

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.И. ВАВИЛОВА»

На правах рукописи

Рукавишников Андрей Алексеевич

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННОЙ
ОБЛИЦОВКИ ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ И РЕКОНСТРУКЦИИ
ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ**

Специальность 06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Абдразаков Фярид Кинжаевич

САРАТОВ - 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	9
1.1 Виды и объем работ в мелиоративном производстве.....	9
1.2 Инженерно-мелиоративные системы. Виды и их назначение.....	12
1.3 Структура оросительной системы и её элементов.....	13
1.4 Существующие технологии и правила строительства оросительных каналов.....	17
1.5 Эксплуатация и ремонт оросительных систем.....	23
1.6 Стадии фильтрации и потери на фильтрацию в оросительных каналах...	26
1.7 Инновационные материалы и облицовки для оросительных каналов.....	34
1.8 Выводы.....	44
2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ОПТИМИЗАЦИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И РЕКОНСТРУКЦИИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ.....	46
2.1 Общие положения и постановка задач оптимизации выбора рациональных облицовочных решений.....	46
2.2 Функциональный расчет облицовочных вариантов при проведении строительных работ и текущего ремонта оросительных каналов	47
2.3 Варианты обновления облицовки оросительных каналов.....	51
2.4 Оптимизация эксплуатационных показателей оросительной сети.....	58
2.5 Анализ комплексной технологии при проведении строительных и ремонтных работ на оросительных каналах.....	62
2.6 Комплексный алгоритм оптимизации выбора облицовки оросительного канала с учетом применения инновационных материалов..	65
2.7 Компьютерная программа для определения рациональных облицовочных решений.....	66

2.8 Выводы.....	71	
3. ПРОГРАММА	И	МЕТОДИКА
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	72	
3.1 Программа экспериментальных исследований.....	72	
3.2 Методика экспериментальных исследований.....	73	
3.2.1 Исследование фильтрационных свойств бетонного полотна.....	73	
3.2.2 Лабораторные испытания надежности креплений бетонного полотна...	77	
4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	81	
4.1 Результаты экспериментальных исследований фильтрационных свойств бетонного полотна.....	81	
4.2 Сравнительный анализ фильтрационных свойств облицовки.....	86	
4.3 Результаты экспериментальных исследований на растяжение и разрыв бетонного полотна.....	94	
4.4 Выводы.....	102	
5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ	104	
5.1 Эффективность разработанной технологии укладки бетонного полотна при проведении строительных и реконструкционных работ на оросительных каналах.....	104	
Заключение.....	111	
Рекомендации производству.....	113	
Перспективы дальнейшей разработки темы.....	114	
Список литературы.....	115	
Приложения	134	

ВВЕДЕНИЕ

Анализ всего мелиоративного комплекса России на 2019 год позволил нам установить, что объем мелиорированных земель составляет 9,1 млн. га, из которых орошаемых земель около 4,3 млн. га, остальная часть относится к осушаемым. При этом на орошаемых землях занято порядка 5 % населения нашей страны. По данным из официальных источников общая стоимость мелиоративного фонда РФ составляет 307 млрд. руб., из которых 114 млрд. руб. находится в государственной собственности [10].

Саратовская область имеет в своём распоряжении самый большой массив орошаемых площадей в зоне Поволжского региона и ПФО. На Саратовскую область приходится 257 тыс. га орошаемых сельскохозяйственных угодий из 1126 тыс. га Поволжского региона. В среднем на одно хозяйство области, располагающее орошаемой пашней, приходится 858 га. [10].

Оросительные системы, построенные в Заволжье в 60-80-е годы прошлого века для предотвращения негативных последствий засух, на данный момент имеют высокую степень физического износа. [8, 11, 98, 99].

Актуальность темы исследования. На территории Российской Федерации насчитывается около 4,3 млн га орошаемых земель. В Саратовской области в условиях засушливого Левобережья мелиоративный комплекс является важнейшим фактором гарантированного выращивания кормов для животноводства и получения высоких урожаев овощей.

Продолжительная эксплуатация элементов оросительных систем приводит к ежегодному увеличению строительного-эксплуатационных работ, финансовых и трудовых затрат. Использование более совершенных технико-технологических решений в вопросах проведения ремонта и реконструкции элементов оросительных систем, включая каналы, а также поддержание их в работоспособном состоянии являются актуальными задачами в настоящее время.

Степень износа противофильтрационной облицовки каналов составляет около 35 %. Кроме того, на повреждённых участках наблюдается зарастание каналов сорной

растительностью. Это ведет к значительному уменьшению пропускной способности водотока, снижению КПД системы и, следовательно, объемов доставляемой воды от источника до орошаемых площадей. Таким образом, возникает необходимость восстановления каналов с целью уменьшения значительных фильтрационных потерь воды.

На основании многолетних наблюдений учеными установлено, что значительные потери поливной воды в каналах приходится на фильтрацию, что в свою очередь оказывает отрицательное воздействие на гидрогеологическую обстановку из-за подъема грунтовых вод, подтопления и заболачивания близлежащих территорий. Для оперативного и качественного проведения работ по облицовке каналов в земляном русле и ремонта повреждённых участков облицованных каналов в работе предлагается использовать инновационное покрытие – в виде бетонного полотна.

Исследования по использованию противofильтрационного материала были проведены на орошаемых массивах Саратовского Заволжья, где накоплен немалый опыт строительства и эксплуатации гидротехнических сооружений.

Степень разработанности темы. Существенный вклад в исследования по совершенствованию и реконструкции оросительных каналов, установлению причин потерь оросительной воды из них, а также в технические разработки по ремонту элементов систем и каналов внесли Ф.К. Абдразаков, М.А. Бандурин, С.М. Васильев, А.И. Есин, Б.М. Кизяев, Ю.М. Косиченко, В.И. Ольгаренко, Г.В. Ольгаренко, Е.А. Ходяков, В.Н. Щедрин и др.

Цель исследования – повышение эффективности облицовки оросительных каналов за счет применения противofильтрационной облицовки и современных технических решений, направленных на снижение потерь оросительной воды.

Достижение этой цели обеспечивается решением следующих задач:

1. Провести мониторинг технического состояния оросительных каналов Саратовского Заволжья. Сделать анализ применения существующих традиционных и инновационных облицовочных материалов, технологии их укладки, монтажа и трудоёмкости проведения работ.

2. Разработать комплексный алгоритм оптимизации выбора облицовки оросительного канала с учетом использования компьютерной программы.

3. Получить экспериментальные данные фильтрационных свойств бетонного полотна в сравнении с традиционными покрытиями.

4. На основе лабораторного эксперимента разработать усовершенствованный способ крепления стыковой части бетонного полотна в канале.

5. Дать экономическую оценку существующих видов облицовочных материалов для оросительных каналов в сравнении с предлагаемым технологическим решением в виде бетонного полотна.

Научную новизну работы представляют:

- использование менее трудоемкого и более эффективного облицовочного бетонного полотна для каналов оросительных систем;
- усовершенствованный технический способ крепления бетонного полотна;
- компьютерная программа технико-экономического расчета рациональных облицовочных решений.

Теоретическая и практическая значимость работы. Предложенные теоретические зависимости и результаты экспериментальных исследований могут быть использованы при разработке новых и усовершенствования существующих технологий облицовки оросительных каналов.

Практическая значимость исследования заключается в совершенствовании известной апробированной технологии укладки бетонного полотна, направленной на повышение надежности и исключаяющей возможность разрыва креплений и утечек воды через стыки материала в нахлесте полотен.

Предложена программа технико-экономического расчета рациональных облицовочных решений, позволяющая рассчитать стоимость укладки различных видов облицовок в зависимости от проектных и финансовых возможностей (свидетельство № 2021613879 Российская Федерация «Программа технико-экономического расчета рациональных облицовочных решений»).

Методология и методы исследования. При выполнении настоящей работы использовались общеизвестные методики теоретических и экспериментальных

исследований. Для получения экспериментальных результатов влагопроводности и фильтрационного расхода использовался метод точечных фильтромеров, предназначенный для локального определения фактических потерь воды на фильтрацию в стыковых участках. При проведении лабораторных испытаний на растяжение за основу был выбран ГОСТ Р 56785-2015 Композиты полимерные.

Объектом исследования являются оросительные каналы.

Предмет исследования – технология облицовки и фильтрационные потери воды при использовании бетонного полотна.

Положения, выносимые на защиту:

– обоснование мониторинга технического состояния оросительных каналов Саратовского Заволжья. Результаты анализа применения существующих традиционных и инновационных облицовочных материалов, технологии их укладки, монтажа и трудоёмкости проведения.

– комплексный алгоритм оптимизации выбора облицовки оросительного канала с учетом применения инновационных материалов.

– результаты лабораторных исследований, направленных на оценку фильтрационных свойств бетонного полотна на оросительных каналах.

– усовершенствованный способ крепления бетонного полотна.

– компьютерная программа технико-экономического расчета рациональных облицовочных решений.

Реализация результатов исследований. Научные исследования проводились в рамках реализации ведомственной программы «Развитие мелиоративного комплекса России» в рамках мероприятия – «Строительство, реконструкция и техническое перевооружение оросительных и осушительных систем общего и индивидуального пользования и отдельно расположенных гидротехнических сооружений».

Степень достоверности и апробации работы. Достоверность научных результатов подтверждается экспериментальными исследованиями, применением современных государственных стандартов при организации и проведении испытаний. Основные положения и результаты научно-исследовательской работы

были доложены и обсуждены на ежегодных конференциях ППС и аспирантов кафедры «Строительство, теплогасоснабжение и энергообеспечение» Саратовского ГАУ имени Н.И. Вавилова (Саратов, 2018–2020 гг.); на международном симпозиуме «Инженерные и прикладные науки» (Грозный, 2019 г.); на научно-практическом форуме «Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного потенциала АПК РФ на основе конвергентных технологий» (Волгоград, 2020 г.); на научно-практической конференции на базе ФГБОУ ВО РГАТУ «Комплексный подход к научно-техническому обеспечению» (Рязань, 2020 г.).

Результаты научно-исследовательской работы были внедрены компанией ООО «Конкрит Кэнвас Раша» г. Москва, а также на Приволжской и Энгельсской оросительных системах Саратовской области.

Публикации. Основные положения диссертации изложены в 18 научных работах, в том числе 3 в изданиях, включенных в международную базу Scopus, 4 – в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России. Общий объем с учетом долевого участия в коллективных публикациях составляет 4,9 печ. л., из них 3,0 печ. л. принадлежат лично автору.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, общих выводов и приложений. Работа изложена на 164 страницах машинописного текста, содержит 23 таблицы, 7 приложений и 65 рисунков. Список использованной литературы включает в себя 126 наименований.

1. СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОПРОСА. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

1.1 Виды и объем работ в мелиоративном производстве

Начиная с 1966 года, с принятия программы широкомасштабной мелиорации сельскохозяйственных земель был сделан большой шаг в развитие различного рода мелиоративных работ, который начал развивать и приумножать мелиорируемые земли. Площадь мелиорируемых земель к 90-м годам достигла 35 млн. га. и прирост продукции растениеводства в пределах 80% благодаря тому, что она была произведена на мелиорируемых землях того времени [8, 55, 114, 116].

После 90-х годов многие оросительные системы требовали ремонта и восстановления, вследствие отсутствия этих необходимых мероприятий уровень и качество орошения пошло на спад.

Подобное отношение привело к определенному разрушению и приведению в негодность. Если брать данные 20-25 летней давности по отношению к пахотным землям, они сократились на 22,7 и 32,6 соответственно. Вместе с сокращением пахотных земель, упала и отдача продукции с единицы площади.

