

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и
мелиорации»

На правах рукописи

БЕЛЬТИКОВ Борис Николаевич

**КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ
ВОДОПОДАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ШИРОКОЗАХВАТНОЙ
ФРОНТАЛЬНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ**

4.1.5. – Мелиорация, водное хозяйство и агрофизика

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Кравчук Алексей Владимирович

Саратов 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИРРИГАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ.....	11
1.1 Состояние и перспективы применения широкозахватных дождевальных машин в орошаемом земледелии.....	11
1.2 Конструкционные особенности широкозахватной многоопорной дождевальной техники.....	18
1.2.1 Дождевальная техника вантовой конструкции	20
1.2.2 Дождевальная техника ферменной конструкции	27
1.2.3 Дождевальная техника зарубежного производства	36
1.3 Обобщения и выводы.....	40
ГЛАВА 2. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ ФРОНТАЛЬНОГО ПЕРЕДВИЖЕНИЯ УДМ «КУБАНЬ-А195-57,7-01».....	45
2.1 Технологическая схема устройства и работы универсальной дождевальной машины.....	45
2.1.1 Техничко-эксплуатационная характеристика УДМ.....	45
2.1.2 Агротехнические характеристики полива УДМ.....	49
2.2 Лимитирующие технические факторы применения УДМ.....	57
2.3 Выводы.....	68
ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНСТРУКТОРСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ФРОНТАЛЬНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ УДМ «КУБАНЬ-А195-57,5-01».....	70
3.1 Тяговая нагрузка на конструкцию центральной подвижной опоры универсальной дождевальной машины.....	70
3.2 Методы установления гидродинамических процессов в гибком водоподающем рукаве.....	74
3.3 Численное моделирование гидродинамических процессов в водоподающем рукаве.....	85
3.4 Методика гидравлических исследований систем водоподачи.....	89
3.4.1 Гидравлические исследования работы закрытой оросительной системы (ЗОС).....	91
3.4.2 Гидравлические исследования открытой лотковой сети (ЛОС).....	96

3.5 Выводы.....	102
ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ	
УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	
ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ УДМ «КУБАНЬ-А195-57,5-01».....	103
4.1 Обоснование конструктивных параметров элементов	
центральной опоры универсальной дождевальной машины.....	103
4.2 Расходно-напорные характеристики водоподающего	
рукава.....	106
4.2.1 Влияние изгибов гибкого рукава на гидравлическое	
состояние потока.....	106
4.2.2 Оценка моделирования гидродинамических процессов в	
гибком рукаве.....	109
4.3 Результаты гидравлических исследований систем	
водоподачи.....	122
4.3.1 Гидравлические параметры закрытого водовода.....	122
4.3.2 Гидравлические исследования открытого	
поверхностного водовода.....	125
4.4 Насосно-силовое оборудование водоподачи дождевальной	
машины УДМ.....	132
4.5 Предлагаемые конструкции элементов водоподачи	
на фронтальную дождевальную машину.....	136
4.6 Выводы.....	142
ГЛАВА 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ	
ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОДОПОДАЮЩИХ СИСТЕМ.....	143
5.1 Выводы.....	147
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	148
РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ.....	150
ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ.....	151
ЛИТЕРАТУРА.....	152
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	169
Приложение А.....	169
Приложение Б.....	170
Приложение В.....	171
Приложение Г.....	172
Приложение Д.....	173
Приложение Е.....	174
Приложение Ж.....	203

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В условиях международного санкционного давления на социально – экономическое развитие Российской Федерации основное внимание сосредоточено на продовольственной безопасности, которая основывается на устойчивой стабилизации и развитии агропромышленного комплекса. Результатом данного важнейшего направления является гарантированное выращивание сельскохозяйственной продукции, которое во многих зонах страны возможно только при орошаемом земледелии.

В засушливых регионах РФ для орошения посевных площадей применяются многоопорные дождевальные машины различной конструкции, условий их перемещения и систем водозабора. На сегодняшний день 568 российских машин проводят полив на 32 тыс. га, что соответствует нагрузке 56,3 га на машину, а 293 импортных орошают культуры на площади 30 тыс. га. при средней нагрузке 102,3 га на дождевальную машину, что говорит о недостаточной производительности своих машин и об актуальности и перспективной необходимости производства отечественных современных машин фронтального действия. Данная поливная техника вследствие своей специфики имеет возможность проводить поливы на наиболее распространенных сельскохозяйственных полях прямоугольной формы, но при работе имеет ряд негативных факторов: позиционное положение от гидранта к гидранту; невозможность автоматизации непрерывного полива всего поля; при перемещении по участку происходит волочение тяжёлого гибкого водоподающего рукава, что вызывает значительные простои при обрывах, отчуждение определенной площади, повреждение посевов и прочие причины.

Таким образом, весьма актуальным является решение вопросов, усовершенствования технологии работы систем водоподачи и водозабора

дождевальных машин фронтального перемещения с автоматизацией проведения качественных поливов и рациональным использованием земельных и водных ресурсов.

Степень разработанности темы. Ранее проведенные исследования по совершенствованию конструктивных элементов, технические системы и технологии по улучшению работы многоопорных дождевальных машин и техники полива сельскохозяйственных культур внесли значительный вклад в развитие орошаемого земледелия. Были решены многие вопросы по качеству искусственного дождя, созданию элементов и блоков управления по автоматизации проведения поливов, увеличению производительности и надежности работы агрегатов, повышению рентабельности поливов и ресурсосбережению.

В этом направлении занимались ученые: Б. М. Лебедев, С. Х. Гусейн-Заде, А. П. Исаев, А. И. Рязанцев, К. В. Губер, Г. В. Ольгаренко, С. С. Турапин, Д. А. Соловьев, Л. А. Журавлева, Ф. К. Абдразаков, Н. Ф. Рыжко, Ю. Ф. Снипич, С. М. Бакиров, В. Ф. Носенко, Б. П. Фокин, М. Ю. Храбров и др.

За последние годы выполнен большой объем научно-исследовательских и конструкторских работ в области разработки современной техники полива, однако недостаточное внимание было уделено разработкам и проблемам системам водоподачи для дождевальных машин фронтального действия, связанных с ненадежной работой и низкой их производительностью, площадями отчуждения на поливных участках, неэффективными затратами ресурсов.

Цель исследования – разработка наземного водовода и водозаборного устройства, обеспечивающих повышение работоспособности широкозахватной дождевальной машины фронтального перемещения при снижении энергоёмкости и эксплуатационных затрат при поливе.

Задачи исследования:

1. Обобщить сведения о типах и функциональных особенностях

конструкций, технологий полива и систем водоподачи на широкозахватных дождевальных машинах кругового и фронтального действия.

2. Выявить причины неудовлетворительной работы дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» от системы водоподачи в виде гибкого напорного рукава, перемещаемого по полю и рассчитать его тяговую нагрузку на центральную опорную тележку с предложением усиления несущей способности её элементов.

3. На основании моделирования гидродинамических процессов и математических расчётов установить гидравлические характеристики гибкого водоподающего рукава от углов изгиба.

4. Дать предложения по конструкции водоподачи в виде открытого поверхностного водовода (лотка) и провести его гидравлический расчёт для различных условий работы ДМ.

5. Разработать варианты водозаборных устройств из водопроводящего лотка для дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01».

6. Вычислить стоимостные и эксплуатационные затраты открытой (лотковой) и закрытой (трубчатой) систем водоподачи фронтальной дождевальной машины.

Научная новизна исследований:

- обоснованы и уточнены усилия на центральную подвижную опору машины от тяговой нагрузки перемещения водоподающего рукава по полю для повышения прочности её конструкции;

- разработана математическая модель расчёта относительной пропускной способности гибкого рукава в зависимости от угловой величины его изгиба с целью установления гидравлических сопротивлений, величины общего напора и необходимой потребляемой мощности насосно-силового оборудования;

- на основании анализа результатов исследований гидродинамических

процессов в полиэтиленовом рукаве предложена математическая модель для расчета коэффициента сопротивления от количества углов изгиба и их суммарного значения по длине;

- предложена конструкция подачи воды во фронтальную дождевальную машину из поверхностного водовода в виде лотка из разрезной гофрированной пропиленовой трубы КОРСИС;

- определён оптимальный скоростной режим потока в открытых водоводах и установлена зависимость величины продольных уклонов укладки наземных разрезных труб от их диаметров и расходов подаваемых на дождевальные машины;

- предложены технологические и технические решения водоподающей системы в виде различных вариантов открытых лотков и водозаборных устройств для дождевальной машины фронтального передвижения, которые подтверждены патентами РФ на изобретение №№ 2818271, 2836872.

Теоретическая и практическая значимость выполненных исследований заключается в разработке технических решений по совершенствованию конструкции водозаборной системы дождевальной машины «Кубань-А195-57,7-01» с целью повышения производительности её работы и ресурсосбережения. Подтверждена возможность эффективного применения открытого поверхностного водовода системы водоподачи для широкозахватных дождевальных машин фронтального действия.

Данная ресурсосберегающая технология водоподающей системы внедрена на орошаемых полях Саратовской области в фермерском хозяйстве ИП Рымчук, в опытно-производственном хозяйстве «ВолжНИИГиМ» филиале федерального государственного бюджетного научного учреждения «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации», в учебно-научно-производственном объединении «Поволжье»

Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова.

Методология и методы исследований. В работе использовались теоретические методы исследований – математическое моделирование, системный анализ, характеристика гидродинамических процессов на основе известных законов и методов классической гидравлики, механики, математического анализа. Экспериментальные методы включали полевые исследования и научные положения по изучению геометрических и гидродинамических, энергетических параметров системы водоподачи в виде гибкого водоподающего рукава и открытого поверхностного водовода, а также нормативные документы, регламентирующие разработку и эксплуатацию дождевальную машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01».

Положения, выносимые на защиту:

1. Анализ технологических и функциональных особенностей конструкций широкозахватных дождевальных машин кругового и фронтального действия с техническими решениями их водозаборных систем.
2. Факторы неудовлетворительной работы машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» от перемещения по полю её системы водоподачи в виде гибкого водоподающего рукава и результаты экспериментальных исследований влияния его тяговой нагрузки на деформацию элементов опорной тележки с предложением усиления их несущей способности.
3. Качественная и количественная оценка динамических процессов водного потока в гибком водоподающем рукаве с различной степенью искривления на основании результатов математических вычислений и физического моделирования.
4. Гидравлические и технические характеристики открытого водопроводящего лотка в зависимости от расхода, диаметра и продольного уклона.
5. Варианты водопроводящего открытого водовода (лотка) и

водозаборных устройств для дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01».

6. Техничко-экономическая оценка открытой (лотковой) и закрытой (трубчатой) водоподающих системы широкозахватной дождевальной машины фронтального передвижения.

Степень достоверности и апробация результатов. Основные положения диссертационной работы докладывались, обсуждались и получили положительную оценку на научных конференциях профессорско-преподавательского состава в Саратовском государственном университете генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова (2019-2025 гг.), на семинарах Минсельхоза (VIII всероссийский водный конгресс «VODEXPO 2024»), на XXVI и XXVII Российской агропромышленной выставке «Золотая осень 2024, 2025 гг.» (второе и третье место в номинации «Лучший научный работник» в конкурсе «Новации в мелиорации»); на научно-практических конференциях с международным участием, посвящённых 55 и 60 -летию образования ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» г. Энгельс (2021, 2026 гг.) и др.

Личный вклад автора заключается в определении путей совершенствования водозаборной системы широкозахватных дождевальных машин фронтального передвижения: предложения вариантов конструкций лоткового поверхностного водовода и водозаборных устройств; разработка методики моделирования гидродинамических процессов и гидравлического расчета гибкого водоподводящего рукава при изгибах и открытого водовода.

Публикации. По материалам диссертационных исследований опубликовано 16 научных работ, 4 из которых – в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ и 2 патента РФ на изобретения, одна монография, 3 статьи в журналах и 6 статей в материалах и сборниках конференций и других изданий. Общий объем публикаций – 6,9 печ. л., в том числе лично автора – 2,8 печ. л.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из

введения, пяти глав, заключения, списка литературы, пяти приложений, трёх актов внедрения. Текст изложен на 209 страницах, содержит 59 рисунков и 36 таблиц. Список исследуемой литературы включает 132 источника, из них 12 на иностранных языках.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ИРРИГАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В ОРОШАЕМОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

1.1 Состояние и перспективы применения широкозахватных дождевальных машин в орошаемом земледелии

Прогрессивное развитие сельскохозяйственной индустрии зависит от многих факторов. Приоритетной составляющей успеха являются природно-климатические условия, которые задают направление и динамику развития агропромышленного комплекса.

Засушливые регионы России с коэффициентом аридности 0,11-1,00, охватывая территорию более 112 миллионов гектар, в том числе 76 миллионов гектар пашни располагают большим природно-ресурсным потенциалом. Всего в этой зоне шесть экономических районов, включающих 13 республик, 4 края, 17 областей и одну автономную область, в том числе Центрально-Черноземный и Северо-Кавказский регионы, Поволжье, Урал, Западная и Восточная Сибирь. Где товаропроизводители сельскохозяйственной продукции производят подавляющую долю продукции: 65-70% зерна, 50% мяса и молока, 70-80% овощей плодов и ягод (Зонн И.С., Трофимов И.А. и др., 2004; Шадских В.А, Кижаева В.Е., Бельтиков Б.Н., 2022).

Саратовская область имея общую территорию 101 240 км², насчитывает 8 646,2 тысяч гектар земель, относящихся к категории сельскохозяйственного назначения. В 2021 году посевные площади составили 2 214 тысяч гектар, а запланировано использовать более 4,1 миллионов гектар. (URL: <https://bigenc.ru/c/saratovskaia-oblast-khoziaistvo-sel-skoe-khoziaistvo-7baaf9>).

Регион расположен на территориях с различными природно-климатическими условиями и в большей мере характеризуется аридностью климата.

Проблема повышения эффективности и дальнейшее развитие производства растениеводческой продукции в аридных условиях может быть

решена на основе применения почвоохранных зональных систем земледелия и комплекса мер, позволяющих полнее использовать биоклиматический потенциал зоны за счёт оптимизации и адаптации приёмов, направленных на накопление и рациональное использование влаги (в том числе за счёт совершенствования ирригационной техники), сохранения и воспроизводства почвенного плодородия.

Состояние парка технических средств полива Российской Федерации и Саратовской области, в частности, обусловлено этапами развития мелиоративного комплекса.

С целью орошения земель на ранних этапах механизации мелиорации сельское хозяйство обеспечивалось ирригационной техникой, работающей от открытой и закрытой оросительной сети. С различной эффективностью использовались дождевальные конструкции, устанавливаемые на тракторную технику — ДДН-45, ДДН-70, ДДА-70 и ДДА-100, ДДА-100МА. Применялись колёсные дождевальные трубопроводы с тепловым приводом (бензиновый двигатель «Дружба-4») ДКШ-64 «Волжанка» (Бельтиков Б.Н., 2024). Ещё одной разновидностью фронтальных машин были колёсные дождевальные трубопроводы с гидравлическим приводом типа ДКГ-80 «Ока» и электрифицированная машина ДФ-120 «Днепр» (Бельтиков Б.Н., 2021; Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Смирнов Е.С., Шишенин Е.А., Бельтиков Б.Н., 2023).

Позднее, в соответствии с реализацией решений высшего органа государства, принятых в мае 1966 года и октябре 1984 года, в период интенсификации развития мелиоративной отрасли, площадь орошаемых земель в сельском хозяйстве РФ возросла с 9,8 до 19,7 миллионов гектар (Бельтиков Б.Н., 2021).

Анализ динамики технической оснащённости мелиоративной индустрии показывает, что именно разработка и последующее внедрение широкозахватной дождевальной техники позволило более чем в два раза повысить количественный показатель земель в орошаемом земледелии (Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Смирнов Е.С., Шишенин Е.А., Бельтиков Б.Н., 2023;

Бельшкіна М.Е., Кобзева Т.П., 2025). Ирригационные установки подобного класса благодаря своей конструктивной особенности имеют значительный охват площади искусственным дождём (повышенный коэффициент сезонной нагрузки), возможность эксплуатации как в одиночном, так и в групповом применении, включать элементы энергосбережения, интегрировать процесс автоматизации систем управления и др.

В наши дни обеспечение современной широкозахватной многоопорной дождевальной техникой агропромышленного комплекса остаётся актуальным. Результаты исследований показывают значимый удельный вес (48,5 %) фактически задействованной поливной техники данного класса в ирригационных мероприятиях, которая обеспечивает гидромелиоративные мероприятия на 62,8 % поливной площади (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Доля широкозахватных дождевальных машин в общей структуре обеспечения орошения сельскохозяйственных площадей

Наименование показателя	Единица измерения	Вид дождевальной техники		Доля, %
		всего технических средств	широкозахватная ирригационная техника	
Задействовано ирригационных технических средств	единиц	11 826	5 738	48,5
Площадь орошаемых земель	гектар	640 000	402 000	62,8

Значимый кластер дождевальной техники подразделяется на многоопорные дождевальные машины фронтального и кругового перемещения с соотношением по указанным группам 861 единица (16,8 %) к 4 277 единицам (83,2 %) соответственно (Ольгаренко Г.В., Турапин С.С., 2020; Ольгаренко Г.В., Турапин С.С., Булгаков В.И. и др., 2020). Парк многоопорных широкозахватных дождевальных машин преимущественно укомплектован отечественной техникой, доля импортных аналогичных ирригационных средств составляет порядка 33 % (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Характеристика парка многоопорных широкозахватных дождевальных машин

№ п/п	Дождевальная техника	Ед. изм.	Отечественные	Импортные	Всего	Доля отечественной ШДМ, %
1	Широкозахватные многоопорные дождевальные машины фронтального действия					
1.1	Наличие дождевальных машин	ед.	568	293	861	66,0
1.2	Площадь орошаемых земель	га	32 000	30 000	62 000	51,6
1.3	Средняя нагрузка на дождевальную машину	га	56,3	102,3	72	35,5 (от общей производительности)
2	Широкозахватные многоопорные дождевальные машины кругового действия					
2.1	Наличие дождевальных машин	ед.	2885	1992	4877	59,2
2.2	Площадь орошаемых земель	га	200 000	140 000	340 000	58,8
2.3	Средняя нагрузка на дождевальную машину	га	69,3	70,3	69,7	49,6 (от общей производительности)
3	Весь парк широкозахватных многоопорных дождевальных машин					
3.1	Наличие дождевальных машин	ед.	3453	2285	5738	67,2
3.2	Площадь орошаемых земель	га	232 000	170 000	402 000	57,7
3.3	Средняя нагрузка на дождевальную машину	га	67,2	74,4	70,1	47,5 (от общей производительности)
4	Доля фронтальных ШДМ в орошаемом земледелии, %					
4.1	Наличие дождевальных машин	%	16,4	12,8	16,8	-
4.2	Площадь орошаемых земель	%	13,8	17,7	15,4	-
4.3	Средняя нагрузка на дождевальную машину (от общей производительности)	%	44,8	59,3	50,8	-

Анализ состояния парка широкозахватной дождевальной техники свидетельствует о широком применении в орошаемом земледелии дождевальных машин: кругового действия при удельной нагрузке 69,7 га на машину, ирригационная техника подобного класса обеспечивает поливы на площади равной 340 тысяч, что составляет 84,6 %. Удельная производительность современной зарубежной широкозахватной дождевальной техники фронтального действия – 102,3 гектар на одну единицу, отечественных – 56,3 гектар, что указывает на значимый нереализованный, скрытый, потенциал подобных машин (такие установки выгодно отличаются по параметрам удельной производительности, до 1,5 раз по сравнению с аналогами).

Современное обеспечение мелиоративного комплекса техническими средствами обусловлено сложившейся конъюнктурой рынка и санкционной политикой недружественных стран, что определяет реализацию государственных программ: Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. N 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности», Постановление Правительства от 14 мая 2021 г. № 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации».

В прошлые годы динамика реализации и поступления широкозахватных многоопорных дождевальных машин в агропромышленный комплекс России (таблица 1.3) показывает о востребованности указанной ирригационной техники. За пять лет, с 2017 год по 2021, для обеспечения оросительных мероприятий сельхозтоваропроизводителем было приобретено 2623 указанных технических средств полива. Доля поставляемых отечественных машин была 12,7 % от общего количества широкозахватной многоопорной ирригационной техники.

Таблица 1.3 – Динамика поступления в агропромышленный комплекс России широкозахватных многоопорных дождевальных машин

Года	Обеспечение мелиоративного комплекса ШДМ (единиц)			Обеспечение мелиоративного комплекса ШДМ (%)		
	отечественные	зарубежные	всего	отечественные	зарубежные	всего
2017	66	259	325	20,3	79,7	12,4
2018	75	442	517	14,5	85,5	19,7
2019	40	361	401	10,0	90,0	15,3
2020	82	431	513	18,8	81,2	19,6
2021	70	797	867	11,5	88,5	33,0
Итого	333	2290	2623	12,7	87,3	100

Данные о поставках широкозахватных дождевальных машин Российского производства за указанный период получены непосредственно от заводов изготовителей. Так Российские производители, с 2017 по 2021 годы поставили 333 широкозахватную многоопорную дождевальную машину, в том числе по годам: 2017 год – 66 единиц, 2018 год – 75 единиц, 2019 год - 40 единиц, 2020 год – 82 единиц, 2021 год – 70 единиц.

На основании данных зарубежные производители импортировали в отечественный агропромышленный комплекс широкозахватных дождевальных машин с 2017 по 2021 годы поставили 2290 дождевальные машины, в том числе: 2017 год – 259 единицы, 2018 год – 442 единицы, 2019 год – 361 единица, 2020 год – единица, 2021 год – 797 единиц.

За более поздний период, 2022 - 2023 года, отечественными машиностроителями ирригационной техники было произведено и поставлено в агропромышленный комплекс 505 единиц широкозахватных многоопорных дождевальных машин (таблица 1.4). Рост количественного показателя производимой в стране с последующим внедрением ирригационных установок указывает на действенность принимаемых мер проводимой политикой государства, направленной на вовлечение в оборот орошаемых земель, импортозамещение и обеспечение потребности рынка в поливной технике. Рост машиностроительного производства ирригационной техники за 2022-

2023 года составил 165,9 % относительно предшествующему пятилетнему периоду.

Таблица 1.4 – Производство отечественными машиностроителями ирригационной техники за период 2022-2023 года

Наименование широкозахватной многоопорной дождевальной машины	Наименование предприятия (полное)	Наименование предприятия (краткое)	Место расположения производства	Единиц
«Кубань»	Общество с ограниченной ответственностью «Билдинг Строй Групп»	ООО «БСГ»	город Тольятти	263
«Аквафилд»	Общество с ограниченной ответственностью «Аквафилд»	ООО «Аквафилд»	город Тула	111
«Казанка»	Общество с ограниченной ответственностью «Казанский завод оросительной техники»	ООО «КЗОТ»	город Казань	103
«Каскад»	Общество с ограниченной ответственностью «Мелиоративные машины»	ООО «Мелиомаш»	город Саратов	28

Широкозахватная многоопорная ирригационная техника отечественного производства представляет собой электрифицированные дождевальные машины ферменной конструкции кругового передвижения.

На современном этапе для решения мелиоративных задач в регионе применяется различная дождевальная техника. Анализ номенклатуры парка широкозахватных дождевальных машин, его количественных значений в различные периоды развития мелиоративной отрасли Саратовской области (таблица 1.5) свидетельствует о постоянном и возрастающем спросе сельхозтоваропроизводителями и в потребности его инновационного обновления (Рыжко С.Н., 2022).

Таблица 1.5 – Номенклатура парка широкозахватных дождевальных машин в различные периоды развития мелиоративной отрасли Саратовской области

Показатели	Годы						
	1966	1976	1987	1990	2007	2016	2022
Площадь орошаемых земель, га	32	309,0	481,4	453,5	257,3	263	263
Наличие дождевальных машин,ед.	385	5421	7907	6085	2747	1700	918
в том числе широкозахватная:	-	4468	6916	5900	2678	1474	227
«Фрегат»	-	1843	5900	2996	2162	1396	203
«Волжанка»	-	2710	3893	2445	458	68	1
«Днепр»	-	215	309	456	58	10	17
«Кубань»	-	-	-	3	-	-	6
С тракторной опорой-двигателем ДДА-100М	124	542	835	-	56	16	17
Дальнеструйная ДДН-45 и ДДН-70:	248	-	156	-	13	-	-
Прочие	13	111	-	185	-	-	22
Импортная техника						210	652

Так обеспечение орошаемого земледелия Саратовской области средствами механизации полива обусловлено сменой низкоэффективных ирригационных установок на базе тракторной техники высоконапорными энергоёмкими широкозахватными многоопорными дождевальными машинами типа «Фрегат» с последующим переоснащением парка на более технологичные образцы российского и импортного производства.

В период времени с 2021 по 2023 года компания ООО «Билдинг СтройГрупп» совместно с федеральным государственным бюджетным научным учреждением «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» разработали, испытали и сертифицировали первую современную универсальную дождевальную машину УДМ «КУБАНЬ»-А195-57,7-01 кругового и фронтального передвижения.

1.2 Конструкционные особенности широкозахватной многоопорной дождевальной техники

Классификация широкозахватной многоопорной дождевальной техники производится на основе наличия конструкционных систем и их технико-

эксплуатационных характеристик (Гусейн-заде С.Х., Перевезенцев Л.А., Коваленко В.И. и др., 1984; Голованов А.И. и др., 2021; Дубенок Н.Н., Шумаков К.Б., 2016).

Широкозахватная дождевальная техника по своей конструкции подразделяется на:

- вантовые дождевальные машины;
- дождевальные машины ферменной конструкции;
- колёсные дождевальные трубопроводы.

По способу передвижения:

- радиальные, кругового передвижения (радиальные), дождевальное крыло перемещается по кругу вокруг одной неподвижной опоры;
- фронтальные, фронтального передвижения (фронтальные), дождевальное крыло расположено перпендикулярно оси движения;
- универсальные, универсального (комбинированного) передвижения включают возможность перемещения по орошаемому участку в фронтальном, круговом и в сочетании указанных режимах перемещения.
- продольно-осевые, дождевальное крыло расположено параллельно оси движения.

От вида привода механизма перемещения:

- гидравлические;
- электрифицированные;
- комбинированные.

От формы дождевания на основе различного рабочего:

- дождевание под высоким напором – более 5 атм.;
- дождевание при среднем напоре – от 3 до 5 атм.;
- медленное дождевание – при напоре от 2,5 до 3 атм.;
- дождевание при низком напоре – от 1,2 до 2,5 атм.;
- дождевание под очень низким напором – от 0,5 до 1,2 атм.

1.2.1 Дождевальная техника вантовой конструкции

В период интенсификации мелиоративного комплекса страны в середине прошлого века широкое применение получила ирригационная установка вантовой конструкции – дождевальная машина ДМ «Фрегат» (рисунок 1). Максимальная обеспеченность мелиоративного комплекса страны указанными техническими средствами полива к 1990 году достигла 20 366 единиц (Кузнецов П.И., 2011).



Рисунок 1.1 – Общий вид дождевальной машины «Фрегат»

Дождевальная машина «Фрегат» представляет собой движущийся по кругу водопроводящий трубопровод, на котором расположены дождевальные аппараты. Водопроводящий трубопровод установлен на самодвижущихся тележках, оборудованных тросовыми опорами. Через систему тросовых растяжек водопроводящий трубопровод поддерживается в вертикальной плоскости и получает дополнительную способность жесткости в горизонтальной плоскости.

Водопроводящий трубопровод соединяется с поворотным коленом неподвижной опоры, которая является центром вращения машины. Через стояк неподвижной опоры осуществляется подвод воды к дождевальной установке от внешней оросительной системы. На каждой тележке имеется гидропривод, обеспечивающий через систему рычагов и толкателей вращение колёс и движение машины в целом. Линейность водопроводящего трубопровода дождевальной машины в горизонтальной плоскости обеспечивает автоматическая система регулирования скорости движения, регуляторы скорости которой установлены на каждой тележке, кроме последней. При изгибе трубопровода в горизонтальной плоскости, вызванном отставанием какой-либо тележки или её выбегом вперёд относительно двух соседних, регулятор скорости увеличивает или уменьшает подачу воды в гидроцилиндр, изменяя тем самым скорость движения тележки. Для предупреждения работы дождевальной машины в аварийном режиме ирригационная установка оснащена системой механической защиты и системой электрической защиты. (Руководство по эксплуатации ДМ-00.000 РЭ, 1970; Угрюмов. А.В., Корягин А.Н., Луцкий В.Г. и др., 1974).

За период эксплуатации на полях страны (с 1960 года по настоящее время) данное техническое средство полива претерпевало многократную модернизацию (Рыжко Н. Ф., Рыжко Н. В., Рыжко С. Н., Бельтиков Б. Н., 2020), на базе идеологии конструкторских решений присущих в построение указанной дождевальной машины разработаны новые ирригационные установки с альтернативной концепцией конструкции устройства, с применением современных материалов, узлов и агрегатов: «Бамбук», «Дон - К», «Волга - СМ».

Разработчиком широкозахватной вантовой конструкции дождевальной машины «Бамбук» (рисунок 1.2) является ООО «Инжиниринговая технологическая компания СВ», производителем ООО «Энгельсский завод оросительных систем», расположение город Энгельс, Саратовская область (Рыжко Н.Ф., Бельтиков Б.Н., Рыжко С.Н. и др., 2020; Рыжко С.Н., 2022).



Рисунок 1.2 – Общий вид дождевальной машины «Бамбук»

Отличительная особенность дождевальной машины от предшественницы ДМ «Фрегат» состоит в принципе построения конструкции водопроводящего пояса и применяемого материала при его изготовлении - армированного стеклопластика. В качестве основного конструкционного элемента ирригационной установки служит модуль. Модуль представляет собой стеклопластиковый водопроводящий трубопровод (в зависимости от модификации диаметр трубы составляет 63, 100 и 150 миллиметров), который поддерживается V-образной мачтой, раскосами и стойками посредством тросовой системы и специальными кронштейнами. Для перемещения тележек машины использован гидравлический привод металлических колёс, через преобразования линейного перемещения штоков масляных гидроцилиндров во вращение индексующих муфт (Рыжко Н.Ф., Рыжко Н.В., Смирнов Е.С., Рыжко С.Н., Шишенин Е.А., Бельтиков Б.Н., 2020). Ирригационное устройство обеспечивает полив культур путём кругового перемещения на участке (Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Шишенин Е.А., Бельтиков Б.Н., 2020).

Разработчиком дождевальной машины «Дон-К» (рисунок 1.3) является Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Российский

научно-исследовательский институт проблем мелиорации» (URL: <https://www.rosniipm.ru/fr/prezentDM>).



Рисунок 1.3 – Общий вид дождевальной машины «Дон-К»

В целом, технические решения при разработке данной дождевальной машины основаны на построении широкозахватной дождевальной машины вантовой конструкции. Ирригационная установка состоит из неподвижной центральной опоры, водопроводящего трубопровода (в данном случае из композитного материала на основе стеклопластика), тележек, мачт, раскосов, стоек, тросовой системы и т.п. Особенностью технических решений, при создании современных широкозахватных машин вантовой конструкции, является применение разработчиками электропривода колёс ведущей опорной тележки дождевальной машины.

Основные сравнительные технико-эксплуатационные характеристики ведущих марок широкозахватных дождевальных машин вантовой конструкции приведены в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Техничко-эксплуатационные характеристики широкозахватных дождевальных машин вантовой конструкции

Наименование характеристик	Ед. изм.	Фрегат	Бамбук	Дон-К	Волга-СМ
Длина дождевальной машины	м	335,1 – 453,5	45 – 450	93 – 423	35-463
Длина модуля (пролёта)	м	24,7 (с 1 по 7 тележку) 29,6 (с 7 по крайнюю тележку)	45	30,5	24,7 (с 1 по 7 тележку) 29,6 (с 7 по крайнюю тележку)
Количество модулей (пролётов)	шт.	12 – 16	1 – 10	3 – 14	12 – 16
Ширина / высота	м	5,3 / 6,5	7,0 / 11,2	4,2 / 6,5	5,3 / 6,5
Материал водопроводящего трубопровода	-	Сталь	композитный материал на основе стеклопластика		Сталь, полиэтилен
Диаметр трубы водопроводящего трубопровода	мм	152,4 / 177,8	63 / 100 / 150	100 / 150	Стального 89/102/114 Полиэтиленового 63/110/140/160
Масса «сухая» / с водой	т	15 / 27 (453,5 м)	7,5 / 14 (450 м)		
Давление на входе	МПа	6,7 – 7,0	1,8 - 12	0,2 – 0,4	3,5 – 4,5
Нормы полива м ³ /га		240 и более 800	180 - 600	50 – 300	
Привод тележек	-	Гидравлический	Гидропривод через масляную систему	Электрический	Гидравлический
Источник питания		Энергия поливной воды	Электрическая сеть стационарная, дизель-генератор		Энергия поливной воды

Таким образом широкозахватные дождевальные машины вантовой конструкции обладают определёнными конструкционными недостатками, которые негативно влияют на их технико-эксплуатационные характеристики. Несовершенство построения ключевых узлов ирригационных установок указанной категории сказалось на рентабельности их эксплуатации, что послужило к сокращению их применения в орошаемом земледелии. Так анализ парка дождевальных машин по Саратовскому региону, информационная

таблица 1.5, показывает устойчивое снижение востребованности этих технических средств полива только за 36 лет, с 1987 года по настоящее время, число применяемых машин сократилось в 29 раз, с 5900 до 203 единиц.

Основным недостатком дождевальных машин вантовой конструкции являются некоторые положения концепции её построения определяющих технико-эксплуатационные ограничений:

I. Конструкционные ограничения:

1. незначительные высоты сборочного элемента, поддерживающего водопроводящий пояс, тросовая опора (мачта), создаёт предел несущей способности системы, что не позволяет применять пролёт (модуль) водопроводящего трубопровода машины с выгодными линейными размерами (номинальная длина пролёта составляет 25-30 метров, а при применении в конструкции современных композитных материалов максимальный линейный размер достигают 45 метров), что влечёт:

- включение в конструкцию машины дополнительное количество опорных тележек;
- увеличение массы конструкции технического средства полива;
- понижение КЗИ от образования колеи дополнительными опорными тележками, повышенное негативное воздействие на почву, препятствие работе сторонней техники на орошаемом участке;
- энергетические затраты на осуществление передвижения дождевальной машины (потребляемая мощность дождевальной машины «Фрегат» при стандартном исполнении, длина машины составляет 453,5 м, соответствует 61,7 кВт без учёта затрат на транспортировку воды посредством оросительной сети);
- дополнительные узлы конструкции (опорные тележки) влияют на снижение надёжности технического средства и влекут экономические издержки по осуществлению ремонтных работ и техническому обслуживанию;

- удорожание ирригационной установки;
- 2. нет относительной жёсткости конструкции пролёта (фермы):
- периодическая регулировка тросовой системы вантовой конструкции;
- преждевременное разрушение водопроводящего трубопровода, нарушение герметизации стыков труб;

II. Особенности согласованности работы автоматизированной системы управления и конструкции ирригационной машины:

1. отсутствие технической возможности надлежащей регулировки (чувствительности) линейности и курсовой устойчивости дождевальной машины:

- дождевальные машины производятся в круговом исполнении перемещения;
- отсутствуют ирригационные средства подобного класса с забором поливной воды из открытых оросительных каналов;
- затруднено применение современных ЭВМ и ПО для обеспечения одиночного и группового режимов эксплуатации ирригационных установок, дистанционного управления машинами;

2. отсутствие надлежащей надёжности и простоты исполнения системы слежения линейности дождевальной машины и курсовой устойчивости;

- общая длина дождевальной машины ограничена до максимальных линейных размеров 500 метров.

Анализ научно-исследовательских и эксплуатационных работ показал низкую перспективность оптимизации технологичности дождевальных машин подобного класса.

В общем случае вантовая схема построения дождевальной машины не представляет возможность дальнейшей коренной модернизации конструкции: применение иных технологических приёмов орошения по способу

перемещения по орошаемому участку (реверс, фронтальный), затруднено внедрение инновационных систем автоматизированного управления.

1.2.2 Дождевальная техника ферменной конструкции

Последующие исследования в области совершенствования конструкции широкозахватной оросительной техники позволили более массово внедрять в орошаемое земледелие электрифицированные дождевальные машины ферменной конструкции (Кравчук А.В., Бельтиков Б.Н., Загоруйко М.Г., Бессмольная Е.Н., 2022). Особенностью данной техники прежде всего является обеспечение жёсткости водопроводящего пояса дождевальной машины ферменной металлоконструкцией. Данное техническое решение позволило в следствие повышения прочностных характеристик пролёта ирригационной установки увеличить его линейный размер, что существенно снизило её металлоёмкость.

Жёсткость конструкции технического средства подобного класса и оснащение его электроприводом с соответствующей автоматизированной системой управления обеспечило возможность повысить точность положения всего пояса и ферм относительно друг друга при его работе.

Принятые инженерные решения позволили внедрить в орошаемое земледелие усовершенствованные установки с традиционным круговым способом передвижения и дождевальные машины с иной технологической картой полива: фронтальное, универсальное (комбинированное) передвижение, с забором воды от открытой и закрытой оросительной сети (URL: https://itexn.com/636_dozhdevalnaja-mashina-kuban.html?ysclid=mirazo6kco764443959).

Широкозахватная электрифицированная дождевальная машина кругового передвижения ферменной конструкции представляет собой вращающийся вокруг неподвижной опоры линейно напряжённый, поднятый над поверхностью земли, водопроводящий трубопровод. Опорные фермы

соединены между собой шарнирами и опираются на тележки с пневматическими колёсами, оборудованные электроприводом. Водопроводящий трубопровод подсоединён к неподвижной опоре с помощью шарниров. Стыки трубопровода между неподвижной опорой и фермами соединяются муфтами. На конце водопроводящего трубопровода возможна установка консоли, поддерживаемая тросовой системой (рисунок 1.4).

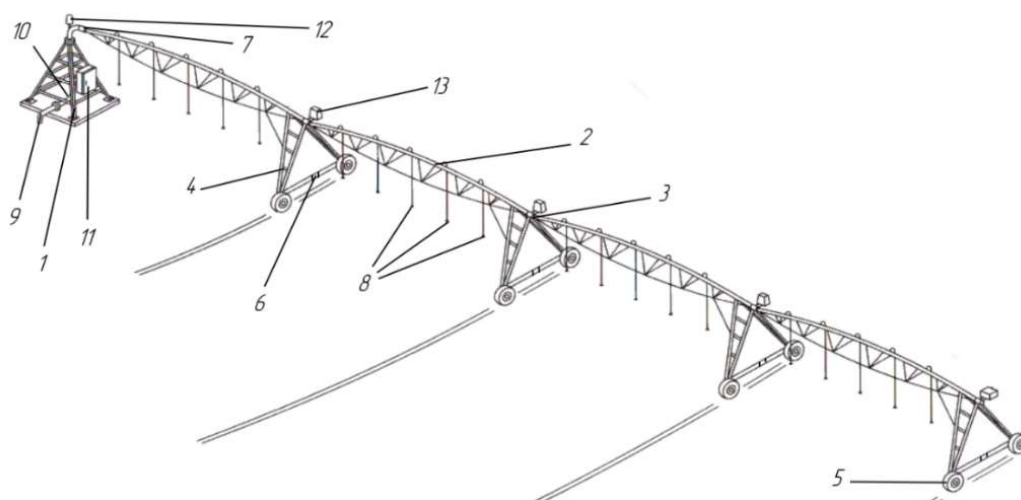


Рисунок 1.4 – Компоновочная схема конструкции широкозахватных электрифицированных дождевальных машин:

- 1-неподвижная опора; 2-водопроводящий трубопровод; 3-шарниры;
4-тележка; 5-пневмокалёса; 6-электропривод (мотор-редуктор);
8-дождеобразующие устройства; 9-оросительная сеть; 10-стояк неподвижной опоры; 11-шкаф управления; 12-токопереход; 13-прибор слежения линейности (ПСЛ)

Техническое решение исполнения консоли выполнено по классической конструкции, которая состоит из: водопроводящего трубопровода, мачты, тросовой системы, дождеобразующих устройств (рисунок 1.5).

По всей длине водопроводящего трубопровода машины расположены дождеобразующие устройства. Водозабор в машину производится от закрытой оросительной сети через стояк неподвижной опоры (Рыжко Н.Ф., Рыжко С.Н., Рыжко Н.В., Бельтиков Б.Н., 2020).

Управление движением машины осуществляется через автоматизированную систему управления, которая включает:

- шкаф управления (установлен на неподвижной опоре);
- токопереход (смонтирован на поворотном колене водопроводящего трубопровода);
- приборы слежения линейности, ПСЛ, (установлены в местах шарнирных соединений водопроводящего трубопровода);
- мотор-редукторы (установлены на балках опорных тележек).

Все элементы системы управления связаны между собой электрокабелями.

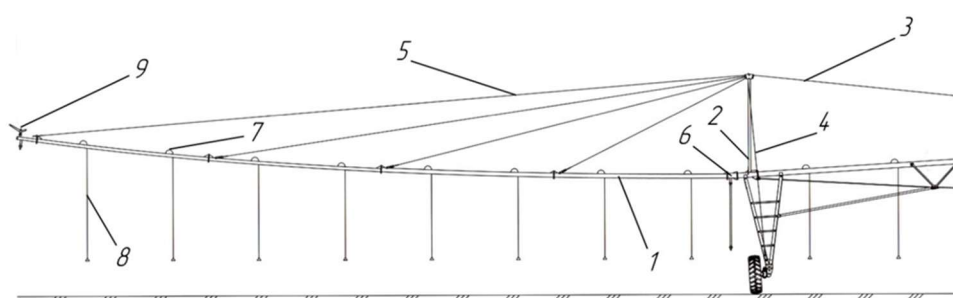


Рисунок 1.5– Конструкция консольной части широкозахватной ирригационной установки:

1-водопроводящий трубопровод консоли; 2-мачта; 3-троса с фиксирующими устройствами предконсольной фермы; 4-троса фиксирующими устройствами вертикальные; 5-троса водопроводящего трубопровода консоли; 6-патрубок с рукавом и краном; 7-водовыпуски; 8-устройства приповерхностного дождевания; 9-концевой дождевальнй аппарат

Обеспечение орошаемого земледелия новыми широкозахватными средствами полива фронтального перемещения проводился машинами «Коломенка-100», «Кубань-М», «Кубань-Л», «Ладога», «Каскад» и др.

В техническом и технологическом наиболее совершенном исполнении отечественных многоопорных широкозахватных дождевальных машин представлен модельный ряд технических средств полива семейства «Кубань».

Дождевальная машина «Кубань» фронтального передвижения с забором воды из открытой оросительной сети (конструкция которого выполнена в виде канала) выполнена в двух базовых модификациях – «Кубань-М» и «Кубань-Л» (URL: https://itexn.com/636_dozhdevalnaja-mashina-

kuban.html?ysclid=mlsz396bke242524948).

Оросительная установка «Кубань-М» и «Кубань-Л» являются широкозахватной электрифицированной дождевальная машиной ферменной конструкции фронтального передвижения, которая имеет левый и правый водопроводящие трубопроводы (состоящие из отдельных пролётов и консоли) опирающихся на тележки с электроприводом. Соединительным элементом левого и правого водопроводящего трубопровода служит центральная балка с подвешенной к ней платформой, на которой размещена насосно-силовая установка с водозаборным устройством. Вдоль водопроводящего трубопровода были смонтированы дождеобразующие устройства.

Дождевальная машина «Кубань-М» оснащалась однотипными ферменными пролётами длиной 52,5 метра. На центральной тележке данной дождевальной машины размещалась насосно-силовая установка, которая находилась над профилем открытой оросительной сети (рисунок 1.6), что в свою очередь затрудняло выполнение технологических и ремонтных работ.

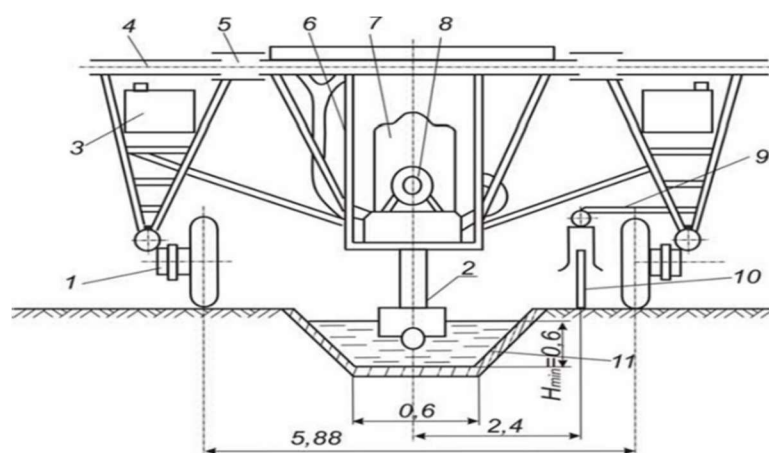


Рисунок 1.6 – Схема конструкции центральной балки дождевальной машины «Кубань-М»:

- 1 – мотор-редукторы колёсных опор; 2 – всасывающий трубопровод насоса с поплавком и фильтром; 3 – топливные баки; 4 – водопроводящий трубопровод; 5 – шарнирное соединение ферм; 6 – рама подвесной платформы; 7 – насосный агрегат; 8 – электрогенератор; 9 – устройство автоматического слежения за перемещением машины вдоль оросителя; 10 – столбик – фиксатор курса; 11 – облицованный каналный ороситель

На основе опыта эксплуатации узлов и агрегатов дождевальной машины «Кубань-М» проводилась её модернизация, что способствовало появлению ряда модификаций.

Новая установка «Кубань-Л» в своей конструкции получила усовершенствованные элементы и агрегаты:

- компоновочную схему «центральная балка – платформа - насосно-силовая установка - водозаборное устройство»;
- ферменные пролёты дождеобразующего пояса;
- опорные тележки и др.

Усовершенствованная конструкция центральной балки позволила повысить эргономические условия эксплуатации дождевальной машины (рисунок 1.7).

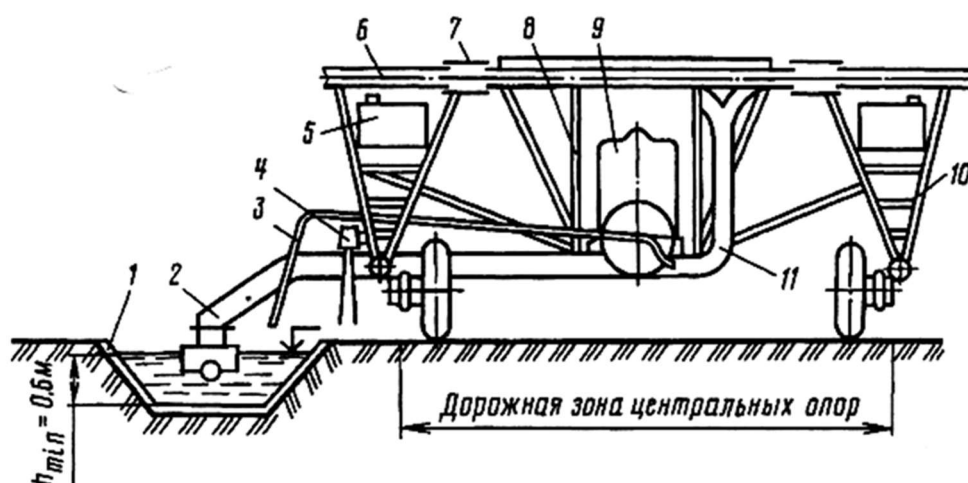


Рисунок 1.7 – Конструктивные элементы дождевальной машины «Кубань-Л»:

- 1 – ороситель; 2 – всасывающий трубопровод; 3 – устройство для слива воды; 4 – сигнализатор стабилизации хода; 5 – топливные баки; 6 – дождевальный трубопровод; 7 – шарнирное соединение; 8 – подвесная платформа; 9 – дизельный насосно-силовой агрегат с электрогенератором; 10 – опорная тележка; 11 – напорный трубопровод насоса

На центральной тележке (шириной 5,4 м) предусматривалось размещение дизельной энергетической установки, насоса, топливных баков, электрогенератора, щитов управления работой ДМ (рисунок 1.8).



Рисунок 1.8 – Общий вид центральной тележки ДМ «Кубань-Л»

Водопроводящий трубопровод машины, состоящий из 16-ти шарнирно соединённых секций (пролётов) и 2-х концевых консолей ферменной конструкции, опирался на 18-ти самоходных пневмоколёсных тележек.

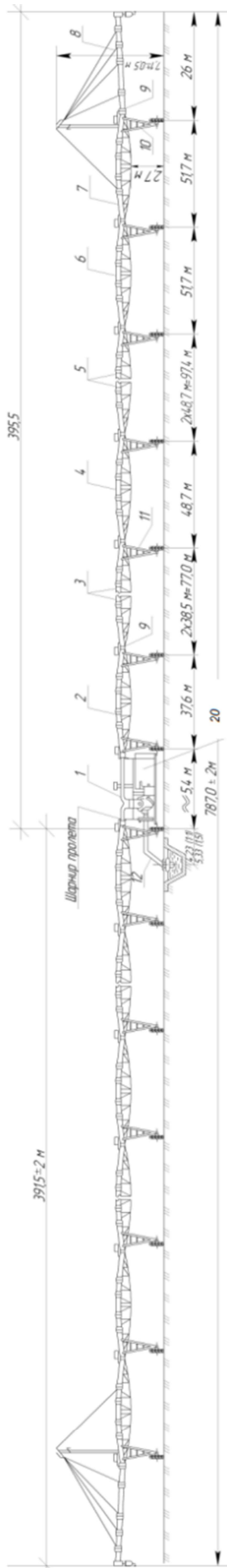
Ирригационная установка, получив новую конструкцию ферменных пролётов, позволила повысить надёжность машины в целом. На данной машине стали применяться различной длины ферменных пролётов от 37,6 до 51,7 метров.

Искусственный дождь по всему дождеобразующему поясу оросительной установки обеспечивали 303 малорасходных короткоструйных и низконапорных дождевателей (дефлекторных дождевальных насадок) секторного действия (Акпасов А.П., Русинов А.В., Бельтиков Б.Н., 2021).

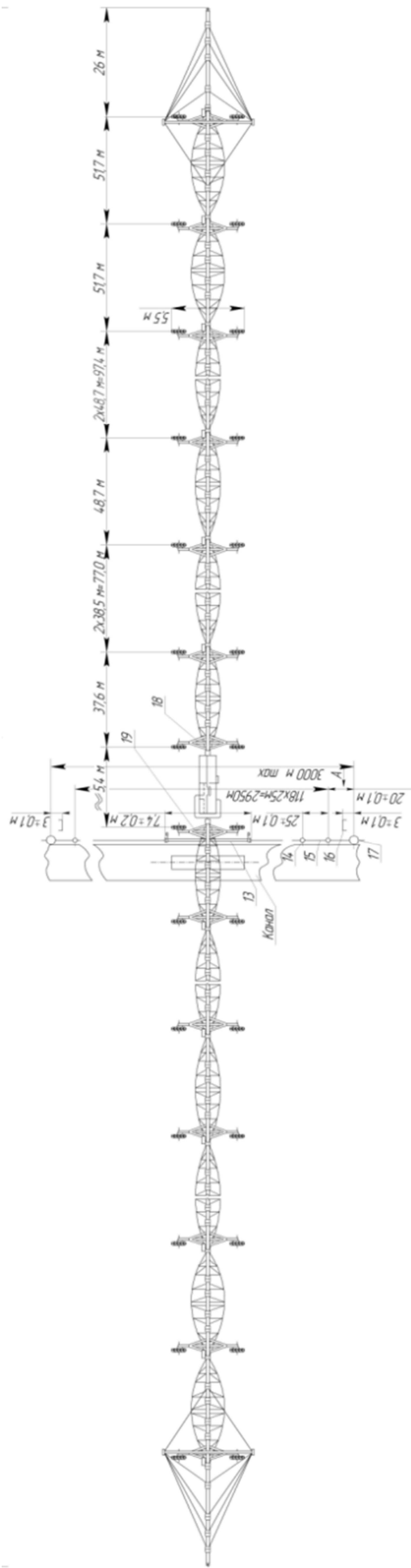
Работа дождевальной машины «Кубань-Л» обеспечивалась интегрированными модулями в систему управления:

- защиты энергетической установки и электропривода тележек;
- слежения за положением линии трубопровода и стабилизации курса;
- защиты машины против ухода её с курса и её остановки при недопустимых перемещениях отдельных тележек;
- управления скоростным режимом движения при поливе и других перемещениях машины.

Концептуальная схема построения широкозахватной дождевальной машины «Кубань-Л» показана на рисунке 1.9.



а)



б)

Рисунок 1.9 - Вид дождевальной машины «Кубань-Л»

а) главный вид; б) вид сверху;

1 – центральная ферма; 2-7 – ферменные пролёты; 8 – консоли;
 9 – система синхронизации; 10, 11 – тележки опорные; 12 – водозаборное устройство; 13 – система стабилизации;
 14 – стойки поддерживающие; 15 – трос направляющий; 16 – упоры ограничения хода машин; 17 – тумбы; 18,
 19 – тележки центральные; 20 – энергетическая установка.

Основные технико-эксплуатационные характеристики дождевальной машины «Кубань» – МДЭФ «Кубань-Л» (по базовой марке «МДЭФ 787-200») и МДЭК «Кубань-ЛК» (по базовой марке «МДЭК 589-90») приведены в таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Техничко-эксплуатационные характеристики дождевальных машин семейства «Кубань»

Наименование показателя	Единица измерения	Дождевальная машина	
		«Кубань-Л» МДЭФ 787-200	«Кубань-ЛК» МДЭК 589-90
Тип машины	-	Электрифицированная широкозахватная, пневмоколёсная кругового действия	Электрифицированная широкозахватная, пневмоколёсная фронтального перемещения с забором воды от открытого канала
Рабочий (поливной) режим движения машины	-	«старт-стопный» или «непрерывный» с возможностью регулирования скорости перемещения крайних тележек дождевальных крыльев в диапазоне от 0,19 м/мин (минимальной) до 1,9 м/мин (максимальной), что позволяет регулировать интенсивность дождя и величину выдаваемой поливной нормы (слоя дождя)	
Источник питания электроэнергией	-	автономный, трёхфазный 380 В	внешний, трёхфазный 380 В
Рабочее давление водопроводящем трубопроводе	Мпа	0,31	0,35-4,00
Расход поливной воды	л/с	200	90
Ширина захвата дождём («поливного фронта»)	м	800	595
Средняя интенсивность дождя	мм/мин	1,23	0,66
Слой дождя за один проход дождевальной машины	мм	79	10,92
Клиренс машины	м	2,7	2,7
Количество опорно-ходовых тележек	шт	18	13
Сезонная площадь одного поливного участка	га	190-210	111,2
Количество обслуживания ДМ одним оператором	шт	2-4	6-10

На современном этапе развития отечественного машиностроения широкозахватной дождевальной техники одним из лидирующих позиций в обеспечении орошаемого земледелия занимает общество с ограниченной ответственностью «Мелиоративные машины». Разработки и производство широкозахватных машин марки «КАСКАД» (рисунок 1.10) имеет широкую номенклатурную линейку. Коллективом предприятия разработаны модификации машин с водопроводящим трубопроводом диаметрами: 219, 203, 168, 159, 133 миллиметров. Длина ферменных пролётов варьируется в значениях: 48,7, 53,7, 59,5, 65,25 метров.



Рисунок 1.10 – Широкозахватная многоопорная дождевальная машина «КАСКАД»

По разнообразию выпускаемой продукции производство в стране не имеет аналогов. Различный типоразмер основного элемента инновационной техники (фермы), позволяет обеспечить сельхозтоваропроизводителю

оросительные мероприятия с максимально эффективным результатом, и удовлетворением всех агротехнических требований искусственного дождевания (Соловьев Д. А., Кузнецов Р. Е., Горюнов Д. Г. и др. 2022; Абдразаков Ф. К., Журавлева Л. А., Соловьев В. А., 2018). Создание инновационной техники ООО «Мелиомаш» стало возможным при участие Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова в совместном научно-техническом сопровождение процесса разработки поливной техники, апробации её и внедрения.

