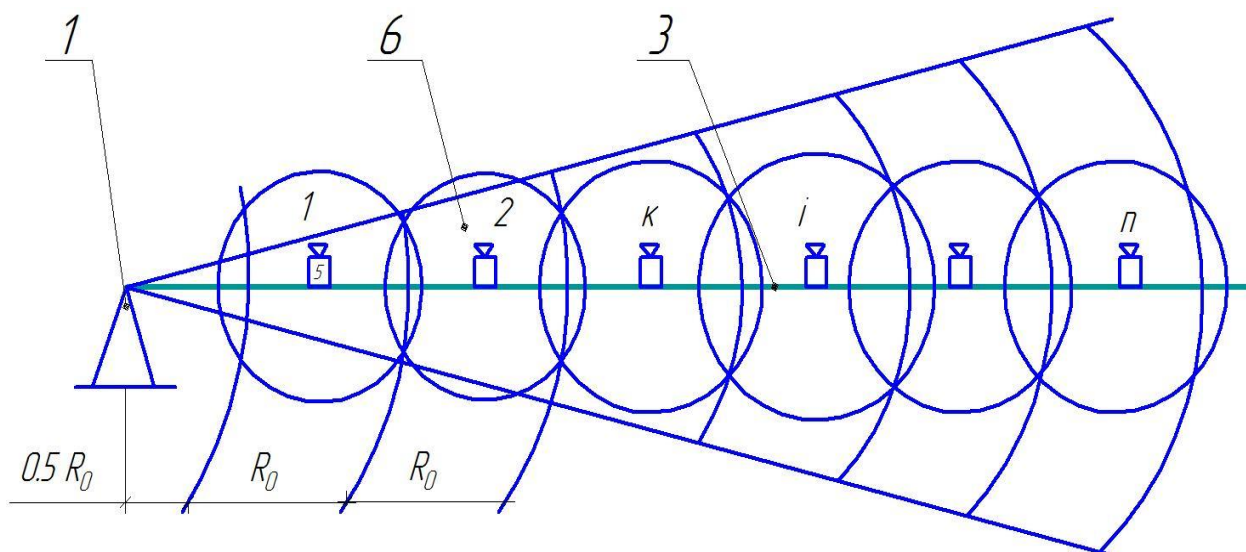


Рис. 1.13 - Время периодического полива

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 зависимости:

$$\frac{t_{ук}}{t_{ук} + t_{нк}} = \frac{\kappa}{i}$$

При регулировании времени прекращения подачи воды $t_{пк}$ в дождеваль-ные насадки индивидуально для каждого установленного водовыпуска "к" настройка генератора (гидравлического пульсатора) производится по зависимо-

сти:

$$t_{пк} = \frac{(i - \kappa)}{\kappa} \cdot t_{ук}$$

В этом случае, машина равномерного поливает, улучшается надежность работы, качество полива, повышается унификация машины. Из-за большого сечения на водовыпусках, близлежащих к центральной опоре, насадки не забиваются, надежность их работы повышается, повышается эффективность работы машины, технологического процесса полива.

По сравнению с предыдущей конструкцией машины, полной ее унификации с улучшением качества полива все водовыпуски с насадками, генераторами или пульсаторами равномерно устанавливаются вдоль машины кроме последнего. Каждый водовыпуск индивидуально настраивается в зависимости от его порядкового номера "i" расположения на трубопроводе и общего количества водовыпусков "n" согласно зависимости:
$$\frac{t_{ui}}{t_{ui} + t_{ni}} = \frac{i}{n}$$

2) Полнота и достоверность оценки качества полива

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

Естественные дожди и создаваемые ДМ по-разному влияют на впитывание воды в почву, на образование стока. Чем больше интенсивность дождя и размер капель, тем быстрее начинается сток дождевой воды, разрушение структуры почвы.

На урожай сельскохозяйственных культур влияет равномерность распределения слоя осадков, которая оценивается коэффициентами полива (эффективного, недостаточного и избыточного) и средней интенсивностью дождя. Дождевальные машины должны обеспечивать орошение полей равномерно с коэффициентом эффективного полива не ниже 0,7, поэтому справедливо оценивать их работу интенсивностью дождя, его спектральным распределением по площади, коэффициентами равномерности полива, слоем осадков и размером создаваемых капель.

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. В связи с этим важно знать в расходе дождевой воды, в норме полива, соотношение между долями крупных и мелких капель, как на элементарных площадках, так и всей площади полива.

Оценка крупности капель тремя зональными среднеобъемными и среднеарифметическим (по площади полива) диаметрами не всегда достоверно отражает качество полива, процесс распада струи на капли. Анализ показывает, что среднеобъемный диаметр, как правило, приходится на капли, которые в объеме дождевой воды не более 5...20%. Эти капли легко сносятся, интенсивнее испаряются. Среднеобъемный диаметр сильно варьирует, поэтому косвенно им можно характеризовать снос капель ветром, испарение, для оценки дождя он не годится. Поэтому в качестве показателя оценки крупности капель предлагался максимальный диаметр капель, однако он является величиной случайной, поскольку зависит от направления, скорости ветра и других факторов.

Исследованиями установлено, что оценку качества дождя по крупности капель следует производить медианным по объему диаметром d_m . Этот показатель меньше зависит от сноса капель ветром, испарения и других условий, но объективно отражает характер распада струи на капли и воздействия их на почву и сельскохозяйственные культуры, так как он тесно связан интенсивностью дождя, расходом дождевой воды, нормой полива. Физический смысл d_m заключается в том, что половина объема (массы, интенсивности) дождя выпадает в виде капель меньшего диаметра, а вторая половина – в виде капель большего диаметра. Математически его можно выразить следующим образом:

$$\sum_{i=1}^{d_m} p_{vi} = 0,5$$

где: p_{vi} – вероятность, частота образования объема воды каплями определенного класса (размера)

Найти d_m можно из графика интегрального распределения объема воды (интенсивности дождя) по размеру капель.

Для более качественной оценки дождя был изучен характер изменения медиального d_m и среднеобъемного d_k диаметров капель вдоль радиуса полива r струи аппаратов, насадок, который можно представить параболическими зависимостями вида:

$$d = a_n \cdot r^2 + b_n r + c$$

Параметры параболической зависимости изменений среднеобъемного диаметра лежат в пределах $a_n = 0,0018-0,005$, $b_n = 0,01-0,09$, $c = 0,66-1,16$, медианного $a_n = 0,015-0,15$, $b_n = 0,03-0,26$, $c = 0,63-2$. Была определена связь медианного и среднекубического диаметров капель, которая имеет линейный характер.

$$d_m = k_m d_k + c_0$$

Ее можно использовать при определении допустимой нормы полива.

При исследовании дождя дождевальными аппаратами Роса, ДД-30, диффлекторных насадок параметры данной взаимосвязи лежат в пределах $k_m = 1,1 \dots 3,4$ и $c_0 = 0 \dots 1,2$ мм. Отсюда следует, что оценка дождя медианным диаметром капель приобретает комплексный характер (размер капель – несомый ими объем воды - норму полива).

По мере удаления от насадки, струйного аппарата, с ростом интенсивности дождя увеличивается размер капель и площадь полива с данными параметрами. Поэтому среднеарифметический по площади полива диаметр капель без учета зонального коэффициента, который характеризуется зональной площадью S_j и временем полива T_j на ней, не отражает как процесс распада струи на капли, так и воздействие дождя на почву, достоверность получаемого результата. Вместо него следует определять среднеобъемный по площади полива диаметр капель с учетом зонального коэффициента k_j , который определяется как:

$$k_j = S_j T_j / S_d \cdot t_d$$

где $S_d \cdot t_d$ - приемная площадь дождемера и время регистрации им в зоне j дождя соответственно.

При расстановке дождемеров по радиусу зональные коэффициенты определяются как

$$k_j = S_1 : S_2 \dots : S_j = 1 : 2 \dots : j$$

Важной характеристикой дождя является такой комплексный показатель, как - интенсивность падения капель I , представляющая собой количество капель n , падающих в единицу времени t на единицу площади полива s . Она свя-

зана с такими характеристиками дождя, как интенсивность дождя ρ и среднекубический диаметр каплей d_k или средний объем (массы) капли v_k :

$$I = \frac{n}{s \cdot t} = \rho / v_k = 6\rho / \pi d_k^3$$

Как уже отмечалось, дождь, создаваемый поливной техникой, отличается от естественного, особенно скоростями падения каплей. Она может быть меньше и гораздо больше скорости каплей естественного дождя. Капли с высокой скоростью падения, следовательно, силовым воздействием, силой удара, быстрее разрушают почвенные агрегаты, поверхность почвы скорее заплывает, образуются лужи, и начнется поверхностный сток воды, более интенсивнее будут протекать эрозийные процессы. Для оценки качества полива многие ученые предлагают учитывать энергетические характеристики дождя, его силовое воздействие на почву. Для определения силы удара, давления капли на почву, вычисляют или измеряют непосредственно через размер d_k и скорость падения каплей v_e . Оценить качество дождя можно его мощностью M и динамическим давлением P дождя на почву, также вычисляя или измеряя диаметр d_k и скорость капли v_e по следующим зависимостям:

$$\dot{I} = W/t = qW_k/V_k [B_T]$$

$$P = \rho \varphi_k / V_k [Па]$$

где: q – расход воды, φ_k - осредненный импульс, W_k – энергия, V_k – объем капли.

Мощность дождя \dot{I} характеризует кинетическую энергию дождя, действующую на растения и почву в течение заданного времени t .

Динамическое давление дождя на почву P характеризует ту же энергию, действующую на почву в течение заданных времени t_d и площади S .

Их можно определить через показатели, определяемых на госиспытаниях и действующих в отрасли мелиорации.

$$M = 10^3 q W_k / V_k [B_T] \quad \text{и} \quad P = 10^8 \rho \varphi_k / 6 V_k [Па]$$

при ρ мм/мин.; q (л/с); W_k (Г· м²/с²), φ_k (Г· м/с), V_k (мм³)

Как видим, мнения, - какие энергетические характеристики являются критериальными, самые разные. В данном случае предлагается производить энергетическую оценку качества дождя комплексным показателем – плотностью (интенсивностью) энергии дождевого потока Π , который связывает воедино интенсивность дождя, крупность капель и энергию.

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

$$\Pi \text{ (Вт/м}^2\text{)} = \frac{W}{S \cdot t} = \rho \cdot w_k / v_k$$

где w_k - средневзвешенная энергия капли.

Ее можно выразить через показатели, определяемые при госиспытаниях, исследованиях и действующих в отрасли как

$$\Pi \text{ (Вт/м}^2\text{)} = 10^5 \rho \cdot W_k / \pi d_k^3$$

при ρ мм/мин., w_k (Дж), d_k (мм)

Исследованиями установлено, что величина плотности энергии дождевого потока, создаваемого аппаратом ДШ-64 в конце орошаемой площади достигает 10-12 Вт/м², когда начинается разрушение структуры почвы ($d_k = 1,45-1,55$ мм, $v = 2,8-3$ м/с, $\rho = 0,07-0,09$ мм/мин).

Выбор критериев оценки дождя, дождевальной техники до сих пор продолжается. Отсутствие достоверных методов и средств контроля, которые бы с высокой точностью определили всю гамму характеристик дождя, в том числе энергетических, сдерживает процесс этого поиска. Для этих целей в настоящее время разработан измерительный комплекс "Спектр-4М".

Комплекс "Спектр-4М" предназначена для измерения размера и скорости капель дождя, определения всех основных энергетических характеристик для оценки качества работы дождевальной техники (рис. 1.14.).



Рис. 1.14 - Комплекс "Спектр-4М"

Комплекс включает:

- устройство сбора данных с оптическим блоком (фотодатчик ФД-1), которое включает оптический блок, источник питания DC-DC, Flash - регистратор с АЦП, излучатель света и фотоприемника датчика;
- переносной компьютер "Notebook";
- телескопическая подставка (тренога);
- CD - диск с программным обеспечением.

Принцип контроля параметров капель датчиком ФД-1 состоит в том, что при пролете капли через луч света фотодатчика образуется электрический сигнал. Амплитуда сигнала пропорциональна размеру, а время пролета через луч - скорости капли. Эти параметры автоматически измеряются и в оперативной памяти процессора они накапливаются.

Методика определения характеристик дождя состоит в том, что фотодатчик устанавливается в зоне дождя, 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 т.ч. среднеобъемный диаметр капель, плотность энергии дождевого потока.

Таблица 1.5 - Характеристика комплекса

Контролируемые параметры	- размер капель - время пролета капли через луч
Количество измеряемых капель, шт.	- 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

Проблемы повышения и метод расчета показателей качества полива фронтальными дождевальными машинами

Основным показателем, характеризующим дождевание, фронтальную дождевальную машину (ФДМ), является выдаваемая норма полива " m ", а качество выполняемого технологического процесса оценивается равномерностью ее выдачи (равномерностью распределения слоя осадков, интенсивности дождя), а именно коэффициентами эффективного $k_э$, недостаточного $k_н$, избыточного $k_и$ полива, а также повреждаемостью (заминаемостью) растений $k_з$.

Кроме того, качество дождевания оценивается размером создаваемых капель, их среднекубическим диаметром $d_к$.

Качество выполняемого технологического процесса (ТП) фронтальными дождевальными машинами, в первую очередь, обеспечивается рабочими органами - дождевальными аппаратами, насадками, зависит от их расстановки и конструкции: диаметра сопла (соотношения H/d_c), струенормирующих элементов, дефлекторов, механизмов поворота и т.д.

Однако на качество выполняемого технологического процесса существенное влияние оказывает характер движения фронтальной машины. От колебания и осевого смещения ФДМ в сторону от направления движения резко повышается повреждаемость растений и ухудшается равномерность полива даже при идеальном подборе дождевальных аппаратов, насадок и их расстановки. Скорость машины (в направлении движения) может снизиться, а фактическая норма полива по сравнению с задаваемой (требуемой) увеличиться в 2 раза. Все зависит от опыта водителя-оператора машины или качества работы применяемой системы управления (СУ).

На контрольном участке поля качество полива может быть хорошим, а уже на других участках существенно отличаться как по направлению движения, так и длине машины. Необходимо знать как статическую составляющую показателей качества полива, характеризующую работу дождевальных насадок и аппаратов, качество их расстановки, так и динамическую, характеризующую качество работы системы управления, ее способность обеспечить лимитируемые агроэкологические характеристики.

Если статическим показателям уделяется много внимания, то динамическим значительно меньше. В настоящее время практически нет методики расчета динамической составляющей показателей качества выполнения технологического процесса фронтальными дождевальными машинами. Нет зависимостей, связывающих воедино конструктивные параметры машины (длину L и предельную скорость v_T), уставки регулятора q , q_k – параметры режима орошения (рабочую скорость v_H – норму полива m , скорость коррекции движения v_K) и показатели равномерности полива k_z , k_n , k_n , повреждаемости растений k_z , коэффициента увеличения нормы k_m по сравнению с задаваемой. Зная эти зависимости, можно создавать машины, которые обеспечивали бы требуемые показатели качества выполнения ТП.

Без знания передаточной функции машины, ее математического описания, как объекта управления, дающую взаимосвязь между входной и выходной

величинами, нельзя создать систему управления, машину, которая бы обеспечила высокие показатели качества полива.

Главным элементом системы управления (СУ) машины является регулятор. Определение параметров регулятора с учетом передаточной функции машины, координаты его крепления - одна из главных задач синтеза СУ и оптимизации ТП дождевания.

Экспериментальные исследования проводимые испытания дают объективную оценку качеству полива, работе машины, подводят итог создания машины. Основным документом, где отражена методика испытаний ФДМ, является СТО АИСТ 11.1-2004, в котором нет методики определения динамической составляющей показателей качества выполнения ТП.

Для однозначности математического описания ФДМ необходимо выбрать ее первоначальный элемент, на который должен воздействовать входной управляющий сигнал и конечный параметр. Первоначальным элементом, который присутствует на всех машинах, может быть привод опорной тележки, а выходным параметром может служить осевое смещение y_i , лимитируемое агротехническими требованиями. Тогда передаточная функция машины будет иметь следующий вид:

$$W_m(p) = y(p)/\Delta q(p) = v_t \cdot v_i / Lp^2 = k_m / p^2,$$

где: $k_m = \frac{v_i \cdot v_t}{L} = \frac{v_t^2}{L} k_{mn}$ - коэффициент передачи ФДМ; v_i - скорость контролируемой части ФДМ; p - алгеброизированный оператор дифференцирования переменной величины; k_{mn} - нелинейный коэффициент передачи, учитывающий координату контролируемой части машины y_{0i} .

Этот коэффициент равен

$$\begin{cases} k_{mn1} = \left(1 - \frac{y_{0i}}{L}\right) q_k + \frac{y_{0i}}{L} q & \text{при } v_1 = v_k < v_n = v_n \\ k_{mn2} = \left(1 - \frac{y_{0i}}{L}\right) q + \frac{y_{0i}}{L} q_k & \text{при } v_1 = v_n > v_n = v_k \end{cases}$$

где v_1, v_n - скорости первой и последней крайних опорных тележек соответственно; $q = v_H / v_T$ и $q_k = v_K / v_T$ - относительные величины включения приводов крайних тележек корректируемой и некорректируемой соответственно. Причем величина q характеризует рабочую скорость машины, нужную задаваемую норму полива.

Если у многоопорных машин, имеющих нечетное количество " n " опорных тележек, длина ферм (расстояние между опорными тележками) одинакова, то система уравнений скорости осевого смещения i -той тележки может быть представлена как

$$v_{i1} = \left[\frac{i-1}{n-1} q + \frac{n-i}{n-1} q_k \right] v_T \quad \text{при } v_1 < v_n$$

$$v_{i2} = \left[\frac{n-i}{n-1} q + \frac{i-1}{n-1} q_k \right] v_T \quad \text{при } v_1 > v_n.$$

Передаточные функции конкретных фронтальных машин показаны в таблице 2.3.

Если система управления будет содержать только пропорциональный регулятор, усилитель, контролировать лишь отклонение машины и устранять его, то ФДМ будет совершать автоколебательные движения, скорость и норма полива изменятся в 2 раза по сравнению с задаваемыми. Если СУ будет содержать только дифференциатор, дифференцирующее устройство то ФДМ будет двигаться параллельно заданному направлению, постоянно смещаясь в сторону, все больше и больше заминая растения.

Чтобы машина обеспечила высокое качество полива, СУ, как минимум, должна контролировать смещение и скорость отклонения, т.е. содержать форсирующее звено. В этом случае движение машины в заданном направлении будет стабильным, и показатели качества выполнения ТП определяются лишь рабочими органами и их расстановкой.

Простейшим регулятором, форсирующим динамическим звеном, может быть пропорциональный регулятор, вынесенный вперед по ходу движения машины. Длину штанги, расстояние выноса пропорционального регулятора, что-

бы было периодическое затухание движения ФДМ, можно определить по следующей зависимости:

$$l_{ин} = 2\sqrt{La_n}$$

где a_n – допустимая зона отклонения машины.

Чтобы создать машину, ее СУ с требуемыми показателями качества выполнения ТП, необходимо уметь их рассчитывать, исходя из конструктивных параметров ФДМ и лимитируемого режима орошения. Для этих целей нужна методика расчета.

Нами предлагается простая методика, в которой используется метод расчета фазовых траекторий, используемый в авторегулировании.

Для каждого отдельно взятого участка обобщенное уравнение фазовой траектории отклонения машины будет иметь вид

$$v_y^2 - v_{yi}^2 = 2k_{мл} \cdot k_{мн} \cdot \Delta q (y, v_y) (y - y_i),$$

где $\Delta q = q - q_k = v_n/v_T - v_k/v_T$

Максимальное отклонение машины можно определить как

$$y_{\max i} = \frac{2k_{мл} \cdot k_{мн} \cdot \Delta q \cdot y_i - v_{yi}^2}{2k_{мл} \cdot k_{мн} \cdot \Delta q}$$

По уравнениям участков, координатам характерных точек строятся фазовые траектории движения машины. По уравнениям фазовых траекторий участков, координатам характерных точек вычисляют графики, траектории или зависимости отклонения контролируемой части машины от пройденного пути $y = f(s)$ или времени движения $y = f(t)$.

При прямолинейном движении машины под углом к заданному направлению, когда скорости обеих крайних тележек равны номинальной v_n , отрезки пройденного пути на участке от точки i (отклонение y_i , скорость смещения v_{yi}) до точки $i+1$ (отклонение y_{i+1} , скорость смещения та же) можно вычислить по следующей зависимости

$$\Delta s_{ni} = s_{i \rightarrow i+1} = (y_{i+1} - y_i) \cdot \sqrt{\frac{v_n^2}{v_{yi}^2} - 1} \cong (y_{i+1} - y_i) \frac{v_i}{v_{yi}} \quad (\text{м})$$

а время движения по

$$\Delta t_n = t_{i \rightarrow i+1} = \frac{y_{i+1} - y_i}{v_{yi}} \quad (\text{с}).$$

При коррекции движения машины, когда скорости крайних тележек не равны ($v_l \neq v_n$), пройденный путь и время, затраченное на прохождение данного пути, равны:

$$\Delta s_{ki} = s_{i \rightarrow i+1} = \frac{(v_{yi+1} - v_{yi})L}{v_r(q - q_k)} \quad (\text{м})$$

$$\Delta t_{ki} = t_{ki \rightarrow i+1} = \frac{v_{yi+1} - v_{yi}}{\kappa_m \cdot \Delta q} \quad (\text{с})$$

Отмечая осевое смещение контролируемой части машины на оси Oy и последовательно отрезки пройденного пути Δs , затраченного времени Δt , на оси Os и Ot строим графики колееобразования, перемещения машины в заданном направлении по полю $y = f(s)$ и ее отклонение во времени $y = f(t)$.

Траекторию движения, колееобразование остальными опорными тележками можно определить по контролируемым, с учетом коэффициентов передачи нелинейной части ($\kappa_{mn1}; \kappa_{mn2}$), подставляя в уравнение координату удаления y_{oi} опорных тележек от первой.

Для центра машины вычисляется коэффициент снижения скорости:

$$k_\phi = \frac{\sum \Delta s_{ni} + \sum \Delta s_{ki}}{v_n \cdot \left[\sum t_{ni} + \sum t_{ki} \right]} = \frac{v_{cp}}{v_n}$$

Коэффициент увеличения нормы полива k_m или рабочей уставки регулятора можно рассчитать как

$$k_m = k_\phi^{-1}.$$

Коэффициенты избыточного, недостаточного и эффективного полива можно вычислить как

$$\begin{aligned} \kappa_n &= \{L[q^2 - (1 + \delta_\rho)^2 q_k^2] / (1 + \delta_\rho)^2 (q^2 - q_k^2)(L + 2l_k)\} \\ &+ 2l_k q_k / (q + q_k)(L + 2l_k) - l_k^2 (q - q_k) / L(L + 2l_k)(q + q_k) \\ k_n &= \frac{2qL(l_k - y_n) + (l_k^2 - y_n^2) / (q - q_k)}{L(L + 2l)(q + q_k)} \end{aligned}$$

или

$$k_n = \frac{2qL[l - qL\delta / (q - q_k)(1 - \delta)] + [l^2(q - q_k) - q^2L^2\delta^2 / (q - q_k)(1 - \delta)^2]}{L(L + 2l)(q + q_k)}$$

где: l_k - длина консоли, ее дождевого облака; δ - доля площади, где идет переполив или недополив.

Эти выражения справедливы для машин типа ДДА-100МА, ВХ.

Для машин типа ДМ "Кубань-Л" эти зависимости имеют вид

$$\kappa_n \cong \frac{q^2 - (1 + \delta_\rho)^2 q_k^2}{(1 + \delta)^2 (q^2 - q_k^2)} ; k_\varepsilon \cong \frac{\delta_\rho (2 + \delta_\rho) q^2}{(1 + \delta_\rho)^2 (q^2 - q_k^2)} ; k_n \cong 0$$

Однако при отсутствии возмущений, наличии нелинейного регулятора с зоной нечувствительности, машина часть пути может двигаться без коррекции и без переполива. Во время коррекции переполив происходит лишь на определенной части. Это зависит от типа регулятора системы управления каждой конкретной машины.

В этом случае коэффициент переполива равен

$$k_n^* = \frac{k_n}{(\sum \Delta S_n / \sum \Delta S_k) + 1}$$

а коэффициент эффективного полива

$$k_{эф} = 1 - k_n^*$$

Повреждаемость растений многоопорной фронтальной дождевальнoй машиной зависит от количества опорных тележек n_T , ширины следа колес b_k , и амплитуды отклонений тележек y_{mi} от заданного направления.

Повреждаемость растений можно определить по следующим зависимостям при контроле смещения крайней тележки y_{mn} :

$$k_\varepsilon = \frac{n}{L} \left(b_k + \frac{q + q_k}{q} \cdot y_{mn} \right)$$

- при контроле смещения центральной тележки

$$k_3 = \frac{n}{L}(b_k + 2y_u)$$

Зная величину повреждаемости растений, который обычно не превышает 0,02 (2%), можно определить допустимую величину отклонения контролируемой тележки машины y_∂ как:

центральной $y_\partial = y_u \leq \frac{k_3 L}{2n} - \frac{b_k}{2}$;

крайней $y_\partial = \left(\frac{k_3 L}{n} - b_k \right) \cdot \frac{q}{q + q_k}$

1.3 Однокрылая фронтальная машина для полива животноводческими стоками, работающая от закрытой сети

Широкозахватная дождевальная машина фронтального действия с водозабором от гидрантов закрытой оросительной сети для орошения подготовленными животноводческими стоками и водой предназначена для орошения кормовых технических и высокостебельных культур, многолетних трав, лугов и пастбищ, в разработке которой (система управления), непосредственное участие принимал автор как научный руководитель и ответственный исполнитель. При использовании машины не требуется специальной планировки поля.

Дождевальная машина (рис.1.16) представляет собой движущийся фронтально водопроводящий трубопровод, выполненный в виде отдельных пространственных ферм, шарнирно связанных между собой и опирающихся на десять опорных тележек с электроприводом, с помощью которых осуществляется перемещение по орошаемому участку. Концевые участки водопроводящего трубопровода выполнены в виде консолей.

На фермах находятся дождевальные аппараты типа «сегнерово колесо», которые, вращаясь, разбрызгивают поливную жидкость. Между собой фермы соединены с помощью шаровых соединений, которые обеспечивают трубопроводу машины гибкость в вертикальной и горизонтальной плоскости для обеспечения работы системы синхронизации фронтального движения.

Подача в машину поливной жидкости в движении осуществляется с помощью шарнирного трубопровода, представляющего собой двухзвенный шарнирный механизм, отдельные секции которого выполнены в виде напряженных пространственных ферм и связанных между собой с помощью шаровых соединений. Одним концом двухзвенный шарнирный трубопровод соединяется посредством шарового соединения с трубопроводом машины, другим – опирается на энергетическое устройство. Энергетическое устройство представляет собой самоходную дизель-генераторную установку, в конструкции которой имеются задвижка с электроприводом и подсоединительный телескопический трубопровод, с помощью которого реализуется подача жидкости к машине от гидранта закрытой оросительной сети. Подключение машины к гидранту оросительной сети и отключение от него проводятся оператором вручную.

Полив водой вместе с животноводческими стоками требует промывки машины. Для этого на ее конце установлена электрозадвижка (концевая задвижка), которая периодически открывается и закрывается. Длина машины между крайними опорными тележками составляет 405 м, максимальная транспортная скорость машины $v_t = 2,35$ м/мин.

Для обеспечения устойчивого движения машины вдоль гидрантов проложен направляющий кабель на глубине 0,7 м индукционной системы управления (СУ). Расстояние между гидрантами равно 108 м, применялся закрытый оросительный трубопровод РТЯ-220, расход воды составлял 100 л/с.

Технология полива заключается в следующем. После подключения машины к гидранту оператор запускает дизель-генераторную установку, устанавливает необходимый режим ее работы и осуществляет подачу электроэнергии на машину. Затем проводит контроль готовности и подачу поливной жидкости в трубопровод машины. Для этого он открывает задвижку с электроприводом и производит пуск машины. После выполнения указанных операций оператор в течение 5-10 мин наблюдает за процессом полива и затем переезжает к другим машинам. Движение и полив осуществляются машиной в автоматическом режиме. По окончании прохода машина автоматически останавливается, полив

прекращается путем автоматического закрытия задвижки с электроприводом. После отключения от гидранта оператор перемещает энергетическое устройство к следующему гидранту.

Управление движением осуществляется с помощью дистанционного пульта. После подключения телескопического трубопровода к гидранту сети оператор выполняет пуск машины и автоматический полив на новой позиции.

Заданная норма полива обеспечивается регулированием скорости движения машины: может быть задана в пределах 0,1-2,35 м/мин. Машина поливает поля шириной 450 м (за счет использования дополнительных консолей с обеих ее сторон) и длиной до 20 м.

Для более широкого использования машины, выдачи слоя осадков от 10 до 80 мм необходимо регулировать скорость машины в пределах 0,0017-0,0383 м/с. Регулировать среднюю скорость для выдачи заданных норм полива в широких пределах, когда на опорных тележках установлены асинхронные двигатели, можно старт-стопным способом как самым простым, экономически выгодным и легковыполнимым. Управление осуществляется при неизменном времени движения машины, меняется лишь пауза ее стояния на позиции $t_{п}$. Это обеспечивает более равномерный полив из-за того, что время движения с микропозиции на микропозицию и расстояние между ними не меняются при выдаче любых норм полива. Это позволяет произвести оптимальную расстановку дождевальных насадок, чтобы равномерность полива была максимальная. Поэтому для управления движением машины целесообразно применять старт-стопный способ с постоянным временем движения машины $t_{д}$ и переменным временем стояния на позиции $t_{п}$.