Саратовская область имеет благоприятный климат для получения сельскохозяйственной продукции высокого качества, при условии регулярного орошения и ухода за сельскохозяйственными угодьями [100].

Общая площадь посевных площадей во всех категориях Саратовской области, составляет 3730,9 тыс. га. или 4,7 % общих площадей России. При этом орошаемая площадь всего 257,3 тыс. га., что составляет всего 6,9% , хотя проектная мощность всей оросительной системы позволяет осуществлять полив на 500 тыс. га., что составляет уже 13,4% от всей пашни Саратовской области [8, 10].

Опираясь на данные Федеральной службы государственной статистики, можно сказать, что Саратовская область занимает одно из ведущих мест среди крупнейших регионов Российской Федерации по площади орошаемых земель. Несмотря на положительные данные результатов сельского хозяйства степень

износа оросительных систем растет, и с каждым годом объем работ по восстановлению будет расти [119].

Состояние оросительных каналов напрямую зависит от правильной эксплуатации и ежегодных восстановительных мероприятий (рисунок 1.1) [16, 23, 25].

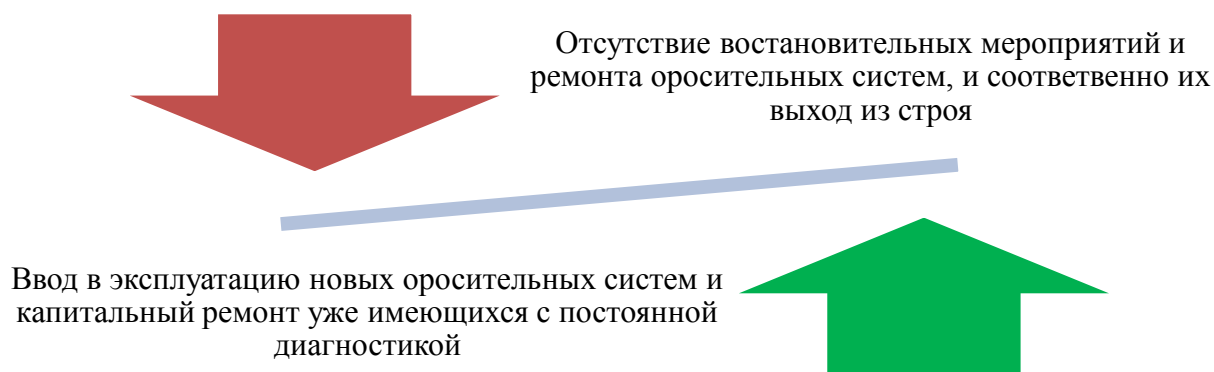


Рисунок 1.1 – Зависимость мероприятий по обслуживанию каналов и их состояния

Основные виды эксплуатационных работ на мелиоративных системах (рисунок 1.2) [37].



Рисунок 1.2 – Виды эксплуатационных работ на оросительных каналах

Текущий ремонт оросительной системы является неотъемлемой частью планового ремонта, нацеленный на поддержание всех элементов системы в рабочем состоянии, включая каналы.

Данный вид ремонта включает в себя следующие работы [16, 29, 118, 124]:

1) Культуртехнические работы, направленные на восстановление исходных показателей пропускной и транспортирующей способности (удаление наносов и древесно-кустарниковой растительности);

2) Мероприятия направленные на очистку от мусора дренажных устьев, водопропускных отверстий, шлюзов регуляторов и т.д.;

3) Земляные работы (планировка берм и откосов канала) и т.д.

Все вышеперечисленные мероприятия выполняются в течении года в соответствие с эксплуатационными планами, это необходимо для эффективной работы гидромелиоративной системы. При соблюдении всех требований и условий эксплуатации оросительной сети и сооружений стоимость обслуживания будет минимальной из-за отсутствия конструкционных, технологических и эксплуатационных отказов.

Капитальный ремонт оросительной системы является обязательным мероприятием, проводящийся однократно через годы и десятилетия эксплуатации гидротехнического сооружения. Данный вид ремонта может рассматриваться как проект, имеющий индивидуальные особенности и приоритетные пути развития совершенствования элементов оросительной системы. Основная техническая задача данного вида ремонта – вернуть или усовершенствовать необходимые характеристики системы для эффективного функционирования всех элементов и выполнение ежегодных показателей [56, 92, 93, 125].

Аварийный ремонт возникает при отказе системы или аварии. Причинами аварийного ремонта могут быть внутренние и внешние факторы. К внутренним причинам относят нарушение правил технической эксплуатации. К внешним причинам относят паводки, ледяные заторы и иные стихийные бедствия.

Эксплуатационно-ремонтные работы на оросительных системах являются неотъемлемой частью жизненного цикла оросительной сети, вопрос только в том, какова стоимость ремонта. Соблюдение правил технического использования, ухода, надзора и своевременного текущего ремонта, дата капитального ремонта будет отсрочена, не говоря уже об аварийном ремонте, которого может и не быть вовсе [23, 26].

1.2 Инженерно-мелиоративные системы. Виды и их назначение

Мелиорация земель – это улучшение состояния почвы с целью повышения её качественных характеристик посредством взаимосвязанных организационно-технических и хозяйственных мероприятий [8, 30, 114].

При проведении мелиоративных мероприятий используют мелиоративные системы, они считаются неотъемлемой частью сельскохозяйственного производственного комплекса и являются важным структурным элементом при производстве сельскохозяйственных продуктов.

Мелиоративная система – сложный инженерно-технический комплекс или многофункциональная структура, обеспечивающая регулирование круговорота воды, энергии, вещества и информации в её пределах. Оросительная система включает следующие функции (рисунок 1.3) [31].

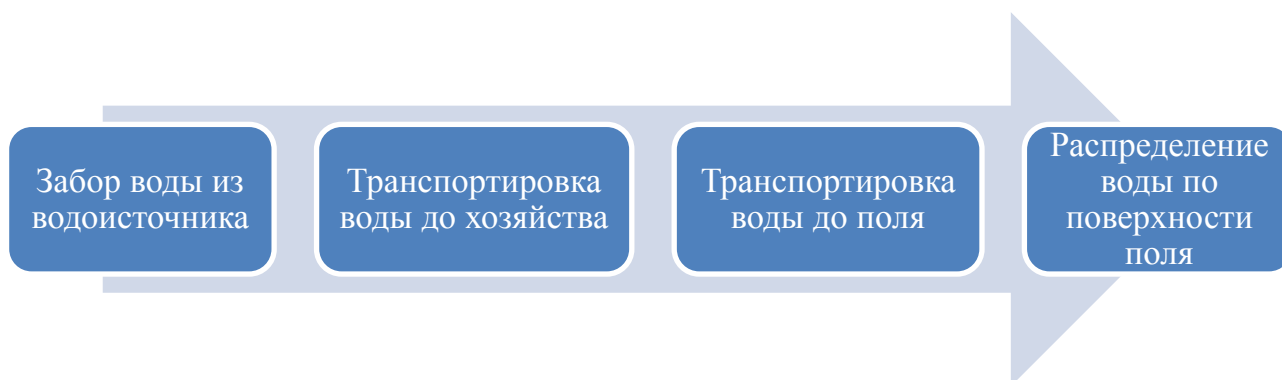


Рисунок 1.3 – Функции оросительной системы

Мелиоративная система включает в себя следующие структурные элементы (рисунок 1.4). Каждый элемент системы выполняет свою задачу на определённом этапе, осуществляя в конечном итоге основную цель – пропускную и транспортирующую способность системы [22, 23, 31].

Гидромелиоративная система, помимо основных элементов (гидротехнические сооружения (ГТС) и орошаемой сельскохозяйственной территории) включает вспомогательные элементы: сооружения обеспечивающие охрану водных объектов, противопожарные сооружения, гидрогеологическую

скважину (осуществляющую наблюдение за режимом подземных вод), гидрологические посты, осуществляющие наблюдение за работой ГТС, дороги и соответствующие знаки эксплуатационной обстановки [25].



Рисунок 1.4 – Элементы оросительной системы

1.3 Структура оросительной системы и её элементов

Основная техническая задача оросительной системы – забрать воду из источника орошения и транспортировать её к орошаемым площадям в необходимых количествах и конкретные сроки [90].

Водозаборное сооружение, оросительная сеть и её ветви, трубопроводы, временные оросители, дороги и объекты связи и т.д. являются структурными элементами системы, стабильное функционирование которых обеспечивает эффективную работу системы [90].

Оросительная система состоит из следующих структурных элементов, которые можно увидеть на рисунке 1.5 [93, 94].

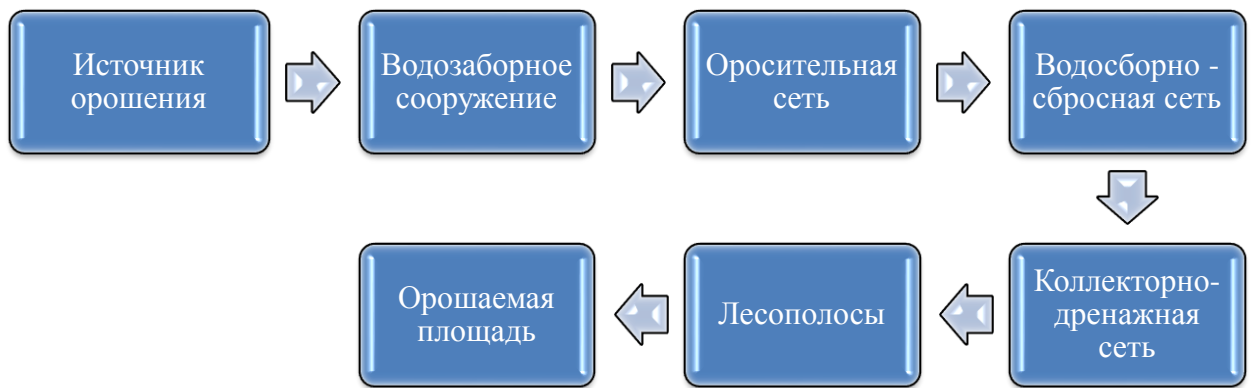


Рисунок 1.5 – Элементы оросительной системы

Источниками для орошения могут быть реки (в естественном или зарегулированном состоянии), пруды, озера, грунтовые воды и дренажно-сбросные воды оросительной системы, в случае их повторного использования.

Водозаборное сооружение - ВЗУ (водозаборный узел) осуществляющий забор и подачу воды в оросительную сеть. Выделяют три вида водозабора (рисунок 1.6) [112].



Рисунок 1.6 – Виды водозабора ВЗУ

После водозабора вода поступает в оросительную сеть, которая делится на две части [113]:

- 1) Проводящую
- 2) Регулирующую

В задачу проводящей сети входит транспортировка воды от источника орошения до орошаемых массивов с дальнейшим распределением её по хозяйствам [46-48].

По конструкции оросительная сеть может быть трех типов, наглядно представленных на рисунке 1.7.



Рисунок 1.7 – Типы конструкции оросительной сети

Гидротехнические сооружения выполняют задачи учета и регулирования расходов, скорости течения и уровня воды в каналах, а также контроль над пропуском воды через дороги, овраги и иные препятствия на всей территории мелиорируемого массива. Дороги на оросительной системе строят для хозяйственных нужд, для обслуживания оросительной системы, а также для оптимальной коммуникации между хозяйствами.