1.2.3 Дождевальная техника зарубежного производства

Экономический кризис в стране начала девяностых годов прошлого века привёл к спаду промышленного производства, что послужило к снижению уровня обеспечения сельского хозяйства мелиоративной техникой. В то же время введение рыночной экономики позволило иностранным производителям ирригационных технических средств беспрепятственно внедрять в агропромышленный комплекс нашей страны свою продукцию, устанавливая при этом ценовую политику и условия поставок как самих машин, так и сопутствующих товаров (услуг) запасных частей, комплектующих, расходных материалов, программное обеспечение к ним и т.д. Решение мелиоративных задач на полях стало сопровождаться широким применением таких импортных широкозахватных дождевальные машины как: Lindsay, Valmont, Pierce, Reinke (США), Bauer (Австрия), Otech (Франция), T-L (Канада), Beinlich и Irtec (Германия), Osmis и Pumps (Италия), Chamsa и RKD (Испания) и др. (Ольгаренко Г.В., Турапин С.С., 2020; Ольгаренко Г.В., Городничев В.И., Алдошкин А.А. и др., 2015; Журавлёва Л.А., 2018). При ведении дел на отечественном рынке дождевальной техники иностранные поставщики, используя свой экономический потенциал выстраивали стратегию масштабного замещения в мелиоративном комплексе имеющихся

технических средств на собственные.

С появлением импортной оросительной техники сельхозтоваропроизводителю представилась возможность расширить номенклатуру применяемых широкозахватных дождевальных машин при поливе сельскохозяйственных культур. Поставки зарубежной техники увеличили не только линейку ряда сходных по своим технико-эксплуатационным характеристикам ранее применяемых отечественных ирригационных средств, но и позволило внедрить технические средства с иными технологическими принципами работы

(URL: <https://bauer-at.com/en/product/irrigation/sprinklers>; URL: <https://www.valleyirrigation.com/sprinklers>; URL: <https://senninger.com/ru/product/i-wobr2>; URL: <https://irtek-cis.ru/articles/komet/komet-sprinklers>; URL: <https://nelson-irrigation.com/products/end-of-pivot-products/r55-end-of-pivot-sprinklers>; URL: <https://www.valleyirrigation.com>; URL: <https://www.lindsay.com/usca/en/irrigation/brands/zimmatic>).

Характерные отличительные особенности:

1. Использование масляного гидропривода пневмоколёс опорной тележки T-L (Канада);
2. Оборудование водопроводящего трубопровода веерными дождевальными аппаратами;
3. Обеспечение эксплуатационного процесса дождевальных машин программируемыми устройствами с соответствующим программным обеспечением;
4. Возможность применения ирригационной установки с различными направлениями передвижения (фронтальное, круговое, комбинированное) и др.

Пример: Австрийская оросительная установка BAUER – CTNTERLINER 5000 имеет модификации 168 CLS, 168 CLE, 168 CLX (J. Langmann, 2003), (рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 – Оросительная установка BAUER – CTNTERLINER 5000

Автоматизированная система управления оросительной установки позволяет, в зависимости от модификации, обеспечивать различные режимы технологического полива:

- модель 168 CLS обеспечивает оросительные мероприятия во фронтальном режиме передвижения. В конце орошаемого участка система управления, с переключением в ручном режиме, имеет возможность разворачивать ферменные пролёты дождевальной машины вокруг центральной подвижной опоры с внутренним или внешним (без полива) радиусом поворота на противоположную половину орошаемого участка с последующим поливом (рисунок 1.12).

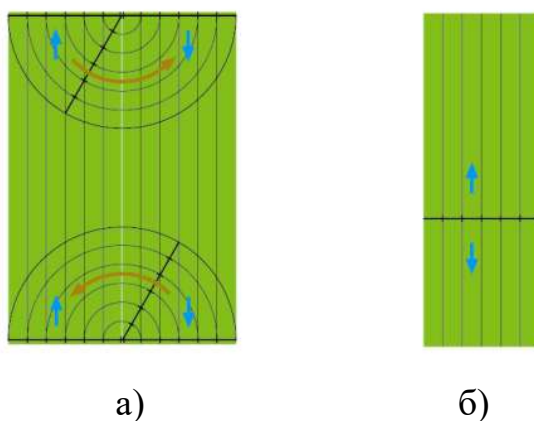


Рисунок 1.12 – Схема передвижения оросительной установки
BAUER – CTNTERLINER 5000 модификация 168 CLS
а) с разворотом (по внутреннему радиусу); б) без разворота

– автоматизированная система управления модели 168 CLE обеспечивает разворот конструкции дождевальной машины автоматически в круговом и фронтальном режимах передвижения. В процессе разворота автоматическая система управления оросительной установки, через установленный дополнительно второй комплект дождеобразующих устройств, переключает режим орошения (рисунок 1.13).

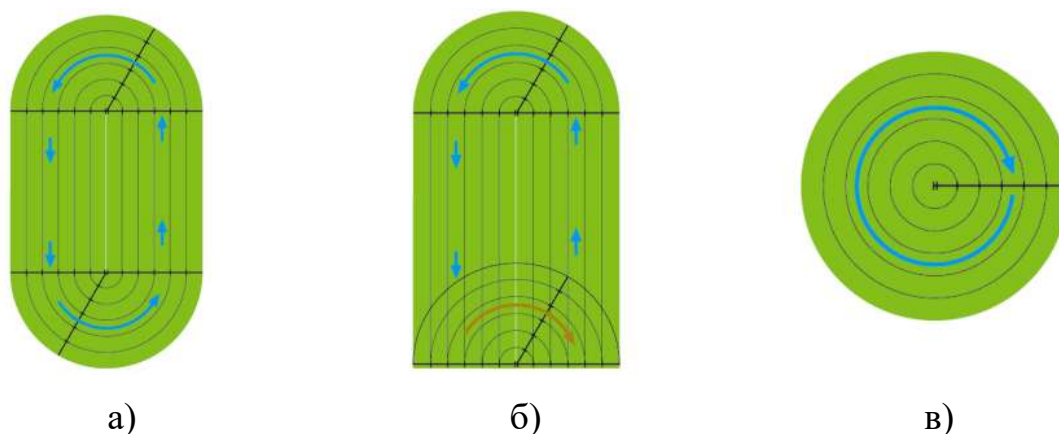


Рисунок 1.13 – Схема передвижения оросительной установки
BAUER – CTNTERLINER 5000 модификация 168 CLE
а) фронтальное передвижение с разворотом по внешнему радиусу и поливом;
б) фронтальное передвижение с разворотом по внешнему радиусу (с поливом) и разворотом по внутреннему радиусу (без полива); в) круговое передвижение

– модель CLX (MULTISTAR) обеспечивает проведение ирригационных мероприятий во фронтальном режиме передвижения с возможностью изменением направления движения (рисунок 1.14).

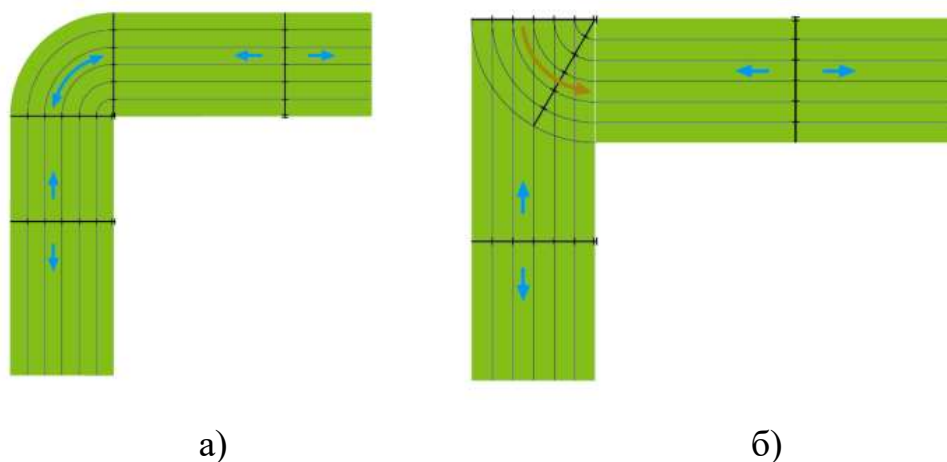


Рисунок 1.14 – Схема передвижения оросительной установки BAUER – CTNTERLINER 5000 модификация 168 CLX
а) фронтальное передвижение с возможностью изменения направления движения с разворотом по наружному радиусу; б) фронтальное передвижение с возможностью изменения направления движения с разворотом по внутреннему радиусу

1.3 Обобщения и выводы

По предложению учёных в области сельскохозяйственных наук, основные направления научного обеспечения сельского хозяйства засушливых регионов России в области земледелия и экономики должны включать проведение различных мероприятий, в которые входит обособлено задача по разработке систем земледелия, основанных на широком использовании нового поколения высокоадаптивных, комбинированных почво- и влагосберегающих машин (Лачуга Ю.Ф. и др., 2009).

В целом рекомендации учёных для засушливых регионов в области технического обеспечения растениеводства включают в том числе и такие мероприятия:

- создание техники нового поколения, обеспечивающей комбинирование машинных процессов, увеличение единичной энергонасыщенности сельскохозяйственных агрегатов с целью резкого повышения их производительности и ресурсоэнергоэкономичности;
- разработку высокоадаптивных к аридным условиям технологических комплексов машин для возделывания сельхозкультур с дифференцированным природоприближённым воздействием на систему «почва-растение» в условиях дефицита влаги;
- формирование новых производственно-технологических структур по типу машинно-технологических станций, обеспечивающих повышение эффективности использования парка машин для влагоэнергосберегающих процессов и технологий возделывания сельскохозяйственных культур;
- создание технического и технологического сервиса сельскохозяйственным товаропроизводителям, эффективной инженерной инфраструктуры за счёт комплексного повышения надёжности работы машинно-тракторных агрегатов и снижения себестоимости производимой продукции.

Анализ задействованной и производимой ирригационной техники в орошаемом земледелии показывает, что современный парк широкозахватных дождевальных машин в основном состоит из технических средств полива кругового и фронтального передвижения и в настоящее время рынок востребован в современной эффективной дождевальной техники данной конструкции (Бельтиков Б.Н., 2021).

По своим свойствам и применяемым технологическим операциям при эксплуатации выгодно отличаются конструкции широкозахватной дождевальной машины фронтального (универсального) передвижения. Они благодаря своей технологической особенности позволяют повысить удельный показатель (на единицу техники) охвата площади искусственным дождём, включать элементы энергосбережения, интегрировать в процесс

автоматические системы управления. Имеют возможность эксплуатации как в одиночном плане, так и в групповом применении (Кижаяева В.Е., Ененко С.В., Бельтиков Б.Н., 2023).

Основные преимущества технико-эксплуатационных характеристик конструкции широкозахватных фронтальных дождевальных машин (в том числе отличительные черты перед машинами кругового действия):

1. Основным достоинством данных установок является обеспечение с высокого коэффициента земельного использования (КЗИ) орошаемой площади около единицы, 100%. Машины кругового движения характеризуется меньшим КЗИ 0,82 — 0.84.

2. Машины данного класса по своим технико-эксплуатационным показателям в лучшей степени отвечают выполнению задач по орошению прямоугольных площадей, в отличие от технических средств полива кругового действия, проводить поливы по круговым площадям.

3. При эксплуатации данных установок, в связи с возможностью её прямолинейного перемещения по меняющимся площадям или использования по ипподромной технологической схеме движения, дает возможность повышения показателя сезонной нагрузки дождевальной машины.

4. В связи с конструктивной особенностью такой техники полива существует возможность вариантности отношения длины и ширины поливной площади, что повышает эффективность ее использования.

5. Обеспечение работы такого рода агрегатов позволяет проводить водозабор как открытой, так и закрытой водоподводящей сети в то время, как машины кругового действия в основном запитываются поливной водой от дорогостоящей закрытой сети.

К недостаткам в технико-эксплуатационных особенностях широкозахватных дождевальных машин фронтального передвижения можно отнести:

1. Конструктив данных технических средств орошения сопряжен с трудностями подключения к линиям электропитания от стационарного

снабжения. В общем случае ее работа обеспечивается от электрогенератора, приводимого в действие от двигателя внутреннего сгорания, установленного на центральной подвижной опоре машины.

2. Понижен коэффициент полезного действия механизмов, приводимых машину в движение (среднее КПД двигателя внутреннего сгорания порядка 35%) непосредственно тягового электродвигателя составляет 90 — 95%. Данное обстоятельство в целом приводит к удорожанию проводимых мелиоративных мероприятий.

3. Применение двигателя внутреннего сгорания для обеспечения передвижения дождевальной машины по полю влечёт дополнительные затраты:

- привлечение высококвалифицированного персонала (в том числе мотористов);
- проведение более широкого перечня технического обслуживания и ремонта (текущего, капитального);
- организация дозаправки систем ДМ и вспомогательной техники;
- доставка значительного количества запасных частей, комплектующих, расходных материалов и горюче-смазочных материалов;
- наличие ремонтной базы, дополнительных производственных мощностей по хранению ГСМ.

4. Дискретный характер эксплуатации дождевальной машины влечет различные нагрузки на ходовую часть и конструкцию центральной опоры, а также:

- ограниченность свободного движения машины от длины водоподводящего рукава в 100 метров, что определяет необходимость многократного подключения данного гибкого водовода к гидрантам в процессе работы машины, постоянное присутствие оператора, износ фитингов;
- трансмиссия и электродвигатели испытывают изменчивую нагрузку

при поливе и наличие холостого хода в процессе проведения поливов, снижается КПД машины;

- необходимость технологического сброса поливной воды при холостых перегонах дождевальной машины и при переподключении рукава;
- движение машины по переувлажненной почве, что влечёт пробуксовку опорных колёс и углубление колеи, снижается КПД машины;
- необходимость в обустройстве технологической полосы отчуждения по оси перемещения центральной подвижной опоры и влекаемого за ней по полю подводящего рукава.

Несмотря на то, что широкозахватные дождевальные машины как фронтального передвижения, так и кругового имеют в своей конструктивной основе ряд технико-эксплуатационных недостатков, они занимают основную долю в ирригационном процессе площадей и обладают дифференцированными достойными характеристиками. С целью удовлетворения высокого спроса производителей сельскохозяйственной продукции в обеспечение надёжной, эффективной, рентабельной и качественной дождевальной техники с их широкой линейкой номенклатуры машин необходимо активизировать работу по разработке и выпуску усовершенствованных инновационных широкозахватных дождевальных машин (Ткачёв А.А., 2020).

На основании положительных характеристик рациональной работы по поливу существующих многочисленных прямоугольных полей фронтальными широкозахватными дождевальными машинами необходимо наибольшее их использование в орошаемом земледелии. Для исключения отрицательных факторов водоподачи к данным ДМ по гибкому водоводу от закрытой оросительной сети вероятнее всего водоподающую систему к ним конструировать и изготавливать в виде открытого поверхностного водовода.

ГЛАВА 2. НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ ФРОНТАЛЬНОГО ПЕРЕДВИЖЕНИЯ УДМ «КУБАНЬ-А195-57,7-01»

2.1 Технологическая схема устройства и работы универсальной дождевальной машины

Главными направлениями развития агропромышленного комплекса (АПК) в аридной зоне РФ в сфере сельскохозяйственного производства продукции считается повышение урожайности культур в орошаемом земледелии. Это возможно от внедрения инновационных технологий орошения полей с использованием современной поливной техники. Перспективным направлением в этой области считаются вопросы эксплуатации таких дождевальных машин, которые в процессе своей работы обладают способностью надежности, универсальности и ресурсосбережения.

2.1.1 Техничко-эксплуатационная характеристика УДМ

С целью обеспечения исполнения государственной политики в сфере промышленного импортозамещения сотрудники ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» при непосредственном участии автора совместно с машиностроителями дождевальной техники ООО «БСГ» проводили полевые испытания первой современной отечественной универсальной дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» (рисунок 2.1).

Ирригационная установка предназначена для полива дождеванием зерновых, овощебахчевых и технических культур, многолетних трав, лугов и пастбищ, а также других культур, включая высокостебельные.



Рисунок 2.1 – Универсальная дождевальная машина
УДМ «Кубань-А195-57,7-0,1»

Схема построения технического средства полива приведена на рисунке 2.2.

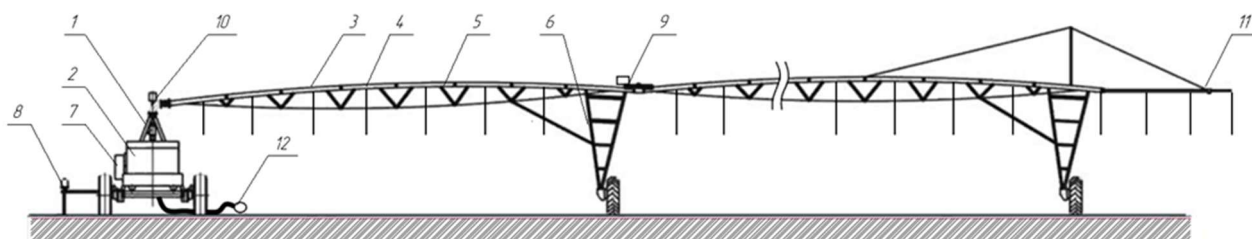


Рисунок 2.2 – Схема конструкции универсальной дождевальной машины
УДМ «Кубань-А195-57,7-01»:

- 1 – центральная подвижная опора; 2 – автономная энергосиловая установка;
- 3 – водопроводящий трубопровод; 4 – устройство приповерхностного полива; 5 – ферменный пролёт (секция); 6 – самоходная опорная тележка; 7 – система управления (шкаф управления); 8 – система курсовой устойчивости;
- 9 – прибор слежения линейности движения машины (ПСЛ); 10 – токоприёмник; 11 – консоль с тросовой системой;
- 12 – система подвода воды

Ирригационная установка состоит из следующих составных частей: центральной подвижной опоры с автономной энергосиловой установкой, водопроводящего трубопровода с дождевальными насадками, самоходных опорных тележек, поддерживающих ферму, систем управления движением,

сигнализации и защиты от аварийных ситуаций, системы подвода воды к машине.

Управление движением машины осуществляется СУЭМ (система управления электромеханическая), которая включает в себя:

- органы управления;
- контрольно-измерительные приборы;
- систему курсовой устойчивости;
- систему слежения линейности;
- системой энергообеспечения;
- систему автоматической защиты;
- электросиловую линию.

Питание ирригационной установки водой осуществляется от гидранта закрытой оросительной сети посредством гибкого рукава (лайфлета).

Данная широкозахватная многоопорная электрифицированная дождевальная машина ферменной конструкции наряду с зарубежными аналогами имеет сходные высокие технико-эксплуатационные показатели.

Машина обеспечивает изменение нормы полива в широких пределах, практически в любых почвенно-климатических районах

Универсальность универсальной дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» заключается в способе передвижения на орошаемом участке при обеспечении полива:

- фронтальное;
- круговое;
- комбинированное.

Универсальная дождевальная машина выпускается в зависимости от типа-размера водопроводящего пояса имеет сто восемьдесят модификаций с различными техно-эксплуатационными характеристиками. Техническая характеристика УДМ «Кубань-А195-57,7-01» представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Техничко-эксплуатационные характеристики универсальной дождевальнoй машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01»

№ п/п	Наименование показателей	Значение
1	Тип машины	Универсального перемещения, с забором воды от закрытой оросительной сети
3	Привод передвижения машины	электромеханический, реверсивный,
4	Источник питания	внешняя трехфазная сеть или дизель-генератор с номинальным напряжением 380 В.
6	Давление на входе, МПа	0,2
7	Расход воды при нулевом общем уклоне, л/с	57,78
8	Длина машины, м	198,0
9	Рабочая ширина захвата дождём машины в зависимости от скорости и направления ветра, м	200
13	Диаметр и толщина стенки стального трубопровода, мм	168х2,5; 219х2,5
14	Количество обслуживающего персонала при групповом использовании машины (не менее 2 машин в группе без применения дистанционного управления) на 2 машины, чел	1
15	Скорость движения последней тележки, регулируемая в пределах, м/мин	0,28-2,8
16	Масса машины (сухая, конструктивная, без учета ЗИП), кг номинальная	8700
17	Расстояние от поверхности земли до нижнего пояса металлоконструкций (на ровном участке поля между тележками), (не более), м	2,7
21	Количество дождевателей	95
23	Радиус захвата дождём (по фронту), м	200
24	Радиус полива (рабочая ширина захвата дождем), м	12
25	Площадь полива без перекрытия, м ²	2 400
26	Средняя интенсивность дождя (с перекрытием), мм/мин	0,6
27	Средний диаметр капель дождя вдоль трубопровода, мм	1,0
28	Коэффициент эффективного полива	0,85
30	Норма полива до стока (для темно-каштановых почв Саратовской области, при нулевом уклоне, пашня, влажность - 70 % НВ), м ³ /га	200
31	Коэффициент земельного использования орошаемой площади	0,98
37	Минимальная поливная норма за проход, м ³ /га	100
38	Водозабор	От гидрантов закрытой оросительной сети

2.1.2 Агротехнические характеристики полива

Экспериментальные исследования агротехнических показателей универсальной дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» проводились на полях ИП «Рымчук П.В.» Энгельсского района Саратовской области. Почвы орошаемого участка тёмно-каштановые, среднесуглинистые. Плотность почвы составляла 2,8-4,8 МПа. Поливная вода, подаваемая в машину, проходила через фильтр и отвечала требуемой норме, содержание в воде взвешенных частиц составляло 0,4 г/л.

В период проводимых исследований машина была укомплектована дождевальными аппаратами i-wob с носиком № 20, диаметр сопла 7,94 мм и регулятором давления 15 psi (1,02 атм) в количестве 92 штук.

Методика исследований работы универсальной дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» регламентировалась нормативным документом СТО АИСТ 11.1-2010 и научными работами исследователей по орошаемому земледелию (Соловьёв Д.А., Журавлёва Л.А., 2018; Голованов А.И., 2021; Дубенок Н.Н., Шумаков К.Б., 2016; Доспехов Б.А., 1985; Вознесенский В.Л., 1969; Ковырялов Ю.П., Иванов А.Ф., Филимонов М.С. и др., 1974; Мезенцев В.С., Карнацевич И.В., Белоненко Г.В. и др., 1974; Исаев А.П., 1982; Русинов А.В., Колганов Д.А., Русинов Д.А., 2024).

Для оценки равномерности (качественных характеристик) полива ирригационной установки проведены исследования с дифференцированием скорости её движения (норме полива) и ступенчатым изменением давления поливной воды на входе машины. На рисунке 2.3 показано размещение дождемеров при исследовании агротехнических характеристик широкозахватной дождевальной машины, замер объёма воды в дождемере для установления величины слоя искусственного дождя – (рисунок 2.4).



Рисунок 2.3 – Расстановка дождемеров при проведении полевых испытаний универсальной дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01»



Рисунок 2.4 – Измерение объема воды в дождемере

Полевые исследования показали, что расход воды дождевальной машины при давлении на входе до 0,2 МПа составляет 64,12 л/с, а дождевального аппарата 0,697 л/с. При снижении давления подаваемой поливной воды на входе ирригационной установки до 0,05 МПа её расход сокращался на 37,59 %, на дождевальном аппарате – до 0,435 л/с, а в целом по машине – до 40,02 л/с.

Расход воды по i – му дождевальному аппарату определялся объёмным способом по формуле:

$$q_i = \frac{V_i}{t_i} \quad (2.1)$$

где q_i – расход воды по i – му дождевальному аппарату, л/с;

V_i – объём воды в мерном баке, при i – ом дождевальном аппарате учтённой за повторность опыта, л;

t_i – продолжительность повторности опыта при i – ом дождевальном аппарате, с.

Расход воды широкозахватной дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01», определялся по формуле:

$$Q_m = \sum_{i=1}^{n_n} q_i \quad (2.2)$$

где Q_m – расход воды дождевальной машины, л/с;

n_n – число дождевальных аппаратов, установленных на дождевальной машине, шт.

Норма полива зависит от продолжительности непрерывного дождевания и повторности процесса (цикличности) при прерывистом дождевании.

Первый способ – определение нормы полива при непрерывном дождевании, формула:

$$m_1 = \rho_{\text{ср}} \cdot t_{\text{пол.р.}} \quad (2.3)$$

где m_1 – норма полива, рассчитанная для непрерывного дождевания, мм;

$\rho_{\text{ср.}}$ – средняя интенсивность дождя, мм/мин;

$t_{\text{пол.р.}}$ – продолжительность полива рассредоточенной площади дождевания, на которую в едином технологическом процессе вносится заданная поливная норма, мин;

При поливе движущимися машинами искусственный дождь выпадает в каждой точке орошаемой площади периодически, в этом случае используют среднюю интенсивность дождя, которая рассчитывается по формуле:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{60 \cdot q_i}{F_{\text{р.}}} = \frac{60 \cdot q_i}{b_{\text{р.}} \cdot l_{\text{р.}}} \quad (2.4)$$

где $\rho_{\text{ср.}}$ – средняя интенсивность дождя, мм/мин;

$F_{\text{р.}}$ – рассредоточенная площадь дождевания, на которую в едином технологическом процессе вносится заданная поливная норма, м²;

$b_{\text{р.}}$ – ширина рассредоточенной площади дождевания, на которую в едином технологическом процессе вносится заданная поливная норма, м;

$l_{\text{р.}}$ – длина рассредоточенной площади дождевания, на которую в едином технологическом процессе вносится заданная поливная норма, м.

Второй способ – определение нормы полива при циклическом поливе, формула:

$$m_2 = h_{\text{д.}} \cdot n_{\text{п}} \quad (2.5)$$

где m_2 – норма полива, рассчитанная при циклическом поливе, мм;

$h_{\text{д.}}$ – слой дождя за один проход машины (цикл полива), мм/мин;

$n_{\text{п}}$ – число проходов машины (циклов полива), шт;

Слой осадков за один проход по i – му дождемеру объёмным способом определяется по формуле:

$$h_{д.} = \frac{10 \cdot V_i}{S_{д.} \cdot n_{\Pi}} = \frac{10 \cdot V_i}{\pi \cdot R_{д.}^2 \cdot n_{\Pi}} \quad (2.6)$$

где m_2 – норма полива, рассчитанная при циклическом поливе, мм;

$S_{д.}$ – приёмная площадь i -го дождемера, см²;

$R_{д.}$ – радиус дождемера, см.

Полученные в результате исследований количественные показатели относительно поливной нормы дождевальная машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» при определённых режимах её работы, рассчитанные различными способами, указывают на их подобие.

Изменения показателя нормы полива универсальной дождевальной машиной УДМ «Кубань-А195-57,7-0,1» в зависимости от режима работы её: скорости движения машины и давления на входе в ирригационную установку приведены в таблице 2.2.

Анализ исследования показателей норм полива при различных характеристиках давления подачи воды к дождевальной машине 00,5 МПа и 0,2 МПа показывает, что фактическая норма полива варьирует в широких пределах соответственно 96...386 м³/га и 61,8...242 м³/га (при заданной скорости движения технического средства, прибор времени (ПВ) установлен на значениях ($V_{ПВ}$) соответствующих 20 % и 80 %).

Учитывая математическую зависимость задачи скорости дождевальной установки, представляется возможным определить нормы полива при 40 % и 60 %, формула:

$$m_{иск.} = \frac{m_{изв.} \cdot V_{ПВ\ изв.}}{V_{ПВ\ иск.}} \quad (2.7)$$

где $m_{\text{иск.}}$ – искомая масса полива, м³/га;

$m_{\text{изв.}}$ – известная масса полива, м³/га;

$V_{\text{ПВ изв.}}$ – заданный показатель ПВ при известной массе полива, %;

$V_{\text{ПВ иск.}}$ – заданный показатель ПВ при искомой массе полива, %.

Таблица 2.2 – Норма полива универсальной дождевальной машиной УДМ «Кубань-А195-57,7-0,1» в зависимости от режима работы

Наименование показателей	ед. изм.	Режим работы ДМ, давление поливной воды на входе, МПа			
		$P_{\text{вх.}(1)}$	$P_{\text{вх.}(2)}$	$P_{\text{вх.}(1)}$	$P_{\text{вх.}(2)}$
		0,05	0,2	0,05	0,2
Процент перемещения машины заданный ПВ, $V_{\text{ПВ}}$	%	20		80	
Скорость перемещения машины, теоретическая, $V_{\text{д.м.т.}}$	м/мин	0,56		2,24	
Скорость перемещения машины, фактическая, $V_{\text{д.м.ф.}}$	м/мин	0,54		2,16	
Время перекрытия, $t_{\text{пол.р.}}$	мин	22,22	24,07	5,56	6,02
Ширина перекрытия, $b_{\text{р.}}$	м	12	13	12	13
Длина рассредоточенной площади дождевания, $l_{\text{р.}}$	м	2,05			
Радиус входного отверстия в дождемер, $R_{\text{д.}}$	см	4,5			
Объём в дождемере, V_i	мл	153,67	245,10	39,26	61,20
Расход воды в дождевальном аппарате, q_i	л/с	0,435	0,697	0,435	0,697
Норма полива (m_1) факт.	мм	23,58	37,78	5,89	9,44
Норма полива (m_2) факт.	мм	24,17	38,55	6,17	9,62
Норма полива ДМ (m)	м ³ /га	242	386	61,8	96

Искомые результаты нормы полива техническим средством в зависимости от его режима работы (скорости перемещения по орошаемому участку, значению ПВ, и давлению подаваемой поливной воды на входе в машину) приведены в таблице 2.3 и показаны на рисунке 2.5 (Барановский Н.В., 2020; Смит Р.А., Андранович О.С., Демьянцева Е.Ю., 2016).

Таблица 2.3 – Норма полива универсальной дождевальной машиной УДМ «Кубань-А195-57,7-01» в зависимости от режима работы

Давление на входе ДМ ($P_{вх.}$), МПа	Процент перемещения машины заданный ($V_{ПВ}$), %			
	20	40	60	80
	Норма полива, мм			
0,2	38,55	19,28	12,83	9,62
0,05	24,17	12,09	8,23	6,17

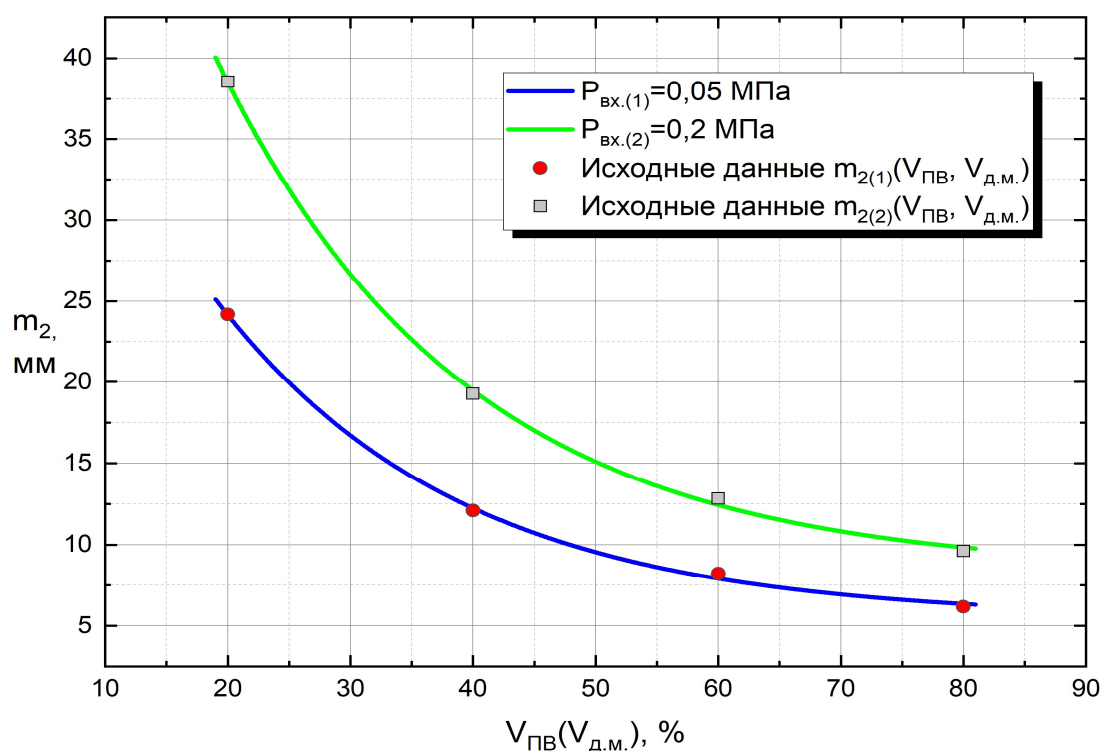


Рисунок 2.5 – Поливная норма универсальной дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» в зависимости от скорости движения машины и давления на входе

Анализ полученных результатов совместного влияния скорости передвижения и нормы полива дождевальной машины при различных режимах подачи поливной воды к ней позволил установить следующую математическую зависимость, выраженную уравнениями:

1. При давлении поливной воды на входе дождевальной машины равным 0,05 МПа, показатель корреляционного соотношения равен: $\eta_{m_{2(1)}V_{ПВ}} = 0,99$, уравнение – формула:

$$m_{2(1)} = 5,45324 + 51,45649 \cdot 0,95063^{V_{ПВ}} \quad (2.8)$$

2. При давлении поливной воды на входе дождевальной машины равным 0,2 МПа, показатель корреляционного соотношения равен: $\eta_{m_{2(2)}V_{ПВ}} = 0,99$, уравнение – формула:

$$m_{2(2)} = 8,32179 + 81,75751 \cdot 0,95142^{V_{ПВ}} \quad (2.9)$$

Результаты коэффициента эффективности полива УДМ «Кубань-А195-57,7-01» от скорости движения машины и скорости ветра при различном давлении на входе представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Коэффициента эффективности полива универсальной дождевальной машиной УДМ «Кубань-А195-57,7-0,1» от скорости движения машины и скорости ветра при различном давлении на входе

Наименование показателя	Единица измерения	Номер опыта			
		1	2	3	4
Скорость движения ДМ, $V_{д.м.ф.}$	м/мин	2,16		0,54	
Скорость ветра, $V_{в.}$	м/с	2,5	1,0	1,5	1,5
Давление на входе в ДМ, $P_{вх.}$	усл. обозн.	$P_{вх.(1)}$	$P_{вх.(2)}$	$P_{вх.(1)}$	$P_{вх.(2)}$
	МПа	0,05	0,2	0,05	0,2
Норма полива, m_2	мм	6,17	9,62	24,17	38,55
Коэффициент эффективного полива, $K_{эф.п.}$	безразм. вел.	0,89	0,92	0,91	0,92
Коэффициент недостаточного полива, $K_{н.п.}$	безразм. вел.	0,06	0,03	0,09	0,04
Коэффициент избыточного полива, $K_{из.п.}$	безразм. вел.	0,05	0,03	0,01	0,05

В целом исследования показали, что универсальная дождевальная машина УДМ «Кубань-А195-57,7-01» обеспечивает хорошую равномерность полива, коэффициент эффективного полива при скорости ветра 1 – 2,5 м/с находился в пределах 0,89 – 0,92 (таблица 2.4). Это достигалось за счёт

учащённой установки дождевальных насадок, через каждые 2 метра, вдоль водопроводящего трубопровода что обеспечивало достаточное перекрытие струй.

2.2 Лимитирующие технические факторы применения

Согласно нормативному документу ГОСТ Р 58331.2-2019 определяются такие предписания для многоопорных широкозахватных дождевальных машин при их производстве и эксплуатации, как: надёжность, технологичность, транспортабельность, безопасность, охрана окружающей среды, сохранение земельных и водных ресурсов, патентно-правовые, эстетические и обоснования экономической эффективности.

При проведении полевых исследований работы универсальной дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» были выявлены технико-эксплуатационные просчёты и упущения в конструкции и технологии работы подводящей системы оросительной воды к дождевальной машине, а также в технических решениях работы системы курсовой устойчивости как по длине, так и по соблюдению перпендикулярности линии дождевальной машины по отношению к её курсу движения.

Указанные особенности работы данных установок являются отличительным признаком многоопорных дождевальных машин фронтального и комбинированного (универсального) передвижения, а недостаточная технология таких условий отрицательно влияет на снижение эффективности применения.

Для установления технико-эксплуатационных показателей важным фактором является время эксплуатационной работы широкозахватной дождевальной машины ($T_{см}$) формула:

$$T_{см} = T_p + T_{тех} + T_{т.о.} + T_{п.з.} + T_{орг} + T_{пр.н.} + T_{мет} \quad (2.10)$$

где $T_{\text{см}}$ – сменное время, общее время, ч;

T_p – период времени производительной работы ирригационного средства (время чистой работы дождевальной машины), ч;

$T_{\text{тех}}$ – период времени проведения технологического обслуживания, ч;

$T_{\text{т.о.}}$ – период времени для проведения всех видов регламентных работ по техническому обслуживанию дождевальной машины, ч;

$T_{\text{п.з.}}$ – время проведения подготовительно-заключительные операции (подготовка машин к работе и т.п.), ч;

$T_{\text{пр.н.}}$ – время, потраченное на устранение технических неисправностей дождевальной машины, ч;

$T_{\text{орг.}}$ – время, определённое решением организационных задач, ч;

$T_{\text{мет.}}$ – время простоя дождевальной машины по метеорологическим условиям, ч.

Таким образом показатели общего баланса времени эксплуатации дождевальной машины зависят от принятых конструкторских решений в разработке дождевальной машины и применяемых технологических операций в обеспечение работы дождевальной машины (Горюнов Д.Г., Загоруйко М.Г., Кузнецов Р.Е., 2023). Следовательно коэффициент полезного использования технического средства полива определится формулой:

$$K_{\text{п.и}} = K_{\text{см}} = \frac{T_p}{T_{\text{см}}} \quad (2.11)$$

где $K_{\text{п.и}}$ – коэффициент полезного использования дождевальной машины, безразмерная величина;

$K_{\text{см}}$ – коэффициент использования рабочего времени смены, безразмерная величина;

T_p – период времени производительной работы ирригационного средства (время чистой работы дождевальной машины), ч;

$T_{\text{см}}$ – сменное время, общее время, ч.

Исследования конструкции и технологического процесса подвода поливной воды к дождевальнй машине посредством гибкого рукава выявили низкие эксплуатационные показатели системы такие, как технологичность, надёжность и энергоэффективность (Турапин С.С., Костоварова И.А., Банникова А.И., 2025).

Периодичность технологического процесса по подключению (переподключению) водоподводящего гибкого рукава при эксплуатации широкозахватной многоопорной дождевальнй машины во фронтальном режиме перемещения (является составной частью периода времени проведения технологического обслуживания технического средства ($T_{\text{тех}}$) и определяется формулой:

$$T_{\text{т.п.р.}} = \frac{L_{\text{р.}} - L_{\text{н.п.}}}{V_{\text{д.м.}}} = \frac{L_{\text{п.д.}}}{V_{\text{д.м.}}} \quad (2.12)$$

где $T_{\text{т.п.р.}}$ – время периодичности проведения технологического процесса по переподключению гибкого рукава, ч;

$L_{\text{р.}}$ – длина гибкого рукава, м;

$L_{\text{н.д.}}$ – длина части гибкого рукава незадействованной в прямолинейном перемещении, м;

$L_{\text{п.д.}}$ – длина полезной части гибкого рукава (задействованной в прямолинейном перемещении), м;

$V_{\text{д.м.}}$ – скорость дождевальнй машины при фронтальном передвижении, м/мин.

Длина части гибкого рукава незадействованного в прямолинейном перемещении ($L_{\text{н.п.}}$) зависит от условий работы гибкого рукава, определяется эмпирически и характеризуется различными факторами:

- удалённостью траектории трассы передвижения центральной подвижной опоры от гидранта для подключения гибкого рукава;
- рельефом орошаемого участка;

- диаметром поворота траектории оси гибкого рукава в местах его изгибов;
- наличием местных препятствий на предполагаемой траектории укладки и протаскивания гибкого рукава и т.д.

Скорость дождевальная машины при фронтальном режиме перемещения, $V_{д.м.}$ характеризуется наличием следующих факторов:

- заданным расходом поливной воды (нормой полива культуры);
- техническими (ходовыми) характеристиками конструкции дождевальной машины (зависит от кинематической схемы привода дождевальной машины: характеристик моторредукторов, колёсных редукторов, типоразмерности колёс и т.д.).

В работе исследовались две технологические схемы подвода поливной воды к дождевальной машине:

1-я схема: работа ирригационной установки с применением одного водоподающего гибкого рукава (рисунок 2.6);

2-я схема: работа ирригационной установки с применением двух водоподающих гибких рукавов (рисунок 2.7).

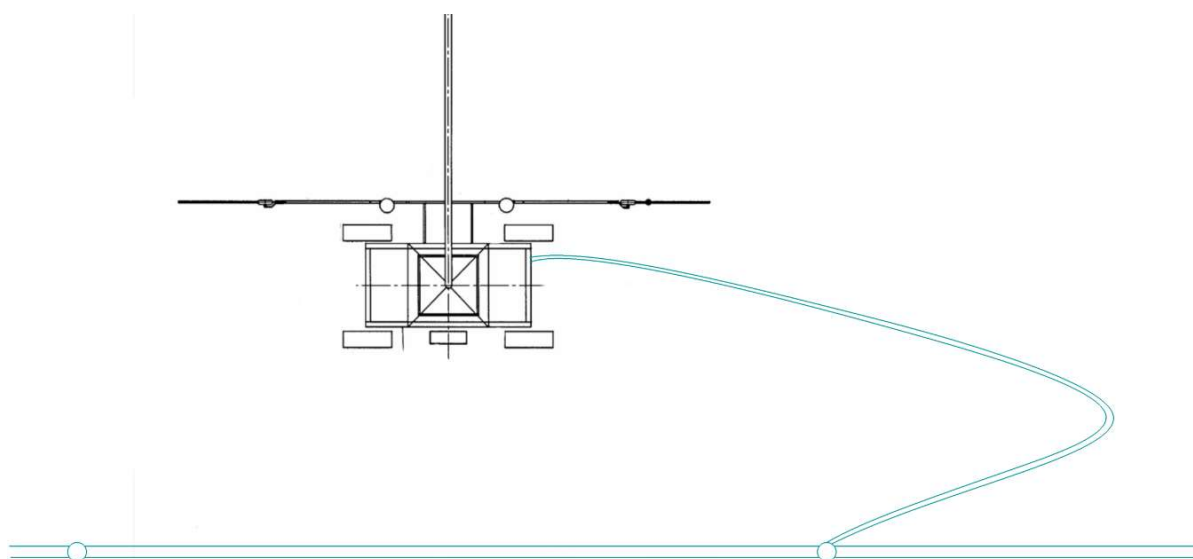


Рисунок 2.6 – Работа ирригационной установки с применением одного гибкого рукава, первая схема

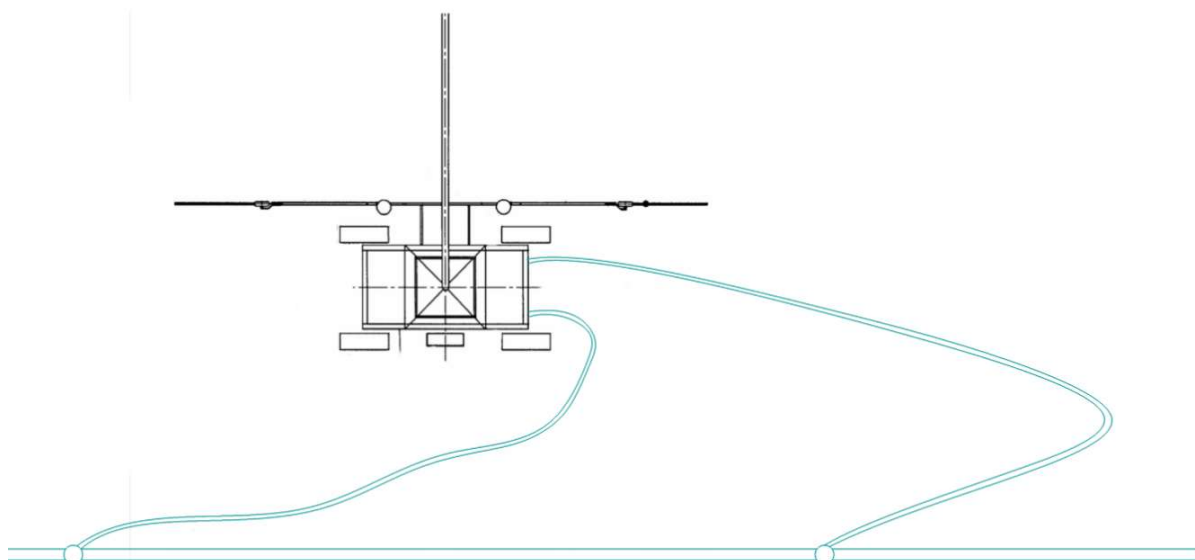


Рисунок 2.7 – Работа ирригационной установки с применением двух гибких рукавов, вторая схема

Для обеспечения совершенствования системы водоподачи дождевальной машины при полевых исследованиях её центральная подвижная опора оборудовалась водозаборным узлом в двух вариантах исполнения:

- с обеспечением технологического процесса по подачи поливной воды к дождевальной машине по первой схеме (рисунок 2.8);
- с обеспечения технологического процесса по подачи поливной воды к дождевальной машине по второй схеме (рисунок 2.9).

При исследовании технологического процесса по подаче поливной воды к дождевальной машине применялись гибкие рукава диаметром 155 мм и длиной 100 погонных метров каждый.

Наблюдения системы водоподачи дождевальной машины по первой схеме показали, что длина части гибкого рукава незадействованного в прямолинейном перемещении, ($L_{н.д.}$) составляет до 20 метров. При максимальной скорости движения ирригационного средства по фронту равной 2,8 метра в минуту и длине полезной части гибкого рукава ($L_{п.д.}$) – 80 метров, минимальный интервал времени между технологическим процессом по переподключению гидрантов составил 28 минуты 34 секунды.



Рисунок 2.8 – Узел ирригационной установки для подключения гибкого рукава по первой схеме



Рисунок 2.9 – Узел ирригационной установки для подключения гибкого рукава по второй схеме

В зависимости от заданной скорости передвижения дождевальной машины по орошаемому участку расчётная периодичность проведения технологического процесса по переподключению гибкого рукава ($T_{т.п.р.}$) по формуле (2.12) определяется следующими показателями (таблица 2.5), которые подтверждаются натурными исследованиями.

Таблица 2.5 – Периодичность проведения технологического процесса по переподключению гибкого рукава в зависимости скорости передвижения ДМ

Наименование показателей	Ед. изм.	Значения				
Скорость передвижения дождевальной машины по фронту, $V_{д.м.т.}$	м/мин	0,56	1,12	1,68	2,24	2,8
Процент перемещения заданный ПВ, $V_{ПВ}$	%	20	40	60	80	100
Периодичность проведения технологического процесса по переподключению гибкого рукава, $T_{т.п.р.}$	мин	142,86	71,43	47,62	35,71	28,57
	ч	2,38	1,19	0,79	0,60	0,48

Технологическая операция по подключению (переподключению) гибкого рукава характеризовалась значительными трудозатратами и продолжительным интервалом времени. Значительные трудозатраты указанных мероприятий обусловлены в том числе и существенной массой гибкого рукава, наполненного поливной водой.

Используемые ресурсы и средства необходимые для выполнения технологического процесса по подключению (переподключению) гибкого рукава включают:

- оператор дождевальной машины – 1 чел.;
- тракторист – 1 чел.;
- оператор насосной станции (в случае одиночной эксплуатации дождевальной машины) – 1 чел.;
- оператор манипулятора – 1 чел.;
- автотракторная техника (трактор тягового класса 0,9, 1,4) – 1 ед.;
- при смене позиции или значительном перегоне дождевальной

машины (автомобиль-манипулятор) – 1 ед.

Среднее время технологического процесса переподключения гибкого рукава по первой схеме составляет 2 часа.

Значительная продолжительность указанного технологического процесса по времени критически понижает коэффициент технологического обслуживания (K_T), который определяется по формуле:

$$K_T = \frac{T_p}{T_p + T_{\text{тех}}} = \frac{T_p}{T_p + (T_{\text{п.о.тех}} + T_{\text{п.р.тех}})} \quad (2.13)$$

где K_T – коэффициент технологического обслуживания, безразмерная величина;

$T_{\text{п.о.тех}}$ - период времени проведения прочих операций технологического обслуживания дождевальной машины, ч;

$T_{\text{п.р.тех}}$ - период времени задействованного для обеспечения технологического процесса по переподключению гибкого рукава, ч.

Дальнейшие исследования работы гибкого рукава в технологическом процессе подачи оросительной воды к ирригационной установке показали невозможность применения схемы по второму варианту, с использованием двух рукавов. Причины данного низкого технологического процесса:

- перехлест рукавов во время протаскивания;
- привлечение значительного числа технического персонала и сопутствующих технических средств;
- повышение показателя длины части гибкого рукава незадействованного, $L_{\text{н.д.}}$, и следовательно снижение задействованной в прямолинейном перемещении длины полезной части гибкого рукава;
- не возможность использования автотракторной техники при переезде гибкого рукава, находящегося под давлением.

Значительная масса рукава при эксплуатации дождевальной машины влияет не только на технологичность технического средства полива, но и

создаёт значимую дополнительную нагрузку на конструкции центральной подвижной опоры, дождевальной машины (Кравчук А.В., Калыбекова Е.М., Бельтиков Б.Н. и др., 2022).

Исследования эксплуатации дождевальной машины показали, что при рабочих гидравлических параметрах на гибком подводящем рукаве нет плавного его выравнивания, наблюдаются изгибы. Изгибы эластичного трубопровода имелись непосредственно и в местах его монтажа к гидрантам оросительной сети (рисунок 2.10) и по длине в местах смены вектора направления движения по траектории протаскивания (рисунок 2.11).



Рисунок 2.10 – Изгибы гибкого рукава в местах подключения к гидрантам оросительной сети



Рисунок 2.11 – Изгибы гибкого рукава в местах смены вектора направления движения его по траектории протаскивания

Согласно нормативным документам регламентирующих эксплуатацию изделий подобного класса, для минимизации создаваемых гидравлических потерь при его работе и сохранения прочностных свойств рукава необходимо создавать условия, при которых радиус его перегиба должен численно быть равен двадцати его диаметрам.

Обеспечение указанного условия в практике представляется невозможным в связи со свойствами самого изделия (характеристика материала, геометрические размеры рукава, свойство упругости к изгибу при различных гидродинамических процессах, увеличения давления в нём и т.п.) и фактом самопроизвольной конфигурации протаскивания (отсутствия направляющих) по траектории движения центральной подвижной опоры

дождевальной машины. Различные величины радиусов изгибов гибкого рукава влечёт значимую площадь зоны отчуждения в процессе его протаскивания. От протаскивания водоподводящего рукава, имеющего значительную массу, возникают дополнительные нагрузки на конструкцию центральной подвижной опоры (дождевальной машины), что влечёт к необходимости усиления конструкции и соответственно к повышению её металлоёмкости, снижению энергоэффективности и негативному влиянию на почву (колесобразование) (Кравчук А.В., Бельтиков Б.Н., 2022)

Работа дождевальной машины подобного класса сопряжена с возникновением аварийных ситуаций (самопроизвольный сход гибкого рукава с посадочного места быстросъёмного соединения центральной подвижной опоры (рисунок 2.12), что негативно влияет на эффективность работы всей оросительной системы и качество проводимого полива.



Рисунок 2.12 – Аварийная ситуация – самопроизвольный сход гибкого рукава с посадочного места быстросъёмного соединения центральной подвижной опоры

2.3 Выводы

Аналитический анализ исследований работы широкозахватной дождевальной машины фронтального передвижения УДМ «Кубань-А195-57,7-01» в целом показал удовлетворительные агротехнические показатели искусственного дождевания.

Однако в технико-эксплуатационном отношении дождевальные машины подобного класса, с подачей поливной воды из закрытой оросительной сети с помощью гибкого водоподающего рукава, имеют ряд недостатков.

Были выявлены сбои системы курсовой устойчивости и прямолинейности по длине, так и по соблюдению перпендикулярности линии дождевальной машины по отношению к курсу её движения.

Так же установлено, что периодичность выполнения технологического процесса по переподключению водоподающего гибкого рукава составляет от 0,48 до 2,38 часа, что говорит о значительных потерях времени на проведение данной операции.

От протаскивания за машиной по полю водоподводящего рукава, имеющего значительную массу, возникают дополнительные нагрузки на конструкцию центральной подвижной опоры, что приводит к деформации её элементов.

Низкая результативность процесса подачи воды к дождевальной машине посредством гибкого рукава (значимая масса и образование изгибов, появление значительных потерь напора в нём, отчуждение участка посевов, несовершенство конструкции водоподачи данной системы и др.) определяют проблематику наличия технических факторов лимитирующих эффективное применение УДМ «Кубань-А195-57,7-01».

Таким образом, очевидна необходимость дальнейшего изучения технологического процесса по подачи поливной воды к дождевальной машине

посредством гибкого напорного рукава и разработка по устранению негативных показателей его работы возможными более совершенными предложениями по системам водоподачи.

ГЛАВА 3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ И НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ КОНСТРУКТОРСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ ФРОНТАЛЬНОЙ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ УДМ «КУБАНЬ-А195-57,7-01»

3.1 Тяговая нагрузка на конструкцию центральной подвижной опоры унифицированной дождевальной машины

Теоретическое исследование по установлению влияния дополнительной тяговой нагрузки на конструкцию центральной опоры дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» создаваемой за счёт протаскивания тяжёлого водоподводящего рукава по полю является немаловажным вопросом в принятии технических решений по подбору составных элементов центральной подвижной опоры поливного агрегата.

Процесс протаскивания водоподводящего рукава по почве посредством центральной подвижной опорой оказывает на конструкцию дополнительную нагрузку равной силе сопротивления его перемещения (Кравчук А.В., Бельтиков Б.Н., Панкова Т.А., 2024; Феодосьев В.И., 2007; Мышкис А.Д., 2007; Соловьёв Д.А., Горюнова Д.Г., Гrepечук Ю.Н., 2023), которая определяется формулой:

$$F_T(L_p.) = F_c(L_p.) \quad (3.1)$$

где $F_T(L_p.)$ – развиваемое дополнительное тяговое усилие буксирующего средства для протаскивания гибкого рукава длиной $L_p.$, Н;

$F_c(L_p.)$ – сила сопротивления перемещению гибкого рукава длиной $L_p.$, преодолеваемых конструкцией дождевальной машины (центральной подвижной опорой) либо тяговым агрегатом сила, Н;

$L_p.$ – длина перемещаемого гибкого водоподающего рукава, м.

Исследования сводились к построению математической модели сил

сопротивления, возникающих при протаскивании по полю водоподводящего гибкого рукава посредством движения дождевальная машины и тяги развиваемой конструкцией её центральной подвижной опоры.

Составляющие силы сопротивления перемещению гибкого рукава во многом определяются природой возникновения:

- трения водоподводящего гибкого рукава о грунт;
- воздействия гравитации (сила принимается положительной для восходящего участка рельефа по траектории перемещения гибкого рукава и отрицательной – для нисходящего);
- упругого отпора при продольном перемещении гибкого рукава с ускорением;
- эффекта присоса гибкого рукава к почве по площади их соприкосновения;
- пассивного сопротивления почвы из-за воздействия на нее дополнительных переходников, хомутов (стяжек) при наличии таких на гибком рукаве и др.

В общем виде необходимое дополнительное тяговое усилие, развиваемое конструкцией центральной подвижной опоры для осуществления продольного перемещения за ней гибкого рукава с водой, определяется по формуле:

$$F_T = K\{T_1, \dots, T_n; S_1, \dots, S_m\} \quad (3.2)$$

где K – коэффициент, определяющий взаимосвязь между величиной тягового усилия и параметрами гибкого рукава на всём протяжении процесса его продольного перемещения за центральной подвижной опорой, безразмерная величина;

$\{T_1, \dots, T_n\}$ – совокупность параметров, характеризующих гибкий рукав, она включает такие показатели, как погонная масса, тип внешней поверхности,

толщина, прочность и упругие свойства его при заданном внутреннем давлении в системе, характеристики армирующего слоя, а также другие характеристики, многие из которых не могут быть выделены в явном виде и определены количественно, но оказывают влияние на взаимодействие гибкого рукава с почвой;

$\{S_1, \dots, S_m\}$ – совокупность параметров, характеризующих профиль трассы продольного перемещения гибкого рукава (характер почвы по дистанции, рельеф, протяженность и др.).

В период когда гибкий рукав с абсолютной длиной L_p равномерно перемещается по траектории трассы его продольного протаскивания, с вертикальным профилем $h(x)$, то продольные тяговые напряжения $F_T(x_0)$ в каждом произвольном поперечном сечении (в точке x_0 гибкого рукава) определяются однозначными силами сопротивления $F_c(x_0)$ на участке $\{0; x_0\}$ (рисунок 3.1), формула:

$$F_T(x_0) = F_c(x_0) \quad (3.3)$$

где $F_T(x_0)$ – продольные тяговые напряжения в поперечном сечении гибкого рукава на участке $\{0; x_0\}$, Н;

$F_c(x_0)$ – силы сопротивления перемещению гибкого рукава на том же участке, Н.