В состав конструкции системы управления машины входят: центральный прибор управления ЦПУ; датчики – одометрического колеса ДОК, курса индуктивный ДКИ, предельного вытяжения ДПВ двухзвенного шарнирного трубопровода; блоки - автоматики первой опоры БАПО, питания БП (крепятся на первой опорной тележке), автоматики промежуточной опоры БАО, автоматики конечной опоры БАКО, управления энергетической тележкой БУЭТ, которые

находятся на энергетической тележке ЭТ; десять пультов выносной опоры ПВО, которые крепятся на каждой опорной тележке, пульт управления машиной ПУМ; кабельные линии связи.

Центральный прибор управления обеспечивает все режимы работы машины, определяет точность выдачи норм полива, равномерность распределения слоя осадков, повреждаемость растений.

Датчик курса индуктивный ДКИ предназначен для формирования электрических сигналов, пропорциональных отклонению его от направляющего провода в пределах ± 300 мм. Включает четыре индуктивные катушки. Конструктивно ДКИ выполнен в виде пластмассовой конструкции, крепящейся к центру первой опорной тележки диэлектрической штангой.

Система управления многоопорной дождевальная машины «Коломенка-100» работает следующим образом. От автономного генератора Г1 (через ключ Кл1), управляющего формированием временных импульсов ФВИ, усилитель мощности У4 по кабелю в течение 8-10 с пропускают переменный ток 100 мА частотой 1030 Гц. Подключение направляющего подземного кабеля к автономному генератору Г1 осуществляется с помощью формирователя сигналов синхронизации ФСС генератора Г2, питающего индуктивную горизонтально расположенную катушку L4 частотой 10 кГц, и приемника запроса ПЗ. В кабеле наводится ток с указанной (данной) частотой, который через приемник запроса включает формирователь ФВИ на заданное время. Одновременно с помощью катушки L3, генератора Г3, ключа Кл2, усилителя У3, детектора ДЗ, компаратора К контролируются по табло блока индикации БИ исправность линии связи и работоспособность автономного генератора. Питание этого генератора периодически осуществляется от аккумулятора. При отклонении машины (первой опорной тележки, на которой находятся индуктивные катушки) в катушках L1, L2, расположенных на расстоянии 0,3 м друг от друга и под углом 45° к вертикали, наводится ЭДС, пропорциональное отклонению каждой катушки от кабеля. В катушке, которая смещается в направлении кабеля, величина ЭДС увеличивается, в другой – уменьшается. Напряжение, наведенное в каждой катушке,

усиливается усилителями У1, У2, выпрямляется детекторами Д1, Д2, поступает на компаратор знака отклонения КЗО машины (катушек L1, L2) относительно направляющего кабеля и коммутирующее устройство КУ1.

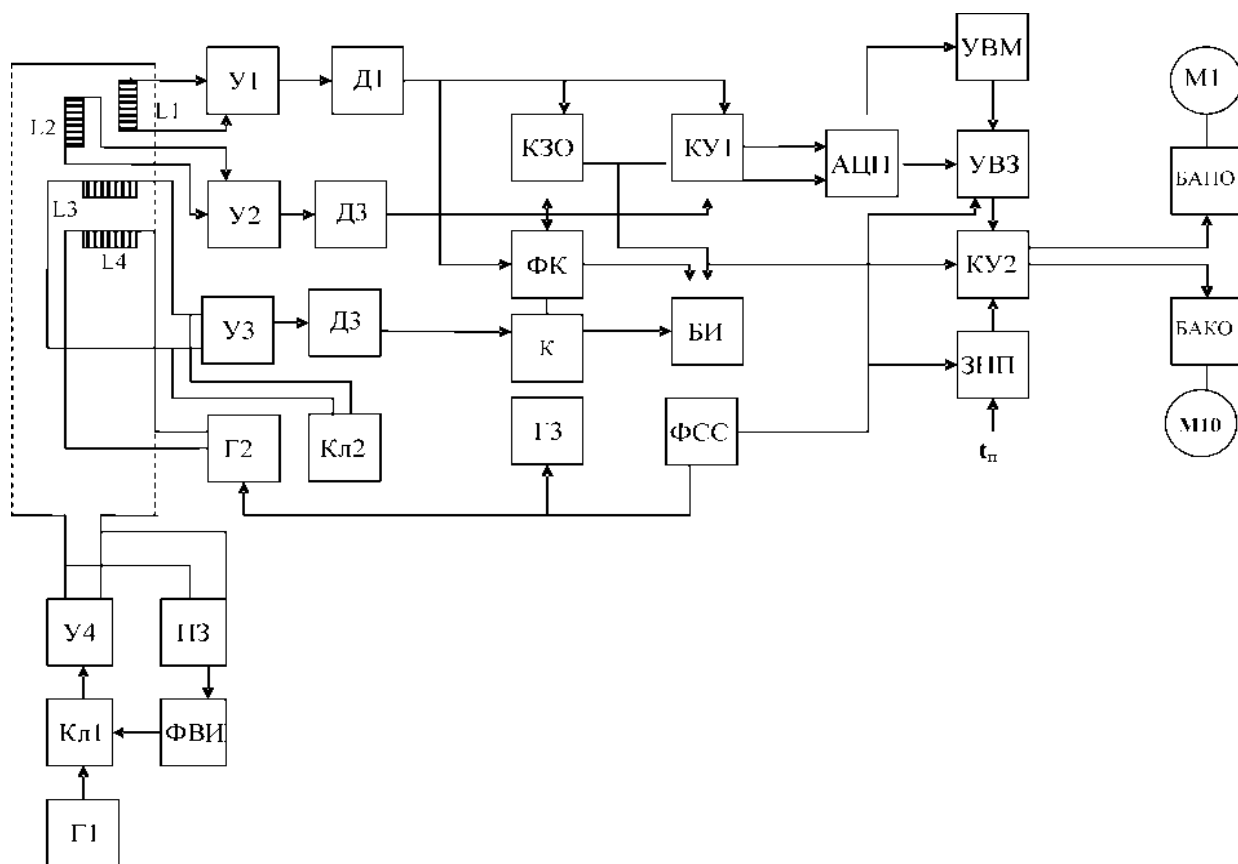


Рис. 1.15 - Структурная схема системы управления по кабельной направляющей фронтальной машины:

Г1, Г2, Г3 – генераторы; У1, У2, У3, У4 – усилители; L1, L2, L3, L4 – катушки индукционные; Кл1, Кл2 – ключи; ПЗ – приемник запроса; ФВИ – формирователь временных импульсов; ФСС – формирователь сигналов синхронизации; К – компаратор; Д1, Д2, Д3 – детекторы; КЗО – компаратор знака отклонения; ФК – фазовый компаратор; КУ1, КУ2 – коммутирующие устройства; УВЗ – устройство времязадающее; УВМ – устройства выделения максимума; АЦП – аналогоцифровой преобразователь; БИ – блок индикации; ЗНП – задатчик нормы полива; БАПО, БАКО – блоки автоматики первой и концевой опор; М1, М10 – двигатели первой и концевой (десятой) опор

Компаратор, управляя переключающим устройством КУ1, выбирает и подает большее напряжение на эталонный (опорный) вход АЦП, а меньшее – на измерительный вход. На выходе аналогоцифрового преобразователя появляется сигнал, пропорциональный отношению указанных напряжений. В зависимости от этого сигнала, пропорционального величине отклонения машины, времязадающее устройство УВЗ изменяет длительность корректирующего импульса t_k , время включения корректируемой опорной тележки. Кроме того, устройство выделения максимума УВМ определяет момент максимального отклонения

машины и посылает сигнал УВЗ на коррекцию машины с минимальным доворотом. Коммутирующее устройство КУ2, управляемое компаратором КЗО, переключает и подает на блоки автоматики первой опоры БАПО и концевой (десятой) опоры БАКО соответствующие периодические сигналы, поступающие от задатчика нормы полива ЗНП (основного таймера) и корректирующего устройства УВЗ. БАПО и БАКО, управляя электропроводами первой и концевой тележек, осуществляют коррекцию направления движения машины.

Согласно конструкции и параметрам машины как объект управления по направляющей представляет собой последовательно соединенные нелинейное и линейное интегрирующее звено второго порядка.

Линейное звено описывается следующим уравнением:

$$W_{мл} = \frac{v_m^2}{Lp^2} = \frac{K_{мл}}{p^2} = \frac{3,62 \times 10^{-6}}{p^2},$$

Коэффициент передачи нелинейного звена равен:

$$\begin{cases} K_{мл1} = q_k & \text{при } v_1 < v_n, \\ K_{мл2} = q & \text{при } v_1 > v_n. \end{cases}$$

Структурную схему системы управления ДМ можно изобразить в виде передаточных функций основного нелинейного регулятора $W_{рн}$ (ЦПУ), нелинейного $W_{мл}$ и линейного $W_{мл}$ динамических звеньев машины с единичной обратной связью (рис. 1.15).

Для обеспечения устойчивого движения машины без существенных отклонений и достижения высоких показателей качества ее работы в закон управления введен ряд зон регулирования по осевому смещению машины с контролем максимального отклонения и последующим нулевым порогом чувствительности по скорости отклонения ($v_{y0} = 0$).

Таблица 1.6 - Техническая характеристика

Марка машины	МЭФ-100С
Тип машины	Электрифицированная фронтального действия для полива животноводческими стоками
Наименование	Однокрылая фронтальная машина
Водозабор	Двухзвенный шарнирный трубопровод
Расстояние между гидрантами, м	108
Конструктивная длина машины, м	453

Количество опорных тележек, шт.	10
Длина пролета фермы, м	45
Расход поливной жидкости, л/с	100
Давление, МПа	
На гидранте	0,45-0,5
На входе в машину после водозаборного устройства	0,38
Расстояние от почвы до нижнего пояса фермы, м	2,5
Масса машины без воды и топлива, т	25,5
Марка двигателя	Д-144
Мощность электродвигателей тележек, кВт	1,5
Сезонная площадь обслуживания, га	100
Коэффициент земельного использования	0,97
Допустимый уклон поля:	
Вдоль направления движения	0,03
Вдоль машины	0,02
Местный уклон	0,15
Скорость движения машины, м/мин	от 0,1 до 4,5
Количество дождевальных аппаратов, шт.	20
Тип аппаратов	Сегнерово колесо
Слой осадков за один проход, мм	3,0 -120
Производительность за 1 час чистой работы:	
При дождевании водой и поливной норме 600 м ³ /га, га	0,6
При дождевании животноводческими стоками при поливной норме 200 м ³ /га, га	1,8
Число машин, обслуживаемых одним оператором	3-4

1.4 Гидравлическая машина фронтального перемещения

Широкозахватная дождевальная машина фронтального действия с гидроприводом и водозабором из открытого канала, разработанная на базе машины "Фрегат", предназначена для полива дождеванием зерновых, овоще-бахчевых и технических культур, включая высокостебельные, на всех видах почв, за исключением торфянистых и солончаковых с низкой несущей способностью. Полив осуществляется в движении при прямом и обратном ходах.

Машина состоит из следующих основных узлов: центральной тележки; промежуточных тележек; крайних тележек; водопроводящего трубопровода с дождевальными аппаратами; системы регулирования движением тележек с системой электрозащиты и контроля; системы стабилизации курса (опробованы два вида систем).

Дождевальная машина (рис. 1.16) представляет собой движущийся фронтально водопроводящий трубопровод 1, на котором установлены среднеструйные дождевальные аппараты. Для обеспечения движения машины вдоль водозаборного канала машина оборудована системами синхронизации 9, 10 движения тележек 3 и стабилизации курса 4, 5, 6, 7, 8. На машине применена электрическая защита, которая автоматически должна останавливать машину при опасном изгибе трубопровода в горизонтальной плоскости. Машина оборудована стоп-устройствами для остановки ее в конце гона. Кроме того, применена электрическая система, обеспечивающая сигнализацию работы крайних тележек.

В состав машины включены комплект узлов и деталей для проверки герметичности системы стабилизации курса.

Комплект для проверки герметичности системы стабилизации курса позволяет создавать давление в этих системах при отключенной дизель-насосной установке.

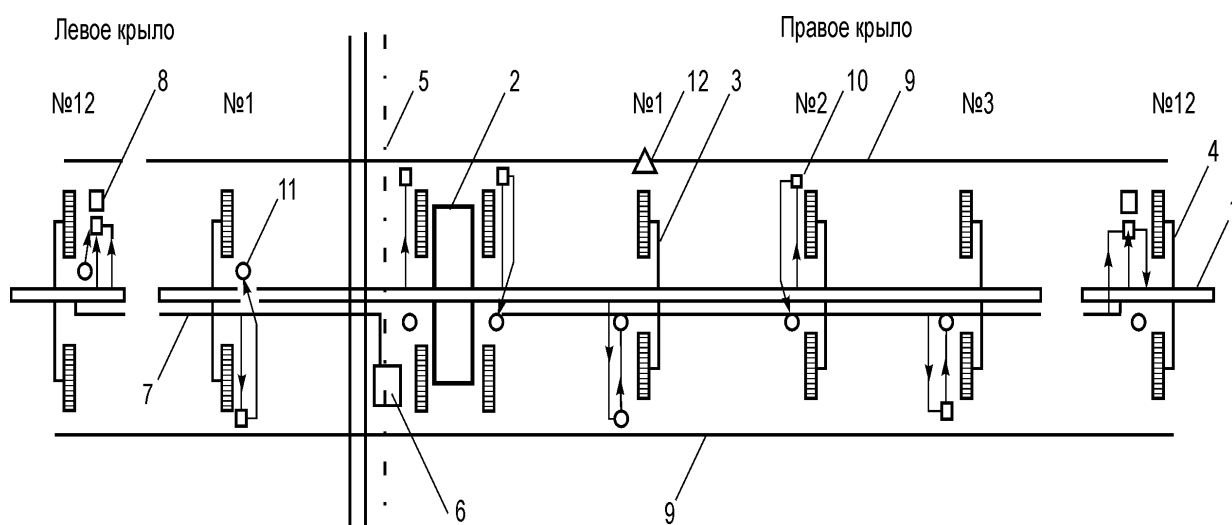


Рис. 1.16 - Структурная схема фронтальной дождевальной машины с гидроприводом:

1 – водопроводящий пояс; 2 – центральная тележка; 3 – промежуточные тележки; 4 – крайние тележки; 5 – направляющий трос системы стабилизации курса; 6 – узлы стабилизации курса со следящим устройством; 7 – импульсная трубка системы стабилизации; 8 – гидрореле, управляющий и регулирующий клапаны системы стабилизации курса; 9 – управляющий трос системы синхронизации движения тележек; 10 – узел синхронизации (клапаны управления и регулирования и электрозащита); 11 – гидроцилиндры; 12 – лебедка натяжения троса синхронизации

Центральная тележка состоит из двух самодвижущихся тележек оригинальной конструкции. На ней устанавливаются дизель-насосная установка с водозаборным устройством, пульт управления и пульт контроля, следящее устройство системы стабилизации курса, переключатель системы регулирования движением тележек, два топливных бака с системой топливоподдачи.

Промежуточная тележка выполнена на базе тележки ДМ "Фрегат".

Для подготовки машины к движению в противоположную сторону на stopах пальцы переставляются в другое отверстие. Движение тележки машины происходит так же, как и у машины "Фрегат". Отличие – в типе привода регулирующего клапана, который в машине снабжен управляющим гидравлическим приводом вместо механического в машине "Фрегат".

Для повышения максимальной скорости движения промежуточных тележек машины увеличены проходные сечения рукавов. Соответственно изменена конструкция подсоединительных штуцеров и хомутиков для закрепления рукавов. На всех тележках машины устанавливается сливная магистраль с двумя сливными трубами.

Система синхронизации движения тележек (рис. 1.17) предназначена для автоматического регулирования движением тележек с целью поддержания общей линии трубопровода, управлением пуском и остановкой тележек, отключающихся от этой линии. Это достигается применением гидравлического привода, регулирующим клапаном и гидравлической системой управления его открытием и закрытием.

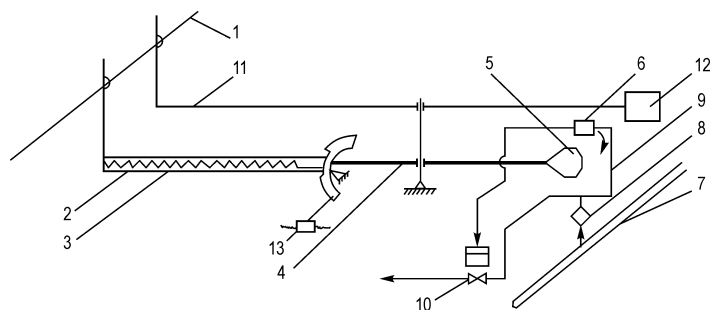


Рис. 1.17 - Система синхронизации движения тележек ДМФ «Каравелла-Л»:

1 – управляющий трос; 2 – водило; 3 – пружина; 4 – рычаг молоточка; 5, 6 – клапаны гидравлические; 7 – водопроводящий трубопровод; 8 – фильтр; 9 – импульсная трубка; 10 – клапан регулируемый с гидроприводом; 11 – водило с ветровой площадкой; 12, 13 – микропереключатель электрозащиты.

В данном случае положение машины на участке стремится принять выпуклую форму. Ввиду того, что крылья машины имеют лишь по два гибких пролета, максимальный выгиб (стрела прогиба) еще зависит от конструкции и жесткости трубопровода. Выгиб при испытании составил 6,5 м – в 2 раза меньше, чем рассчитанный по формуле для машин со всеми гибкими пролетами.

Система стабилизации курса (рис. 1.18) предназначена для поддержания заданного направления движения фронтальной машины вдоль направляющего троса, натянутого рядом с оросительным каналом. Система стабилизации курса состоит из направляющего троса 1, рычага с роликом 2 (первоначальный вариант) или механической части ПСК 5 от машины «Кубань-Л» (второй вариант), управляющих 4 и регулирующих 7 клапанов, трубок управления 5. Принцип работы системы стабилизации заключается в следующем. При осевом смещении трубопровода дождевальная машина при ее движении относительно направляющего троса рычаг 2 или штанга ПСК отклоняется и воздействует на шток одного из управляющих клапанов 4, открывая его при этом. Через открытый клапан происходит сброс давления из управляющей полости гидрореле 7, вследствие чего гидрореле переключается. При этом регулирующий клапан 8 закрывает доступ воды на гидропривод ведущей тележки, и она останавливается. При восстановлении заданного положения трубопровода копир 3, штанга ПСК освобождают шток управляющего клапана. Клапан закрывается. Давление в системе управления возрастает, переключается гидрореле, регулирующий клапан возвращается в исходное положение.

Направляющий трос, предназначенный для обеспечения заданного направления движения машины, крепится между двумя тумбами, расположенными по краям поля. Кроме крайних тумб, трос опирается на промежуточные опоры, равномерно расположенные по длине трасы. Промежуточные опоры крепятся болтами к вбитым в землю угольникам.

Характер движения машины «Каравелла» по направляющему тросу такой же, как у ДМ «Кубань-Л», так как для вождения используются прибор ПСК и тот же закон регулирования. Отклонения составляют порядка ± 10 см и зависят

от возмущающих воздействий (рельефа, типа, качества прокладки троса, его установки на промежуточные опоры, отклонения опор от прямой линии и т.д.). При использовании первоначального варианта регулирования курса, чтобы процесс отклонения машины был аperiodическим, а не колебательным, длина штанги должна быть порядка $l_m = \sqrt{4La_n} = 30\text{ м}$ (максимальное отклонение $a_n=0,3\text{ м}$, $g_p = g_T = 10^{-2}\text{ м}$, $L=675,5\text{ м}$). Это на порядок меньше, что заложено в конструкции машины ($L_m = 3,7\text{ м} \ll 30\text{ м}$). Процесс движения такой машины будет хотя и затухающим, но колебательным, что негативно скажется на равномерности распределения слоя осадков, заминаемости растений.

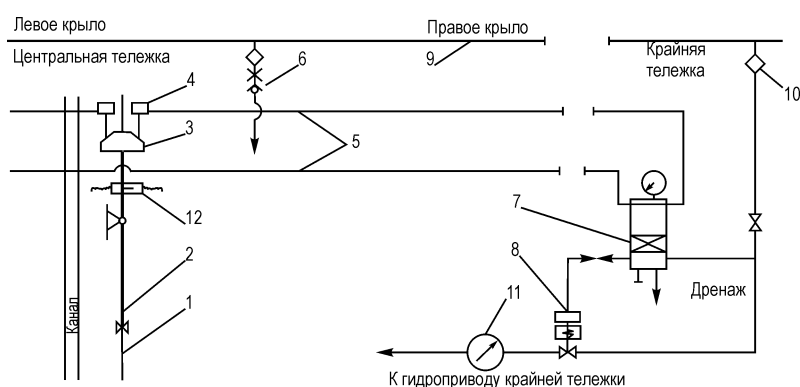


Рис. 1.18 - Система стабилизации курса ДМФ «Каравелла-Л»:

1 – трос направляющий, следящее устройство; 2 – рычаг (водило); 3 – копир; 4 – клапан управляющий (от гидрозащиты ДМУ «Фрегат»); 5 – импульсные трубки; 6 – узел питания водой импульсной трубки (фильтр, обратный клапан); 7 – гидрореле; 8 – клапан регулирующий с приводом; 9 – водопроводящий трубопровод; 10 – фильтр в начале рукава, подающего воду в гидропривод; 11 – водомер (задатчик поливной нормы); 12 – микровыключатель электрозащиты

Система электрозащиты и контроля дождевальная машины обеспечивает:

- остановку машины при исчезновении электропитания в системе электрозащиты, при этом дизель не отключается автоматически;
- передачу информации на главный пост системы о том, на какой тележке произошла неисправность (остановка тележки);
- световую индикацию о цикличности работы цилиндров крайних тележек на главном посту системы (прибор ПЗ) и крайних тележек машины;
- линию связи для подключения на всех тележках машины и главном посту системы переносных телефонов или другого переговорного устройства.

Таблица 2.7 - Техническая характеристика ДМФ "Каравелла – Л"

№ п/п	Показатели	Данные
	I. Общая характеристика машины	
1.	Тип машины – колесная, многоопорная самодвижущаяся, реверсивная фронтального перемещения	
2.	Водозабор – в движении из открытого канала оросительной системы	
3.	Источник энергии – дизель-насосная установка, смонтированная на центральной тележке для подачи воды в трубопровод машины на дождевание и к гидроприводам тележек	
4.	Перемещение машины – в прямом обратном направлении с поливом	
5.	Привод на перемещение машины – автономный, гидравлический на каждой тележке	
6.	Способ дождевания – в движении вдоль оросительного канала	
7.	Тип дождя – прерывистый, среднеструйный	
8.	Аварийная защита трубопровода – автоматическая	
9.	Остановка машины в заданном месте поля - автоматическая	
	II. Техничко-эксплуатационные показатели	
1.	Расход воды, л/с	140
2.	Давление воды на нагнетании насоса, МПа	0,58
3.	Минимальная поливная норма за один проход, м ³ /га	230
4.	Максимальная поливная норма за один проход, м ³ /га	600
5.	Средняя интенсивность дождя, мм/мин	0,3
6.	Коэффициент эффективного полива при скорости ветра до 1,5 м/с и смещении опорных тележек в вертикальной плоскости не более 0,5 м относительно опорной поверхности центральной тележки при ветре 7 м/с	0,7
7.	Ширина захвата, м	740
8.	Время работы машины без дозаправки топливом, ч	25
9.	Допустимые общие уклоны поля вдоль машины и местные уклоны по ходу движения машины в местах прохождения колес промежуточных тележек. Допустимый уклон канала с передвижной перемычкой. Допустимый уклон канала со стационарными перемычками	0,015-0,02 0,003 0,01

1.5 Технические решения по снижению энергоемкости приводов машин

1.5.1 Система управления приводами опорных тележек

В настоящее время в развитых странах полив дождеванием охватывает в Европе до 82 % орошаемых площадей, США - 21÷28 %. В России дождевание

применяется на площади порядка 1 млн.га. Из них более 58 % орошаются широкозахватными многоопорными дождевальными машинами.

Без автоматической системы управления такая машина не может качественно осуществлять орошение. За поддержание прямолинейности, стабилизации длины машины, чтобы снизить площадь заминаемости почвы и растений, отвечает система синхронизации фронтального перемещения опорных тележек.

На сегодняшний день при всем многообразии конструктивных решений предлагаемых систем синхронизации движения опорных тележек широкозахватных дождевальных машин, можно выделить линейную, выпуклую и вогнутую фронтальную форму перемещения. Большинство дождевальных машин имеют системы синхронизации опорных тележек с заданием выпуклой формы перемещения по орошаемому участку (ЭДМ "Кубань", "Zimmatic", "Valley", "RKD", "Reinke" и др.).

Из-за этого сокращается общая длина как фронтальной, так и круговой машины, ширина, радиус зоны орошения ΔL

$$\Delta L = L - L_1,$$

где L и L_1 – линейная длина машины и ее длина при выпуклой или вогнутой форме соответственно.

Вариация длины, например длины фронтальной машины, ее сокращения при данных формах может составить:

$$\Delta L = L_{\phi}(n-1) - \frac{\sin(n-1) \cdot \alpha}{\sin \alpha}$$

где L_{ϕ} и α – длина фермы (расстояние между соседними опорными тележками) и рабочий угол выбега опорной тележки (угол изгиба соседних пролетов, ферм) соответственно.

Расчеты показывают, что при реверсе машины на орошаемом участке при ее пуске на концах поля вариация машины может достигать 1-1,1 м (ДМ "Ку-

бань-Л", длина 800 м, количество тележек 16-17, рабочий угол излома, 20 минут). Увеличится заминаемость почвы и растений.

При этом проходимое расстояние на участке и время стабилизации формы машины могут составить 35-70 м и 18-35 мин соответственно.

Линейная форма машины не применялась из-за трудности конструктивных решений, экономической целесообразности в виду того, что на широкозахватных электрифицированных машинах, приводах опорных тележек в основном используются асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором. Для простоты регулирования нормы полива, скорости движения машины применяются дискретные время - импульсные или широко-импульсные методы управления, когда за определенный период включения задается постоянное время движения или время стояния машины на позиции. Для реализации управления используют дискретные средства автоматики, основанных на электроконтактной релейной или клапанной гидравлической элементной базе и имеющих зоны нечувствительности, гистерезис. Опыт эксплуатации и расчеты показывают, что число включений электроприводов опорных тележек, особенно предпоследних, составляет миллионы включений-отключений за сезон. За счет вышеуказанных факторов снижается надежность работы машины, качество полива.

Поэтому встает вопрос замены дискретных методов управления, средств автоматики на более совершенные, перейти от дискретного регулирования к аналоговому и задавать линейную форму перемещения машины. Для этих целей целесообразно использовать частотное управление двигателями с короткозамкнутым ротором.

Частотное регулирование дает возможность управления скоростью вращения ротора электродвигателя в соответствии с характером нагрузки. Это в свою очередь позволяет избегать сложных пусковых переходных процессов в системе электропитания машины, электрических сетях, обеспечивая работу оборудования в наиболее экономичном режиме, позволяет создать саморегулирующую систему синхронизации, исключая выбег и отставание тележек и устранять изгиб машины. Применение, частотных преобразователей даст воз-

возможность плавно регулировать скорость движения машины от нуля до номинальной и выше, обеспечит плавный разгон и торможение, ограничит токи на уровне номинального в пусковых, рабочих и аварийных режимах, увеличит срок службы электродвигателей и механической части электропривода тележек, снизит затраты на планово-предупредительные и ремонтные работы, повысит производительность машины.

В качестве элементов слежения локальной системы синхронизации за изгибами трубопровода при перемещении машины предлагается использовать промышленные силоизмерительные тензорезисторные датчики, предназначенные для преобразования воздействующей на них механических усилий в нормированный электрический сигнал. Датчики состоят из S-образного упругого элемента, тензорезисторов, соединенных по мостовой схеме, элементов термокомпенсации и нормирования, а также силовводящий узел для установки тензодатчика на машине. Конструкция крепления тензодатчика на машине локальной системы управления показана на рис. 1.19. Тензодатчики 1 через силовводящий узел 4 и шаровое соединение 8 крепятся на 2-х консолях 2, приваренных к трубопроводам 3 соседних пролетов.

При выбеге тележки возникает усилие на концах консолей 2, которое воздействует через силовводящий узел 4 на упругий элемент тензодатчика 1, вызывая появление деформации в местах наклейки фольговых тензорезисторов.

Конструкция силовводящего узла 4 имеет две степени свободы, в вертикальной плоскости шарнир может поворачиваться на пальце на 180° , что более чем достаточно для вертикального перемещения тележек из-за неровностей поливаемого участка. Шаровое соединение 8 реализует степень свободы при выбеге и отставании тележки по горизонтали до 14° , что более чем достаточно для синхронизации движения опорных тележек.