На территории Саратовской области функционирует большое количество оросительных систем, орошаемая площадь которых 257,3 тыс. гектар. Данные показатели по всей России занимает 4 место по наличию орошаемых земель. Задача любой области России сохранить и приумножить орошаемые земли, которые в дальнейшем повысят продовольственный сельскохозяйственный потенциал региона и страны в целом. Проблема только в том, что мелиоративные системы и гидротехнические системы Саратовской области имеют большой процент износа и требуют проведения комплекса эксплуатационно-ремонтных работ [98, 99].

Все оросительные системы Саратовской области имеют долгий срок службы, что соответственно не может не отразиться на их функционировании. Оценка и

последующее решение о возможности их перевооружения или капитальном ремонте каждой системы является приоритетной задачей области. Для сохранения мелиоративных фондов Саратовской области необходимо поддерживать эксплуатационное состояние всех оросительных систем.

Проектная площадь орошения должна приблизительно равняться фактической, однако производственная ситуация характеризуется возможностью мелиоративной системы орошать проектные площади, несоответствующие проектным показателям.

Опираясь на данные «Управления «Сармелиоводхоз», можно заметить критический износ мелиоративных систем. Выход из строя любой мелиоративной системы, может привести к потере мелиорируемых площадей и урожая в целом (таблицы 1.1 и 1.2) [11].

Таблица 1.1 – Состояние мелиоративных систем и гидротехнических сооружений

Название оросительной системы	Назначение	Площадь орошения тыс.га.		Фактический физический износ, %
		Проектная	Фактическая	
Саратовский канал	Обводнение, орошение	26	0,87	85
Ровенская	Орошение	13,36	2	83
Энгельская	Орошение, обводнение	36,37	11,6	85
Пугачевская	Орошение	3,09	1,34	80
Приволжская	Орошение	56,5	20,73	80
Новоузенская	Орошение, обводнение	9,3	6,03	85
Калининская	Орошение	23,4	1,53	84
Ершовская	Орошение, обводнение	47,6	5	73
Дергачевская	Орошение, обводнение	12,6	3,64	73
Балаковская	Орошение	48	4,5	82
Александровогайская	Орошение	9,2	8,3	87

Таблица 1.2 – Состояние постоянно действующей оросительной сети Заволжья

Оросительная сеть	Протяженность, км	Требуется восстановление, %
В целом	5887,3	81,5
В том числе каналы	1205,5	35*
в облицованном русле	821	30*
в земельном русле	384,5	40*

*примерные значения

Со временем сокращение орошаемых площадей становится нормой, что является недопустимым с точки зрения мелиоративного производства и сельского хозяйства в целом. Так как одной из проблем описываемых процессов является техническое состояние гидротехнических сооружений, а именно оросительных каналов, необходимо рассмотреть всевозможные способы восстановления оросительных каналов до требуемых характеристик и соответственно выполнять необходимые поливные нормы сельскохозяйственных культур.

Также стоит отметить, что третья часть оросительных каналов не облицована, что приводит к повышенной фильтрации через дно и откосы канала, повышение грунтовых вод и как следствие подтопляемость близлежащих территорий и хозяйств.

1.4 Существующие технологии и правила строительства оросительных каналов

Строительство оросительных каналов – это сложноорганизованный технический процесс, выполняющийся в строгой последовательности. Проектирование и выполнение работ осуществляется в соответствии с нормами СНиП [109].

На сегодняшний день имеются проверенные опытом способы и технологические аспекты строительства оросительных каналов, используемые и в современном строительстве как базовые правила. Каждая операция включает технологические параметры и оптимальные технические средства способные наилучшим образом справиться с конкретным видом работ.

Рассмотрим типизированные варианты строительства оросительных и обводнительных систем (таблицы 1.3-1.5) [76].

Таблица 1.3 – Технологический модуль для строительства оросительных каналов в земляном русле глубиной до 3 метров, в полунасыпи и насыпи

Операции	Технологические параметры	Технические средства
Схема растительного слоя с основания подушки и поверхности резервов	Снятие растительного слоя глубиной до 25 см с перемещением в отвал на расстояние до 35 м	Бульдозер
Уплотнение основания подушки	Уплотнение основания на глубину до 0,5 м	Катки
Разработка грунта в резерве с отсыпкой в подушку	Послойная разработка грунта и перемещение в подушку	Скрепер полуприцепной, скрепер самоходный
Разравнивание отсыпанного грунта	Послойное разравнивание грунта слоями до 20 см	Бульдозер
Доувлажнение грунта	Послойное увлажнение грунта водой с расходом до 100 л/м ³	Поливочная машина
Уплотнение грунта	Послойное уплотнение грунта	Катки
Выравнивание верха подушки под ниверил	Срезка и перемещение грунта в понижения и планировка с расхождением не более 5 см	Автогрейдер
Разработка проектного сечения канала машинами, непрерывного действия	Разработка и выемка грунта с формированием сечения глубиной 2,5 м, шириной по дну до 2м и заложением откосов 1:1,5	Экскаватор-каналокопатель
Разработка проектного сечения	Разработка и выемка грунта с формированием грунта глубиной до 3 м, шириной по дну до 2,5 м и заложением откосов 1:1,5-1:1,75	Экскаватор
Формирование верха и внешних откосов дамб	Планировка верха и откосов дамб до проектных размеров	Бульдозер
Планировка дна и откосов канала после разработки одноковшовыми экскаваторами	Разработка недоборов грунта 15-20 см до проектного сечения	Планировщик
Обратная засыпка резервов растительным грунтом	Перемещение грунта из отвалов и разравнивание слоем до 20 см	Бульдозер

Данная таблица наглядно показывает, что возведение оросительной системы включает последовательность операций, технологические параметры и конкретные технологические средства (машины).

Указанные в таблице 1.3 операции необходимы для перехода к следующему этапу, а именно облицовке канала.

Облицовка канала является важным этапом, повышающим долговечность и проектные характеристики оросительного канала.

Рассмотрим технологический модуль для облицовки оросительных каналов.

Таблица 1.4 – Технологический модуль для облицовки оросительных каналов глубиной 1,5-3 метра монолитным бетоном

Операции	Технологические параметры	Технические средства
Планировка берм и дна канала под нивелир для рельсового пути	Планировка берм канала и дна канала глубиной до 3 м, с расхождением не более 2 см	Бульдозер, скрепер, автогрейдер
Укладка и передвижка рельсового пути	Укладка рельсового пути дна каналов глубиной 1,5-3 м	Бульдозер, автокран
Профилирование дна и откосов канала	Срезка недоборов грунта толщиной до 20 см до проектного сечения	Экскаватор-профилировщик
Увлажнение дна и откосов канала	Увлажнение грунта поверхностным поливом	Поливочная машина
Доставка бетонной смеси	Транспортировка бетонной смеси на расстояние до 20 м	Автобетоносмеситель
Укладка бетонной смеси на дно и откосы канала	Укладка бетонной смеси на дно и откосы канала толщиной 10-20 см	Бетоноукладчик
Устройство продольных и поперечных швов	Нарезка швов толщиной 20 мм	Нарезчик швов
Доставка и покрытие поверхности облицовки пленкообразующим материалом	Распыление пленкообразующих материалов с расходом 200г/м ³	Автоцистерна, нарезчик швов
Герметизация швов облицовки	Заполнение швов герметизирующим материалом	Заливщик швов
Подсыпка грунта на бермах канала до верхнего уровня кромки слоя облицовки	Подсыпка грунта до проектного сечения канала	Бульдозер

Оросительные каналы отличаются друг от друга техническими характеристиками, технологиями строительства и необходимой техникой [115].

Таблица 1.5 - Технологический модуль для облицовки оросительных каналов глубиной 1,5

Операции	Технологические параметры	Технические средства
Планировка берм канала	Планировка берм канала с расхождением не более 2 см	Бульдозер
Увлажнение дна и откосов канала перед укладкой бетонной смеси	Увлажнение грунта поверхностным поливом водой из емкости бетоноукладчика	Бетоноукладчик, поливочная машина
Доставка бетонной смеси	Транспортировка бетонной смеси на расстояние до 20 км	Автобетоносмесители, автомобили самосвалы
Загрузка бетонной смеси на дно и откосы канала	Укладка бетонной смеси толщиной 8-10 см. Требуется 2 трактора в качестве якорей	Бетоноукладчик
Устройство поперечных деформационных швов облицовки	Нарезка швов шириной 20 мм	Бетоноукладчик
Доставка и покрытие поверхности облицовки пленкообразующими материалами	Нанесение пленкообразующих материалов	Автоцистерна, распределитель материалов
Герметизация швов облицовки	Заполнение швов герметизирующим материалом	Заливщик швов
Подсыпка грунта на бермах канала	Подсыпка грунта до кромки бетонной облицовки до проектного сечения	Бульдозер

Таблицы 1.4 и 1.5 отображающие варианты исполнения облицовочных работ на оросительных каналах, считаются последним этапом строительных работ, перед началом эксплуатации [14].

Здесь необходимо отметить, что существующие технологии строительства и реконструкции оросительных каналов очень сложные, затратные, требующие в них большого количества разнообразной техники и людских ресурсов. В сегодняшнее время такие затраты как материальные, так людские денежные не допустимы.

Поэтому одной из наших задач должна быть снижение себестоимости строительства, реконструкции и ремонта оросительных каналов, а также людских ресурсов, то есть интенсификация производства [8, 10].

Анализируя данные технологий возведения оросительных каналов, можно отметить, что качество проводимых операций зависит от технологичного парка машин имеющихся на объекте и от квалификации кадрового персонала, основываясь на методах интенсификации производства [8, 9, 95, 97].

Самые распространённые варианты строительства оросительных каналов, считаются варианты, представленные в работах известных ученых в области строительства и эксплуатации оросительных каналов (Ю.М. Косиченко, В.Д. Глебов, Е.А. Ходяков и др.), а именно строительство сборными железобетонными плитами по экрану полиэтиленовой пленки [57, 65, 67, 68, 69, 70, 77, 79, 83, 87, 114, 115].

Рабочие параметры для канавокопателя равняются:

- 2.5 метра – дно канала;
- 3.0 метра – глубина канала;
- 1.5 метра – откосы канала.

Каналы также могут иметь иное сечение и совершенно иной вид, относительно параметров канала (рисунок 1.8).

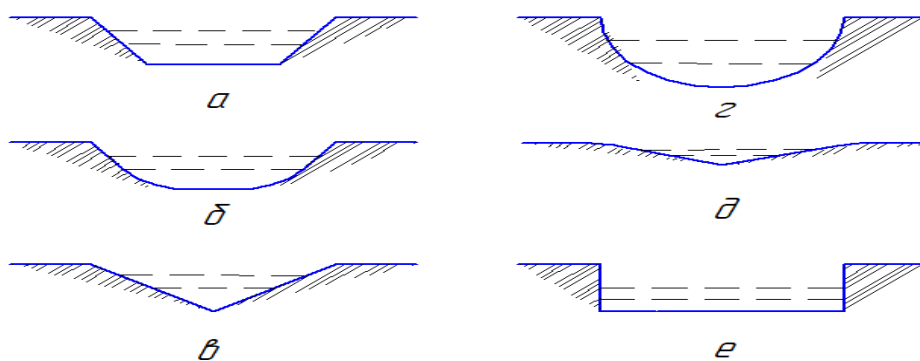


Рисунок 1.8 – Формы поперечного сечения: а – трапециевидальная, б – полигональная, в – треугольная, г – параболическая, д – ложбинная, е – прямоугольная

После выполненной работы канавокопателя, устанавливают противофильтрационный экран из полиэтиленовой пленки (рисунок 1.9). Склеивание

полотнищ происходит с помощью битумно-полимерной мастики. Отрезки укладывают в нахлест 15 см по длине поперечного сечения и засыпают грунтом в анкерные пазы.