В этом случае сила сопротивления перемещению гибкого рукава на участке от точки его присоединения к центральной подвижной опоры до поперечного сечения x_0 определится по формуле:

$$F_c(x_0) = F_{г.с.}(x_0) + F_{с.т.}(x_0) \quad (3.4)$$

где $F_{г.с.}(x_0)$ – гравитационная составляющая сил сопротивления на участке $\{0; x_0\}$, Н;

$F_{с.т.}(x_0)$ – силы трения по продольному профилю трассы перемещения гибкого рукава на участке $\{0; x_0\}$, Н.

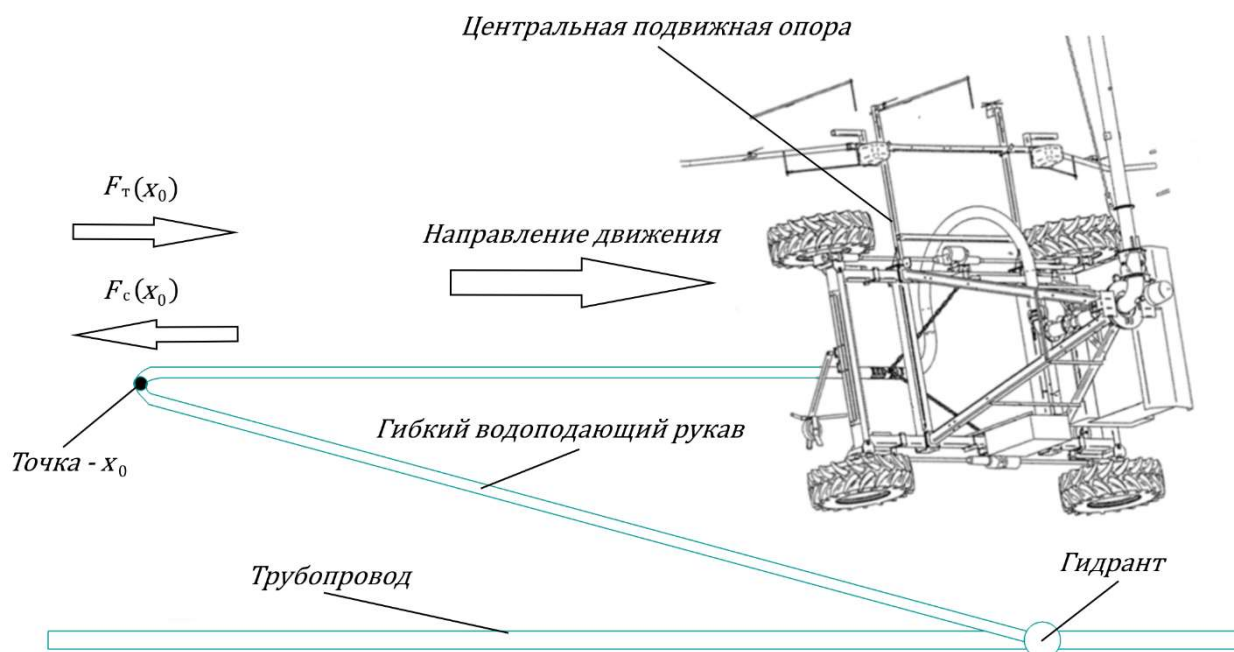


Рисунок 3.1 – Продольное перемещение рукава за центральной подвижной опорой дождевальной машины

Гравитационная составляющая сил сопротивления имеет зависимость от веса рукава и уклона рельефа, формула:

$$F_{г.с.}(x_0) = \lim_{x \rightarrow x_0} p(x) \cdot \sin \gamma^\circ \quad (3.5)$$

где $p(x)$ – вес погонного метра гибкого рукава (зависит от длины перемещаемого участка гибкого рукава), Н;

γ° – угол, характеризующий уклон продольного профиля трассы перемещения гибкого рукава (положительный на подъеме и отрицательный на спуске), градусы.

Силы трения $F_{с.т.}(x_0)$, возникающие вследствие перемещения гибкого рукава, в математическом выражении имеют дополнительную составляющую – коэффициент трения, формула:

$$F_{\text{с.т.}}(x_0) = \lim_{x \rightarrow x_0} k_{\text{тр}} \cdot p(x) \cos \gamma^\circ \quad (3.6)$$

где $k_{\text{тр}}$ – коэффициент трения, величина безразмерная.

Коэффициент трения ($k_{\text{тр}}$) является безразмерной величиной и характеризуется свойством и состоянием почвы, что определяет различную степень ее сопротивления перемещению. Ряд других условий, при которых происходит перемещение гибкого рукава по трассе движения, также влияют на итоговый показатель силы сопротивления перемещению: состояние почвенного покрова, характеризующееся мощностью растительности и степенью обработки почвы, ее влажностью, площадью контакта рукава с почвой (степень его погруженности) и др.

Максимальный угол, характеризующий уклон продольного профиля трассы перемещения гибкого рукава определён исходя из требования межгосударственного нормативного документа ГОСТ 32617-2014.

3.2 Методы установления гидродинамических процессов в гибком водоподающем рукаве

Для установления необходимого давления воды при подаче в закрытую оросительную сеть для работы дождевальная машина важно определение потерь напора в гибком рукаве, в котором в следствие изменения изгибов происходят различные гидродинамические процессы.

Методика установления гидродинамических процессов в гибком водоподающем рукаве сводится к математическому моделированию (зависимости) изменения геометрических характеристик изделия (рукава) при продольных изгибах, вызванных его перемещением, изменением его конфигурации в пространстве. Очевидно, при изменении геометрии полости водоподводящего рукава в изгибах обуславливает условия смены гидродинамических процессов. Анализ многочисленных источников научной

и нормативной литературы рассматривает процесс при чистом изгибе бесконечно длинной упругой цилиндрической трубы (схожих изделий) как овализацию поперечного сечения (Бабушкина О.С., 2003; ГОСТ10362-2017, 2017; Серебрянников А.А., 2016; Brazier L. G., 1927; Богомолова Е.П., Бараненков А.И., Петрушко И.М., 2021; Мышкис А.Д., 2021; Фихтенгольц Г.М., 2021; Фихтенгольц Г.М., 2025).

Генезис овализации поперечного сечения гибкого рукава при его изгибе заключается в формирование различных внешнего и внутреннего радиуса стенок при неизменной удельной длине контуров изделия в месте изгиба в условиях его упругих свойств. Таким образом происходит смещение стенки по внутреннему радиусу (углу) изгиба к продольной оси рукава с образованием в месте изгиба его характерного поперечного сечения формы овала.

При исследовании геометрии гибкого рукава в месте изгиба процесс овализации его поперечного сечения ограничен на продольное растяжение стенок изделия в связи со значительным его свойством упругости, обеспечиваемой плетёным каркасом.

Изучение продольного сечения в горизонтальной плоскости гибкого рукава при изгибе определяет понятие формирования малой оси геометрии овала (эллипса).

При нормальной работе (прямолинейном перемещении) гибкого рукава (траектория его протаскивания совпадает с направлением его стенки, продольной осью) удельная длина и геометрия обоих сечений его стенок, образуемых секущей горизонтальной плоскостью, тождественна. При смене вектора направления движения гибкого рукава относительно траектории протаскивания в местах изгибов гибкого рукава образуется внешний радиус (угол) изгиба внешней стенки (внешний контур) и внутренний радиус (угол) изгиба внутренней стенки (внутренний контур), угловые размеры которых равны. Учитывая упругость материала изделия и дифференциацию линейных размеров внешнего и внутреннего контуров часть удельной продольной длины

материала рукава, Δl_{cm} , пергибаясь пополам в месте изгиба перекрывает внутреннюю полость, механизм формирования элементов геометрии изгиба (рисунок 3.2). Решение задачи в таких случаях определяется вариантами: при рассмотрении угловой меры α° – между смежными его прямолинейными участками, разделяемыми изгибом и β° – угловой мерой смещения рукава.

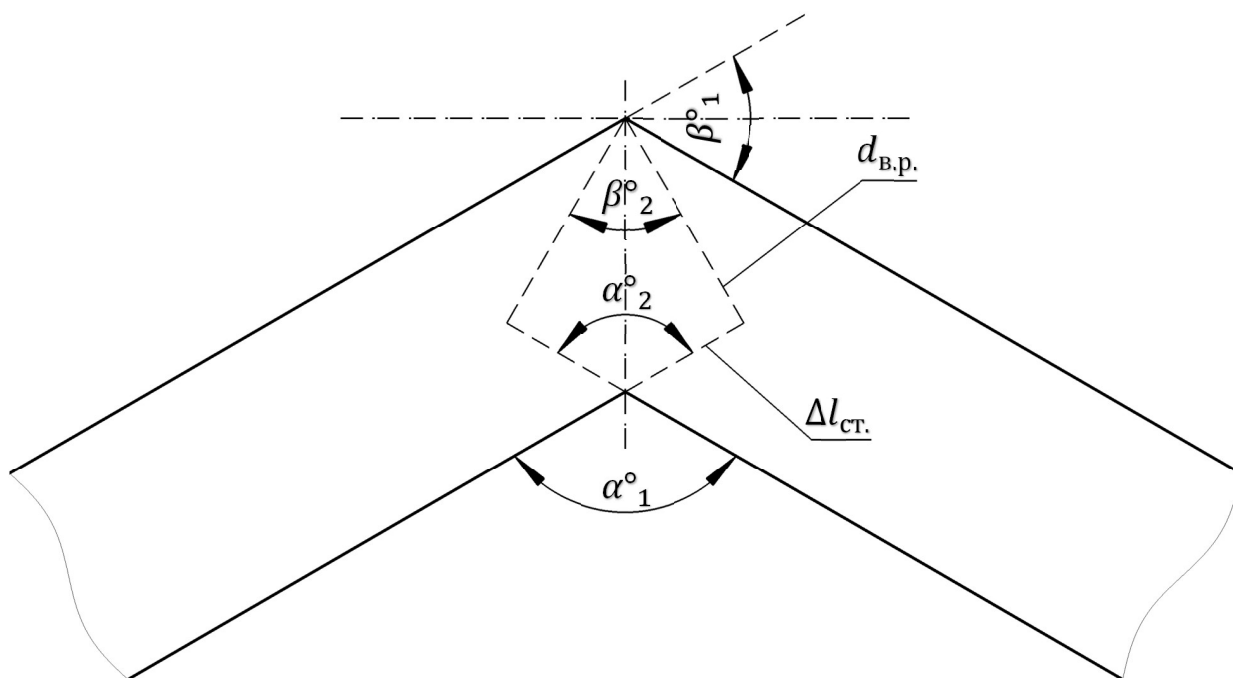


Рисунок 3.2 – Механизм формирования элементов геометрии изгиба рукава

Анализ формирования элементов геометрии изгиба показывает тождество углов:

– угол α_1° и α_2° , формула:

$$\alpha^\circ = \alpha_1^\circ = \alpha_2^\circ \quad (3.7)$$

где α° – условное обозначение угла между смежными прямолинейными участками рукава, разделяемыми изгибом, градусы;

α_1° – фактическая угловая мера между смежными прямолинейными участками рукава, разделяемыми изгибом, градусы;

α°_2 – угол, вертикальный углу α°_1 , и образованный условными прямолинейными участками контуров удельной продольной длины материала рукава, $\Delta l_{ст}$, градусы.

– угол β°_1 и β°_2 , формула:

$$\beta^\circ = \beta^\circ_1 = \beta^\circ_2 \quad (3.8)$$

где β° – условное обозначение угла смещения рукава, градусы;

β°_1 – фактическая угловая мера смещения рукава, градусы;

β°_2 – угол между условными поперечными сечениями рукава в точке изгиба, градусы.

Таким образом малая ось эллипса поперечного сечения гибкого рукава в месте его перегиба определится формулой:

$$B_{эл} = 2b_{эл} = d_{в.р.} - \Delta l_{ст} \quad (3.9)$$

где $B_{эл}$ – малая ось эллипса поперечного сечения гибкого рукава, мм;

$b_{эл}$ – малая полуось эллипса поперечного сечения гибкого рукава, мм;

$d_{в.р.}$ – внутренний диаметр гибкого рукава, мм;

$\Delta l_{ст}$ – $\frac{1}{2}$ части удельной продольной длины материала рукава перегибаясь пополам в месте изгиба перекрывает внутреннюю полость, мм.

Учитывая характер схемы формирования изгиба рукава (рисунок 3.3), определяется длина малой оси эллипса поперечного сечения гибкого рукава через угол α° по формуле:

$$\begin{aligned} B_{эл} &= 2 \cdot b_{эл} = d_{в.р.} - d_{в.р.} \cdot \cot \frac{\alpha^\circ}{2} = \\ &= d_{в.р.} \cdot \left(1 - \cot \frac{\alpha^\circ}{2} \right) \end{aligned} \quad (3.10)$$

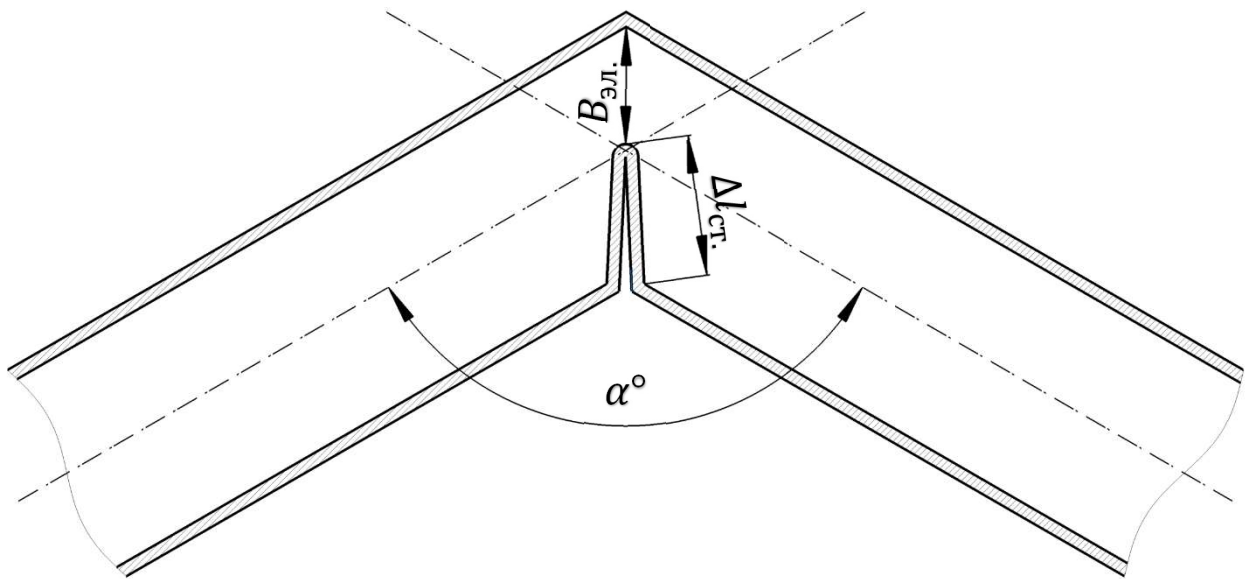


Рисунок 3.3 – Схема изгиба рукава при рассмотрении угла α°

Методика нахождения размерности малой оси поперечного сечения рассматривая угол β° (рисунок 3.4) определяем формулой:

$$\begin{aligned}
 B_{\text{эл.}} &= 2 \cdot b_{\text{эл.}} = d_{\text{в.п.}} - d_{\text{в.п.}} \cdot \tan \frac{\beta^\circ}{2} = \\
 &= d_{\text{в.п.}} \cdot \left(1 - \tan \frac{\beta^\circ}{2} \right)
 \end{aligned}
 \tag{3.11}$$

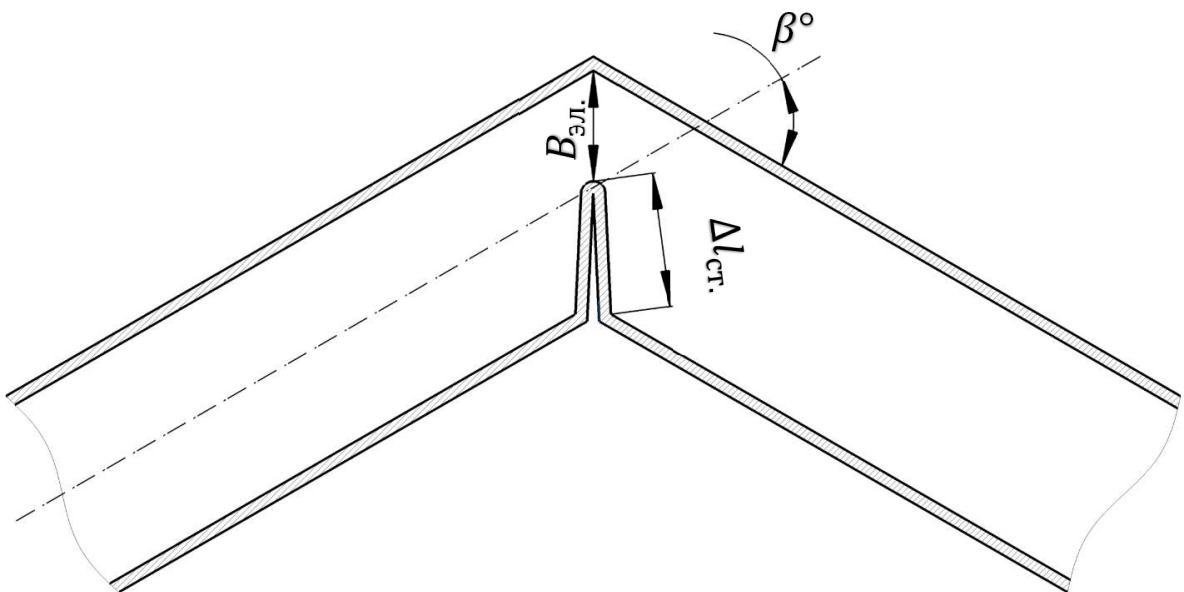


Рисунок 3.4 – Схема изгиба рукава при рассмотрении угла β°

Величина второй (большой) полуоси эллипса поперечного сечения в месте изгиба рукава определяться рекомендованной теорией (Зарецкая М.И., Скворцов Б.В. и др., 2017).

Длина окружности в поперечном сечении по всей длине рукава, в том числе и в местах его изгибов, является величиной постоянной (рисунок 3.5).

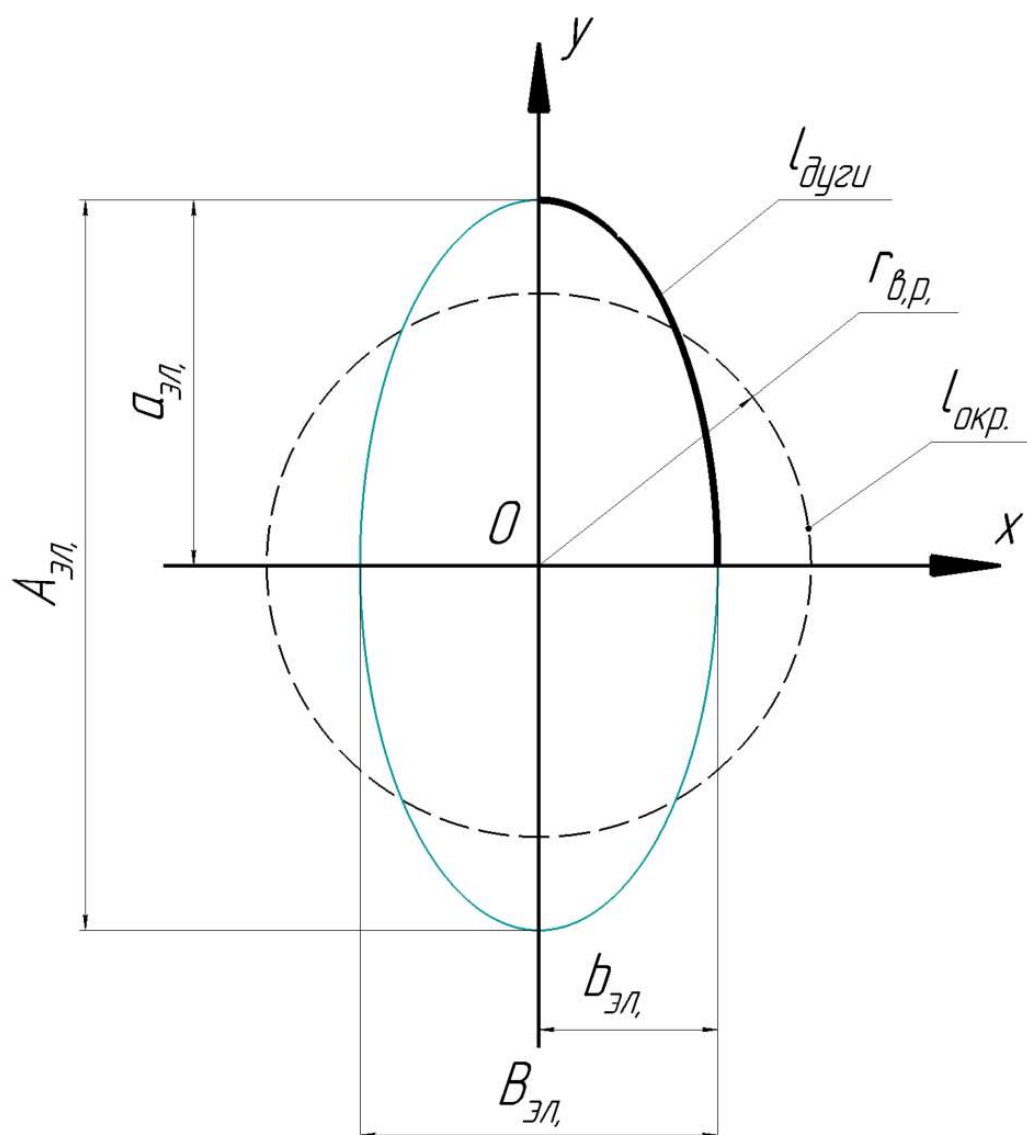


Рисунок 3.5 – Схема расчёта длины окружности эллипса

Таким образом расчёт длины окружности эллипса поперечного сечения при изгибе проводится по формуле:

$$L_{эл.} = 4 \cdot l_{дуги} = 2 \cdot \pi \cdot r_{в.р.} = const \quad (3.12)$$

где $L_{\text{эл.}}$ – длина окружности эллипса, мм;

$l_{\text{дуги}}$ – длина дуги, в первой четверти координатной плоскости Oxy , мм;

π – математическая константа, безразмерная величина;

$r_{\text{в.р.}}$ – первоначальный внутренний радиус окружности гибкого рукава до его деформации в поперечном сечении, радиус при нормальной работе (прямолинейном перемещении) гибкого рукава, мм.

Параметрическим уравнением эллипса является система уравнений представленной формулой:

$$\begin{cases} x = a_{\text{эл.}} \cdot \cos t \\ y = b_{\text{эл.}} \cdot \sin t \end{cases} \quad (3.13)$$

где $a_{\text{эл.}}$ – большая полуось эллипса поперечного сечения гибкого рукава, мм;

$b_{\text{эл.}}$ – малая полуось эллипса поперечного сечения гибкого рукава, мм;

t – параметр, который изменяется в диапазоне от 0 до 2π .

Рассматривая параметрическое уравнение эллипса в первой четверти (исходя из геометрических свойств фигуры т.е. симметрии) длина кривой, которая образует четверть дуги эллипса рассчитывается (Макаров Е.Г., 2024) формулой:

$$l_{\text{дуги}} = \int_0^{\pi/2} \sqrt{(x')^2 + (y')^2} dt \quad (3.14)$$

где x' – производная от x уравнения, формула (3.11);

y' – производная от y уравнения, формула (3.11).

Преобразовав формулу (3.14), получим значение длины дуги эллипса в виде выражения:

$$l_{\text{дуги}} = a_{\text{эл.}} \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - \left(1 - \left(\frac{b_{\text{эл.}}}{a_{\text{эл.}}}\right)^2\right) \sin^2 t} dt \quad (3.15)$$

Учитывая математическое тождество, приведённое в формуле (3.12), равенство примет вид, формула:

$$4a_{\text{эл.}} \int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - \left(1 - \left(\frac{b_{\text{эл.}}}{a_{\text{эл.}}}\right)^2\right) \cdot \sin^2 t} dt = 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{в.р.}} \quad (3.16)$$

Для получения прямого аналитического решения уравнения воспользуемся равенством функций:

$$\int_0^{\pi/2} \sqrt{1 - \left(1 - \left(\frac{b_{\text{эл.}}}{a_{\text{эл.}}}\right)^2\right) \sin^2 t} dt = f\left(\frac{b_{\text{эл.}}}{a_{\text{эл.}}}\right) \quad (3.17)$$

Пологая, что $0 \leq b_{\text{эл.}} \leq a_{\text{эл.}}$ получаем расчётные данные функции $f\left(\frac{b_{\text{эл.}}}{a_{\text{эл.}}}\right)$ (таблица 3.1), зависимость которых возможно отобразить графиком (рисунок 3.6).

Таблица 3.1 – Расчётные данные функции $f\left(\frac{b_{\text{эл.}}}{a_{\text{эл.}}}\right)$

$b_{\text{эл.}}/a_{\text{эл.}}$	0	0,100	0,200	0,300	0,400	0,500	0,600	0,700	0,800	0,900	1,000
$f\left(\frac{b_{\text{эл.}}}{a_{\text{эл.}}}\right)$	1,000	1,016	1,051	1,096	1,151	1,211	1,276	1,346	1,418	1,493	1,571

Для корректного (истинного) математического моделирования применяем метод квадратичной аппроксимации эллиптического интеграла, формула (3.17), и определяем функцию второго порядка, которая при замене $b_{\text{эл.}}/a_{\text{эл.}} \rightarrow x$ будет иметь следующий вид:

$$y = a \cdot x^2 + b \cdot x + c \quad (3.18)$$

Формируем систему уравнений по условию формулы:

$$S(a, b, c) = \sum_{i=1}^n (a \cdot x^2 + b \cdot x + c)^2 \rightarrow \min \quad (3.19)$$

Тогда функция $S(a, b, c)$ будет принимать минимальное значение если частные производные обращаются в ноль, формула:

$$\begin{cases} S'_a = 0 \\ S'_b = 0 \\ S'_c = 0 \end{cases} \quad (3.20)$$

Тогда первое равенство в системе уравнения формулы (3.20) будет иметь вид:

$$S'_a = \sum_{i=1}^n 2 \cdot (a \cdot x_i^2 + b \cdot x_i + c + y_i) \cdot x_i^2 = 0 \quad (3.21)$$

Второе равенство в системе уравнения формулы (3.20) будет иметь вид:

$$S'_b = \sum_{i=1}^n 2 \cdot (a \cdot x_i^2 + b \cdot x_i + c + y_i) \cdot x_i = 0 \quad (3.22)$$

Третье равенство в системе уравнения формулы (3.20) будет иметь вид:

$$S'_c = \sum_{i=1}^n 2 \cdot (a \cdot x_i^2 + b \cdot x_i + c + y_i) \cdot 1 = 0 \quad (3.23)$$

Таким образом система примет вид:

$$\begin{cases} (\sum_{i=1}^n x_i^4) \cdot a + (\sum_{i=1}^n x_i^3) \cdot b + (\sum_{i=1}^n x_i^2) \cdot c = \sum_{i=1}^n x_i^2 \cdot y_i \\ (\sum_{i=1}^n x_i^3) \cdot a + (\sum_{i=1}^n x_i^2) \cdot b + (\sum_{i=1}^n x_i) \cdot c = \sum_{i=1}^n x_i \cdot y_i \\ (\sum_{i=1}^n x_i^2) \cdot a + (\sum_{i=1}^n x_i) \cdot b + n \cdot c = \sum_{i=1}^n y_i \end{cases} \quad (3.24)$$

При известных значениях функции $f(b_{\text{эл.}}/a_{\text{эл.}})$, таблица 3.1 система уравнений формула (3.24) примет вид системы, формула:

$$\begin{cases} 2,533 \cdot a + 3,025 \cdot b + 3,85 \cdot c = 5,445 \\ 3,025 \cdot a + 3,85 \cdot b + 5,5 \cdot c = 7,463 \\ 3,85 \cdot a + 5,5 \cdot b + 11 \cdot c = 13,629 \end{cases} \quad (3.25)$$

Решение данной системы методом Крамера позволяет найти искомую функцию четверти дуги эллипса:

$$f(x) = 0,308 \cdot x^2 + 0,281 \cdot x + 0,99 \quad (3.26)$$

Определив искомую функцию по формуле (3.26), представляется возможность провести графическую проверку принятых методов решений задач и их расчётов значений малой полуоси эллипса (рисунок 3.6)

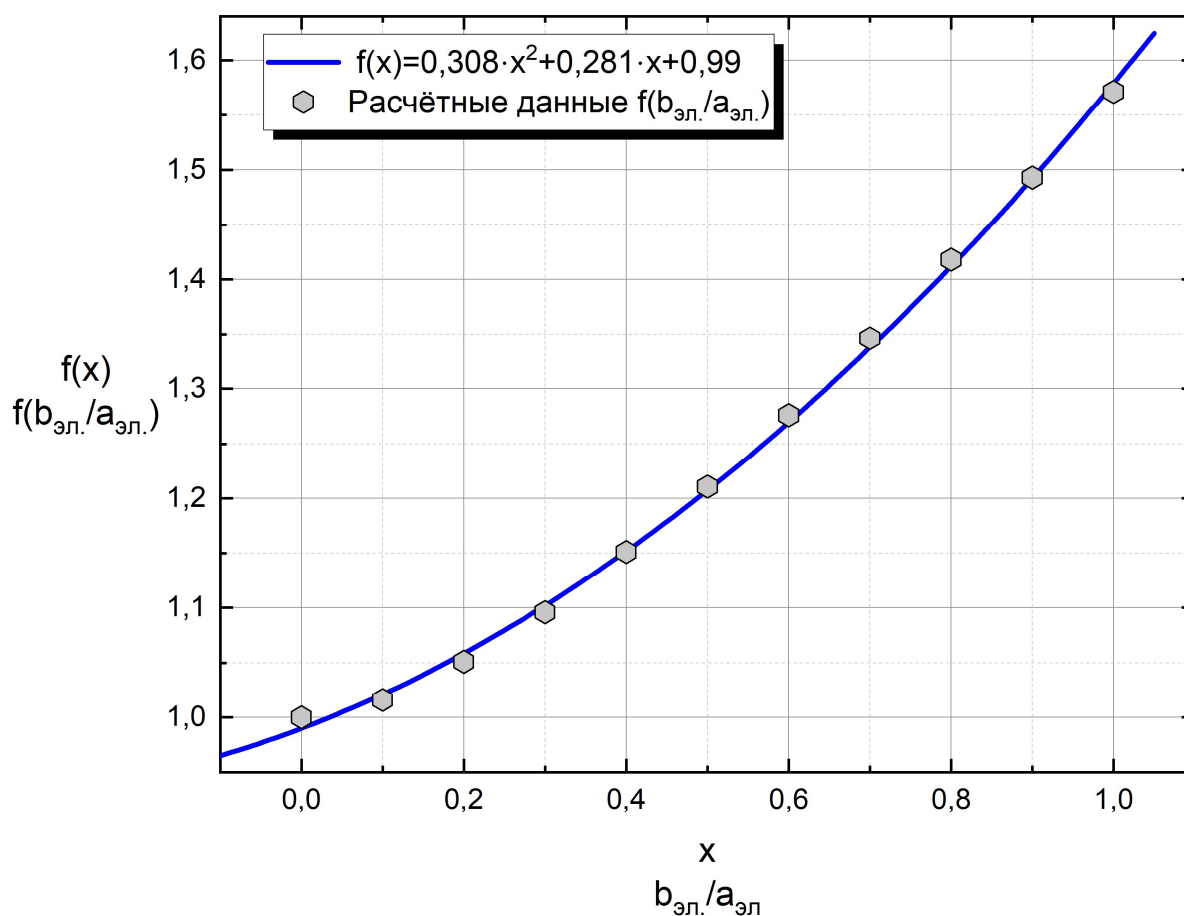


Рисунок 3.6 – Графики расчётных данных $f(b_{эл.}/a_{эл.})$ и четверти дуги эллипса

Показатель корреляционного соотношения равен: $\eta_{f(x)x} = 0,99$.

При обратной замене в искомой функции, формула (3.26), $x \rightarrow b_{\text{эл.}}/a_{\text{эл.}}$ и учитывая начальные условия константы длины контура поперечного сечения формула (3.12) определится равенство, формула:

$$4 \cdot a_{\text{эл.}} \cdot \left[0,308 \cdot \left(\frac{b_{\text{эл.}}}{a_{\text{эл.}}} \right)^2 + 0,281 \cdot \frac{b_{\text{эл.}}}{a_{\text{эл.}}} + 0,99 \right] = 2 \cdot \pi \cdot r_{\text{в.р.}} \quad (3.27)$$

Преобразовывая тождество, получаем окончательное квадратное уравнение с переменной a , формула:

$$a_{\text{эл.}}^2 + 2 \cdot a_{\text{эл.}} \cdot (0,142 \cdot b_{\text{эл.}} - 0,793 \cdot r_{\text{в.р.}}) + 0,311 \cdot b_{\text{эл.}}^2 = 0 \quad (3.28)$$

При решении которого находим математическую зависимость длины большой полуоси a от геометрических характеристик малой полуоси эллипса b и радиуса окружности r , формула:

$$a_{\text{эл.}} = (0,793 \cdot r_{\text{в.р.}} - 0,142 \cdot b_{\text{эл.}}) \pm \sqrt{(0,793 \cdot r_{\text{в.р.}} - 0,142 \cdot b_{\text{эл.}})^2 - 0,311 \cdot b_{\text{эл.}}^2} \quad (3.29)$$

Учитывая начальные условия ($b_{\text{эл.}} = r_{\text{в.р.}}$, $a_{\text{эл.}} = r_{\text{в.р.}}$) в выражении формула (3.30) оставляем знак «+», тогда получаем формулу:

$$a_{\text{эл.}} = (0,793 \cdot r_{\text{в.р.}} - 0,142 \cdot b_{\text{эл.}}) + \sqrt{(0,793 \cdot r_{\text{в.р.}} - 0,142 \cdot b_{\text{эл.}})^2 - 0,311 \cdot b_{\text{эл.}}^2} \quad (3.30)$$

Таким образом определение искомых геометрических характеристик эллипса поперечного сечения водоподводящего гибкого рукава при различных угловых мерах в местах его изгиба даёт возможность провести оценку зависимости относительной пропускной способности водоподводящего гибкого рукава при перемещении, а следовательно, судить о факторах, вызывающих различные гидродинамические процессы при его работе, формула:

$$q(b_{\text{эл.}}) = \sqrt{\frac{S(b_{\text{эл.}})}{\pi \cdot r_{\text{в.р.}}^2}} \quad (3.31)$$

где $q(b_{\text{эл.}})$ – относительная пропускная способность в зависимости от геометрических характеристик поперечного сечения эллипса к первоначальной пропускной способности гибкого рукава имеющего прямолинейное положение, безразмерная величина.

$S(b_{\text{эл.}})$ – площадь эллипса поперечного сечения водоподводящего рукава в зависимости от длины малой полуоси, мм².

3.3 Численное моделирование гидродинамических процессов в водоподающем рукаве

Предлагаемые методы установления факторов, вызывающих различные гидравлические процессы в гибком рукаве, описывают их в отдельных сечениях при медленных изменениях давления жидкости и не высоких скоростях потока. Данная методика не учитывает количественный (групповой) фактор комбинации различных изгибов и их взаимовлияние на гидравлические процессы в рукаве (Ткачёв А.А., А.М. Анохин, Н.А. Шелестова и др., 2025).

Теоретическое обоснование гидродинамических процессов, протекающих как в частном случае, в местах изгиба гибкого рукава, так и в

общем – по его длине определяется сложностью местных сопротивлений в поперечных сечениях нескольких изгибов. Где на гидродинамические процессы влияют различные факторы, характеризующие не только площадь свободного поперечного сечения, но и кинематику структуры потока.

Гидродинамические процессы, проходящие в водоподающем гибком рукаве при работе дождевальной машины, определяются систематизацией и теоретическим обобщением данных, полученных при исследовании следующих аспектов:

- механики образования систем углов изгибов гибкого рукава в местах смены вектора направления перемещения его при протаскивании;
- обосновании геометрии поперечного сечения изгиба;
- анализа описательной статистики образованных систем углов изгибов на водоподающем гибком рукаве;
- компьютерного геометрического моделирования как одиночных, так и систем углов изгибов рукава в местах смены вектора направления перемещения его при протаскивании при характерных режимах потока в нём;
- компьютерного моделирования гидродинамических процессов, происходящих как в одиночных, так и в системах углов изгибов (СУИ) гибкого рукава при характерных режимах его работы;
- анализа полученных данных.

С целью исследования работы гибкого водоподающего рукава в ходе эксплуатации универсальной дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» проводилось изучение его параметров по количеству и размерам углов изгибов.

Маркировка углов изгибов рукава осуществлялась согласно схемы (рисунок 3.7). Нумерация углов проводилась по ходу движения поливной воды по гибкому рукаву от гидранта закрытой оросительной сети к центральной подвижной опоре дождевальной машины.

Периодичность измерений обуславливалась моментами изменений

количественных характеристик изгибов и их угловых размеров (Глава 4).

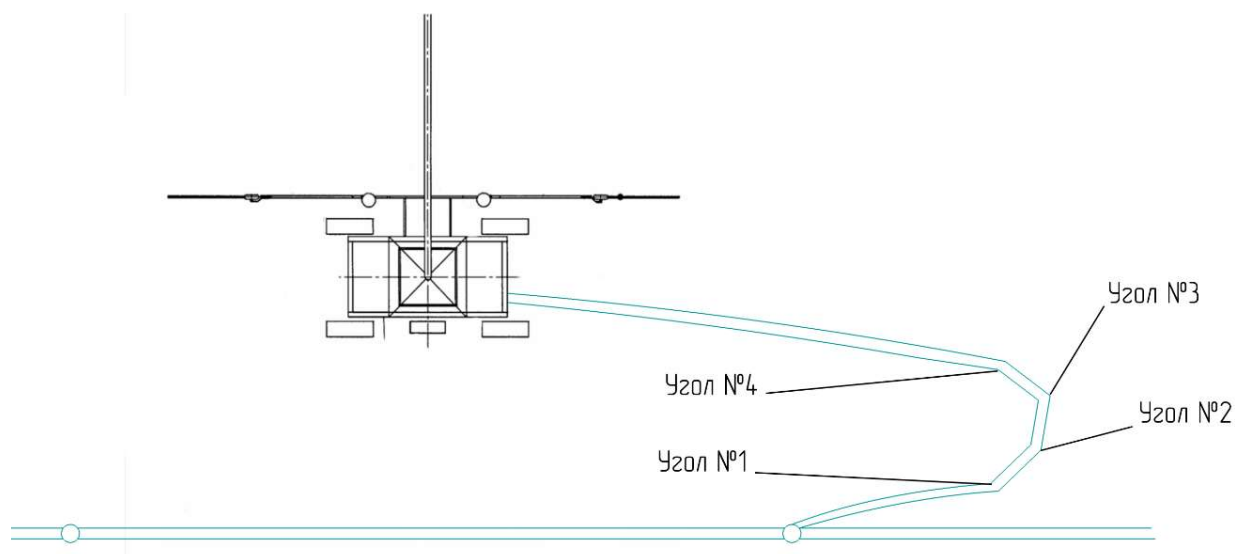


Рисунок 3.7 – Схема маркировки углов изгибов гибкого рукава

Методика определения геометрических параметров СУИ учитывала характер образования её элементов и регламентировала первоначальный фактический замер угла изгиба α° , с последующим перерасчётом его на смежный угол β° .

С целью обеспечения компьютерного моделирования в программе KompasFlow системы гидродинамического и термодинамического экспресс-анализа для КОМПАС-3D приняты характерные показатели описательной статистики значений суммы углов изгибов входящих в СУИ водоподводящего гибкого рукава в местах смены вектора направления перемещения его при протаскивании:

- медиана;
- мода;
- минимум;
- максимум, показатель при характерном режиме работы гибкого рукава со значением суммы углов изгиба 92° гибкого рукава, имеются случаи в нём максимального местного его изгиба с углом 70° .

Исходные геометрические показатели приняты согласно технико-эксплуатационным характеристикам водоподающего гибкого рукава: трубопровод LAYFLAT премиум класса «SUNNYHOSE», «ПРИВЕТ, САННИХОЗ» (производство Гонконг), поставляемого в комплекте к универсальной дождевальная машиной УДМ «Кубань-А195-57,7-01».

Определение гидравлических характеристик СУИ определялось по технико-эксплуатационным показателям режима работы дождевальной машины, то есть при расходе поливной воды дождевальной машиной ($Q_{д.м.}$) 57,8 л/с.

Значения расстояний отбора показаний давлений от места СУИ по длине гибкого рукава определены согласно рекомендациям ГОСТ 34437-2018 по установленным контрольным точкам (сечениям) (рисунок 3.8) значение которых указаны в таблице 3.2.

Длина прямых отрезков на исследуемом объекте ($L_{п.о.д.}$) составляла не менее двадцати номинальных диаметров на входе и не менее десяти номинальных диаметров на выходе объекта ($L_{п.о.п.}$).

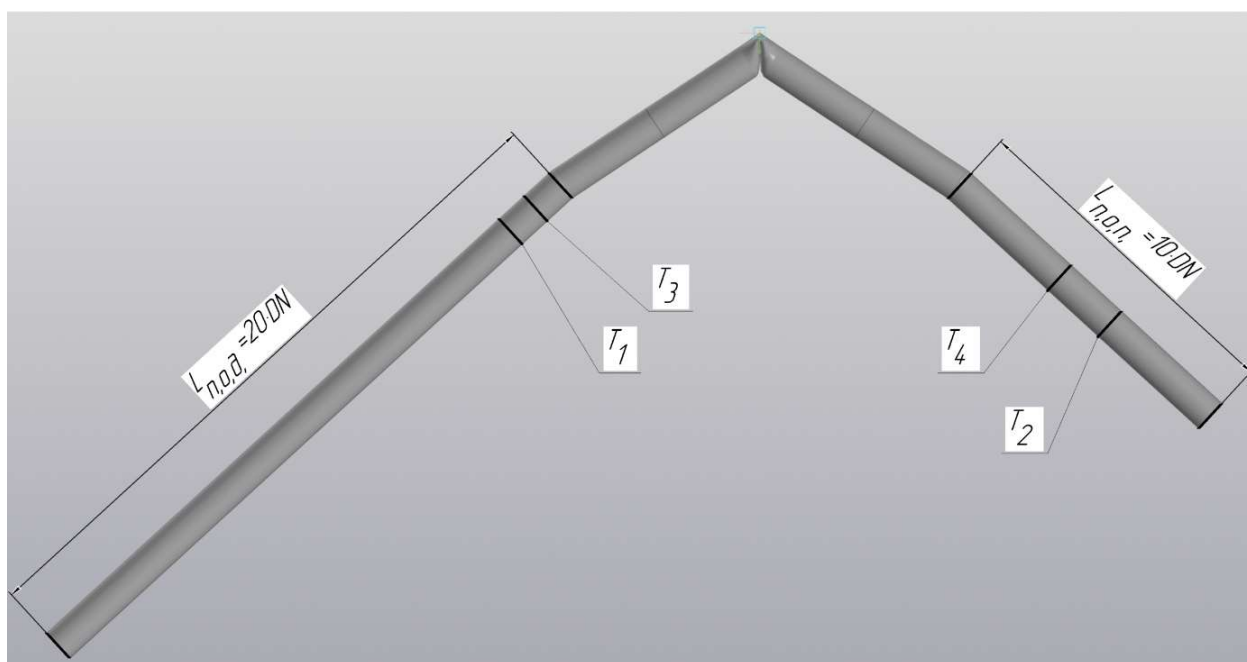


Рисунок 3.8 – Схема контрольных точек отбора гидродинамических показаний

Таблица 3.2 – Значения расстояний отбора показаний давлений от места поперечного сечения изгиба по длине гибкого рукава

Наименование показателя		Условное значение, DN (номинальный диаметр)	Числовое значение, мм	Условное обозначение точки замера
Расстояние от точки замера до поперечного сечения СУИ	Минимальное	1 DN	155	T.3
	Максимальное	2 DN	310	T.1
Расстояние после поперечного сечения СУИ	Минимальное	4 DN	620	T.4
	Максимальное	6 DN	930	T.2

Коэффициент гидравлического сопротивления определялся по формуле (Киселёв П.Г., Альтшуль А.Д., Данильченко НВ и др., 1972; Штейнберг М.О., 1992; СП 31.13330.2021):

$$\xi = \frac{2 \cdot h_m \cdot g}{V^2} \quad (3.32)$$

где ξ – коэффициент гидравлического сопротивления, величина безразмерная;

h_m – местные потери напора на испытуемой системе углов изгибов, м;

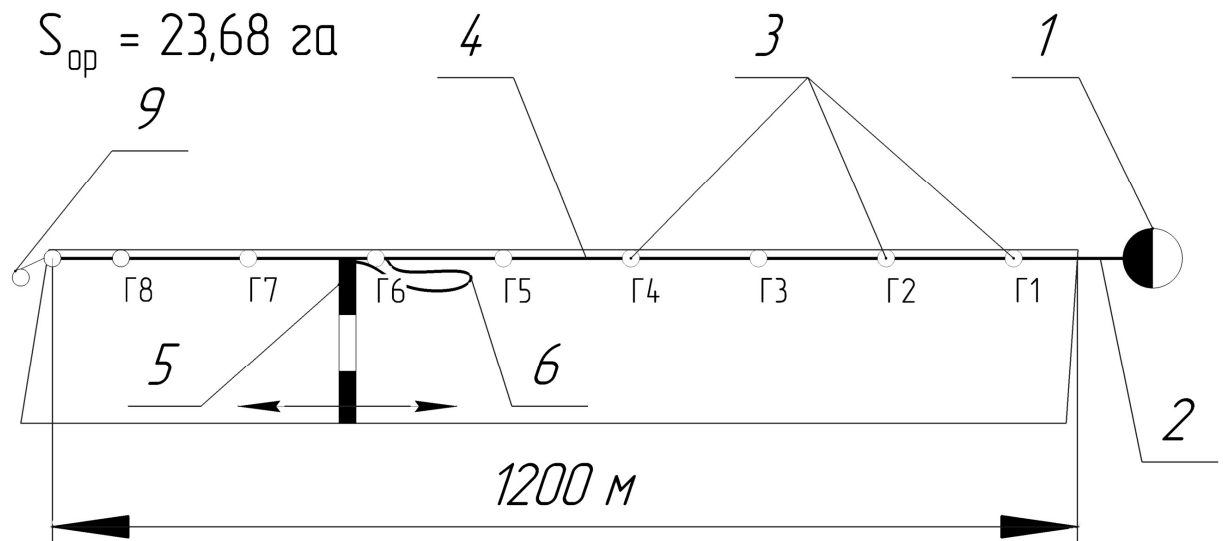
V – средняя скорость жидкости в сечении, м/с;

g – величина ускорения свободного падения, м/с²

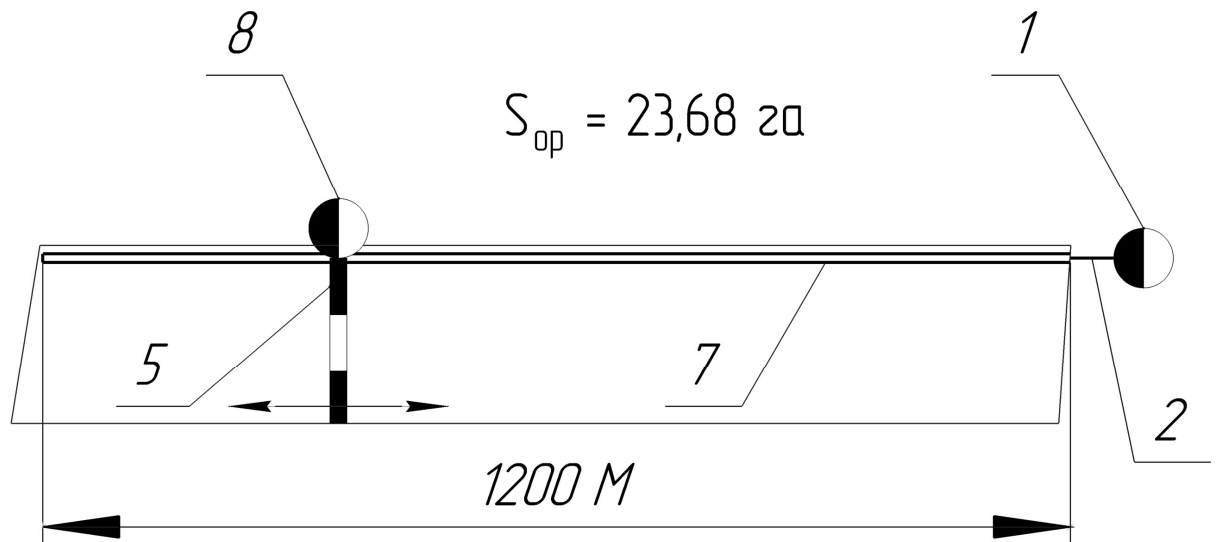
3.4 Методика гидравлических исследований систем водоподачи

В научной работе рассматриваются варианты обеспечения работы широкозахватной дождевальнй машины посредством различных типов водоводов (рисунок 3.9):

- закрытая оросительная система (ЗОС), где основными элементами являются закрытые трубопроводы, гибкий водоподводящий рукав и т.д.;
- лотковая (открытая) оросительная сеть (ЛОС), главным элементом является водоподающая сеть из лотков.



а)



б)

Рисунок 3.9 – Схема обеспечения работы дождевальной машины
 а) закрытая оросительная система, б) лотковая оросительная сеть:
 1 – подкачивающая насосная станция; 2 – напорный трубопровод;
 3 – гидранты подключения ДМ; 4 – закрытый трубопровод; 5 – дождевальная машина (ДМ); 6 – гибкий водоподающий рукав; 7 – открытый лоток;
 8 – насосно-силовая установка на ДМ; 9 – вантуз

Исследования вариантов гидравлических объектов водоподачи проводились на основании существующей нормативно-технической базы и научных исследований (СП 399.1325800.2018; СП 40-102-2000; СП

31.13330.2021; Шевелёв Ф.А., Шевелёв А.Ф., 2014; Киселёв П.Г., Альтшуль А.Д., Данильченко НВ и др., 1972; Штейнберг М.О., 1992 и др.).

3.4.1 Гидравлические исследования работы закрытой оросительной системы (ЗОС)

Методика исследований работы закрытой оросительной системы включала анализ обеспечения оросительной водой широкозахватной дождевальной машины и расчёт напорно-расходных (гидравлических) характеристик водоводов системы водоподачи (Гудилин Н.С., Кривенко Е.М., Маховиков Б.С. и др., 2007; Зуйков А.Л., 2019; Рыжко Н. Ф., Рыжко Н. В., Смирнов Е. С., Рыжко С. Н., Шишенин Е. А., Бельтиков Б. Н., 2020).

Гидравлический расчёт закрытого водовода определяется на основании исследуемого орошаемого участка (рисунок 3.10) с учётом расчётных расходов (Шевелёв Ф.А., Шевелёв А.Ф., 2014; Харитонов В.А., 2008; Базавлук В.А., 2016; Козинская О.В., Бочарников В.С., Бочарникова О.В. и др., 2024).

Напор необходимый для обеспечения работы ЗОС определяется (Панфёров В.С., Яшин А.В., Щербаков С.И. и др., 2012):

$$H_{\text{зос}} = H_{\text{тр.}} + H_{\text{р.}} + H_{\text{св.}} + H_{\text{обв. нс}} \quad (3.33)$$

где $H_{\text{зос}}$ – гидравлический напор закрытой оросительной системы, м;

$H_{\text{тр.}}$ – потери гидравлического напора по длине трубопровода закрытой оросительной системы, м;

$H_{\text{р.}}$ – потери гидравлического напора водоподающего рукава закрытой оросительной системы, м;

$H_{\text{обв. нс}}$ – потери гидравлического напора обвязки насосной станции закрытой оросительной системы, м;

$H_{\text{св.}}$ – свободный напор на изливе из закрытой оросительной сети,

обеспечивающий эксплуатационный режим дождевальной машины, м.

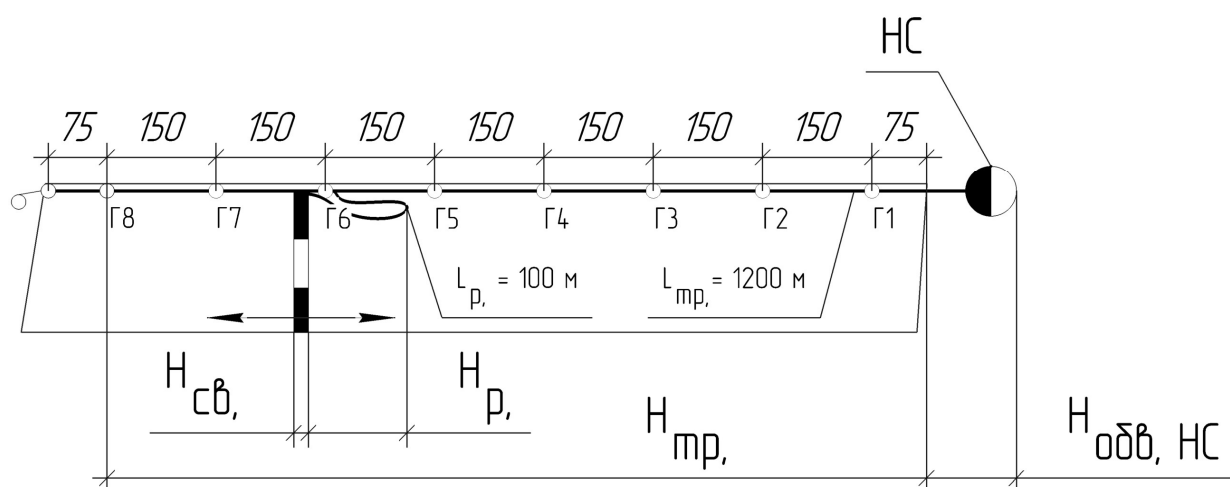


Рисунок 3.10 – Схема потерь напора по длине каждого гидравлического участка закрытой оросительной сети

Потери гидравлического напора трубопровода ($H_{тр.}$) закрытой оросительной системы рассчитываются по формуле (Зуйков А.Л., Волгина Л.В., 2018):

$$H_{тр.} = \sum i_{l. тр.} \cdot l_{тр.} + \sum h_{м.с. тр.} + h_{геом. тр.} \quad (3.34)$$

где $i_{l. тр.}$ – удельные гидравлические потери напора при температуре воды t , °С (потери напора на единицу длины трубопровода), м/м;

$l_{тр.}$ – длина участка трубопровода, м;

$h_{м.с. тр.}$ – потери напора на местные сопротивления (стыковых соединений, обвязки трубопровода и т.д.), м;

$h_{геом. тр.}$ – геометрическая высота подъёма оросительной воды на участке трубопровода, м.

При полевых исследованиях ЗОС установлено, что по месту прокладки трубопровода рельеф участка является спокойным и разница геометрических высот от уровня зеркала водоисточника до максимальной геометрической

отметки водоподающего гидранта ($h_{\text{геом. тр.}}$), составляет два метра.

В связи с подобием схем обвязок напорных насосных станций, конструкций и малозначительных линейных размерах напорного трубопровода принимаем гидравлические потери на обвязках насосных станциях ЗОС ($H_{\text{обв. НС}}$) и ЛОС ($H_{\text{обв. НС1}}$) (рис. 3.9, 3.10, 3.12) равными 2,0 метра.

Для определения потерь гидравлического напора гибкого водоподающего рукава закрытой оросительной сети применяется формула:

$$H_{\text{р.}} = \sum i_{\text{л. р.}} \cdot l_{\text{р.}} + \sum h_{\text{м.с. р.}} + h_{\text{геом. р.}} + h_{\text{СУИ}} \quad (3.35)$$

где $i_{\text{л. р.}}$ – удельные гидравлические потери напора при температуре воды t , °С (потери напора на единицу длины водоподающего рукава), м/м;

$l_{\text{р.}}$ – длина рукава, м;

$h_{\text{м.с. р.}}$ – потери напора на местные сопротивления в местах обвязки рукава, м;

$h_{\text{геом. р.}}$ – геометрическая высота подъёма оросительной воды на участке рукава, м.

$h_{\text{СУИ}}$ – потери напора в системе углов изгиба, образованных при протаскивании рукава, м.