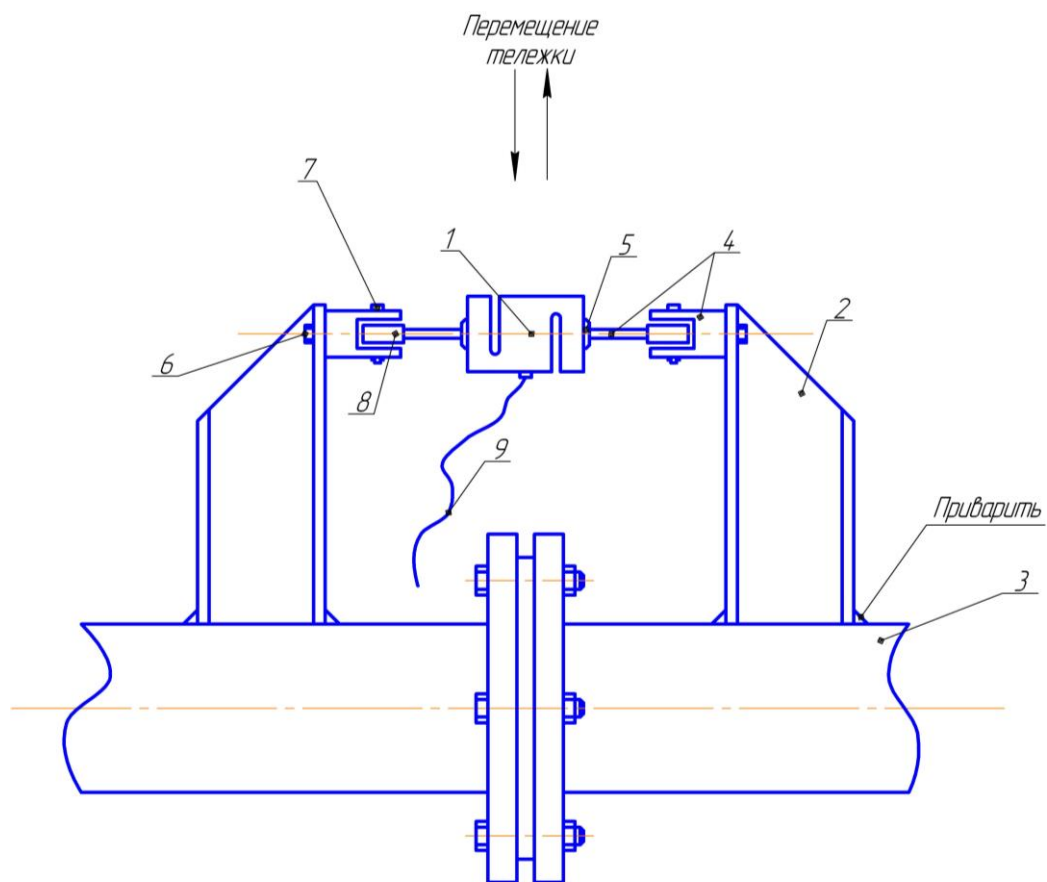


Рис.1.19 - Конструкция крепления тензодатчика локальной системы управления электроприводом опорной тележки:

- 1 – тензодатчик; 2 – консоль (швеллер); 3 – трубопровод;
 4 – силовводящий узел; 5 – контрогайка М12; 6 – болт М10;
 7 – палец; 8 – шаровое соединение; 9 – кабель соединительный

Чувствительность следящей системы зависит от длины консолей и предела измерения тензодатчиков, которые имеют следующий ряд силовых усилий: 20; 30; 50; 75; 100; 150; 200; 250; 300; 500 кг и далее.

На диагональ питания мостовой схемы соединения тензорезисторов подается питающее напряжение, а с измерительной диагонали снимается выходной сигнал (рис. 1.20).

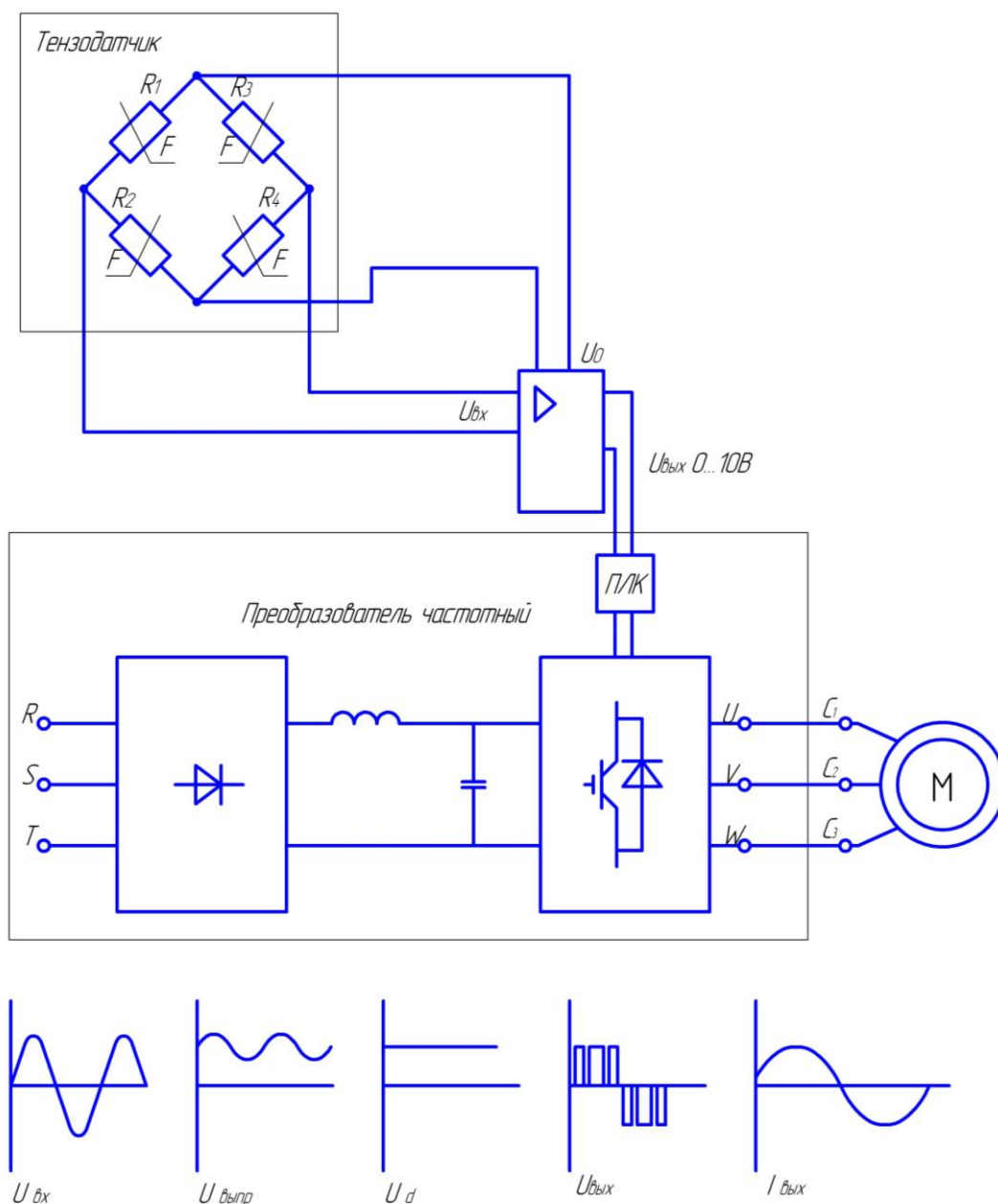


Рис. 1.20 - Схема функциональная управления преобразователем частоты

Далее выходной сигнал тензодатчика поступает на вход высокостабильного усилителя, преобразующего напряжение измерительной информации в стандартный аналоговый сигнал, а именно напряжение 0...10В. Усилитель обеспечивает также питание тензодатчика, установку и настройку нуля. В нашей системе "НУЛЬ" будет соответствовать напряжению ± 5 В. При растяжении тензодатчика напряжение на выходе усилителя будет уменьшаться с +5 до 0В, а при сжатии увеличиваться от +5 до +10В (рис. 1.21).

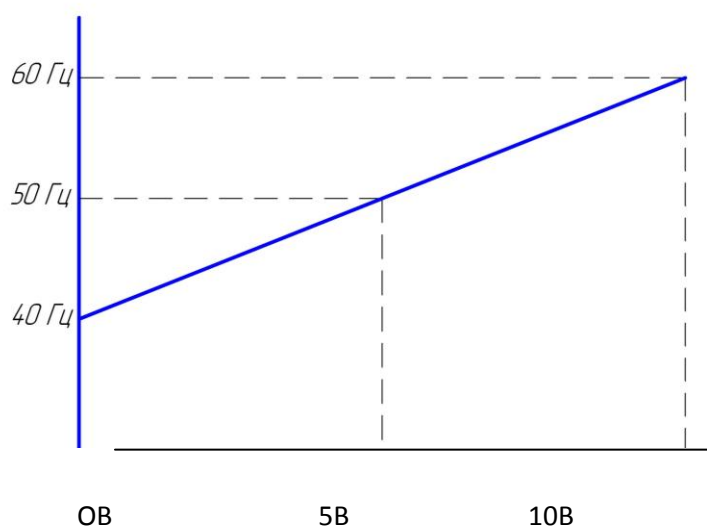


Рис. 1.21 - Зависимость частоты на выходе ПЧ от аналогового сигнала на входе

С усилителя сигнал поступает на аналоговый вход контроллера с частотного преобразователя запрограммированный в качестве первого источника задания частоты. Предложив, что регулирование скорости движения опорных тележек лежит в пределах $\pm 20\%$ от номинальной, достаточно для поддержания прямой линии при фронтальном перемещении машины, то при программировании частотного преобразователя (ПЧ) задаем указанную характеристику, у которого при поступлении сигнала на вход напряжением $\pm 5\text{В}$ на его выходе получаем частоту 50 Гц, номинальную частоту вращения электродвигателя. При снижении входного напряжения до 0В частота на выходе ПЧ будет уменьшаться до 40 Гц, а при увеличении напряжения до 10В частота возрастет до 60 Гц. Скорость движения опорной тележки напрямую зависит от угла между секциями трубопровода в местах их сочленения на тележке. При угле излома в 0° скорость перемещения равна номинальной, а при изменении угла в ту или иную сторону скорость тележки будет плавно увеличиваться или уменьшаться, поддерживая прямую линию.

Рассмотренная выше конфигурация локальной системы синхронизации рассматривается как первый вариант системы управления. При этом в существующую систему силового питания электродвигателей тележек дождеваль-ной машины вводятся частотные преобразователи, регулируемые тензодатчи-

ками. Преобразователь частоты устанавливается в корпус прибора слежения линии ПСЛ машины, входные силовые зажимы ПЧ R, S, T подключаются к выходу контактора P1 ПСЛ, т.е. к зажимам 1,2,3 разъема П6. К выходным зажимам ПЧ U, V, W подключают фазы С1, С2, С3 двигателя М. В этом варианте реализуется функция автоматического слежения за фронтальным перемещением тележек и используются положительные свойства частотных преобразователей – пуск с наименьшим ускорением по S-образной характеристике, реализация широкого спектра защит электропривода и т.д. В программируемых функциях должна быть обязательна снята блокировка автостарта при подаче напряжения на ПЧ.

Во втором варианте предусматривается такое же схематическое решение силовой части машины. Однако управление преобразователями частоты всех тележек выполняется с единого управляющего программируемого логического контроллера, расположенного на пульте управления машиной. Управление осуществляется по стандартному промышленному интерфейсу RS-485 (витая пара в экране), которым снабжены как контроллер, так и частотные преобразователи, а также различные микропроцессорные устройства, современные расходомеры, модули аналоговых и дискретных сигналов. По одной шине, двум проводам может управляться до 254 частотных преобразователей (ограничивается только максимальным адресом, устанавливаемым в ПЧ). Скорость передачи данных 38400 бит/с.

Использование центрального контроллера обеспечивает широкие возможности управления не только электроприводами тележки, но и водоподающего насоса машины, также снабженного частотным преобразователем и дает возможность реализовать ряд других функций, используя преимущества микропроцессорной техники.

Как пример, появляется возможность задания частоты пропорционально по нарастающей от центральной тележки к крайней одного и второго крыла, можно заставить машину вращаться и разворачивать машину вплоть до 90°.

Получая аналогичные сигналы с приборов слежения курса можно управлять движением машины по орошаемому участку.

Особый экономический эффект дает применение преобразователя частоты в составе насосного агрегата, что позволит обеспечить необходимый расход и экономить электроэнергию, продлить срок службы насоса. Управление частотным преобразователем насосного агрегата дождевальной машины посредством центрального контроллера позволит оптимизировать нормы полива с экономией водных ресурсов.

Применение контроллера дает возможность дистанционного управления и контроля за передвижением машины посредством радиомодема (до десятков километров) или посредством дистанционного пульта управления с радиоудлинителем RS-485 (до 1,5-3 км). Возможно подключение расходомера для контроля норм полива и других приборов, в частности контроля влажности, температуры воздуха, скорости ветра, вплоть до подключения GPS-навигатора.

Рассмотренные выше варианты идеально подходят для модернизации уже находящихся в эксплуатации машин, а также вновь выпускаемые. Релейно-контактная система управления на существующих машинах может использоваться, как резервно-аварийная при отказе микропроцессорной.

Система управления дождевальной машины четвертого поколения должна быть выполнена на базе частотно-регулируемых электроприводов перемещения машины с саморегулирующей системой слежения курса и возможностью регулирования скорости движения с дистанционного пульта, а также системой регулирования подачи воды насосно-силовым агрегатом и обратной связью от ультразвукового расходомера и скорости фронтального перемещения машины.

Применение рассмотренной системы позволит кардинально упростить, а соответственно повысить надежность и скомпенсировать стоимость микропроцессорной составляющей электротехнической части машины.

Выше рассмотренные варианты были смоделированы с использованием реальных преобразователей частоты, тензодатчиков, усилителей и электродви-

гателей и своей работоспособностью подтвердили правильность выбранных решений.

1.5.2 Обоснование снижения давления ходовых систем машин на почву

Основными факторами, определяющими давление дождевальных машин на почву могут служить заминаемость растений, энергетические затраты на передвижение машины и условия работы машинно-тракторных агрегатов и транспортных средств на орошаемых полях, которые зависят от глубины колеи. Поэтому для оценки давления дождевальных машин на почву основным критерием может быть допустимая глубина колеи.

Максимальное значение глубины колеи за поливной сезон, как показывает опыт эксплуатации дождевальных машин, не должно превышать 13 ... 15 см. Дальнейшее увеличение глубины колеи ведет к увеличению ее ширины и образованию почвенных призм выпирания около боковых кромок колеса. Это отрицательно сказывается на заминаемости культурных растений и работе пропашных, уборочных и транспортных агрегатов, производительность которых снижается на 10... 15%.

Кроме того увеличение глубины колеи более указанного значения ведет к резкому увеличению энергетических затрат на перекачивание машины, а ее переуплотнение - к уменьшению коэффициента фильтрации из-за снижения объема некапиллярных пор.

Экспериментами установлено, что при каждом последующем проходе машины, глубина колеи под их движителями в среднем увеличивается на 20% от ее значения при первом проходе, т.е. для обеспечения выше приведенного максимального значения глубины колеи (13 ... 15 см), ее величина после первого прохода не должна превышать 5 ± 1 см.

Указанная глубина колеи, как показали исследования, обеспечивается при параметрах колес многоопорных дождевальных машин, обуславливающих при этой колее для средних почвенных условий орошаемых земель, давление на почву не более 100 кПа.

Для обеспечения передвижения многоопорных дождевальных машин применяют гусеничные, шагающие и колесные (жесткие, пневматические) движители.

Наиболее широкое распространение для многоопорных машин получили колесные движители.

Недостатком жестких движителей является их повышенное сверхдопустимого давления на почву.

Основной тенденцией снижения давления движителей дождевальных машин на почву является оборудование с пневматическими шинами низкого давления.

Для разрабатываемой усовершенствованной модификации электрифицированной машины, в связи с вышеотмеченным, создана низкослойная конструкция шины 18,4-24 (4 слоя), обеспечивающая увеличение ее площади контакта с 1400 до 1800 см².

Усовершенствованные же шины, вследствие снижения давления на почву обеспечивают требуемую проходимость и на почвах с пониженной несущей способностью (среднесуглинистые почвы при поливных нормах до 500 м³/га).

Однако на почвах с очень низкой прочностью (легкосуглинистые супесчаные черноземы) усовершенствованные шины имеют незначительно увеличенное колееобразование, что, в сравнении со старыми шинами, легко устранимо посредством выдачи поливной нормы, например, за два прохода.

Выбор конструктивно-компоновочных схем электропривода.

Мощность, развиваемая электродвигателем опорной тележки дождевальной машины, реализуемая на передвижение через колеса, расходуется на механические потери в трансмиссии $N_{тр}$, на перекачивание N_f , буксование N_{δ} , преодоление подъема N_{α} (рис. 1.22)

$$N_e = N_{тр} + N_f + N_{\alpha \pm} N_{\alpha}$$

При движении тележки на подъем N_{α} берется со знаком (+), при спуске со знаком (-). При установившемся движении по горизонтали эта мощность равна нулю.

Затраты мощности опорной тележки определяются по формулам: на трение в механизмах трансмиссии

$$N_{тр.} = N_e \cdot \eta_{имт} \cdot (1 - \eta_{тр.})$$

на перекачивание

$$N_f = \frac{P_f \cdot V}{270}$$

на буксование

$$N_{\delta.} = N_e \cdot \eta_{имт} \cdot (\eta_{тр.} \cdot \delta)$$

на преодоление подъема

$$N_{\alpha} = \frac{P_{\alpha} \cdot V}{270}$$

где

$\eta_{имт}$ – коэффициент использования мощности двигателя;

$\eta_{тр.}$ - механический к.п.д. трансмиссии учитывающий потери на трение при подаче механической энергии от двигателя к ведущим колесам;

P_f - сила сопротивления перекачивания ($P_f = G \cdot f$);

G - суммарная нормальная к поверхности пути нагрузка на колеса опорной тележки;

F - коэффициент сопротивления перекачиванию колес (условно принимается одинаковым для передних и задних колес);

V - скорость движения опорной тележки;

δ - коэффициент буксования;

P_{α} - сила сопротивления подъему ($P_{\alpha} = G \cdot \sin \alpha$)

α - угол подъема.

Мощность на перекачивание с учетом буксования определяется из следующего выражения:

$$N_f + N_{\alpha} = \frac{G \cdot f \cdot v \cdot (\delta + 1)}{367,2 \cdot \eta_{\delta\delta}}$$

Наилучшие тяговые показатели привода могут быть получены при равенстве окружных скоростей переднего и заднего колес (т.е. при $K_H=0$). В этом случае передние и задние колеса работают с одинаковыми буксованием и их сцепные качества используются в равной степени.

Выбор зубчатых передач электропривода.

В настоящее время отечественная промышленность осваивает производство нового вида зубчатых передач, получивших название волновых. Отличительной особенностью последних является использование гибких зубчатых колес за счет чего передачи приобретают новые свойства и возможности. Возможность получения большого кинематического эффекта, малых габаритов, рациональной компоновки, осуществления передачи движения сквозь непроницаемые стенки и ряд других свойств волновых передач позволяют обеспечить широкое их внедрение на приводах опорных тележек дождевальными машин с электроприводом.

Волновые передачи имеют следующие преимущества:

1. Большое передаточное отношение - до 300 в одной ступени.
2. Большое число зубьев в одновременном зацеплении - до 40% от числа зубьев гибкого звена.
3. Сравнительно высокая кинематическая точность вследствие осреднения ошибки при большом числе закрепляющихся зубьев. Волновая передача имеет преимущество перед другими и по значению люфта.
4. К.П.Д. волновых передач при одинаковых передаточных отношениях имеет примерно такие же значения, как и у планетарных или много ступенчатых зубчатых передач, (к.п.д. равен 0,8...0,9).
5. Симметричность конструкции и, как следствие, малые нагрузки на валы и опоры.
6. Герметичность при специальном исполнении, позволяющая передавать движение в герметизированное пространство без скользящих уплотнений.
7. Уровень шума зубчатой передачи ниже, чем у простой зубчатой пе-

редачи.

8. Широкий диапазон нагрузок и частот вращения ($M_k=0 \dots >100$ кН.м, со до 10000 мин^{-1}).

9. Широкие кинематические возможности. Подобно планетарной, волновую передачу можно применять не только как редуктор или мультипликатор, но и как дифференциальный механизм (можно складывать два движения в одно или одно разделять на два) Известны конструкции волновых передач как вариаторов скорости.

10. Долговечность.

11. Многовариантность конструкции по типу генераторов, гибких колес, схеме взаимодействия кинематических звеньев и пр., что расширяет области применения.

12. Весьма заманчивым является возможность использования пространства внутри гибкого звена для расположения в нем двигателя или дополнительных устройств.

Волновые передачи значительно расширяют области больших передаточных отношений и способствуют распространению быстроходных двигателей. Сочетание легкого двигателя с легкой передачей позволяет значительно уменьшить массу и габариты приводов.

Кроме того, для снижения энергоемкости, увеличения КПД (до 80 %) , повышения качества полива в сложных почвенно-рельефных условиях, на каждом пневматическом колесе самоходных тележек установлены малоэнергоёмкие гипоидные передачи (рис. 1.23), а система синхронизации исключает одновременное движение нескольких (более одной) промежуточных тележек.

Создание и применение новой ходовой системы для круговой машины, как показали исследования, за счет обеспечения полива малыми нормами, позволяют подавать на поле воду в соответствии с водопроницающей способностью почв и на этой основе исключить сток и лужеобразование и, тем самым, до минимума свести неблагоприятное воздействие орошения на плодородие земель.

Тем самым обеспечивается получение стабильных урожаев сельскохозяйственных культур.

Кроме того скорость передвижения машины с новой ходовой системой позволяет обеспечить осуществление и мелкодисперсного дождевания комбинированного полива сельхозкультур.

Влияние орошения малыми нормами также имеет преимущества перед традиционным дождеванием большими нормами, так как обеспечивает практически соответствие водоподдачи водопотреблению.

Оборудование машины дополнительным поясом с малорасходными распылителями обеспечит в сочетании с увеличенной скоростью машины и оптимизацией ее длины мелкодисперсное увлажнение. Это обусловит ее широкое применение, особенно для орошения черноземов, с целью сохранения их плодородия.

При использовании предлагаемого гипоидного привода тележек дополнительно снижается потребление электроэнергии на перемещение машины с 10 кВт до 5 кВт, а за счет предлагаемой системы синхронизации движение тележек, которая включает в любой момент времени всего 1 гипоидный привод.

Машины и системы управления обладают новизной и защищены 7 патентами.

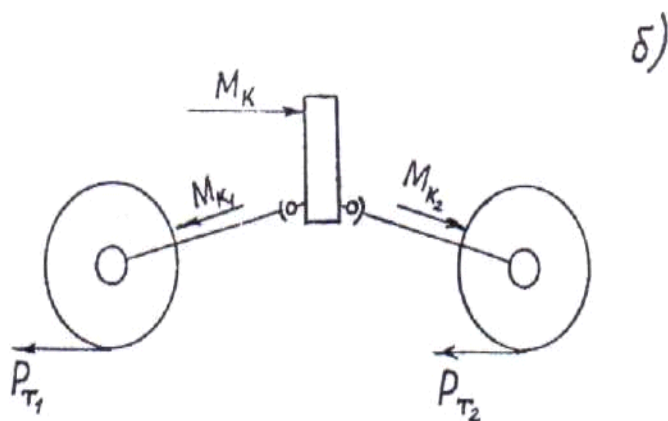
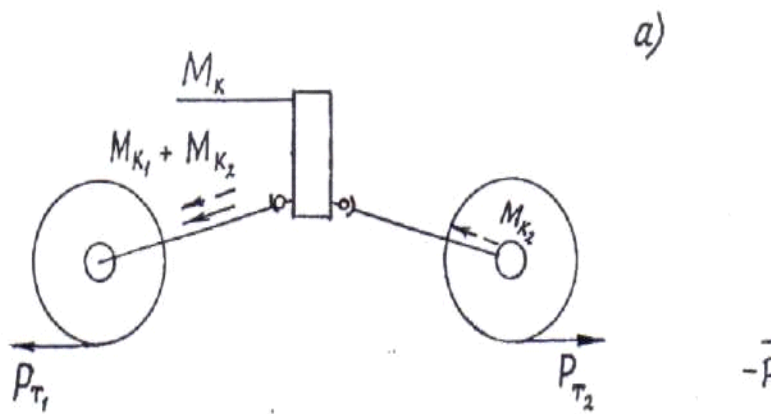


Рис. 1.22 – Схема распределения моментов и сил тяги при блокированной связи между осями

а – при наличии циркуляции мощности; б – при создании положительной силы тяги на обеих осях; P_{T1} и P_{T2} – сила тяги соответственно на первой и второй осях; Z_{K1} и Z_{K2} – радиус качения соответственно первого и второго колеса

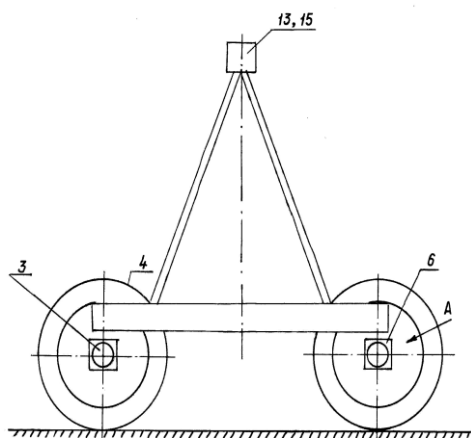


Рис.1.23а - Схема самоходной тележки машины с гипойдным приводом

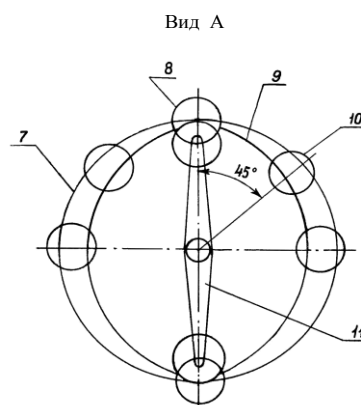


Рис. 1.23б - Схема гипойдной передачи самоходной тележки машины

1.6 Автоматизация технологических процессов полива

Для оптимизации полива и энергоэффективности работы была предложена доработка, чтобы гидравлическая низконапорная машина "Фрегат-Н" могла работать в автоматическом режиме и дистанционно управляемая с диспетчерского пункта. В первую очередь, это касается систем электрической и гидравлической защиты, стоп-устройства и крана-регулятора, чтобы можно было бы без участия человека запустить машину на полив [144-162].

Гидравлическую систему защиты модернизируют, подавая воду не с консольной части водопроводящего трубопровода машины, а из неподвижного трубопровода до входа запорной задвижки (рис. 1.24).

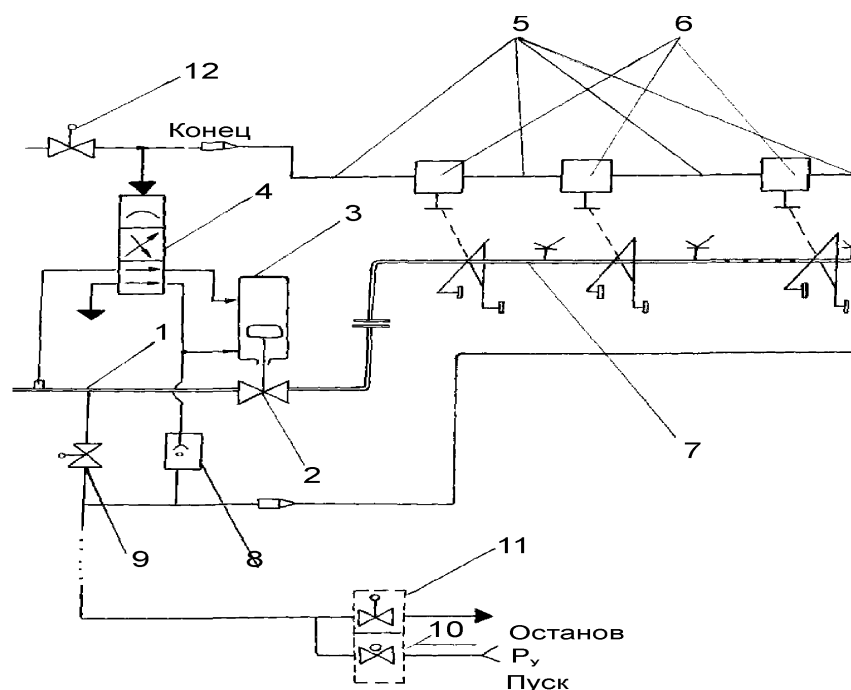


Рис. 1.24 - Гидравлическая система аварийной защиты машины:

1 – неподвижный трубопровод; 2 – задвижка; 3 – гидропривод; 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

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 открыт. 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.

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 вентиляей 10,11 или автоматических переключающихся устройств.