Заключительным этапом считается укладка бетонных плит и заливка швов (деформационных швов) раствором.

Бетонная облицовка (сборные железобетонные плиты, монолитный бетон) однозначно является лучшим материалом для облицовки оросительных каналов, так как он отвечает высоким требованиям надёжности, а этот критерий является одним из самых значимых [114, 116].

Существенным минусом данной технологии являются следующие аспекты [1-7, 18, 19, 21, 60, 73, 78, 80, 84, 87, 102, 103, 120-123]:

- трудоёмкая подготовка каждого этапа строительства;
- невозможность реализации без наличия тяжелой техники;
- логистические затраты;
- необходимость большого числа рабочих;
- прямой контакт бетонных плит с полиэтиленовым экраном;
- долгие сроки строительства;
- необходимость большого количества оборудования;
- допускается фильтрация оросительной воды;
- реконструкция также предполагает наличие тяжелой техники;

Однако, значимым плюсом является надёжность таких каналов за счет тяжелых структурных элементов канала.

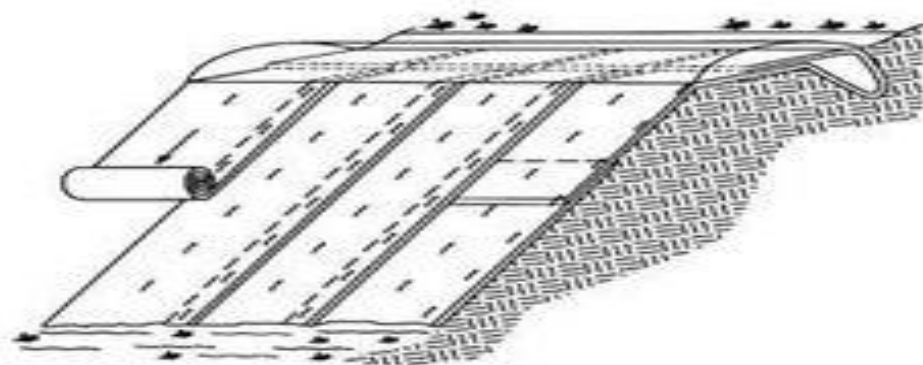


Рисунок 1.9 – Раскатка противофильтрационного экрана

Таким образом, использование бетонных плит является рациональным решением, где необходимы высокие требования к параметрам канала. Высокая нагрузка на канал достигает своего пика для магистрального канала, после водозабора.

1.5 Эксплуатация и ремонт оросительных систем

Эксплуатация оросительной системы представляет собой комплекс взаимосвязанных мероприятий (технических, организационных и хозяйственных), обеспечивающих исправное состояние оросительной системы, оборудования, своевременный и требуемый ремонт, водораспределение, регулирование водного режима почв. Соблюдение всех норм и правил при эксплуатации оросительной системы, обеспечит долгий срок службы и необходимую работоспособность системы [22-25, 104].

А.Н. Костяков выделял несколько показателей характеризующих эффективную эксплуатацию оросительной системы (рисунок 1.10) [50, 53, 61, 62, 65, 72]:



Рисунок 1.10 – Показатели эффективной эксплуатации оросительной системы

Эксплуатация оросительной системы включает следующие мероприятия, изображенные на рисунке 1.11.

Рассмотрим технологические аспекты ремонта и очистки каналов от наносов, окашивания и удаление растительности на каналах и дамбах [9, 11, 45, 49].

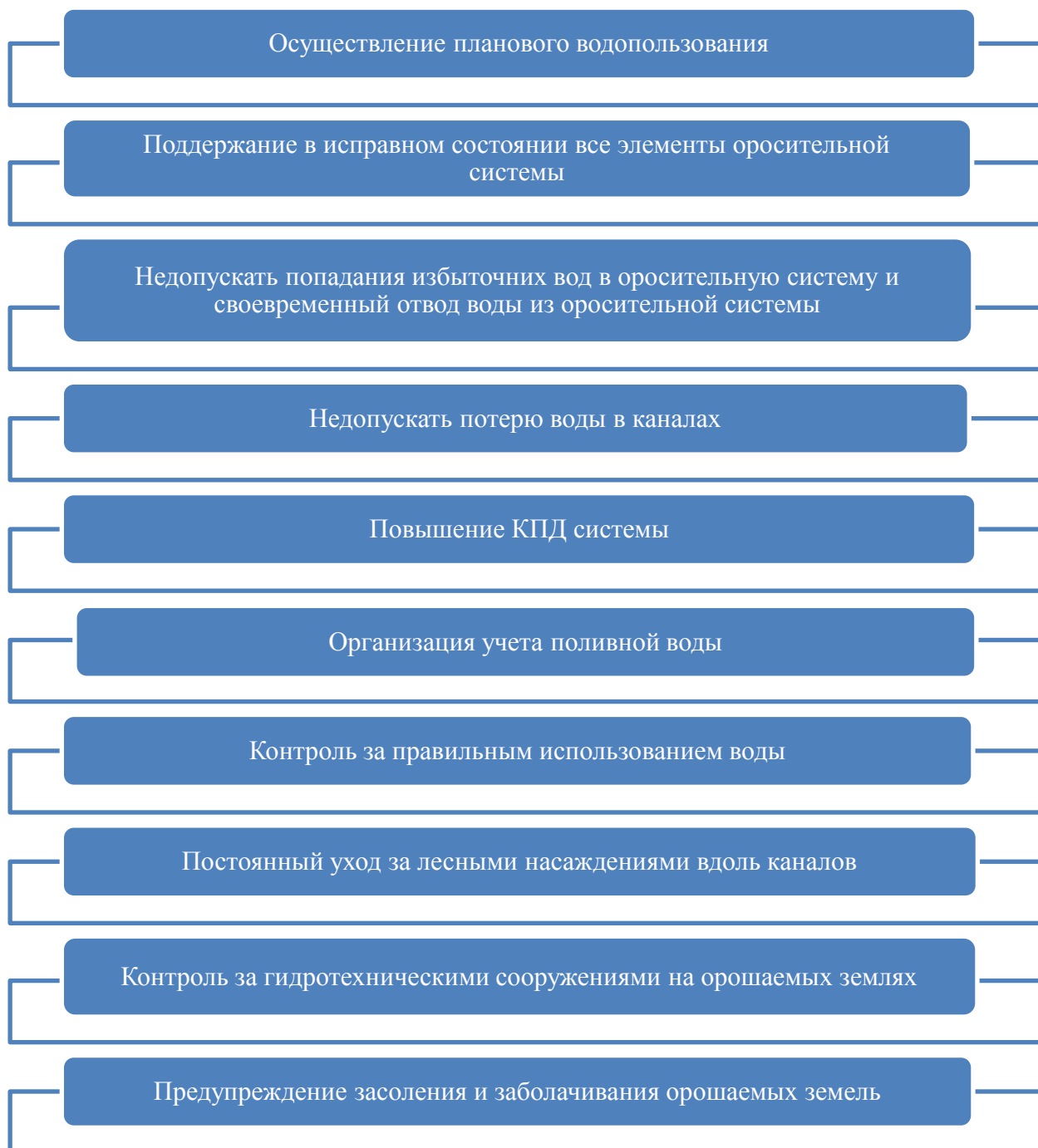


Рисунок 1.11 – Состав эксплуатационных мероприятий

При проведении земляных работ необходимо привести в порядок рабочую поверхность берм и закрепить откосы каналов. С данными операциями наилучшим образом справятся бульдозеры, экскаваторы, планировщики откосов, также можно использовать грейдеры. Допустимое отклонение при выравнивании рабочей поверхности варьируется с отклонением не более пяти сантиметров.

Исправление профиля канала и удаление наносов в канале осуществляется с помощью каналоочистителя и профилировщика, также можно использовать экскаватор. Обязательным условием удаления наносов является не допущение деформации профиля и отсыпки наносов на откосы. Для удаления наносов можно использовать бульдозер.

Окашивание берм и откосов канала осуществляется также с помощью косилки, при этом высота среза не более семи сантиметров.

Обязательным условием является уборка сорной растительности, реализуемая с помощью ручного труда (сгребание сорной растительности граблями), агрегатов подборщиков и погрузчика. Потеря (просыпание) сорной растительности не допускается. Транспортировка зеленой массы вывозится к месту утилизации с помощью тракторного прицепа.

Земляные и культуртехнические работы являются обязательными условиями поддержания в работоспособном состоянии оросительные каналы системы. Удаление древесно-кустарниковой растительности с поверхности берм и откосов значительно улучшает пропускную и транспортирующую способность каналов за счет минимального сопротивления. Несвоевременное удаление растительности в дальнейшем может нанести вред облицовке канала и деформационных швов, что влечет за собой финансовые потери при проведении текущего ремонта.

1.6 Стадии фильтрации и потери на фильтрацию в оросительных каналах

В зависимости от уровня грунтовых вод формируется фильтрационный поток из каналов оросительной системы. Капиллярная кайма, при низком уровне

грунтовых вод не достигает дна канала, в соответствии с этим фильтрация происходит в неувлажненный грунт. При условии, когда капиллярная кайма достигает поверхности земли, при сравнительно небольшой глубине грунтовых вод фильтрация из канала будет происходить во влажный грунт. Аверьянов С.Ф. в своих работах отмечал три стадии фильтрации (рисунок 1.12) [59,63,66,67,78,106].

Стадии фильтрации из каналов по Аверьянову С.Ф.		
<p>Первая стадия</p> <p>Первая стадия смачивания грунта - характеризуется впитыванием воды из канала в сухой грунт и отсутствием связи между опускающимся из канала фильтрационным потоком и бассейном грунтовых вод. Воды в основном движется в вертикальном направлении.</p>	<p>Вторая стадия</p> <p>Вторая стадия образование капиллярно-грунтового потока - начинается с момента, когда фронт фильтрационного потока смыкается скапиллярной каймой грунтовых вод. Тогда равновесие бассейна грунтовых вод нарушается, и они приходят в движение.</p>	<p>Третья стадия</p> <p>Третья стадия - сплошной поток грунтовых вод - в этом случае возможны три основных способа расходования грунтовой воды: на повышение уровня грунтовых вод; на подземный отток; на испарение и транспирацию. Обычно наблюдается совместное действие всех трех факторов.</p>

Рисунок 1.12 – Стадии фильтрации из оросительного канала

В работах Костякова А.Н., Ризенкампа Г.К., Лазового В.Н., Васильченко А.П. выделяют два вида фильтрации, с подпором и без подпора [12, 106].

Для каналов в земляном русле процесс перехода от свободной фильтрации к подпортой занимает несколько суток или недель. Фильтрация переходит в подпортое состояние, в тот момент, когда уровень грунтовых вод соединяется с фронтом поверхностного смачивания. В соответствии с этим фильтрационные потери со временем снижаются, при этом сохраняя свои значительные потери [12, 106].

Для облицованных каналов ситуация обстоит немного иначе, при этом сохраняются две фазы, фаза аэрации и подъем грунтовых вод под каналом. Свободная фильтрация также сохраняется до тех пор, пока уровень грунтовых вод не достигнет дна канала, после этого фильтрация становится подпортой. В данном

случае этот процесс может занять несколько месяцев. Величина потерь зависит от проницаемости облицовки канала [35, 36, 51, 58, 59, 63, 67, 74, 93, 96].

Рассмотрим основные типы облицовки оросительных каналов.