Учитывая незначительные перепады рельефа исследуемого орошаемого участка, принимаем, что геометрическая разница высот мест подключения рукава ($h_{\text{геом. р.}}$) равна нулю.

Свободный напор обеспечивающий требуемый эксплуатационный режим и нормальную работу дождевальную машины ($H_{\text{св.}}$) устанавливается её проектировщиком.

Значения местных потерь напора в трубопроводе ($h_{\text{м.с. тр.}}$) и в местах обвязки рукава ($h_{\text{м.с. р.}}$) согласно СП 31.13330.2021 принимаются равными 15% от потерь напора по длине трубопровода и рукава.

Согласно расходным характеристикам дождевальнй машины диаметр труб проектируемого трубопровода принимают на основании технико-экономического расчёта исходя из скоростей движения воды (таблица 3.3).

Таблица 3.3 – Рекомендуемые скорости движения воды в напорных трубопроводах

Диаметр труб, мм	Скорость движения воды в напорных трубопроводах, м/с
До 250	0,8 - 2
250 - 800	1 - 3
Св. 800	1,5 - 4

Скорость движения потока воды в закрытом водоводе (трубопроводе, водоподающем рукаве) определяется по формуле:

$$V_{3.в.} = \frac{Q_{3.в.}}{S_{3.в.}} = \frac{4 \cdot Q_{3.в.}}{\pi \cdot d_{3.в.}^2} \quad (3.36)$$

где $V_{3.в.}$ – скорость движения поливной воды в закрытом водоводе (трубопроводе, водоподающем рукаве), м/с;

$Q_{3.в.}$ – расход воды в закрытого водоводе, м³/с;

$S_{3.в.}$ – площадь поперечного сечения водовода, м²;

$d_{3.в.}$ – диаметр поперечного сечения закрытого водовода, м.

Потери напора на единицу длины ($i_{l. 3.в.}$) трубопровода и гибкого рукава определяются по формуле (Штейнберг М.О., 1992):

$$i_{l. 3.в.} = \frac{\lambda_{3.в.} \cdot V_{3.в.}}{2 \cdot g \cdot d_{3.в.}} \quad (3.37)$$

где $i_{l. 3.в.}$ – удельные гидравлические потери напора на единицу длины трубопровода, водоподающего рукава, м/м;

$\lambda_{з.в.}$ – коэффициент гидравлического сопротивления по длине закрытого водовода, величина безразмерная;

g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Коэффициент гидравлического сопротивления закрытого водовода ($\lambda_{з.в.}$) определяют по формуле (СП 40-102-2000):

$$\sqrt{\lambda_{з.в.}} = \frac{0,5 \cdot \left[\frac{b_{п.р.}}{2} + \frac{1,312 \cdot (2 - b_{п.р.}) \cdot \lg\left(\frac{3,7 \cdot d_{з.в.}}{K_{э.}}$$

где $b_{п.р.}$ – число подобия режимов течения воды, величина безразмерная;

$Re_{ф.з.в.}$ – число Рейнольдса фактическое, величина безразмерная;

$K_{э.з.в.}$ – коэффициент эквивалентной шероховатости, принимается не менее 0,00001 (СП 40-102-2000), величина безразмерная.

Число подобия режимов течения воды ($b_{п.р.}$) рассчитывают по формуле:

$$b_{п.р.} = 1 + \frac{\lg Re_{ф.з.в.}}{\lg Re_{кв.з.в.}} \quad (3.39)$$

где $Re_{кв.з.в.}$ – число Рейнольдса, соответствующее началу квадратичной области гидравлических сопротивлений при турбулентном движении воды, величина безразмерная.

При расчётах обозначается условие: если $b_{п.р.} > 2$, то следует принимать число подобия режимов течения воды равным двум.

Число Рейнольдса фактическое ($Re_{ф.з.в.}$) определяется по формуле:

$$Re_{ф.} = \frac{V_{з.в.} \cdot d_{з.в.}}{\nu_{к.в.}} \quad (3.40)$$

где $\nu_{к.в.}$ – коэффициент кинематической вязкости воды, $\text{м}^2/\text{с}$.

Число Рейнольдса, соответствующее началу квадратичной области гидравлических сопротивлений при турбулентном движении воды рассчитываем, как соотношение величин, формула:

$$Re_{\text{кв.}} = \frac{500 \cdot d_{\text{з.в.}}}{K_{\text{э.}}} \quad (3.41)$$

Расчёты по определению удельных гидравлических потерь в закрытых водоводах проводятся с учетом температуры транспортируемой поливной воды равной 10°C.

3.4.2 Гидравлические исследования открытой лотковой сети (ЛОС)

Поверхностный водовод представляет собой протяжённую лотковую оросительная сеть (ЛОС), выполненной из полимерной двухслойной гофрированной трубы КОРСИС, ТУ 22.21.21-001-73011750-2021, с вырезом по поверхности (рисунок 3.11).



Рисунок 3.11 – Поверхностный водовод – лотковая оросительная сеть (ЛОС)

Расчётная схема поверхностного водовода на опытном участке

представлена на рисунке 3.12.

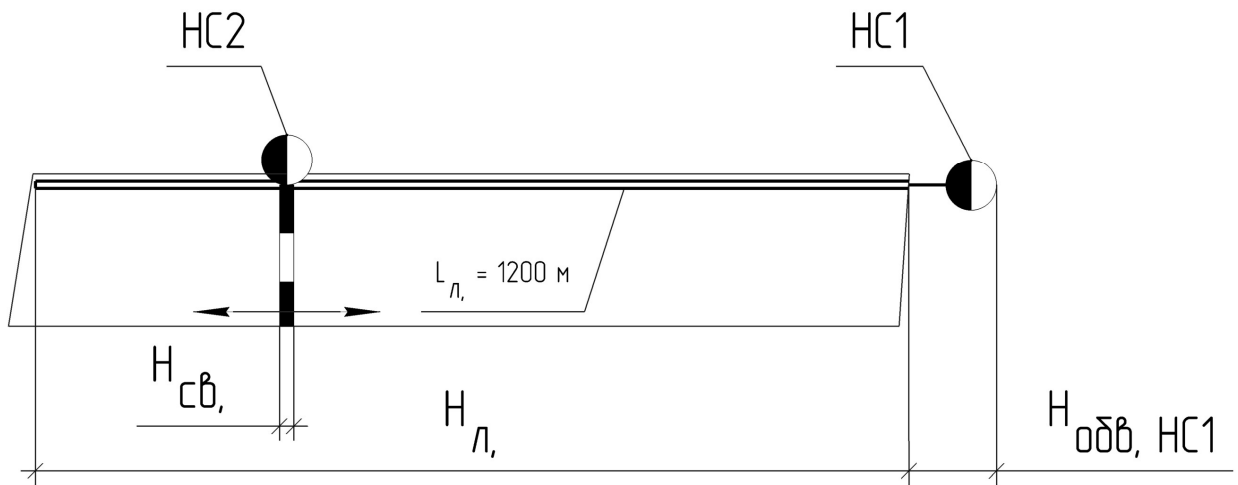


Рисунок 3.12 – Расчётная схема поверхностного водовода

Расчётная схема поверхностного водовода отражает: гидравлические потери в технологической системе водообеспечения работы технического средства полива ($H_{обв. НС1}$ – гидравлические потери напора на обвязку насосной станции водоисточника; $H_{л.}$ – гидравлические потери непосредственно в открытой системе водоподачи (лотке), при самотёчном (гравитационном) режиме в расчёте гидравлических потерь пьезометрического напора исключены; $H_{св.}$ – свободный напор, обеспечивающий эксплуатационный режим дождевальной машины); НС₁ – насосная станция, обеспечивающая заполнение открытого водовода; НС₂ – насос водозаборной системы дождевальной машины, обеспечивает водозабор из лотка и подачу воды в ДМ.

Для создания оптимальных условий водоотбора (соблюдение необходимой глубины в лотке, исключение образования воронки в водном потоке, обустройства фильтрующего элемента, работы обратного клапана и т.д.) перед всасывающим патрубком монтируется водозаборное устройство, создающее определённый подпор воды (рисунок 3.13).



Рисунок 3.13 – Водозаборное устройство внутри лотка

Из конструктивных соображений водоподводящего открытого водовода для условий недопущения перелива воды в прорезь трубы необходимо создание свободного просвета 0,1 м над уровнем и не менее 0,3 м глубины воды в ней (Бельтиков Б.Н., Кравчук А.В., Панкова Т.А., 2026; Абдразаков Ф. К., Логашов Д. В., 2020).

Гидравлический расчёт безнапорного водовода проводился в условиях равномерного движения потока воды в нём (рисунок 3.14).

Основными параметрами при частичном заполнении поверхностного водовода являются: геометрические параметры ($d_{\text{в.о.в.}}$ – внутренний диаметр, $\varphi_{\text{о.в.}}$ – центральный угол заполнения, $h_{\text{в.о.в.}}$ – глубина наполнения, ω – площадь живого сечения, χ – смоченный периметр $\alpha_{\text{о.в.}}$ – угол между точкой соприкосновения жидкости с внутренней стенкой водовода центром живого сечения и вертикали, исходящей из него, половина дополнительного угла, $a_{\text{в.о.в.}}$ – высота слоя жидкости относительно центра живого сечения и др.).

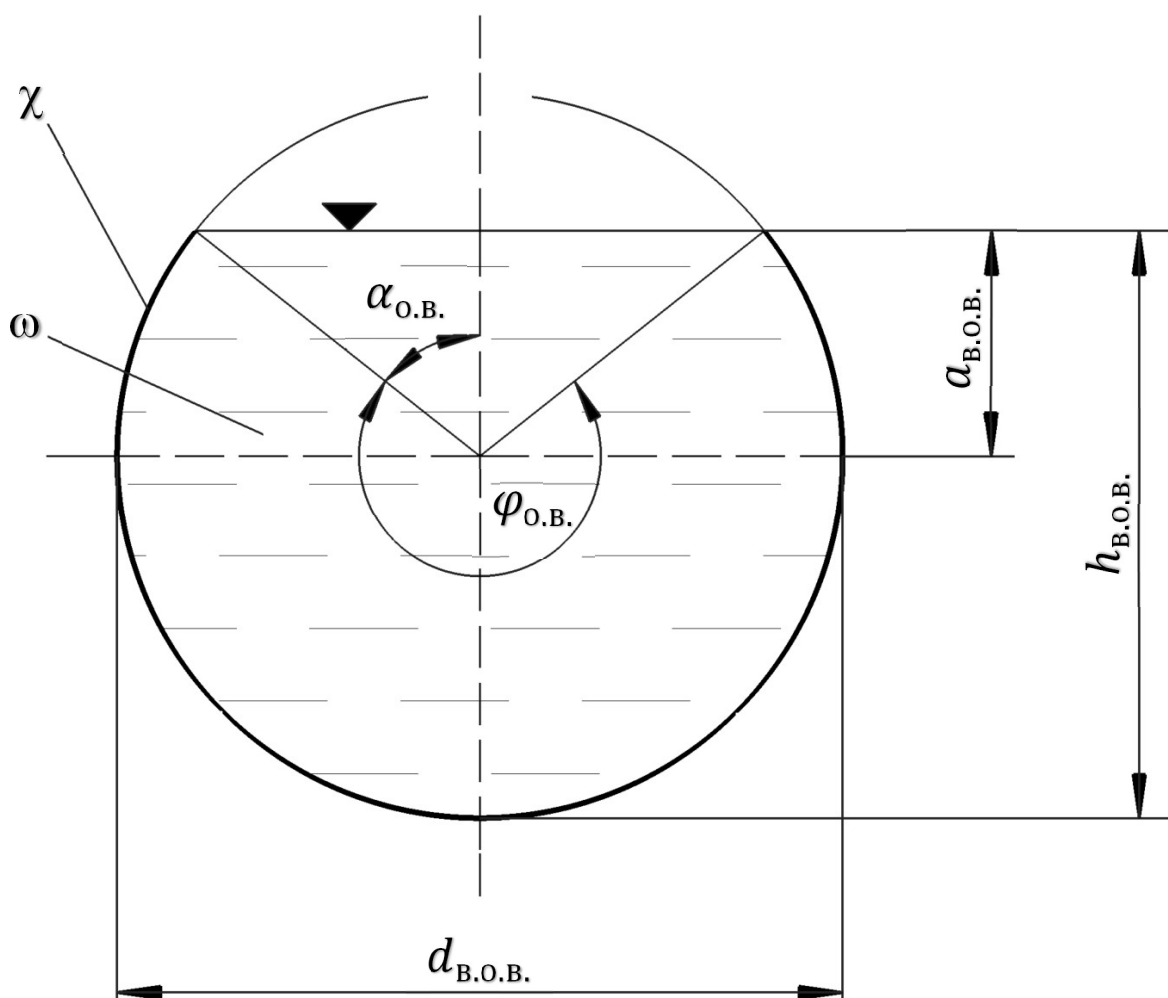


Рисунок 3.14 – Основные параметры потока при частичном заполнении поверхностного водовода

Расчётной формулой расхода является уравнение Шези (Киселёв П.Г., Альтшуль А.Д., Данильченко Н.В. и др., 1972; Ткачёв А.А., Анохин А.М., Белов В.А. и др., 2024):

$$Q_{O.B.} = \omega \cdot C \cdot \sqrt{R_{\Gamma} \cdot i_{O.B.}} = \omega \cdot V_{O.B.} \quad (3.42)$$

где $Q_{O.B.}$ – расход воды в открытом водоводе, м³/с;

ω – площадь живого сечения потока, м²;

C – коэффициент Шези (в зависимости от гидравлического радиуса и коэффициента шероховатости смачиваемого периметра открытого водовода),

$m^{0,5}/c$;

R_{Γ} – гидравлический радиус, м;

$i_{o.v.}$ – гидравлический уклон (при равномерном движении жидкости равен пьезометрическому уклону), безразмерная величина;

$V_{o.v.}$ – средняя скорость потока воды в открытом водоводе, м/с.

В данной работе расчёт поверхностного водовода проводится как для самотёчных трубопроводов из полимерных материалов с использованием поправочного параметра $k_{п.п.}$, который зависит от степени наполнения лотка. Гидравлический уклон определяется по выражению (СП 399.1325800.2018):

$$i_{o.v.} = \frac{\lambda_{п.} \cdot V_{o.v.}^2}{2 \cdot g \cdot 4 \cdot R_{\Gamma}} \quad (3.43)$$

где $\lambda_{п.}$ – коэффициент гидравлического трения пластмассовых труб.

Коэффициент гидравлического трения поверхностного водовода ($\lambda_{п.}$) определяют, используя значение параметра $k_{п.п.}$ (таблица 3.4), по формуле (Воронов, Е.В. Пугачёв, Е.В. Перевозникова, 2006):

$$\lambda_{п.} = k_{п.п.} \cdot \lambda_{\Gamma} \quad (3.44)$$

где λ_{Γ} – коэффициент гидравлического трения гидравлически гладких труб, безразмерная величина.

Таблица 3.4 – Значения безразмерного поправочного параметра $k_{п.п.}$

Наполнение водовода $h_{в.о.в.}/d_{в.о.в.}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$k_{п.п.}$, величина безразмерная	1,00	1,00	1,00	1,07	1,13	1,09	1,24	1,25	1,25	1,25

Для наших условиях работы водовода коэффициент гидравлического

трения гидравлически гладких труб λ_{Γ} рекомендуется определять по формуле Блазиуса:

$$\lambda_{\Gamma} = \frac{0,3164}{Re_{\phi.o.b.}^{0,25}} \quad (3.45)$$

где $Re_{\phi.o.b.}$ – фактическое число Рейнольдса при движении воды в открытом водоводе, безразмерная величина.

Значение коэффициента гидравлического трения зависит от режима работы водовода и характера движения жидкости в нём, формула:

$$Re_{\phi.o.b.} = \frac{V_{o.b.} \cdot 4 \cdot R_{\Gamma}}{v_{k.b.}} \quad (3.46)$$

Скорость потока в поверхностном водоводе определяется исходя из взаимосвязи параметров, формула (3.42).

Значение гидравлического радиуса (R_{Γ}) определяется:

$$R_{\Gamma} = \frac{\omega}{\chi} = \frac{1}{4} \cdot \left(1 - \frac{\sin \varphi_{o.b.}}{\varphi_{o.b.}} \right) \cdot d_{b.o.b.} \quad (3.47)$$

где χ – смоченный периметр поверхностного водовода, м.

$\varphi_{o.b.}$ – центральный угол заполнения открытого водовода, рад;

$d_{b.o.b.}$ – внутренний диаметр открытого водовода, м.

Смоченный периметр поверхностного водовода рассчитывают по формуле (Тужилкин А.М., Злобин Е.К., Бурдова М.Г. и др., 2011):

$$\chi = \frac{\varphi_{o.b.} \cdot d_{b.o.b.}}{2} \quad (3.48)$$

где χ – смоченный периметр поверхностного водовода, м.

Площадь живого сечения потока поливной воды в открытом водоводе

определяют по формуле:

$$\omega = \frac{1}{8} \cdot (\varphi_{0.B.} - \sin \varphi_{0.B.}) \cdot d_{B.O.B.}^2 \quad (3.49)$$

Центральный угол заполнения открытого водовода, при $h_{B.O.B.}/d_{B.O.B.} \geq 0,5$, определится в радианах по формуле (Абдуламир Л.С., Орлов В.А., Джумагулова Н.Т., 2022; Зуйков А.Л., Джумагулова Н.Т., Абдуламир Л.С., 2024):

$$\varphi_{0.B.} = 2 \cdot \pi - 2 \cdot \alpha_{0.B.} = 2 \cdot \left(\pi - \cos^{-1} \frac{2 \cdot a_{B.O.B.}}{d_{B.O.B.}} \right) \quad (3.50)$$

где $\alpha_{0.B.}$ – угол между точкой соприкосновения жидкости с внутренней стенкой водовода центром живого сечения и вертикали, исходящей из него, половина дополнительного угла, град.

$a_{B.O.B.}$ – высота слоя жидкости относительно центра живого сечения, м.

3.5 Выводы

Применяемая методика проведения теоретических и натурных исследований работы элементов фронтальной дождевальнoй машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» основанная на базе существующей научно-технической литературы и регламентируемой нормативно-технической документации прикладного характера даёт возможность с определённой точностью определить в научной работе необходимые искомые параметры изучаемых систем (техничeско-эксплуатационные, гидравлические, прочностные и т.д.) с определённой точностью.

ГЛАВА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДОЖДЕВАЛЬНОЙ МАШИНЫ УДМ «КУБАНЬ-А195-5,7-01»

Исследования эксплуатации УДМ «Кубань-А195-5,7-01» позволили установить отрицательные воздействия существующей водоподающей системы в виде гибкого рукава на надёжность работы дождевальной машины, что и определило необходимость её усовершенствования.

4.1 Обоснование конструктивных параметров элементов центральной опоры универсальной дождевальной машины

Регламент ГОСТ 32617-2014 определяет допустимое значение общего наклона ферм относительно горизонта, обеспечивающее безопасную эксплуатацию широкозахватной дождевальной машины, которое, исходя из технологии применения ирригационной установки, является максимальной угловой величиной (по модулю) уклона трассы перемещения гибкого рукава, формула:

$$\gamma = \arctan \frac{\Delta h}{l_{\phi}} \quad (4.1)$$

где Δh – величина подъема (снижения) относительно горизонта края нескольких ферм широкозахватной дождевальной машины в процентном отношении к сумме их длин, м;

l_{ϕ} – сумма длин нескольких

ферм широкозахватной дождевальной машины, м.

Для дождевальной машины с длиной ферменного пролёта 57,5м сумма длина двух пролетов будет составлять $l_{\phi} = 115\text{м}$, предельная высота их подъема (снижения) определена как 10 % ($\Delta h = 11,5\text{м}$).

Таким образом, с учетом характера передвижения фронтальной дождевальная машины, угол, характеризующий уклон продольного профиля трассы перемещения гибкого рукава γ равен $5,71^\circ$.

Технико-эксплуатационные характеристики гибкого рукава, трубопровод LAYFLAT премиум класса «SUNNYHOSE», «ПРИВЕТ, САННИХОЗ» (производство Гонконг), поставляемого в комплекте к универсальной дождевальная машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технико-эксплуатационные характеристики гибкого рукава «Трубопровод LAYFLAT премиум класса «SUNNYHOSE», «ПРИВЕТ, САННИХОЗ» (производство Гонконг)»

№ п/п	Наименование	Единица измерения	Значение
1	Общая длина	м	100
2	Условный диаметр	мм	150
3	Внутренний диаметр	мм	155
4	Толщина стенки	мм	2,6
5	Вес	г/м	1480
6	Рабочее давление	кг/см ²	6,0

В результате расчётов применяя известные исходные данные и формулы (3.5) и (3.6) определяем соответствующие максимальные гравитационную силу сопротивления ($F_{г.с.}$) и силу трения по продольному профилю трассы перемещения гибкого рукава ($F_{с.т.}$) (при протаскивание водоподводящего рукава с полной линейной длины равной 100 метрам и рельефом с максимальным разрешённым подъёмом $5,7^\circ$):

- гравитационная сила сопротивления ($F_{г.с.}$) определена 1 982,0 Н;
- значение силы трения по продольному профилю трассы перемещения гибкого рукава ($F_{с.т.}$) соответствует 5 957,12 Н.

Имея значения составляющих итоговой максимальной силы сопротивления перемещению гибкого рукава находим её величину как сумму составляющих, формула (3.4).

Итоговая максимальная сила сопротивления перемещению гибкого

рукава (F_c) составила 7 939,12 Н

Таким образом, аналитические исследования обоснования конструктивных параметров элементов центральной опоры дождевальной машины показывают, что развиваемое дополнительное тяговое усилие центральной подвижной опоры компенсирует значительные силы сопротивления перемещению гибкого рукава, где доля силы трения по продольному профилю трассы перемещения гибкого рукава составляет 75 %, гравитационная сила сопротивления – 25%.

Результаты анализа исследования воздействия силы сопротивления перемещению переменных длин гибкого рукава на конструкцию центральной подвижной опоры свидетельствуют о широком диапазоне значений нагрузок на установку (рисунок 4.1).

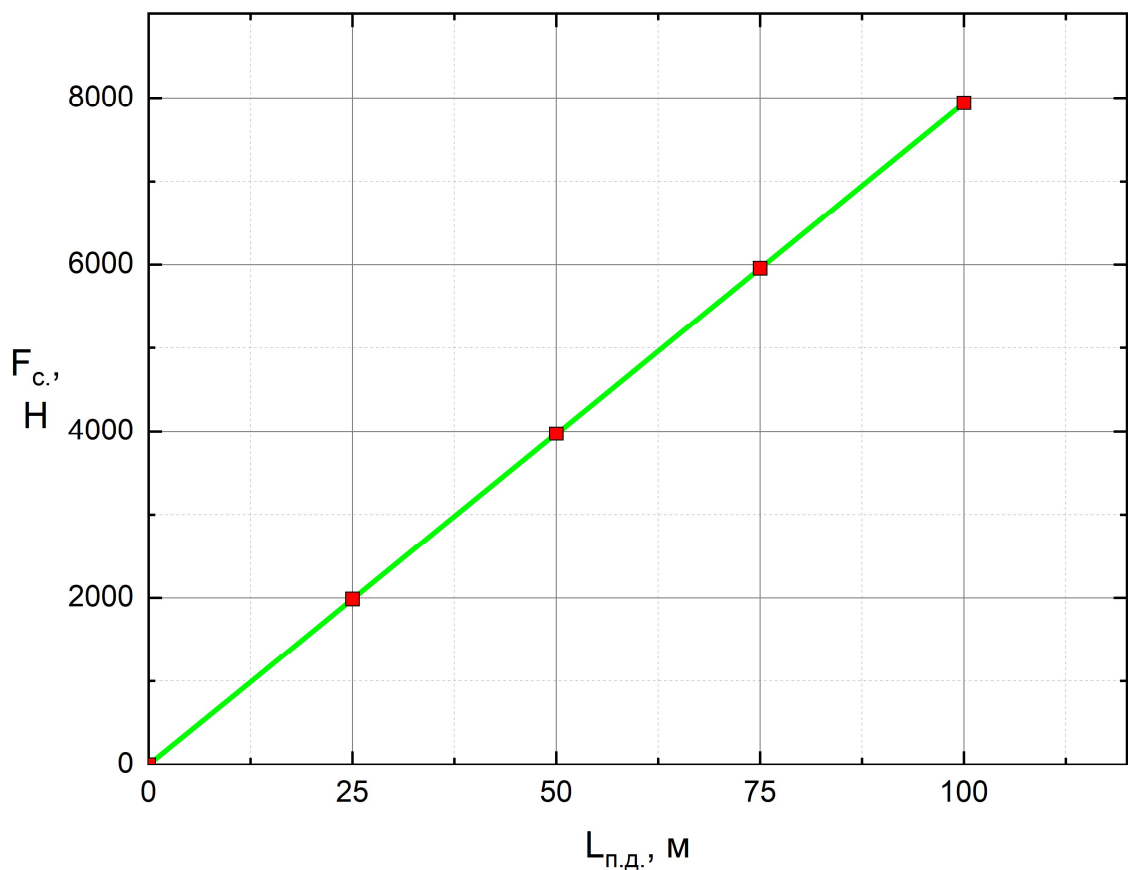


Рисунок 4.1 – График зависимости силы сопротивления на конструкцию центральной подвижной опоры от длины протаскивания водоподающего рукава

Аппроксимирующая прямая имеет функцию, формула:

$$F_c = F_T = 79,3912 \cdot L_{п.д.} \quad (4.2)$$

Коэффициент детерминации равен: $R^2 = 1,0$.

Анализ найденных значений сил сопротивления указывает о нерациональности применения технологического приёма подачи воды через транспортируемый по полю водоподводящий рукав, который вызывает причины деформации поперечной балки центральной подвижной опоры, что в свою очередь говорит о необходимости усиления прочности элементов конструкции существующей дождевальной машины фронтального перемещения.

4.2 Расходно-напорные характеристики водоподающего рукава

В связи с различными гидродинамическими процессами от условий работы рукава необходимо выявить степень влияния этих условий на гидравлические характеристики водоподводящей системы

4.2.1 Влияние изгибов гибкого рукава на гидравлическое состояние потока

Технологический процесс подачи поливной воды к дождевальной машине обеспечивается гибким рукавом, посредством которого поливная вода транспортируется от гидранта закрытой оросительной сети к быстросъёмному соединению технического средства полива. При эксплуатации дождевальной машины (при рабочих гидравлических параметрах) работа гибкого подводящего рукава сопряжена с его изгибами без плавного выравнивания. Как уже отмечено изгибы трубопровода имелись непосредственно в местах от его монтажа к гидрантам оросительной сети и по длине траектории волочения

до подключения к машине.

Согласно нормативным документам регламентирующих эксплуатацию изделий подобного класса, как гибкий рукав, необходимо создать условия, при которых радиус его перегиба будет численно равен двадцати его диаметрам. Обеспечение указанного условия не представляется возможным в связи со свойствами самого изделия (характеристика материала, геометрические размеры рукава, свойство упругости к изгибу при различных гидродинамических процессах в нём и т.п.). На основании фактического измерения углов изгибов гибкого рукава (рисунок 4.2) была выявлена зона его угловой меры от минимального до максимального значения.



Рисунок 4.2 – Определение угловых величин изгибов рукава в процессе его работы

Для определения величины местного сопротивления и необходимого напора создаваемого насосами в работе, аналитического обоснования вариативных условий пропускной способности в местах поперечного сечения изгибов рукава (его площади) при поливе широкозахватной дождевальной машины (глава 3, раздел 3.2) установлены в поперечном сечении геометрические характеристики (3.11), (3.30) и относительная пропускная способность (3.31) изгиба рукава (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – Геометрические и относительные гидравлические характеристики поперечного сечения гибкого рукава в зависимости от смежного угла изгиба

Значение угла, β°	Геометрические характеристики поперечного сечения		Отношение площадей эллипса к окружности, %	Относительная пропускная способность, %	
	линейные размеры полуосей, мм				площадь поперечного сечения, мм ²
	$a_{\text{эл.}}$	$b_{\text{эл.}}$			
0	77,50	77,50	18869,19	100,00	100,00
10	84,40	70,72	18751,44	99,38	99,69
20	90,83	63,84	18216,80	96,54	98,25
30	96,42	56,73	17184,22	91,07	95,43
40	101,47	49,29	15712,54	83,27	91,25
50	106,16	41,36	13794,04	73,10	85,50
60	110,59	32,76	11381,77	60,32	77,67
70	114,86	23,23	8382,39	44,42	66,65

Взаимосвязь найденных значений относительной пропускной способности (q) водоподающего рукава в поперечном сечении изгиба от угловой его меры (β°) представлена графически (рисунок 4.3).

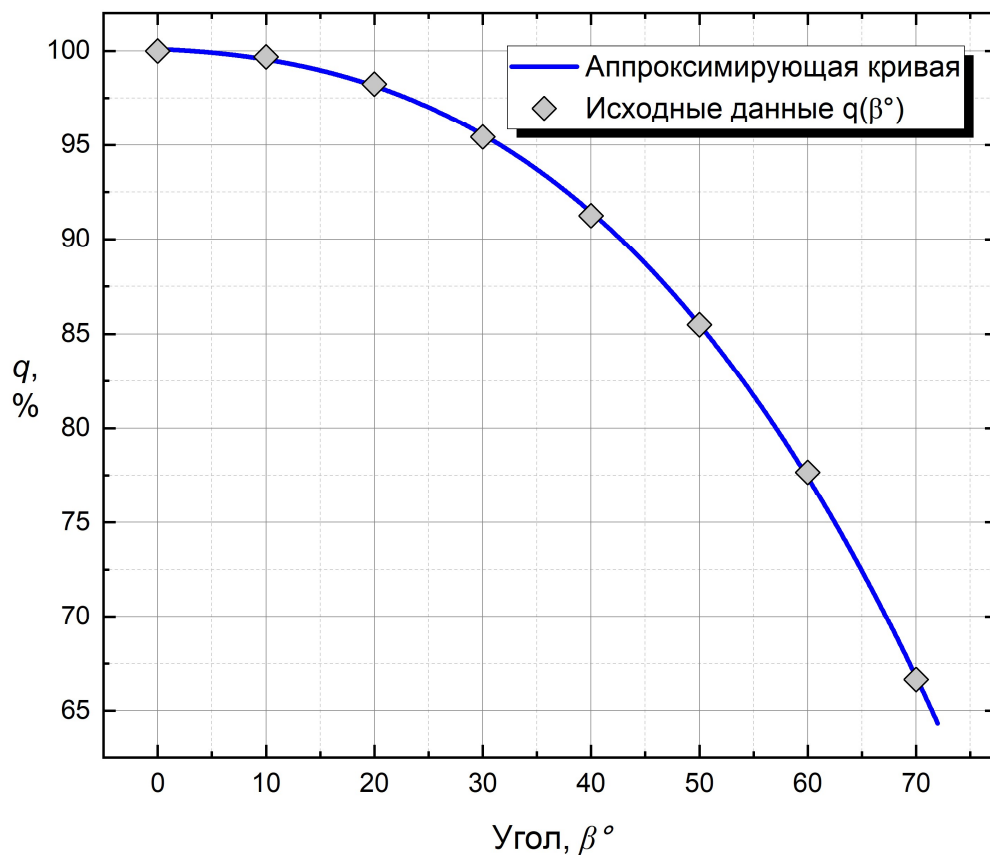


Рисунок 4.3 – График относительности пропускной способности гибкого рукава в зависимости от угловой величины его изгиба

Аппроксимирующая кривая имеет функцию, формула:

$$q = 100,095 - 0,02281 \cdot \beta^\circ - 0,00266 \cdot \beta^{\circ 2} - 5,44444 \cdot 10^{-5} \cdot \beta^{\circ 3} \quad (4.3)$$

Показатель корреляционного соотношения равен: $\eta_{q\beta^\circ} = 0,99$.

Анализ результатов исследований даёт возможность определить:

- обоснованность и точность теоретической модели (представленной методологии) расходно-напорных характеристик процессов в водоподающем рукаве, соотношение показателей «процентное соотношение к площади окружности» и «относительная пропускная способность» определяет состоятельность предлагаемой модели и точность измеряемых показателей;
- гидравлические процессы определяющие расходно-напорные характеристики в водоподающем рукаве при эксплуатации дождевальной машины обусловлены степенью его овализации, относительная пропускная способность гибкого рукава находится в тесной зависимости от угловой величины его изгиба (рисунок 4.3).

4.2.2 Оценка моделирования гидродинамических процессов в гибком рукаве

При проведении экспериментальных и теоретических исследований было установлено, что на гидродинамические процесса потока в гибком рукаве оказывает влияние не только отдельные его изгибы, а совокупность комбинаций и конфигураций (количество и угловая размерность) изгибов по длине – система углов изгибов (СУИ).

Результаты полевых исследований работы гибкого рукава сведены в таблицу 4.3 с отражением значений количественных показателей изгибов и геометрических параметров углов смещения рукава β° , полученных в

результате фактически замеренных углов изгибов СУИ между смежными прямолинейными участками рукава, угол α °.

Таблица 4.3 – Показатели углов изгибов β° и их количество при геометрическом смещении рукава

Порядковый номер замера	Значение угла, β°										Количество углов, ед.	Сумма угловых мер, градусы
1	5	26	51								3	82
2	2	2	68								3	72
3		61	16								2	77
4		5	61	16							3	82
5		4	45	31							3	80
6		4	33	44	1						4	82
7		3	26	50	9						4	88
8			23	60	9						3	92
9			5	61	22						3	88
10				56	32						2	88
11				45	44						2	89
12				35	55						2	90
13				25	64	3					3	92
14				9	67	9					3	85
15				3	59	26					3	88
16				2	43	40					3	85
17					27	56					2	83
18					18	67	5				3	90
19					10	70	12				3	92
20					1	65	24				3	90
21						53	38				2	91
22						25	61	3			3	89
23						4	65	5			3	74
24						1	70	7			3	78
25							66	12			2	78
26							61	20			2	81
27							53	31			2	84
28							42	42			2	84
29							21	42	23		3	86
30							7	47	23		3	77
31							6	52	18		3	76
32								20	51	6	3	77

Анализ данных геометрических условий работы водоподающего рукава показывает формирование комбинаций изгибов по его длине, от двух до четырёх, в местах смещения его относительно траектории волочения. На основании полученных значений проведена описательная статистика геометрических показателей величин СУИ.

С целью обеспечения компьютерного моделирования в программе KompasFlow системы гидродинамического и термодинамического экспресс-анализа для КОМПАС-3D построены 3-d модели характерные соответствующим параметрам описательной статистики значений суммы группы углов изгибов гибкого рукава при его работе (таблица 4.4):

- медиана;
- мода;
- минимум;
- максимум, при максимальной сумме углов изгибов имеются случаи

максимального местного угла изгиба 70° при смещении, который наблюдался при замере 19 (таблица 4.3).

Таблица 4.4 – Описательная статистика значений суммы углов изгибов

Наименование	Значение	Примечание (порядковый номер в таблице 4.3)
Среднее	84,54545455	
Стандартная ошибка	1,101041956	
Медиана	85	14
Мода	88	9
Стандартное отклонение	6,325004492	
Дисперсия выборки	40,00568182	
Эксцесс	-0,27273893	
Асимметричность	0,029159799	
Интервал	28	
Минимум	72	2
Максимум	92	19
Сумма	2790	
Счет	32	

Геометрические параметры гибкого рукава представлены в таблице 4.1.

Характеристики СУИ (количественные и геометрические) принимались в соответствии с результатами полевых исследований и последующих расчётов согласно методике определения линейных размеров поперечного сечения (Глава 3).

В результате математического исследования гидродинамических показателей потока при работе гибкого рукава получены аналитические данные.

Исследование СУИ 85° (медиана) гибкого рукава

Количественные и геометрические параметры исследуемой системы углов изгибов приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 – Количественные и геометрические параметры СУИ гибкого рукава (85°, медиана)

Порядковый номер углов в системе	Геометрические характеристики				
	угол изгиба, градусы, β°	линейные размеры полуосей, мм		площадь поперечного сечения, мм ²	процентное соотношение к площади окружности, %
		$a_{\text{эл.}}$	$b_{\text{эл.}}$		
1	9	83,0	71,4	18617,7	98,7
2	67	113,6	26,2	9333,9	49,5
3	9	83,0	71,4	18617,7	98,7

Компьютерные модели, реализованные с помощью отечественной программной среды KompasFlow системы гидродинамического и термодинамического экспресс-анализа для КОМПАС-3D, представлены:

- в продольном сечении водоподающего гибкого рукава гидродинамический процесс отображён в профиле скорости потока (рисунок 4.4);
- в поперечном сечении водоподающего гибкого рукава в контрольной точке Т.2 (Глава 3) отображён гидродинамический процесс в профиле распределения давления в потоке (рисунок 4.5).

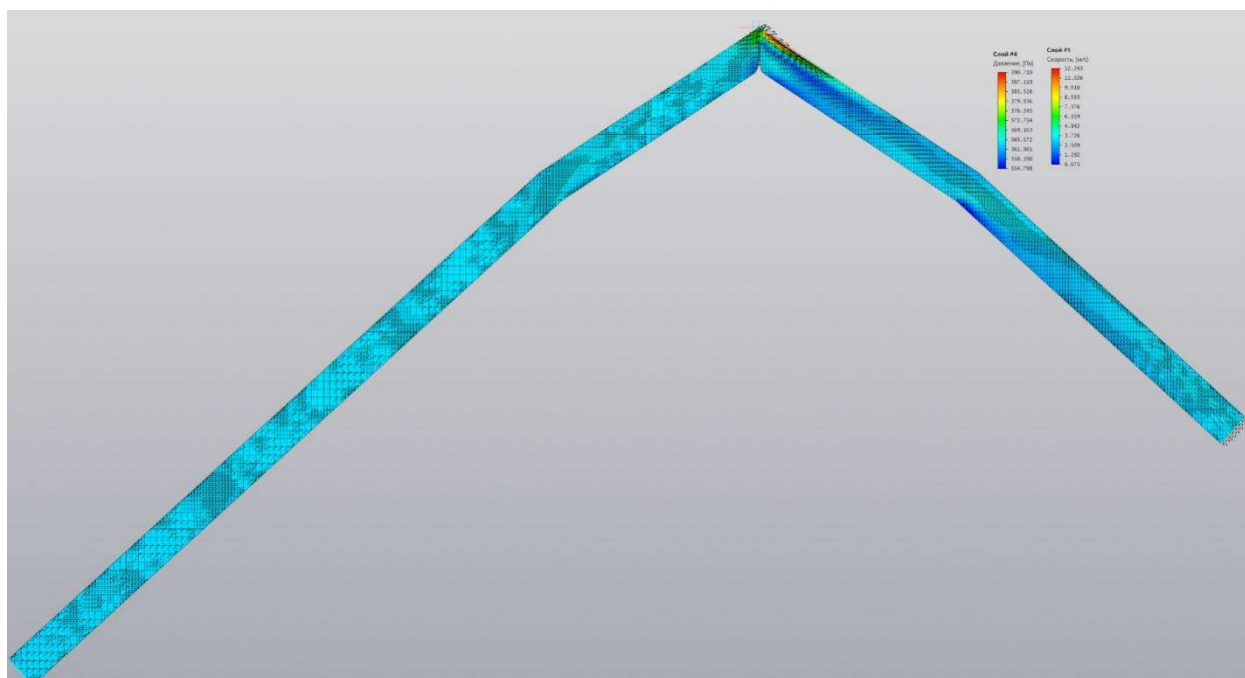


Рисунок 4.4 – Компьютерная модель гидродинамического процесса скорости в продольном сечении потока в рукаве при сумме углов 85°

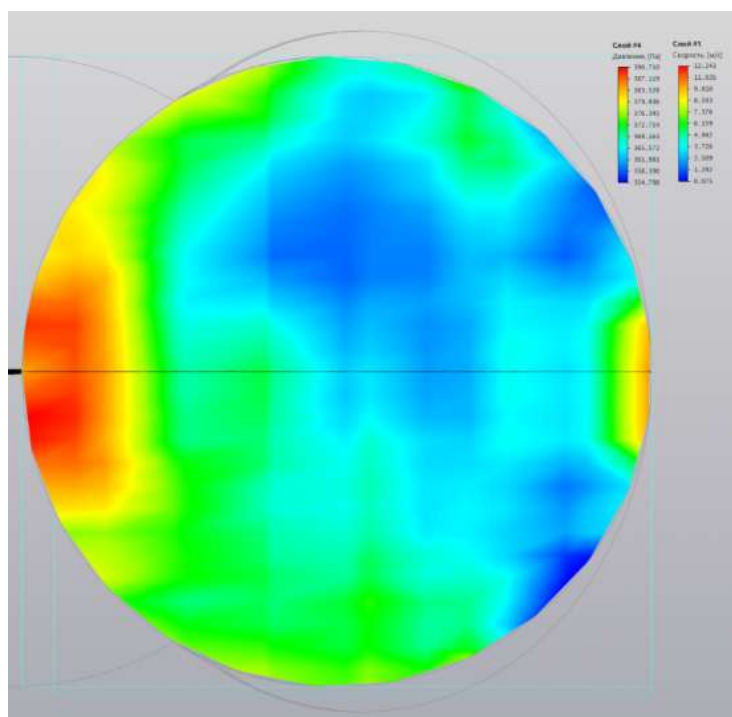


Рисунок 4.5 – Компьютерная модель гидродинамического процесса распределения давления в поперечном сечении потока в рукаве при сумме углов 85°

Исследование СУИ 88° (мода) гибкого рукава

Количественные и геометрические параметры исследуемой системы углов изгибов приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Количественные и геометрические параметры СУИ гибкого рукава (88°, мода)

Порядковый номер углов в системе	Геометрические характеристики				
	угол изгиба, градусы, β°	линейные размеры полуосей, мм		площадь поперечного сечения, мм ²	процентное соотношение к площади окружности, %
		$a_{эл.}$	$b_{эл.}$		
1	5	80,0	74,1	18623,4	98,7
2	61	110,9	31,8	11079,2	58,7
3	22	91,5	62,4	17937,2	95,1

Гидродинамические параметры представлены:

– в продольном сечении водоподающего гибкого рукава гидродинамический процесс отображён в профиле скорости потока (рисунок 4.6);

– в поперечном сечении водоподающего гибкого рукава в контрольной точке Т.2 отображён гидродинамический процесс в профиле распределения давления в потоке (рисунок 4.7).

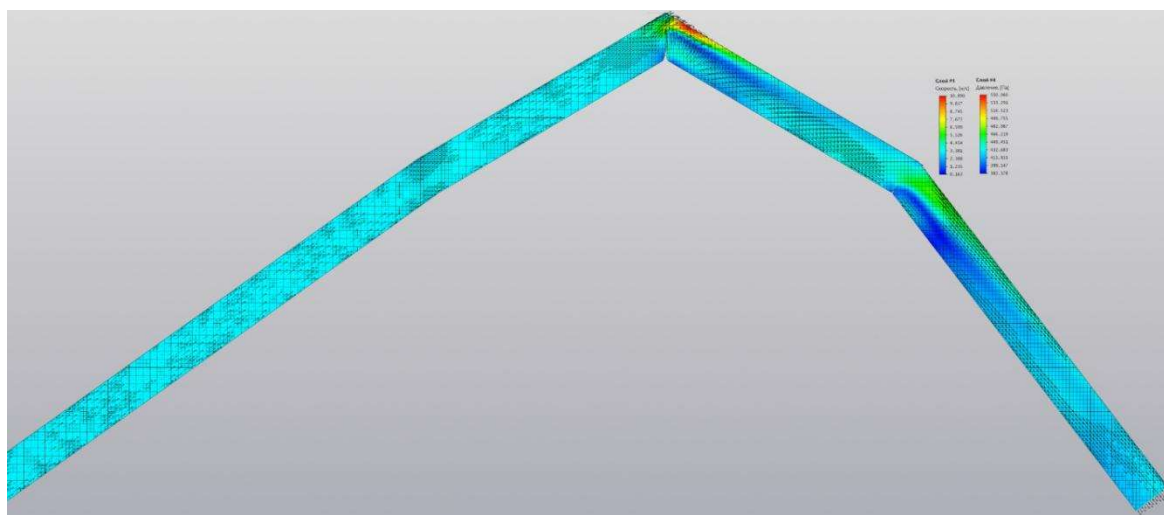


Рисунок 4.6 – Компьютерная модель гидродинамического процесса скорости в продольном сечении потока в рукаве при сумме углов 88°

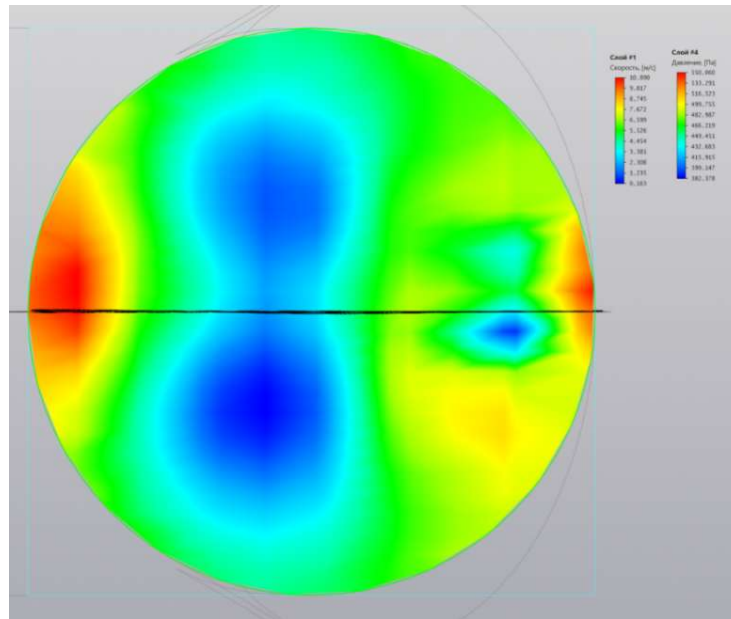


Рисунок 4.7 – Компьютерная модель гидродинамического процесса распределения давления в поперечном сечении потока в рукаве при сумме углов 88°

Исследование системы углов изгибов 72° (минимум) гибкого рукава

Количественные и геометрические параметры исследуемой системы углов изгибов приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – Количественные и геометрические параметры СУИ гибкого рукава (сумма угловых мер 72° , минимум)

Порядковый номер углов в системе	Геометрические характеристики				
	угол изгиба, градусы, β°	линейные размеры полуосей, мм		площадь поперечного сечения, мм ²	процентное соотношение к площади окружности, %
		$a_{\text{эл.}}$	$b_{\text{эл.}}$		
1	2	77,3	76,2	18504,8	98,1
2	2	77,3	76,2	18504,8	98,1
3	68	113,9	25,2	9017,3	47,8

Гидродинамические параметры представлены:

– в продольном сечении водоподающего гибкого рукава гидродинамический процесс отображён в профиле скорости потока (рисунок 4.8);

– в поперечном сечении водоподающего гибкого рукава в контрольной точке Т.2 отображён гидродинамический процесс в профиле распределения давления в потоке (рисунок 4.9).

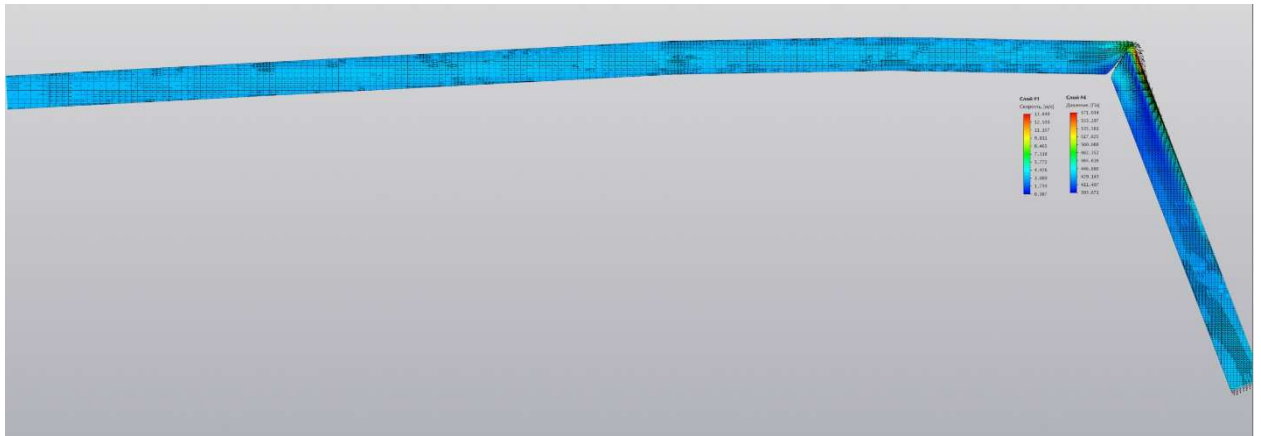


Рисунок 4.8 – Компьютерная модель гидродинамического процесса скорости в продольном сечении потока в рукаве при сумме углов 72°

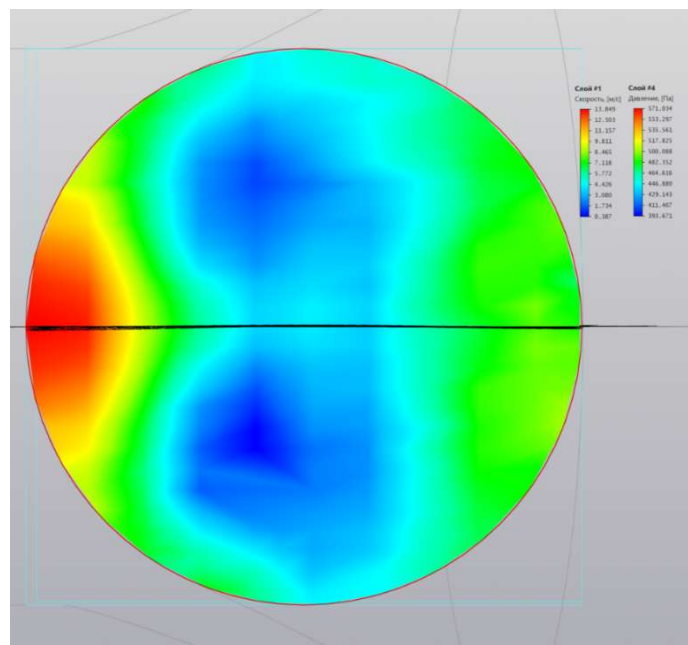


Рисунок 4.9 – Компьютерная модель гидродинамического процесса распределения давления в поперечном сечении потока в рукаве при сумме углов 72°

Исследование системы углов изгибов 92° (максимум) гибкого рукава

Исследуемые количественные и геометрические параметры системы углов изгибов приведены в таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Геометрические характеристики углов изгибов и поперечных сечений гибкого рукава

Порядковый номер углов в системе	Геометрические характеристики				
	угол изгиба, градусы, β°	линейные размеры полуосей, мм		площадь поперечного сечения, мм ²	процентное соотношение к площади окружности, %
		$a_{\text{эл.}}$	$b_{\text{эл.}}$		
1	10	83,8	70,7	18612,9	98,6
2	70	114,7	23,2	8359,9	44,3
3	12	85,1	69,4	18554,1	98,3

Гидродинамические параметры представлены:

- в продольном сечении водоподающего гибкого рукава гидродинамический процесс отображён в профиле скорости потока (рисунок 4.10);
- в поперечном сечении водоподающего гибкого рукава в контрольной точке Т.2 отображён гидродинамический процесс в профиле распределения давления в потоке (рисунок 4.11).

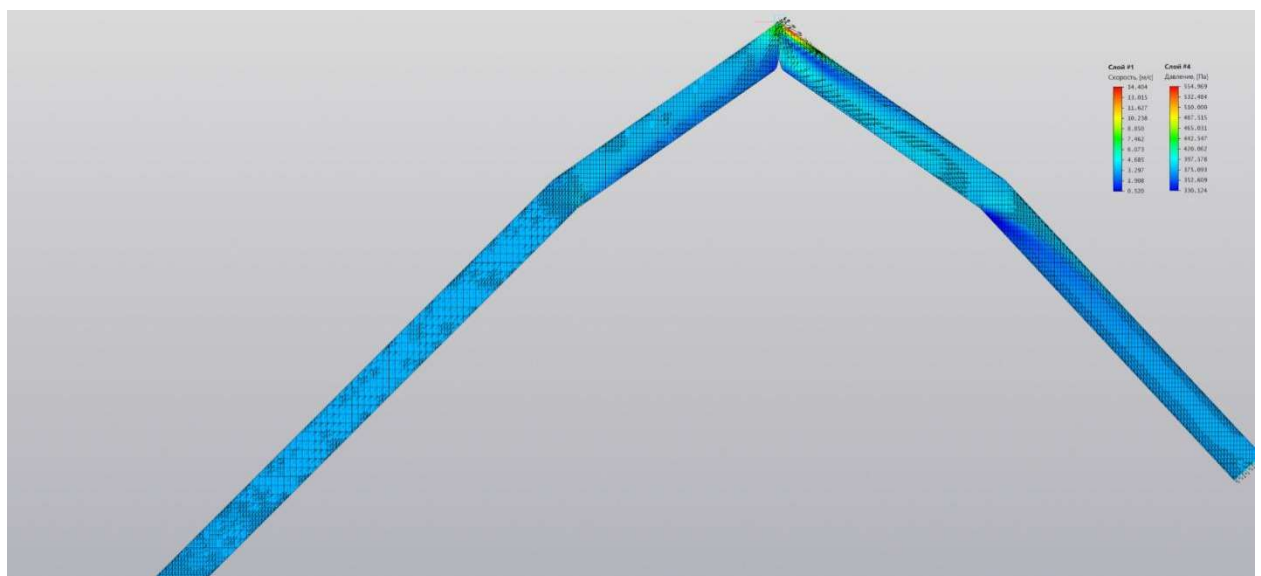


Рисунок 4.10 – Компьютерная модель гидродинамического процесса скорости в продольном сечении потока в рукаве при сумме углов 92°

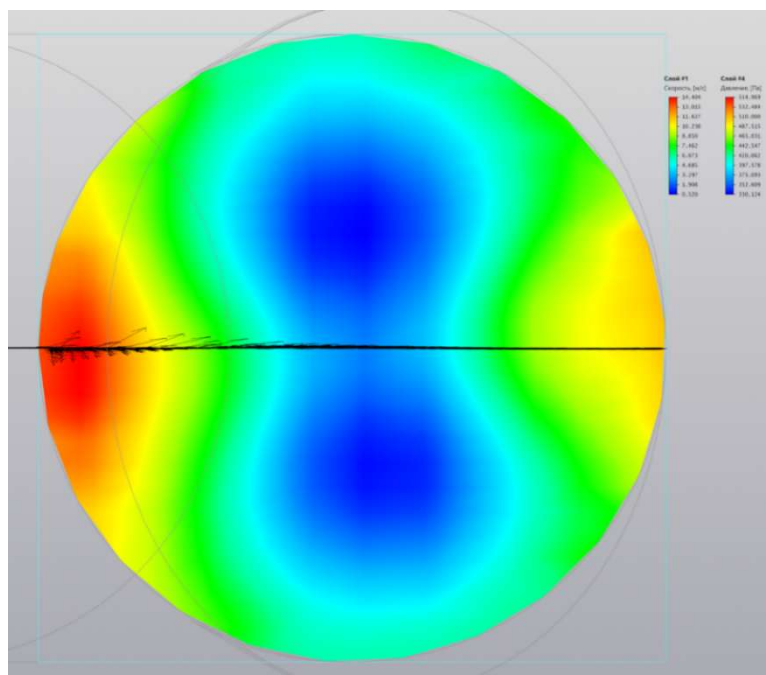


Рисунок 4.11 – Компьютерная модель гидродинамического процесса распределения давления в поперечном сечении потока в рукаве при сумме углов 92°

Анализ результатов исследований гидродинамических процессов в системах углов изгибов водоподающего гибкого рукава в местах его смещения при характерных режимах его работы (изгибах) показывает неустойчивость гидродинамических параметров потока оросительной воды при подаче её от закрытой оросительной сети к дождевальная машине. Причина тому является нестабильная конфигурации геометрической формы различных изгибов рукава в пространстве при эксплуатации технического средства полива. Большой диапазон значений гидродинамических параметров потока сказывается на неустойчивой работе системы водоподачи: коэффициент гидравлического сопротивления (от минимума 10,74 до максимума 25,10); скорость потока в поперечном сечении (от минимума 0,16 м/с до максимума 14,40 м/с).