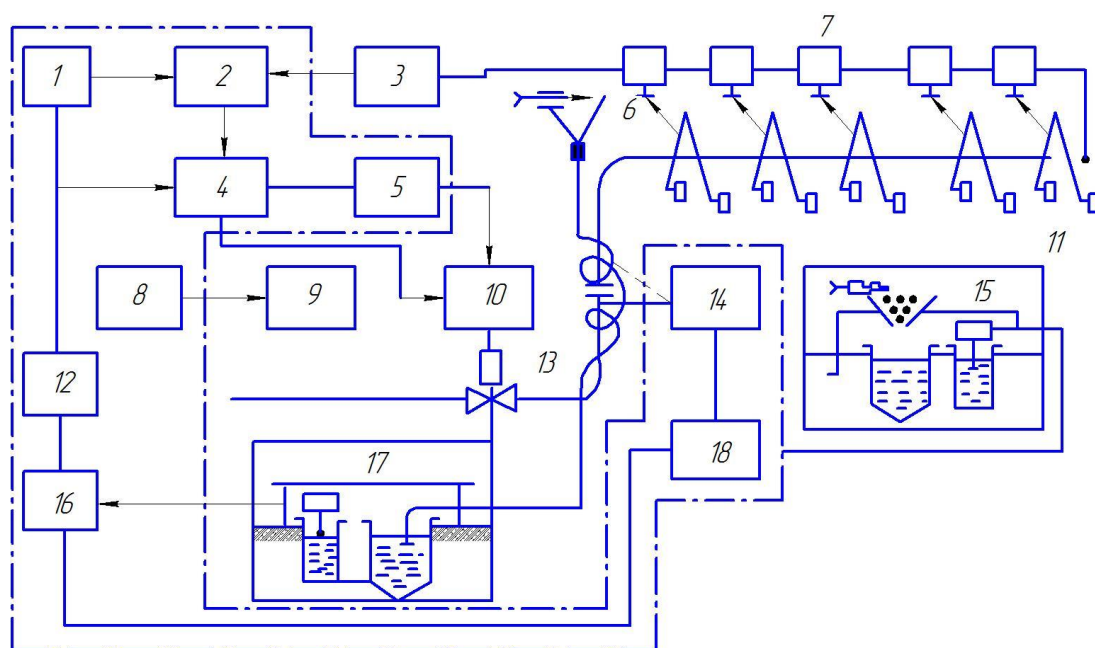


Рис. 1.25 - Функциональная схема локальной системы управления

ДМ «Фрегат»:

1 – реле времени; 2,18 – логические схемы «ИЛИ»; 3, 9 – датчики давления (ЭЖМ); 4, 16 – логические схемы «И»; 5 – тумблер для включения клапана; 6 – приемное устройство дождемера; 7 – гидрозащита (электрозащита); 8 – источник питания; 10 – клапан электрогидравлический КЗГ-16Д; 11 – ДМ «Фрегат»; 12 – усилитель; 13 – задвижка; 14 – датчик положения машины; 15 – испаромер; 17 – дождемер

При эксплуатации ДМ «Фрегат» в зонах, где довольно часто идут естественные дожди, в состав вводится дождемер с регулируемой установкой отключения машины по слою выпавших осадков (см. рис. 1.11). Машина останавливается в любой точке орошаемого поля и стоит до тех пор, пока не испарится вода естественного дождя. При этом экономится оросительная вода и снижаются затраты на ее подачу. При групповой работе ДМ «Фрегат» в состав системы входит датчик контроля давления в оросительной сети, который устанавливается на входе электроуправляемой задвижки.

Функциональная схема системы управления ЛСАУ ДМ «Фрегат» показана на рис. 1.25.

В автоматическом режиме при снижении уровня воды в испаромере 15 ниже заданного, однозначно взаимосвязанного в влагозапасом воды в почве, электронным уровнемером вырабатывается сигнал на включение машины. Этот сигнал по линии связи поступает на логическую схему 18, на схему совпадения 16, усилитель 12 и схему совпадения 4.

Если машина имеет усовершенствованную гидрозашиту, то от этого сигнала одновременно запускается реле времени 1, которое через схему сборки 2 блокирует систему аварийной защиты 7 (контакты манометра 3) на время пуска машины до восстановления работоспособности гидрозашиты. Сигнал со схемы совпадения 4, усиленный усилителем (ключом 5), включает электрогидравлический клапан 10. Задвижка 13 открывается, и машина 11 начинает двигаться и поливать. Если управляется машина с электрозащитой, то реле времени 1, схема 2 и манометр 3 исключаются из состава ЛСАУ ДМ «Фрегат», а выходной ключ усилителя 5 ставится в разрыв цепи электрозащиты для включения клапана КЭГ (ЭГРМ) или подает напряжение на управляемый вентиль усовершенствованной гидрозашиты, поставленный взамен ручного. При отходе машины от исходного положения срабатывает датчик контроля ее положения. Он блокирует показания испаромера 15 с помощью схемы 18 и по той же цепи держит задвижку открытой до тех пор, пока машина, вращаясь и поливая, не достигает исходного положения. При этом в испаромер 15 заливается реальная норма по-

лива, скорректированная приемным устройством. При подходе машины к исходному положению снимается блокировка и анализируется уровень воды в испаромере 15. Если за полный оборот ДМ «Фрегат» (за двое-семь суток) уровень воды в испаромере не опускается ниже заданного (воды в почве достаточно), то на выходе испаромера 15, датчика положения машины 14 и схемы 18 не будет сигналов, клапан 10 обесточивается, задвижка 13 закрывается, и машина 11 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».

Установив с помощью крана-регулятора оптимальную норму полива, можно с помощью данной ЛСАУ добиться непрерывной технологии орошения.

Локальная система управления может работать в составе типового модуля орошаемого участка с подачей воды от типовой насосной станции. Для выяснения возможности применения ЛСАУ при многоцелевом использовании ДМ «Фрегат» были проведены специальные исследования по испарению с поверхности чистой воды в ГГИ-3000 и воды с примесью удобрений. Разницы в показаниях не наблюдалось. Поэтому данную 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 (рис.1.26.).

Система работает, как и в предыдущем случае. Блок логики 4 выдает команду блоку импульсного управления 9 на включение машины длительностью, равной времени полива или времени межполивного периода.

На выходе дифференцирующих цепочек R1C1 и R2C2 в момент подачи или снятия сигнала блоком 4 и его импульсного реле образуются команды «Включить» или «Выключить».

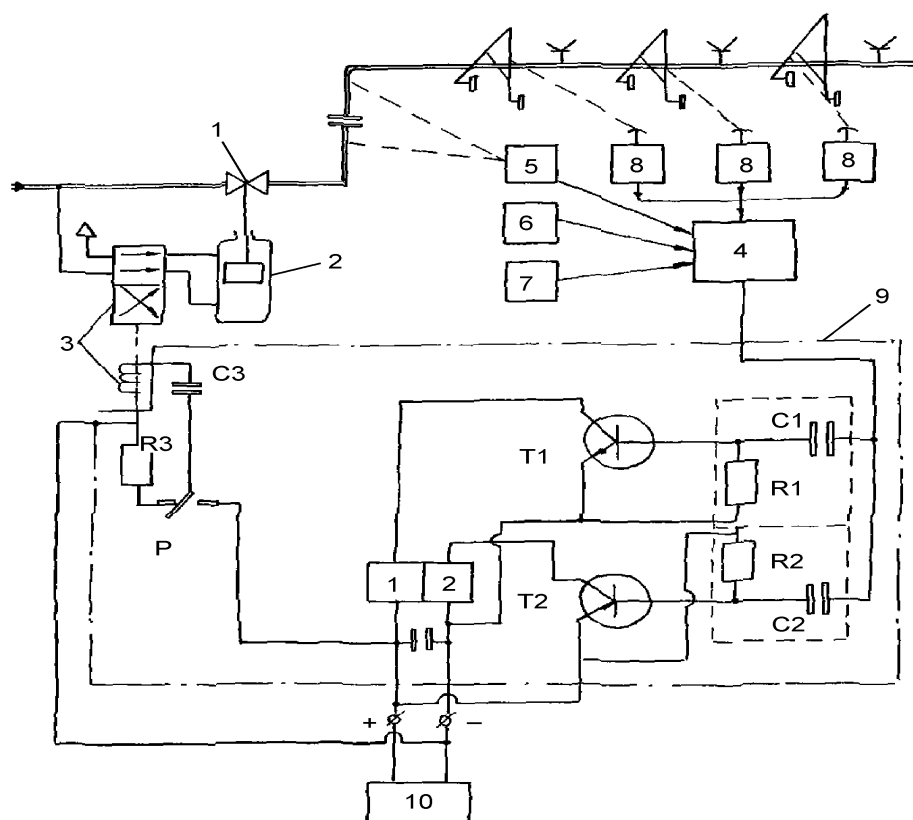


Рис. 1.26. Система импульсного управления многоопорной дождевальнoй машины:

1 – задвижка; 2 – гидропривод задвижки; 3 - электрогидрореле; 4 – блок логики ЛСАУ клапаном длительного действия; 5 - устройство контроля положения машины; 6 – испаромер; 7 – дождемер; 8 – система аварийной защиты; 9 – блок импульсного управления; 10 – гальванические элементы (блок питания)

Потребление электроэнергии импульсным электрогидрореле 3 и реле P, осуществляется только в момент переключения ключей T1, T2. Во время полива и стоянки машины эти элементы не потребляют электроэнергию. В результате резко снижено потребление электроэнергии и достаточно гальванических элементов для работы данной системы в течение всего поливного сезона.

За рубежом нет машин с гидравлическим приводом типа "Фрегат", широко применяемые в России из-за простоты эксплуатации. Обе модернизированные машины по своему научно-техническому уровню не уступают зарубежным.

1.7 Методические рекомендации и технические предложения по совершенствованию быстроразборных поливных комплектов

В секторе малых форм хозяйствования России насчитывается более 40 млн. собственников и владельцев земельных участков с общей площадью в 27,82 млн. гектар, из них 15,87 млн. гектаров - земли крестьянских и фермерских хозяйств земельными наделами до 50,0 гектаров [257-263].

Эти земельные участки характеризуются сложной конфигурацией, сложностью рельефа, наличием различных препятствий (мелколесье, дороги, линии электропередач и прочее).

Создание мобильных ирригационных комплектов проводилась с учетом орошения участков площадью от 5 до 50 га и учетом того, что совершенствование техники полива идет в направлении улучшения качества дождя, снижения расхода материалов и энергоемкости, унификации модулей и сборочных единиц, повышения надежности, улучшения условий и безопасность труда, применения новых технологий и материалов, создания машин с изменяемой шириной захвата.

Разрабатываемые комплекты ирригационные с переносными дождевальными крыльями КИ-5, КИ-10, КИ-15 предназначены для поливов технических, кормовых, овощных и бахчевых культур, картофеля, сенокосов и пастбищ на торфяных, песчаных, супесчаных и среднесуглинистых почвах на площади 5, 10, 15 га.

Быстроразборные трубопроводы, входящие в состав комплекта, могут так же использоваться для пополнения накопительных резервуаров, прудов, для водоснабжения животноводческих помещений по временной схеме и других хозяйственных нужд.

Актуальность и новизна комплектов заключается в следующем: простота и мобильность конструкции, не требуют высокой квалификации обслуживающего персонала, не подвержены коррозии, возможно использование на участках различной конфигурации и уклонах местности, что подтверждено 2 патентами РФ.

Технические показатели комплектов даны в таблице 1.8, а конструктивные элементы и комплекты на поливе показаны на рис. 1.27, технологическая схема расположения комплектов на участке на рис. 1.28.

Таблица 1.8 -Технические характеристики комплектов ирригационных

Показатели, характеристики	Значения		
	КИ-5	КИ-10	КИ-15
Расход воды, л/с	5,0-7,0	10,0-11,0	14,64
Напор, м	До 60	До 60	До 60
Орошаемая площадь, га	5,05	10,4	15,67
Площадь одновременного полива, га	0,195	0,345	0,46
Количество одновременно работающих дождевальных аппаратов	6	6	8
Средняя интенсивность дождя, мм/час	9,2-12,8	10,4-11,4	11,44
Продолжительность полива с одной позиции при норме 300 м ³ /га, час	3,1-2,4	2,9-2,6	2,6
Производительность за час эксплуатационного времени, га	0,067-0,08	0,12	



Рис. 1.27. Комплект ирригационный на поливе

Каждый комплект КИ состоит из следующих основных узлов: распределительного трубопровода 1, двух дождевальных крыльев 2 со среднеструйными аппаратами 3, соединительной и запорно-регулирующей арматуры 4 и манометра 5. Распределительный трубопровод собирается из полиэтиленовых

труб и длиной 6 м с помощью быстросборно-разборных двухсторонних соединительных муфт. Для подсоединения дождевальных крыльев служат тройники, расположенные через 18 м друг от друга и служащих для присоединения к ним дождевальных крыльев. Каждое крыло собирают из полиэтиленовых труб меньшего диаметра длиной 6 м и 1 трехметровой трубы, на каждом крыле устанавливают 6, 8 дождевальных аппаратов с расстоянием между ними 18 м. Причем первый аппарат устанавливают на расстоянии 9 м от начала дождевального крыла.

Устанавливаются дождевальные аппараты на стояках, ввинчиваемых в специальные патрубки, имеющиеся на соединительных муфтах.

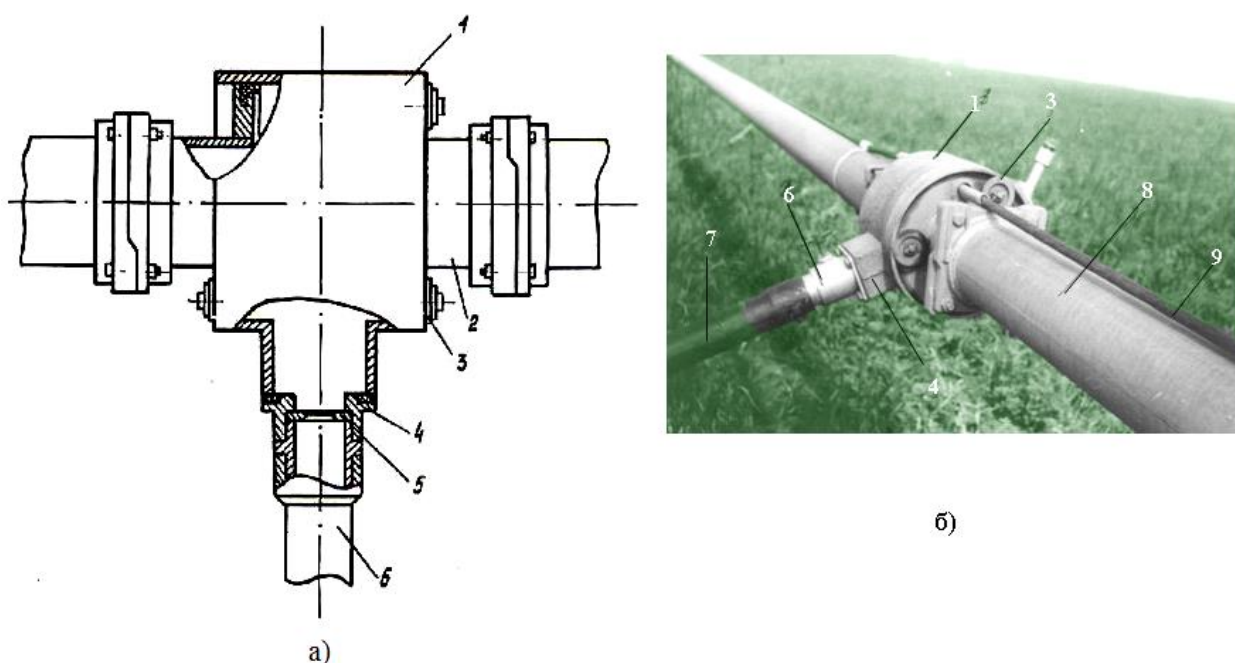


Рис. 1.28 – Самоустанавливающаяся муфта поливной машины ТКУ-100

а) схема муфты; б) общий вид.

1 – корпус; 2 – патрубок; 3 – опорный ролик; 4 – стакан; 5 – калиброванная диаграмма; 6 – узел подсоединения шлейфа; 7 – поливной шлейф; 8 – водопроводящий трубопровод крыла машины; 9 – кабель к приводной тележке.

Технология полива

Полив осуществляется дождевальными крыльями попеременно. В период полива одним из дождевальных крыльев второе крыло разбирают, переносят и собирают на новой позиции.

Мобильные ирригационные комплексы комплексно решают следующие основные задачи:

- увеличение продуктивности орошаемых земель путем оптимизации водно-солевого режима почвы, повышения качества полива, равномерности увлажнения и коэффициента использования дождевальной техники и земельного использования;

- экономия воды, расходуемой на орошение, за счет сокращения потерь на фильтрацию и сбросов из каналов и с полей, а также уменьшения промывных норм при соответствующем повышении коэффициента полезного действия (КПД) оросительной сети и коэффициента использования воды (КИВ), поданной в систему;

- повышение производительности и качества условий труда, эффективности использования поливной техники и интегральных ресурсов, на основе автоматизации полива и процессов планирования водопользования;

- оснащение эксплуатационной службы средствами внесения удобрений с поливной водой и оборудованием для учета воды и затрат энергии, производственными и социально-бытовыми зданиями, а также специальным оборудованием и механизмами;

- охраны природы и предотвращения деградации окружающей среды.

Достоинство полива комплектами

Учитывая современные условия и требования сельскохозяйственного производства созданные мобильные ирригационные комплексы имеют следующие преимущества:

- а) надежные и простые в эксплуатации;

- б) не подвержены коррозии;

- в) возможность использования на участках разной конфигурации и разных уклонах местности;

- г) не требующие большого объема воды в источнике (пруде, реке, водозаборной скважине);

- д) не требующие высокой квалификации обслуживающего персонала;

- е) имеющие унифицированные узлы для различных модификаций;
- ж) возможность многоцелевого использования (внесение удобрений с поливной водой, использование труб для откачки и подкачки воды в пруды и водоемы, полив садов газонов и т.д.);
- з) оптимальные по показателю «цена-качество» и доступными отечественному сельскохозяйственному производителю;
- и) позволяющие задействовать ранее построенные оросительные сети, практически без переоборудования.

Однако, наряду с положительными достоинствами, полив быстроразборными комплектами приводит к повышению энергоемкости полива, а именно энергоемкость полива комплектами КИ-5, КИ-10 и КИ-15 составляет 182; 218 и 218 кВт.ч/1000 м³ и удельный расход гидравлической энергии достигает 59; 73 и 75 кВт.ч/га, что соизмеримо с поливом машинами ДДН-70 и ДДН-100.

1.8 Методические рекомендации по технологическим и техническим решениям снижения энергоемкости малоинтенсивного дождевания.

Для малоинтенсивного орошения и поддержания оптимального уровня влажности почвы разработан ряд синхронно-импульсных технических средств, в частности комплекты синхронно-импульсного орошения КСИД-1, КСИД-Р, КИД-1 и другие комплекты [221-268, 272, 287, 296, 305-313].

1.8.1 Технические решения по созданию технологии и комплекта синхронно-импульсного дождевания.

Назначение

Стационарно-сезонный комплект синхронного импульсного дождевания КСИД-1 предназначен для непрерывного поддержания оптимальных уровней влажностей и питательных режимов почвы с ходом суточного водопотребления растениями и обеспечения благоприятного микроклимата надземной части растений путем подачи поливных нормам максимально приближенных к нормам суточного водопотребления на протяжении всего вегетационного периода и

может применяется для орошения овощных плодово-ягодных культур и чайных плантаций.

Комплект является технологическим модулем для создания оросительных систем на участках со сложными рельефными условиями, в т.ч. с уклонами местности до 0,3 и перепадом геодезических высот в пределах модульного участка до 25 м.

Состав комплекта

Комплект включает: импульсные дождеватели с гидропневмоаккумуляторами, генератора импульсов и подводящей сети. Импульсный дождеватель представляет гидропневмоаккумулятор с заполняемой ёмкостью, пневматическую камеру, стояк с дождевальным аппаратом.

В качестве дождевального аппарата на импульсном дождевателе применяется специальный двухствольный дождевальный аппарат или среднеструйный дождевальный аппарат типа "Роса 3" (рис. 1.29).

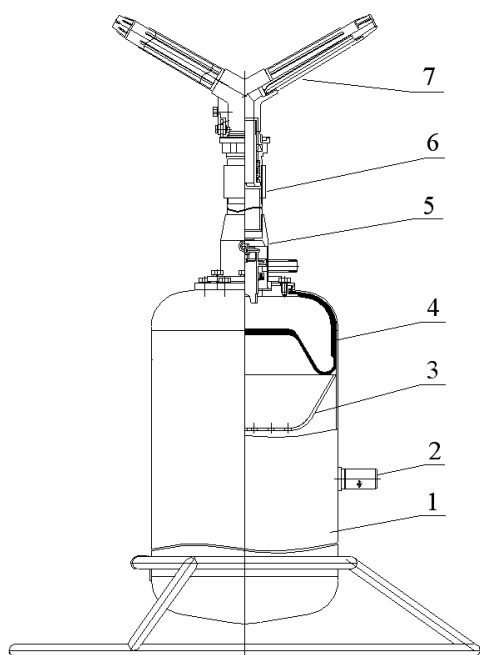


Рис. 1.29 - Импульсный дождеватель комплекта КСИД-1:

1 – пневмогидроаккумулятор;
2 – ниппель; 3 – перфорированный свод; 4 – пневмокамера; 5 – запорный орган; 6 – стояк; 7 – дождевальный аппарат

Импульсный дождеватель может комплектоваться стояками высотой 2,5, 1,5 или 0,1 м. в зависимости от высоты надземной части растений. Для полива садовых насаждений применяются дождеватели с высотой стояка 2,5 м. (рис. 1.30)



Рис. 1.30 - Общий вид дождевателя для орошения косточкового сада

Генератор импульсов представляет собой командное гидравлическое устройство, обеспечивающее сброс давления в сети по истечению заданного промежутка времени (рис. 1.31.).



Рис. 1.31 - Общий вид генератора командных импульсов

Сброс воды через генератор командных импульсов в зависимости от компоновки системы осуществляется в водоисточник или в командный импульсный дождеватель.

Оросительная сеть КСИД-1 выполняется из полиэтиленовых труб диаметром 25 мм. по ГОСТ 18599-2001.

Технология полива

Технологический процесс синхронно-импульсного дождевания заключается в периодическом и многократном заполнении гидроаккумуляторов непрерывно подводимым расходом под номинальным рабочим давлением и одновременного их срабатывания по сигналу генератора командных импульсов. В результате чего весь накопленный объем воды в гидропневмоаккумуляторах одновременно подается на орошаемую площадь через импульсные дождеватели в равных объемах накопленной воды (рис. 1.32). В таблице 1.9 дана техническая характеристика комплекта.



Рис.1.32 - Общий вид комплекта синхронно-импульсного дождевания в работе

Таблица 1.9 - Техническая характеристика комплекта

Показатели	Ед. изм.	Значение показателей
Площадь орошения	га	до 1,0
Давление на входе в дождеватель	МПа	не менее 0,65
Подводимый расход	л/с	1,0+0,2
Объем выплеска: дождевателем	л	15
комплектom	л	90
Продолжительность рабочего цикла «накопление-выплеск»	с	90±30
Суточная норма полива	м ³ /га	65... 130
Средняя интенсивность дождя	мм/мин	0,02
Средний диаметр капель	мм	1,5
Радиус полива по крайним каплям	м	до 30
Схема расстановки дождевателей	м	по □ 35 ± 5 м
Расстановка дождевателей при уклоне до 0,05	м	40x40
Уклон участка		до 0,3
Масса комплекта	кг	не более 500
Масса дождевателя импульсного	кг	39

Комплектация системы с комплектами КСИД-1 осуществляется в зависимости от схемы сети и возделываемых культур (рис. 1.33). Расстановку импульсных дождевателей осуществляют по треугольнику или квадрату в зависимости от компоновки системы.

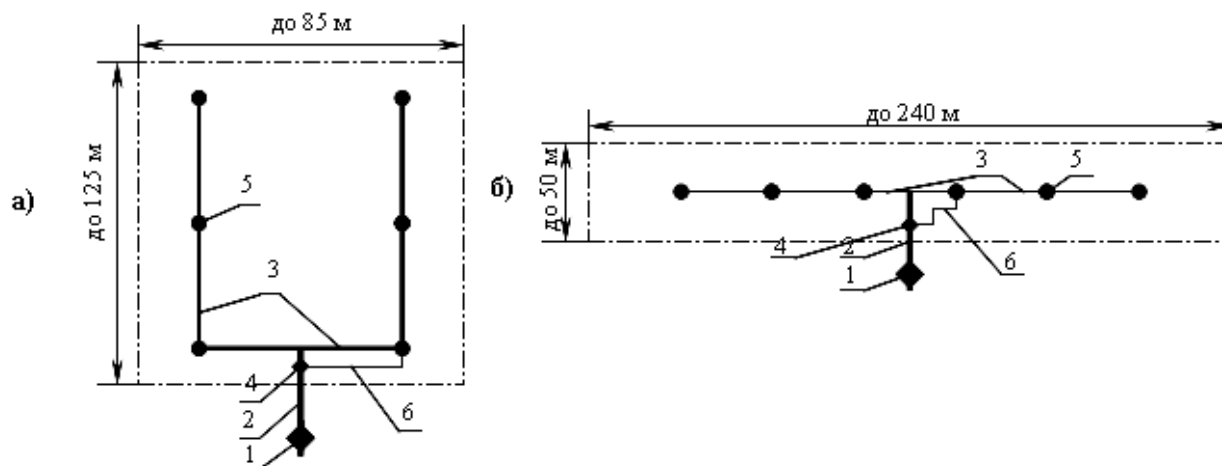


Рис. 1.33 - Схема расстановки КСИД-1

а, б – варианты размещения поливной сети; 1 – водоисточник (напорный трубопровод или насос); 2 – распределительный трубопровод; 3 – поливной трубопровод; 4 – генератор командных сигналов; 5 – дождеватель импульсный; 6 – канал управления.

Затраты времени на монтаж и демонтаж комплекта составляют не более 16 чел./час. Энергоемкость полива комплектом составляет 236 кВт.ч/1000 м³, удельные затраты не превышают более 148 кВт.ч/га. При этом мощность комплекта составляет всего 2 кВт.

Новизна комплекта защищена изобретениями №№ 1606024, 1664195, 2028768, 1794410.

1.8.2 Технические решения по созданию технологии и комплекта синхронно-импульсного и непрерывного дождевания КСИД-Р-1,0

Комплекты предназначены для создания необходимых влагозапасов и элементов питания в почве и поддержание их на оптимальном уровне в процессе развития орошаемых сельскохозяйственных культур. Область применения: овощные, в т.ч. зеленные культуры, цветники, газоны и другие сельскохозяйственные культуры.

Комплект является технологическим модулем для создания оросительных систем на участках со сложными рельефными условиями, в т.ч. с уклонами местности до 0,3 и перепадом геодезических высот в пределах модульного участка до 25 м.

Комплект КСИД-Р-1,0 состоит из трёх блоков, каждый из которых включает импульсный гидропневмоаккумулятор автоколебательного типа, подсоединенных к нему короткоструйных дождевальных аппаратов, установленных на стойках. Технологическая схема комплекта КСИД-Р-1,0 приведена на рисунке 1.34.

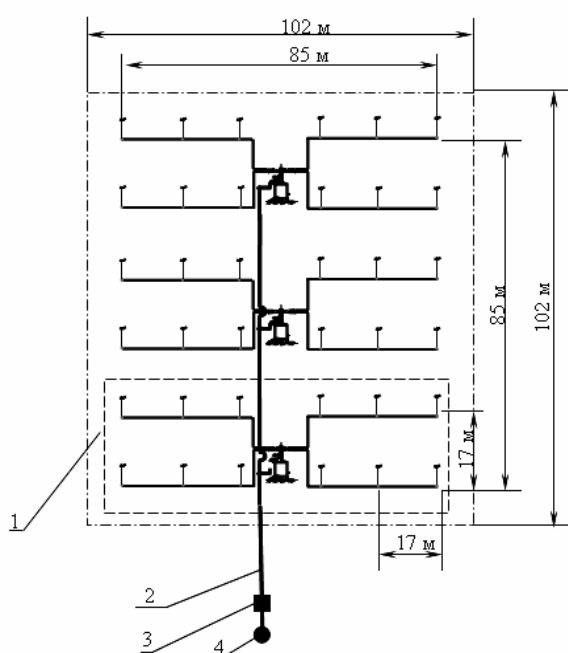


Рис. 1.34 - Технологическая схема комплекта КСИД-Р-1,0

1 – блок-комплект КСИД-Р; 2 – распределительный трубопровод;
3 – гидроподкормщик; 4 – кран входной.

Гидропневмоаккумулятор комплекта – автоколебательного типа обеспечивающий по аналогии с комплектом КСИД-1 накопление объёмов воды и последующего их выплеска через дождеобразующие устройства. КСИД-Р-1,0 может комплектоваться гидроподкормщиком. Общий виды элементов КСИД-Р-1,0 приведены на рисунках 1.35 и 1.36.



Рис. 1.35 - Общий вид комплекта КСИД-Р-1,0



а



б

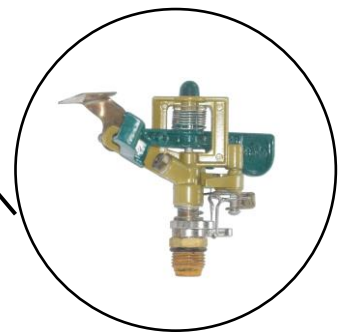


Рис. 1.36 - Общие виды элементов комплекта КСИД-Р-1,0
а- гидропневмоаккумулятор, б – дождевальная аппаратура на стойке

На КСИД-Р-1,0 применяется среднеструйный импульсный дождевальная аппаратура низкого давления (0,15-0,40 МПа) с соплом Ø 3,5 мм и резьбой ½" (RACO® (Expert)).

Технология полива включает увлажнение почвы заданной поливной нормой для обеспечения создания необходимых влагозапасов и элементов питания

в почве и поддержание их на заданном оптимальном уровне на протяжении вегетационного периода.

Таблица 1.10 - Техническая характеристика КСИД-Р-1,0

Показатели	Ед. изм.	Значение показателей
Площадь орошения	га	1,0
Количество гидропневмоаккумуляторов	шт.	3
Количество дождевальных аппаратов	шт.	36
Давление на входе в дождеватель	МПа	до 0,65
Подводимый расход: - импульсный режим - непрерывный режим	л/с л/с	не более 0,72 не менее 9,6
Давление воздуха в пневмогидроаккумуляторе: - до работы пневмогидроаккумулятора - при работе пневмогидроаккумулятора	МПа МПа	не менее 0,3 ^{+0,05} не более 0,6
Продолжительность рабочего цикла «накопление-выплеск»	с	90±30
Время выплеска	с	не менее 3
Средняя интенсивность дождя: - импульсный режим - непрерывный режим	мм/мин мм/мин	не более 0,006 не более 0,07
Количество стояков в комплекте	шт.	12
Радиус полива по крайним каплям	м	12,5
Расстояние между дождевальными аппаратами	м	17
Уклон участка		до 0,005
Средний диаметр капель	мм	0,9
Масса сухая	кг	не более 120
Трудоёмкость досборки на месте применения	чел.-ч.	не более 8
Количество человек обслуживающего персонала	чел.	1 на 30 к-тов

Комплектация системы с комплектами КСИД-Р-1,0 осуществляется в зависимости от схемы сети и возделываемых культур. Расстановку импульсных дождевателей осуществляют по треугольнику или квадрату в зависимости от компоновки системы.