Облицовка – это искусственное крепление поверхности (дна и откосов) грунтовых каналов с целью снижения фильтрационных потерь, улучшения пропускной способности, защиты от размыва и иного механического воздействия. Типы облицовки выбирают в зависимости от назначения каналов, геологических условий. Русло канала может быть естественно экранировано, искусственно экранировано и искусственно облицовано [13, 14, 19].

Рассмотрим каждый тип облицовки таблицы 1.6-1.8 [14, 15, 18, 19, 37, 39, 42, 52, 58, 60, 78, 126].

Таблица 1.6 – Естественное экранирование русла

Тип облицовки	Спецификация
Кольматирование	Противофильтрационная защита канала с помощью химических веществ или бетона, цель которой проникнуть в грунт и закупорить поры
Механическое уплотнение дна и откосов	Противофильтрационная защита канала за счет рыхления поверхностного слоя на определённую глубину с последующим уплотнением глинами или суглинками
Глинистые экраны	Противофильтрационная защита канала с помощью уплотнения глинами или суглинками с последующей укладкой щебня
Крепление каменными материалами	Защита от размыва путем насыпи в виде гравия или щебня

Данные виды естественного экранирования русла являются известными способами защиты, однако стоит отметить, что срок службы такой облицовочной одежды не высок, при этом эффективность таких облицовок с современными материалами сравнительно низкая.

Представленные в таблице 1.7 облицовки имеют высокое качество и надёжность, при высокой стоимости укладки и использовании тяжёлой техники. Наибольшую популярность получили бетонные и сборные железобетонные плиты, использующиеся и по сегодняшний день. Со временем технологии совершенствовались, и укладка бетонных плит осуществлялась по противофильтрационному экрану.

Таблица 1.7 – Искусственные облицовки и экраны

Тип облицовки	Спецификация
Бетонные	Противофильтрационная облицовка толщиной от 0,06 до 0,25 метров в зависимости от геолокации канала и погодных условий эксплуатации. Высокая стоимость строительства из-за сложности технологического процесса и отсутствия высокопроизводительной техники
Асфальтобетонные	Противофильтрационная облицовка толщиной от 2,25 до 6 см в зависимости от состава (4-6 см асфальтобетон), может быть армированной. Основание материала предварительно обрабатывают гербицидами. Стоимость материала на 20-40% ниже по сравнению с бетонной облицовкой, при этом появляется возможность укладки без деформационных швов. Значительным минусом является повышение шероховатости русла и усиливается сцепление с наносами.
Глинобетонные	Противофильтрационная защита канала из механической смеси глины, песка и гравия (щебня).
Сборные железобетонные	Высокое качество и надёжность сооружения. При этом большое количество деформационных швов, что повышает водопроницаемость канала. Высокая скорость укладки относительно монолитной облицовки. Железобетонные плиты (предварительно напряжённые) укладываются слой гравийной подготовки (в зависимости от технологии). Толщина материала от 6 до 10 см.

Таблица 1.8 – Комбинированные облицовки

Тип облицовки	Спецификация
Грунтопленочные	Высокая противофильтрационная защита каналов в мягких грунтах с заложением откосов меньше 3. Облицовка (экран) из полимерной плёнки, по основанию обработанному гербицидами. Швы экрана сваривают или склеивают. По экрану укладывают 0,5 м слой грунта.
Бетонные или железобетонные на полимерном экране	Высокая противофильтрационная защита каналов. Сборные железобетонные плиты по экрану из полимерных материалов толщиной от 0,4 до 0,6 мм. Швы сварены или склеены.
Многослойные	Высокая противофильтрационная защита каналов. Трёхслойная противофильтрационная облицовка из нижнего слоя монолитного бетона, слоя битумных мастик или геомембран и верхний монолитный слой бетона.

Практика эксплуатации гидротехнических сооружений, а именно мелиорационных систем показывает, что повышение эффективности оросительных систем непосредственно связано с разрабатываемыми мерами по борьбе с фильтрацией оросительной воды из каналов [112]. Представленные ранее виды облицовочных экранов для каналов ранжированы по техническому прогрессу в области облицовочных материалов. Грунтовые противофильтрационные экраны неэффективны в долгосрочной перспективе, потому как они разуплотняются и

требуют исходного конструктивно-технологического восстановления. За 40-50 лет необходимо каждый третий сезон проводить работы по уплотнению, что экономически не выгодно.

Использование бетонных плит и монолитного покрытия в мелиоративном строительстве в последствие послужило переходом к использованию пленочных экранов и геомембран [15, 40, 42, 105]. В настоящее время, при всем многообразии облицовочных материалов можно индивидуально и комплексно проводить работы по облицовке оросительных каналов в зависимости от индивидуальных особенностей проекта.

Саратовская область занимает первое место среди регионов России по объему потерь воды при транспортировке. На долю орошения и сельскохозяйственного водоснабжения приходится в среднем 16-19 % от общего забора водных ресурсов из всех видов источников Саратовской области (1106,5 в среднем за 2015-2020 годы). При этом важно отметить, что 18,82% уходит на потери воды при транспортировке, а именно на фильтрацию. Значительная часть оросительной воды (14,2 %) расходуется на фильтрацию, что и является большой проблемой. Таким образом, 10-15 % воды теряется при транспортировке по оросительным каналам [86].

Потери в каналах во многом зависят от типа грунта, который также может иметь различную водопроницаемость (слабую, среднюю, высокую), от облицовки канала. Основная задача оросительной системы доставить необходимый объем воды от источника до орошаемых площадей с минимальными потерями оросительной воды [96, 110, 111].

Во многих работах по «Гидромелиорации» и потерям воды на фильтрацию представлены потери воды в земляном и облицованном русле, а также потери воды на испарение (таблица 1.9-1.11) [86, 106, 112].

Данные о потерях оросительной воды на фильтрацию имеют большое теоретическое и практическое значение при проведении полевых, натуральных и лабораторных исследований.

Таблица 1.9 – Потери воды на фильтрацию в каналах в земляном русле

Расход воды, м ³ /с	Потери, м ³ /с, на 1 км при водопроницаемости грунтов		
	слабой	средней	сильной
0,201...0,230	0,0024	0,0076	0,0160
0,231...0,260	0,0026	0,0082	0,0170
0,261...0,300	0,0029	0,0088	0,0180
0,301...0,350	0,0032	0,0096	0,0190
0,351...0,400	0,0035	0,0100	0,0210
0,401...0,500	0,0038	0,0110	0,0220
0,501...0,600	0,0046	0,0130	0,0250
0,601...0,700	0,0052	0,0150	0,0270
0,701...0,850	0,0058	0,0160	0,0300
0,851...1,000	0,0065	0,0180	0,0330
1,001...1,250	0,0071	0,0200	0,0360
1,251...1,500	0,0087	0,0230	0,0400
1,501...1,750	0,0089	0,0260	0,0430
1,751...2,000	0,0110	0,0280	0,0460
2,001...2500	0,0120	0,0310	0,0510
2,501...3,000	0,0140	0,0350	0,0570
3,001...3,500	0,0160	0,0390	0,0620
3,501...4,000	0,0180	0,0420	0,0660
4,001...5,000	0,0200	0,0470	0,0720
5,001...6,000	0,0230	0,0530	0,0800
6,001...7,000	0,0260	0,0580	0,0870
7,001...8,000	0,0290	0,0640	0,0930
8,001...9,000	0,0310	0,0690	0,0990
9,001...10,000	0,0340	0,0740	0,1050
10,000...12,000	0,0370	0,0810	0,1120
12,000...14,000	0,0420	0,0890	0,1220
14,001...17,000	0,0480	0,0980	0,1340
17,001...20,000	0,0540	0,1090	0,1470
20,001...23,000	0,0600	0,1200	0,1580
23,001...26,000	0,0660	0,1300	0,1680
26,001...30,000	0,0720	0,1390	0,1800

Таблица 1.10 – Потери воды на фильтрацию в облицованных каналах

Расход воды, м ³ /с	Потери, м ³ /с, на 1 км при типе облицовки		
	монолитная	сборная	Сборно-монолитная
0,201...0,500	0,0012	0,0036	0,0031
0,501...1,000	0,0016	0,0054	0,0042
1,001...2,000	0,0022	0,0075	0,0057
2,001...3,000	0,0030	0,0092	0,0078
3,000...4,000	0,0034	0,0117	0,0089
4,001...5,000	0,0040	0,0134	0,0104
5,001...6,000	0,0044	0,0147	0,0115
6,001...7,000	0,0048	0,0160	0,0125
7,001...8,000	0,0052	0,0173	0,0136
8,001...9,000	0,0054	0,0180	0,0141
9,001...10,000	0,0058	0,0193	0,0151
10,001...15,000	0,0066	0,0220	0,0172
15,001...20,001	0,0078	0,0260	0,0204
20,001...30,000	0,0094	0,0313	0,0245
30,001...40,000	0,0110	0,0367	0,0287
40,001...50,000	0,0126	0,0420	0,0329

Таблица 1.11 – Потери воды на фильтрацию в облицованных каналах

Расход воды, м ³ /с	Потери, м ³ /с, на 1 км канала	
	испарение	технические
1	2	3
0,201...0,500	0,0005	0,0011
0,501...1,000	0,0009	0,0018
1,001...2,000	0,0015	0,0030
2,001...3,000	0,0020	0,0039
3,000...4,000	0,0024	0,0048
4,001...5,000	0,0028	0,0055
5,001...6,000	0,0031	0,0063
6,001...7,000	0,0034	0,0068

Продолжение таблицы 1.11

1	2	3
7,001...8,000	0,0038	0,0075
8,001...9,000	0,0041	0,0081
9,001...10,000	0,0044	0,0087
10,001...15,000	0,0050	0,0100
15,001...20,001	0,0062	0,0122
20,001...30,000	0,0076	0,0153
30,001...40,000	0,0088	0,0177
40,001...50,000	0,0094	0,0188

Наиболее полные данные о потерях оросительной воды приводят учёные Ю.М. Косиченко, О.А. Баев, А.В. Ищенко (рисунок 1.13) [67, 78].



Рисунок 1.13 – Потери оросительной воды по элементам системы

Величина потерь на фильтрацию в оросительных каналах, проходящих как в земляном русле, так и облицованном, определяют в зависимости от режима функционирования канала и характеру фильтрации воды из него. Изучение фильтрационных потерь позволило нам разделить её на свободную и подпертую. В каждом случае движение фильтрационного потока может быть установившемся и неустановившемся, то есть при постоянной и периодической работе канала. Для определения фильтрационных потерь в зависимости от различных условий существует много формул, представим основные из них [12, 106].

При свободной фильтрации и установившемся режиме, используют формулу Г.К. Ризенкампа

$$Q = 0,0116k_{\phi}\mu \cdot (B + 2h_0), \quad (1.1)$$

где Q – расход воды на фильтрацию, м³/с на 1 км длины канала; k_{ϕ} – коэффициент фильтрации грунтов; B – смоченный периметр канала, м; h_0 – глубина наполнения канала, м; μ – коэффициент зависящий от параметров канала. В данном случае формула не учитывает естественные противифльтрационные свойства русла за счет кольматации, соответственно потери будут с небольшой погрешностью.

Также можно использовать формулу А.Н. Костякова

$$\sigma = \frac{A}{Q^m}, \quad (1.2)$$

где σ – процент потерь от расхода воды на 1 км длины канала; Q – расход воды нетто (расчетный расход), м³/с; коэффициент A и показатель степени m принимаются в зависимости от грунтов (маловодопроницаемый, средних по водопроницаемости, сильноводопроницаемых).