Числовые значения гидродинамических параметров в характерных точках гибкого водоподающего рукава представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Значения характеризующие гидродинамические процессы в потоке при работе гибкого водоподающего рукава

№ п/п	Наименование показателя	Усл. обозн	Ед. изм.	Характерные СУИ (суммарное значение СУИ), град			
				медиана	мода	мини- мум	максимум
				85°	88°	72°	92°
1	Давление в точках замера, при расстоянии до С.У.И. согласно таблице 3.2						
1.1	В точке Т.1	P1 _{max}	Па	75516,30	50719,90	88128,90	117773,00
1.2	В точке Т.2	P2 _{max}	Па	367,00	452,18	458,99	418,75
1.3	В точке Т.3	P1 _{min}	Па	75421,20	50639,80	88051,20	117687,00
1.4	В точке Т.4	P2 _{min}	Па	544,42	429,61	329,98	591,85
2	Потери давления на участках от точек замера						
2.1	Участок Т.1 – Т.2	ΔP _{max}	Па	75149,29	50267,72	87669,91	117354,25
2.2	Участок Т.3 – Т.4	ΔP _{min}	Па	74876,79	50210,19	87721,22	117095,15
2.3	Среднее потери давления на испытываемых участках	ΔP _{ср}	Па	75013,04	50238,96	87695,56	117224,70
3	Расчётный коэффициент гидравлического сопротивления на участках от точек замера						
3.1	Участок Т.1 – Т.2	ξ _{max}	безразм. вел.	16,07	10,75	18,75	25,10
3.2	Участок Т.3 – Т.4	ξ _{min}	безразм. вел.	16,02	10,74	18,76	25,05
3.3	Средний коэффициент гидравлического сопротивления	ξ _{ср}	безразм. вел.	16,05	10,745	18,755	25,08
4	Скорость потока в поперечном сечение рукава в точке замера Т.4						
4.1	Максимальная скорость	v _{max}	м/с	12,24	10,89	13,85	14,40
4.2	Минимальная скорость	v _{min}	м/с	0,08	0,16	0,39	0,52

Вариативность коэффициента гидравлического сопротивления и скорости в потоке свидетельствует о проходящих внутри рукава значительных нестабильных гидравлических процессах, из-за внешнего механического воздействия на него при протаскивании. При его перемещении создаётся система изгибов, в которых образуются одиночные перегибы с существенной угловой мерой, что создаёт значимое гидравлическое сопротивление в системе, которое влечёт снижение водного потока в машину. В процессе движения рукава по полю происходит явление изменения его конфигурации в пространстве с компенсацией (уравновешиванием) давления по длине с образованием характерных, усреднённых (более малых) угловых величин как суммарных СУИ, так и входящих в комбинацию одиночных изгибов (наиболее часто встречаемой конфигурацией рукава). При усреднённых режимах изгибов рукава коэффициент гидравлического сопротивления относительно невелик. В последствии дальнейшего воздействия на рукав внешних сил, связанных с его протаскиванием, процесс повторяется.

Чередование образования и дальнейшее изменение систем углов, ведёт к резким и значительным изменениям гидродинамических параметров и гидравлических сопротивлений в водоподающей закрытой оросительной системе.

Для наглядного представления зависимости коэффициента сопротивления от количества углов изгиба и их суммарного значения для гибкого рукава длиной 100 м построена поверхность отклика рисунок 4.12.

Результаты трехмерной диаграммы рассеивания, аппроксимированные полиномом второго порядка, формула:

$$\begin{aligned} \xi = 521,792 - 0,023 \cdot n_y - 12,335 \cdot \sum \beta^\circ - 5,87 \cdot n_y^2 + \\ + 0,384 \cdot n_y \cdot \sum \beta^\circ + 0,069 \cdot \sum \beta^{\circ 2} \end{aligned} \quad (4.4)$$

где ξ – коэффициент гидравлического сопротивления;

β° – величина угла смещения рукава в системе изгиба, градус;

n_y – количество изгибов, шт.

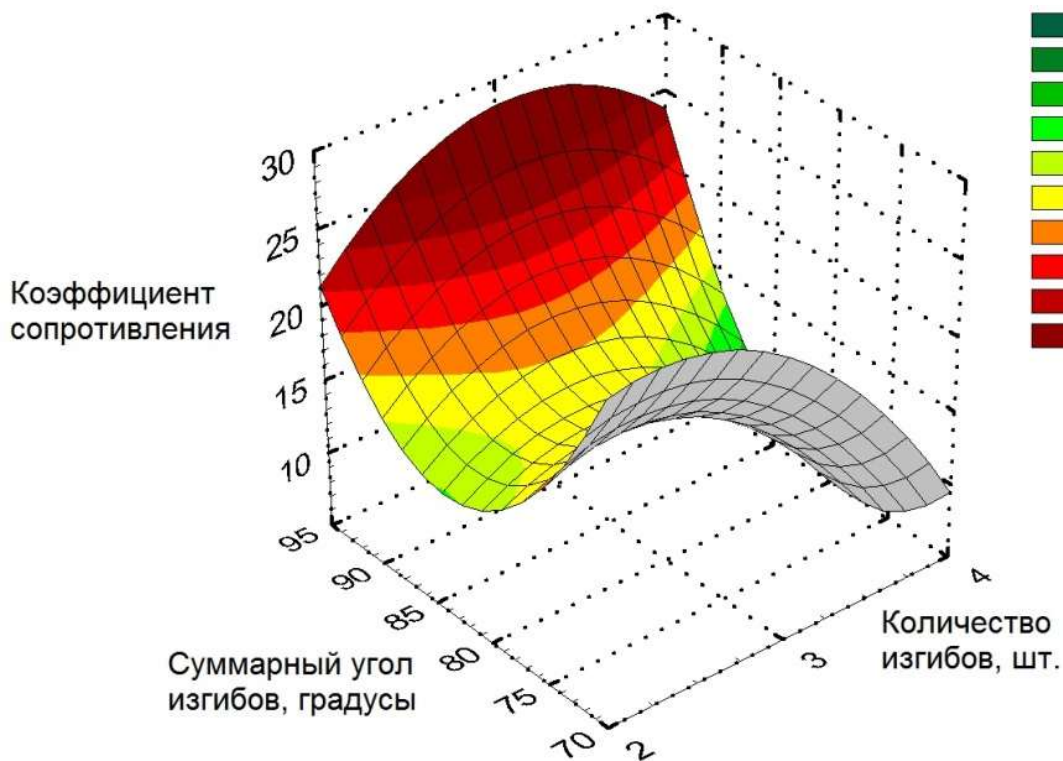


Рисунок 4.12 – Взаимосвязь коэффициента сопротивления, суммы углов изгибов и количества изгибов по длине (100 м) гибкого рукава

Анализ данной диаграммы показывает, что при увеличении количества изгибов на водоводе с суммарным углом изгиба приводит к увеличению коэффициента сопротивления, одновременно на картину этой зависимости оказывают влияние и отдельные значительные перегибы. Так наибольший угол изгиба 70° в максимальном суммарном углу 92° в опыте 19 (таблица 4.3) проявил себя в обратном повороте плоскости. Однако, представленная модель (4.4) дает возможность определять значение коэффициента сопротивления от величины и количества углов изгиба с достаточно значимой точностью: $R^2 = 0,63$.

Анализ результата исследований гидродинамических процессов в

системах углов изгибов эластичного рукава при характерных режимах его работы показал неустойчивость работы механизма подачи поливной воды от закрытой оросительной сети к дождевальной машине. Чередование образования и дальнейшее изменение систем углов, ведёт к резким и значительным изменениям гидродинамических параметров и гидравлических сопротивлений в водоподающей закрытой оросительной системе, что в определенной степени отрицательно влияет на качество искусственного дождя.

4.3 Результаты гидравлических исследований систем водоподачи

Продуктивность орошаемых земель в значительной степени зависит как от техники полива, так и от уровня автоматизации и надежности работы водоподающей системы к ним.

В данной работе научные исследования по водоподающей системе к УДМ «Кубань-А195-57,7-01» проводились на полях ИП Рымчук П.В. План опытного поля фермерского хозяйства ИП «Рымчук П.В.» с геометрическими характеристиками площади орошаемого участка с элементами существующей закрытой оросительной сети показан на рисунке 3.9а, и открытой оросительной сети на рисунке 3.9б.

4.3.1. Гидравлические параметры закрытого водовода

Расчёты общих потерь напора и по отдельным элементам закрытой системы водоподачи с учетом результатов численного моделирования гидродинамических характеристик потока СУИ проведены согласно формулы (3.33) Главы 3.

Нормальная работа дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» обеспечивается давлением на входе 1,64 бар (16,72 м) и расходом 58 л/с.

Данные для проведения гидравлического расчета элементов системы закрытого водовода, от насосной станции до места подключения гибкого рукава к машине, представлены в таблице 4.10.

На основании полученных эмпирических данных и результатов численного моделирования о гидродинамическом характере потока воды в закрытом водоводе (таблица 4.9) при характерных изгибах рукава, результаты гидравлического расчёта закрытой оросительной системы на диктующую точку гидранта Г8 (рисунок 3.9а), представлены в таблице 4.11.

Таблица 4.10 – Гидравлические параметры закрытого водовода (ЗОС)

Наименование показателя	Ед. изм.	Трубопровод		Рукав	
		Усл. обозн.	Значение	Усл. обозн.	Значение
Применяемое изделие	-	Труба ПОЛИПЛАСТИК SDR26 ПЭ 100 – PN 6,3 Ø 225 (ГОСТ 18599-2001)		LAYFLAT	
Внутренний диаметр закрытого водовода	м	$d_{в.тр.}$	0,2078	$d_{в.р.}$	0,155
Расход в водоводе	м ³ /с	$Q_{з.в.тр.}$	0,058	$Q_{з.в.р.}$	0,058
Площадь поперечного сечения водовода	м ²	$S_{з.в.тр.}$	0,034	$S_{з.в.р.}$	0,019
Скорость потока	м/с	$V_{з.в.тр.}$	1,704	$V_{з.в.р.}$	3,060
Число Рейнольдса фактическое	безразм. вел.	$Re_{ф.тр.}$	270966,748	$Re_{ф.р.}$	362892,119
Число Рейнольдса, соответствующее началу квадратичной области	безразм. вел.	$Re_{кв.тр.}$	7421428,571	$Re_{кв.р.}$	7750000,000
Число подобие режимов	безразм. вел.	$b_{п.р.тр.}$	1,791	$b_{п.р.р.}$	1.807
Коэффициент гидравлического сопротивления закрытого водовода	безразм. вел.	$\lambda_{тр.}$	0,016	$\lambda_{р.}$	0,015
Потери напора на единицу длины трубопровода	м	$i_{л тр.}$	$11,185 \cdot 10^{-3}$	$i_{л р.}$	$46,400 \cdot 10^{-3}$
Потери напора на местные сопротивления	м	$h_{м.с. тр.}$	1,65	$h_{м.с. р.}$	0,7

Таблица 4.11 – Гидравлический расчёт закрытой оросительной сети

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.	Усл. обозн.	Значения характерных СУИ град			
				медиана 85°	мода 88°	мини- мум 72°	макси- мум 92°
1	Общие потери гидравлического напора на обвязку насосной станции, в т.ч. геометрические						
1.1	Потери напора на обвязку насосной станции	м	$H_{\text{обв.НС}}$	4,00			
2	Общие потери гидравлического напора по длине трубопровода (протяженность составляет 1125 м)						
2.1	Потери напора по длине трубопровода (протяженность составляет 1125 м)	м	$h_{\text{л.тр.}}$	12,58			
2.2	Потери напора на местные сопротивления трубопровода (с учётом 15%)	м	$h_{\text{м.с.тр.}}$	1,89			
2.3	Общие потери гидравлического напора трубопровода	м	$H_{\text{тр.}}$	14,47			
3	Общие потери гидравлического напора по длине гибкого водоподающего рукава (протяженность составляет 100 м)						
3.1	Потери напора по длине рукава	м	$h_{\text{л.р.}}$	4,64			
3.2	Потери напора на местные сопротивления рукава (с учётом 15%)	м	$h_{\text{м.с.р.}}$	0,70			
3.3	Потери напора при характерных системах углов изгиба СУИ	м	$h_{\text{с.у.и.}}$	7,67	5,13	8,96	11,98
3.4	Общие потери напора по длине гибкого рукава	м	$H_{\text{р.}}$	13,01	10,47	14,30	17,32
4	Общие потери по длине закрытого водовода ЗОС с учетом потерь на трубопроводе и в рукаве						
4.1	Общие потери по длине закрытого водовода	м	$H_{\text{общ.з.в.}}$	31,48	28,94	32,77	35,79
5	Свободный напор на изливе из закрытой оросительной системы						
5.1	Необходимый свободный напор на работу ДМ	м	$H_{\text{св.}}$	16,72			
5	Общий гидравлический напор закрытой оросительной системы						
5.1	Необходимые напорные характеристики ЗОС	м	$H_{\text{ЗОС}}$	48,20	45,66	49,49	52,51

Данные гидравлического расчёта закрытой водоподающей системы говорят, что для нормальной работы УДМ «Кубань-А195-57,7-01» с учетом всех потерь по элементам водовода от насосной станции до входа в машину необходимо создание напора насосным оборудованием подкачиваемой станцией не должен быть менее 52,51 метр.

4.3.2 Гидравлические исследования открытого поверхностного водовода

В нашей работе в качестве открытого водовода применяются трубы двухслойные, гофрированные из пропилена (ТУ 22.21.21-001-73011750-2021). Основные геометрические параметры поперечного сечения открытого водовода из труб типа КОРСИС приведены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Основными характерными геометрическими параметрами поперечного сечения открытого водовода из труб типа КОРСИС

Наименование параметра	Ед. изм.	Усл. обозн.	Значение		
Наружный диаметр	мм	$d_{\text{н.о.в.}}$	500	630	800
Внутренний диаметр	мм	$d_{\text{в.о.в.}}$	430	535	681

Проектный расход оросительной воды для работы широкозахватной дождевальная машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» соответствует 57,8 л/с, с учётом коэффициента полезного действия открытого водовода 98 %, рабочий расход воды открытого водовода составит:

- для одной работающей ирригационной установки – 59 л/с;
- для двух работающих ирригационных установок – 118 л/с;
- для трёх работающих ирригационных установок – 177 л/с.

Гидравлический расчёт лотковой оросительной сети проводится

(п.3.4.2) на основании исходных технико-эксплуатационных данных и схем открытого водовода (рисунки 3.9б, 3.12, 3.14) и с учётом обеспечения режимов работы одной дождевальной машины и одновременно работающих на одном открытом водоводе двух, трёх ирригационных установок. Основные результаты гидравлического расчёта лотковой оросительной сети приведены в таблицах:

- поверхностного водовода, общие параметры, (таблица 4.13);
- поверхностного водовода с трубой КОРСИС DN/OD 500, (таблица 4.14);
- поверхностного водовода с трубой КОРСИС DN/OD 630, (таблица 4.15);
- поверхностного водовода с трубой КОРСИС DN/OD 800, (таблица 4.16).

Таблица 4.13 – Обобщённые гидравлические параметры поверхностного водовода в зависимости от наполнения

Наполнение поверхностного водовода $h_{\text{в.о.в.}}/d_{\text{в.о.в.}}$	Гидравлический радиус долей диаметра $R_{\text{г.}}/d_{\text{в.о.в.}}$	Площадь живого сечения в долях квадрата диаметра $\omega/d_{\text{в.о.в.}}^2$	Смоченный периметр в долях диаметра $\chi/d_{\text{в.о.в.}}$
0,1	0,0635	0,0409	0,6441
0,2	0,1206	0,1118	0,9270
0,3	0,1709	0,1982	1,1597
0,4	0,2142	0,2934	1,3697
0,5	0,2500	0,3927	1,5708
0,6	0,2776	0,4920	1,7723
0,7	0,2962	0,5872	1,9825
0,8	0,3042	0,6736	2,2143
0,9	0,2980	0,7445	2,4983
1,0	0,2500	0,7854	3,1416

Таблица 4.14 – Результаты гидравлического расчёта лотковой оросительной сети, труба КОРСИС DN/OD 500

Наименование, (условное обозначение)	Ед. изм.	Значения при одновременно работающих дождевальных машин, ед.		
		1 ДМ	2 ДМ	3 ДМ
Внутренний/наружный диаметр трубы	мм	430/500		
Уровень жидкости в живом сечении потока ($h_{в.о.в.}$)	м	0,330		
Отношение уровня жидкости в живом сечении потока к внутреннему диаметру открытого водовода ($h_{в.о.в.}/d_{в.о.в.}$)	безразм. вел.	0.767		
Центральный угол заполнения открытого водовода ($\varphi_{о.в.}$)	град/ рад	293,402/5,121		
Площадь живого сечения потока (ω)	м ²	0,140		
Смоченный периметр поверхностного водовода (χ)	м	1,101		
Гидравлический радиус (R_r)	м	0,127		
Расход поливной воды в открытом водоводе ($Q_{о.в.}$)	м ³ /с	0,059	0,118	0,177
Средняя скорость потока поливной воды в открытом водоводе ($V_{о.в.}$)	м/с	0,423	0,846	1,268
Фактическое число Рейнольдса при движении воды в открытом водоводе	безразм. вел.	164005	328010	492015
Коэффициент гидравлического трения гидравлически гладких труб (λ_r)	безразм. вел.	0,016	0,013	0,012
Коэффициент гидравлического трения пластмассовых труб ($\lambda_{п.}$)	безразм. вел.	0,020	0,017	0,015
Гидравлический уклон (i)	безразм. вел.	0,0003534	0,0011887	0,0024167

Таблица 4.15 – Результаты гидравлического расчёта лотковой оросительной сети, труба КОПСИС DN/OD 630

Наименование, (условное обозначение)	Ед. изм.	Значения при одновременно работающих дождевальных машин, ед.		
		1 ДМ	2 ДМ	3 ДМ
Внутренний/наружный диаметр трубы	мм	535/630		
Уровень жидкости в живом сечении потока ($h_{в.о.в.}$)	м	0,435		
Отношение уровня жидкости в живом сечении потока к внутреннему диаметру открытого водовода ($h_{в.о.в.}/d_{в.о.в.}$)	безразм. вел.	0.813		
Центральный угол заполнения открытого водовода ($\varphi_{о.в.}$)	град/ рад	289,289/5,049		
Площадь живого сечения потока (ω)	м ²	0,214		
Смоченный периметр поверхностного водовода (χ)	м	1,351		
Гидравлический радиус (R_r)	м	0,159		
Расход поливной воды в открытом водоводе ($Q_{о.в.}$)	м ³ /с	0,059	0,118	0,177
Средняя скорость потока поливной воды в открытом водоводе ($V_{о.в.}$)	м/с	0,275	0,551	0,823
Фактическое число Рейнольдса при движении воды в открытом водоводе	безразм. вел.	133691	267383	401074
Коэффициент гидравлического трения гидравлически гладких труб (λ_r)	безразм. вел.	0,017	0,014	0,013
Коэффициент гидравлического трения пластмассовых труб ($\lambda_{п.}$)	безразм. вел.	0,021	0,017	0,016
Гидравлический уклон (i)	безразм. вел.	0,0001258	0,0004232	0,0008605

Таблица 4.16 – Результаты гидравлического расчёта лотковой оросительной сети, труба КОРСИС DN/OD 800

Наименование, (условное обозначение)	Ед. изм.	Значения при одновременно работающих дождевальных машин, ед.		
		1 ДМ	2 ДМ	3 ДМ
Внутренний/наружный диаметр трубы	мм	681/800		
Уровень жидкости в живом сечении потока ($h_{\text{в.о.в.}}$)	м	0,581		
Отношение уровня жидкости в живом сечении потока к внутреннему диаметру открытого водовода ($h_{\text{в.о.в.}}/d_{\text{в.о.в.}}$)	безразм. вел.	0.853		
Центральный угол заполнения открытого водовода ($\varphi_{\text{о.в.}}$)	град/ рад	284,686/4,969		
Площадь живого сечения потока (ω)	м ²	0,344		
Смоченный периметр поверхностного водовода (χ)	м	1,692		
Гидравлический радиус (R_r)	м	0,203		
Расход поливной воды в открытом водоводе ($Q_{\text{о.в.}}$)	м ³ /с	0,059	0,118	0,177
Средняя скорость потока поливной воды в открытом водоводе ($V_{\text{о.в.}}$)	м/с	0,172	0,343	0,514
Фактическое число Рейнольдса при движении воды в открытом водоводе	безразм. вел.	106727	213455	320182
Коэффициент гидравлического трения гидравлически гладких труб (λ_r)	безразм. вел.	0,018	0,015	0,013
Коэффициент гидравлического трения пластмассовых труб ($\lambda_{\text{п.}}$)	безразм. вел.	0,022	0,018	0,017
Гидравлический уклон (i)	безразм. вел.	0,0000403	0,0001357	0,0002759

Обобщённые результаты гидравлического расчёта открытого водовода позволяют составить графическую карту синхронизации применения количества одновременно работающих дождевальных машин (рисунок 4.13) в зависимости от его построения – от основного конструкционного элемента (номенклатуры трубы, её линейных характеристик поперечного сечения).

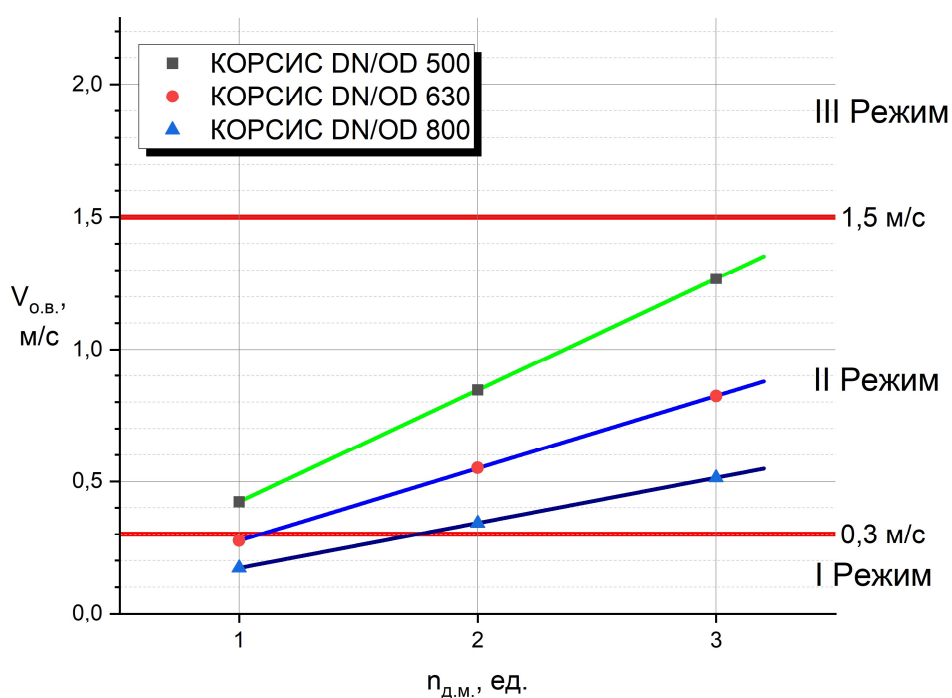


Рисунок 4.13 – Карта синхронизации применения количества УДМ «Кубань-А195-57,7-01» и поверхностного водовода

Карта синхронизации применения количества одновременно работающих УДМ «Кубань-А195-57,7-01» из поверхностного водовода отображает три режима совместной работы:

I режим – минимальные скорости потока оросительной воды в открытом водоводе, процесс характеризуется заиливанием профиля лотка, биологическими загрязнениями транспортируемой воды и т.п.;

II режим – режим характеризуется наличием оптимальных скоростей потока для эффективного транспортирования оросительной воды;

III режим – максимальные скорости потока оросительной воды в

открытом водоводе, процесс характеризуется турбулентным режимом движения транспортируемой воды, появлением явления вибрации (резонанса) конструкции лотка, что влечёт низкую надёжность лотковой оросительной сети с возникновением аварийных ситуаций.

Карта синхронизации применения количества УДМ «Кубань-А195-57,7-01» и поверхностного водовода иллюстрирует выбор оптимального варианта технического решения построения лотковой оросительной сети (Ткачёв А.А., Иваненко Ю.Г., Зарубин В.В., 2024). В качестве основного конструкционного элемента применяется труба «КОРСИС DN/OD 500», что обеспечит рациональный режим скоростей потока в водоводе (II режим работы ЛОС) при эксплуатации одной и группового применения, двух и трёх ирригационных установок. Аппроксимирующая прямая имеет уравнение, при коэффициенте детерминации $R^2 = 1,0$, формула:

$$V_{o.b.} = 6,66667 \cdot 10^{-4} + 0,4225 \cdot n_{d.m.} \quad (4.5)$$

где $n_{d.m.}$ — количество машин, одновременно работающих на одном открытом водоводе, единиц.

Анализ полученных результатов совместного влияния различных расходов и диаметров на продольный уклон укладки открытого водовода позволил методами математической статистики установить зависимость, выраженную уравнением множественной регрессии вида, формула:

$$i_{o.b.} = 0,0017 - 8,2349 \cdot 10^{-6} \cdot d_{h.o.b.} + 0,03663 \cdot Q_{o.b.} + \quad (4.6) \\ + 8,25536 \cdot 10^{-9} \cdot d_{h.o.b.}^2 + 0,02831 \cdot Q_{o.b.}^2 - 5,38185 \cdot 10^{-5} \cdot d_{h.o.b.} \cdot Q_{o.b.}$$

где $i_{o.b.}$ — гидравлический уклон (при равномерном движении жидкости равен пьезометрическому уклону), безразмерная величина;

$Q_{o.b.}$ — расход воды в открытом водоводе, м³/с;

$d_{\text{н.о.в.}}$ – наружный диаметр открытого водовода, мм.

Данная математическая модель отображена графически (рисунок 4.16). Таким образом, применяя полученную зависимость в период проектирования и проведения гидравлических расчётов водоподающих лотков из композитных труб, можно с очень высокой точностью ($R^2 = 0,98$) определять величину продольных уклонов и соответственно, размер диаметров от расходов, подаваемых на дождевальные машины.

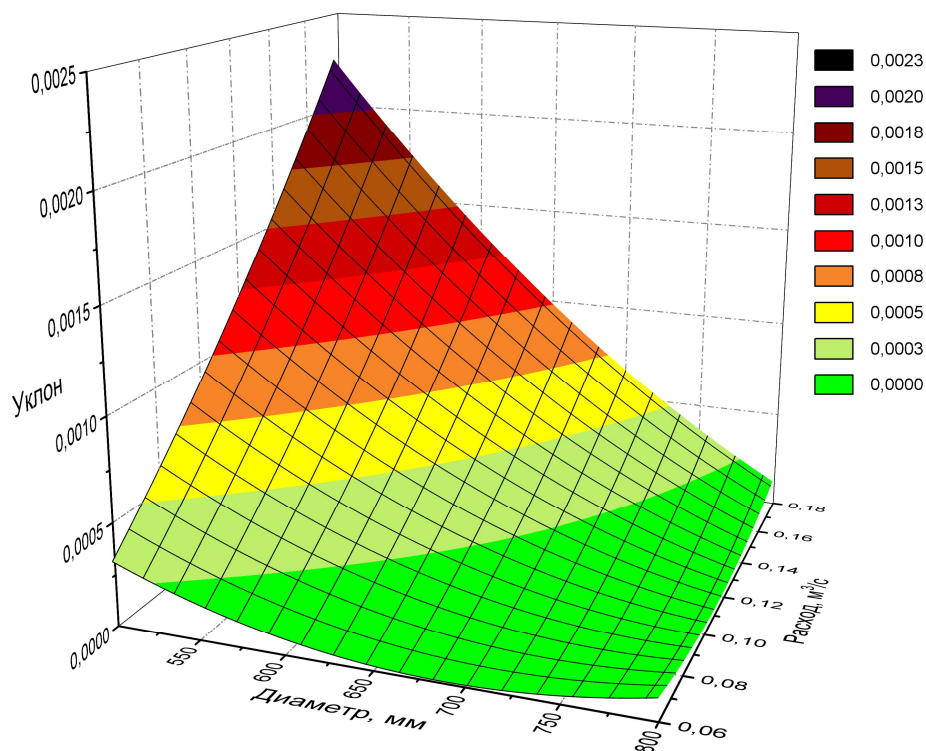


Рисунок 4.14 – Взаимосвязь продольного уклона укладки поверхностного водовода, его диаметра и расхода поливной воды

4.4 Насосно-силовое оборудование водоподачи дождевальной машины УДМ

Для обеспечения работы закрытой и открытой оросительных сетей на основании гидравлических расчётов производится подбор насосно-силового оборудования (Рыжко Н. Ф., Абдразаков Ф. К., Рыжко С. Н. и др., 2025;

Панфёров В.С., Яшин А.В., Щербаков С.И. и др., 2012; Харитонов В.А., 2008; Базавлук В.А., 2016; Козинская О.В., Бочарников В.С., Бочарникова О.В. и др., 2024;).

Для обеспечения орошаемого земледелия производителем Grundfos (с 2024 года ООО «ИСТРАТЕХГрупп») предлагается широкая линейка насосно-силового оборудования.

Согласно напорно-расходным характеристикам рассматриваемых оросительных систем ЗОС и ЛОС для водозабора из них по графикам (диаграммам) рабочих характеристик насосно-силового оборудования подбираем следующие агрегаты:

1. Для закрытой оросительной системы (рисунок 3.10) подобран насос «Grundfos NB 80-200/200» с напорно-расходными характеристиками (рисунок 4.15).

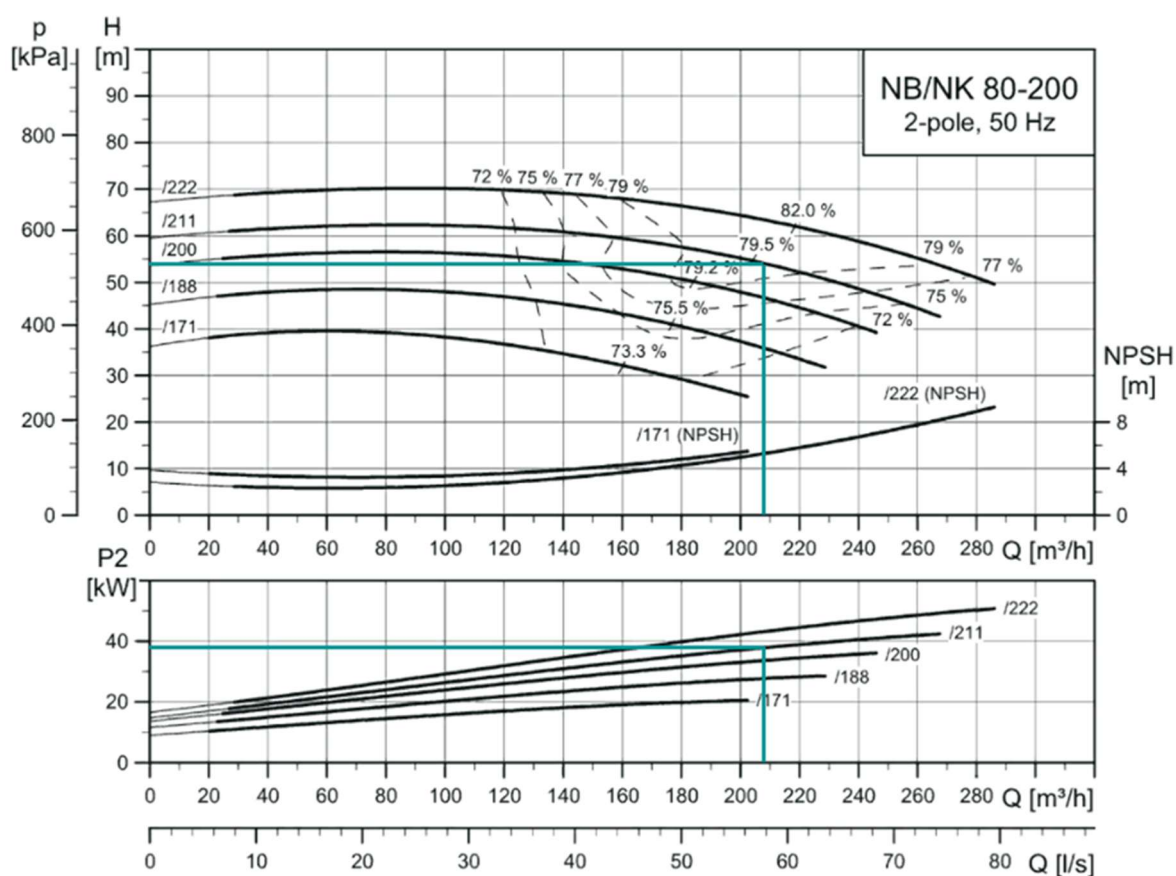


Рисунок 4.15 – Напорно-расходные и мощностные характеристики насоса «Grundfos NB 80-200/200» закрытой оросительной сети

2. Для открытой оросительной сети (рисунок 3.12) определены два агрегата.

Для обеспечения заполнения открытого водовода требуется насос «Grundfos NB 150-200/218-200» с напорно-расходными характеристиками (рисунок 4.16).

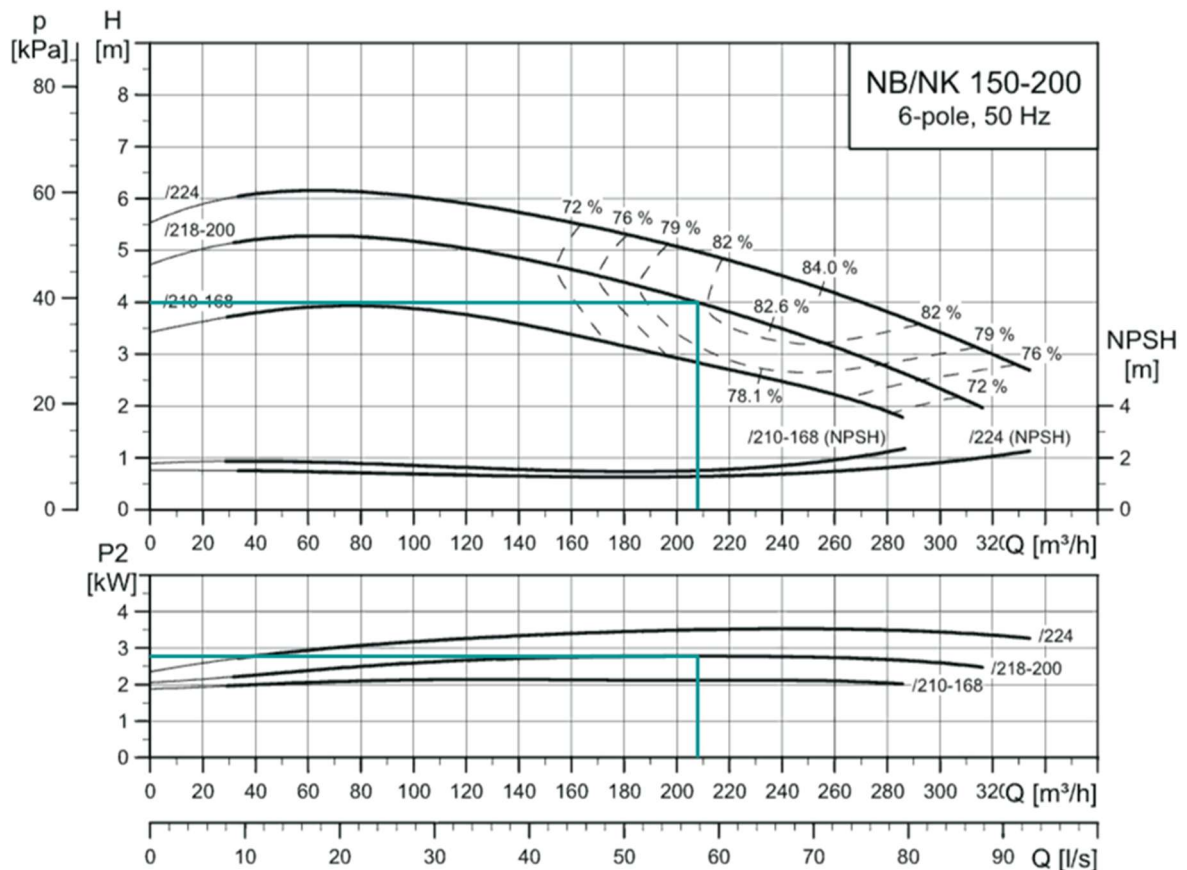


Рисунок 4.16 – Напорно-расходные и мощностные характеристики насоса «Grundfos NB 150-200/218-200» подачи воды в открытый водовод

Для подачи поливной воды непосредственно к дождевальная машине из открытого водовода заполнения открытого водовода определён насос «Grundfos NB 80-160/151» с напорно-расходными характеристиками (рисунок 4.17).

Источником технико-эксплуатационных характеристик по насосно-силовому оборудованию являлся каталог Grundfos, (URL: <https://rus-grundfos.ru/documentation/catalogs?ysclid=mnbnq29ih4431670541>).

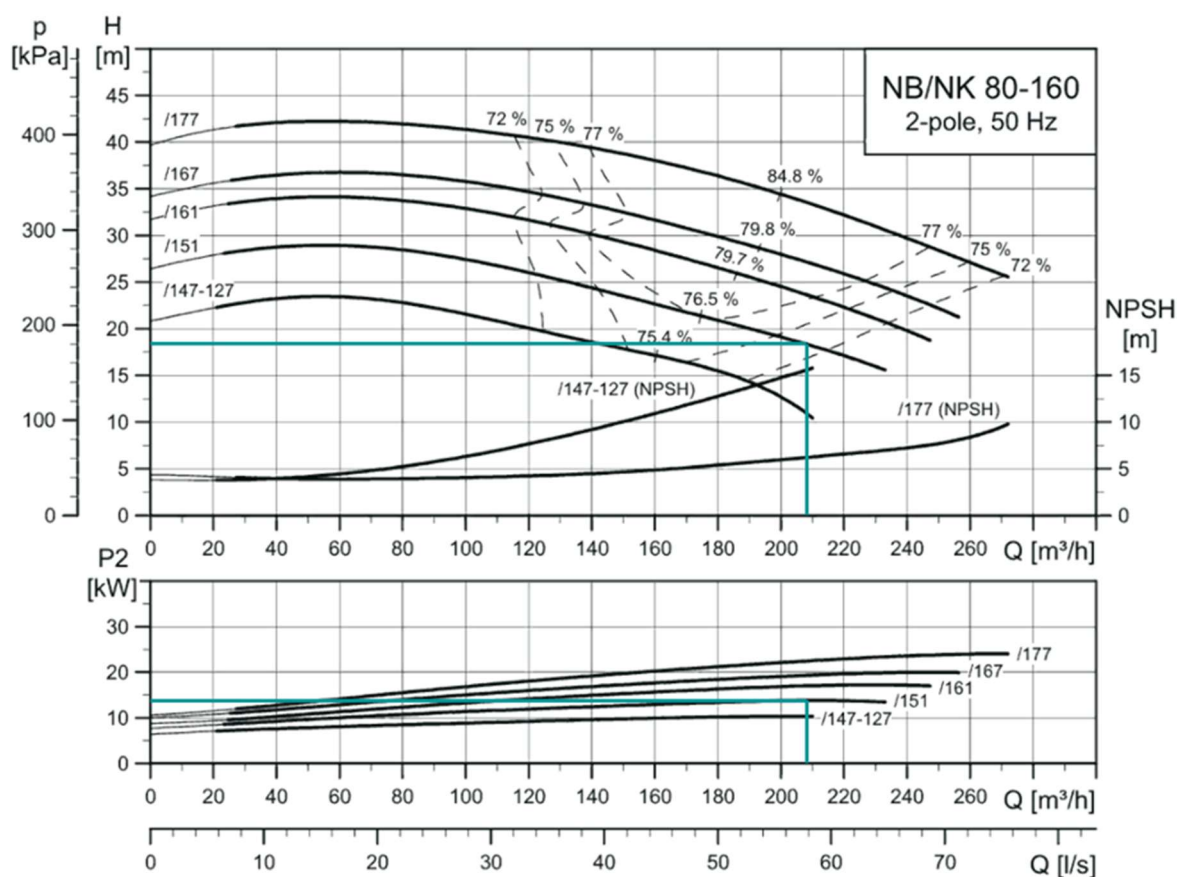


Рисунок 4.17 – Напорно-расходные и мощностные характеристики насоса «Grundfos NB 80-160/151» подачи воды к дождевальной машине из открытого водовода

Характеристики выбранного насосно-силового оборудования и их сравнение для обеспечения работы ДМ от ЗОС и ЛОС проводим по напорным и энергетическим параметрам (таблица 4.17).

Таким образом напорные потери при применении ЗОС по сравнению с ЛОС превышают в 2,5 раза.

Энергоэффективность при применении технологии ЛОС по сравнению с ЗОС составляет:

- по гидравлической мощности в 2,45 раза;
- по мощности необходимой на валу электродвигателя в 2,26 раза;
- по электропотреблению в 2,4 раза.

Таблица 4.17 – Сравнительная оценка технико-эксплуатационных характеристик закрытой и открытой оросительных сетей и насосно-силового оборудования

Наименование характеристик	Ед. изм.	ЛОС		ЗОС	
		Усл. обозн.	Значение	Усл. обозн.	Значение
1. Напорные затраты					
Потери напора на насосной станции	м. вод. ст.	$H_{\text{обв.НС1}}$	4,00	$H_{\text{обв.НС}}$	4,00
Потери по трубопроводу	м. вод. ст.	-	-	$H_{\text{тр.}}$	14,47
Потери на гибкий рукав	м. вод. ст.	-	-	$H_{\text{р.}}$	17,32
Напор на ДМ	м. вод. ст.	$H_{\text{св.}}$	16,72	$H_{\text{св.}}$	16,72
Общий напор	м. вод. ст.	$H_{\text{ЛОС}}$	20,72	$H_{\text{ЗОС}}$	52,51
2. Энергетические затраты					
Гидравлическая мощность	кВт	$\text{НС1}_{\text{Г.М.}}$	2,27	$\text{НС}_{\text{Г.М.}}$	28,79
	кВт	$\text{НС2}_{\text{Г.М.}}$	9,48		
Мощность на валу электродвигателя	кВт	$\text{НС1}_{\text{М.В.}}$	2,80	$\text{НС}_{\text{М.В.}}$	38,00
	кВт	$\text{НС2}_{\text{М.В.}}$	14,00		
Потребляемая мощность	кВт	$\text{НС1}_{\text{П.М.}}$	4,00	$\text{НС}_{\text{П.М.}}$	45,00
	кВт	$\text{НС2}_{\text{П.М.}}$	15,00		

4.5 Предлагаемые конструкции элементов водоподачи на фронтальную дождевальную машину

Для существующих сооружений транспортирующих поливную воду лотков и каналов (ГОСТ 21509-76 с изм. от 12.09.1984 №159 и ТУ 2296-001-38308864-2012) и выше предлагаемых наших разработок с целью дальнейшего улучшения эффективности и ресурсосбережения при их работе предлагаются усовершенствованные технические и технологические решения элементов водоподающей системы для непрерывного водозабора движущимися дождевальными агрегатами.

Существующие водопроводящие сооружения имеют большой вес конструкции и связанные с этим затраты и сложность при монтаже,

демонтаже, перевозке элементов, хранении частей конструкций, а также под воздействием окружающей среды при транспортировке воды по лотку она подвергается испарению (до 40% от общего объема), механическому, химическому и биологическому загрязнению, соответственно, от переносимых ветром пыли, воздействию солнечных лучей (фотосинтез), вероятность критического падения уровня воды при отборе воды при работе дождевальной машины, приводящая к захвату воздуха заборным устройством поливного агрегата и его выходу из строя и других факторов (Абдразаков Ф.К., Герасимов К.А., 2025; Рукавишников А.А. и др., 2025; Abdrazakov F. K., Belyakov O. A., 2026).

К важным вопросам повышения эффективности транспортировки воды относятся: максимальное сохранение ее качественных (физико-химических свойств), количественных (объема) характеристик и возможности ее непрерывной подачи и забора по всей длине водовода ирригационной техники (без необходимости переключения водозаборного устройства дождевальной машины), а также возможность в уменьшении сечения водопроводящего лотка, недопущение критического падения уровня воды (Ткачѳв А.А., Литиновский И.Г., Симончук Д.А., Ключенко К.И., 2025; Ф. К. Абдразаков, О. В. Михеева, Е. Н. Миркина и др., 2026) при заборе ее дождевальной машиной, предотвращение оттока воды назад в трубопровод/рукав при отключении подачи воды в него.

Для решения поставленных вопросов в работе предлагается конструкция (патент № 2818271) водоподающего поверхностного водовода – лотка, приложение Г (рисунок 4.18).

Результатом технического предложения усовершенствования водоподающего сооружения – лотка является изготовление его из современных неметаллических конструкционных и/или композиционных материалов (полимерного материала высокой плотности, поливинилхлоридные и другие) и может оборудоваться эластичными шторками по верхнему урезу. Каркас лотка собирается без верхних жестких

поперечных перемычек. Лоток оросительной системы может быть оснащен одним или несколькими обратными клапанами в технологических отверстиях для подачи воды от водовода водоисточника и оборудоваться блоком - регулятором, дозирующим скорость и объем подачи поливной воды по сигналу датчиков контроля.

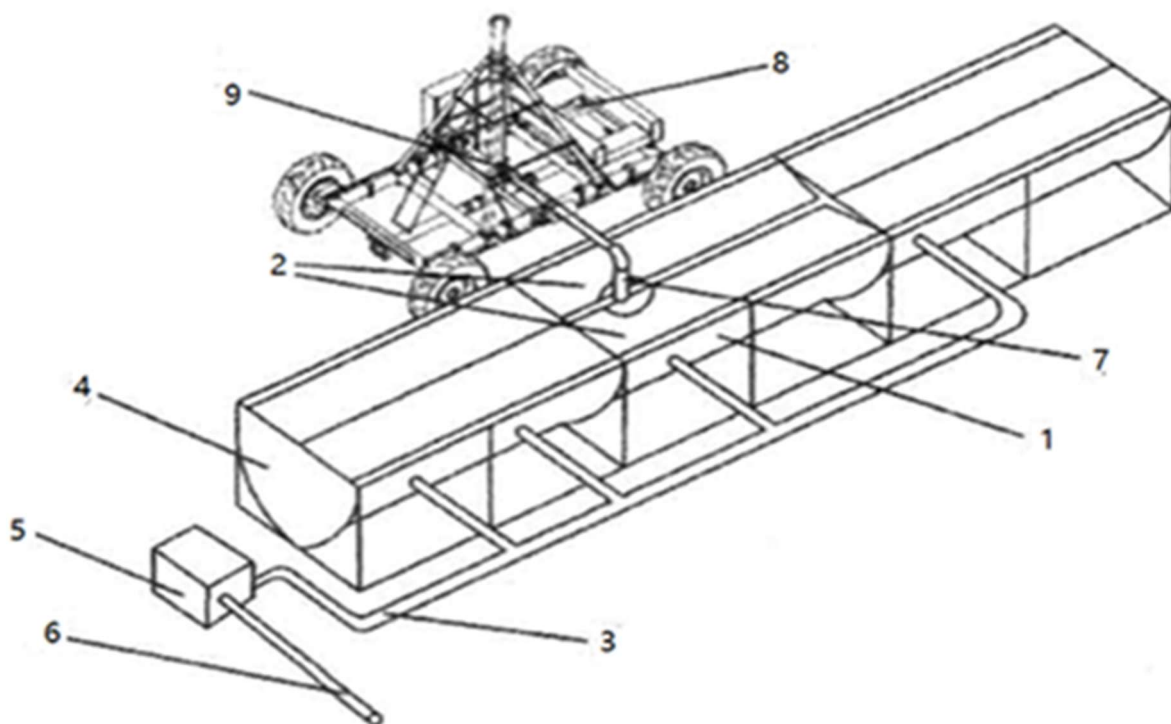


Рисунок 4.18 – Схема поверхностной водоподающей системы

1 – водопроводящий водовод; 2 – эластичные шторки; 3 – присоединительный рукав; 4 – поперечная заглушка; 5 – блок-регулятор; 6 – водовод водоисточника; 7 – водозаборное устройство; 8 – центральная подвижная опора ДМ; 9 – насосный агрегат

Работает водоподающая система следующим образом. На заранее подготовленный спланированный участок орошаемой площади на грунт, сваи, стоечные опоры, плиты и т.д. последовательно монтируются друг к другу отдельные лотки при помощи уплотнительных и стопорных элементов, обеспечивающих герметизацию стыков и их фиксацию. Эластичные шторки 2, по верхней части лотка закрывают и затеняют водную поверхность при этом

снижают интенсивность испарения транспортируемой поливной воды, а также предотвращают от механического, химического и биологического загрязнения, соответственно, от переносимых ветром пыли, воздействия солнечных лучей (фотосинтез) и других факторов. Через технологические отверстия в лотке, через присоединенный рукав 3 подается поливная вода. На первом и последнем лотках оросительной системы с торца, а также при проведении профилактических работ по очистке лотка от наносов устанавливаются поперечные заглушки 4. Блоком - регулятором 5 дозируется скорость и объем подачи поливной воды в лотки оросительной системы от водопровода водоисточника 6.

Для обеспечения непосредственной подачи оросительной воды из поверхностного водовода к дождевальной машине предлагается водозаборная система (патент №2836872), приложение Д. Данное изобретение имеет паттерную связь с выше предлагаемыми техническими решениями обеспечения работы ирригационной установки водой и является их логическим дополнением. Рассматриваемый патент на изобретение содержит описание различных вариантов исполнения водозаборной системы дождевальной машины и вариabельность функционального взаимодействия механизмов технологического комплекса «Поверхностный водовод (лоток) – Водозаборная система – Дождевальная машина».

Основными элементами водозаборной системы являются (рисунок 4.19):

- водозаборное устройство 4 (водоприёмный оголовок, всасывающий трубопровод, патрубок с различной комбинацией);
- компонент(ы) курсовой устойчивости 2, позволяющий(ие) обеспечить курсовую устойчивость водозаборного устройства относительно лотка.

В общем случае водозаборная система работает следующим образом. При движении дождевальной машины на центральной её подвижной опоре

установлены вспомогательный насос и водозаборное устройство 4, оголовки которого расположен внутри трубчатого водовода (лотка) 1. Элементы курсовой устойчивости 2 обеспечивают заданное пространственное позиционирование оголовка относительно продольной оси поверхностного водовода. Из лотка через водозаборное устройство вода забирается вспомогательным насосом и транспортируется с оптимальными гидродинамическими характеристиками потока в дождеобразующий пояс ирригационной установки.

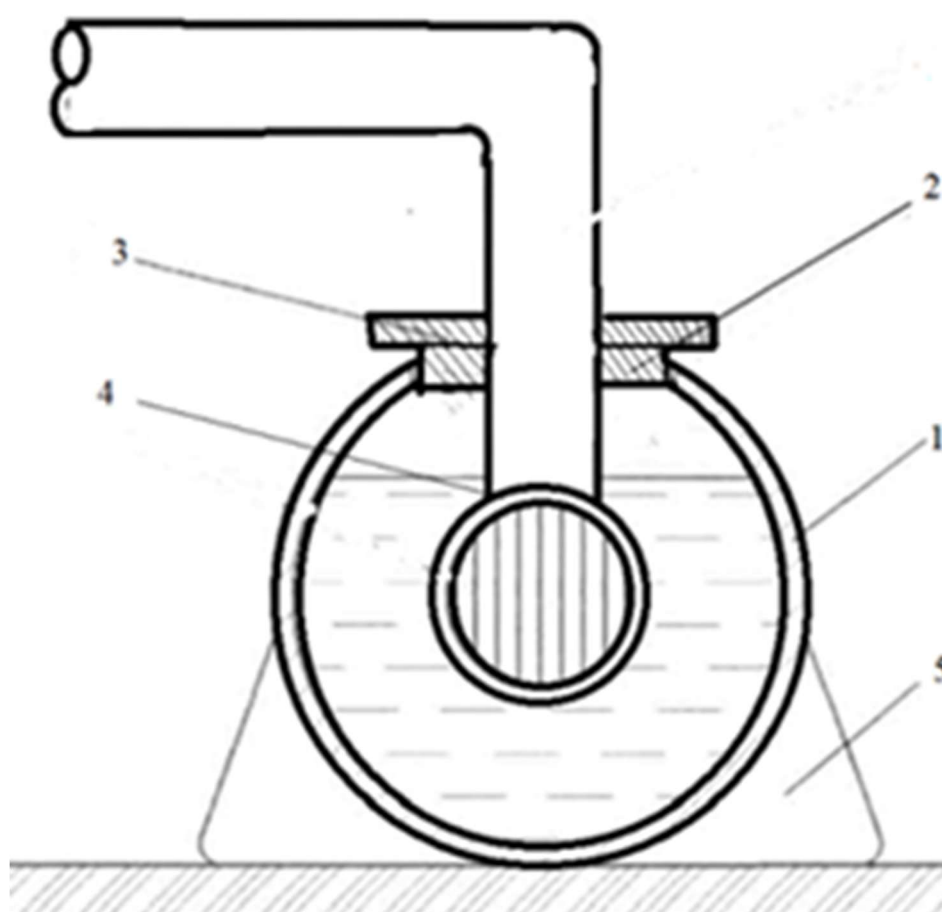


Рисунок 4.19 – Схема водозаборной системы широкозахватной ДМ:
1 – трубчатый водовод (лоток); 2 – элементы курсовой устойчивости;
3 – эластичные шторки; 4 – водозаборное устройство; 5 – опоры водовода

Технический результат предлагаемых изобретений заключается в решении комплекса задач по повышению эффективности работы ДМ и надёжности забора поливной воды из открытой оросительной системы, что

обеспечивается:

1. Отсутствием сторонних элементов в технологической схеме обеспечения работы дождевальной машины поливной водой (гибкий водоподводящий рукав, быстросъёмные соединения его подключения к ЗОС и ДМ и т.д.). Водозаборное устройство для отбора воды из лотка монтируется непосредственно на раме центральной подвижной опоры.

2. Пространственной точностью заданного проектного и фактического положения оголовка водозаборной системы элементами курсовой устойчивости внутри водовода при его перемещении относительно лотка, направляющим звеном может служить корпус лотка, вырез и т.д.

3. Снижением гидравлических потерь в водоподающей системе. Вода по поверхностному водоводу подаётся самотёком непосредственно к дождевальной машине через водозаборное устройство.

4. Мониторингом и обработкой следующей информации (дополнительная опция): уровня заполнения канала, расхода воды, давления, степени засорённости фильтра и возможности его промывки.

5. Сохранением качества транспортируемой поливной воды (предотвращением попадания в неё механических, химических и биологических загрязнителей от пыли, бытового мусора, воздействия солнечной радиации и других факторов). Уменьшением потерь поливной воды на фильтрацию и испарение.

6. Относительной не высокой стоимостью предлагаемой водоподающей системы и работ по её обслуживанию, ремонтпригодностью.

Использование на практике данных систем водоподачи расширяет функциональные и технологические возможности работы широкозахватной дождевальной машины фронтального действия: обеспечение непрерывного забора поливной воды движущемуся дождевальному агрегату; регулирование необходимого расхода воды; проведение регламентных работ участков лотка при подачи воды через технологические отверстия; возможность использования дождевальной машины в реверсном режиме без проведения

дополнительных технологических операций; при остановке водоподачи предотвращение оттока воды обратно в водоподающий трубопровод.

4.6 Выводы

Анализ гидродинамических процессов и гидравлических характеристик в потоках рассматриваемых водоводов и сравнение технико-эксплуатационных параметров закрытой и открытой оросительных сетей, насосно-силового оборудования, обеспечивающего их работу, показывает выгодное отличие в применении предлагаемой лотковой сети как по напорным, так и энергетическим параметрам.

ГЛАВА 5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ВОДОПОДАЮЩИХ СИСТЕМ

С целью установления преимуществ по использованию водоподводящих систем в работе проводилось сравнение существующей закрытой оросительной системы (ЗОС) с водозаборными гидрантами и гибким рукавом и предлагаемого поверхностного водовода в виде лотковой открытой системы (ЛОС) с водозаборным устройством к широкозахватной дождевальная машине УДМ «Кубань-А195-57,7-01».

Для проведения такой оценки устанавливались технические и технологические условия работы по конструктивному устройству данных систем. Сравнение систем проводилось по условиям расположения их на местности, конструкции, материала и гидравлических параметров оснащением арматурой и насосно-силовым оборудованием (п.3.4) по их стоимости, а также эксплуатационным затратам. Вычисление капитальных затрат (в ценах 2025 года) на строительно-монтажные работы и насосно-силовое оборудование двух сравниваемых водоподающих систем на орошаемое поле площадью 23, 68 га проводился согласно сметного расчета (ГРАНД-Смета, версия 2025.3). Основные стоимостные показатели систем представлены в приложениях Е, Ж. Экономическую эффективность оценивали согласно (ГОСТ Р 34393-2018. «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки»).