Затраты времени на монтаж и демонтаж комплекта составляют не более 8 чел./час.

Энергоёмкость полива комплектом составляет 218 кВт.ч/1000 м³, а удельный расход энергии на полива 1 га – 100 кВт.ч/га при норме полива 600 м³/га и 50

кВт.ч/га при норме полива 300 м³/га. При этом потребляемая мощность не превышает 3 кВт.

Новизна комплекта защищена изобретениями №№ 1606024, 2028768, 1794410, 2216031, 23000192, 2365098.

1.8.3 Технические решения по созданию технологии и комплекта импульсного дождевания КИД-1

Стационарно-сезонный комплект импульсного дождевания КИД-1 предназначен для создания и непрерывного поддержания оптимальных уровней влажностей и питательных режимов почвы с ходом суточного водопотребления растениями и обеспечения благоприятного микроклимата надземной части растений путем поочередной и многократной подачи воды по группам дождеобразующих устройств на орошаемой площади комплектом. Применяется для орошения овощных, в т.ч. зеленных культур, плодово-ягодных культур и чайных плантаций.

Технологическая схема комплекта приведена на рис. 1.37

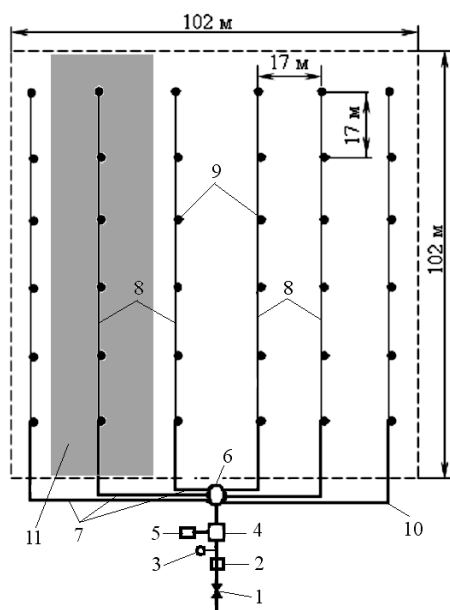


Рис. 1.37 - Технологическая схема комплекта КИД-1,0

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 – отвод; 11 – зона одновременного полива.

Автоматическая поочередная подача воды в поливные трубопроводы осуществляется с применением разработанной системы управления (рис. 1.38).

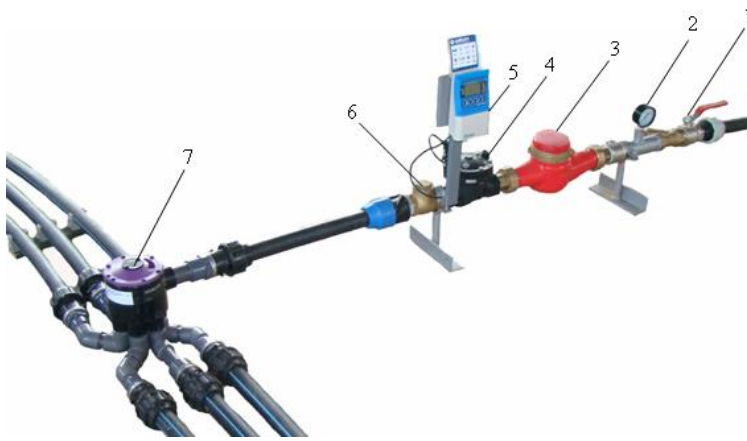


Рис. 1.38 - Система автоматического управления импульсной водоподачей на комплекте КИД-1

1 – кран входной с фильтром; 2 – манометр; 3 – счётчик воды; 4 – клапан электроуправляемый; 5 – контроллер-таймер; 6 – обратный клапан; 7 – клапан распределительный

Контроллер-таймер работает от двух встроенных щелочных (щелочных) батареек 9V типа «Крона» до 1 года и позволяет задавать импульсы водоподачи в широком диапазоне времени от 1 минуты до 12 часов и установить минимальную паузу между водоподачами в 1 минуту. Распределительный клапан по сигналу падения расхода на входе обеспечивает последовательное переключение расхода между 6-тью каналами, что обеспечивает импульсный режим работы комплекта.

В комплекте применяются среднеструйные дождевальные аппараты низкого давления с соплом Ø 3,5 мм и соединительной резьбой ½" (RACO® (Expert)). В зависимости от заказа комплект может комплектоваться стояками с высотой установки дождевального аппарата 0,5 или 1,0 м.

Технологический процесс полива с применением комплекта КИД-1 проводится в следующем порядке: на контроллере 5 установленным на электромагнитном клапане 4 задают продолжительность импульса подачи воды и пауз между ними. При открытии крана 1 вода проходит через фильтр 2 и поступает в электромагнитный клапан 4 с установленным контроллером 5 и через распределительный клапан 7 поочередно подаётся в поливные трубопроводы 8 с установленными на них дождевальными аппаратами 9. Переключение подачи в по-

ливные трубопроводы осуществляется с помощью распределительного клапана 6 по продолжительности импульсов и пауз задаваемых на контроллере. Многократная подача воды в поливные трубопроводы осуществляется до выдачи задаваемой поливной нормы.

Таблица 1.11 - Техническая характеристика комплекта КИД-1

Показатели	Ед. изм.	Значение показателей
Площадь орошения	га	1,0
Давление на входе в комплект	МПа	до 0,6
Расход	л/с	не более 2,0
Число зон последовательного полива	шт.	6
Одновременно поливаемые зоны	шт.	1
Программируемые параметры: - продолжительность импульса водоподачи - продолжительность паузы между импульсами - + ручной	мин. мин.	от 1 до 720 не менее 1
Действительная интенсивность дождя	мм/мин	0,07
Средняя интенсивность дождя	мм/мин	не более 0,025
Средний диаметр капель	мм	не более 1,0
Количество стоек в комплекте	шт.	36
Расстановка дождевальных аппаратов	м	17x17
Уклон участка		до 0,005
Масса комплекта	кг	287
Количество человек обслуживающего персонала	чел.	1 на 10 комплектов

Затраты времени на монтаж и демонтаж комплекта составляют не более 10 чел./час.

Энергоемкость полива комплектом составляет 163 кВт.ч, а удельный расход гидравлической энергии не превышает 100 кВт.ч/га при норме полива 600 м³/га и 50 кВт.ч/га при норме полива 300 м³/га. При этом мощность подачи воды не превышает 1,2 кВт.

Новизна комплекта защищена изобретениями №№ 1606024, 2028768, 1794410, 2216031, 23000192, 2365098.

1.8.4 Шлейфы импульсного подкоронового дождевания ШИД, подкоронового орошения ШИПО и полива по бороздам КИП-С

Комплект ШИД комплектуется дождевальными насадками секторного типа или малорасходными дождевальными аппаратами (до 0,3 л/с) в зависимости от орошаемой культуры расположенными на ползунках. Комплект ШИПО в отличие от ШИД оснащается струйными насадками под специальным кожухом, защищающим их от повреждения при перемещении шлейфов в осевом направлении, комплект импульсного полива садов по бороздам КИП-С – специальными водовыпусками для поверхностного полива (рис. 1.39).

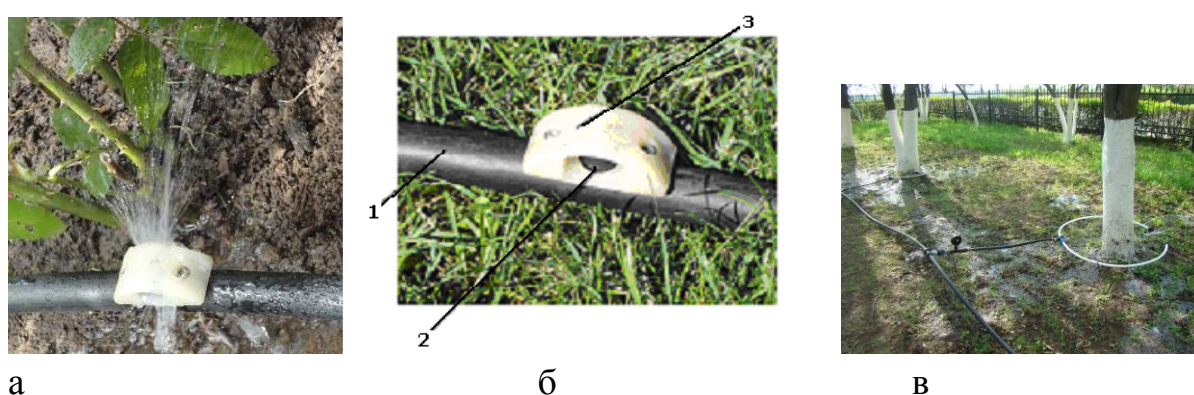


Рис. 1.39 - Насадка дождевальная с защитным кожухом (а) на поливном шлейфе комплекта ШИПО и водовыпуск (б) шлейфа КИП-С

в – полив комплектом подкоронового орошения
1 – поливной шлейф; 2 – водовыпуск; 3 – гаситель

Таблица 1.12 – Технические показатели шлейфов импульсного подкоронового орошения

Показатели	Значения показателей		
	ШИД	ШИПО	КИП-С
Площадь орошения, га	0,24÷1,02	до 0,5	до 3
Подводимый расход, л/с	до 2,5	до 2,5	до 2,5
Давление на входе, МПа	0,5÷0,6	до 0,4	до 0,6
Продолжительность импульсов водо-подачи, мин.	от 1	от 1 и более	от 1 и более
Продолжительность пауз, мин.	от 6	от 6 и более	от 6 и более
Расстояние между поливными трубопроводами, м	10÷17	4...8	4...8
Количество дождевателей, шт.	от 36	-	-
Средняя интенсивность дождя, мм/мин.	до 0,025	-	-
Средний диаметр капель, мм	до 1,0	-	-
Расход водовыпуска, л/с	-	до 0,15	0,1-0,3

Технология применения шлейфовых комплектов позволяет повысить экономию воды до 25-30 %, урожайность – на 30-40 %, снизить капитальные затраты до 20-30 %, энергозатраты – до 25 %. Срок окупаемости до 2 лет. Технические средства защищены 13 патентами и изложены в печати.

1.9 Разработка типовых решений по переводу оросительных систем дождевания на поверхностный полив

При разработке технологических процессов перевода дождевальных систем на поверхностный полив, в тех случаях, где выполняются агрометеорологические условия для его проведения, ставилась задача максимального сокращения эксплуатационных затрат на подачу воды к растениям, при минимальных объемах работ на реконструкцию системы с соблюдением экологических требований на полив.

Для достижения поставленной цели нами разработаны технологические процессы подготовки и проведения поверхностного полива на дождевальных системах с ДМ «Волжанка», «Днепр», «Фрегат», «Кубань» и ДДА100-МА.

На оросительной системе под ДМ «Днепр» (ДФ-120) расход воды составляет 120 л/с, вместо ранее предложенных решений проведения полива по полосам из временных оросителей ВНИИ "Радуга" предложено переоборудование ДМ "Днепр" для полива по бороздам.

Многоопорная дождевальная машина ДФ-120 "Днепр", переоборудованная в поливной режим, предназначена для полива по бороздам пропашных сельскохозяйственных культур. Машина вместо открылок оборудуется переходниками шлангами-шлейфами, через которые вода поступает непосредственно в борозды. В остальном машина не претерпевает изменений. Расстояние между оросителями и гидрантами сохраняются. Площадь, поливаемая с одной позиции, составляет 2,5 га. Расход машины возрастает до 150 л/с при тех же размерах водопроводящего трубопровода. Напор на входе 350 КПа. Разрабатываемый вариант машины позволит проводить влагозарядковые и вегетационные поливы (рис. 1.40).

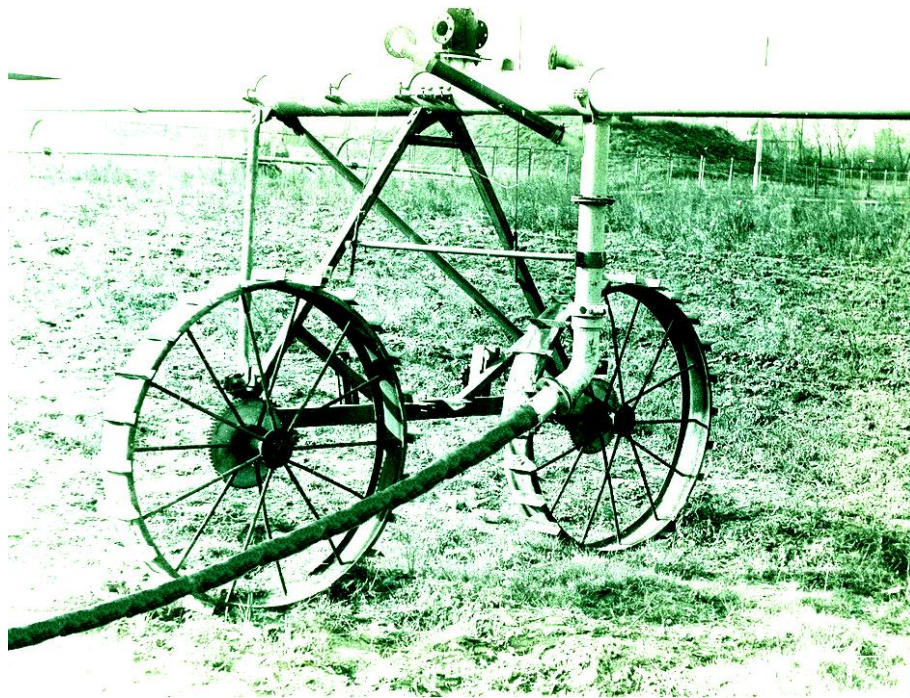


Рис. 1.40 – Узел крепления поливного шлейфа для поверхностного полива на ДМ "Днепр-II"

Описание работы машины

Полив по бороздам осуществляется позиционно с питанием от гидрантов напорной сети. Вода через заборное устройство поступает в водопроводящий пояс машины, состоящий из звеньев алюминиевых труб (180x3,5мм) с фланцевыми соединениями. Из водопроводящего пояса вода направляется через переходники в поливные шлейфы, устанавливаемые через 27 или 54 метра. Вода через водовыпуски поливных шлейфов поступает в поливные борозды и увлажняет почву.

Рациональные технологические схемы работы машины приведены на рис. 1.41, техническая характеристика дана в таблице 1.13.

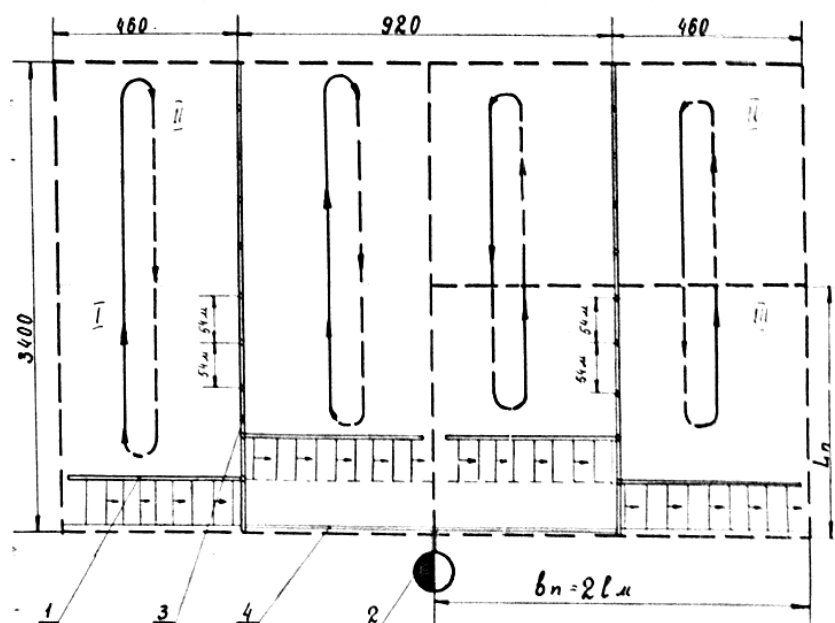


Рис. 1.41 – Технологические схемы работы ДМ "Днепр"

1 – поливная машина; 2 – насосная станция; 3 – распределительный трубопровод; 4 – магистральный трубопровод; \longrightarrow - направление рабочего хода (полив); \dashrightarrow - направление холостого хода (перегон)

Таблица 1.13 - Техническая характеристика ДМ "Днепр-П"

1.	Расход воды, л/с	150
2.	Длина машины, м	448
3.	Расстояние между оросителями, м	920
4.	Расстояние между гидрантами, м	54
5.	Число шлангов-шлейфов	17
6.	Наружный диаметр шланга-шлейфа, мм	50
7.	Толщина стенки шланга-шлейфа, мм	2,4
8.	Длина шланга-шлейфа, м	57
9.	Материал шланга-шлейфа - полиэтилен (ПНП)	
10.	Материал переходников	- алюминиевый
11.	Масса переходника, кг	10 (17 или 9 шт.)
12.	Скорость перемещения машины с позиции на позицию, км/ч	0,47
13.	Скорость перемещения машины с участка на участок, км/ч	0,45

Преимущества предлагаемого технического решения:

- Использование ДФ-120 "Днепр" на поливе при поверхностном режиме работы позволяет увеличить расход со 120 л/с до 150 л/с снизить потери воды на испарение с 10% (при дождевании) до 2%.

- Снижаются затраты труда в 3,8 раза в сравнении с ППА-165У что позволяет 1 человеку управлять током воды 300 л/с, а при поливе ППА-165У лишь 100 л/с.

На хорошо выровненных полях с более высокой водопроницаемостью рекомендуется проводить полив по полосам или бороздам используя бульдозер при поперечной к линии гидрантов нарезке оросителей и подаче в ороситель от 2-3 гидрантов до 240-360 л/с воды. При вегетационном поливе бульдозер используется для срезки бровки оросителя и образования глухой перемычки (рис. 1.42б). При этом обеспечивается очень высокая производительность труда на поливе (0,8-1,2 га/ч).

Для полива по бороздам с уклоном до 0,01 рекомендуется проводить полив с помощью различных конструкций поливных трубопроводов, в том числе и шлейф-трубопроводом на дисковых опорах, передвигаемого на позицию тракторной тягой. Длина трубопровода 55 метров. Диаметр трубы 180 мм (от ДМ «Днепр»). Пропускная способность до 120 л/с (рис. 1.42в).

На дождевальной системе с ДМ «Волжанка» возможно применение всех вышеуказанных способов, но для обеспечения требуемого расхода потребуется подача воды в ороситель от 4-5 гидрантов.

На дождевальной системе с ДМ «Кубань» вода подается в канал с бетонным покрытием, имеющим уклон 0,0001. За счет этого канал может проходить и в насыпи и в выемке. Из канала, расположенного в выемке вода может быть подана во временный ороситель, нарезанный параллельно основному каналу, низконапорным мобильным насосом или сифоном (рис. 1.43а). Для подачи воды из канала, проходящего в насыпи, предлагается сделать в стенках канала водовыпуски в виде «хлопушек» или шандор и поливать вышеуказанными способами (рис. 1.43б).

Наиболее простой для перевода на поверхностный полив является дождевальная система для ДДА-100МА. При поливе по полосам против гидранта нарезается ороситель фрезерным каналокопателем МК-17 или плантажным плугом ПП-50. Для подачи воды в полосу однобортный ороситель перекрывается щитом, уровень воды в оросителе поднимается и она переливается в полосу в сторону уклона. Ниже по оросителю ставится вторая перемычка. Поскольку полив полосы длиной 400 м производится в течение 2-4 часов, один оператор может обслужить до 5 оросителей, управляя расходом воды до 600 л/с.

Наиболее сложной для перевода на поверхностный полив является Дождевальная система с ДМ "Фрегат". Это объясняется тем, что подземный водовод для ДМ "Фрегат" заканчивается в одной точке - гидранте, рассчитанном для подачи воды на площадь до 70 га и более.

Распределительная сеть представлена стальными трубами диаметром 300-325мм, протяженностью 1,0-1,5км.

Нами разработано несколько вариантов перевода этой системы на поверхностный полив:

1 вариант (самый благоприятный)

Если гидрант находится в самой высокой точке поля (рис. 2.44). Для полива по полосам нарезается временный ороситель по "водоразделу", из которого полив ведется в обе стороны от временного оросителя. Расчетный расход для данного участка трубопровода составляет 95 л/с. При поливной норме 800 м³/га и удельном расходе 7,1 л/с производительность полива составляет 0,48-0,5 га/ч, длина полос 400 м, ширина 4 м, КПД временного оросителя 95%.

2 вариант

Если гидрант находится посреди поля, имеющего уклон в одну сторону, то в этом случае возможен полив по полосам половины поля в сторону уклона, как в первом варианте (рис. 1.44б).

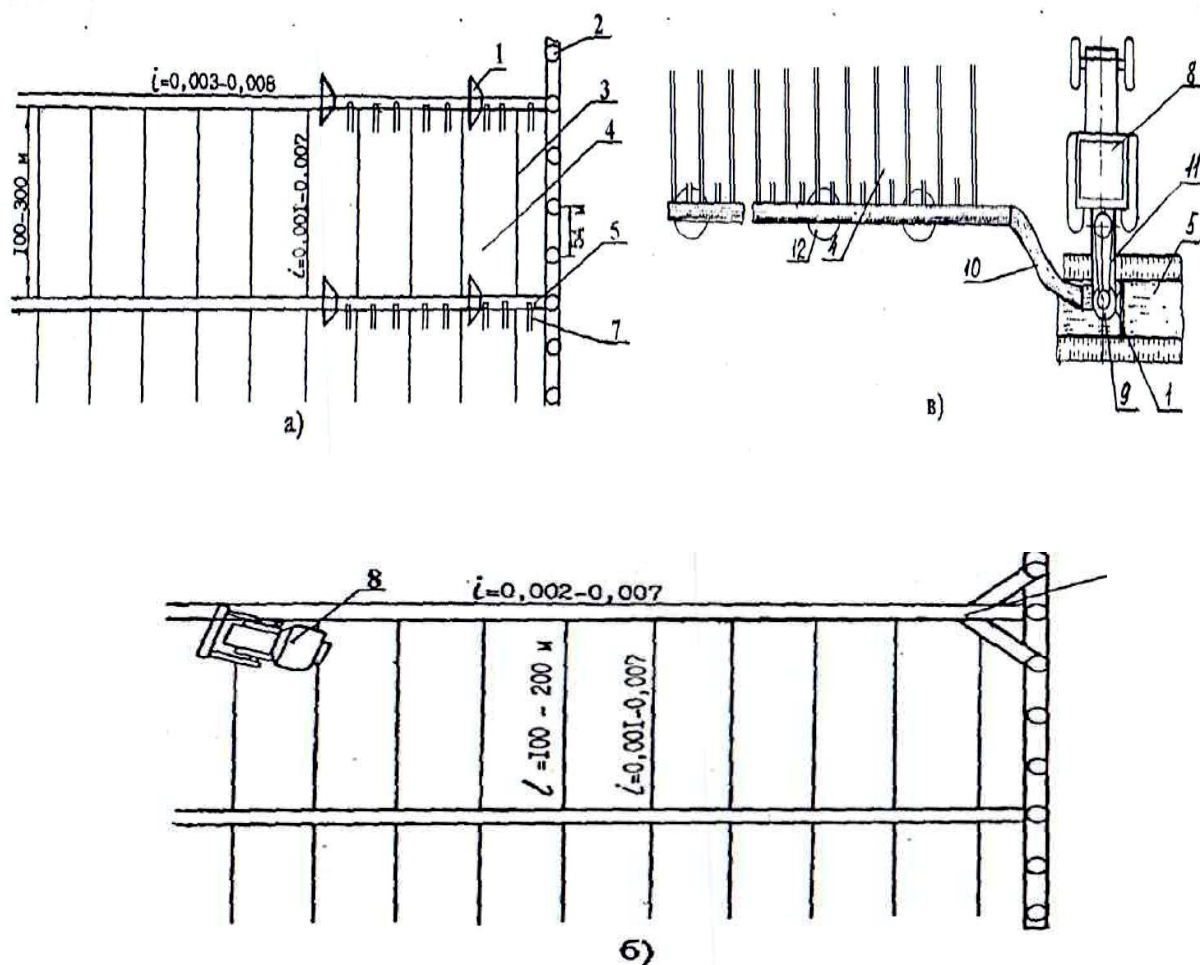


Рис. 1.42 - Схема полива по полосам и бороздам на оросительной системе с ДМ «Днепр»

а) полив со щитом-перемычкой из однобортного оросителя; б) бульдозерный полив; в) полив шлейф-трубопроводом.

1 – щит перемычка; 2 – водовыпуски; 3 – валик;

4 – полоса; 5, 6 – временный ороситель;

7 – сифон; 8 – трактор; 9 – насос; 10 – рукав соединительный; 11 – привод насоса; 12 – дисковые опоры

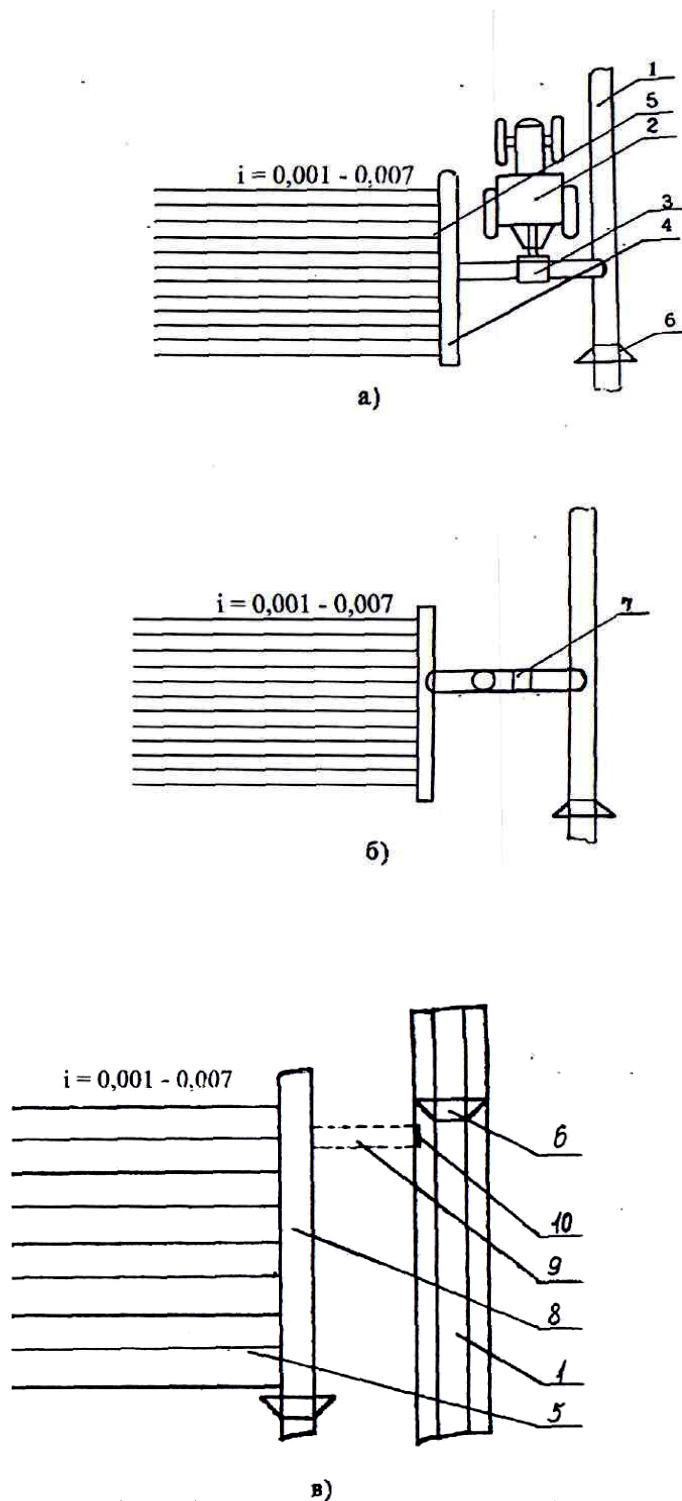


Рис. 1.43 - Схема полива по полосам на оросительной системе с ДМ «Кубань»

а) трактором с осевым насосом и поливным трубопроводом;
 б) полив сифоном и поливным трубопроводом; в) подача воды из канала в ороситель через «хлопушки» или шандору.

1 – канал; 2 – трактор; 3 – осевой насос; 4 – поливной трубопровод; 5 – поливная полоса; 6 – щит-перемычка; 7 – сифон; 8 – временный ороситель; 9 – подземный трубопровод; 10 – шандора или «хлопушка»

3 вариант

Если гидрант находится в понижении, а подводящий трубопровод проходит в верхней части поля. В этом случае в подводящий трубопровод вваривается новый гидрант в самой высокой точке его прохождения и от него нарезается временный ороситель. Нижнюю половину поля поливают из временных оросителей, нарезанных от основного гидранта (рис. 1.44 в).