При свободной фильтрации и неустановившемся режиме используют следующую формулу А.Н. Костякова

$$Q = \frac{0,0116k_1}{t^{0,5}} \cdot (b + 2\gamma\sqrt{1 + m^2}) h_0, \quad (1.3)$$

где Q – расход воды на фильтрацию, м³/с на 1 км длины канала; k_1 – коэффициент, вычисляющийся как отношение скорости поглощения грунтом воды к единице времени м/сутки; t – время запуска воды в канал, суток; m – коэффициент заложения откосов; h_0 – глубина наполнения канала, м; γ – капиллярная фильтрация воды в откосы; b – ширина канала по дну.

Подпертую установившуюся фильтрацию можно определить по формуле Дюпюи

$$Q = 2k_{\phi} \cdot \frac{H_0^2 - h_0^2}{2l}, \quad (1.4)$$

где Q – расход воды на фильтрацию, м³/с на 1 км длины канала; k_{ϕ} – коэффициент фильтрации грунтов; $H_0 - h_0$ – напор, под воздействием которого происходит фильтрация, м; l – коэффициент распространение фильтрационного потока.

Расход воды на фильтрацию при неустановившемся режиме фильтрации можно определять по формулам С.Ф. Аверьянова [12, 106].

1.7 Инновационные материалы и облицовки для оросительных каналов

Бетонная облицовка является самым надежным облицовочным материалом, однако назвать его бюджетным никак нельзя из-за значительных затрат на строительный процесс. Нельзя отрицать, что бетонная облицовка способна выдержать высокую скорость потока оросительной воды при водозаборе, 400-500 циклов заморозки и оттаивания [14, 18, 21, 106]. Однако, экономичность данного материала выражается только при текущих затратах на материал (стоимость плит или бетона), а при общих затратах учитываются затраты на строительный процесс, логистику, аренду комплекса тяжелой техники, бригад рабочих, а также долгий процесс строительства, что также может значительно повысить стоимость проведения работ при простое, или поломке техники [1-7, 21, 69, 102, 120-123]. Также бетонная облицовка допускает фильтрацию оросительной воды через своё основание, через швы и трещины [35, 58, 71, 75, 81, 85]. Швы канала, облицованного бетонными плитами наиболее подвержены разрушению и высокой утечке воды через них.

В работах Ф.К. Абдразакова, посвящённых интенсификации мелиоративного производства, путем совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов, был проведён сравнительный анализ бетонного полотна и облицовочных плит. Опираясь на работы, описанные выше, можно сделать вывод о том, что бетонное полотно будет лучшим вариантом оптимизации. Это обосновывается тем, что по себестоимости, трудоёмкости и по капитальным затратам на приобретение машин бетонное полотно на порядок опережает бетонные облицовочные плиты [1-7, 120-123].

Исходя из объективных фактов, приведённых выше, нами предлагается использовать более совершенные материалы для облицовки оросительных каналов, которые значительно сокращают операции по строительству, трудоёмкости, стоимости их обслуживания и ремонта оросительной сети, а также снижению

фильтрации оросительной воды. Такими материалами являются бетонное полотно и геомембрана. При этом мы отдали предпочтение в техническом плане бетонному полотну. Важно отметить, что данные рекомендации относятся в основном к распределительным каналам оросительной сети.

Бетонное полотно и геомембрана представлены на рисунках 1.14 и 1.15.

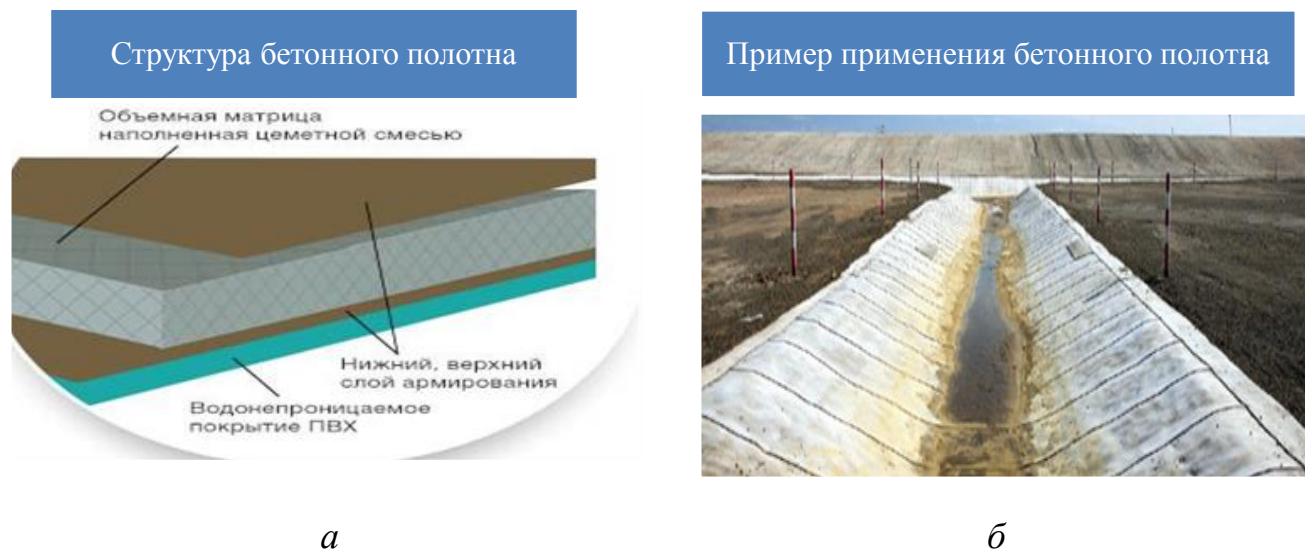


Рисунок 1.14 – Структура (а) и общий вид (б) бетонного полотна



Рисунок 1.15 – Облицованный геосинтетической мембраной оросительный канал

Рассмотрим классификацию по каждому из предложенных материалов для информативного анализа.

Геосинтетические материалы – это материалы в виде технических тканей, сеток, рулонных гидроизоляционных материалов, а также их сочетаний в виде геокомпозиатов или сотовых каркасов. На сегодняшний день геосинтетики активно

применяются в гидротехническом строительстве, а именно в качестве противофильтрационных облицовочных материалов. Данный материал позволяет исключить потери оросительной воды, что является одной из важнейших задач мелиоративного производства [39, 40, 42, 60, 70, 106].

Анализируемый нами материал среди полимеров – геомембрана. Данный материал имеет расширенный спектр применения, одним из которых является гидроизоляция. Приведём классификацию данного материала (рисунок 1.16).

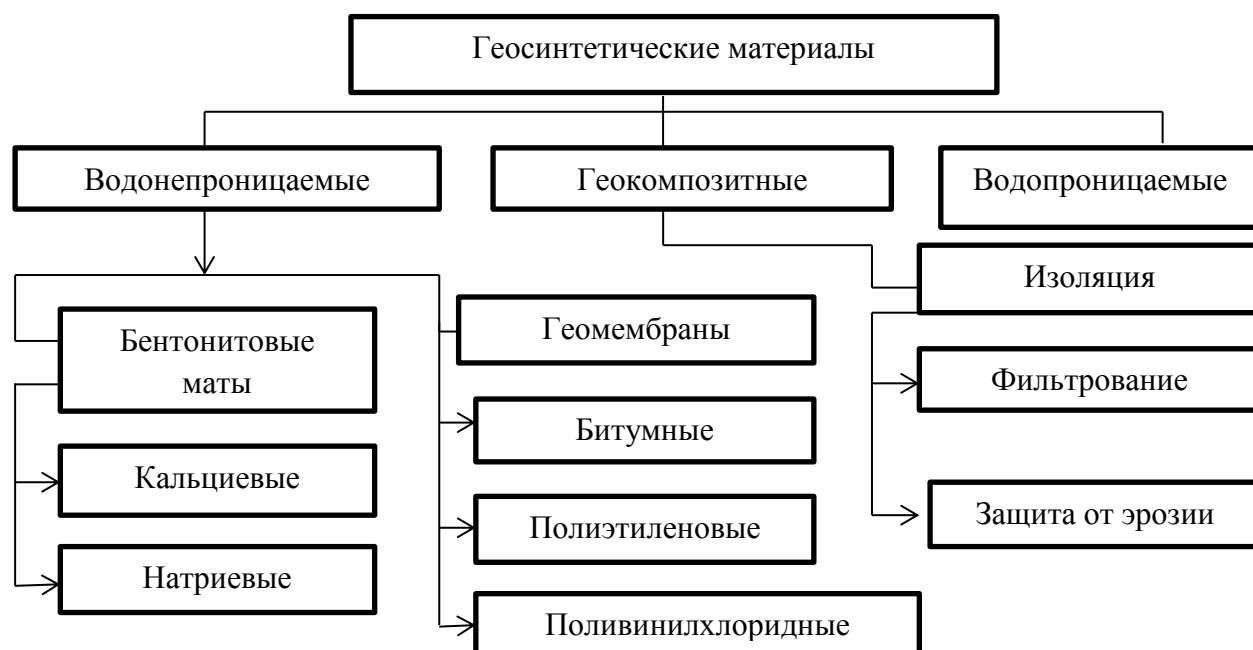


Рисунок 1.16 – Классификация геосинтетических материалов

На данном рисунке представлена классификация гидроизоляционных материалов, водопроницаемые материалы были упомянуты, так как они являются частью геосинтетических материалов, но не частью нашего исследования. Преимуществами данного материала являются долговечность и экономичность.

Для большей информативности о данном материале приведём наглядное изображение геосинтетического материала на примере геокомпозитного варианта (рисунок 1.17).

Данный рисунок наглядно показывает несколько уровней различных геосинтетических материалов, которые формируют геокомпозит. Технический

смысл каждого водонепроницаемого геосинтетического материала исключить возможность утечек оросительной воды из каналов.

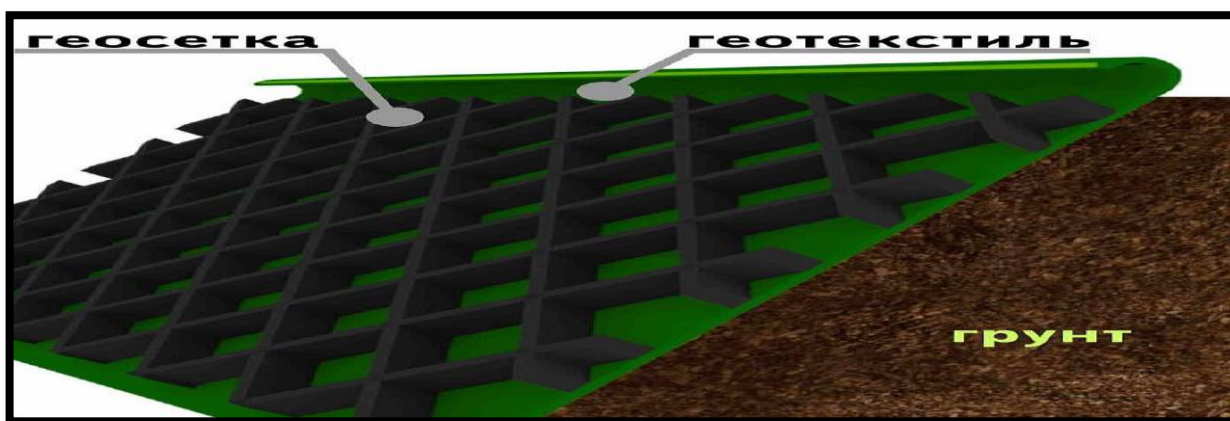


Рисунок 1.17 – Пример геокompозитного материала

Рассмотрим следующий инновационный материал, рекомендуемый для применения в качестве облицовочного решения оросительных каналов. Таковым является бетонное полотно.