Расчет капитальных вложений на производство работ и стоимости комплекса оборудования открытой и закрытой водоподающих систем проводился с учетом территориальных условий. Результаты капитальных вложений представлены в таблице 5.1.

Снижение капитальных затрат при использовании водоподачи к ДМ технологии ЛОС по сравнению с ЗОС в общем составили 340730 рублей, а стоимость и монтаж насосно-силового оборудования меньше на 78004,42 рубля.

Таблица 5.1– Капитальные затраты на строительство систем

Показатель		Водоподающая система	Затраты, руб.
Строительно-монтажные работы		ЛОС	9 403 380,00
		ЗОС	9 744 110,00
в том числе	Насосно-силовое оборудование	ЛОС	822 875,31
		ЗОС	900 879,73
	Оплата труда рабочих и машинистов	ЛОС	5 7050,00
		ЗОС	603 730,00

При проведении сметных расчетов установлены затраты труда рабочих и машинистов при производстве работ на закрытой оросительной системе (ЗОС) составили 1678,61 чел. час., а на ЛОС – 159,84, что ниже на 1518,77 чел. час

При сравнении способов водоподачи двух типов водоводов ЗОС и ЛОС немаловажно установление денежных затрат данных систем в период их эксплуатации.

Сравнение двух водопроводящих систем сделано для условий полива монокультуры нормой 386 м³/га на площади 23,68 га (табл.2.2 гл.2). Время проведения одного полива данной нормой, при скорости перемещения ДМ равной 0,54 м/мин, составит 37 часов. За это время ДМ при поливе должна быть подключена к гидрантам 8 раз. Алгоритм выполнения технологической операции по подключению (переподключению) гибкого рукава характеризуется определенными временными и трудовыми затратами.

При поливе культуры на том же поле и такой же нормой при водозаборе из открытой лотковой сети (ЛОС) технологической операции по подключению водоподающего рукава к гидранту не требуется.

При эксплуатации лотковой оросительной системы процесс производства поливов происходит автоматически, управление им производится дистанционно, аварийные ситуации отсутствуют (либо крайне редки).

Эксплуатационные затраты в зависимости от технических и

технологических условий работы и конструктивного устройства данных систем водоподдачи представлены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Оценка эксплуатационных затрат

Показатель	Водоподающая система	Затраты, руб.	Примечание
Фонд заработной платы	ЛОС	416,64	На один час работы
	ЗОС	1 197,84	
Обеспечение работы приданных технических средств	ЛОС	-	
	ЗОС	6 521,76	
Обеспечение топливом дизельных генераторов	ЛОС	482,46	Расход Дт 5,5 л/час 1,1 л час
	ЗОС	1023,40	Расход Дт 14 л/час
Восполнение расходных материалов	ЛОС	-	-
	ЗОС	900,90	Показатель рассчитан на 1 час работы ДМ Приобретение комплекта гибких рукавов (2 ед.) 1 раз/3 года

В расчёте из срока службы три года комплекта водоподводящих гибких рукавов (две единицы, стоимостью 500 000 рублей) и применения его в обеспечение пяти поливов вышеуказанной нормой в поливной сезон на площади 23,68 га по 37 часов амортизационные отчисления на его эксплуатацию составляют 900 рублей 90 копеек.

Сравнение эксплуатационных затрат при часовом водозаборе для ДМ из водоподающих систем ЛОС и ЗОС представлены в таблице 5.3.

Результаты данной таблицы говорят, что при водоподдачи на дождевальную машину за один час работы из открытой лотковой системы меньше фонда заработной платы на 781,20 руб., на ГСМ дизельных агрегатов на 540,94 руб. и исключение из работы дополнительных технических средств

на сумму 6 521,76 руб. и применение гибкого напорного рукава с затратами 900,90 руб.

Таблица 5.3 – Оценка эксплуатационных затрат работы ЛОС и ЗОС на один час работы

Водоподающая система	Эксплуатационные затраты, руб.				
	фонд заработной платы	работа приданных технических средств	ГСМ дизельных генераторов	восполнение расходных материалов	всего
ЛОС	416,64	-	482,46	-	899,10
ЗОС	1 197,84	6 521,76	1 023,40	900,90	9 643,90
Экономический эффект при ЛОС	781,20	6 521,76	540,94	900,90	8 744,80

Таким образом, эксплуатационная экономия за один час работы предлагаемой технологии подачи воды посредством лотковой системы составит 8 744,80 рубля. Общий годовой экономический эффект от сокращения эксплуатационных затрат при поливе с водозабором лотковой водопроводящей системы монокультуры нормой 386 м³/га пять раз за сезон (8744,8x 37x5) составит 1617,8 тыс. рублей.

На основании экономической эффективности данных научных исследований по водоподающей системе ЛОС к УДМ «Кубань-А195-57,7-01» результаты были внедрены (приложения А – В) в Саратовской области на орошаемых полях учебно-научно-производственного объединения «Поволжье» Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, опытно-производственного хозяйства «ВолжНИИГиМ» филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» и в фермерском хозяйстве ИП Рымчук П.В.

5.1 Выводы

Предлагаемая в научной работе система поверхностного водовода выгодно отличается от существующей системы обеспечения дождевальная машины из закрытой оросительной сети посредством гибкого водоподающего рукава.

Экономический эффект на орошаемом участке при строительстве (капитальные затраты) достигает 340 730 рублей.

Экономия эксплуатационных затрат при применении технологии ЛОС по сравнению с ЗОС составляет:

- по фонду заработной платы в 2,88 раза;
- по затратам на приобретение ГСМ в 2,12 раза
- исключаются дополнительные затраты на восполнение расходных материалов, приобретение гибкого водоподводящего рукава, при использовании закрытого водовода стоимостью 900,90 руб./час;
- устраняются дополнительные затраты на сумму 6 521,76 рублей на обеспечение работы приданных технических средств при выполнении технологических процессов по подключению рукава к гидрантам и проведение ремонтных работ при сходе рукава с быстросъёмного соединения;
- 1617, 8 тыс. рублей – общий годовой экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат при поливе монокультуры от открытого лоткового водовода по сравнению с закрытым трубопроводом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведённый анализ о типах и технических особенностях полива широкозахватных дождевальных машин кругового и фронтального действия показал их значительное применение в орошаемом земледелии. Агрегаты фронтального передвижения имеют ряд преимуществ, но из-за несовершенства систем водоподдачи к ним они имеют ряд эксплуатационных недостатков и технических задач, решением которых являются технологические и конструкционные предложения.

2. По результатам наблюдений и исследований работы дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» установлены неблагоприятные последствия водозаборного устройства в виде гибкого рукава: частый срыв с места подключения к ДМ; существенные гидравлические потери при изгибах; уничтожение посевов по траектории движения; дополнительные энергозатраты при подключении к гидрантам; недостаточная жёсткость элементов центральной подвижной опоры от значительных нагрузок при его перемещении по полю; низкая технологичность и надёжность.

3. От значительной дополнительной тяговой нагрузки 7939,12 Н необходимой для протаскивания гибкого рукава по полю на центральной подвижной опоре происходила деформация поперечной балки из стального горячекатанного равнополочного уголка 100х100х10, что определяет необходимость замены его на трубу 180х100х5 с более прочностными характеристиками.

4. На основе полевых измерений количества и величины углов, а также математического моделирования учтено образование овальной формы поперечных сечений изгибов водоподводящего рукава, выявлена зависимость пропускной способности при работе гибкого рукава в зависимости от степени изгиба. Численное моделирование позволило установить для характерных углов изгиба 85° , 88° , 72° , 92° основные гидродинамические параметры: скорость потока до 12,24 ; 10,89; 13,85 и 10,4 м/с; давление до 390, 550, 571,

555 Па; среднего коэффициента сопротивления 16,05; 10,75; 18,76 и 25,08.

5. Для совершенствования водоподающей системы дождевальной машины фронтального передвижения предложен «Лоток оросительной системы» (патент № 2818271). где рассмотрены варианты параметров лотковой водоподающей системы в зависимости от эксплуатационных условий (расход транспортируемой воды, необходимый продольный уклон монтажа для обеспечения необходимого водотока и т.д.).

6. Для обеспечения надёжной и бесперебойной работы дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» разработана система водозабора из водоподающего лотка, патент №2836872 «Водозаборная система дождевальной машины (варианты)», исследования которой показали достойные эксплуатационные характеристики.

7. Оценка технико-эксплуатационных показателей и экономической эффективности эксплуатации дождевальной машины фронтального передвижения подтверждает преимущество применения открытой лотковой системы водоподачи по сравнению с использованием технологии подачи поливной воды посредством гибкого рукава от закрытой оросительной сети:

- капитальные затраты снижены на 340730,0 рублей;
- эксплуатационные затраты за один час работы меньше на 8744,8 рубля;
- общий годовой экономический эффект составляет 1617,8 тыс. рублей.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. Проектным и сельскохозяйственным организациям для обеспечения ресурсосбережения при поливах сельскохозяйственных культур рекомендуется разработку и применение дождевальных машин фронтального действия с системами водозабора из открытых лотковых водоводов (патент № 2818271).

2. Проектным и производственным организациям, научно-исследовательским учреждениям и учебным заведениям рекомендуется для расчета и выбора параметров водопроводящих систем использовать предложенные математические зависимости.

3. В качестве лотковых водоводов рекомендуется применять гофрированные полипропиленовые трубы типа КОРСИС.

4. Эксплуатационным мелиоративным организациям при проведении водоподачи для фронтальных ДМ из открытых водоводов предлагается использовать водозаборные устройства (патент №2836872).

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Дальнейшими перспективными направлениями научных результатов данной диссертационной работы предполагается разработка инновационного автоматизированного комплекса работы системы поверхностных водоводов, обеспечивающей водоподачу к дождевальную машину как на отдельное орошаемое поле, так и на ряд поливных агрегатов нескольких полей севооборота.

ЛИТЕРАТУРА

1. Абдразаков, Ф. К. Анализ ключевых проблем в эксплуатации оросительных систем / Ф. К. Абдразаков, К. А. Герасимов // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения : Материалы XV Национальной конференции с международным участием, Саратов, 10 апреля 2025 года. – Саратов: ФГБОУ ВО Вавиловский университет, 2025. – С. 3-6. – EDN SSVCAQ.
2. Абдразаков, Ф. К. Рациональное снижение металлоемкости при конструировании широкозахватных дождевальных машин / Ф. К. Абдразаков, Л. А. Журавлева, В. А. Соловьев // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 5. – С. 37-41. – DOI 10.28983/asj.v0i5.473Y. – EDN XOUCGL.
3. Абдразаков, Ф. К. Реконструкция части магистрального канала в местах забора воды и расположения всасывающего раструба на примере насосных станций Приволжской оросительной системы / Ф. К. Абдразаков, Д. В. Логашов // Основы рационального природопользования : Материалы VI Национальной конференции с международным участием, Саратов, 22–23 октября 2020 года. – Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2020. – С. 6-11. – EDN SVDEIF.
4. Абдразаков, Ф. К. Фильтрация из каналов для условий Саратовского Заволжья / Ф. К. Абдразаков, О. В. Михеева, Е. Н. Миркина [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2026. – № 2(86). – С. 508-516. – DOI 10.32786/2071-9485-2026-02-56. – EDN RUEOGU.
5. Абдуламир, Л.С. Гидравлический эксперимент на безнапорном трубопроводе из полимерного материала / Л.С. Абдуламир, В.А. Орлов, Н.Т. Джумагулова // Вестник МГСУ. – 2022. – Т.17, №4. М- С. 487-500.
6. Акпасов, А. П. Формирование мелкодисперсного дождевого облака при поливе дефлекторными насадками кругового действия / А. П.

Акпасов, А. В. Русинов, Б. Н. Бельтиков // Московский экономический журнал. – 2021. – № 3.

7. Бабушкина, О.С. Об упругопластической деформации трубы, изогнутой внешними моментами по оправке/ Бабушкина О.С./ Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер.1. Математика. Механика. Астрономия. – 2003. Вып. 1 (№1). – С. 87-89.

8. Базавлук, В.А. Инженерное обустройство территорий. Мелиорация: учеб. Пособие для прикладного бакалавриата / В.А. Базавлук. – М.: Издательство Юрайт, 2016. – 139 с.

9. Бакиров, С.М. Перспективы развития дождевальной техники / С.М. Бакиров // Аграрный научный журнал. – 2020. - № 1. – С. 50-55.

10. Барановский, Н.В. Визуализация данных в программном пакете Origin Pro / Н.В. Барановский. – [б.м.]: Издательские решения, 2020. – 132 с.

11. Бельштина, М. Е. Применение орошения в технологиях соеводства / М. Е. Бельштина, Т. П. Кобозева // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2025. – № 2(70). – С. 6-13.

12. Бельтиков, Б. Н. Вектор развития отечественной широкозахватной дождевальной техники / Б. Н. Бельтиков // Мелиорация и водное хозяйство – основа продовольственной и экологической безопасности : материалы Юбилейной международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию образования ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова, Москва, 09–11 октября 2024 года. – Москва: ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова», 2024. – С. 357-361.

13. Бельтиков, Б.Н. Опыт применения многоопорных широкозахватных дождевальных машин и пути их совершенствования / Б. Н. Бельтиков // Концептуальные аспекты современного состояния и развития мелиорации и эффективного использования водных ресурсов : сборник научных трудов по материалам научно-практической конференции с международным участием, посвященной 55-летию образования ФГБНУ «ВолжНИИГиМ», Энгельс, 28 мая 2021 года / Волжский научно-

исследовательский институт гидротехники и мелиорации. – Саратов: ООО "Орион", 2021. – С. 96-100.

14. Бельтиков, Б.Н. Поверхностный водовод для универсальной широкозахватной дождевальная машины/ Б.Н. Бельтиков, А.В. Кравчук, Т.А. Панкова // Глобальные вызовы и инновационные решения в мелиоративном комплексе: сб. науч. трудов по материалам науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящённой 60-летию образования ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». – Саратов, 2026. – С. 71-76.

15. Богомолова, Е.П. Сборник задач и типовых расчётов по общему и специальным курсам высшей математики/ Е.П. Богомолова, А.И. Бараненков, И.М. Петрушко / Учебное пособие СПб.: Издательство «Лань», 2021. – 464 с.

16. Большая Российская Энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/c/saratovskaia-oblast-khoziaistvo-sel-skoe-khoziaistvo-7baaf9> – (Дата обращения:03.12.2025)

17. Васильченко, А.П. Оценка состояния и состав машин и механизмов на мелиоративных системах / А.П. Васильченко, А.Е. Шепелев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. 2025. Т.97. №3. С. 78-90.

18. Вознесенский, В.Л. Первичная обработка экспериментальных данных. (Практические приёмы и примеры). В.Л. Вознесенский / Наука, - Ленинград, 1969 – 84 с.

19. Воронов, Ю.В. Гидравлические основы расчёта водоотводящих самотёчных трубопроводов из пластмассовых труб / Ю. В. Воронов, Е. В. Пугачёв, Е. В. Перевозникова // Технологии и материалы. Полимерные трубы: специальное информационно-аналитическое издание, журнал. — Москва, 2006. — № 3 (12). — С. 38–41. — EDN ZVHTMF.

20. Голованов, А.И. Мелиорация земель: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки (специальности) «Природообустройство и водопользование»/Голованов А.И. и др.; под ред. Голованова А.И.; Ассоц. «Агрообразование» - Москва: КолосС,

2011 – 823 с.

21. Голованов, А.И. Мелиорация земель: учебник для вузов. Специальная литература /Голованов А.И. и др.; 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2021. – 816 с.

22. Горюнов, Д.Г. Особенности технического обслуживания дождевальной машины «Каскад 65Т» / Д.Г. Горюнов, М.Г. Загоруйко, Р.Е. Кузнецов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2023. - № 4. – С. 36-37.

23. ГОСТ 32617-2014 Машины для орошения. Общие требования безопасности: межгосударственный стандарт: изд. офиц.: введён. 2016-01-01/ Подготовлен Рос. Ассое. Производителей сельхозтехники.-Москва: Стандартинформ, 2015. – 17 с.

24. ГОСТ 21509-76. Лотки железобетонные оросительных систем. Технические условия: с Изменением № 1 [утверждено Постановлением Госстроя СССР от 12.09.1984 № 159]. – Переизд. ноябрь 1984. – Москва: Издательство стандартов, 1984. – 15 с.

25. ГОСТ 10362-2017. Рукава резиновые напорные с нитяным усилением без концевой арматуры. Технические условия: межгосударственный стандарт: издание официальное: введён в действие 2018-07-01/ разработан Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 160 «Продукция нефтехимическая, в том числе методы испытаний, промышленная чистота». – Москва: Стандартинформ, 2017. – 18 с.

26. ГОСТ 34437-2018 Арматура трубопроводная. Методика экспериментального определения гидравлических и кавитационных характеристик.: введён. 2019-06-01-Москва: Стандартинформ, 2018. – 43 с.

27. ГОСТ Р 34393-2018 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки: издание официальное: введён впервые: дата введения 2019-09-01 – М.: Стандартинформ, 2018. – 22 с.

28. ГОСТ Р 58331.2-2019 Системы и сооружения мелиоративные. Машины самоходные дождевальные. Общие требования.-Введ.2019-07-01.-

Москва: Стандартинформ, 2019. – 12 с.

29. Губер, К.В. Мелиорация земель в Нечернозёмной зоне / К.В. Губер, В.Г. Куцко, Е.П. Панов. – М.: Россельхозиздат, 1986. – 221 с.

30. Гудилин, Н.С. Гидравлика и гидропривод: Учебное пособие для вузов / Н.С. Гудилин, Е.М. Кривенко, Б.С. Маховиков, И.Л. Пастоев // Под. общ. Ред. И.Л. Пастоева. – 4-е изд. Стер. – М.: Издательство «Горная книга», Издательство Московского государственного горного университета, 2007. – 519 с.

31. Гусейн-заде, С.Х. Многоопорные дождевальные машины / С.Х. Гусейн-заде, Л.А. Перевезенцев, В.И. Коваленко, В.Г. Слуцкий: под ред. С.Х. Гусейн-заде. – М.: Колос, 1984 – 191 с.

32. Дождевальная машина «Кубань» itex.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://itexn.com/636_dozhdevalnaja-mashina-kuban.html?ysclid=mlsz396bke242524948 – (Дата обращения:19.02.2026)

33. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта : с основами статистической обработки результатов исследований / Б. А. Доспехов. – 5-е изд., доп. и перераб.. – Москва : Агропромиздат, 1985. – 351 с. – EDN ZJQBUD.

34. Дубенок, Н.Н. Гидротехнические сельскохозяйственные мелиорации: учебное пособие: практикум: для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Агрономия»/ Н.Н. Дубенок, Шумаков К.Б.; под. Ред. Дубенка Н.Н.; Российский гос. Аграрный ун-т – МСХА им. К.А. Тимирязева – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва: Проспект, 2016 – 336 с.

35. Журавлёва, Л.А. Ресурсосберегающие широкозахватные дождевальные машины кругового действия: дис. . . . д-ра техн. наук 06.01.2002 защ. 01.11.2018/ Журавлёва Лариса Анатольевна. – Саратов, 2018. – 409 с.

36. Загоруйко, М.Г. Оценка эффективности использования и энергетических затрат на полив многоопорными дождевальными машинами «Каскад» в зависимости от особенностей орошаемого участка и используемых насосных агрегатов/ М.Г. Загоруйко, Д.А. Соловьёв, Н.Ф. Рыжко, С.Н. Рыжко

// Мелиорация и водное хозяйство – 2024 - №1. С. 39-42.

37. Зарецкая, М.И. Расчёт и моделирование регулировочной характеристики шланговой задвижки / Зарецкая М.И., Скворцов Б.В., Зарецкий И.С., Таипов Д.Р.// Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т.19 №6 С. 179-183.

38. Зейлигер, А.М. Анализ пространственного варьирования влажности почвенного покрова вдоль фронта дождевальной машины / А.М. Зейлигер, С.В. Затицацкий, О.С. Ермолаева, Д.А. Колганов // Природообустройство. – 2023. - №3. – С. 15-22.

39. Зонн, И.С. Земельные ресурсы аридных территорий России/ Зонн И.С., Трофимов И.А., Шамсутдинов З.Ш., Шамсутдинов Н.З.// Аридные экосистемы, том 10. – 2004. – №22-23. – С. 87–101.

40. Зуйков, А.Л. Гидравлика: учебник: в 2 томах / А.Л. Зуйков; М-во науки и высшего образования Росс. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. – 3-е изд., испр. – Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2019 – Т.1: Основы механики жидкости. 2019. – 544 с.

41. Зуйков, А.Л. Гидравлика: учебник: в 2 томах / А.Л. Зуйков, Л.В. Волгина [гл. 12]; М-во науки и высшего образования Росс. Федерации, Нац. исследоват. Моск. гос. строит. ун-т. – 3-е изд., испр. – Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2018 – Т.2: Напорные и открытые потоки. Гидравлика сооружений. 2018. – 400 с.

42. Зуйков, А.Л. Сравнение методов расчёта гидравлических характеристик потока в безнапорных трубопроводах / А.Л. Зуйков, Н.Т. Джумагулова, Л.С. Абдуламир // Вестник МГСУ. – 2024. – Т. 19, №5. – С. 800-810.

43. Исаев, А.П. Оценка технологических возможностей дождевальной техники на основе определения допустимых норм полива/ А.П. Исаев // Улучшение эксплуатации оросительных систем и планировка орошаемых земель. – М.: Колос, 1982. – С. 67-78

44. Каталоги / Официальный поставщик Grundfos в России rus-

grundfos.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rus-grundfos.ru/documentation/catalogs?ysclid=mnbnq29ih4431670541> – (Дата обращения: 29.03.2026)

45. Кижяева, В. Е. Анализ агрофизических параметров эродированной почвы при орошении широкозахватными дождевальными машинами кругового и фронтального передвижения / В. Е. Кижяева, С. В. Ененко, Б. Н. Бельтиков // Экономика и управление : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Новочеркасск, 14–15 ноября 2023 года. Выпуск 32. – Новочеркасск: Донской государственный аграрный университет, 2023. – С. 351-355.

46. Ковырялов, Ю.П. Агротехническая и технико-эксплуатационная оценка способов полива сельскохозяйственных культур в Поволжье: материалы областной научно-технической конференции (Волгоград, 1974 г.) / Ю.П. Ковырялов, А.Ф. Иванов, М.С. Филимонов, А.А. Пусыгин ; Министерство мелиорации и водного хозяйства СССР, ВолжНИИОЗ (Волгоградский научно-исследовательский институт орошаемого земледелия) // Волгоградская правда. — 1974. — 216 с.

47. Козинская, О.В. Мониторинг давления воды в оросительных трубопроводах как инструмент управления качеством полива широкозахватной дождевальной машиной Bauer / О.В. Козинская, В.С. Бочарников, О.В. Бочарникова, С.М. Григоров // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2024. - № 6 (78) – С. 346-384.

48. Кравчук, А.В. Необходимость учёта экологической надёжности работы оросительных систем / А.В. Кравчук, Е.М. Калыбекова, Бельтиков Б.Н., С.Д. Подсёвалова // Современные проблемы и перспективы развития строительства, теплоснабжения и энергообеспечения.: материалы XII Национальной конференции с международным участием – Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2022. – С. 218-222.

49. Кравчук, А.В. Особенности использования и конструктивные

решения широкозахватной дождевальной техники / А.В. Кравчук, Б.Н. Бельтиков, М.В. Загоруйко, Е.Н. Бессмольная // Аграрный научный журнал. – 2022 – № 8. – С. 82-84.

50. Кравчук, А.В. Особенности работы широкозахватной дождевальной машины фронтального передвижения и обоснование силового расчёта центральной подвижной опоры / А.В. Кравчук, Б.Н. Бельтиков, Т.А. Панкова // Мелиорация и гидротехника. – 2024.-Т.14. – № 4. – С. 243-257.

51. Кравчук, А.В. Отрицательное влияние колеи от широкозахватных дождевальных машин на производственные и экологические показатели / А.В. Кравчук, Б.Н. Бельтиков // Вавиловские чтения – 2022: сборник статей Международной научно-практической конференции, посвящённой 135-й годовщине со дня рождения академика Н.И. Вавилова – Саратов: ООО «Амирит», 2022. – С. 719-725.

52. Киселёв, П.Г., Альтшуль А.Д., Данильченко НВ и др. Справочник по гидравлическим расчетам/ Под редакцией П.Г. Киселёва. Изд. 4-е, пераб. и доп. – М., Энергия. 1972. – 312с.

53. Колесник, Ф.И. Мелиоративные основы повышения качества работы и эффективности дождевальных машин: Автореферат. Дис. На соиск. Учён. Степ. Д.т.н. – Москва: 1979. – 38 с.

54. Кузнецов, Е.В. Оценка мелиоративных приёмов по снижению подтопления сельскохозяйственных земель / Е.В. Кузнецов, Н.П. Дьяченко, А.Е. Хаджиди // Политематический сетевой электронный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – Краснодар: КубГАУ, 2005. – №04 (012). – С. 197-201.

55. Кузнецов, П.И. К вопросу модернизации многоопорных дождевальных машин кругового действия / П. И. Кузнецов // Природообустройство. – 2011. – № 4. – С. 72-75. – EDN OIMOUV.

56. Лачуга, Ю. Ф. Стратегия машинно-технологической модернизации сельского хозяйства России на период до 2020 года / Ю. Ф. Лачуга и др.; ГНУ ВИМ. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. – 80 с.

57. Лебедев, Б.М. Дождевальные машины / Б.М. Лебедев. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 244 с.
58. Макаров, Е.Г. Инженерные расчёты в Mathcad: учебное пособие / Е.Г. Макаров. – Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. – 408 с.
59. Малько, И.В. Технология и дождевальная машина «Фрегат» с усовершенствованными ходовыми системами для полива площадей с пересечённым рельефом: дис. ... канд. Техн. Наук: 05.20.01 / Рязан. гос. с.-х. акад. им. П.А. Костычева. – Рязань, 2006. – 162 с.
60. Мезенцев, В.С. Режимы влагообеспеченности и условия гидромелиораций степного края/ В.С. Мезенцев, И.В. Карнацевич, Г.В. Белоненко, Б.М. Братченко, Ю.Н. Плотников, С.Д. Полисадов. М., «Колос», 1974 – 240 с.
61. Мышкис, А.Д. Лекции по высшей математики: Учебное пособие. 6-е изд., испр. – СПб.: Издательство «Лань», 2021. – 688 с.
62. Мышкис, А.Д. Прикладная математика для инженеров. Специальные курсы. – 3-е изд., доп., - М.: ФИЗМАТЛИТ. 2007. – 688 с.
63. Носенко, В.Ф. Орошение в горных условиях: науч. Тр./ ВАСХНИЛ, Отд-ние гидротехники и мелиорации; под. ред. В.Ф. Носенко. – М.: Колос, 1981. – 140 с.
64. Ольгаренко, Г.В. Аналитическое исследование перспектив развития техники орошения в России/ Г.В. Ольгаренко, С.С.Турапин //Информационно-аналитическое издание ФГБНУ ВНИИ «Радуга». – М: Коломна.: ИП Лавренов А.В., 2020. – С. 15–16.
65. Ольгаренко, Г.В. Мелиоративный комплекс Российской Федерации/ Ольгаренко Г.В., Турапин С.С., Булгаков В.И., Капустина Т.А., Мищенко Н.А., Зверьков М.С., Паутова Л.Е., Гришин А.В., Медведева Е.В., Банникова А.И., Мищенко И.Д.//Информ. издание ФГБНУ ВНИИ «Радуга». – М: ФГБНУ «Росинформагротех», 2020. – С. 58.
66. Ольгаренко, Г.В. Ресурсосберегающие энергоэффективные экологически безопасные технологии и технические средства орошения:

справочник / Г.В. Ольгаренко, В.И. Городничесв, А.А. Алдошкин, В.И. Булгаков, Т.А. Капустина; М-во сельского хозяйства Российской Федерации. – Москва: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. – 263 с.

67. Ольгаренко, И.В. Информационные технологии планирования водопользования и опреативного управления водораспределением на оросительных системах. Автореферат дис. ... доктора технических наук: 06.01.02 / Ольгаренко Игорь Владимирович; [Место защиты: Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова]. – Саратов, 2013. – 44 с.

68. Панфёров, В.С. Практикум по гидравлике: учебное пособие / В.С. Панфёров, А.В. Яшин, С.И. Щербаков, В.Н. Стригин. – Пенза: РИО ПГСХА, 2012. – 223 с.

69. Патент РФ №2818271. № 2818271 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Лоток оросительной системы (варианты)/ Салиенко С.Н., Салиенко И.С., Бельтиков Б.Н.; заявители и патентообладатели ООО «Осанна-С», ФГБНУ «ВолжНИИГиМ». №2023108590; заявл. 04.04.2023; опубл. 26.04.2024, Бюл. № 12.

70. №2836872 Российская Федерация, МПК А01G 25/09. Водозаборная система дождевальнй машины (варианты)/ Салиенко С.Н., Салиенко И.С., Купцова М.С., Купцов А.А., Бельтиков Б.Н.; заявитель и патентообладатель ООО «Осанна-С». №2023120800; заявл. 08.08.2023; опубл. 24.03.2025, Бюл. № 9.

71. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. N 328 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности»

72. Постановлением Правительства от 14 мая 2021 г. № 731 «О Государственной программе эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации»

73. Российский научно-исследовательский институт проблем

мелиорации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rosniipm.ru/fr/prezentDM> – (Дата обращения: 03.12.2025).

74. Рукавишников, А. А. Экономико-энергетическая эффективность внедрения композитных облицовок и модернизированной техники для эксплуатации оросительных каналов / А. А. Рукавишников, Ф. К. Абдразаков // Основы рационального природопользования : Материалы XI Национальной конференции с международным участием, Саратов, 16 октября 2025 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии им. Н.И. Вавилова, 2025. – С. 288-293. – EDN HQSFUO.

75. Руководство по эксплуатации ДМУ-00.000 РЭ/ Машина дождевальная "Фрегат"/ Руководство по эксплуатации ДМУ-00.000 РЭ/ СССР. — Москва: Внешторгиздат, Изд. № ЛО - 1970. — 51 с.

76. Руководство по эксплуатации УДМ «КУБАНЬ» - А195-57,7-01/ Универсальная дождевальная машина «КУБАНЬ» - А195-57,7-01/ ООО «БСТГ» - Тольятти – 2022. – 40 с.

77. Руководство по эксплуатации оросительной установки/ BAUER – CENTERLINER 5000 168 CLS, 168 CLE, 168 CLX/ Руководство по эксплуатации оросительной установки / Фойстберг - 2011. — 128 с.

78. Русинов, А.В. Повышение равномерности полива дождевальной машины «Каскад» кругового действия за счёт применения дождевальных насадок с вращающимся дефлектором / А.В. Русинов, Д.А. Колганов, Д.А. Русинов // Проблемы и перспективы развития АПК: технические и сельскохозяйственные науки: Материалы II Региональной научно-технической конференции, Саратов, 04-18 марта 2024 года. – Саратов: Саратовский государственный университет генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова, 2024. – С. 170-174.

79. Рыжко, Н.Ф. Исследование качественных показателей полива многоопорной дождевальной машины "Бамбук" /Н.Ф.Рыжко, Б. Н. Бельтиков, С.Н.Рыжко, Е.С. Смирнов, Е. А. Шишенин //Вестник мелиоративной науки. – 2020. – № 2. – С. 66-72.

80. Рыжко, Н.Ф. Обоснование выбора насосных агрегатов для орошаемых участков сложного рельефа / Н. Ф. Рыжко, Н. В. Рыжко, Е. С. Смирнов [и др.] // Основы рационального природопользования: Материалы VI Национальной конференции с международным участием, Саратов, 22–23 октября 2020 года. – Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2020. – С. 62-66.

81. Рыжко, Н.Ф. Обоснование диаметра трубопровода ДМ «Бамбук» в зависимости от расхода воды / Н. Ф. Рыжко, Н. В. Рыжко, Е. С. Смирнов, С.Н. Рыжко, Е.А. Шишенин, Б.Н. Бельтиков // Основы рационального природопользования : Материалы VI Национальной конференции с международным участием, Саратов, 22–23 октября 2020 года. – Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ, 2020. – С. 59-62.

82. Рыжко, Н.Ф. Обоснование расхода воды и схемы полива дефлекторных насадок на ДМ "Бамбук" / Н. Ф. Рыжко, С. Н. Рыжко, Е. А. Шишенин, Б. Н. Бельтиков // Орошаемое земледелие. – 2020. – № 2. – С. 55-58.

83. Рыжко, Н.Ф. Совершенствование дождевальных машин и устройств для мелиоративного комплекса: монография / Н. Ф. Рыжко, С. Н. Рыжко, Е. С. Смирнов, Е. А. Шишенин, Б. Н. Бельтиков . – Москва : издательство «Росинформагротех»: 2023. – 124 с – ISBN978-5-7367-1744-6.

84. Рыжко, Н.Ф. Современные низконапорные многоопорные дождевальные машины, применяемые на оросительных системах, и направления их совершенствования / Н.Ф. Рыжко, С.Н. Рыжко, Н.В. Рыжко, Б.Н. Бельтиков // Орошаемое земледелие. – 2020. №2. – С. 46-49.

85. Рыжко, Н.Ф. Энергоемкость подачи воды насосными станциями при реконструкции орошаемых участков с использованием низконапорных дождевальных машин / Н. Ф. Рыжко, Ф. К. Абдразаков, С. Н. Рыжко [и др.] // Мелиорация и гидротехника. – 2025. – Т. 15, № 1. – С. 43-59.

86. Рыжко, Н.Ф. Энергосбережение при поливе усовершенствованными низконапорными ДМ «Фрегат» / Н. Ф. Рыжко, Н. В. Рыжко, С. Н. Рыжко, Б. Н. Бельтиков // Современные проблемы и перспективы

развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения :
Материалы X Национальной конференции с международным участием,
Саратов, 23–24 апреля 2020 года. – Саратов: Саратовский государственный
аграрный университет им. Н.И. Вавилова, 2020. – С. 171-174.

87. Рыжко, С. Н. Совершенствование дождевальной машины ферменной конструкции для улучшения технических характеристик и качественных показателей полива: дис. ... канд. техн. наук: 06.01.02 / Рыжко Сергей Николаевич. – Саратов, 2022. – 161 с.

88. Рязанцев, А.И. Механизация полива овощных культур в защищённом грунте: учеб. пособие / А.И. Рязанцев, Н.Н. Егорова. – Коломна: Коломен. ИППК Минсельхоза РФ, 2007. – 143 с.

89. Серебрянников, А.А. Оценка предельно возможных изгибов полиэтиленовых труб при прокладке//Фундаментальные исследования. 2016. №6 (часть 2). С.318-322.

90. Смит, Р.А. Использование программного пакета Origin для обработки экспериментальных данных: учебное пособие/ Р.А. Смит, О.С. Андранович, Е.Ю. Демьянцева. – Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2016. – 48с.

91. Снопич, Ю.Ф. Совершенствование технических средств орошения дождеванием / Ю.Ф. Снопич; М-во сельского хозяйства РФ, ФГНУ «РосНИИПМ» - Новочеркасск: Геликон, 2007. – 109 с.

92. Современное Производство и Техника itex.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://itexn.com/636_dozhdevalnaja-mashina-kuban.html?ysclid=mirazo6kco764443959 – (Дата обращения:04.12.2025)

93. Соловьев, Д. А. Влияние режима движения дождевальных машин на норму полива / Д. А. Соловьев, Л. А. Журавлева // Вестник АПК Верхневолжья. – 2018. – № 1(41). – С. 38-43.

94. Соловьев, Д. А. Дождевальная машина "Каскад 65Т" для решения проблемы импортозамещения в мелиорации / Д. А. Соловьев, Р. Е. Кузнецов, Д. Г. Горюнов, Ю. Н. Гrepечук // Научная жизнь. – 2022. – Т. 17, № 5(125). –

C. 648-658. – DOI 10.35679/1991-9476-2022-17-5-648-658. – EDN KENLXL.

95. Соловьёв, Д.А. Организация участка орошения для эффективной эксплуатации дождевальнoй машины «Каскад 65Т» / Д.А. Соловьёв, Д.Г. Горюнов, Ю.П. Гrepечук // Природообустройство. – 2023. №1. – С. 28-32.

96. СП 399.1325800.2018 системы водоснабжения и канализации наружные из полимерных материалов. Правила проектирования и монтажа: утверждён приказом Минстроя РФ от 30 ноября 2018 г. №780/пр: введён в действие с 31 мая 2019 г.-Москва: ГУП ЦПП, 2018. – 90 с.

97. СП 40-102-2000 Проектирование и монтаж трубопроводов систем водоснабжения и канализации из полимерных материалов. Общие требования: одобрен постановлением Госстроя РФ от 16 августа 2000 г. №80: введён в действие с 1 сентября 2000 г.-Москва: ГУП ЦПП, 2000. – 38 с.

98. СП 31.13330.2021 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84. – М.: Минстрой России, 2021. – 180 с.

99. СТО АИСТ 11.1-2010/ Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и установки дождевальные. Методы оценки функциональных показателей. / ФГНУ «КубНИИТиМ», ФГУ «Поволжская МИС» - 2010. – 62 с.

100. Ткачёв, А.А. Актуальные вопросы практических исследований гидротехнических сооружений / А.А. Ткачёв, А.М. Анохин, Н.А. Шелестова [и др.] : Часть 3. – Новочеркасск: ООО «Лик», 2025. – 199 с.

101. Ткачёв, А.А. Водоподпорные и водопропускные гидротехнические сооружения / А. А. Ткачев, А. М. Анохин, В. А. Белов [и др.]. – Новочеркасск : ООО "Лик", 2024. – 250 с.

102. Ткачёв, А.А. Программное моделирование работы ПИД регуляторов для оросительной системы в Волгоградской области / А. А. Ткачев, И. Г. Литуновский, Д. А. Симончук, К. И. Ключенко // Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований : Материалы XXXVII международной научно-практической конференции, Bengaluru, 18–19 августа 2025 года. – Bengaluru: Pothi.com, 2025. – С. 64-68.

103. Ткачёв, А.А. Управление водораспределением на магистральных каналах оросительных систем в современных условиях / А. А. Ткачев, Ю. Г. Иваненко, В. В. Зарубин. – Новочеркасск : ООО "Лик", 2024. – 180 с.
104. Ткачёв, А.А. «Цифра» ждёт оросительные системы /А.А. Ткачёв// Орошаемое земледелие. – 2020. – № 4. – С. 8-9.
105. ТУ 2296-001-38308864-2012. Лотки композитные водоотводные дренажные. Технические условия: введены впервые: дата введения 2012-05-10/ Разраб.: ООО «БиоЛот». – Москва, 2012. – 35 с.
106. Тужилкин, А.М. Гидравлика: Учебное пособие / А.М. Тужилкин, Е.К. Злобин, М.Г. Бурдов, Р.О. Белоусов. – М.: Издательство АСВ, 2011. – 272 с.
107. Турапин, С. С. Современные задачи и перспективные пути решения вопросов технического обслуживания и ремонта дождевальных машин и установок / С. С. Турапин, И. А. Костоварова, А. И. Банникова // Вестник мелиоративной науки. – 2025. – № 3. – С. 34-46.
108. Угрюмов, А.В. Эксплуатация широкозахватных дождевальных машин /А.В. Угрюмов, А.Н. Корягин, В.Г. Луцкий, М.П. Пензин // М., «Колос», 1974 – 104 с.
109. Феодосьев, В.И. Сопротивление материалов: Учеб. Для вузов. – 14-е изд., исправл. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 592 с.
110. Фихтенгольц, Г.М. Основы математического анализа: учебник для вузов / Г.М. Фихтенгольц. – 13-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – Часть 1. – 444 с.
111. Фихтенгольц, Г.М. Основы математического анализа: учебник для вузов / Г.М. Фихтенгольц. – 12-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2021. – Часть 2. – 464 с.
112. Фихтенгольц, Г.М. Основы математического анализа: учебник для вузов / Г.М. Фихтенгольц. – 17-е изд., стер. – Санкт-Петербург: Лань, 2025. – Часть 1. – 448 с.
113. Фокин, Б.П. Возможности рационального использования

современной дождевальной техники / Б.П. Фокин, И.А. Мельникова // Вестник АПК Ставрополя. – 2013 - №1 (9) – С. 68-71.

114. Харитонов, В.А. Строительство магистрального трубопровода нефти и газа: / Монография: - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2008. – 488 с.

115. Храбров, М.Ю. Системы комбинированного орошения для садовых и пропашных культур / М.Ю. Храбров, А.В. Майер // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. – 2023. - №2 (70) – С.110-118.

116. Чураев, А.А. К вопросу проектирования пункта водочёта на мелиоративном объекте / А.А. Чураев, Л.В. Юрченко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2023. – Т.91, №3. – С. 90-100.

117. Шадских, Концептуальное обоснование рационального использования орошаемых земель Заволжья в условиях импортозамещения / В.А. Шадских, В.Е. Кижаяева, Б.Н. Бельтиков // Международный сельскохозяйственный журнал – 2022. – № 4. (388). – С. 429-434.

118. Шевелёв, Ф.А. Таблицы для гидравлического расчёта водопроводных труб: справочное пособие / Ф.А. Шевелёв, А.Ф. Шевелёв. – 10-е изд., доп. – Москва: БАСТЕТ, 2014. – 382 с.

119. Штейнберг, М.О./ Справочник по гидравлическим сопротивлениям под редакцией Идельчик И.Е./Под редакцией М.О. Штейнберга. – 3-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение, 1992. – 672 с.

120. Щедрин, В.Н. Система мелиоративных мероприятий по регулированию почвенных процессов, способствующих повышению плодородия различных типов почв и улучшению экологического состояния орошаемых земель / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, Л. М. Докучаева и др. ; Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации. – Новочеркасск: Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, 2019. – 77 с. – ISBN 978-5-9909633-9-9. – EDN JYXICB.

121. Abdrazakov, F. K. Study of the causes of clogging of irrigation

channels and ways of their cleaning / F. K. Abdrazakov, O. A. Belyakov // , 27 февраля 2025 года, 2026. – P. 76-79. – EDN XKVSLT.

122. BAUER Sprinklers and guns [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bauer-at.com/en/product/irrigation/sprinklers/> (дата обращения: 20.05.2024).

123. Brazier L. G. On flexure of thin cylindrical shells and other sections// R. Soc. Lond. Ser. A. 1927. P. 104.114

124. Center pivot operation manual/Lindsay Corporation// Omaha – 2021

125. Vision 9500P operation manual/Lindsay Corporation// Omaha – 2021

126. Irrigation Sprinklers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.valeyirrigation.com/sprinklers> (дата обращения: 25.05.2024).

127. I-Wob 2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://senninger.com/ru/product/i-wobr2> (дата обращения: 25.05.2024).

128. Komet sprinklers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://irtek-cis.ru/articles/komet/komet-sprinklers> (дата обращения 25.05.2024).

129. Langmann J., Operating manual for Bauer – Centerliner 5000 168 CLS, 168 CLE, 168 CLX / Rohren-und Pumpenwerk BAUER Gesellschaft m.b.H: Voitsberg – Austria, 2003. – 126 с.

130. R55 End of Pivot Sprinklers [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nelsonirrigation.com/products/end-of-pivot-products/r55-end-of-pivot-sprinklers> (дата обращения 25.05.2024).

131. Valley (ValmontIrrigation, США). – Режим доступа: <https://www.valleyirrigation.com> (дата обращения: 25.05.2025).

132. Zimmatic (продукция) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.lindsay.com/usca/en/irrigation/brands/zimmatic> (дата обращения: 25.05.2024).

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А

Согласовано:
Врио директора
ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»
Ю.А. Гопкалов
«___» 202__ г.

Утверждаю:
Проректор по научной и
инновационной работе
ФГБОУ ВО Вавиловский
университет
К. Е. Денисов
«___» 202__ г.

АКТ

о внедрении законченной научно-исследовательской
и опытно-конструкторской работы

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» в лице Врио директора Гопкалова Юрия Антоновича, заведующего отделом модернизации технических средств и технологий полива доктор технических наук Рыжко Н.Ф. и представители ФГБОУ ВО Вавиловский университет в лице проректора Денисова Константина Евгеньевича, доктора технических наук, профессора Кравчука А.В., руководителя НИР, составили настоящий акт в том, что результаты научно-исследовательской работы по теме «Конструктивно-технологические решения водоподающей системы для широкозахватных фронтальных многоопорных дождевальных машин УДМ «Кубань-А195-57,7-01», «Зимматик» (соавтор Бельтиков Борис Николаевич патент РФ №2818271 и патент РФ №2836872), выполненных в ФГБНУ «ВолжНИИГиМ» в 2023-2025 гг. внедрены на орошаемых землях в учебно-научно-производственном объединение «Поволжье» Саратовского государственного университета генетики, биотехнологии и инженерии имени Н.И. Вавилова (с. Степное Энгельсского района Саратовской области, Энгельсской оросительной системы Энгельсского филиала ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз») путём непосредственного использования результатов НИР.

Основные результаты НИР:

- разработана, изготовлена и испытана новая лотковая система к дождевальным машинам УДМ «Кубань-А195-57,7-01», «Зимматик»;
 - произведена разработка, изготовление, шефмонтаж и пусконаладка лотковой системы к фронтальным дождевальным машинам УДМ «Кубань-А195-57,7-01», «Зимматик»;
- Преимущества разработанной системы водоподдачи:
- значительно снижены стоимость лотковой системы водозабора по сравнению с закрытой оросительной системой и эксплуатационные затраты на один час;
 - снижение напорных потерь при подаче поливной воды и эксплуатации дождевальной техники в 2,45 раза и электропотребление в 2,4 раза

Лотковая система водоподдачи к дождевальным машинам УДМ «Кубань-А195-57,7-01» и другим зарекомендовала себя в эксплуатации эффективно и надёжно. В лотковой системе использованы отечественные комплектующие, разработанные в ФГБНУ «ВолжНИИГиМ».

От ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»

Н.Ф. Рыжко
Б.Н. Бельтиков

От ФГБОУ ВО Вавиловский
университет

А.В. Кравчук
А.В. Хадыкин

Приложение Б

АКТ ВНЕДРЕНИЯ от 13.10.2025 г.

1. Наименование организации и объекта, где внедрено мероприятие:
опытно-производственное хозяйство «ВолжНИИГиМ» филиал федерального государственного бюджетного научного учреждения «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации» Энгельсского района, Саратовской области
2. Шифр работы, наименование мероприятия, по какому плану внедрялось:
«Конструктивно-технологические решения водоподающей системы широкозахватной фронтальной многоопорной дождевальной машины»
3. Наименование научной организации, проводящей научную разработку и опытное освоение внедряемого мероприятия:
ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации»
руководитель работы – доктор технических наук, профессор Кравчук А.В., исполнитель Бельтиков Б.Н.
4. Срок внедрения мероприятия: 2025 год.
5. Краткая характеристика и новизна внедряемого мероприятия, взамен чего внедряется:
Технология водоподающей лотковой системы дождевальной машины
Преимущества разработанной системы водоподачи:
– лотковая система не является объектом капитального строительства, монтажные работы характеризуются простотой алгоритма и быстрой сборкой;
– значительно снижены эксплуатационные затраты на проведение оросительных мероприятий;
– снижение напорных потерь при подаче поливной воды и эксплуатации дождевальной техники в 2,45 раза;
– обеспечена энергоэффективность оросительных мероприятий.
Применение технологии водоподающей лотковой системы дождевальной машины позволяет значительно увеличить производительность ирригационного технического средства, внедрить автоматизацию в оросительные мероприятия, повысить надёжность систем полива.

Врио директора
ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»

М.п. Ю.А. Гопкалов

Директор ОПХ «ВолжНИИГиМ»

М.п. Д.Г. Кайбалиев

Приложение В

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

от 28.11.2025 г.

1. **Наименование организации и объекта, где внедрено мероприятие:**
ИП Рымчук П.В. Энгельсского района, Саратовской области
2. **Шифр работы, наименование мероприятия, по какому плану внедрялось:**
«Конструктивно-технологические решения водоподводящей системы широкозахватной фронтальной многоопорной дождевальной машины»
3. **Наименование научной организации, проводящей научную разработку и опытное освоение внедряемого мероприятия:**
ФГБНУ «Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации»
руководитель работы – доктор технических наук, профессор Кравчук А.В.,
исполнитель Бельтиков Б.Н.
4. **Срок внедрения мероприятия:** 2025 год.
5. **Краткая характеристика и новизна внедряемого мероприятия, взамен чего внедряется:**
Водоподводящая лотковая система к дождевальной машине УДМ «Кубань-А195-57,7-01»
Преимущества разработанной системы водоподачи:
– стоимость лотковой системы водозабора по сравнению с закрытой оросительной системой снижена на 138 440 рублей;
– эксплуатационные затраты на один час эксплуатации дождевальной машины уменьшены на 8 643,9 рублей;
– снижение напорных потерь при подаче поливной воды и эксплуатации дождевальной техники в 2,45 раза;
– снижено электропотребление в 2,4 раза
При эксплуатации дождевальной машины УДМ «Кубань-А195-57,7-01» с лотковой системой водозабора процесс оросительных мероприятий происходит автоматически, управление им производится дистанционно, аварийные ситуации отсутствуют (крайне редки).
6. **Годовой экономический эффект** (100 часов полива) составит порядка 800 тыс. рублей на машину.



Врио директора
ФГБНУ «ВолжНИИГиМ»

Ю.А. Гопкалов

М.п.



Индивидуальный предприниматель

П.В. Рымчук

М.п.

Приложение Г

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**НА ИЗОБРЕТЕНИЕ
№ 2818271**ЛОТОК ОРОСИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ (ВАРИАНТЫ)**

Патентообладатели: *Общество с ограниченной ответственностью "Осанна-С" (ООО "Осанна-С") (RU), Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Волжский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации" (ФГБНУ "ВолжНИИГиМ") (RU)*

Авторы: *Салиенко Сергей Николаевич (RU), Салиенко Илья Сергеевич (RU), Бельтиков Борис Николаевич (RU)*

Заявка № 2023108590

Приоритет изобретения 04 апреля 2023 г.

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений
Российской Федерации 26 апреля 2024 г.Срок действия исключительного права
на изобретение истекает 04 апреля 2043 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Ю.С. Зубов



Приложение Д

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2836872**ВОДОЗАБОРНАЯ СИСТЕМА ДОЖДЕВАЛЬНОЙ
МАШИНЫ (ВАРИАНТЫ)**

Патентообладатель: *Общество с ограниченной
ответственностью "Осанна" (RU)*

Авторы: *Салиенко Сергей Николаевич (RU), Салиенко Илья
Сергеевич (RU), Купцова Милена Сергеевна (RU), Купцов
Алексей Александрович (RU), Бельтиков Борис
Николаевич (RU)*

Заявка № **2023120800**

Приоритет изобретения **08 августа 2023 г.**

Дата государственной регистрации
в Государственном реестре изобретений

Российской Федерации **24 марта 2025 г.**

Срок действия исключительного права
на изобретение истекает **08 августа 2043 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности*

Ю.С. Зубов



Приложение Е

Приложение № 3
Утверждено приказом Минстроя РФ № 421/пр от 4 августа 2020 г. в редакции приказа № 557/пр от 7 июля 2022 г.