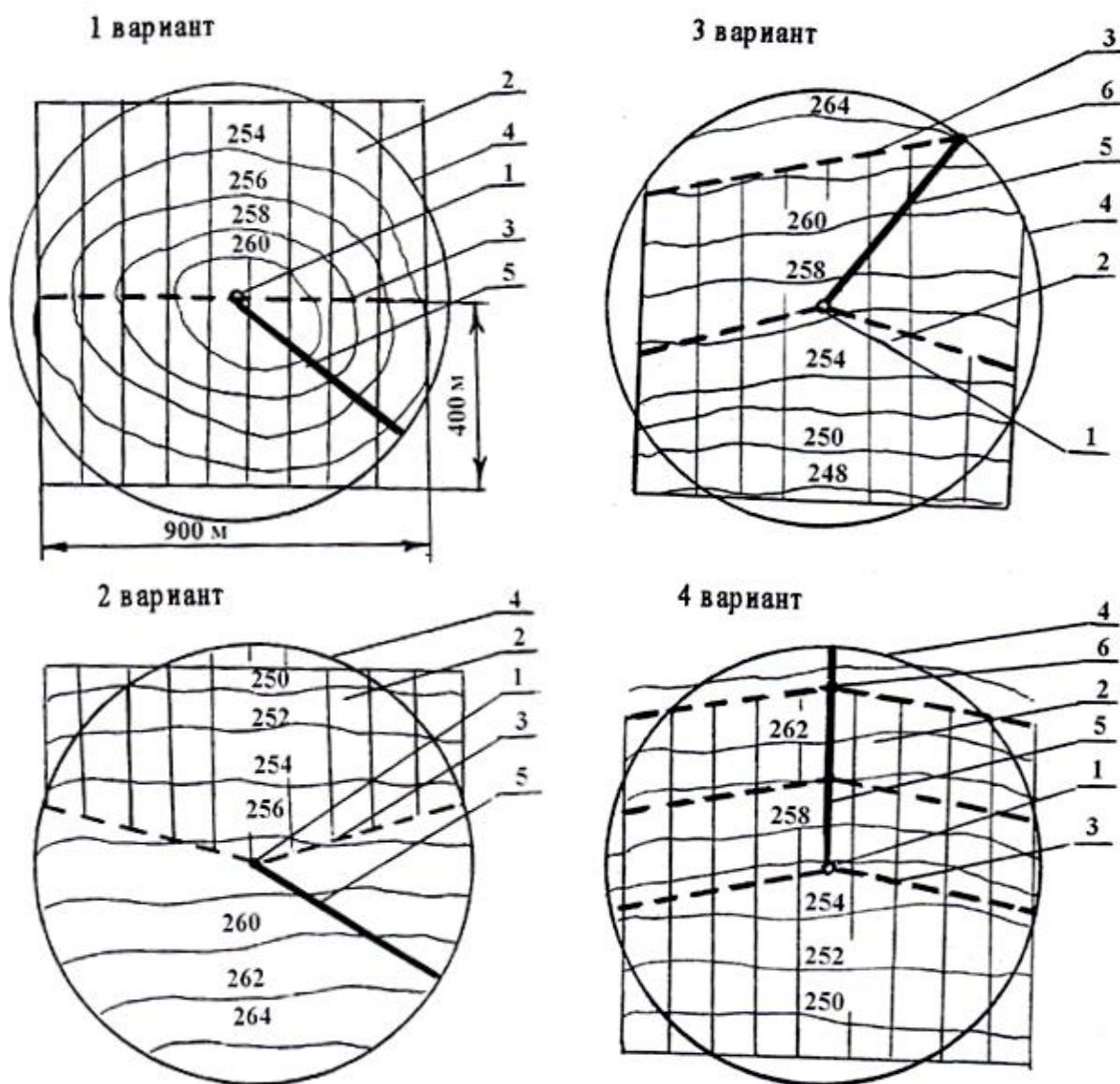


Рис. 1.44 - Полив по полосам на оросительной системе ДМ «Фрегат»
1- гидрант ДМ «Фрегат»; 2 – полосы; 3 – временные оросители; 4 – граница орошаемого участка ДМ «Фрегат»; 5 – подземный напорный трубопровод; 6 – вваренный гидрант

4 вариант

Когда гидрант находится в понижении, а напорный подземный трубопровод проходит поперек поля. При более высокой водопроницаемости почвы в этом случае на напорном трубопроводе устанавливают два гидранта и из них подают воду во временные оросители, как при использовании оросительной системы ДМ «Днепр» (рис. 1.44 г).

Применение вышеуказанных вариантов перевода оросительной системы с ДМ на поверхностный полив зависит от конкретных условий орошаемого массива.

При проведении полевых исследований подача воды из канала от ДМ "Кубань" осуществлялась во временный ороситель низконапорным насосным агрегатом. Далее поливали, используя две перемычки, расход составил 210 л/с.

Хозяйственная проверка разработанной технологии проведения автоматизированной съемки и планировки поверхности поля позволила не только значительно сократить время на проведение планировочных работ и улучшить качество планировки, но и избежать негативного воздействия на почву. В конечном итоге полевые исследования обеспечили основу для разработки нового технологического процесса подготовки поля к поливу по полосам.

Данные экспериментальных исследований говорят о том, что исчерпаны далеко не все возможности улучшения технологии подготовки поля и проведения полива.

Огромные резервы в повышении урожайности сельскохозяйственных культур заложены в рационализации технологических процессов, тщательном изучении биологических свойств почвы, совершенствовании Машин и орудий для подачи воды, обеспечивающих экономное ее использование.

1.10 Системы капельного орошения СКО российского производства

Капельное орошение по использованию оросительной воды считается наиболее водосберегающим способом орошения, а по своей технической реализации наиболее автоматизированным.

Применяется на рядовых посадках в садах, ягодниках, овощных, технических и декоративных культурах, картофеле.

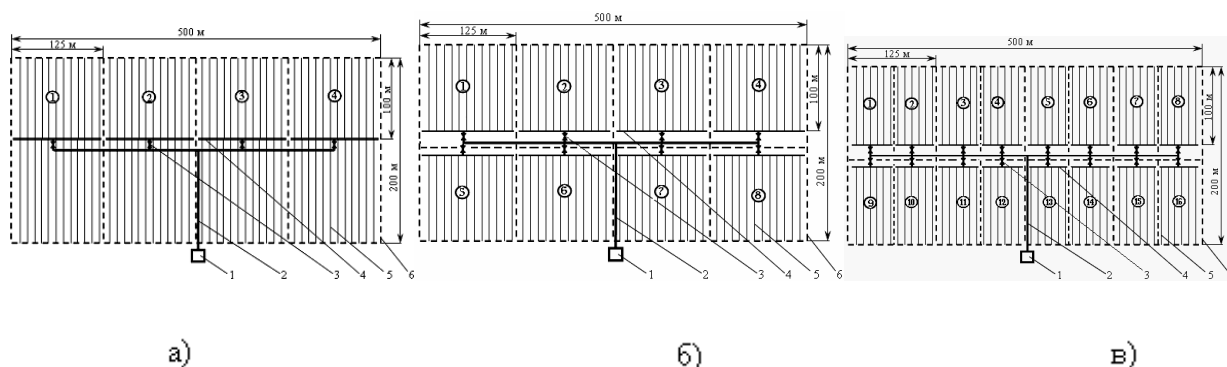


Рис. 1.45 - Схемы построения сети с различными величинами модулей:

а) – модуль 2,5 га; б) – модуль 1,25 га; в) – модуль 0,5 га;

1 – головной узел; 2 – магистральный трубопровод; 3 – участковые запорные органы; 4 – распределительный трубопровод; 5 – капельная линия; 6 – граница модульного участка.

Таблица 1.14 – Технические данные

Показатели	Значение
Давление на входе, МПа	0,40
Давление на капельной линии, МПа	до 0,15
Подводимый расход, м ³ /ч	до 60
Площадь орошения, га	до 10
Масса оборудования на 10 га, кг.....	4000
Обслуживающий персонал, чел	1 на 10 га



Рис. 1.46 - Головной узел системы капельного орошения

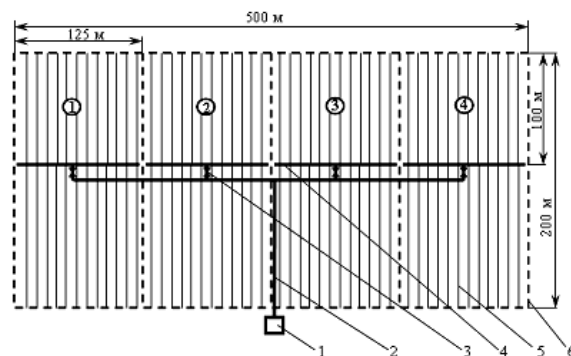


Рис. 1.47 - Капельное орошение молодого сада без шпалер

Комплект оборудования системы капельного орошения прошел государственные испытания с использованием для поливной и раздаточной сети отечественных трубопроводов (протокол № 03-48-10 (4180012) от 03.11.2010г. ФГУ Владимирская МИС, г. Покров, 2010 г.) и рекомендована к поставке на производство.

Внедрено 3 участка капельного орошения на площади 2,68 га в Московской области, Кабардино-Балкарии.

Технология позволяет повысить экономию воды и удобрений до 30-50 %, урожайность – до 50 %, снизить капитальные затраты на 22 %, энергозатраты – до 17 %.

Для малых фермерских хозяйств и приусадебных участков разработан упрощенный вариант комплекта капельного орошения.

Разработки по капельному орошению удостоены дипломами и 3 золотыми медалями выставки "Золотая осень" ВВЦ, г. Москва. Новизна разработок защищена 10 свидетельствами и патентами на изобретения и отражена в ряде публикаций.

1.11 Методические рекомендации по комплексным технологическим и техническим решениям снижения энергоемкости технологий поверхностного способа полива

Поверхностный полив в РФ применяется на площади около 120 тыс. га. Парк технических средств механизации полива в России ограничен применением ручного полива из временных оросителей, с ручным распределением поливного тока по бороздам или напуском по полосам с точностью, зависящей от квалификации поливальщика [252-255, 284-285, 321-355].

Производительность труда при ручном поливе не превышает 0,4 – 0,8 га в смену с нагрузкой на поливальщика не более 15 га за поливной сезон. При этом на поливе теряется до 50% оросительной воды в том числе: потери из временных оросителей и выводных борозд на фильтрацию и испарение 15 – 20 %; потери при поливе с борозд, в т.ч. на концевые сбросы, глубинные утечки, 20–40 %; неравномерное распределение поливного тока по фронту полива до 8 –10 %.

К настоящему времени, ВНИИ «Радуга» разработаны новые водосберегающие механизированные технологии полива по бороздам: дискретный (импульсный) полив, технология полива по длинным бороздам с рассредоточенной подачей расхода по длине поливных борозд и полив переменным расходом, обеспечивающие повышение качества полива, повышение производительности труда и экономии оросительной воды перед традиционным ручным поливом, а в определенных условиях, и перед дождеванием. Эффективность использования оросительной воды составляет 60...75 %. Удельные затраты на создание систем водосберегающих технологий составляет от 10,5 до 37,5 тыс. руб./га, общие ежегодные затраты составляют до 1495 руб./га.

1.11.1 Технические решения по созданию малоэнергоемкой технологии трубопровода колесного универсального ТКУ-100

Трубопровод колёсный универсальный – ТКУ-100 предназначен для полива низкостебельных сельскохозяйственных культур по бороздам по поперечной схеме на участках с почвами средней и повышенной водопроницаемости путем реализации водосберегающей технологии рассредоточенной подачи ма-

лых расходов по длине поливных борозд и может применяться для полива оросительной водой или подготовленными животноводческими стоками.

Технологический модуль ТКУ-100 состоит из двух крыльев длиной по 350 м. оснащенных приводными тележками. Каждое крыло оборудовано свободно вращающимися муфтами с подсоединёнными к ним поливными шлейфами с калиброванными водовыпускными отверстиями, расположенными на расстоянии равном ширине междурядий (рис. 1.48.).

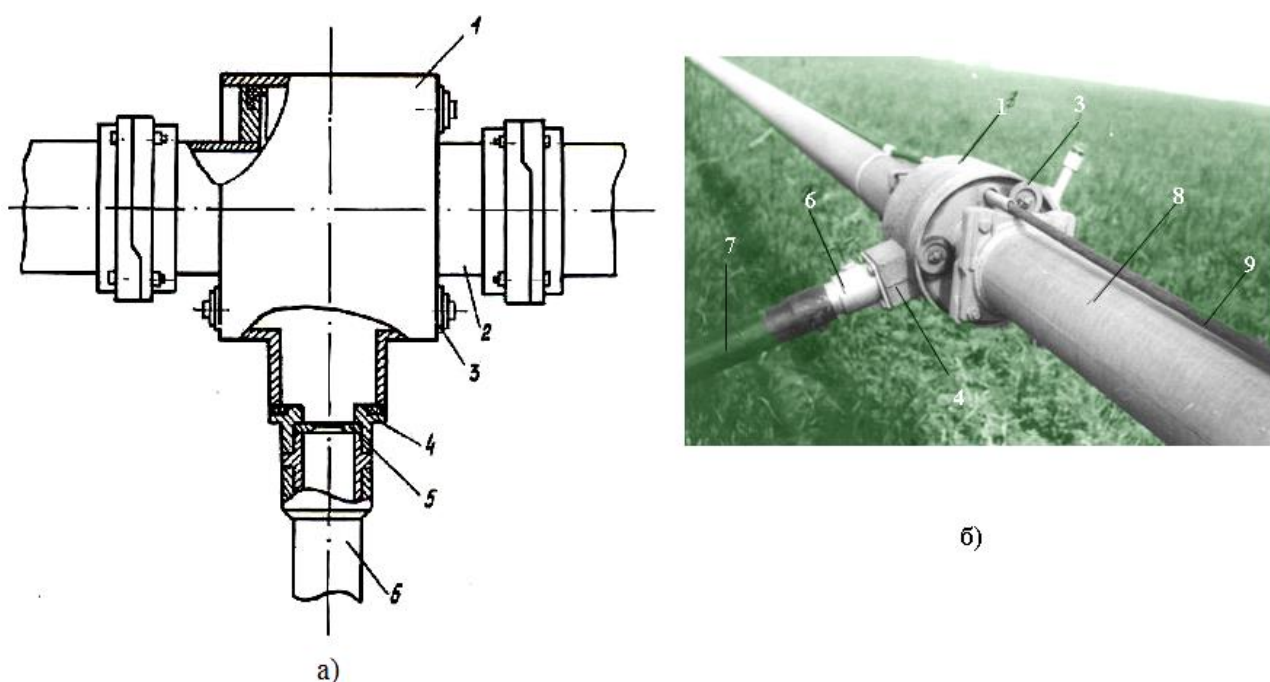


Рис. 1.48 – Самоустанавливающаяся муфта поливной машины ТКУ-100

а) схема муфты; б) общий вид.

1 – корпус; 2 – патрубок; 3 – опорный ролик; 4 – стакан; 5 – калиброванная диаграмма;
6 – узел подсоединения шлейфа; 7 – поливной шлейф; 8 – водопроводящий трубопровод крыла машины; 9 – кабель к приводной тележке

Поливные шлейфы при поливе располагаются поперек поливных борозд и при смене позиций перемещаются вместе с машиной. Технологический модуль ТКУ-100 приведен на рис. 1.49.

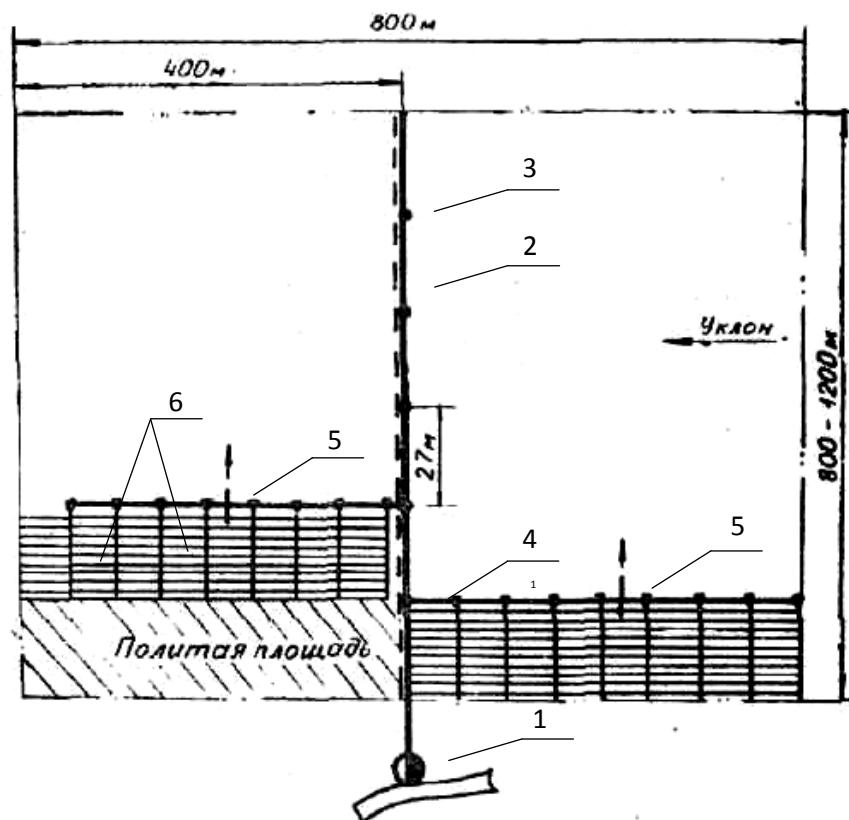


Рис. 1.49 - Технологический модуль ТКУ-100

1- насосная станция, 2 – распределительный трубопровод; 3 – гидранты;
4 – крыло машины; 5 – приводная тележка; 6 – поливные шлейфы.

Перемещение трубопровода с позиции на позицию осуществляется с помощью приводной тележки установленной в середине крыла. Приводная тележка поливного крыла машины может иметь бензиновый или электрический двигатель. С применением электрического двигателя источником питания электропривода является генератор, смонтированный на самоходном шассе Т-М16. ТКУ-100 работает от гидрантов закрытой оросительной сети или разборных трубопроводов диаметром. Вдоль линии гидрантов прокладывается дорога для движения транспортно-энергетических средств. Общий вид крыла ТКУ-100 приведен на рис. 1.50.

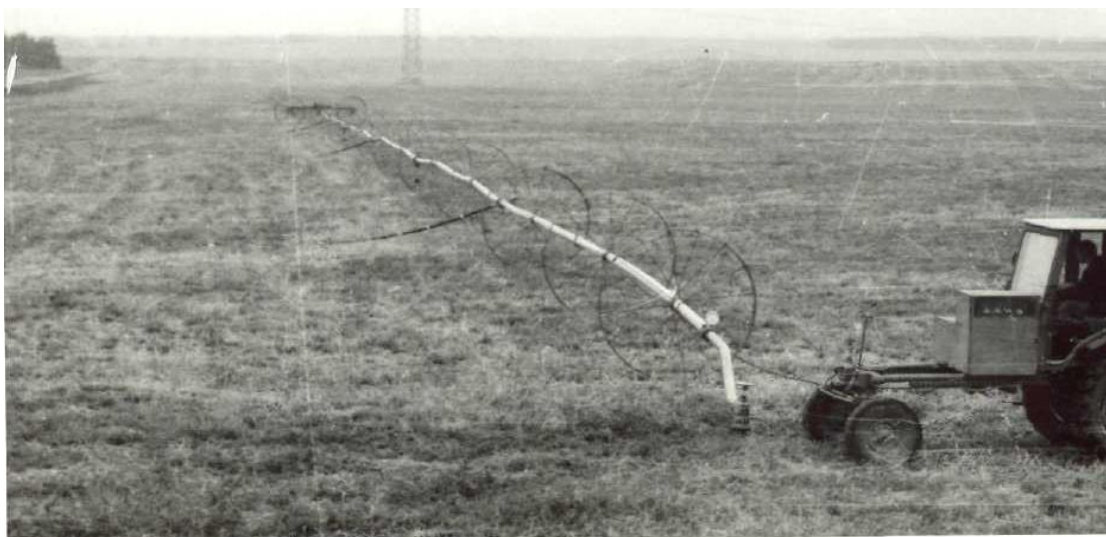


Рис. 1.50 - Общий вид крыла ТКУ-100 с ведущей тележкой, оснащенный электроприводом, работающим от передвижного генератора

Технология полива включает подсоединение крыла машины к гидранту сети. При этом крылья трубопровода располагаются вдоль поливных борозд, а поливные шлейфы располагаются перпендикулярно бороздам. При подаче воды в крыло трубопровода вода через вращающиеся муфты поступает в поливные шлейфы и через их водовыпуски подаётся в борозды одновременно, рассредоточено через каждые 50 м. Выдача поливной нормы осуществляется по времени добегания воды до конца поливных борозд. При необходимости увеличения продолжительности периода доувлажнения подачу воды на двух концевых шлейфах перекрывают.

После окончания выдачи заданной поливной нормы подачу воды в крыло прекращают, оставшаяся в нем воды сливается через шлейфы и машину перемещают к следующему гидранту.

Техническая характеристика комплекта дана ниже.

Таблица 1.15 - Техническая характеристика ТКУ-100 (2 крыла):

Напор на входе в крыло, м.....	не более 15
Расход, л/с.....	100
Длина крыла, м.....	400
Диаметр водопроводящего пояса, мм.....	150
Площадь, поливаемая с одной позиции, га.....	2,16
Производительность за час эксплуатационного времени при поливной норме 600 м ³ /га, га.....	не менее 0,46

Привод.....	электрический, управляемый с торца
Напряжение, В.....	220
Частота, Гц.....	50
Мощность, кВт.....	1,5
Расход шлейфа, л/с.....	6,0
Число водовыпусков при ширине междурядий 0,9 м, шт.	30
Расстояние между водовыпусками, м.....	0,9; 0,7; 0,6
Расход водовыпуска, л/с.....	не более 0,2
Число шлейфов, шт.	16
Длина шлейфа, м.....	30
Расстояние, м:	
- между гидрантами.....	27
- между оросителями.....	800
Масса, кг.....	7000
Скорость передвижения, м/мин.....	3
Обслуживающий персонал, чел.....	1 оператор на 2 трубопровода
Число водовыпусков при ширине междурядий 0,9 м, шт.....	30
Расстояние между водовыпусками, м.....	0,9; 0,7; 0,6
Расход водовыпуска, л/с.....	не более 0,2
Число шлейфов, шт.....	16
Длина шлейфа, м.....	30
Расстояние, м:	
- между гидрантами.....	27
- между оросителями.....	800
Масса, кг.....	7000
Скорость передвижения, м/мин.....	3
Обслуживающий персонал, чел.....	1 оператор на 2 трубопровода

Полив комплектом приводит к снижению энергоемкости по сравнению с дождеванием. Энергоемкость полива составляет 41 кВт.ч/1000 м³, а удельный расход энергии не превышает 33 кВт.ч/га. При этом гидравлическая мощность подачи воды всего равна 15 кВт.

1.11.2 Технические решения по созданию малоэнергоемкой технологии колесного трубопровода ТКП-90.

ТКП-90 предназначен для полива низкостебельных культур по бороздам с рассредоточенной подачей расхода по их длине. ТКП-90 состоит из двух крыльев каждое из которых снабжено приводной тележкой с бензиновым двигателем. На длине крыла через каждые 50м. установлены вращающиеся муфты, оснащенные поливными шлейфами с водовыпусками, расположенными на рас-

стоянии равном ширине междурядий. Подача воды в длинную борозду осуществляется одновременно из 8 шлейфов (рис. 1.51).



Рис. 1.51. - Общий вид крыла ТКП-90 с поливными шлейфами

Технологический процесс полива осуществляется позиционно с каждого гидранта оросительной сети. Гидранты располагаются на расстоянии 18 или 27 м. в зависимости от длины поливных шлейфов. Технологический процесс работы ТКП-90 приведен на рисунке 1.51. При подсоединении крыла к гидранту его водопроводящий пояс располагается параллельно бороздам, а поливные шлейфы – поперек поливных борозд. Поливную норму принимают исходя из разработанных рекомендаций. Её величина несколько превышает норму добегания, для увеличения периода доувлажнения и с целью исключения конечного сброса два последних шлейфа отключают. После выдачи поливной нормы каждое крыло с помощью приводной тележки перемещают к следующему гидранту при этом поливные шлейфы перемещаются вместе с крылом (рис. 1.52). Техническая характеристика трубопровода приведена в таблице 1.16.

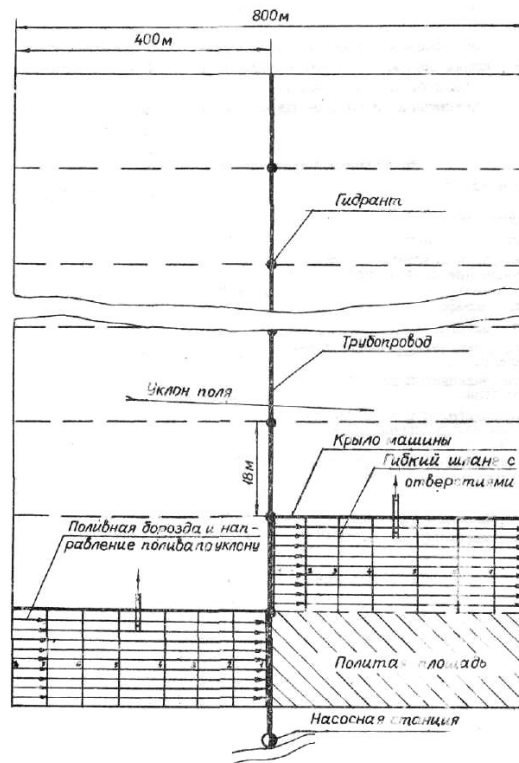


Рис. 1.52 - Технологический модуль ТКП-90

Таблица 1.16 - Техническая характеристика ТКП-90

Напор на гидранте, м.....	10...20
Расход, л/с.....	до 90
Диаметр водопроводящего пояса, мм.....	130
Длина поливных борозд, м.....	до 400
Площадь, поливаемая с одной позиции при ширине участка 800 м, га	1,44
Число шлейфов, шт.....	16
Длина шлейфа, м.....	21,2
Расстояние между водовыпусками в шлейфе, м.....	0,45; 0,70; 0,90
Число водовыпускных отверстий, шт.....	41, 27, 21
Производительность за час чистой работы при поливной норме 800 м ³ /га, га.....	0,45
Масса, кг.....	5000

Энергоемкость полива данным трубопроводом составляет всего 54 кВт.ч/1000 м³, а удельный расход гидравлической энергии не более 40 кВт.ч/га. Мощность подачи воды – 18 кВт.

1.11.3 Технические предложения по снижению энергоемкости полива автоматизированным шланговым поливным устройством – АШУ-4

Предназначено для полива по коротким бороздам пропашных сельскохозяйственных культур на почвах средней и повышенной водопроницаемости.

Устройство представляющее собой конструкцию полустационарного типа, включает раму 1, барабан 2 с намотанным на него поливным шлангом 3, имеющим в концевой части регулируемые трубки-водовыпуски 4 с калиброванными отверстиями 5, и гидромеханизм привода барабана 6. Гидроцилиндр соединён с напорной сетью через командный клапан 7. Регулирование расхода воды из водовыпусков осуществляется за счёт перекрытия части сечения калиброванного отверстия в начале трубок. В зависимости от конкретных природных условий в поливном шланге может быть открыто 3...5 и более водовыпусков. (рис. 1.53).

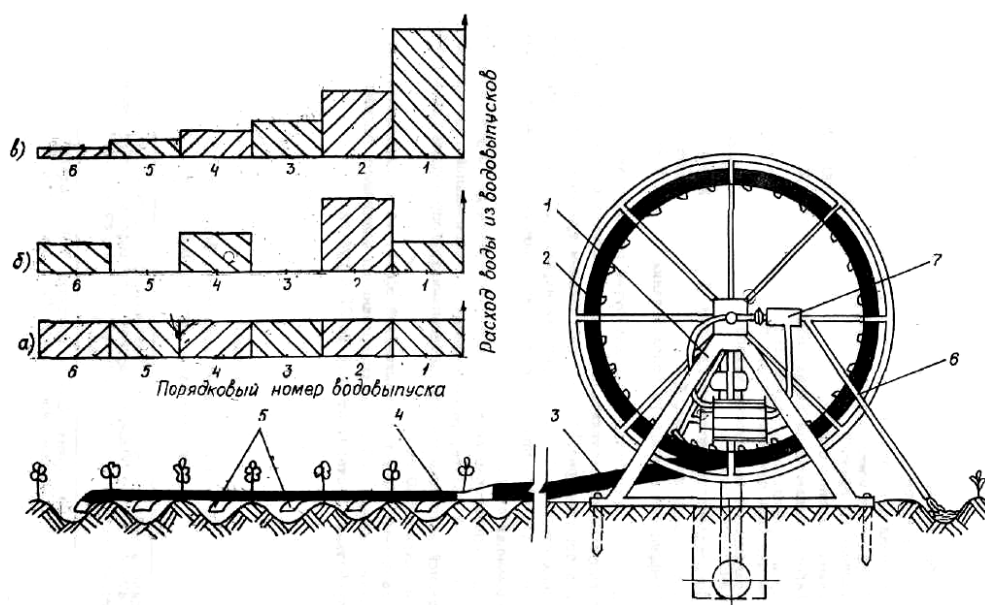


Рис. 1.53 - Схема конструкции АШУ-4 и реализуемые технологии подачи воды в борозды

С применением АШУ-4 за счет выполнения водовыпусков соответствующих диаметров и их расположение на поливном шлейфе могут быть реализованы водосберегающие технологии полива переменным расходом пропорционально впитывающей способности почвы или полив с дискретным его регулированием.

Общий вид АШУ-4 приведен на рис. 1.54.



Рис. 1.54 - Общий вид АШУ-4

Выдвижение поливных шлангов на исходную позицию при групповой работе устройств осуществляется специальным приспособлением, агрегатируемым с колёсным трактором класса 0,6...2 т, который перемещается вдоль борозд. При работе одного или двух устройств выдвижение шлангов производится лебедкой с ручным приводом.