Бетонное полотно состоит из (рисунок 1.18) [102, 103]:

- волокнистой, впитывающей влагу поверхности;
- укрепляющей волоконной матрицы;
- сухой бетонной смеси;
- водонепроницаемой прокладки из поливинилхлорида.

Бетонное полотно имеет свою уникальную классификацию. Аббревиатура СС означает бетонное полотно – «Concrete Canvas», а индекс стоящий рядом обозначает толщину материала в мм. В случае названия ССН, аббревиатура означает бетонное полотно с дополнительной гидропрокладкой.



Рисунок 1.18 – Структура бетонного полотна

Бетонное полотно имеет следующую марочную классификацию (рисунок 1.19).

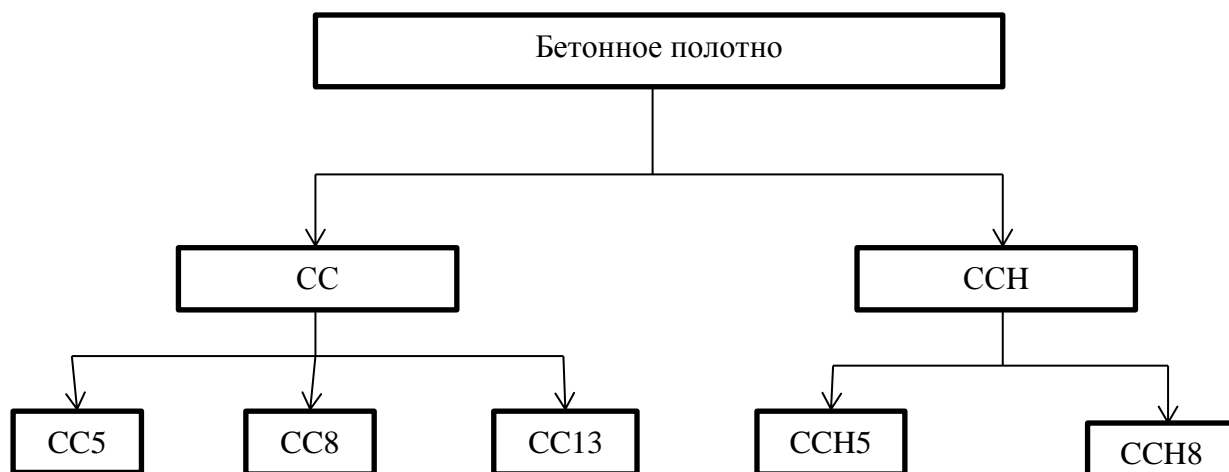


Рисунок 1.19 – Классификация марок бетонного полотна

Укладка бетонного полотна может происходить как вдоль, так и поперёк русла канала, в зависимости от порядка канала и частных обстоятельств (рисунки 1.20 и 1.21).



Рисунок 1.20 - Покрытие канала вдоль с помощью бетонного полотна



Рисунок 1.21 - Покрытие канала поперек с помощью бетонного полотна

Саратовская область имеет большое количество оросительных систем, имеющих в своём распоряжении протяженную сеть каналов. Каналы преимущественно находятся в облицованном русле, так как это более рационально и сохраняет водные ресурсы.

Использование бетонного полотна, при покрытии канала в земляном русле сформирует жесткий поверхностный каркас, который не допустит размывания и разрушения канала. Бетонное полотно представляет собой гибкую, пропитанную бетоном ткань, которая затвердевает после увлажнения. Вследствие чего образуется тонкий, прочный, водонепроницаемый и огнестойкий слой бетона.

Земляные работы являются обязательным подготовительным этапом при строительстве каналов. Земляные работы остаются неизменными, независимо от того, будет ли покрываться канал бетонным полотном или бетонной облицовкой.

До начала работ необходимо полностью очистить канал от растительности, камней и других инородных предметов. Профиль канала должен быть равномерным для удобства обслуживания.

Следующим шагом будет создание анкерных пазов для закрепления бетонного полотна (рисунок 1.22). Следовательно, данные технологии должны быть дополнены операциями и практическими рекомендациями по созданию анкерных пазов, как заключительным этапом проведения земляных работ. Анкерные пазы располагаются вдоль кромки канала и выполняют несколько функций. Основными функциями являются закрепление и фиксирование.

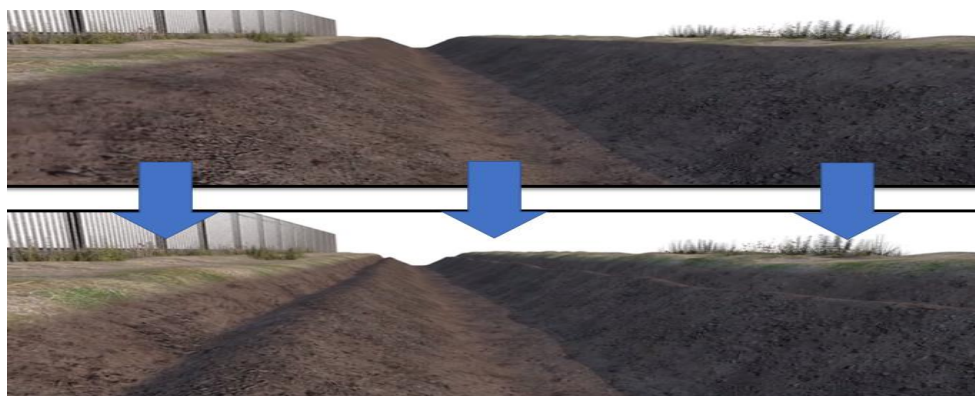


Рисунок 1.22 - Создание анкерных пазов в земляном русле

Функция закрепления необходима для того, чтобы конец бетонного полотна был крепко закреплён в анкерных пазах, но это предполагает дополнительные траты на материал. Функция фиксации необходима для того, чтобы канал испытывал как можно меньше физических воздействий, это обосновывается тем, что конец бетонного полотна в отрезке является частью канала. Закрепление концов, таким образом, как на рисунке 1.23 обеспечивает фиксацию в виде крючков по обеим сторонам канала.

Длина анкерных пазов зависит от требований проекта, то есть от вида грунта, назначения канала и индивидуальных технических особенностей.

Оптимальным будет считаться условие

$$0,20 \text{ м} \leq a_{\text{паз}} \leq 0,5 \text{ м} \quad (1.5)$$

где, $a_{\text{паз}}$ – анкерные пазы.

Данное условие справедливо, для оросительных каналов хозяйственного назначения и заканчивая магистральными оросительными каналами.

Данная технология позволяет краям бетонного полотна закрепиться лучшим образом, создавая при этом искусственный крюк (рисунок 1.23).



Рисунок 1.23 - Укладка бетонного полотна с установкой краёв в анкерные пазы

Рассмотрим дальнейшую укладку и надёжное закрепление бетонного полотна. После того, как положили первый отрезок бетонного полотна, необходимо укладывать следующие отрезки с нахлёстом минимум в 10 сантиметров. Запуск воды производится в обратном направлении укладке

бетонного полотна, для обеспечения лучшей пропускной способности воды. Данный аспект очень важен, его необходимо учесть до начала работ.

Уложенное бетонное полотно нужно надёжно закрепить, поэтому необходимо вбить колья на стыках бетонного полотна в анкерных пазах (рисунок 1.24).



Рисунок 1.24 - Закрепление бетонного полотна кольями в анкерных пазах

Далее необходимо увлажнить бетонное полотно под перекрытиями слоёв. Для лучшего сцепления необходимо нанести клеящий герметик, также под перекрытия слоёв. Следующим шагом необходимо закрепить бетонное полотно винтами (рисунок 1.26). Вкручивание винтов необходимо начинать от вбитого кола в анкерном пазу, на расстоянии 20 см каждый последующий винт по длине и 2 – 5 см по ширине от края материала.

Каждый облицовочный материал имеет свои уникальные характеристики, способные в той или иной мере улучшить технологический процесс, уменьшить расходы проводимых работ или увеличить надёжность облицовочного покрытия на долгие годы [54].

Результаты сравнительного анализа исследуемых материалов представлены в таблице 1.12.

Анализ материалов проводился посредством теоретического изучения бетонного полотна маркой СС8 и геомембраны HDPE толщиной 1.0 см. Направленность исследования только относительно оросительных каналов. Данные для анализа были получены из официальных источников и

самостоятельно проанализированной информации о материалах, их свойствах и количественных показателях [1-7, 20, 34, 39, 40, 60].

Таблица 1.12 – Результаты сравнительного анализа бетонного полотна и геомембраны

Показатель	Бетонное полотно СС8	Геомембрана HDPE 1.0
Стоимость руб./ м ²	1424	500
Наличие техники	минимум	минимум
Необходимое количество человек в бригаде	7	7
Скорость укладки м ² /день	800	800
Масса, кг/ м ²	12	0,7
Прочность МПа	31,4	25
Водонепроницаемость k (м/с)	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Морозостойкость, циклов	300	250
Прочность на разрыв (кН/м), продольное направление	8,6	7
Прочность на разрыв (кН/м), поперечное направление	6,6	6
Долговечность, лет	50	50

Проведённый сравнительный анализ показал хорошие перспективы для их применения как варианта повышения производительности оросительной сети.

Под инновационным материалом понимается бетонное полотно, которое может заменить бетонную облицовку или параллельно сосуществовать, гармонично дополняя друг друга.

Бетонное полотно имеет ряд преимуществ перед обычными бетонными блоками, результаты данного анализа представлены в наших работах, где сравнивались зарубежные материалы с отечественными. В таблице 1.13 представлена сравнительная характеристика бетонного полотна и бетонной облицовки для покрытия поверхности оросительного канала.

Рассматривая работы А. Г. Сичкарева, данный вариант с бетонным полотном подходит под категорию, когда затраты живого и овеществленного труда сокращаются, что характерно при замене старого материала и техники на более современные.

Бетонное полотно, помимо превосходящих по техническим характеристикам параметров бетонной облицовки, полностью совершенствует технологический процесс [1-7, 73, 120-123].

Анализ бетонного полотна марки СС8 (бетонное полотно толщиной 8мм) и бетонной облицовки ПКН 60.20 (плиты облицовки канала предварительно напряженные арматурой, с параметрами 6000 мм длина, 2000 мм. ширина и 60 мм. толщина) показал, что бетонное полотно уступает по показателям морозостойкости и стоимости материала, при этом сохраняя конкурентные качества по показателям мобильности, скорости укладки и приобретения марочной прочности.

Таблица 1.13 – Сравнительный анализ характеристик облицовочных материалов

Показатель	Бетонное полотно СС8	Бетонная облицовка ПКН. 60.20
Стоимость 1м ² , руб.	1424	939
Масса 1м ² , кг	9,2	150
Скорость укладки 1м ² , в день	800	80
Приобретение 80% необходимой прочности, часов	24	72
Приобретение марочной прочности необходимой, часов	240	672
Морозостойкость, циклов	300	400
Прочность, Мпа	31,4	44,95
Коэффициент Шези	0,011	0,013
Срок эксплуатации, лет	50	50

Стоимость бетонного полотна (от 20\$ за квадратный метр), учитывая только затраты на приобретение материала, действительно выше (бетонная плита ПКН 60.20 имеет стоимость равную 12500 рублей), однако, если рассматривать строительный процесс полностью, то общая стоимость приведённых затрат на логистику, аренду и использование тяжелой техники, оплату бригад рабочих и т.д. будет ниже по сравнению с бетонной облицовкой.