Гранд-Смета, версия 2026.1

Наименование программного продукта
Наименование редакции сметных нормативов

Реквизиты приказа Минстроя России об утверждении дополнений и изменений к сметным нормативам

Приказ Минстроя России от 30.12.2021 № 1046/пр, Приказ Минстроя России от 04.08.2020 № 421/пр, Приказ Минстроя России от 21.12.2020 № 812/пр, Приказ Минстроя России от 11.12.2020 № 774/пр, Приказ Минстроя России от 02.08.2023 № 551/пр, Приказ Минстроя России от 14.11.2023 № 817/пр, Приказ Минстроя России от 16.02.2024 № 102/пр, Приказ Минстроя России от 13.05.2024 № 323/пр, Приказ Минстроя России от 09.08.2024 № 8524/пр, Приказ Минстроя России от 07.11.2024 № 8747/пр, Приказ Минстроя России от 21.03.2025 № 30/пр, Приказ Минстроя России от 07.02.2025 № 69/пр, Приказ Минстроя России от 19.05.2025 № 239/пр, Приказ Минстроя России от 14.08.2025 № 490/пр

Приказ Минстроя России от 18 мая 2022 г. № 376/пр, Приказ Минстроя России от 26 августа 2022 г. № 703/пр, Приказ Минстроя России от 26 октября 2022 г. № 905/пр, Приказ Минстроя России от 27 декабря 2022 г. № 1133/пр, Приказ Минстроя России от 10 февраля 2023 г. № 84/пр, Приказ Минстроя России от 11.05.2023 № 335/пр, Приказ Минстроя России от 07.07.2022 № 557/пр, Приказ Минстроя России от 02.09.2021 № 636/пр, Приказ Минстроя России от 26.07.2022 № 611/пр, Приказ Минстроя России от 22.04.2022 № 317/пр, Приказ Минстроя России от 02.08.2023 № 551/пр, Приказ Минстроя России от 14.11.2023 № 817/пр, Приказ Минстроя России от 30.01.2024 № 95/пр, Приказ Минстроя России от 10.02.2024 № 102/пр, Приказ Минстроя России от 13.05.2024 № 323/пр, Приказ Минстроя России от 09.08.2024 № 8524/пр, Приказ Минстроя России от 07.11.2024 № 8747/пр, Приказ Минстроя России от 21.03.2025 № 30/пр, Приказ Минстроя России от 07.02.2025 № 69/пр, Приказ Минстроя России от 19.05.2025 № 239/пр, Приказ Минстроя России от 14.08.2025 № 490/пр

Реквизиты письма Минстроя России об индексации сметной стоимости строительства, включаемые в федеральный реестр сметных нормативов и размещенные в федеральной государственной информационной системе ценообразования в строительстве, подготовленного в соответствии с пунктом 85 Методики расчета индексов изменения сметной стоимости строительства, утвержденной приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 5 июня 2019 г. № 326/пр

Реквизиты нормативного правового акта об утверждении оплаты труда, утвержденный в соответствии с пунктом 22(1) Положения мониторинга цен, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2016 г. № 1432
Основание принятых текущих цен на строительные ресурсы
Наименование субъекта Российской Федерации
Наименование зоны субъекта Российской Федерации

Письмо Минстроя России от 22.08.2025 № 49743-А/09

Приказ Министерства Строительства и жилищно-коммунального хозяйства Саратовской области от 10.02.2025 № 73

64. Саратовская область
Саратовская область

(наименование стройки)

(наименование объекта капитального строительства)

ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ (СМЕТА) № 02-01-01

Составлен Основание	ресурсно-индексным методом	Закрытая оросительная сеть (наименование работ и затрат)	
	(проектная и (или) иная техническая документация)		
Составлено (а) в текущем уровне цен		III квартал 2025 года	
Сметная стоимость		9 744,11 тыс.руб.	
в том числе:			
строительных работ		6 320,11 тыс.руб.	362,56 тыс.руб.
монтажных работ		1 799,98 тыс.руб.	241,17 тыс.руб.
оборудования		0,00 тыс.руб.	1 103,67 чел.-ч.
прочих затрат		0,00 тыс.руб.	574,94 чел.-ч.
		Средства на оплату труда рабочих	
		Средства на оплату труда машинистов	
		Нормативные затраты труда рабочих	
		Нормативные затраты труда машинистов	

Продолжение приложения Е

№ п/п	Обоснование	Наименование работ и затрат	Единица измерения	Количество				Сметная стоимость, руб.			
				на единицу измерения	коэффициенты	всего с учетом коэффициентов	на единицу измерения в базисном уровне цен	индекс	на единицу измерения в текущем уровне цен	коэффициенты	всего в текущем уровне цен
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел 1. Закладка ОС											
Земляные работы											
1	ГЭСН01-01-009-07	Разработка грунта в траншеях экскаватором «обратная лопата» с ковшом вместимостью 0,65 (0,5-1) м ³ , группа грунтов: 1	1000 м ³	0,0056	1	0,0056					
		2 ЗМ									161,28
		ОТ(ЗТ)	чел.-ч			0,0052					45,73
	§1.01.05-088	Экскаваторы одноковшовые длинные на гусеничном ходу, объем ковша 0,65 м ³	маш.-ч	17		0,0052	1 694,09				161,28
	4-100-060	ОТ(ЗТ) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	17		0,0052	480,38				45,73
		Итого прямые затраты									207,01
		ФОТ									45,73
	Пр812-001.1-1	НР Земляные работы, выполняемые механизированным способом	%	92		92					42,07
	Гр774-001.1	СП Земляные работы, выполняемые механизированным способом	%	46		46					21,04
		Всего по позиции							48 235,71		270,12
2	ГЭСН01-02-061-01	Засыпка вручную траншей, пазух котлованов и ям, группа грунтов: 1	100 м ³	0,0056	1	0,0056					
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			4,956					1 382,18
	1-100-15	Средний разряд работы 1.5	чел.-ч	88,5		4,956	278,89				1 382,18
		Итого прямые затраты									1 382,18
		ФОТ									1 382,18
	Пр812-001.2-1	НР Земляные работы, выполняемые ручным способом	%	89		89					1 230,14
	Гр774-001.2	СП Земляные работы, выполняемые ручным способом	%	40		40					552,87
		Всего по позиции							58 521,25		3 165,19
3	ГЭСН01-02-005-01	Уплотнение грунта пневматическими трамбовками, группа грунтов: 1-2	100 м ³	0,0056	1	0,0056					
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			0,70168					222,85
	1-100-30	Средний разряд работы 3.0	чел.-ч	12,53		0,70168	317,59				222,85
		2 ЗМ									57,25
		ОТ(ЗТ)	чел.-ч			0,14672					52,47
	§1.08.09-023	Трамбовки пневматические при работе от передвижных компрессорных установок	маш.-ч	10,5		0,588	2,62	1,17			1,66
	§1.18.01-007	Компрессора винтовые передвижные с двигателем внутреннего сгорания, давление до 0,7 МПа (7 атм), производительность до 5,4 м ³ /мин	маш.-ч	2,62		0,14672	378,89				55,59
	4-100-040	ОТ(ЗТ) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	2,62		0,14672	357,62				52,47
		Итого прямые затраты									332,57
		ФОТ									275,32
	Пр812-001.1-1	НР Земляные работы, выполняемые механизированным способом	%	92		92					253,29
	Гр774-001.1	СП Земляные работы, выполняемые механизированным способом	%	46		46					126,65
		Всего по позиции							12 723,39		712,51
4	Колодец Ø1000 мм -1 шт										
	ГЭСН422-04-001-01	Устройство круглых колодцев из сборного железобетона в грунтах:	10 м ³	0,1	1	0,1					
		сухих	чел.-ч			8,86					2 884,73
	1 ОТ(ЗТ)		чел.-ч	88,6		8,86	325,59				2 884,73
	1-100-32	Средний разряд работы 3.2	чел.-ч								894,81
		2 ЗМ									

Продолжение приложения Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	ОТМ(3тн)		чел.-ч			1,034					405,62
	91.05.05-015 Крыши на автомобильном ходу, грузоподъемность 16 т		маш.-ч	2,82		0,282			1 532,41		432,14
	4-100-069 ОТМ(3тн) Средний разряд машинистов 6		чел.-ч	2,82		0,282			480,38		135,47
	91.06.05-011 Потолочки одношовные универсальные фронтальные пневмоколесные, номинальная вместимость основного ковша 2,6 м3, грузоподъемность 5 т		маш.-ч	0,23		0,023			1 576,66		36,26
	4-100-050 ОТМ(3тн) Средний разряд машинистов 5		чел.-ч	0,23		0,023			411,00		9,45
	91.08.09-025 Трамбовки электрические		маш.-ч	0,32		0,032			16,44		0,53
	91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т		маш.-ч	7,13		0,713			594,76		424,09
	4-100-040 ОТМ(3тн) Средний разряд машинистов 4		чел.-ч	7,13		0,713			357,62		254,98
	91.16.01-002 Электростанции передвижные, мощность 4 кВт		маш.-ч	0,16		0,016			112,13		1,79
	4-100-040 ОТМ(3тн) Средний разряд машинистов 4		чел.-ч	0,16		0,016			357,62		5,72
	4 м								346,80		
	01.7.03.01-0001 Вода		м3	0,0031		0,00031	35,71	0,79	28,21		0,01
	01.7.15.06-0111 Гвозди строительные		т	0,0008		0,00008	70 256,20	1,27	89 276,17		7,14
	02.2.05.04-2090 Швеллер из плотных горных пород для строительных работ М 800, фракция 20-40 мм		м3	2,26		0,226			1 016,42		230,16
	03.1.02.03-0011 Известь строительная негашеная комковая, сорт I		т	0,0011		0,00011	5 275,05	1,21	6 382,81		0,70
	04.3.01.09-0012 Растворо готовый кладочный, цементный, М50		м3	0,1		0,01	3 466,80	1,19	4 149,26		41,49
	11.1.03.01-0063 Брусик обрешечки хвойных пород (ель, сосна), естественной влажности, длина 2,0-3 м, ширина 20-30 мм, толщина 20-30 мм, сорт III		м3	0,04		0,004	16 456,03	1,02	16 625,65		67,30
П.Н	03.1.01.09 Кольца для колодезь сборные железобетонные диаметром 1500 мм		м3	0		0					
П.Н	03.1.01.09 Кольца для колодезь сборные железобетонные диаметром 700 мм		м3	0		0					
Н	03.1.06.06 Плиты покрытий и перегородки ребристые железобетонные		м3	3,95		0,395					
П.Н	07.2.07.12-0011 Металлоконструкции зданий и сооружений с преобладающим внутренним профилем и круглых труб		т	0		0					
П.Н	08.1.02.06 Лески чулочные		шт	0		0					
Н	11.1.03.06 Штупы из осеок		м2	1,2		0,12					
Н	04.1.02.05 Смеси бетонные тяжелого бетона		м3	1,33		0,133					
Итого прямые затраты											
ООТ											
	Пр-812-018-0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода		%	1,17		117					4 531,96
	Пр-774-018-0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода		%	74		74					3 200,35
											3 849,71
											2 434,86
5	КП	ПН10	шт	1	1	1	108 165,30		4 166,67		10 816,53
									4 166,67		4 166,67
6	КП	Кольцо железобетонное для смотровых колодезь водопроводных и канализационных сетей, внутренний диаметр 1000 мм(КС-10-9= 0,24м3)	шт	3	1	3	3 208,33				9 624,99
7	КП	ПП 10-2	шт	1	1	1	3 750,00				9 624,99
8	ФСБЦ.08.1.02.06-0043	Лок-чулунный круглый тяжелый, номинальная нагрузка 250 кН, диаметр лаза 600 мм	шт	1	1	1	6 404,93	1,47			3 750,00
									9 415,25		9 415,25
9	ФСБЦ.04.1.01.01-0004	Смеси бетонные легкого бетона (БСП) на пористых заполнителях, средняя плотность 1800-1900 кг/м3, класс В1,5 (М100)	м3	0,133	1	0,133	3 590,55	1,4	5 026,77		9 415,25
											688,56
10	ФСБЦ.11.2.13.06-0013	Штупы настила, толщина 40 мм	м2	1,2	1	1,2	625,83	1,47			688,56
											1 103,96
11	ФСБЦ.01.7.15.10-0066	Скобы стальные ходовые, тип СК-1	кг	30	1	30	102,86	1,35			1 103,96
											4 170,00

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
12	ГЭСН3.03.002.04	Всего по позиции	100 м2	0,06	1	0,06					4170,00
	021	Опунтовка металлических поверхностей за один раз: грунтовкой (ГОСТ 13.2 п.17									
		2. слой ПЗ=2 (ОЗП=2; ЭМ=2 к раск.; ЗПМ=2; МАТ=2 к раск.; ТЗ=2; ТЗМ=2)									
		Нанесении лакокрасочных материалов ручным способом ОЗП=1,1, ТЗ=1,1									
		1. ОТИЗТ	чел.-ч			0,70392					276,85
		1-100-47 Средний разряд работы 4,7	чел.-ч	5,31	2,2	0,70392		394,98			276,85
		2 ЭМ									3,44
		ОТМ(ЗТМ)									
		91.06.03-060 Лебедки электрические тросовые усилием до 5,79 кН (0,59 т)	чел.-ч	0,01	2	0,0012		9,47			0,01
		Полужидкие окрасочные материалы универсальные фронтальные пневмоколонные, номинальная вместимость основного ковша 2,6 м3, грузоподъемность 5 т	маш.-ч	0,01	2	0,0012		1 576,66			1,89
		4-100-050 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч	0,01	2	0,0012		411,00			0,49
		91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,01	2	0,0012		584,79			0,71
		4-100-040 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	0,01	2	0,0012		357,62			0,43
		91.21.01-012 Агрегаты окрасочные высокого давления для окраски поверхностей конструкций, мощность 1 кВт	маш.-ч	1,12	2	0,1344		6,19			0,83
		4 м									130,38
		14.4.01.01-0003 Грунтовка ГР-021	т	0,009	2	0,00108		100 739,81			108,80
		14.5.09.02-0002 Ксилол нефтяной, марка А	т	0,0015	2	0,00018		119 899,30			21,58
		Итого прямые затраты									411,59
		ФОТ									277,77
		Пр612-013.0-1 НР Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии	%	94		94					261,10
		Пр774-013.0 СП Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии	%	51		51					141,66
		Всего по позиции							13 572,58		814,35
13	ГЭСН3.03.004.23	Окраска металлических опунтованных поверхностей: краской БТ-177	100 м2	0,06	1	0,06					
	серый	2. слой ПЗ=2 (ОЗП=2; ЭМ=2 к раск.; ЗПМ=2; МАТ=2 к раск.; ТЗ=2; ТЗМ=2)									
		Нанесении лакокрасочных материалов ручным способом ОЗП=1,1, ТЗ=1,1									
		1. ОТИЗТ	чел.-ч			0,38016					128,34
		1-100-38 Средний разряд работы 3,5	чел.-ч	2,88	2,2	0,38016		337,60			128,34
		2 ЭМ									4,37
		ОТМ(ЗТМ)									
		91.06.03-060 Лебедки электрические тросовые усилием до 5,79 кН (0,59 т)	чел.-ч	0,01	2	0,0012		9,47			1,35
		Полужидкие окрасочные материалы универсальные фронтальные пневмоколонные, номинальная вместимость основного ковша 2,6 м3, грузоподъемность 5 т	маш.-ч	0,01	2	0,0012		1 576,66			1,89
		4-100-050 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч	0,01	2	0,0012		411,00			0,49
		91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,02	2	0,0024		584,79			1,43
		4-100-040 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	0,02	2	0,0024		357,62			0,86
		91.21.01-012 Агрегаты окрасочные высокого давления для окраски поверхностей конструкций, мощность 1 кВт	маш.-ч	1,4	2	0,168		6,19			1,04
		4 м									152,46
		14.4.02.09-0302 Краска БТ-177	т	0,009	2	0,00108		123 848,47			133,76
		14.5.09.02-0002 Ксилол нефтяной, марка А	т	0,0013	2	0,000156		119 899,30			18,70
		Итого прямые затраты									286,52
		ФОТ									129,69
		Пр612-013.0-1 НР Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии	%	94		94					121,91
		Пр774-013.0 СП Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии	%	51		51					66,14
		Всего по позиции							7 989,58		474,57

Продолжение приложения Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	ГЭСН88-01-003-07	Гидроизоляция боковая обмазочная битумная в 2 слоя по выровненной поверхности бугровой кладки, кирпичу, бетону	100 м ²	0,126	1	0,126					
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			2,6712			353,62		944,59
		1-100-39 Средний разряд работы 3,9	чел.-ч	21,2		2,6712					944,59
		2 ЗМ									47,99
		ОТМ(ЗТм)	чел.-ч			0,0252					9,01
		91.08.04-021 Котлы битумные передвижные электрические с centrifоной мешалкой, объем загрузочной емкости 400 л	маш.-ч	1,95		0,2457	95,25	1,41	134,30		33,00
		91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,2		0,0252			594,79		14,99
		4-100-040 ОТМ(Зтм) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	0,2		0,0252			357,62		9,01
		4 М									207,92
		01.3.01.03-0002 Керосин для технических целей	т	0,024		0,003024	62 188,75	1,1	68 405,43		206,86
		01.7.20.08-0051 Велюша хлопчатобумажная целаная	кг	0,1		0,0126	56,11	1,5	84,17		1,06
		01.2.01.02 Битума	т	0,016		0,002016					
		01.2.03.03 Местика	т	0,24		0,00924					
		Итого прямые затраты									1 209,51
		ФОТ									953,60
		Пр812-008.0-1 НР Конструкции из кирпича и блоков	%	110		110					1 048,96
		Пр8174-008.0 СП Конструкции из кирпича и блоков	%	69		69					657,98
		Всего по позиции							23 146,43	2	2 916,45
15	ФСБЦ.01.2.01.02-0011	Битум разжиженный РБ-1	т	0,002016	1	0,002016	64 706,32	1,1	71 176,95		286,99
		2 слоя ПЗ=2, ОЗП=2, ЗМ=2 к разж., ЗПМ=2, МАТ=2 к разж., ТЗ=2, ТЗМ=2)									
		Всего по позиции									286,99
16	ФСБЦ.01.2.03.03-0014	Мастика битумная кровельная горячая МБК-Г-55, МБК-Г-65, МБК-Г-75, МБК-Г-85, МБК-Г-100	т	0,03024	1	0,03024	24 767,25	1,22	30 216,05		913,73
		Всего по позиции									913,73
Относна вонут колоцца											
17	ГЭСН27.04-001.01	Устройство подстилающих и выравнивающих слоев оснований: из песка	100 м ³	0,006	1	0,006					
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			0,0864			298,91		25,83
		1-100-23 Средний разряд работы 2,3	чел.-ч	14,4		0,0864					25,83
		2 ЗМ									208,13
		ОТМ(ЗТм)	чел.-ч			0,08328					37,68
		91.01.02-004 Автогрейдеры среднего типа, мощность 99 кВт (135 л.с.)	маш.-ч	1,77		0,01862	1 933,00	1,34	2 590,22		27,51
		4-100-060 ОТМ(Зтм) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	1,77		0,01862			480,38		5,10
		91.08.05-011 Попурзми однокосовые универсальные фронтальные пневмоколесные, номинальная вместимость основного ковша 2,6 м ³ , грузоподъемность 5 т	маш.-ч	4,29		0,02574			1 576,66		40,88
		4-100-060 ОТМ(Зтм) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч	4,29		0,02574			411,00		10,58
		91.08.03-030 Катки самоходные пневмоколесные статические, масса 30 т	маш.-ч	7,08		0,04248	2 391,60	1,32	3 156,91		134,11
		4-100-060 ОТМ(Зтм) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	7,08		0,04248			480,38		20,41
		91.13.01-038 Машины поливомоечные, вместимость шптеры 6 м ³	маш.-ч	0,74		0,00444	1 043,14	1,28	1 335,22		5,93
		4-100-040 ОТМ(Зтм) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	0,74		0,00444			357,62		1,59
		4 М									0,85
		01.7.03.01-0001 Вода	м ³	5		0,03	35,71	0,79	28,21		0,85
		02.3.01.02 Песок для строительных работ природный	м ³	0		0					
		Итого прямые затраты									272,49
		ФОТ									63,51
		Пр812-021.0-1 НР Автомобильные дороги	%	147		147					93,36
		Пр8174-021.0 СП Автомобильные дороги	%	134		134					85,10
		Всего по позиции							75 158,33		450,95
18	ФСБЦ.02.3.01.02-1102	Песок природный для строительных работ I класс, мелкий	м ³	0,6	1	0,6	650,20	1,87	1 215,87		729,52
		Всего по позиции									729,52

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
19	ГЭС-НЗ.04.001.04	Устройство подстилающих и выравнивающих слоев оснований: из щебня	100 м3	0,006	1	0,006					
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			0,1266			268,91		38,74
		1-100-23 Средний разряд работы 2,3	чел.-ч	21,6		0,1266					38,74
		2 ЗМ									317,36
		ОТм(ЗТм)	чел.-ч			0,1236					57,59
		91.01.01-438 Бульдозеры, мощность 79 кВт (136 л.с.)	маш.-ч	2,59		0,01554	887,54	1,36	1 207,05		18,76
		4-100-060 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	2,59		0,01554			480,38		7,47
		91.01.02-004 Автогрейдеры среднего типа, мощность 99 кВт (135 л.с.)	маш.-ч	2,3		0,0138	1 933,00	1,34	2 590,22		35,75
		4-100-060 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	2,3		0,0138			480,38		6,63
		91.06.05-011 Поручники одноосевые универсальные фронтальные пневмоколесные, номинальная вместимость основного кузова 2,6 м3, грузоподъемность 5 т	маш.-ч	2,46		0,01476			1 576,66		23,27
		4-100-059 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч	2,46		0,01476			411,00		6,07
		91.08.03-039 Кэпи самоходные пневмоколесные статические, масса 30 т	маш.-ч	12,21		0,07326	2 391,60	1,32	3 156,91		231,28
		4-100-060 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	12,21		0,07326			480,38		35,19
		91.13.01-438 Машины поливомоечные, вместимость цистерны 6 м3	маш.-ч	1,04		0,00624	1 043,14	1,28	1 335,22		8,33
		4-100-040 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	1,04		0,00624			357,62		2,23
		4 М									1,18
П.Н	01.7.03.01-0001 Вода	м3	7	0		0,042	35,71	0,79	28,21		1,18
	02.2.03.04 Щебень из плотных горных пород	м3	0	0		0					
	Итого прямые затраты										414,00
	ФОТ			147		147					96,33
	Пр/812-021.0-1 НР Автомобильные дороги	%				134					141,61
	Пр/774-021.0 СП Автомобильные дороги	%									129,08
20	АСБЕЦ.02.2.05.04.2234	Щебень из гравия для строительных работ М 800, фракция 20-40 мм	м3	0,6	1	0,6			114 265,00		685,59
	Щебень из гравия для строительных работ М 800, фракция 20-40 мм								959,75		575,85
	Всего по позиции										575,85
21	ГЭС-НЗ.04.001.01	Устройство бетонной подготовки	100 м3	0,001	1	0,001					
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			0,135					39,27
		1-100-20 Средний разряд работы 2,0	чел.-ч	135		0,135			290,90		39,27
		2 ЗМ									17,77
		ОТм(ЗТм)	чел.-ч			0,01812					8,69
		91.05.01-017 Крапы башенные, грузоподъемность 8 т	маш.-ч	18		0,018			978,84		17,62
		4-100-060 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	18		0,018			480,38		8,65
		91.07.04-003 Вибраторы поверхностные	маш.-ч	5,93		0,00593	8,54	1,5	12,81		0,08
		91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,12		0,00012			594,79		0,07
		4-100-040 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	0,12		0,00012			357,62		0,04
		4 М									3,71
		01.7.03.01-0001 Вода	м3	1,75		0,00175	35,71	0,79	28,21		0,05
		01.7.07.12-0024 Пленка полиэтиленовая, толщина 0,15 мм	м2	250		0,25	12,83	1,14	14,63		3,66
Н	04.1.02.03 Смеси бетонные тяжелого бетона	м3	102			0,102					
	Итого прямые затраты										69,44
	ФОТ			102		102					47,96
	Пр/812-006.0-1 НР Бетонные и железобетонные монолитные конструкции и работы в строительстве	%				58					48,92
	Пр/774-006.0 СП Бетонные и железобетонные монолитные конструкции и работы в строительстве	%									27,82
22	АСБЕЦ.04.1.02.01.0003	Смеси бетонные мелкозернистого бетона (БСМ), класс В7,5 (М100)	м3	0,102	1	0,102			146 180,00		146,18
	Смеси бетонные мелкозернистого бетона (БСМ), класс В7,5 (М100)								5 156,74		525,99
	Всего по позиции										525,99

Продолжение приложения Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
23	ГЭСН22-03.006-06	Установка задвижек или клапанов обратных чугунных диаметром: 200 мм	шт	1	1	1					
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			3,04			341,61		1 038,49
		1-100-36 Средний разряд работы 3,6	чел.-ч	3,04		3,04					1 038,49
		2 ЭМ									342,02
		ОТм(ЗТм)	чел.-ч			0,33					132,37
		91.05.05-015 Краны на автомобильном ходу, грузоподъемность 16 т	маш.-ч	0,03		0,03			1 532,41		45,97
		4-100-560 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	0,03		0,03			480,38		14,41
		91.10.05-004 Трубоукладчики, номинальная грузоподъемность 6,3 т	маш.-ч	0,2		0,2	994,01	1,19	1 182,87		236,57
		4-100-050 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч	0,2		0,2			411,00		82,20
		91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,1		0,1			594,79		59,48
		4-100-040 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	0,1		0,1			357,62		35,76
		4 М									977,53
		01.7.15.03-0015 Болты стальные с шестигранной головкой, в комплекте с шестигранной гайкой и плоской шайбой, диаметр резьбы М20 (М22), длина болта 40-220 мм	т	0,0053		0,0053	151 744,95	1,16	176 024,14		932,93
		01.7.19.04-0031 Прокладки резиновые (пластина техническая пресованная)	кг	0,2		0,2	138,50	1,61	222,99		44,60
Н		18.1.02.01 Задвижки чугунные водопроводные (или клапаны обратные)	шт	1		1					
		Итого прямые затраты									2 480,41
		ФОТ									1 170,86
		Пр812-018 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	117		117					1 389,91
		Пр774-018 0-1 Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	74		74					866,44
		Всего по позиции							4 726,76		4 726,76
24	КП	Задвижка запорная с выжимным штоком 30х41мм, для монтажа в трубопроводу, диаметр МП, номинальный диаметр 200 мм	шт	1	1	1			69 238,00		69 238,00
		Всего по позиции							69 238,00		69 238,00
25	ГЭСН46-03.010-02	Пробивка в бетонных стенах и полах толщиной 100 мм отверстий площадью свыше 20 до 100 см2	100 отверстий	0,02	1	1					
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			0,5392					150,67
		1-100-36 Средний разряд работы 3,9	чел.-ч	26,96		0,5392			353,62		150,67
		2 ЭМ									26,48
		91.18.01-508 Компрессоры винтовые герметичные с электродвигателем, давление до 1 МПа (10 атм), производительность до 5 м3/мин	маш.-ч	7,75		0,155	115,43	1,43	165,06		25,58
		91.21.10-002 Молотки отбойные пневматические при работе от передвижных компрессоров	маш.-ч	15,5		0,31			2,89		0,90
		Итого прямые затраты									217,15
		ФОТ									190,67
		Пр812-040-1-1 НР Работы по реконструкции зданий и сооружений; усиление и замена существующих конструкций; возведение отдельных конструктивных элементов	%	103		103					186,39
		Пр774-040-1 СП Работы по реконструкции зданий и сооружений; усиление и замена существующих конструкций; возведение отдельных конструктивных элементов	%	59		59					112,50
		Всего по позиции							26 302,00		526,04
26	ГЭСН34-03.012-01	Устройство ввода труб в колодцы	10 аналогов	0,2	1	1					
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			1,566					528,68
		1-100-36 Средний разряд работы 3,5	чел.-ч	7,83		1,566			337,60		528,68
		4 М									61,42
		04.3.01.09-0012 Раствор готовый кладочный, цементный, М50	м3	0,018		0,0036	3 486,80	1,19	4 149,29		14,94
		06.1.01.05-0035 Кирпич керамический рядовой полнотелый одинарный, размеры 250х120х65 мм, марка М100	1000 шт	0,017		0,0034			13 671,36		46,48
		Итого прямые затраты									580,10
		ФОТ									528,68

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Пр012-028.0-1 НР Сооружения связи, радиовещания и телевидения		%	98		98					518,11
	Пл0774-028.0 СП Сооружения связи, радиовещания и телевидения		%	58		58					306,63
	Всего по позиции										1 414,84
27	ФСБЦ.23.5.02.0091	Трубы стальные электросварные плоскостенные из стали марок Ст2, 10, наружный диаметр 273 мм, толщина стенки 4 мм	м	0,2	1	0,2	1 863,97	0,99	1 845,33	7 074,20	369,07
	Всего по позиции										369,07
28	ГЗСН422-02.003-06	Нанесение веса усиленной антикоррозионной битумно-резиновой или битумно-полимерной колляции на стальные трубопроводы диаметром: 200 мм	км	0,0002	1	0,0002					
	1 OT(3T)	чел.-ч				0,0556					19,44
	1-100-38 Средний разряд работы 3,8	чел.-ч		278		0,0556			349,61		19,44
	2 ЗМ										7,56
	ОТМ(3Тм)	чел.-ч				0,04362					1,81
	91.06.03-045 Лесадит ручные и рычажные тяговые усилия 14,72 кН (1,5 т)	маш.-ч		46,41		0,009282		1,40	2,00		0,02
	91.06.05-011 Пополнение однофазные универсальные фронтальные пневмолесные, номинальная вместимость: основного ковша 2,6 м3, грузоподъемность 5 т	маш.-ч		0,31		0,000062			1 576,66		0,10
	4-100-050 ОТМ(3тм) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч		0,31		0,000062			411,00		0,03
	91.08.04-022 Хоты битумные передающие электрические с центробежной мешалкой, объем загрузочной емкости 1000 л	маш.-ч		68,81		0,013762		119,89	1,41		2,33
	91.10.05-004 Трубоукладчик, номинальная грузоподъемность 6,3 т	маш.-ч		21,6		0,00432		994,01	1,19		5,11
	4-100-050 ОТМ(3тм) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч		21,6		0,00432			411,00		1,78
	4 М										19,88
	01.7.02.02-0021 Булава оберточная листовая	1000 М2		1,44		0,000268		7 166,29	0,94		1,95
	01.7.03.04-0001 Электроэнергия	кВт-ч		67,554		0,0135108			6 755,11		0,09
	01.7.20.08-0021 Бренкет с опелурной пропильной	м2		1,2		0,00024		108,68	1,5		0,04
	01.7.20.08-0162 Тяже машенная, ширина 950 мм, поперечная плотность 150 г/м2	10 М2		0,31		0,000062		592,04	1,5		0,06
	11.1.02.04-0031 Лесоматериалы круглые хвойные пород неокоренные, длина 3-6,5 м, диаметр 14-24 см, сорт I-II-II	м3		0,25		0,00005		6 442,06	1,19		0,38
	12.2.03.11-0054 Холсты стальные, плотность 100 г/м2, толщина 0,8 мм	10 М2		168		0,0336		574,19	0,9		17,36
ПН	01.2.03.02 Грунтовка битумная	т		0		0					
Н	01.2.03.03 Масшта	т		6,63		0,00126					
	Итого прямые затраты										48,69
	ФОТ										21,25
	Пр012-018.0-1 НР Наружные сети водопровода канализация, теплоснабжения, газопровода	%		117		117					24,86
	Пл0774-018.0 СП Наружные сети водопровода канализация, теплоснабжения, газопровода	%		74		74					15,73
	Всего по позиции										89,28
29	ФСБЦ.01.2.03.0014	Маститя битумная кровельная горячая МБК.Г-55, МБК.Г-65, МБК.Г-75, МБК.Г-85, МБК.Г-100	т	0,00126	1	0,00126	24 767,25	1,22	448 400,00	40,07	30 216,05
	Всего по позиции										40,07
30	ГЗСН46-03-017-10	Заделка отверстий в местах прохода трубопровода: в бетонных перекрытиях	100 шт	0,02	1	0,02					
	1 OT(3T)	чел.-ч				2,64					849,00
	1-100-31 Средний разряд работы 3,1	чел.-ч		132		2,64			321,59		849,00
	2 ЗМ										2,86
	ОТМ(3Тм)	чел.-ч				0,0088					2,97
	91.06.05-048 Подъемники ортоматические, грузоподъемность до 500 кг, высота подъема 15 м	маш.-ч		0,22		0,0044		37,32	1,49		0,24
	4-100-030 ОТМ(3тм) Средний разряд машинистов 3	чел.-ч		0,22		0,0044					1,40
	91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч		0,22		0,0044					2,62
	4-100-040 ОТМ(3тм) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч		0,22		0,0044					1,57
	4 М										126,43

Продолжение приложения Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Н	01.7.15.06-0111	Геоиды строительные	т	0,006		0,00012	70 256,20	1,27	89 276,17		10,71	
	08.3.03.06-0012	Поволока стальная низкоуглеродистая вальная	т	0,0054		0,000108	83 084,34	1,01	83 884,34		9,06	
	11.1.03.01-0063	Брус(и) обрезные хвойных пород (ель, сосна), естественной влажности, длина 2-6,5 м, ширина 20-50 мм, толщина 20-50 мм, сорт II	м3	0,3		0,006	16 466,03	1,02	16 525,66		100,96	
	11.1.03.06-0070	Доска обрезная хвойных пород, естественной влажности, длина 2-6,5 м, ширина 100-250 мм, толщина 25 мм, сорт II	м3	0,018		0,00036	10 062,68	1,57	15 829,81		5,70	
	04.1.02.03	Смеси бетонные	м3	0,416		0,00832						
	Итого прямые затраты											
	ФОТ											
	Пр812-040.1-1	НР Работы по реконструкции зданий и сооружений; усиление и замена существующих конструкций; возведение отдельных конструктивных элементов	%	103		103						981,26
	Пр774-040.1	СП Работы по реконструкции зданий и сооружений; усиление и замена существующих конструкций; возведение отдельных конструктивных элементов	%	59		59						851,97
											877,53	
										502,66		
Всего по позиции											2 381,45	
31	ГЭСН22.К5-005.03	Протягивание в футляре полиэтиленовых труб диаметром 200 мм	100 м труб, уложенной в футляр	0,002	1	0,002			118 072,56			
Н	1 OT(3T)	чел.-ч				0,15904			357,62		56,88	
	1-100-40	Средний разряд работы 4,0	чел.-ч	79,52		0,15904					56,88	
	2 ЭМ										0,78	
	ОТМ(3Тп)	чел.-ч				0,00012					0,06	
	91.05.05-015	Краны на автомобильном ходу, грузоподъемность 16 т	маш.-ч	0,06		0,00012			1 532,41		0,18	
	4-100-060	ОТМ(3тп) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	0,06		0,00012			480,38		0,06	
	91.06.03-061	Лебедки электрические тиковым усилием до 12,26 кН (1,25 т)	маш.-ч	23,6		0,0472	8,84	1,43	12,64		0,60	
	4 М										19,01	
	01.7.19.04-024	Пластины резановые технические ТМШ, толщина 2-40 мм	кг	39,4		0,0788	61,70	1,61	99,34		7,63	
	08.1.02.11-0001	Покраски из вздуватных заготовок, масса 1,5-4,5 кг	т	0,073		0,000146	55 888,18	1,37	76 580,51		11,18	
											76,73	
Итого прямые затраты											76,73	
Н	ФОТ											
	Пр812-018.0-1	НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	117		117					56,94	
	Пр774-018.0	СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	74		74					66,62	
											42,14	
											185,49	
Всего по позиции											92 745,00	
Соборный колодец Ø1500 мм -1 шт												
32	ГЭСН01.41-009.07	Разработка грунта в траншеях экскаватором «обратная лопата», с ковшем вместимостью 0,65 (0,5-1) м3, группа грунтов: 1	1000 м3	0,006	1	0,006						
Н	2 ЭМ										172,60	
	ОТМ(3Тп)	чел.-ч				0,102					49,00	
	91.01.05-066	Экскаваторы одноковшовые для работы на усеченном ходу, объем коша 0,65 м3	маш.-ч	17		0,102			1 694,06		172,60	
	4-100-060	ОТМ(3тп) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	17		0,102			480,38		49,00	
	Итого прямые затраты										221,60	
ФОТ										49,00		
Пр812-001.1-1	НР Земляные работы, выполняемые механизированным способом	%	92		92						45,08	
Пр774-001.1	СП Земляные работы, выполняемые механизированным способом	%	46		46						22,54	
										289,42		
Всего по позиции												48 236,67
33	ГЭСН01.41-030.01	Разработка грунта с перемещением до 10 м бульдозерами мощностью: 59 кВт (80 л.с.), группа грунтов 1	1000 м3	0	1	0						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
34	2 ЗМ										
	ОТМ(ЗТМ)										
	91.01.01-034 Бульдозеры, мощность 59 кВт (60 л.с.)										
	4-100-060 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 5										
	Итого прямые затраты										
	ФОТ										
	Пр812-001.1-1 НР Земляные работы, выполняемые механизированным способом										
	Пр774-001.1 СП Земляные работы, выполняемые механизированным способом										
	Всего по позиции										
	Разработка грунта вручную в траншеях глубиной до 2 м без креплений										
35	ГЭСН01.02.057.01										
	с опасками, группа грунтов: 1 (Доработка)										
	1 ОТ(ЗТ)										
	1-100-20 Средний разряд работы 2.0										
	Итого прямые затраты										
	ФОТ										
	Пр812-001.2-1 НР Земляные работы, выполняемые ручным способом										
	Пр774-001.2 СП Земляные работы, выполняемые ручным способом										
	Всего по позиции										
	Засыпка вручную траншей, пазух котлованов и ям, группа грунтов: 1										
36	ГЭСН01.02.061.01										
	1 ОТ(ЗТ)										
	1-100-16 Средний разряд работы 1.5										
	Итого прямые затраты										
	ФОТ										
	Пр812-001.2-1 НР Земляные работы, выполняемые ручным способом										
	Пр774-001.2 СП Земляные работы, выполняемые ручным способом										
	Всего по позиции										
	Уплотнение грунта пневматическими трамбовками, группа грунтов: 1-2										
37	ГЭСН01.02.065.01										
	1 ОТ(ЗТ)										
	1-100-30 Средний разряд работы 3.0										
	2 ЗМ										
	ОТМ(ЗТМ)										
	91.08.09-023 Трамбовки пневматические при работе от передвижных компрессорных установок										
	91.18.01-007 Компрессоры винтовые передвижные с двигателями внутреннего сгорания, давление до 0,7 МПа (7 атм), производительность до 5,4 м³/мин										
	4-100-040 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 4										
	Итого прямые затраты										
	ФОТ										
37	ГЭСН02.04.001.01										
	Устройство круглых колодезь из сборного железобетона в грунтах:										
	сухих										
	1 ОТ(ЗТ)										
	1-100-32 Средний разряд работы 3.2										
	2 ЗМ										
	ОТМ(ЗТМ)										
	91.05.05-015 Краны на автомобильном ходу, грузоподъемность 16 т										
	4-100-060 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 6										
	Всего по позиции										

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	91.05.05-011	Поручни однокошарые универсальные фронтальные пневмоколесные, номинальная вместимость основного ковша 2,6 м3, грузоподъемность 5 т	маш.-ч	0,23		0,04186	1 576,86				66,00
	4-100-050	ОТМ(Зтм) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч	0,23		0,04186	411,00				17,20
	91.08.09-025	Трамбовки электрические	маш.-ч	0,32		0,05824	16,44				0,96
	91.14.02-001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	7,13		1,29766	594,79				771,84
	4-100-040	ОТМ(Зтм) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	7,13		1,29766	357,62				464,07
	91.16.01-002	Электростанции передвижные, мощность 4 кВт	маш.-ч	0,16		0,02912	112,13				3,27
	4-100-040	ОТМ(Зтм) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	0,16		0,02912	357,62				10,41
	01.7.03.01-0001	Вода	м3	0,0031		0,0005642	35,71	0,79			631,21
	01.7.15.06-0111	Гвозди строительные	т	0,0008		0,0001456	89 276,17	1,27			13,00
	02.2.05.04-2060	Щебень из плотных горных пород для строительных работ М 800, фракция 5-40 мм	м3	2,26		0,41132	1 018,42				418,90
	03.1.02.03-0011	Известь строительная негашеная коновая, сорт 1	т	0,0011		0,0002002	6 382,81	1,21			1,28
	04.3.01.09-0012	Раствор готовый кладочный, цементный, М50	м3	0,1		0,0162	3 486,80	1,19			75,52
	11.1.03.01-0063	Брус пиломатериалов хвойных пород (ель, сосна), естественной влажности, длина 24,5 м, ширина 20-50 мм, толщина 20-50 мм, сорт III	м3	0,04		0,00728	16 486,03	1,02			122,49
	05.1.01.09	Кольца для колодцев сборные железобетонные диаметром 1500 мм	м3	0		0					
	05.1.01.09	Кольца для колодцев сборные железобетонные диаметром 700 мм	м3	0		0					
	05.1.06.06	Плиты покрытия и перекрытий железобетонные	м3	3,93		0,7169					
	07.2.07.12-0011	Металлоконструкции зданий и сооружений с преобладающим внутренним профилем и круглыми трубами	т	0		0					
	08.1.02.06	Листы черновые	шт	0		0					
	11.1.03.06	Штупы из досок	м2	1,2		0,2164					
	04.1.02.06	Смеси бетонные тяжелые бетона	м3	1,33		0,24266					
	Итого прямые затраты										
	ФОТ										8 248,20
	Пр812-018.0-1	НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	117		117					5 988,43
	Пр774-018.0	СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	74		74					7 006,46
	Всего по позиции										
38	КП	КС 15-9	шт	3	1	3	108 185,38				4 431,44
Всего по позиции											19 686,10
Всего по позиции											15 000,00
39	КП	ПП 15-2	шт	1	1	1	10 000,00				15 000,00
Всего по позиции											10 000,00
40	КП	ПН 15	шт	1	1	1	7 916,67				10 000,00
Всего по позиции											7 916,67
41	ФСБЦ	08.1.02.06-0043	Лок круглый коуглый тяжелый, номинальная нагрузка 250 кН, диаметр лаза 600 мм	шт	1	1	6 404,93	1,47			9 415,25
Всего по позиции											9 415,25
42	ФСБЦ	04.1.01.01-0004	Смеси бетонные легкого бетона (БСЛ) на пористых заполнителях, средняя плотность 0800-11600 кг/м3, класс В7,5 (М100)	м3	0,133	1	3 590,55	1,4			688,56
Всего по позиции											9 415,25
43	ФСБЦ	11.2.13.06-0013	Штупы настила, толщина 40 мм	м2	1,2	1	625,83	1,47			688,56
Всего по позиции											1 103,96
44	ФСБЦ	01.7.15.10-0066	Скобы стальные хвостовые, тип СК-1	кг	30	1	102,96	1,35			4 170,00
Всего по позиции											4 170,00
45	ГСНТЗ	3.3.3-002-04	Отгружена металлических поверхностей за один раз: грунтовок ГФ-021	100 м2	0,06	1					
2 слоя ГФ-2 (ОГТ-2, ЭНФ-2 к раск., ЗПМ-2, МАТ-2 к раск., ТЗ-2, ТЗМ-2)											

Продолжение приложения Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Прил.13.2 п.17	Нанесение лакокрасочных материалов ручным способом ОЗТ=1, ТЗ=1,1									
	1-100-47	Средний разряд работы 4,7	чел.-ч	5,31	2,2	0,70992			394,98		276,85
	2 ЗМ		чел.-ч			0,70992					276,85
	ОТМ(ЗТМ)										3,44
	91.06.03-060	Лебедки электрические тяговые (успелим до 5,79 кН (0,59 т))	чел.-ч	0,01	2	0,0024			9,47		0,92
	91.06.05-011	Полурезки одноосевые универсальные фронтальные пневмоколесные	маш.-ч	0,01	2	0,0012	6,62	1,43	1 576,66		0,01
		номинальная вместимость основного ковша 2,6 м3, грузоподъемность 5 т									1,69
	4-100-050	ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч	0,01	2	0,0012			411,00		0,49
	91.14.02-001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,01	2	0,0012			594,79		0,71
	4-100-040	ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	0,01	2	0,0012			357,62		0,43
	91.21.01-012	Агрегаты окрасочные высокого давления для окраски поверхностей конструкций, мощность 1 кВт	маш.-ч	1,12	2	0,1344	4,52	1,37	6,19		0,83
	4 М										130,38
	14.4.01-01-0003	Грунтовка ГФ-021	т	0,009	2	0,00108			100 739,81		108,80
	14.5.09.02-0002	Ксилол нефтяной, марка А,	т	0,0015	2	0,00018	75 885,63	1,58	119 899,30		21,58
	Итого прямые затраты										411,59
	ФОТ										277,77
	Прил.12-013.0-1	НР Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии	%	94		94					261,10
	Прил.774-013.0	СП Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии	%	51		51					141,66
	Всего по позиции								13 572,50		814,35
46	ГЭСН13.03.004.23	Окраска металлических стругиванных поверхностей: краской БТ-177 сербистой	100 м2	0,06	1	0,06					
	2	Слой ПЗ=2 (ОЗП=2; ЭМ=2 крас.; ЭПМ=2; МАТ=2 к крас.; ТЗ=2; ТЗМ=2)									
	Прил.13.2 п.17	Нанесение лакокрасочных материалов ручным способом ОЗТ=1, ТЗ=1,1									
	1-100-35	Средний разряд работы 3,5	чел.-ч	2,89	2,2	0,38016			337,60		128,34
	2 ЗМ		чел.-ч			0,38016					128,34
	ОТМ(ЗТМ)										4,37
	91.06.03-060	Лебедки электрические тяговые (успелим до 5,79 кН (0,59 т))	чел.-ч	0,01	2	0,0036					1,35
	91.06.05-011	Полурезки одноосевые универсальные фронтальные пневмоколесные, номинальная вместимость основного ковша 2,6 м3, грузоподъемность 5 т	маш.-ч	0,01	2	0,0012	6,62	1,43	9,47		0,01
	4-100-050	ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч	0,01	2	0,0012			1 576,66		1,69
	91.14.02-001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,02	2	0,0024			411,00		0,49
	4-100-040	ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	0,02	2	0,0024			594,79		1,43
	91.21.01-012	Агрегаты окрасочные высокого давления для окраски поверхностей конструкций, мощность 1 кВт	маш.-ч	1,4	2	0,168	4,52	1,37	6,19		0,86
	4 М										1,04
	14.4.02.09-0302	Краска БТ-177	т	0,009	2	0,00108	101 515,14	1,22	123 848,47		152,48
	14.5.09.02-0002	Ксилол нефтяной, марка А,	т	0,0013	2	0,000156	75 885,63	1,58	119 899,30		133,76
	Итого прямые затраты										18,70
	ФОТ										288,52
	Прил.12-013.0-1	НР Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии	%	94		94					129,69
	Прил.774-013.0	СП Защита строительных конструкций и оборудования от коррозии	%	51		51					121,91
	Всего по позиции								7 909,50		66,14
47	ГЭСН08.01.003.07	Гидроизоляция боковая обмазочная битумная в 2 слоя по оклеенной поверхности ступеней, крылец, остову	100 м2	0,126	1	0,126					
	1	ОТ(ЗТ)									944,59
	1-100-39	Средний разряд работы 3,9	чел.-ч	21,2		2,6712			353,62		944,59
	2 ЗМ										47,99

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Отм(Зтм)	чел.-ч			0,0252					9,01
	91.08.04-021	Котлы битумные передвижные электрические с centrifужной мешалкой, объем загрузочной емкости 400 л	маш.-ч	1,95		0,2457	95,25	1,41	134,30		33,00
	91.14.02-001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,2		0,0252			594,79		14,99
	4-100-040	Отм(Зтм) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	0,2		0,0252			357,62		9,01
		4 м									207,92
	01.3.01.03-0002	Керосин для технических целей	т	0,024		0,03024	62 186,75	1,1	68 405,43		206,86
	01.7.20.08-0051	Ветошь хлопчатобумажная цветная	кг	0,1		0,0126	56,11	1,5	84,17		1,06
	01.2.01.02	Битум	т	0,016		0,002016					
	01.2.03.03	Маслота	т	0,24		0,03024					
		Итого прямые затраты									1 289,51
		ФОТ									953,60
	Пр812-008.0-1	НР Конструкции из кирпича и блоков	%	110		110					1 048,86
	Пр774-008.0	СП Конструкции из кирпича и блоков	%	69		69					657,98
		Всего по позиции					23 146,43	2			2 916,45
48	ФСБЦ.01.2.01.02-0011	Битум разжиженный РЕ-1 2-й сорт П3=2, ОТП=2, ЭН=2, раск., ЗТМ=2, МАТ=2 к раск., ТЗ=2, ТЗМ=2	т	0,002016	1	0,002016	64 766,32	1,1	71 176,95	2	286,99
		Всего по позиции									286,99
49	ФСБЦ.01.2.03.03-0014	Мастика битумная кровельная горячая МБК.Г-55, МБК.Г-65, МБК.Г-75, МБК.Г-85, МБК.Г-100	т	0,03024	1	0,03024	24 767,25	1,22	30 216,05		913,73
		Всего по позиции									913,73
50	ГСН46.33.010-02	Пробивка в бетонных стенах и полах толщиной 100 мм отверстий площадью: свыше 20 до 100 см2	100 отверстий	0,01	1	0,01					95,34
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			0,2696			353,62		95,34
		1-100-38	Средний разряд работы 3,9	26,96		0,2696					13,24
		2 ЭМ									12,79
	91.18.01-608	Компрессоры выхлопные передвижные с электродвигателем, давление до 1 МПа (10 атм), производительность до 5 м3/мин.	маш.-ч	7,75		0,0775	115,43	1,43	165,06		0,45
	91.21.10-002	Молоты отбойные пневматические при работе от передвижных компрессоров	маш.-ч	15,5		0,155			2,89		108,58
		Итого прямые затраты									95,34
		ФОТ									96,20
	Пр812-040.1-1	НР Работы по реконструкции зданий и сооружений; усиление и замена отдельных конструкций, возведение отдельных конструктивных элементов	%	103		103					56,25
	Пр774-040.1	СП Работы по реконструкции зданий и сооружений; усиление и замена существующих конструкций, возведение отдельных конструктивных элементов	%	59		59					
		Всего по позиции					26 303,09				263,03
51	ГСН34.32.012-01	Устройство ввода труб в колодцы	10 каналов	0,1	1	0,1					264,34
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			0,783			337,60		264,34
		1-100-35	Средний разряд работы 3,5	7,83		0,783					30,71
		4 м									7,47
	04.3.01.09-0012	Распор готовый гладкий, цементный, М50	м3	0,016		0,0016	3 466,80	1,19	4 149,29		23,24
	06.1.01.05-0035	Кирпич керамический рядовой полнотелый одинарный, размеры 250х120х65 мм, марка М100	1000 шт	0,017		0,0017			13 671,36		295,05
		Итого прямые затраты									264,34
		ФОТ									259,05
	Пр812-028.0-1	НР Сооружения связи, радиовещания и телевидения	%	98		98					153,32
	Пр774-028.0	СП Сооружения связи, радиовещания и телевидения	%	58		58					7 074,29
		Всего по позиции					1 863,97	0,99	1 845,33		184,53
52	ФСБЦ.23.5.02.02-0081	Трубы стальные электросварные прямошовные из стали марок Ст3, 10, наружный диаметр 273 мм, толщина стенки 4 мм	м	0,1	1	0,1					184,53
		Всего по позиции									184,53

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Откосы вокруг колодез											
53	ГЭСН27.04.001.01	Устройство подстилки и выравнивающих слоев оснований: из песка	100 м3	0,012	1	0,012					
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			0,1728					51,65
		1-100-23 Средний разряд работы 2,3	чел.-ч	14,4		0,1728			298,91		51,65
		2 ЗМ									416,26
		ОТМ(ЗТМ)									
		91.01.02-04 Автогрейдеры среднего типа, мощность 99 кВт (135 л.с.)	чел.-ч			0,16656					75,35
		4-100-060 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 6	маш.-ч	1,77		0,02124		1,34	2 590,22		55,02
		91.06.05-011 Потрушки однокосые универсальные фронтальные пневмоколесные, номинальная вместимость основного ковша 2,6 м3, грузоподъемность 5 т	чел.-ч	1,77		0,02124			480,38		10,20
		4-100-040 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 4	маш.-ч	4,29		0,05148			1 576,66		81,17
		4-100-050 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч			0,05148			411,00		21,16
		91.08.03-30 Катки самоходные пневмоколесные стальные, масса 30 т	маш.-ч	4,29		0,08456		1,32	3 156,91		268,21
		4-100-060 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	7,08		0,08456			480,38		40,61
		91.13.01-038 Машины поливочные, вместимость цистерны 6 м3	маш.-ч	0,74		0,00888		1,28	1 335,22		11,86
		4-100-040 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	0,74		0,00888			357,62		3,18
		4 М									1,69
П.Н	01.7.03.01-0001 Вода		м3	5		0,06		0,79	28,21		1,69
	02.3.01.02 Песок для строительных работ природный		м3	0		0					
Итого прямые затраты											
	ФОТ		%	147							544,95
	При812-021 0-1 НР Автомобильные дороги		%	134							127,00
	При774-021 0 СП Автомобильные дороги		%								186,69
											170,18
54	ФСБЦ.02.3.01.02.1102	Песок природный для строительных работ класс, мелкий	м3	1,2	1	1,2			75 151,67		901,82
		Всего по позиции									
		Всего по позиции							1 215,87		1 459,04
55	ГЭСН27.04.001.04	Устройство подстилки и выравнивающих слоев оснований: из щебня	100 м3	0,006	1	0,006					
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			0,1296					38,74
		1-100-23 Средний разряд работы 2,3	чел.-ч	21,6		0,1296			298,91		38,74
		2 ЗМ									317,36
		ОТМ(ЗТМ)									
		91.01.01-035 Бульдозеры, мощность 79 кВт (108 л.с.)	чел.-ч			0,1236					57,59
		4-100-060 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 6	маш.-ч	2,59		0,01554		1,36	1 207,05		18,76
		91.01.02-004 Автогрейдеры среднего типа, мощность 99 кВт (135 л.с.)	чел.-ч	2,59		0,01554			480,38		7,47
		4-100-060 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 6	маш.-ч	2,3		0,0138		1,34	2 590,22		35,75
		91.06.05-011 Потрушки однокосые универсальные фронтальные пневмоколесные, номинальная вместимость основного ковша 2,6 м3, грузоподъемность 5 т	чел.-ч	2,3		0,0138			480,38		6,63
		4-100-040 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 4	маш.-ч	2,46		0,01476			1 576,66		23,27
		4-100-050 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч			0,01476			411,00		6,07
		91.08.03-30 Катки самоходные пневмоколесные стальные, масса 30 т	маш.-ч	12,21		0,07326		1,32	3 156,91		231,28
		4-100-060 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч			0,07326			480,38		35,19
		91.13.01-038 Машины поливочные, вместимость цистерны 6 м3	маш.-ч	1,04		0,00624		1,28	1 335,22		8,33
		4-100-040 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	1,04		0,00624			357,62		2,23
		4 М									1,18
П.Н	01.7.03.01-0001 Вода		м3	7		0,042		0,79	28,21		1,18
	02.2.02.04 Щебень из плотных горных пород		м3	0		0					
Итого прямые затраты											
	ФОТ		%	147							414,90
	При812-021 0-1 НР Автомобильные дороги		%	134							96,33
	При774-021 0 СП Автомобильные дороги		%								141,61
											129,08
									114 265,08		685,09
Всего по позиции											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
56	ФСБЦ.02.2.05.04.2234		м3	0,6	1	0,6			959,75		575,85
Часть из графика для строительных работ М 800, фракция 20-40 мм											
Всего по позиции											
57	ГЭСН06.01.001.01	Устройство бетонной подготовки	100 м3	0,001	1	0,001					575,85
1 ОТ(ЗТ)											
1-100-20 Средний разряд работы 2,0											
2 ЗМ											
ОТм(ЗТм)											
91.05.01-017 Краны башенные, грузоподъемность 8 т											
4-100-060 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 6											
91.07.04-002 Вибраторы поверхностные											
91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т											
4-100-040 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 4											
4 М											
01.7.03.01-0001 Вода											
01.7.07.12-0024 Пленка полиэтиленовая, толщина 0,15 мм											
04.1.02.05 Смеси бетонные тяжелого бетона											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-006 0-1 НР Бетонные и железобетонные монолитные конструкции и работы в строительстве											
Пр8774-006 0 СП Бетонные и железобетонные монолитные конструкции и работы в строительстве											
Всего по позиции											
58	ФСБЦ.04.1.02.01.0003	Смеси бетонные мелкозернистого бетона (БСМ), класс В7,5 (М100)	м3	0,102	1	0,102			148 180,00		146,18
Всего по позиции											
Смеси бетонные											
Всего по позиции											
59	ГЭСН22.03.003.20	Установка фланцевых частей стальных сварных соединений с трубопроводом тройники диаметром: свыше 200 до 250 мм	10 шт	0,1	1	0,1					525,99
1 ОТ(ЗТ)											
2-100-01 Рабочий 1 разряда											
2-100-03 Рабочий 3 разряда											
2-100-04 Рабочий 4 разряда											
2-100-05 Рабочий 5 разряда											
2 ЗМ											
ОТм(ЗТм)											
91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т											
4-100-040 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 4											
91.17.04-033 Аппараты сварочные для ручной дуговой сварки на тракторе, сварочный ток до 250 А, количество постов 2, мощность трактора 79 кВт (108 л.с.)											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-016 0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр8774-018 0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
И											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
60	КП		шт	1	1	1			4 455,83		4 455,83
Тройник полистироловый сварной, ПЭ100, к напорным трубодам, номинальное давление 1,6 МПа, диаметр 225 ммх 8,6											
Всего по позиции											
61	ГЭСН22.03.006.06	Установка задвижек или клапанов обратных чугунных диаметром 200 мм	шт	1	1	1					4 455,83
1 ОТ(ЗТ)											
1-100-36 Средний разряд работы 3,6											
2 ЗМ											
ОТм(ЗТм)											
91.05.05-415 Колене на автомобильном ходу / грузоподъемность 16 т											
4-100-460 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 6											
91.10.05-504 Трубоукладчики, номинальная грузоподъемность 6,3 т											
4-100-460 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 5											
91.14.02-501 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т											
4-100-440 ОТм(ЗТм) Средний разряд машинистов 4											
4 М											
01.7.15.03-0015 Болты стальные с шестигранной головкой, в комплекте с шестигранной гайкой и плоской круглой шайбой, диаметр резьбы М20 (М22), длина болта 40-220 мм											
01.7.19.04-0031 Прокладки резиновые (пластина техническая прессованная)											
18.1.02.01 Задвижки чугунные еводворные (или клапаны обратные)											
Итого прямые затраты											
ФОТ											
Пр812-018.0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр774-018.0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
62	КП	Задвижка клиновая с выдвинутым шпинделем 30лс4тнк, присоединение к трубопроводу фланцевое, номинальное давление 1,6 МПа, номинальный диаметр 250 мм	шт	1	1	1			4 726,76		4 726,76
Всего по позиции											
Итого по разделу 1 Закрытая ОС :											
Всего прямые затраты (справочно)											
в том числе:											
Оплата труда рабочих											
Эксплуатация машин											
Оплата труда машинистов (Отм)											
Материалы											
Строительные работы											
в том числе:											
оплата труда											
эксплуатация машин и механизмов											
оплата труда машинистов (Отм)											
материалы											
накладные расходы											
сметная прибыль											
Всего ФОТ (справочно)											
Всего накладные расходы (справочно)											
Всего сметная прибыль (справочно)											
Всего по разделу 1 Закрытая ОС											
справочно:											
Затраты труда рабочих											
Затраты труда машинистов											
66.53108											
10.149682											
321 626,87											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел 2. Напорный трубопровод с затвором (гидрант)											
Земляные работы											
63	ГЭСН01.01.030.01	Разработка грунта с перемещением до 10 м бульдозерами мощностью: 50 кВт (80 л.с.), группа грунтов 1	1000 м3	6,696	1	6,696					
	2 ЗМ										74 210,38
	ОТМ(ЗТМ)		чел.-ч			65,88864					27 080,23
	91.01.01-034 Бульдозеры, мощность 50 кВт (80 л.с.)		маш.-ч	9,84		65,88864	838,16	1,36	1 126,30		74 210,38
	4-100-050 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 5		чел.-ч	9,84		65,88864			411,00		27 080,23
	Итого прямые затраты										101 290,61
	ФОТ										27 080,23
	Пр0812-001.1-1 НР Земляные работы, выполняемые механизированным способом		%	92		92					24 913,91
	Пр0774-001.1 СП Земляные работы, выполняемые механизированным способом		%	46		46					12 466,91
	Всего по позиции										138 691,33
64	ГЭСН01.01.030.09	При механизации грунта на каждые последующие 10 м добавлять: к нормам 01.01.030.01 ПЗ=2; ОЗП=2; ЗМ=2 к расч.; ЗПМ=2; МАТ=2 к расч.; ТЗ=2; ТЗМ=2)	1000 м3	6,696	1	6,696			20 708,08		
	2 ЗМ										137 409,86
	ОТМ(ЗТМ)		чел.-ч			122,00112					50 142,46
	91.01.01-034 Бульдозеры, мощность 50 кВт (80 л.с.)		маш.-ч	9,11	2	122,00112	838,16	1,36	1 126,30		137 409,86
	4-100-050 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 5		чел.-ч	9,11	2	122,00112			411,00		50 142,46
	Итого прямые затраты										187 552,32
	ФОТ										50 142,46
	Пр0812-001.1-1 НР Земляные работы, выполняемые механизированным способом		%	92		92					46 131,06
	Пр0774-001.1 СП Земляные работы, выполняемые механизированным способом		%	46		46					23 065,53
	Всего по позиции										256 748,91
65	ГЭСН01.01.069.07	Разработка грунта в траншеях экскаватором, обратная лопата с ковшом вместимостью 0,65 (0,5-1) м3, группа грунтов: 1	1000 м3	2,88	1	2,88			38 343,62		
	2 ЗМ										82 942,65
	ОТМ(ЗТМ)		чел.-ч			48,96					23 619,40
	91.01.05-066 Экскаваторы одноковшовые дизельные на гусеничном ходу, объем ковша 0,65 м3		маш.-ч	17		48,96			1 694,09		82 942,65
	4-100-060 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 6		чел.-ч	17		48,96			480,38		23 619,40
	Итого прямые затраты										106 462,05
	ФОТ										23 619,40
	Пр0812-001.1-1 НР Земляные работы, выполняемые механизированным способом		%	92		92					21 637,85
	Пр0774-001.1 СП Земляные работы, выполняемые механизированным способом		%	46		46					10 818,92
	Всего по позиции										138 918,92
66	ГЭСН01.02.057.01	Разработка грунта вручную в траншеях глубиной до 2 м без крепления с откосами, группа грунтов: 1	100 м3	0,864	1	0,864			48 235,78		
	1 ОТ(ЗТ)		чел.-ч			101,952					29 657,84
	1-100-20 Средний разряд работы 2,0		чел.-ч	118		101,952			290,96		29 657,84
	Итого прямые затраты										29 657,84
	ФОТ										29 657,84
	Пр0812-001.2-1 НР Земляные работы, выполняемые ручным способом		%	89		89					26 395,46
	Пр0774-001.2 СП Земляные работы, выполняемые ручным способом		%	40		40					11 863,14
	Всего по позиции										67 916,46
67	ГЭСН23.01.001.01	Устройство основания под трубопроводы: песчаного	10 м3	13,2	1	13,2			78 697,01		
	1 ОТ(ЗТ)		чел.-ч			134,64					40 962,87
	1-100-25 Средний разряд работы 2,5		чел.-ч	10,2		134,64			304,24		40 962,87