Технологический процесс полива из шлангового устройства протекает в автоматическом режиме. Командный клапан 7 с регулируемым интервалом выдержек времени подаёт сигналы к гидроприводу 6 шлангового устройства. Гидропривод срабатывает, поворачивая барабан 2 на заданный угол, что приводит к перемещению поливного шланга 3 с водовыпусками 4 на 150 мм в сторону барабана. В результате поочередно, начиная с первой борозды, водовыпуски пройдут над всеми бороздами и в каждую будет подан заданный объём воды, соответствующий расчётной поливной норме. По окончании полива участка, расположенного по одну сторону от шлангового устройства, производится раз-

мотка поливного шланга в другую сторону. В дальнейшем полив этого участка осуществляется аналогичным способом (рис. 1.55).

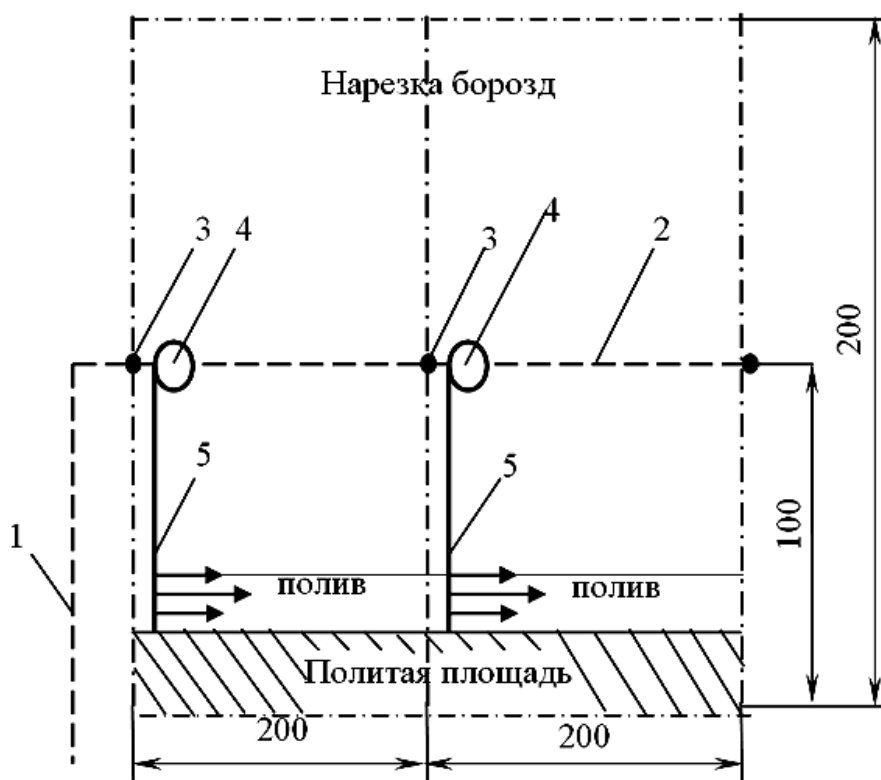


Рис. 1.55 - Технологическая схема работы АШУ-4

1 – распределительный трубопровод; 2 – участковый распределитель;
3 – гидрант; 4 – АШУ; 5 – гибкий поливной трубопровод.

Таблица 1.17- Техническая характеристика АШУ-4

Тип.....	полустационарный
Расход, л/с.....	4,0
Рабочая длина поливного шланга, м.....	100
Ширина захвата, м.....	200
Типоразмер поливного шланга.....	ПВД 50СЛ (ГОСТ 18599-01)
Число водовыпусков.....	7
Расстояние между водовыпускными отверстиями, м.....	0,9
Масса устройства, кг:	
- без шланга.....	290
- со шлангом.....	325
Сезонная нагрузка, га.....	4
Коэффициент использования эксплуатационного времени.....	не менее 0,90
Длина поливных борозд, м.....	100...200

Рабочее давление на входе, МПа.....	0,2...0,25
Производительность устройства за час (при $m=800 \text{ м}^3/\text{га}$), га.....	0,015
Коэффициент надёжности технологического процесса.....	0,99
Повреждаемость растений шлангом, %.....	не более 0,1
Потери воды на сброс, %.....	не более 5,0
Коэффициент земельного использования.....	0,98

Один оператор-поливальщик может обслужить до 20 устройств при их групповой работе, расположенных на оросительной системе, оснащённой закрытыми распределительными трубопроводами (типа ВТ-6) на площади до 80 га.

Энергоемкость подачи воды на указанное устройство составляет 68 кВт.ч/1000 м³, удельный расход на 1 га – 66,7 кВт.ч/га при мощности подачи воды равной 1 кВт.

1.11.4 Технические предложения по снижению энергоемкости полива передвижным поливным комплектом ППК-25

Передвижной поливной комплект ППК-25 предназначен для полива пропашных сельскохозяйственных культур и садов по бороздам с рассредоточенной подачей расходов по их длине, а также может применяться для полива сельскохозяйственных культур дождеванием.

Работает комплект от гидрантов напорной оросительной сети, выполненной из стационарных или разборных трубопроводов при поливе по бороздам, на спланированных участках, позволяющих проводить полив по бороздам длиной 200 м с рассредоточенной подачей расхода по их длине через каждые 50 м или по ячеистым бороздам длиной 50 м, в т.ч. нарезанным без копирования микрорельефа, а при поливе дождеванием – в соответствии с радиусом полива комплектуемого среднеструйного дождевального аппарата при расстановке по квадрату.

Поливной комплект ППК-25 состоит из последовательно соединенных между собой унифицированных двухколесных тележек, соединенных между

собой водопроводящим плоскостворачиваемым гибким шлангом. Каждая из унифицированных тележек оснащена подводным шлангом, барабаном и поливным шлейфом для полива по бороздам и комплектуется стояком с дождевальным аппаратом при поливе дождеванием (рис. 1.56).

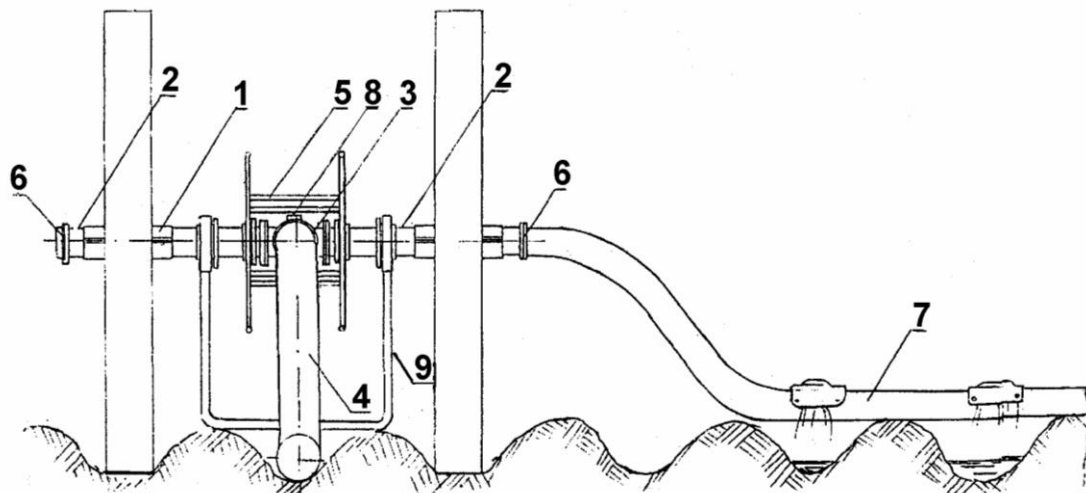


Рис. 1.56 - Схема унифицированной тележки передвижного поливного комплекта ППК-25 на поливе по бороздам

1 - тележка; 2 – полая ось; 3 – узел подсоединения подводного гибкого шланга; 4 – гибкий водопроводящий трубопровод (шланг); 5 - барабан; 6 – узел подсоединения поливного шлейфа; 7 – поливной шлейф; 8 – патрубок под стояк дождевального аппарата; 9 – рукоятка для перемещения и упор при дождевании

Общий вид унифицированной тележки комплекта ППК-25 приведен на рисунке 1.57.



Рис. 1.57 - Общий вид унифицированной тележки комплекта ППК-25 с поливным шлейфом

Узлы подсоединения их шлангов, поливных шлейфов быстроразъемные, позволяет перемещать тележки с позиции на позицию вдоль борозд без проведения их дополнительных разворотов для подсоединения поливных шлейфов, перемещаемых в осевом направлении поперек поливных борозд.

Технологическая схема полива с применением комплекта ППК-25 организуется с обеспечением рассредоточенной подачи воды в борозды через короткие расстояния (50 м.). С его использованием поливные шлейфы могут перемещаться вручную, поперек поливных борозд или намотанными на барабан.

Передвижной комплект ППК-25 может применяться для полива дождеванием. Для этого на его унифицированной тележке устанавливают стояк с дождевальным среднеструйным аппаратом. Техническая характеристика дана ниже.

Таблица 1.18 - Техническая характеристика комплекта ППК-25

Способ полива.....	полив по бороздам.
Тип.....	передвижной, позиционный
Варианты:	
- полив по бороздам	
- дождевание	
Напор, м:	
- по бороздам.....	до 20
- при дождевании.....	до 50
Расход, л/с.:	
- по бороздам.....	до 25
- при дождевании.....	до 20
Площадь полива, га:	
- с одной позиции по бороздам.....	0,48...2
- дождеванием.....	0,52
Обслуживающий персонал, чел.....	1 на 2 комплекта

Энергоемкость полива комплектом ППК-25 составляет порядка 54 кВт.ч/1000 м³, удельный расход воды на полив 1 га – 34 кВт.ч/га, при этом мощность водоподдачи не превышает 5 кВт.ч/га.

Расчеты и оценка энергоемкости технологий полива предлагаемыми машинами, комплектами даны в Приложениях.

Выводы

1. Проведенные исследования, расчеты показывают, что предложенные технологические и технические решения снижают энергоемкость технологических процессов орошения, снижается расход энергии на орошение.

2. Наименее энергоемким способом орошения является поверхностный. Энергоемкость предложенных технических решений лежит в пределах 3,6 кВт.ч/1000 м³ – 54 кВт.ч/1000 м³. При этом удельный расход энергии составляет 0,32-40 кВт.ч/га, что ниже ранее используемых технологий и технических средств полива.

3. Наиболее энергоемкой предложенной технологией и техническими средствами является дождевание. Однако по сравнению ранее используемых технологий и технических средств предложенные технические решения по модернизации дождевальных широкозахватных круговых машин "Фрегат" и "Кубань-ЛК1" энергоемкость на 28-37 % меньше, также как удельный расход энергии на 28 %.

4. Модернизация машины ДДА-100МА снижает энергоемкость полива с 135 до 91 кВт.ч/1000 м³, что уменьшает ее на 32,6 %.

5. Удельный расход энергии на полив одного гектара предложенными быстроразборными комплектами КИ-5, КИ-10 и КИ-15 составляет 59-75 кВт.ч/га, что меньше энергоемкости полива ранее выпускаемыми комплектами КИ-25, КИ-50, которая достигает 218-236 кВт.ч./га. Это меньше на 68-73 %.

6. Затрачивая мощность энергии на полив предложенными техническими решениями малоинтенсивным дождеванием наименьшая из всех способов полива и не превышает 1,2-5 кВт, также как и полив садово-ягодных культур – 1-10 кВт, хотя энергоемкость процесса полива и затраты энергии на полив достаточно высоки (150-236 кВт.ч/1000 м³ и 5-295 кВт.ч/га соответственно).

7. Проведенные исследования и исходные требования явились основой для разработки трех перспективных дождевальных машин кругового и фронтального действия с электроприводом и гидроприводом.

8. Разработка новых технологий полива (орошения малыми поливными нормами, аэрозольное увлажнение и др.) и повышение экологических и агротехнических требований (обеспечение эрозийно безопасного полива, снижение удельного давления колес на почву и др.) обуславливает конструктивные изменения машины. С учетом достижений научно-технического прогресса в организации промышленного производства новых узлов и деталей, а также обеспечения указанных технологий полива усовершенствуется дождевальная машина «Кубань-ЛК», что обеспечит повышение ее конкурентности.

Применение в системе привода тележек мотор-редукторов с волновым зубчатым зацеплением и отдельным приводом на колеса, а также малослойных пневматических или позволяет:

- снизить энергопотребление на движение машины в 2 ...2,5 раза за счет повышения КПД механической части привода;

- повысить надежность привода за счет его разблокировки и устранения паразитных мощностей;

- снизить удельное давление колес на почву с 110 до 85 мПа за счет уменьшения глубины колеи на 15 ...25%, что улучшит условие работы машинно-тракторных агрегатов на орошаемых полях;

- обеспечить повышение скорости движения опорных тележек в 2 раза без увеличения мощности на привод, (в сравнении с серийным приводом);

- снизить материалоемкость шин на 10 ...15 кг и обеспечить экономию цветных металлов (200 кг на машину) за счет исключения червячных редукторов;

9. Увеличение скорости движения машины в 2 раза обеспечивает возможность подачи поливных норм в пределах 50 ... 100 м /га и производства аэрозольного увлажнения для сохранения плодородия орошаемых площадей.

10. Усовершенствование конструкции дождевого пояса и ходовой системы машины «Кубань-ЛК» позволяет расширить зоны ее применения с обеспечением малоэнергоёмких, водосберегающих и эрозийно безопасных технологий полива.

11. Пути повышения качества полива фронтальными машинами заключаются в создании устойчивой ее системы управления, обеспечивающей лимитируемые показатели выполнения технологического процесса.

12. Машина как объект управления в большинстве случаев нелинейна. Ее коэффициент передачи зависит от длины и предельной скорости движения, а также координаты контролируемой части.

13. Математическое описание движения машин, предлагаемые передаточные функции позволяют произвести синтез их систем управления, рассчитать параметры и уставки регулятора, внести коррективы в конструкцию действующих, разработать структуру и определить параметры создаваемых машин.

14. Предлагаемый метод, полученные зависимости позволяют рассчитывать основные показатели качества полива, а именно показатели равномерности распределения слоя осадков, повреждаемости (заминаемости) растений, отклонения режима орошения (рабочей скорости, нормы полива), определять траекторию движения, создавать машины с лимитируемыми показателями и ее заданными параметрами.

15. Использование преобразователей частоты в общей системе управления позволит создать электрифицированную широкозахватную машину 4-го поколения, повысить надежность ее работы, избежать сложных пусковых переходных процессов в системе ее электропитания, электрических сетях, увеличить срок службы электропроводов, снизить затраты на ремонтные работы и повысить производительность при орошении.

Список используемой литературы

1. ВСН 3.3 - 2.2. Внутрихозяйственная сеть с поверхностным способом полива, М., 1987
2. Голы М. Оросительные мелиорации. Под ред. Б.Г. Штепы. М., Колос, 1977. – 192 с.
3. Городничев В.И., Киселева Т.В. Автоматизированная оросительная система: А.с. 1186163, БИ № 39, 1985.
4. Городничев В.И., Ольгаренко Г.В. Способ полива и машина для его осуществления: пат. 2291610, БИ. – № 2, 2007.
5. Городничев В.И. и др. Система программного управления дождевальнoй многоопорной машиной: А.с. № 1371632, БИ № 5, 1988.
6. Городничев В.И. Система аварийной защиты самоходной многоопорной дождевальной машины: А.с. 1699379, БИ № 47, 1991.
7. Городничев В.И. Система программного управления многоопорной дождевальной машиной: А.с. 1676533, БИ № 34, 1991.
8. Городничев В.И. Способ определения характеристик дождя: а.с. РФ № 899014, БИ № 3, 1982.
9. Городничев В.И., Елохов В.И., Ландес Г.А., Носенко В.Ф. Способ управления и контроля работы поливной установки и устройство для его осуществления: патент 2025953 Российская Федерация, БИ №, 1995.
10. Городничев В.И., Носенко В.Ф. Система программного управления многоопорной дождевальной машиной кругового действия: а.с. № 1715256, БИ № 8, 1992.
11. Городничев В.И., Носенко В.Ф. Система программного управления многоопорной дождевальной машиной: а.с. № 1604263, БИ № 41, 1990.
12. Городничев В.И., Савушкин С.С., Хмарский В.А. Система автоматического управления насосно-силовыми агрегатами насосной станции. Патент на полезную модель № 116914, БИ № 16, 2012.
13. Городничев В.И. и др. Способ определения параметров искусственного дождя: а.с. Российская Федерация № 1299271, 1985.

14. Городничев В.И., Ольгаренко Г.В. Система контроля размера и скорости капель дождя. Патент на изобретение № 2330263, Бюл. № 21, 2008.
15. Городничев В.И., Бочкарева А.И., Галузинская С.В. Определение энергетических и динамических характеристик дождя для оценки качества работы дождевальной техники (SPECTR). Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2009610138, 2009.
16. Городничев В.И., Савушкин С.С., Хмарский В.А. Система автоматического управления насосно-силовыми агрегатами насосной станции. Патент на полезную модель № 116914, 2012.
17. Городничев В.И. Методы, системы управления, контроля и оценки качества работы фронтальных дождевальных машин.– Коломна: ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2003 г. – 354 с. ISBN № 5-93-503-028-4.
18. Городничев В.И. Системы контроля и оценки качества полива дождевальными машинами фронтального действия // Мелиорация и водное хозяйство, № 3, 2004. – С. 36-38.
19. Городничев В.И. Приборы контроля и оценки качества полива дождевальными машинами фронтального действия // Техника в сельском хозяйстве, № 4, 2004.
20. Городничев В.И., Савушкин С.С., Хмарский В.А. Модернизация автоматизированных систем управления технологическими процессами мелиоративных стационарных насосных станций // Мелиорация и водное хозяйство. № 3, 2012. - С. 2-5.
21. Городничев В.И., Савушкин С.С., Хмарский В.А. Восстановление и модернизация мелиоративных стационарных насосных станций // Техника и оборудование для села. 2012. № 11. - С. 6-9.
22. ГОСТ 17.1.2.03-90 Охрана природы. Гидросфера. Критерии и показатели качества воды для орошения.
23. ГОСТ 2.114-95. Единая система конструкторской документации. Технические условия // Межгосударственный стандарт. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации. Минск, 2003.

24. ГОСТ 2.119-73 Единая система конструкторской документации. Эскизный проект.
25. Глазьев В.А., Кривошеков Б.С., Билик А.О. Автоматизированная низконапорная закрытая оросительная сеть // Гидротехника и мелиорация. - 1981. - № 1.
26. Грамматикати О.Г., Кузнецова Е.И. Экологическое значение мелкодисперсного дождевания // Мелиорация и водное хозяйство. -1999. -№5.
27. Григоров М.С, Цымбаленко В.С., Цымбаленко О.С. Оценка эффективности дождевальной техники на основе системного подхода // Мелиорация и водное хозяйство. - 2001. - № 3.
28. Грушин А.В., Караваев А.И., Кондратьев А.Г. и др. Автоматизированная водораспределительная система для подпочвенного орошения. А.с. № 1523124, Б.И. № 43, 1989.
29. Грушин А.В., Пак И.В. Устройство для перфорации гибкого трубопровода. А.с. № 1787762, Бюл. № 2, 1993.
30. Грамматикати О.Г., Кузнецов Е.И. Ж-л «Мелиорация и водное хозяйство», № 5, 1990.
31. Григоров М.С., Жидков В.М., Захаров В.В. Капельное орошение картофеля на светло-каштановых почвах Нижнего Поволжья. МиВХ, №3, 2011.
32. Губер К.В. Двухконсольный агрегат для мелкодисперсного дождевания / Губер К.В., Храбров М.Ю.// Тракторы и сельскохозяйственные машины. № 10, 2002 г
33. Губер К.В. Тенденции развития техники для орошения на ближайший период / Губер К.В., Лямперт Г.П., Храбров М.Ю. // Тракторы и сельскохозяйственные машины, 1995, №8.
34. Губер К.В., Лямперт Г.П., Храбров М.Ю. Требования к характеристикам дождя при создании дождевальной техники // Современные проблемы мелиорации и пути их решения: Юбилейный сб. науч. тр. / РАСХН, ВНИИГиМ. - М., 1999. -Т. I (98).

35. Дерюгин И.П. и др. Агрохимические основы системы удобрения овощных и плодовых культур. - М., В.О., Агропромиздат, 1988.
36. Джурабеков И.Х., Лактаев Н.Т. Совершенствование оросительных систем и мелиорация земель Узбекистана. – Ташкент: Узбекистан, 1983.- 152 с.;
37. Духовный В.А., Хорст М.Г. Техника поверхностного полива в аридной зоне в связи с развитием закрытых оросительных систем /Повышение эффективности использования мелиорируемых земель. Науч. Тр. САНИИРИ. Вып. 172.-Ташкент, 1984. –С.8-20.;
38. Живчиков Н.И., Моргунов А.Т. Технология и организация возделывания овощных культур и картофеля. – М. Высшая школа, 1977.
39. Журба М.Г. Микроорошение. Проблемы качества воды. – М.: «Колос», 1994. – 280 с.
40. Журба М.Г. Микроорошение. Проблемы качества воды. – М.: Колос, 1994.
41. Иванова Т.Е., Иванов О.А Эрозионно-безопасная технология дождевания в условиях степной зоны Хакасии // Мелиорация и водное хозяйство. - 2002. - № 4.
42. Изучение различных путей экономии воды: Экспресс информ // ЦБНТИ ММиВХ СССР. Сер.: Мелиорация и вод. хоз-во за рубежом. – М., 1988. -Вып. 10.
43. Ионова З.М., Бойко С.И.. Основные достижения в применении капельного орошения. – М.: ВНИИТЭИСХ, 1985. – 66 с.
44. Ирригационная эрозия почв при поверхностных способах полива: научный обзор ФГНУ "РосНИИПМ" / составители: С. М. Васильев, М. А. Субботина, Н. И. Тупикин, Е. А. Кропина, А. Б. Финошин. – М.: ФГНУ ЦНТИ "Мелиоводинформ", 2010. – 44 с.
45. Израэльсен О. Научные основы и практика орошения. М.: Сельхозгиз, 1936. 335 с.

46. Измайлов А.Ю., Спирин А.П., Жук А.Ф., Сизов О.А. Комплекс машин для защиты почв от эрозии и засухи // Техника в сельском хозяйстве. №1. 2007.
47. Икромов И.И. Техника и технология микроорошения сельскохозяйственных культур на склоновых землях: Обзор, информ. – НПИЦентр. – Душанбе, 1999.
48. Калашников А.А., Жарков В.А., Калашников П.А., Байзакова А.Е. Средства малой механизации и техника полива для фермерских хозяйств (рекомендации по применению). - Тараз, 2009. – 24 с.
49. Камаев И.Н. Режим орошения овощных культур // Сборник научных трудов / ЮжНИИГиМ. 1978. Вып. 31. С. 94.
50. Касимов А.К., Шейнкин Г.Ю. Муртазин Р.М. и др. Синхронно - импульсное дождевание на крутых склонах // Гидротехника и мелиорация. - 1981. - № 1.
51. Кашин В.И. Стратегия развития средств механизации в садоводстве», Научно-технический прогресс в садоводстве, Сб. науч. докладов Второй международной конференции (16-17 июля 2003 г.), Ч. 1, М., ВСТИСП, 2003.
52. Ким И.А., Ким И.И. Новая система орошения для предгорной зоны юга России. // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. № 1 (05). 2012
53. КМК 2.06.03 -97 Оросительные системы. Нормы проектирования. 1997.
54. Коваленко П.И. Автоматизация мелиоративных систем. - М.: Колос, 1983.
55. Кокырца П.Н. Биологические помехи в системах капельного орошения Молдавии и мероприятия по их устранению // Мелиорация и водное хозяйство. Сер. 1, Орошение и оросительные системы: Обзорная информация/ ЦБНТИ Минводхоза СССР. – М., 1988. – Вып.2. – 48 с.
56. Корнев В.Г. Всасывающая сила почвы и принципы системы автоматического орошения почвы. - М., 1925.

57. 133. Красотин Ю.И., Кулешов В.И., Олейник К.Н.. Об аэрозольной технологии защиты растений в теплицах // Теплицы России. Информационный сборник № 4/2000.
58. Кузнецова Е.И. Повышение плодородия почвы при эколого-мелиоративном воздействии на систему «почва-растение-атмосфера».
59. Кузнецова Е.И. Мелкодисперсное дождевание как самостоятельный способ полива в Центральном районе России: Автореф. дис... д-ра. с-х. наук. - М., 1999.
60. Лактаев Н.Т. Полив хлопчатника. - Москва: Колос, 1978. - 176 с.
61. Лебедев Б.М. Дождевальные машины. Изд. 2-е, перераб. и доп. - М., «Машиностроение», 1977.
62. Лебедев Б.М. Дождевальные машины. 2-е изд. - М.: Машиностроение, 1977.
63. Лебедев Г.В., Егоров В.Г., Брюквин В.Г. и др. Импульсное дождевание растений. Теория и практика. М., «Наука», 1976.
64. Легенченко Б.И. Импульсное дождевание в зоне неустойчивого увлажнения / / Гидротехника и мелиорация. -1985. -№ 5.
65. Льгов Г.К. Орошаемое земледелие. – 2-ое изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат, 1987. – 176 с.
66. Лысогоров С.Д. Орошаемое земледелие. Второе, перераб. изд. - М., изд. «Колос», 1965. – 455 с.
67. Лямперт Г.П., Степанов В.Л. Совершенствование конструкций дождевальных аппаратов и насадок // Современные проблемы мелиорации и пути их решения. Юбилей. Сбор. науч. тр. ВНИИГиМ. – М., 1999. -Т.1.
68. Марков В.М. Овощеводство. Изд. 2-ое, перераб. - М., «Колос», 1974. – 512 с.
69. Марченко В.Н. Орошение на крутых склонах при помощи синхронно-импульсного дождевания // Рациональное использование земляных и водных ресурсов низовий Терека, - Новочеркасск, 1985.

70. Марюшин П.А., Ступаченко Ю.В., Лунев Д.В. Вопросы энергосбережения при орошении земель на Украине // Строительство и техногенная безопасность. Выпуск 19-20, 2007.
71. Мелиорация и водное хозяйство. 6. Орошение: Справочник /Под ред. Б.Б. Шумакова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 415 с.
72. Мелиоративная энциклопедия. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – Т. 1 (А - К). – с. 672.
73. Мелиорация и водное хозяйство. Серия 7. Мелиорация и водное хозяйство за рубежом. Экспресс-информация. 1987. Выпуск 17.
74. Механизация полива: Справочник / Штепа Б.Г., Носенко В.Ф., Винникова Н.В. и др. – М., Агропромиздат, 1990.
75. Морозов А.С. Обмен веществ растений, корневое питание, приспособление и устойчивость растений, краткие сведения о росте и развитии растений. Ч. 2. Учебное пособие. - М., 1984.
76. М.М. Османов. Стационарная система мелкодисперсного дождевания // Гидротехника и мелиорация. - № 10. - 1983.
77. М.Ю. Храбров, А.М Шарко. Аэрозольное увлажнение // Мелиоративная энциклопедия. Т. 1, 2003.
78. Надеждина Н.Е., Разнополова Т.Е., Одинцова В.А. Методические аспекты определения скоростей водного потока в ксилеме ствола растений // Физиология и биохимия культурных растений. - 1991. - Т.28, №5. - С.516-519.
79. Налойченко А.О., Атаканов А.Ж. Применение улучшенных элементов техники и технологии полива по бороздам и напуском по зарегулированным полосам // В помощь фермеру и АВП. Выпуск № 3. Практические советы. – Бишкек: Кыргыз. НИИ ирригации, 2009.
80. Наумов В.А. О глубине промачивания почвы // Садоводство - 1974.- № 9.
81. Научно-техническая конференция. Использование сточных вод в сельском хозяйстве (материалы к конференции). Москва, 1970.
- 82.

83. Нестеренко А.В. Основы термодинамических расчетов вентиляции и кондиционирования воздуха. Учебн. пособие. Изд. 3, доп. - М., изд-во «Высшая школа», 1971. – 460 с.
84. Нестерова Г.С., Зонн И.С., Вейцман Е.А.. Капельное орошение. / Обзорная информация – М., ВНИИТЭИСХ, - 1973. – 63 с.
85. Николаев М.В., Шевцов Н.М., Зайцева С.В. Система подпочвенного орошения // Садоводство. – 1975. - № 7.
86. Ничипорович А.А. Фотосинтетическая деятельность растений и пути повшения её продуктивности // Теоретические основы фотосинтетической продуктивности. - М.: Наука, 1972. - С. 511-527.
87. Носенко В.Ф., Ян Г.Я., Крекер Н.Ю., Хе И.Н. Изучение и обоснование комбинированных способов полива пропашных культур. Научный отчет. Рукопись. Фонды библиотеки КазНИИВХ. - Джамбул, 1970.
88. Носенко В. Ф. Возможности и пути совершенствования, технологии поверхностного полива // Новое в технике и технологии полива. – М., 1978. - С. 3-28;
89. Носенко В.Ф. и др. Многоопорный колесный трубопровод. А.с. № 1074452, 08.07.1983.
90. Носенко В.Ф., Пензин М.П., Терпигорев А.А. Способ полива. А.с. № 1055428, бюл. № 43, 1983.
91. Носенко В.Ф., Аравина Т.Е. Изучение влияния синхронно-импульсного дождевания на рост, развитие и урожайность сельскохозяйственных культур в зонах неустойчивого и недостаточного увлажнения: Обзорная информация ЦБНТИ Минводстроя СССР. – М., 1991.
92. Н.М. Шевцов. Эффективность внутрипочвенной очистки и использования сточных вод и навоза в сельском хозяйстве. - ВНИИТЭИСХ, 1986.
93. Одинцова В.А. Диагностика водообеспеченности персика в условиях южной степи Украины. - УААН, 2009.

94. Ольгаренко Г.В., Рязанцев А.И., Каштанов В.В., Егоров Ю.И. Низконапорная многоопорная дождевальная машина кругового действия с гидроприводом. Патент на полезную модель № 36166, Бюл. № 7, 2004.
95. Ольгаренко Г.В., Рязанцев А.И., Каштанов В.В. Экологически безопасная многоопорная дождевальная машина кругового действия. Патент на полезную модель № 48247, Бюл. № 28, 2005.
96. Ольгаренко Г.В., Алдошкин А.А., Петренко Л.В., Янин А.Н., Переносная дождевальная установка позиционного действия, патент №37589. Бюллетень № 13, 2004.
97. Ольгаренко Г.В., Носенко В.Ф., Городничев В.И. и др. Этапы создания и модернизации комплексов технологического оборудования оросительных систем // Ресурсосберегающие экологически безопасные системы орошения и сельхозводоснабжения. – Коломна: ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2002. - С. 7-23.
98. Ольгаренко Г.В., Алдошкин А.А. Научно-методические рекомендации по проектированию и эксплуатации оросительных систем при дождевании на агроландшафтах различной топографии. - М. ФГБНУ "Росинформатех", 2011.
99. Ольгаренко Г.В., Алдошкин А.А., Гулюк Г.Г., Петренко Л.В. Контроль технического состояния и реконструкции закрытых оросительных сетей. - Коломна, 2004.
100. Ольгаренко Г.В., Носенко В.Ф., Городничев В.И. и др. Этапы создания и модернизации комплексов технологического оборудования оросительных систем. - Коломна, ВНИИ «Радуга», 2002.
101. Оросительные нормы (нетто) и их внутрисезонное распределение для основных сельскохозяйственных культур по регионам Российской Федерации. - Коломна, ВНИИ «Радуга», 2003.
102. Оросительные системы с использованием животноводческих стоков. ВСН 33-2.2.01-85. Изд. официальное. - Москва, 1985.

103. Орошение в теплицах. DAN SPRINKLER. Ирригационное оборудование. Kibbutz Dan, 12245 Israel.
104. Орлик Л.С. О состоянии и дальнейшем развитии средств механизации садоводства и виноградоводства. Научно-технический прогресс в садоводстве, Сб. науч. докладов Второй международной конференции (16-17 июля 2003 г.), Ч. 1. - М., ВСТИСП, 2003.
105. ОСТ 10 11.1-2000 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей. - Минсельхоз России.
106. Павлов Г.Н. Районирование орошаемой территории Узбекистана по рациональным способам орошения. - Ташкент, 1985. - 60 с.
107. Пензин М.П., Аверин Б.А., Максимов В.И. Исследование многоопорного трубопровода при поливе по бороздам // Орошение и оросительные системы ЦБНТИ Мелиоводхоза СССР, с.1, в.9, - М., 1982.
108. Пензин М.П., Богданов О.К., Митьков Ю.Ю. Автоматизированное шланговое устройство для арендного наряда - Коломна, ВНИИМиТП, 1990.
109. Пензин М.П., Терпигорев А.А. К вопросу обоснования способа регулирования поливных струй при поливе по бороздам // Новое в технике и технологии полива. - М., ВНИИГиМ, 1977. - С. 9-16.
110. Передкова Л.И. Влияние импульсной подачи животноводческих стоков на содержание питательных элементов в почве // Сборник научных докладов Международной научно-практической конференции "Техническое обеспечение орошаемого земледелия в АПК". - Коломна, 2005.
111. Повышение качества оросительной воды. – М.: Агропромиздат, 1990.
112. Пономарев А.Г., Алдошкин А.А., Ольгаренко Г.В., Янин А.Н., Шланговый дождеватель для садовых и приусадебных участков, патент №55538. Бюллетень № 24, 2006.

113. Пономарев А.Г., Алдошкин А.А., Ольгаренко Г.В., Янин А.Н., Гидроподкормщик к дождевальным машинам и комплектам патент № 57075. Бюллетень № 28, 2006.
114. Пономарев А.Г., Алдошкин А.А., Городничев В.И., Ольгаренко Г.В. Шланговый дождеватель, патент № 75274. Бюллетень №22, 2008.
115. Пономарев А.Г., Алдошкин А.А., Ятульчик Т.В. Дождеватель шланговый для садовых, приусадебных и мелкофермерских хозяйств, патент № 93010. Бюллетень №11, 2010 г.
116. Прево П. Закон минимума и сбалансированное минеральное питание / П. Прево и др. - М.: Колос, 1964. - С. 247-269.
117. Проектирование, строительство и эксплуатация трубопроводов из полимерных материалов / А.Н. Шестопап, В.С. Ромейко, В.Е. Бухин и др.; Под ред. А.Н. Шестопапа и В.С. Ромейко. – М.: Стройиздат, 1985. – 304 с.
118. Проектирование оросительных систем синхронного импульсного дождевания. (Пособие к СнИП 2.06.03-85). - М., Союзводпроект, 1986.
119. Прокофьев А.А. – Климат и продуктивность растений. М.: Изд-во «Знание», 1956.
120. Пунева Р.К. Современни технологии при напояването на наклонени терени /Обзор. - София, 1981.
121. Пыленок П.И., Сидоров И.В. Экологическое обоснование природоохранного режима увлажнения // Мелиорация и окружающая среда. Том 1. – М., ВНИИА, 2004.
122. Разработка новых ресурсосберегающих экологически безопасных технологий механизированного (автоматизированного) поверхностного полива / НТО по теме 6.72. Коломна, ВНИИ «Радуга», 2002.
123. Развитие микроорошения. Экспресс информ. // ЦБНТИ ММиВХ СССР. Сер. 7. Мелиор. и вод. х-во за рубежом. - М., 1987. -Вып. 1.
124. Рекомендации по возделыванию сельскохозяйственных культур при капельном орошении. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 48 с.

125. Рекомендации по оценке пригодности воды, выбору капельниц, средств водоочистки и способов борьбы с засорением поливной сети систем капельного орошения. – Кишинёв, изд. «Тимпул», 1985. – 27 с.
126. Рекомендации по применению противотрационных экранов из полимерных плёнок на оросительных каналах и водоёмах. - М., ВНИИГиМ, ГИПРОВОДХОЗ, 1967.
127. Рекомендации по расчёту оптимальных параметров системы внутрипочвенного орошения. –Ташкент:Изд. «Фан» УзССР, 1985.
128. Роде А.А.. Вопросы водного режима почв. - Л.: Гидрометеиздат, 1978. – 216 с.
129. Руководство по проектированию внутрихозяйственной оросительной сети с поливными трубопроводами для поверхностного полива. - М., Минводхоз СССР, Союзводпроект, 1983.
130. Руководство по проектированию оросительных систем синхронного импульсного дождевания. ВТР-П-32-81. М.: В/О «Союзводпроект», 1981.
131. Рязанцев А.И., Ольгаренко Г.В., Кириленко Н.Я., Зилотин М.А. Жесткое колесо движителя многоопорных дождевальных машин. Патент на полезную модель № 43726, Бюл. № 4, 2005.
132. Рязанцев А.И., Ольгаренко Г.В., Кириленко Н.Я., Зилотин М.А. Многоопорная дождевальная машина кругового действия. Патент на полезную модель № 43727, Бюл. № 4, 2005.
133. Рязанцев А.А., Ольгаренко Г.В., Городничев В.И., Рогачев А.А., Каштанов В.В. Многоопорная малоэнергоемкая дождевальная машина кругового действия с электроприводом. Патент на полезную модель № 54287, Бюл. № 18, 2006.
134. Рязанцев А.И. Механико-технологическое совершенствование дождевальной техники. Монография. – Коломна: ФГОУ Коломенский ИППК Минсельхоза РФ, 2003. – 246 с.

135. Савина С.С. Гидрометеорологический показатель засухи и его распределение на территории Европейской части СССР. Изд. Академии наук СССР. Институт географии. - М., 1963. – 104 с.

136. Савушкин С.С. Орошение сточными водами кормовых культур: технология и режимы орошения // Сборник научных докладов Международной Российско-Иорданской выставки-семинар «Рациональное использование водных ресурсов и водосберегающие технологии в сельском хозяйстве» - Ирбид, Иордания, 2010.

137. Савушкин С.С. Технология подготовки животноводческих стоков для орошения поливной техникой // Сборник научных докладов Международной Российско-Вьетнамской выставки-семинара «Многофункциональные технологии и техника полива для удобрительного орошения, почвенной очистки и утилизации стоков на сельскохозяйственных фермах». - Ханой, Вьетнам, 2006.

138. Сборник рефератов описаний изобретений к патентам, зарегистрированным организациями, подведомственными Депмелиоводхозу Минсельхоза России и другими организациями / ГУ ЦНТИ «Мелиоводинформ». – М., 2000. – Вып.1.

139. Севрюгин В.К. Безразмерные параметры бороздкового полива. Сб. трудов ВНИИМ и ТП. - Коломна, 1990.

140. Севрюгин В.К., Морозов А.Н.. Оптимизация элементов бороздкового полива // Мелиорация и водное хозяйство. - № 1. – 2001.

141. Сельскохозяйственная техника: Кат. т.3 «Техника для растениеводства» - М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – 236 с.

142. Системы микроорошения. Отраслевой научно-технический комплекс по микроорошению. - Киев, 1988.

143. Смирнов И.Г., Упадышева Г.Ю. Орошение как способ регулирования естественных агрометеорологических условий / Технологии и технические средства орошения сельскохозяйственных культур // Сборник научных докладов международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии и техника в орошаемой земледелии». Часть

1. - Коломна: ФГНУ ВНИИ «Радуга», 2003.

144. СНиП 2.06.03.-85 "Мелиоративные системы и сооружения". Госком СССР по делам строительства. - М., 1986;

145. Справочник гидротехника / Под ред В.И. Алексеева и Э.В. Гершунова. – Алма-Ата: Кайнар, 1972. – 240 с.

146. Судницын И.И. Движение почвенной влаги и водопотребление растений. – М., изд. Моск. ун-та, 1979. – 255 с.

147. Сурин В.А., Нурматов Н.К. Полив виноградников из закрытой сети. - М., «Колос», 1976.

148. Сурин В.А. Теория и расчет элементов техники полива по бороздам на больших уклонах // Эксплуатация гидромелиоративных систем: Тр. МГМИ. - М., 1978;

149. Сурин В.А. Зухриддинов С.С. Допустимая эрозия почвы и противоэрозионная техника поверхностного орошения на больших уклонах //Повышение эффективности мелиоративных систем. - М., 1983. - С. 9 – 25.

150. Сурин В.А. Зухриддинов С.С. Допустимая эрозия почвы и противоэрозионная техника поверхностного орошения на больших уклонах // Повышение эффективности мелиоративных систем. - М., 1983.

151. Терпигорев А.А, Грушин А.В., Джафаров В.М., Асцатрян С.А. Система импульсно-локального орошения и перспективы ее развития / Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции "Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии и техника в орошаемом земледелии". - Коломна, 2003. - ч.1.

152. Терпигорев А.А., Передкова Л.И., Грушин А.В. Многоцелевое использование малоинтенсивного орошения при возделывании садов и виноградников / Сборник научных докладов 2-ой Международной научно-практической конференции "Научно-технический прогресс в садоводстве". - Москва, ГНУ ВСТИСиП, 2003.

153. Терпигорев А.А., Буцыкин А.М., Рева Л.П. Методика гидравлического расчёта поливных трубопроводов и шлейфов для поливных машин, установок и устройств. - Коломна, ВНИИ «Радуга», 2004.

154. Терпигорев А.А., Грушин А.В., Асцатрян С.А. Разработка водосберегающих технологий микроорошения / Сборник трудов 4-ой Международной научно-технической конференции "Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве". - Москва, ГНУ ВИЭСХ, 2004.

155. Терпигорев А.А., Грушин А.В., Асцатрян С.А. Система импульсно-локального орошения / Сборник докладов, подготовленных на основе семинара "Экологически ориентированные гидромелиоративные системы: прогрессивные способы орошения и осушения, районирование, техника, системы и сооружения". – М., ГНУ ВНИИГиМ, 2004.

156. Терпигорев А.А., Грушин А.В., Асцатрян С.А. Совершенствование технических средств малоинтенсивного орошения / Сборник материалов докладов Международной научно-практической конференции «Природообустройство и рациональное природопользование – необходимые условия социально-экономического развития России». - Москва, МГУП, 2005.

157. Терпигорев А.А., Грушин А.В., Асцатрян С.А. Импульсно-локальное мелкоструйчатое орошение / Сборник научных докладов Международной научно-практической конференции "Техническое обеспечение орошаемого земледелия в АПК". – Коломна, ФГНУ ВНИИ "Радуга", 2005.

158. Терпигорев А.А., Грушин А.В. Экологически безопасные технологии орошения для интенсивного возделывания садов и виноградников / Материалы региональной научно-теоретической конференции "Проблемы и методы управления экономической безопасностью регионов". - Коломна, КГПИ, 2005.

159. 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.

160. Терпигорев А.А., Грушин А.В., Пензин М.П., Жирнов А.Н. Разработка технологии и техники микроорошения садов и питомников. – Коломна, 2005.
161. Терпигорев А.А., Грушин А.В. Повышение санитарно-экологической безопасности орошаемых агроландшафтов / Сборник докладов Международной научно-практической конференции "Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем". - Москва, МГУП, 2006.
162. Терпигорев А.А., Грушин А.В., Жирнов А.Н. Технология малоинтенсивного орошения для устойчивости агроландшафтов. Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования. Материалы юбилейной международной конференции, том 1. – Москва, 2007.
163. Терпигорев А.А., Грушин А.В., Жирнов А.Н. Повышение санитарно-экологической безопасности эксплуатации орошаемых агроландшафтов. Сб. КГПИ. - Коломна, 2006.
164. Терпигорев А.А., Жирнов А.Н. Технологии малоинтенсивного орошения для устойчивости агроландшафтов / Материалы юбилейной международной научно-практической конференции «Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования», посвященной 120-летию со дня рождения А.Н. Костякова (Костяковские чтения). - Москва, ВНИИГиМ, 2007.
165. Терпигорев А.А., Грушин А.В. Импульсно-локальное орошение культур закрытого грунта // Ваш сельский консультант. - № 3. - 2007.
166. Терпигорев А.А., Грушин А.В. Мелкоструйчатое импульсное орошение и система для полива садов, виноградников и культур закрытого грунта / Сборник научных трудов научно-практической конференции «Московская область на рубеже веков: от депрессии к стабильному развитию», посвященной 15-летию создания экономического факультета КГПИ. - Коломна, КГПИ, 2008.

167. Терпигорев А.А., Ольгаренко Г.В., Грушин А.В., Асцатрян С.А. Рекомендации по монтажу и эксплуатации комплекта мелкоструйчатого импульсно-локального орошения теплиц (КИЛО-0,4). - Москва, 2008.
168. Терпигорев А.А., Ольгаренко Г.В., Грушин А.В., Асцатрян С.А. Рекомендации по монтажу и эксплуатации модуля мелкоструйчатого импульсно-локального орошения садов и виноградников (МИЛОС-М). - Москва, 2008.
169. Терпигорев А.А., Грушин А.В., Гжибовский С.А. Экологически безопасные технологии орошения для интенсивного возделывания садов // Природообустройство. - № 1. - 2009.
170. Терпигорев А.А., Буцыкин А.М. и др. Способ полива. А.с. № 982597, 1982.
171. Терпигорев А.А., Богданов О.К. и др. Устройство для полива по бороздам. А.с. № 1486107 от 21.04.1988.
172. Терпигорев А.А., Ольгаренко Г.В., Городничев В.И., Панин В.Л. Многоопорная машина для полива по бороздам, расположенным вдоль линии гидрантов. Патент № 2239991, Бюл. № 32, 2004.
173. Терпигорев А.А., Ольгаренко Г.В., Грушин А.В., Макаров М.В., Пензин М.П., Сандалов И.А. Многоопорный поливной трубопровод. Патент № 2267258, Бюл. № 01, 2006.
174. Терпигорев А.А., Ольгаренко Г.В., Жирнов А.Н., Грушин А.В. Передвижной поливной комплект для орошения ППК-25. Патент на ПМ № 69374, Бюл. № 36, 2007.
175. Терпигорев А.А., Ольгаренко Г.В. Способ полива по бороздам. Патент № 2314678, Бюл. № 2, 2008.
176. Терпигорев А.А., Ольгаренко Г.В., Грушин А.В. Способ полива по бороздам переменным расходом и устройство для его осуществления. Патент № 2463778, Бюл. № 36, 2012.
177. Терпигорев А.А. Водосберегающие механизированные технологии полива по бороздам мелкоконтурных участков для устойчивых орошаемых агроландшафтов // Труды Международной научно-технической конференции

"Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве". – М., ГНУ ВИЭСХ, 2003. – с. 123-128.

178. Терпигорев А.А., Грушин А.В., Асцатрян С.А. Разработка водосберегающих технологий микроорошения // Сборник трудов 4-ой Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». - Москва, ГНУ ВИЭСХ, 2004.

179. Терпигорев А.А. Водосберегающие технологии поверхностного полива по бороздам // Сб. науч. докладов «Технологии и технические средства микроорошения в сельском хозяйстве». - Каир, Египет, 2004 г. - С. 34-37.

180. Терпигорев А.А. Механизированные технологии полива с дискретным регулированием подачи воды в борозды // Мелиорация и водное хозяйство. - № 3.- 2004 .- С. 42-45.

181. Терпигорев А.А., Грушин А.В., Асцатрян С.А. Совершенствование технологии синхронно-импульсное дождевания // Сборник материалов Международной научной конференции "Наукоемкие технологии в мелиорации". - Москва, ВНИИГиМ, 2005. – С. 181-185.

182. Терпигорев А.А. Механизированные технологии поверхностного полива по бороздам и экономия оросительной воды // Сборник научных докладов Международного Российско-Египетского семинара и выставки "Водосберегающие энергоэффективные технологии и техника в орошаемом земледелии". - Каир, Египет, 2005.

183. Терпигорев А.А., Грушин А.В. Повышение санитарно-экологической безопасности орошаемых агроландшафтов // Сборник докладов Международной научно-практической конференции "Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем". - Москва, МГУП, 2006.

184. Терпигорев А.А. Технология внесения с поливной водой животноводческих стоков.

185. Терпигорев А.А. Особенности инфильтрационного увлажнения почвы при поливе дискретной струей широким фронтом - М., ВНИИГиМ, 1984. - С. 181-189;
186. Терпигорев А.А. Определение равномерности увлажнения почвы по длине поливных борозд. Н.тр. ВНИИМиТП, ВНИИГиМ. - М., 1988.
187. Терпигорев А.А. Технология дискретного полива, сущность и пути реализации / Передовой производственный и научно-технический опыт в мелиорации и водном хозяйстве, рекомендуемый для внедрений. ЦБНТИ Мелиоводхоза СССР. - М., 1989.
188. Терпигорев А.А., Максимов В.И. Обоснование схем реконструкции оросительных систем с заменой дождевальной техники на технику поверхностного полива. - Коломна, 1998. - С. 101-112.
189. Терпигорев А.А. Энергосберегающие технологии механизированного полива сельскохозяйственных культур по бороздам / Международная конференция «Экологические проблемы мелиорации» (Костяковские чтения). - М., ВНИИГиМ, 2002. - С.297-299.
190. Терпигорев А.А., Панин В.Л. Аспекты развития технологий поверхностного полива в степных и полустепных регионах России / Международная конференция «Экологические проблемы мелиорации» (Костяковские чтения). - М., ВНИИГиМ, 2002. – С. 299-301.
191. Терпигорев А.А., Передкова Л.И., Грушин А.В. Многоцелевое использование малоинтенсивного орошения при возделывании садов и виноградников / Научно-технический прогресс в садоводстве. Сб. докл. 2-ой международной конференции, ч-1. - ВСТИСП, 2003. –С. 228-238.
192. Терпигорев А.А. Водосберегающие механизированные технологии полива по бороздам мелкоконтурных участков для устойчивых орошаемых агроландшафтов / Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии и техника в орошаемой земледелии». Ч.1. – Коломна: ФГНУ ВНИИ «Ра-дуга», 2003.

193. Терпигорев А.А. Водосберегающие механизированные технологии полива по бороздам мелкоконтурных участков для устойчивых орошаемых агроландшафтов // Труды 3-й международной научно-технической конференции». - М., ГНУ ВИЭСХ, 2003 г.

194. Терпигорев А.А., Ольгаренко Г.В., Городничев В.И., Панин В.Л. Многоопорная машина для полива по бороздам, расположенным вдоль линии гидрантов. Патент № 2239991, Бюл. № 32; 2004.

195. Терпигорев А.А., Ольгаренко Г.В., Грушин А.В. Способ полива по бороздам переменным расходом и устройство для его осуществления. Патент № 2463778, Бюл. № 36, 2012.

196. Терпигорев А.А., Ольгаренко Г.В., Грушин А.В., Макаров М.В., Пензин М.П., Сандалов И.А. Многоопорный поливной трубопровод. Патент № 2267258, Бюл. № 01, 2006.

197. Терпигорев А.А., Буцыкин А.М., Рева Л.П. Методика гидравлического расчета поливных трубопроводов и шлейфов для поливных машин, установок и устройств // Сборник научных докладов Международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие и энергоэффективные технологии и техника в орошаемом земледелии», ч.2. - Коломна, 2004.

198. Терпигорев А.А. Научно-технические аспекты разработки и внедрения водосберегающих технологий ВНИИ «Радуга» для поверхностного полива по бороздам // Сборник докладов, подготовленных на основе семинара «Экологически ориентированные гидромелиоративные системы: прогрессивные способы орошения и осушения, районирование, техника, системы и сооружения». – М., ГНУ ВНИИГиМ, 2004.

199. Терпигорев А.А. Водосберегающие технологии поверхностного полива по бороздам // Сборник научных докладов Международного Российско-Египетского семинара и выставки «Технология и технические средства микроорошения в сельском хозяйстве». - Каир, Египет, 2004.

200. Терпигорев А.А. Механизированные технологии полива с дискретным регулированием подачи воды в борозды // Мелиорация и водное хозяйство. - № 3. – 2004.

201. Терпигорев А.А. Механизированные технологии поверхностного полива по бороздам и экономия оросительной воды. // Сборник научных докладов Международного Российско-Египетского семинара и выставки "Водосберегающие энергоэффективные технологии и техника в орошаемом земледелии". - Каир, Египет, 2005.

202. Терпигорев А.А. Механизированная технология полива по бороздам для повышения устойчивости орошаемых агроландшафтов // Сборник докладов Международной научно-практической конференции "Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем". - Москва, МГУП, 2006.

203. Терпигорев А.А., Грушин А.В. Повышение санитарно-экологической безопасности орошаемых агроландшафтов // Сборник докладов Международной научно-практической конференции "Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем". - Москва, МГУП, 2006.

204. 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.

205. Терпигорев А.А. Технология внесения с поливной водой животноводческих стоков КРС при поверхностном поливе по бороздам // Сборник научных докладов Международной Российско-Вьетнамской выставки-семинара «Многофункциональные технологии и техника полива для удобрительного орошения, почвенной очистки и утилизации стоков на сельскохозяйственных фермах».- Ханой, Вьетнам, 2006.

206. Терпигорев А.А. Энерго - водосберегающая механизированная технология полива по бороздам водой и подготовленными животноводческими

стоками // Сборник трудов 6-й Международной научно-технической конференции «Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве». - Москва, ГНУ ВИЭСХ, 2008.

207. Терпигорев А.А. Широкозахватная техника для водосберегающих и экологически безопасных технологий полива по бороздам // Сборник докладов Международной научно-практической конференции «Защитное лесоразведение и мелиорация земель в Российской Федерации: проблемы земледелия». - Волгоград, 2008.

208. Терпигорев А.А. Экологически безопасные водосберегающие технологии механизированного полива по бороздам // Сборник научных докладов Международной Российско-Сирийской выставки-семинара «Водо- и энергосберегающие технологии и техника сельскохозяйственного орошения». - Дамаск, Сирийская Арабская Республика, 2008.

209. Терпигорев А.А., Грушин А.В., Гжибовский С.А. Малоэнергоемкие технологии орошения садов // Сборник докладов научно-практической конференции «Современные системы производства, хранения и переработки высококачественных плодов и ягод». - Мичуринск, 2010.

210. Терпигорев А.А. Водосберегающие технологии полива по бороздам с применением базовых широкозахватных дождевальными машин // Материалы Международной научно-практической конференции «Социально-экономические и экологические проблемы сельского и водного хозяйства», ч. I. - Москва, МГУП, 2010.

211. Технические средства и методы контроля качества природных и сточных вод на мелиоративных системах // Научно-технический обзор. – М., ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2004. – 146 с.

212. Тошо Тричков. Автоматические мембранные вентили и схемы их применения // Приложение к ж-лу "Гидротехника и мелиорация" - " В помощь техническому прогрессу в водном хозяйстве". - № 1. -1983. - С.15-24.

213. А.В. Угрюмов, В.Ф. Носенко, М.П. Пензин, А.А. Терпигорев Механизация поверхностного полива в СССР (состояние и перспективы). Технико-экономический доклад. - Коломна, ВНПО «Радуга», 1982.
214. Управление водными ресурсами в Казахстане – история, современное состояние, сравнения: информационно-аналитический обзор независимых экспертов / И. Петраков, Ж. Аляхасов, А. Николенко. – Алматы: Контур, 2007. – 288 с.
215. Филиппов Е.Г., Кистанов А.А., Галкин А.В., Городничев В.И. Устройство для измерения количества осадков. А.с. 453652. Оpubл. 1974.
216. Хамраев Н.Р., Юсупов Т. Технология импульсного полива по бороздам // Хлопководство. -1980. -№ 7.-С. 30 – 32.
217. Хорст М.Г., Солодкий Г.Ф.. SIRSAN-II – имитационная модель расчета элементов техники полива по сквозным бороздам: Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № DGU 01433. –Ташкент, 2007. - Государственное Патентное Ведомство Республики Узбекистан.
218. Хорст М.Г., Стулина Г.В., Мирзаев Н.Н. Пути водосбережения. – Ташкент: IWMI–НИЦ МКВК, 2001. -172 с.
219. Храбров М.Ю. Некоторые результаты исследований аэрозольного увлажнения яровой пшеницы / Храбров М.Ю // Научно-техническая конференция СХИ. - Волгоград, 1979.
220. Храбров Ю.М.. Технические схемы способов малообъемного орошения. Вопросы мелиорации. Информационный бюллетень № 1-2. - М., 2000.
221. Храбров М.Ю. Аэрозольное увлажнение / Храбров М.Ю., Шарко А.М. // Мелиоратив-ная энциклопедия. Том 1. - М.: ФГНУ «Росинформагротех»,2003.
222. Чугаев Р.Р. Гидравлика: Учебник для вузов. – 4-е изд., доп. и перераб. – Л.: Энергоиздат. Ленинградское отд-ние, 1982.
223. Шабанов В.В. Требования растений к температурам и возможные методы их регулирования // Комплексные мелиорации / ВАСХНИЛ. -М.: Колос, 1980.- С. 119-136.

224. Шабанов В.В. Система задач и моделей требований сельскохозяйственных растений к условиям внешней среды при разработке методов мелиоративного регулирования // Комплексные мелиорации / ВАСХНИЛ. - М.: Колос, 1980. - С. 72-90.
225. Штепа Б.Г. Технический прогресс в мелиорации. – М.: Колос, 1983.
226. Штепа Б.Г. Прогрессивные способы орошения, включая машинное орошение / /Генеральный доклад по вопросу 32 // ЦБНТИ Минводхоза СССР. – Москва, 1975.
227. Штепа Б.Г., Носенко В.Ф., Винникова Н.В. и др. Механизация полива: Справочник. - М.: Агропромиздат, 1990.
228. Экологические аспекты мелиорации земель юга Нечерноземья / под ред. Ю.А. Можайского и В.И. Желязка. – М, МГУ, 2003.
229. Юсупов Т.Ю. Режимы орошения и гидромодульное районирование Чуйской долины. - Фрунзе: Кыргызстан, 1979. - 164 с.
230. Ярмизин Д.В., Лысогоров С.Д., Балан А.Г. Мелиоративное земледелие. – М., изд. «Колос», 1966. – 424 с.
231. Ясониди О.Е. Расчёт режима внутрпочвенного орошения сточными водами: Экспресс-информ. – М.: ММиВХ СССР, 1985. – Сер. 4. Вып.3.
232. Fruit misting benefits show if water's short. (Преимущество мелкодисперсного орошения в садах при дефиците воды. Перевод с английского яз. № 34-84. Источник Grower. 1983, 99,5).
233. Stone E.C., Fowells G.A. Survival value of dew under laboratory conditions with *Pinus ponderosa*. Forest sc. 1955, vol. 1, № 3.
234. Field assessment of the water saving potential with furrow irrigation in Fergana, Aral Sea basin / Horst M.G., Shamutalov S.S., Pereira L.S., Goncalves J.M. // Agric. Water Manage. – 2005. – Vol. 77. – P. 210-231;
235. Walker, W.R., Skogerboe, G., Surface Irrigation: Theory and Practice. - Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey. 1987;
236. Pereira, L.S., Oweis, T., Zairi, A., Irrigation management under water scarcity // Agric. Water Manage. - 2002. - Vol. 57. - P. 175-206;

237. Hamad S.N., Stringham C.F. Maximum nonerosive furrow irrigation stream size. – Journal of the Irrigation and Drainage Division, Proceedings of the ASAE, 1978, 104, 3: 275-281;

238. Economics of Surface Irrigation Systems Robert L. Smathers, Bradley A. King and Paul E. Patterson Экономика систем поверхностного орошения. Публикация Университета штата Айдахо (США) Подборка «Поверхностный полив», документ (13) Перевод №114-2007;

239. B. Lankford Localizing Irrigation Efficiency IRRIGATION AND DRAINAGE Managing Water for Sustainable Agriculture Volume 55 Number 4 October 2006 Перевод №99-2007.