Продолжение приложения Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
68	2 ЭМ										6 659,81
	ОТМ(ЗТм)		чел.-ч			4 224					1 736,06
	91.06.05-011 Ползушки ореховые универсальные фронтальные пневмоколесные, номинальная вместимость основного ковша 2,0 м3, производительность 5 т		маш.-ч	0,32		4 224			1 576,66		6 659,81
	4-100-050 ОТМ(ЗТм) Средний разряд машинистов 5		чел.-ч	0,32		4 224					1 736,06
	02.3.01.02 Лесос для строительных работ природный		м3	11		145,2			411,00		
	Итого прямые затраты										49 358,74
	ФОТ										42 688,93
	Пр812-018.0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода		%	117		117					49 957,75
	Пр774-018.0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода		%	74		74					31 597,21
	Всего по позиции								9 917,76		130 913,70
69	Песок природный для строительных работ класс, мелкий		м3	145,2	1	145,2	650,20	1,87	1 215,87		176 544,32
	Всего по позиции										176 544,32
	Засыпка вручную траншей, пазух котлованов и ям, грунта грунтов: 1	100 м3		1,6875	1	1,6875					41 650,48
	1 ОТ(ЗТ)		чел.-ч			149 343,75					41 650,48
	1-100-15 Средний разряд работы 1,5		чел.-ч	88,5		149 343,75			278,86		
	Итого прямые затраты										41 650,48
	ФОТ										41 650,48
	Пр812-001.2-1 НР Земляные работы, выполняемые ручным способом		%	89		89					37 088,93
	Пр774-001.2 СП Земляные работы, выполняемые ручным способом		%	40		40					16 660,19
	Всего по позиции								56 521,24		95 379,60
70	Засыпка траншей и котлованов с перемещением грунта до 5 м бульдозерами мощностью 59 кВт (80 л.с.), группа грунтов 1	1000 м3		2,53154	1	2,53154					19 702,30
	2 ЭМ										7 189,60
	ОТМ(ЗТм)		чел.-ч			17 4929414					19 702,30
	91.01.01-034 Бульдозеры, мощность 59 кВт (80 л.с.)		маш.-ч	6,91		17 4929414	828,16	1,36	1 126,30		
	4-100-050 ОТМ(ЗТм) Средний разряд машинистов 5		чел.-ч	6,91		17 4929414			411,00		
	Итого прямые затраты										26 891,90
	ФОТ										7 189,60
	Пр812-001.1-1 НР Земляные работы, выполняемые механизированным способом		%	92		92					6 614,43
	Пр774-001.1 СП Земляные работы, выполняемые механизированным способом		%	46		46					3 307,22
	Всего по позиции								14 541,96		36 813,55
71	Разработка грунта с перемещением до 10 м бульдозерами мощностью 59 кВт (80 л.с.), группа грунтов 1	1000 м3		6,696	1	6,696					74 210,38
	2 ЭМ										27 080,23
	ОТМ(ЗТм)		чел.-ч			65 88864					74 210,38
	91.01.01-034 Бульдозеры, мощность 59 кВт (80 л.с.)		маш.-ч	9,84		65 88864	828,16	1,36	1 126,30		
	4-100-050 ОТМ(ЗТм) Средний разряд машинистов 5		чел.-ч	9,84		65 88864			411,00		
	Итого прямые затраты										101 290,61
	ФОТ										27 080,23
	Пр812-001.1-1 НР Земляные работы, выполняемые механизированным способом		%	92		92					24 913,81
	Пр774-001.1 СП Земляные работы, выполняемые механизированным способом		%	46		46					12 456,91
	Всего по позиции								20 708,08		138 661,33
72	Ползушки ореховые универсальные фронтальные пневмоколесные, номинальная вместимость основного ковша 2,0 м3, производительность 5 т	1000 м3		6,696	1	6,696					68 704,93
	2 ЭМ										25 071,23
	ОТМ(ЗТм)		чел.-ч			61 00956					68 704,93
	91.01.01-034 Бульдозеры, мощность 59 кВт (80 л.с.)		маш.-ч	9,11		61 00956	828,16	1,36	1 126,30		
	Итого прямые затраты										101 290,61
	ФОТ										27 080,23
	Пр812-001.1-1 НР Земляные работы, выполняемые механизированным способом		%	92		92					24 913,81
	Пр774-001.1 СП Земляные работы, выполняемые механизированным способом		%	46		46					12 456,91
	Всего по позиции								20 708,08		138 661,33
	Ползушки ореховые универсальные фронтальные пневмоколесные, номинальная вместимость основного ковша 2,0 м3, производительность 5 т	1000 м3		6,696	1	6,696					68 704,93

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	4-100-050	ОТМЗ(Тм) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч	9,11		61,00056			411,00		25 071,23
Итого прямые затраты											
	ФОТ										
	При8 12-001.1-1	НР Земляные работы, выполняемые механизированным способом	%	92		92					93 776,16
											25 071,23
	При774-001.1	СП Земляные работы, выполняемые механизированным способом	%	46		46					23 065,53
											11 532,77
Всего по позиции											
									18 171,81		128 374,46
73	ГЭСН01-01-106-01	Разравнивание кавальеров (отвалов) при перемещении грунта до 10 м бульдозерами мощностью: 50 кВт (60 л.с.), группа грунтов 1	1000 м3	6,696	1	6,696					
	2 ЭМ										
		ОТМЗ(Тм)	чел.-ч			68 9688					77 679,56
	91.01.01-034	Бульдозеры, мощность 55 кВт (60 л.с.)	маш.-ч	10,3		68 9688			1 126,30		28 346,18
	4-100-050	ОТМЗ(Тм) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч	10,3		68 9688	828,16	1,36			77 679,56
									411,00		28 346,18
Итого прямые затраты											
											106 025,74
	ФОТ										
	При8 12-001.1-1	НР Земляные работы, выполняемые механизированным способом	%	92		92					28 346,18
	При774-001.1	СП Земляные работы, выполняемые механизированным способом	%	46		46					25 078,49
											13 039,24
Всего по позиции											
									21 676,15		145 143,47
74	ГЭСН01-02-027-01	Планировка площадей механизированным способом, группа грунтов 1	1000 м2	28,74	1	28,74					
	2 ЭМ										
		ОТМЗ(Тм)	чел.-ч			24,1416					42 655,90
	91.01.01-035	Бульдозеры, мощность 75 кВт (103 л.с.)	маш.-ч	0,5		14,37			1 207,05		11 597,14
	4-100-060	ОТМЗ(Тм) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	0,5		14,37	887,54	1,36			17 345,31
	91.01.02-004	Автогрейдеры среднего типа, мощность 59 кВт (135 л.с.)	маш.-ч	0,34		9,7716			480,38		6 903,06
	4-100-060	ОТМЗ(Тм) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	0,34		9,7716	1 933,00	1,34	2 590,22		25 310,59
									4 694,08		4 694,08
Итого прямые затраты											
											54 253,04
	ФОТ										
	При8 12-001.4-1	НР Земляные работы, выполняемые по другим видам работ (подготовительным, сопутствующим, укреплительным)	%	89		89					11 597,14
	При774-001.4	СП Земляные работы, выполняемые по другим видам работ (подготовительным, сопутствующим, укреплительным)	%	41		41					10 321,45
									4 754,83		4 754,83
Всего по позиции											
									2 412,28		69 329,32
Трубопровод напорный (МТ)											
75	ГЭСН02-01-021-06	Укладка трубопроводов из полиэтиленовых труб диаметром: 215 мм	км	1,18677	1	1,18677					
	1 ОТ(ЗТ)										
	1-100-36	Средний разряд работы 3,6	чел.-ч	331,76		383,7228152			341,61		134 499,65
						383,7228152			10 454,43		134 499,65
	2 ЭМ										
		ОТМЗ(Тм)	чел.-ч			5 5184605					2 140,68
	91.05.05-015	Краны на автомобильном ходу, грузоподъемность 16 т	маш.-ч	1,13		1 3410501			1 532,41		2 055,04
	4-100-060	ОТМЗ(Тм) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	1,13		1 3410501			480,38		644,21
	91.10.09-012	Установки для гидравлических испытаний трубопроводов, давление нагнетания не более 0,1 МПа (1 кгс/см2), высокое 10 МПа (100 кгс/см2) при работе от передвижных электростанций	маш.-ч	30		35 6031	11,68	1,41	16,47		586,38
	91.14.04-002	Тагажи седельные, нагрузка на седельно-опорное устройство до 15 т	маш.-ч	0,04		0 0474708			1 088,67		50,73
	4-100-050	ОТМЗ(Тм) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч	0,04		0 0474708			411,00		19,51
	91.14.05-012	Полуприцепы общего назначения, грузоподъемность до 15 т	маш.-ч	0,04		0 0474708	105,74	1,54	162,84		7,73
	91.16.01-002	Электростанции передвижные, мощность 4 кВт	маш.-ч	3,48		4 1299596			112,13		463,09
	4-100-040	ОТМЗ(Тм) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	3,48		4 1299596			357,62		1 476,96
	91.17.04-057	Аппараты с полугидравлическим управлением процессом сварки "встык" пластмассовых труб диаметром свыше 160 до 315 мм	маш.-ч	51,5		61,18655	82,85	1,44	119,30		7 291,46

Продолжение приложения Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Н	4 М										
	01.7.03.01-0001 Вода		МЗ	31,4		37,264578	35,71	0,79	28,21		1 318,28
	12.1.02.06-0012 Губернатор кровельный РК-350		М2	3,43		4,0700211			65,60		1 051,23
	24.3.03.13 Трубы полипропиленовые		М	1009		1197,45093					257,03
	Итого прямые затраты										148 413,02
	ФОТ		%	117		117					136 640,33
	Пр812-018-0-1 НР Наружные сети водоснабжения, канализации, теплоснабжения, газопровода		%	74		74					159 869,19
	Пр774-018-0 С/П Наружные сети водоснабжения, канализации, теплоснабжения, газопровода		%	74		74					101 113,84
	Всего по позиции										409 396,05
	76 КП	Трубы напорные полипропиленовые, кроме газопроводных ПЭ100, для транспортировки воды, стандартное размерное соотношение SDR26, номинальный наружный диаметр 225 мм, толщина стенки 8,6 мм	М	1197,45093	1	1197,45093			2 041,67		2 444 799,64
Всего по позиции											
77	ГЭСНп12-08-405-02	Осциллиты, насады установки водного и пенного пожаротушения:	100 шт	0	1	0					0,00
	1 ОТ(3Т)	Спринклерные с декоративной розеткой	чел.-ч						357,62		0,00
	1-100-40	Средний разряд работы 4,0	чел.-ч	52		0					0,00
	2 ЗМ										0,00
	ОТм(3Тм)		чел.-ч						1 532,41		0,00
	91.05.05-015	Краны на автомобильном ходу, грузоподъемность 16 т	маш.-ч	0,03		0			480,38		0,00
	4-100-060	ОТм(3тм) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	0,03		0			16,37		0,00
	91.06.03-003	Льбедки электротехнические тяговые усилием 19,62 кН (2 т)	маш.-ч	0,02		0	11,45	1,43	594,79		0,00
	91.14.02-001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,03		0			357,62		0,00
	4-100-040	ОТм(3тм) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	0,03		0			172,06		0,00
	4 М		кв	1		0	128,40	1,34	138,19		0,00
	01.7.07.29-0101	Осес льяной	кв	2		0	79,68	1,73	79 309,38		0,00
	14.4.02.04-0142	Краска масляная МА-0115, мушля, срук железный	м	0,001		0	65 007,69	1,22			0,00
	14.3.05.01-0011	Слюда комбинированная для отделочных работ внутри помещений	т			0					0,00
Итого прямые затраты											
77.1	42/лр_2020_п.75_т.а	Вспомогательные непереработанные материалы ресурсы	%	2		2					
	ФОТ		%	90		90					
	Пр812-054-0-1 НР Теплоизоляционные трубопроводы		%	46		46					
	Пр774-054-0 С/П Теплоизоляционные трубопроводы		%	46		46					
	Всего по позиции										
77	ГЭСН22-03-011-01	Установка вантузов односторонних	шт	1	1	1					546,91
	1 ОТ(3Т)		чел.-ч			1,62			337,60		546,91
	1-100-35	Средний разряд работы 3,5	чел.-ч	1,62		1,62					11,90
	2 ЗМ										7,15
	ОТм(3Тм)		чел.-ч			0,02			594,78		11,90
	91.14.02-001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,02		0,02			357,62		7,15
	4-100-040	ОТм(3тм) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	0,02		0,02					189,38
	4 М		т	0,0011		0,0011	145 861,49	1,16	169 129,73		186,04
	01.7.15.03-0014	Болты стальные с шестигранной головкой, в комплекте с шестигранной гайкой и плоской круглой шайбой, диаметр резьбы М16, длина болта 25-200 мм	т	0,015		0,015					3,34
	01.7.19.04-0031	Пропладки резиновые (пластина техническая прессованная)	кг	0,015		0,015	138,50	1,61	222,66		
	18.3.06.02	Вантузы для воздуха и воды	компл	1		1					
	Итого прямые затраты										785,34
	ФОТ		%	117		117					554,05
	Пр812-018-0-1 НР Наружные сети водоснабжения, канализации, теплоснабжения, газопровода		%	74		74					648,25
Страница 20											

Продолжение приложения Б

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		При774-018.0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	74		74					410,00
		Всего по позиции							1 813,59		1 813,59
78	КП	Кладан (внутрь) на улицу для воздуха и воды фланцевый, номинальное давление 1,0 МПа, диаметр условного прохода фланца 200 мм		1	1	1			303 800,00		303 800,00
		Всего по позиции									303 800,00
79	ГЭСН22.06.002.06	Промывка без дезинфекции трубопроводов диаметром 200 мм	км	1,2	1	1,2					
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			29,64					9 413,37
		1-100-30 Средний разряд работы 3,0	чел.-ч	24,7		29,64			317,59		9 413,37
		4 М									3 825,28
		01.7.03.01-0001 Вода	м3	113		135,6	35,71	0,79	28,21		3 825,28
		Итого прямые затраты									13 238,65
		ФОТ	%	117		117					9 413,37
		При812-018.0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	74		74					11 013,64
		При774-018.0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	74		74					6 965,89
		Всего по позиции							26 015,15		31 218,18
80	ГЭСН22.03.003.04	Установка фасонных частей стальных сварным соединением с трубопроводом отводы, колена, патрубки и переходы диаметром: свыше 200 до 250 мм	10 шт	0,9	1	0,9					
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			59,094					22 272,02
		2-100-01 Рабочий 1 разряда	чел.-ч	0,26		0,234			266,88		62,45
		2-100-03 Рабочий 3 разряда	чел.-ч	21,22		19,098			317,59		6 065,33
		2-100-04 Рабочий 4 разряда	чел.-ч	4,12		3,708			357,62		1 326,05
		2-100-06 Рабочий 5 разряда	чел.-ч	40,06		36,054			411,00		14 616,19
		2 ЗМ									47 992,43
		ОТМ(ЗТМ)	чел.-ч			35,163			594,79		14 443,34
		91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,18		0,162			96,36		96,36
		4-100-040 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	0,18		0,162			357,62		57,93
		91.17.04-033 Аппараты сварочные для ручной дуговой сварки на трансформаторе, сварочный ток до 250 А, количество постов 2, мощность трансформатора 75 кВт (108 А.С.)	маш.-ч	38,89		35,001	1 069,08	1,28	1 366,42		47 896,07
		4-100-050 ОТМ(ЗТМ) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч	38,89		35,001			411,00		14 385,41
		4 М									1 951,48
		01.7.03.04-0001 Электромонтерия	кВт-ч	14,01		12,609			7,01		89,39
		01.7.11.07-0038 Электроды: сварочные для сварки никопленированных и углеродистых стальных 350, диаметр 4 мм	кг	11,42		10,278	187,01	0,91	170,18		1 749,11
		01.7.17.07-0053 Круг шпиральный прямой профиля, размеры 180х10х22 мм	шт	1,01		0,909	101,12	1,24	125,39		113,98
		23.8.04.06 фасонные части стальные сварные	шт	10		9					
		Итого прямые затраты									86 659,27
		ФОТ	%	117		117					36 715,36
		При812-018.0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	74		74					42 956,97
		При774-018.0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	74		74					27 169,37
		Всего по позиции							174 206,23		156 785,61
81	КП	Отвод 90° стальной диаметр 225 мм	шт	9	1	9			2 415,00		21 735,00
		Всего по позиции									21 735,00
82	Трубопровод на гидрант (ОТ)	Установка полипропиленовых фасонных частей: тройников	10 шт	1	1	1					
		1 ОТ(ЗТ)	чел.-ч			6,11					2 062,74
		1-100-35 Средний разряд работы 3,5	чел.-ч	6,11		6,11			337,60		2 062,74
		2 ЗМ									420,91

Продолжение приложения Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	ОТМЗТм)					0,03					11,95
	91.05.05-015	Краны на автомобильном ходу, грузоподъемность 16 т	маш.-ч	0,01		0,01			1 532,41		15,32
	4-100-060	ОТМЗТм) Средний разряд машинистов 6	маш.-ч	0,01		0,01			480,38		4,80
	91.14.02-001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,02		0,02			594,79		11,90
	4-100-040	ОТМЗТм) Средний разряд машинистов 4	маш.-ч	0,02		0,02			357,62		7,15
	91.17.04-057	Аппараты с полупавтоматическим управлением процессом сварки "встык"	маш.-ч	3,3		3,3		82,85	1,44		393,69
		пластмассовых труб диаметром свыше 160 до 315 мм	шт	10		10					
	24.3.05.15	фасонные части									
	Итого прямые затраты										
	ФОТ										2 495,60
	При812-018.0-1	НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	117		117					2 074,69
	При774-018.0	СТ Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	74		74					2 427,39
	Итого по позиции										
	Всего по позиции										1 535,27
83	КП	Тройник полипропиленовый сварной, ПЭ100, к напорным трубам, номинальное давление 1,6 МПа, диаметр 225 ммх 8,6	шт	10	1	10			6 458,26		6 458,26
	Всего по позиции										
	Всего по позиции								4 455,83		44 558,30
84	ГЭСН422.63-002.01	Установка полипропиленовых фасонных частей: отводов, колен, латриков, переходов	10 шт	0,1	1	0,1					
	1 ОТ(3Т)	чел.-ч				0,414					139,77
	1-100-35	Средний разряд работы 3,5	чел.-ч	4,14		0,414			337,60		139,77
	2 ЗМ										28,64
	ОТМЗТм)		чел.-ч			0,002			1 532,41		0,84
	91.05.05-015	Краны на автомобильном ходу, грузоподъемность 16 т	маш.-ч	0,01		0,001			1,53		1,53
	4-100-060	ОТМЗТм) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	0,01		0,001			480,38		0,48
	91.14.02-001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	0,01		0,001			594,79		0,59
	4-100-040	ОТМЗТм) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	0,01		0,001			357,62		0,36
	91.17.04-057	Аппараты с полупавтоматическим управлением процессом сварки "встык"	маш.-ч	2,24		0,224		82,85	1,44		26,72
		пластмассовых труб диаметром свыше 160 до 315 мм	шт	10		1					
	24.3.05.19	фасонные части									
	Итого прямые затраты										
	ФОТ										169,45
	При812-018.0-1	НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	117		117					140,61
	При774-018.0	СТ Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	74		74					164,51
	Итого по позиции										
	Всего по позиции										104,05
85	КП	Отвод 90° полипропиленовый сварной, ПЭ100, к напорным трубам, давление 1,0 МПа, диаметр 225 мм	шт	1	1	1			4 380,18		438,01
	Всего по позиции										
	Всего по позиции								3 295,83		3 295,83
86	ГЭСН424.02-001.20	Сварка полипропиленовых труб "встык" нагревательным элементом при полупавтоматическом управлении процессом сварки, диаметр труб: свыше 225 до 315 мм	место	12	1	12					
	1 ОТ(3Т)	чел.-ч				18					6 148,98
	1-100-36	Средний разряд работы 3,6	чел.-ч	1,5		18			341,61		6 148,98
	2 ЗМ										2 642,38
	ОТМЗТм)		чел.-ч			0,6					246,60
	91.10.05-004	Трубоукладчики, номинальная грузоподъемность 6,3 т	маш.-ч	0,05		0,6		994,01	1,19	1 182,87	709,72
	4-100-060	ОТМЗТм) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч	0,05		0,6			411,00		246,60
	91.17.04-057	Аппараты с полупавтоматическим управлением процессом сварки "встык"	маш.-ч	1,35		16,2		82,85	1,44	119,30	1 932,66
		пластмассовых труб диаметром свыше 160 до 315 мм									
	4 М		кг	0,02		0,24		596,81	1,58	942,96	228,33
	01.3.01.07-0009	Спирт этиловый ректификованный технический, сорт I	кг	0,002		0,024		56,11	1,5	84,17	226,31
	01.7.20.05-0051	Вещь хлопчатобумажная, цветная	кг								2,02
	Итого прямые затраты										
	9 266,29										

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	ГОТ										6 395,58
	Пр812-018.0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	117	117							7 462,83
	Пр774-018.0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	74	74							4 732,73
Всего по позиции											
87	КП	Втулка полипропиленовая под фланец удлиненная, стандартное размерное отношение SDRT17, класс кольцевой жесткости SN10, номинальный наружный диаметр 225 мм	шт	12	1	12			1 784,17	1 784,17	21 410,04
Всего по позиции											
88	ГЭСН22.03.014.06	Приварка фланцев к стальным трубопроводам диаметром: 200 мм	шт	42	1	42					21 410,04
1 ОТ(3Т)											
1-100-50 Средний разряд работы 5,0											
2 3М											
ОТ(3Тм)											
91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т											
4-100-040 ОТ(3Тм) Средний разряд машинистов 4											
4-100-040 ОТ(3Тм) Средний разряд машинистов 4											
91.17.04-033 Агрегаты сварочные для ручной дуговой сварки на тракторе, сварочный ток до 250 А, количество постов 2, мощность трактора 79 кВт (108 л.с.)											
4-100-050 ОТ(3Тм) Средний разряд машинистов 5											
4 М											
01.7.11.07-0227 Электроды сварочные для сварки никелированных и углеродистых сталей УОНИ Т345, 342А, диаметр 4-5 мм											
23.8.03.11 Фланцы стальные плоские											
Итого прямые затраты											
ГОТ											
Пр812-018.0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Пр774-018.0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода											
Всего по позиции											
89	КП	Фланцы приварочные асбест, марка стали 20, номинальное давление 1,6 МПа, номинальный диаметр 200 мм	шт	20	1	20			2 303,59	2 303,59	177 212,80
Всего по позиции											
89	КП	Фланец	шт	42	1	42			3 918,33	3 918,33	160 389,86
Всего по позиции											
90	ГЭСН22.03.007.04	Установка задвижек или клапанов обратных стальных диаметром: 200 мм	шт	9	1	9					12 021,26
1 ОТ(3Т)											
1-100-36 Средний разряд работы 3,6											
2 3М											
ОТ(3Тм)											
91.05.05-015 Крыны на автомобильном ходу, грузоподъемность 16 т											
4-100-060 ОТ(3Тм) Средний разряд машинистов 6											
91.10.05-004 Трубоукладчики, номинальная грузоподъемность 6,3 т											
4-100-050 ОТ(3Тм) Средний разряд машинистов 5											
91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т											
4-100-040 ОТ(3Тм) Средний разряд машинистов 4											
4 М											
01.7.15.03-0016 Болты стальные с шестигранной головкой, в комплекте с шестигранной гайкой и плоской круглой шайбой. Диаметр резьбы М20 (М22), длина болта 40-220 мм											
01.7.19.04-0031 Проплотки резиновые (пластина техническая прессованная)											
18.1.02.01 Забивки стальные водопроводные (или клапаны обратные)											
Итого прямые затраты											
90	КП	Проплотки резиновые (пластина техническая прессованная)	кг	0,15	1	1,35			222,99	222,99	301,04
Всего по позиции											
90	КП	Итого прямые затраты	шт	9	1	9					27 386,19

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		ГОТ									
		Пр812-018.0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	117		117					13 574,38
		Пр774-018.0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	74		74					15 882,00
		Всего по позиции								5 924,88	10 045,03
		Завтор дисковый поворотный стальной маховичковый, с редуктором, давление 1,6 МПа, диаметр 200 мм ЕРОМ									
91	КП	Всего по позиции	шт	9	1	9			83 238,08		749 142,00
Всего по позиции											
	Укладка трубопроводов из полипропиленовых труб диаметром: 215 мм	1 ОТ(3Т)	мм	0,01323	1	0,01323					1 499,39
		1-100-36 Средний разряд работы 3,6	чел.-ч	331,76		4,3891848			341,61		1 499,39
		2 ЭМ				4,3891848					116,56
		ОТМ(3ТМ)	чел.-ч			0,0615195					23,86
		91.05.05-015 Краи на автомобильном ходу, грузоподъемность 16 т	маш.-ч	1,13		0,0148499			1 532,41		22,91
		4-100-060 ОТМ(3ТМ) Средний разряд машинистов 6	чел.-ч	1,13		0,0148499			480,38		7,18
		91.10.09-012 Установки для гидравлически испытаний трубопроводов, давление нагнетания не более 0,1 МПа (1 кгс/см2), высотой 10 МПа (100 кгс/см2) при работе от передающих электростанций	маш.-ч	30		0,3869	1,41		16,47		6,54
		91.14.04-002 Тяжи седельные, нагрузка на седельно-шассийное устройство до 15 т	маш.-ч	0,04		0,0005292			1 068,67		0,57
		4-100-060 ОТМ(3ТМ) Средний разряд машинистов 5	чел.-ч	0,04		0,0005292			411,00		0,22
		91.14.05-012 Полуприцепы общего назначения, грузоподъемность до 15 т	маш.-ч	0,04		0,0005292			162,84		0,09
		91.16.01-002 Электростанции передающие, мощность 4 кВт	маш.-ч	3,48		0,0460404	105,74	1,54	112,13		5,16
		4-100-040 ОТМ(3ТМ) Средний разряд машинистов 4	чел.-ч	3,48		0,0460404			357,62		16,48
		91.17.04-057 Аппараты с полуавтоматическим управлением процессом сварки "встык" пластмассовых труб диаметром свыше 160 до 315 мм	маш.-ч	51,5		0,881345	82,85	1,44	119,30		81,28
		4 М									14,70
		01.7.03.01-0001 Вода	м3	31,4		0,415422	35,71	0,79	28,21		11,72
12.1.02.06-0012 Рубероид кровельный РК-350	м2	3,43		0,0453769			65,60		2,98		
Н	24.3.03.13 Трубы полипропиленовые	м	109		13,34907						
Итого прямые затраты											
ГОТ											
	Пр812-018.0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	117		117						1 523,25
		Пр774-018.0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	74		74					1 782,20
		Всего по позиции									1 127,21
		Всего по позиции	м	13,34907	1	13,34907			344 966,74		4 563,91
93	КП	Всего по позиции	м	13,34907	1	13,34907			2 041,67		27 254,40
Трубы напорные полипропиленовые, кроме газопроводных ПЭ100, для транспортировки воды, стандартное размерное отношение SDR26, номинальный наружный диаметр 225 мм, толщина стенки 8,6 мм											
Всего по позиции											
	Промывка без дезинфекции трубопроводов диаметром: 200 мм	1 ОТ(3Т)	мм	0,0133491	1	0,0133491					27 254,40
		1-100-30 Средний разряд работы 3,0	чел.-ч	24,7		0,3297228					104,72
		4 М				0,3297228			317,59		104,72
		Итого прямые затраты	м3	113		1,5084463	35,71	0,79	28,21		42,55
94	КП	Всего по позиции	м	113		1,5084463	35,71	0,79	28,21		147,27
ГОТ											
	Пр812-018.0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	117		117						104,72
		Пр774-018.0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода	%	74		74					122,52
		Всего по позиции									77,49
		Всего по позиции									347,28

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
85	КП		шт	9	1	9			15 330,83		137 977,47
Всего по позиции											137 977,47
96	КП	БРС BAUER	шт	2	1	2			258 000,00		500 000,00
Всего по позиции											500 000,00
97	ГЭСН(6.07.001.01	Установка крылов пожарных диаметром 50 мм	шт	2	1	2					
1 ОТ(3Т)											
1-100-40 Средний разряд работы 4,0											
2 3М											
ОТ(3Тм)											
91.05.01-017 Крысы башенные грузоподъемность 8 т											643,72
4-100-060 ОТ(3Тм) Средний разряд машинистов 6											643,72
91.14.02-001 Автомобили бортовые грузоподъемность до 5 т											43,37
4-100-040 ОТ(3Тм) Средний разряд машинистов 4											23,91
4 М											19,58
01.7.03.04-0001 Электроэнергия											9,61
01.7.07.28-0101 Очистка ливневой											23,79
01.7.15.07-0023 Дробилки полистирольные распорные диаметр 8 мм, длина 30 мм											14,30
01.7.15.14-0169 Шпатель самонагревающий стартовый с перфорацией головки и прямыми краями, остроточечный диаметр 6 мм, длина 40 мм											4 795,87
14.4.02.04-0142 Краска масляная МЛ-0115, муляж с ржав железной											1,46
14.5.05.01-0012 Станок комбинированный для разрезания листовых заготовок: карсон и для выемки заготовок из листовых заготовок											3,44
18.1.10.02-0002 Вентиль пожарный 50-10 для воды, номинальное давление 1,0 МПа, номинальный диаметр 50 мм											3,82
18.3.01.01-0041 Голова для пожарного рукава соединительная напорная рукавная ГР, давление 1,2 МПа, диаметр 50 мм											10,62
18.3.01.02-1005 Рукава пожарный напорный с карсон из химических или натуральных волокон для пожарных краев без головок РПК-50-1,0											8,29
18.3.01.04-1005 Ствол пожарный ручной, диаметр 50 мм											1,48
Итого прямые затраты											2 422,14
СОТ											611,82
При812-016.0-1 НР Сантехнические работы - внутреннее (трубопроводы, водопровод, канализация, отопление, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование воздуха)											1 296,20
При774-016.0 СП Сантехнические работы - внутреннее (трубопроводы, водопровод, канализация, отопление, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование воздуха)											480,69
Всего по позиции											6 795,39
Итого по разделу 2 Напорный трубопровод с автором (гидрант) :											3 397,76
Всего прямые затраты (справочно)											5 073 584,63
в том числе:											
Оплата труда рабочих											326 308,38
Эксплуатация машин											704 177,10
Оплата труда машинистов (Оти)											236 590,44
Материалы											4 706 508,91
Строительные работы											5 984 774,27
в том числе:											
оплата труда эксплуатация машин и механизмов											326 308,38
оплата труда машинистов (Оти)											704 177,10
материалы											236 590,44
накладные расходы											3 793 701,22
сметная прибыль											588 297,45
											335 699,68

Продолжение приложения Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	Монтажные работы в том числе:										
	материалы										912 807,69
	Всего ФОТ (справочно)										912 807,69
	Всего накладные расходы (справочно)										562 898,62
	Всего сметная прибыль (справочно)										568 297,45
	Всего сметная прибыль (справочно)										336 699,68
	Всего по разделу 2 Напорный трубопровод с затвором (гидрант)										6 807 581,96
	справочно:										
	Затраты труда рабочих					996,3054728					
	Затраты труда машинистов					583,7913014					
Раздел 3. Насосно-сигналов оборудование											
98	ГЭС-Нм08.03.481-01	Установка насосов центробежных с электродвигателями, масса агрегата до 0,1 т	шт	1	1	1					4 492,93
	1 ОТ(ЗТ)	цел.-ч	цел.-ч	13	13	13			345,61		4 492,93
	1-100-37 Средний разряд работы 3,7	цел.-ч	цел.-ч								111,58
	2 ЭМ	цел.-ч	цел.-ч			0,08					34,75
	ОТ(МЗТМ)	маш.-ч	маш.-ч	0,05	0,05	0,05			1 532,41		76,62
	91.05.05-015 Крае на автомобильном ходу/ грузоподъемность 16 т	цел.-ч	цел.-ч	0,05	0,05	0,05			480,38		24,02
	4-100-060 ОТ(МЗТМ) Средний разряд машиниста 6	цел.-ч	цел.-ч	0,03	0,03	0,03			584,76		17,84
	91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	маш.-ч	маш.-ч	0,03	0,03	0,03			357,62		10,73
	4-100-040 ОТ(МЗТМ) Средний разряд машиниста 4	цел.-ч	цел.-ч	0,52	0,52	0,52			32,92		17,12
	91.17.04-233 Аппараты сварочные для ручной дуговой сварки, сварочный ток до 350 А	маш.-ч	маш.-ч								328,49
	4 М	кг	кг	0,39	0,39	0,39		155,63	141,62		55,23
	01.7.11.07-0227 Электроды сварочные для сварки наплавленных и углеродистых сталей УОНИ 1345, 342х, диаметр 4-5 мм	т	т	0,00127	0,00127	0,00127		135 400,08	157 134,36		199,56
	01.7.15.03-0013 Болты стальные с шестигранной головкой, в комплекте с шестигранной гайкой и плоской круглой шайбой, диаметр резьбы М12, длина болта 16-160 мм	кг	кг	0,07	0,07	0,07		138,50	222,96		15,61
	01.7.19.04-0031 Прокладки резиновые (пластича техническая прессованная)	м3	м3	0,014	0,014	0,014		3 468,90	4 149,26		56,09
	04.3.01.09-0012 Раствор готовый гладкий, цементный, М50	шт	шт	2	2	2					
	08.4.01.01 Ажеры стальные фундаментные	шт	шт	2	2	2					
	23.6.03.11 Фланцы стальные	%	%	121	121	121					
	ФОТ	%	%	72	72	72					
	Пр612-016 0-1 № Сантехнические работы - внутренне (трубопроводы, водопровод, канализация, отопление, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование воздуха)	%	%								4 967,75
	Пр774-016 0 СП Сантехнические работы - внутренне (трубопроводы, водопровод, канализация, отопление, газоснабжение, вентиляция и кондиционирование воздуха)	%	%								4 527,68
	Всего по позиции	шт	шт	1	1	1			13 706,17		5 478,49
99	ГЭС-Нм08.03.481-20	Подготовка электрической машины переменного тока с короткозамкнутым ротором, со щитовыми подшипниками, поступающей в собранном виде, к испытанию, сдаче под наладку и пуску, присоединение к электрической сети, масса: до 0,15 т	шт	1	1	1					3 259,93
	1 ОТ(ЗТ)	цел.-ч	цел.-ч			1,03			368,26		379,34
	1-100-42 Средний разряд работы 4,2	цел.-ч	цел.-ч			1,03					379,34
	2 ЭМ	маш.-ч	маш.-ч	0,09	0,09	0,09			32,92		4,49
	91.17.04-233 Аппараты сварочные для ручной дуговой сварки, сварочный ток до 350 А	маш.-ч	маш.-ч	0,09	0,09	0,09			17,05		2,96
	91.21.16-012 Прессы гидравлические с электроприводом	т	т	0,00031	0,00031	0,00031		144 561,55	219 763,96		1,53
	4 М	кг	кг	0,8	0,8	0,8		167,38	176,14		354,88
	01.3.01.06-0050 Смазка универсальная тугоплавкая УТ (константин жировой)										68,13
	01.7.02.09-0002 Шпатель булавный, диаметр 2,5 мм										140,91

Страница 27

Продолжение приложения Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Материалы									861 643,58
		Строительные работы									13 706,17
		в том числе:									
		оплата труда									4 462,93
		эксплуатация машин и механизмов									111,58
		оплата труда машинистов (Отм)									34,75
		материалы									328,49
		накладные расходы									5 476,49
		сметная прибыль									3 259,93
		Монтажные работы									887 173,56
		в том числе:									
		оплата труда									9 748,89
		эксплуатация машин и механизмов									1 344,29
		оплата труда машинистов (Отм)									411,95
		материалы									861 315,09
		накладные расходы									9 366,94
		сметная прибыль									4 986,40
		Всего ФОТ (справочно)									14 686,52
		Всего накладные расходы (справочно)									14 845,43
		Всего сметная прибыль (справочно)									8 246,33
		Всего по разделу 3 Насосно-силовое оборудование									900 879,73
		справочно:									
		Затраты труда рабочих				40,83					
		Затраты труда машинистов				1					
		Итого по смете:									
		Всего прямые затраты (справочно)									7 126 147,45
		в том числе:									
		Оплата труда рабочих									362 556,40
		Эксплуатация машин									718 204,89
		Оплата труда машинистов (Отм)									241 166,30
		Материалы									5 804 219,86
		Строительные работы									6 320 107,31
		в том числе:									
		оплата труда									352 807,51
		эксплуатация машин и механизмов									716 860,60
		оплата труда машинистов (Отм)									240 754,35
		материалы									4 030 097,68
		накладные расходы									622 836,81
		сметная прибыль									356 750,96
		Монтажные работы									1 799 681,25
		в том числе:									
		оплата труда									9 748,89
		эксплуатация машин и механизмов									1 344,29
		оплата труда машинистов (Отм)									411,95
		материалы									1 774 132,78
		накладные расходы									9 366,94
		сметная прибыль									4 986,40
		Всего									8 120 088,56
		Всего ФОТ (справочно)									603 722,70
		Всего накладные расходы (справочно)									632 203,75

Окончание приложения Е

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		Всего сметная прибыль (справочно)									361 737,36
		НДС 20%									1 624 017,71
		ВСЕГО по смете									9 744 106,27
		справочно:									
		Затраты труда рабочих				1103,6665528					
		Затраты труда машинистов				574,9412834					

Составил: _____
[должность, подпись (инициалы, фамилия)]

Проверил: _____
[должность, подпись (инициалы, фамилия)]

Приложение Ж

Приложение № 3
Утверждено приказом Министра РФ № 421/пр от 4 августа 2020 г. в редакции приказа № 557/пр от 7 июля 2022 г.

ГРАНД-Смет, версия 2026.1

Наименование программного продукта
Наименование редакции сметных нормативов

Реквизиты приказа Министра России об утверждении дополнений и изменений к сметным нормативам

Приказ Министра России от 30.12.2021 № 1046/пр; Приказ Министра России от 04.08.2020 № 421/пр; Приказ Министра России от 21.12.2020 № 812/пр; Приказ Министра России от 11.11.2020 № 774/пр; Приказ Министра России от 02.08.2023 № 55/пр; Приказ Министра России от 14.11.2023 № 817/пр; Приказ Министра России от 16.02.2024 № 102/пр; Приказ Министра России от 13.05.2024 № 323/пр; Приказ Министра России от 09.08.2024 № 524/пр; Приказ Министра России от 07.11.2024 № 747/пр; Приказ Министра России от 21.03.2025 № 30/пр; Приказ Министра России от 07.02.2025 № 89/пр; Приказ Министра России от 19.05.2025 № 293/пр; Приказ Министра России от 14.08.2025 № 90/пр.

[illegible]

Результаты письма Министра России об индексации стоимости строительства, включенные в федеральный расчет сметных нормативов и размещенные в федеральной государственной информационной системе ценообразования в строительстве, подготовленного в соответствии с пунктом 55 Методики расчета индексов изменения сметной стоимости строительства, утвержденной приказом Министерства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 5 июня 2019 г. № 328/нр.

Результаты нормативного правового акта об утверждении оплаты труда, утверждаемый в соответствии с пунктом 22(1) Правил мониторинга цен, утвержденных постановлением Правительства Российской Федерации от 23 декабря 2016 г. № 1452

Наименование зоны субъекта Российской Федерации

(наименование стройки)

(наименование объекта капитального строительства)

ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ (СМЕТА) № 02-01-01

Поточная оросительная сеть
(наименование работ и затрат)

Составлен	ресурсно-индексным	методом
Основание	(проектная и (или) ...)	

Составлен(а) в текущем уровне цен

9 403,38 тыс.руб.

6 955,76 тыс.руб.

в том числе работ	тыс. руб.
монтажных работ	880,39

оборудования	0,00	тыс.руб.
--------------	------	----------

№ п/п	Обозначение	Наименование работ и затрат	Единица измерения	Количество						Сметная стоимость, руб.			
				на единицу измерения	коэффициенты	всего с учетом коэффициентов	на единицу измерения в базисном уровне цен	индекс	на единицу измерения в текущем уровне цен	коэффициенты	всего в текущем уровне цен		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Раздел 1. Логовая ориентирован сеть (ДМ-2)													
1	ГЭС-212/212/220-01		100 м2	6	1	6							
	1 ОТ(3Т)		чел.-ч			33,48					10 165,28		
	2-100.02 Рабочий 2 разряда		чел.-ч	4,06		24,36				230,90	7 086,32		
	2-100.03 Рабочий 3 разряда		чел.-ч	0,78		4,56				1 317,59	1 448,21		

Продолжение приложения Ж

2-100-04 Рабочий 4 разряда 2 ЗМ	ОТМ(ЗТм) 91.05.05-015 Краны на автомобильном ходу, грузоподъемность 16 т 4-100-060 ОТМ(ЗТм) Средний разряд машинистов 6 91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т 4-100-040 ОТМ(ЗТм) Средний разряд машинистов 4 01.7.12.07 Несущий элементный из композиционных материалов	Чел.-ч	0,76	4,56	357,62	1 630,75 6 229,18 2 342,98 4 873,06 1 527,61 1 356,12 815,37
П.Н	Итого прямые затраты ФОТ Приб(12.021.1-1) НР Устройство портовых дорожек, тротуаров, мостовых и площадок и прочие Приб(74.021.1-1) СП Устройство портовых дорожек, тротуаров, мостовых и площадок и прочие	%	113	113		18 737,44 12 505,26 14 134,33 9 631,36
2 КП	Грубопильный ПЛАСТ OD 600/6000 S18 Всего по позиции Всего по позиции	шт.	200	1	200	7 083,86 34 226,05 6 846 610,00 6 846 610,00
3 ГЭСН16.04.103.01	Соединение трубопроводов гибкими шлангами, диаметр 50 мм, монтаж на поверхности 1 ОТ(ЗТ) 1-100-50 Средний разряд работы 5.0 2 ЗМ ОТМ(ЗТм) 91.06.03-060 Лебедки электрические тросовые, усилием до 5,79 кН (0,59 т) 91.17.04-233 Аппараты сварочные для ручной дуговой сварки, сварочный ток до 350 А 91.21.19-033 Стенки токарно-винторезные 4-100-050 ОТМ(ЗТм) Средний разряд машинистов 5 4 М 01.7.11.07-0054 Электроды сварочные для сварки низкоуглеродистых и углеродистых сталей АНО-8, ЗНО-2, диаметр 8 мм 01.7.19.04-0031 Пропилдир разноразовые (пластина техническая прессованная) 999-0002 Масса	соединение	4	1	4	8 220,00 8 220,00 352,27 361,68 6,62 1,43 0,36 0,04 32,92 60,57 221,32 251,50 411,00 301,41 215,78 85,63
Н	Итого прямые затраты 421/пр_2020_n75_гм в Вспомогательные неэнергетические материальные ресурсы ФОТ Приб(12.061.0-1) НР Оборудование предприятий угольной и торфяной промышленности Приб(74.061.0 СП Оборудование предприятий угольной и торфяной промышленности	%	2	2		9 165,36 164,40 8 581,68 7 723,51 3 947,57
4 КП	Всего по позиции Всего по позиции Рукава кабельные ГОСТ 16668-79 Итого прямые затраты Установка задвижек или клапанов обратных стальных диаметром: 100 мм 1 ОТ(ЗТ) 1-100-36 Средний разряд работы 3.6 2 ЗМ ОТМ(ЗТм) 91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т 4-100-040 ОТМ(ЗТм) Средний разряд машинистов 4 4 М 01.7.15.03-014 Борты стальные с шестигранной головкой, в комплекте с шестигранной гайкой и плоской шайбой, диаметр резьбы М16, длина болта 25-200 мм 01.7.19.04-0031 Пропилдир разноразовые (пластина техническая прессованная) 18 / 102.01 Задвижки стальные водопроводные (или клапаны обратные)	м	4	1	4	5 242,21 3 073,33 12 293,32
5 ГЭСН22.03.007.02	Всего по позиции Всего по позиции Рукава кабельные ГОСТ 16668-79 Итого прямые затраты Установка задвижек или клапанов обратных стальных диаметром: 100 мм 1 ОТ(ЗТ) 1-100-36 Средний разряд работы 3.6 2 ЗМ ОТМ(ЗТм) 91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т 4-100-040 ОТМ(ЗТм) Средний разряд машинистов 4 4 М 01.7.15.03-014 Борты стальные с шестигранной головкой, в комплекте с шестигранной гайкой и плоской шайбой, диаметр резьбы М16, длина болта 25-200 мм 01.7.19.04-0031 Пропилдир разноразовые (пластина техническая прессованная) 18 / 102.01 Задвижки стальные водопроводные (или клапаны обратные)	шт	1	1	1	693,47 693,47 29,74 17,88 29,74 0,05 594,79 357,62 525,23 507,39 148 801,49 1,16 169 129,73 507,39 17,64

Продолжение приложения Ж

Итого прямые затраты										1 266,32
ФОТ										711,35
Пр812-018.0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода										832,28
Пр774-018.0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода										526,40
Всего по позиции										2 625,00
6	КП	Затвор дисковый поворотный стальной мейфланцевый с редуктором, давление 1,6 МПа, диаметр 125 мм	шт	1	1	1	1	1	1	45 314,46
Всего по позиции										45 314,46
7	ГЭСН422.03.014.06	Приварка фланца к стальным трубопроводам диаметром 200 мм	шт	6	1	6	6	6	6	3 526,38
1 ОТ(ЗТ)										3 526,38
1-100-50 Средней разряд работы 5.0										7 753,58
2 ЗМ										2 338,50
ОТ(м,ЗТ(м))										35,69
91.14.02-001 Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т										21,46
4-100-040 ОТ(м,Зтм) Средний разряд машинистов 4										7 717,69
91.17.04-033 Двигатели электрические для ручных дисковых затворов, сварочный ток до 255 А, количество постов 2, мощность трактора 75 кВт (105 л.с.)										2 316,04
4-100-050 ОТ(м,Зтм) Средний разряд машинистов 5										482,84
4 М										141,62
01.7.11.07-0227 Электроды сварочные для сварки низколегированных и углеродистых сталей УОНИ 1346, 342А, диаметр 4-5 мм										231,80
23.8.03.11 Фланцы стальные плоские										482,84
Итого прямые затраты										14 112,30
ФОТ										5 665,89
Пр812-018.0-1 НР Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода										6 663,08
Пр774-018.0 СП Наружные сети водопровода, канализации, теплоснабжения, газопровода										4 340,75
Всего по позиции										26 316,13
8	КП	Фланец	шт	4	1	4	4	4	4	15 273,32
Всего по позиции										15 273,32
9	КП	Фланец	шт	2	1	2	2	2	2	3 338,34
Всего по позиции										3 338,34
Итого по разделу 1 Поточная организационная сеть (ДМ-2) :										6 665 275,26
Всего прямые затраты (справочки)										22 605,13
в том числе:										14 294,77
Оплата труда рабочих										5 062,04
Эксплуатация машин										6 623 313,32
Оплата труда машинистов (ОТм)										6 623 347,59
Материалы										14 385,13
Строительные работы										14 012,50
в том числе:										4 700,36
оплата труда										6 658 921,39
эксплуатация машин и механизмов										21 623,69
оплата труда машинистов (ОТм)										14 486,51
материалы										84 926,96
накладные расходы										8 220,00
сметная прибыль										262,27
Монтажные работы										
в том числе:										
оплата труда										
эксплуатация машин и механизмов										

[illegible]

Продолжение приложения Ж

11.1	01.7.06.05-0041	Работы по монтажу и сварке стальных конструкций для электроподстанции и ремонтных работ, цвет черной, ширина 20 мм, толщина 0,35 мм	м	0,33	0,66	5,87	0,94	5,52	3,64
	01.7.11.07-0227	Электроды сварочные для сварки изолированных и углеродистых сталей УОНИ 13/45, 342А, диаметр 4-5 мм	кг	0,08	0,16	155,63	0,91	141,62	22,66
	14.4.02.04-0142	Краска масляная Ма-0115, мушля, сурик железный	кг	0,01	0,02	79,68	1,73	138,19	2,76
	20.1.02.23-0082	Перемычки гибкие, тип ПТС-50	10 шт	0,1	0,2	944,69	1,39	1 313,12	262,62
Итого прямые затраты									
11.1	421Пр_2020_д.75_м.а	Вспомогательные непроизводимые материальные ресурсы	%	2	2				1 477,43
	ФОТ								15,17
	Пр812-048.3-1	ИР Энергостроительские установки на других объектах	%	97	97				756,68
	Пр774-048.3	ОП Энергостроительские установки на других объектах	%	51	51				735,92
Всего по позиции									
12	МП	Опшблос ИВ 150-200	шт	1	1			1 307,73	2 615,46
Всего по позиции									
13	МП	Опшблос ИВ 80-160	шт	1	1			141 666,67	141 666,67
Всего по позиции									
14	ГЭС-Имз07.01.013.04	Монтаж машин и механизмов на открытой площадке, масса машин и механизмов: 0,5 т	шт	2	1	2			183 333,33
	1-100-38	Средний разряд работ 3,8	чел.-ч	26,8	53,6			346,61	18 739,10
		2 ЗИ	чел.-ч		53,6				18 739,10
		ОПм(ЗТм)	чел.-ч		1,84			1 532,41	823,91
		91.05.05-015	Краны на автомобильном ходу, грузоподъемность 16 т	0,6	1,2			490,38	1 838,89
		4-100-060	ОПм(Зтм) Средний разряд машинистов 6	0,6	1,2			2 712,39	576,48
		91.10.05-007	Турбулелчки, комбинатная грузоподъемность 12,5 т	0,08	0,12		1,19	61,49	325,49
		4-100-070	ОПм(Зтм) Средний разряд машинистов 7	0,08	0,12			594,79	309,29
		91.14.02-001	Автомобили бортовые, грузоподъемность до 5 т	0,26	0,52			557,62	185,96
		4-100-040	ОПм(Зтм) Средний разряд машинистов 4	0,38	0,52			5,35	1,82
		91.17.04-042	Аппараты для газовой сварки и резки	0,17	0,34		1,23	32,92	204,10
		91.17.04-233	Аппараты сварочные для ручной дуговой сварки, сварочный ток до 350 А	3,1	6,2				9 935,45
		4 М	м3	1,44	2,88			126,60	370,37
		01.3.02.08-001	Кислород газосварный технический	кг	0,24		1,29	53,38	25,62
		01.3.02.08-022	Пропан-бутан смесь техническая	кг	2,81			7,01	36,59
		01.7.03.04-0001	Электроэнергия	кВт-ч	3,6			136,46	975,31
14.1	01.7.11.07-0230	Электроды сварочные для сварки изолированных и углеродистых сталей УОНИ 13/45, 350А, диаметр 4-5 мм	кг	2	4			168,04	672,16
	06.1.02.11-0023	Посыпки простые строительные (собои, загары, хомуты), масса до 1,6 кг	шт	2	4			1 663,85	7 855,40
	25.1.01.04-0031	Шлак из доменных выхлопных пород, непереплавленный для железных дорог широкой колеи, тип I	шт	2	4				32,78
	Итого прямые затраты								
14.1	421Пр_2020_д.75_м.а	Вспомогательные непроизводимые материальные ресурсы	%	2	2				374,78
	ФОТ								19 563,01
	Пр812-079.0-1	ИР Оборудование общего назначения	%	92	92				17 897,97
	Пр774-079.0	ОП Оборудование общего назначения	%	49	49				9 585,67
Всего по позиции									
15	МП	Диалельный генератор EsbPower АД20-1400	к-т	1	1			310 210,83	60 136,67
Всего по позиции									
16	МП	Диалельный генератор Аллерос LDG5000CL	к-т	1	1			57 500,00	310 210,83
Всего по позиции									
17	МП	Блок управления	к-т	1	1			40 000,00	57 500,00
Всего по позиции									
Итого по разделу 2 Насосно -силовое оборудование :									
Всего прямые затраты (справочно)									
									776 691,77

Продолжение приложения Ж

	в том числе:	28 483,64
	Оплата труда рабочих	2 911,76
	Эксплуатация машин	893,41
	Оплата труда машинистов (Стм)	744 402,96
	Материалы	27 412,36
	Строительные работы	
	в том числе:	
	оплата труда	8 665,66
	эксплуатация машин и механизмов	223,17
	оплата труда машинистов (Стм)	65,50
	материалы	656,98
	накладные расходы	10 866,99
	сметная прибыль	6 518,86
	Монтажные работы	795 482,95
	в том числе:	
	оплата труда	19 497,78
	эксплуатация машин и механизмов	2 665,59
	оплата труда машинистов (Стм)	623,91
	материалы	743 745,98
	накладные расходы	18 733,89
	сметная прибыль	9 972,80
	Всего ФОТ (справочно)	29 377,05
	Всего накладные расходы (справочно)	29 695,88
	Всего сметная прибыль (справочно)	16 482,66
	Всего по разделу 2 Насколько силосное оборудование	822 875,31
	справочно:	
	Затраты труда рабочих	81,68
	Затраты труда машинистов	2
	Итого по смете:	7 741 997,03
	Всего прямые затраты (справочно)	
	в том числе:	
	Оплата труда рабочих	51 085,77
	Эксплуатация машин	17 206,53
	Оплата труда машинистов (Стм)	5 955,45
	Материалы	7 687 716,28
	Строительные работы	6 855 756,94
	в том числе:	
	оплата труда	23 370,99
	эксплуатация машин и механизмов	14 235,67
	оплата труда машинистов (Стм)	4 768,86
	материалы	6 656 575,37
	накладные расходы	32 766,68
	сметная прибыль	21 018,37
	Монтажные работы	860 389,91
	в том числе:	
	оплата труда	27 717,78
	эксплуатация машин и механизмов	2 970,86
	оплата труда машинистов (Стм)	1 185,59
	материалы	808 137,91
	накладные расходы	26 457,40
	сметная прибыль	13 920,37
	Всего	7 836 148,85

Всего ФОТ (справочно)	57 044,2
Всего наладочные расходы (справочно)	59 244,08
Всего материал. прибыль (справочно)	34 938,74
НДС 20%	1 507 229,97
ВСЕГО по смете	9 403 379,92
справочно:	
Затраты труда рабочих	145,75
Затраты труда машинистов	14,09

Составил:

[(должность, подпись (инициалы, фамилия))]

Проверил:

[[должность, подпись (инициалы, фамилия)]]