Вопрос об интенсификации мелиоративного производства включающий: земляные работы, строительные работы не был практически решён. Нами предлагался вариант использования бетонного полотна вместо бетонной облицовки, при этом необходимо оптимизировать имеющиеся технологии земляных и строительных работ, а также привести обоснование. Данные мероприятия необходимы, так как с появлением современного строительного материала, должны появиться новые технологии. В настоящее время, когда эксплуатационно-ремонтные

работы в течении ряда лет не проводились, большинство каналов заросли древесно-кустарниковой растительностью (как внутри канала, так и снаружи), дно канала имело большой объем наносов, замена облицовочных плит не проводилась, что впоследствии привело к выходу из строя каналов или снижению пропускной способности канала. Данный факт послужил предпосылкой к техническому перевооружению или ремонту существующих каналов.

1.8 Выводы

В настоящее время в Агропромышленном Комплексе РФ и Саратовского Заволжья существует определённые противоречивые обстоятельства, которые с одной стороны требуют ведение эффективного сельского хозяйства, подразумевая при этом качественную базу проводимых работ при строительстве новых, ремонте и реконструкции существующих мелиоративных систем. С другой стороны для выполнения качественных работ необходима эксплуатационно-эффективная тяжелая техника для проведения земляных и облицовочных работ. Облицовка канала традиционными облицовочными плитами является рациональным решением, что впоследствии обеспечивает долгий и надежный срок службы покрытия, однако данный строительный процесс является очень энергоёмким и затратным даже при наличии тяжелой техники. Использование старой техники значительно увеличивает себестоимость работ и эксплуатационные затраты, определённо снижает производительность и качество проводимых работ. Выход из строя или работа на минимальном КПД техники и машин различного назначения на рабочей площадке снизит эффективность протекающих процессов строительства и ремонта, а также увеличит сроки выполнения работ.

Научные разработки по строительству, ремонту и эксплуатации оросительной сети отечественными учеными имеют мировое признание, однако на сегодняшний день появилось множество конкурентных материалов, которые могут заменить традиционный облицовочный материал.

Продолжительная эксплуатация элементов оросительных систем приводит к ежегодному увеличению строительно-эксплуатационных работ, финансовых и трудовых затрат. Использование более совершенных технико-технологических решений в вопросах проведения ремонта и реконструкции элементов оросительных систем, включая каналы, а также поддержание их в работоспособном состоянии является актуальным.

2. Технологические и теоретические предпосылки оптимизации строительства и реконструкции оросительных каналов

2.1 Общие положения и постановка задач оптимизации выбора рациональных облицовочных решений

Максимизация или минимизация значений функции – это основные задачи, на которые направлены решения по оптимизации. Критерий или признак оценки варианта в задачах оптимизации подразумевает наличие целевой функции.

При сравнении критериев или выборе оптимального варианта необходимо руководствоваться основными направлениями технического прогресса. В данном случае нас интересует технический прогресс в области строительства новых и реконструкции или ремонте существующих оросительных каналов с использованием инновационных материалов, таких как бетонное полотно. Типовая последовательность этапов научного исследования представлена на рисунке 2.1 [41].

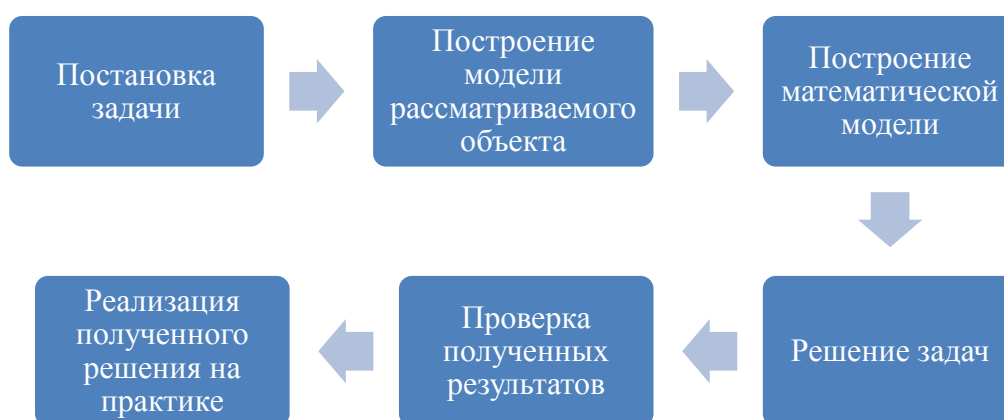


Рисунок 2.1 – Типовая последовательность этапов научного исследования

Нахождение оптимального решения осуществляется с помощью анализа совокупности ряда решений задач, методами программирования (динамическое программирование). Данный процесс является многошаговым. Критерий эффективности $Z_{пр}$, в зависимости от преследуемых целей стремится к максимуму или минимуму [82].

$$W = u_1, u_2, u_3, \dots, u_n; \quad (2.1)$$

$$Z_{\text{эф.пр}} = \sum_{i=1}^n z_i \rightarrow \min \text{ или } \max, \quad (2.2)$$

где $i = 1, 2, 3, \dots, n$ – число этапов в процессе.

Применение инновационных облицовочных материалов и интенсификация строительного процесса при проведении облицовочных работ заключается в выборе наиболее экономичных облицовочных материалов и возможностью получения данных с помощью математических методов и ЭВМ.

В нашей работе были выделены следующие группы задач оптимизации:

1. Задача оптимизации выбора варианта облицовки для оросительных каналов. В данной группе будут представлены основные варианты обновления оросительных каналов мелиоративной системы на основе известных традиционных и инновационных материалов. Данная группа будет включать функциональный расчет рациональных облицовочных решений, экономико-математическую модель приведённых затрат при выборе облицовочного материала, технологический процесс облицовки.

2. Задача оптимизации выбора варианта облицовки с использованием компьютерной программы.

Главная особенность всех приведённых задач оптимизации – это большой объем информации и возможность выбора из множества вариантов решений поставленных задач, отсюда следует, что применение математических методов и компьютерной программы для обработки, систематизации и предложения рациональных решений является прогрессивной задачей.

2.2 Функциональный расчет облицовочных вариантов при проведении строительных работ и текущего ремонта оросительных каналов

Формирование бетонных материалов при покрытии оросительных каналов является немаловажной задачей для мелиоративного производства. Технический

прогресс в области материалов для покрытия оросительных каналов предоставляет оптимальные варианты замены бетонных плит бетонным полотном. Именно на этом этапе закладывается путь развития мелиоративного производства в отрасли строительства каналов. Оросительный канал, покрытый бетонными плитами, будет иметь высокие затраты на строительство и постоянные потери ресурсов на обслуживание, фильтрации воды из каналов, ежегодном ремонте и т.д. Выполнение производственной программы с наименьшей затратой ресурсов и качественно проведёнными работами является первостепенной задачей. Соответственно необходимо формировать оросительные каналы высокоэффективными материалами [32, 33].

Рассматривая оптимальные варианты облицовки для оросительных каналов необходимо руководствоваться паспортом материала и требованиями безопасности гидротехнических сооружений. Основным требованием является безопасность и надёжность эксплуатационных работ. Необходимо заблаговременно оценить условия производства. Рассматриваемыми и преследуемыми целями в данных задачах является стремление к минимуму затрат, и удовлетворяющими характеристиками и свойствами облицовочного материала [38].

При выборе облицовочного материала и технологий монтажа стоит рассматривать не только отечественный опыт строительства гидротехнических сооружений, а также зарубежный. Применение передовых материалов и технологий позволяет получать максимальную эффективность при определённых материальных затратах, но с возможностью окупаемости проекта в период эксплуатации [101-103].

Технико-экономический расчет позволяет наилучшим образом сформировать возможные варианты облицовочных одежд для каждого оросительного канала. Таким образом, и будут определяться рациональные размеры и характеристики облицовочных материалов.

На каждом объекте исходными данными выступают [8]:

- облицовочная одежда для оросительного канала;

- оросительные каналы разного порядка;
- объем работ;
- эксплуатационная производительность.

Продолжительность работы машин на каждом объекте (X_{ij} , маш.-ч) определяется по формуле

$$X_{mij} = V_j / П_{эij}, \quad (2.3)$$

где V_j – объем работ на j -ом объекте; $П_{эij}$ – часовая эксплуатационная производительность машины i -го типа на j -ом объекте.

Расчет продолжительности работы рабочих и машин производится с учетом полного выполнения объемов работ. Также необходимо ввести ограничение, которое учитывает своевременное выполнение работ в соответствии с фондом рабочего времени

$$X_{qij} \leq \Phi_i, \quad (2.4)$$

$$X_{mij} \leq \Phi_i, \quad (2.5)$$

где Φ_i – фонд рабочего времени машины i -го назначения и фонд рабочего времени рабочего i -го назначения.

Фонд рабочего времени является важным критерием и показателем при проведении работ и выборе облицовочной одежды для оросительного канала, это обосновывается тем, что срок выполнения всех операций непосредственно влияет на уровень затрат при проведении работ. Сокращения фонда рабочего времени при одинаковом уровне качества проведения работ является важной задачей мелиоративного производства. Отсюда следует, что выполнение условий формул (2.4 и 2.5) является обязательным. Данные критерии учитываются при выборе облицовочных одежд для оросительных каналов [1-3].

Для оценки эффективности применения облицовочных одежд на оросительных каналах выполняется расчет приведённых затрат по формуле

$$\sum Z_{pij} = C_{м.ч.ij} \cdot (X_{чij}) + C_{р.ч.ij} \cdot (X_{чij}) + C_{мат.общ} \quad (2.6)$$

где Z_{pij} - приведённые затраты при использовании бетонного полотна i -го размера на j -ом объекте; $C_{м.ч.ij}$ - стоимость 1 маш.-ч. работы i -го назначения на j -ом объекте; $C_{р.ч.ij}$ - стоимость раб.-ч. работы i -го назначения на j -ом объекте; $C_{мат.общ}$ - стоимость облицовочного материала i -го размера.

С целью удобства вычислений и наглядности расчет выполняется в виде таблицы (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Функциональный расчет облицовочных вариантов для оросительных каналов

Оросительные каналы	Облицовочный материал							Число приоритета $Z_{пр}$
	V1	V2	V3	...	Vj	...	Vn	
1	$Z_{п11}C_{м.о.11}$	$Z_{п12}C_{м.о.12}$	$Z_{п13}C_{м.о.13}$	...	$Z_{п1j}C_{м.о.1j}$	...	$Z_{п1n}C_{м.о.1n}$	$Z_{пр1}$
2	$Z_{п21}C_{м.о.21}$	$Z_{п22}C_{м.о.22}$	$Z_{п23}C_{м.о.23}$	...	$Z_{п2j}C_{м.о.2j}$	...	$Z_{п2n}C_{м.о.2n}$	$Z_{пр2}$
3	$Z_{п31}C_{м.о.31}$	$Z_{п32}C_{м.о.32}$	$Z_{п33}C_{м.о.33}$	...	$Z_{п3j}C_{м.о.3j}$	...	$Z_{п3n}C_{м.о.3n}$	$Z_{пр3}$
...
i	$Z_{пи1}C_{м.о.i1}$	$Z_{пи2}C_{м.о.i2}$	$Z_{пи3}C_{м.о.i3}$	...	$Z_{пij}C_{м.о.ij}$	...	$Z_{пин}C_{м.о.in}$	$Z_{при}$
...
m	$Z_{пм1}C_{м.о.m1}$	$Z_{пм2}C_{м.о.m2}$	$Z_{пм3}C_{м.о.m3}$	...	$Z_{пmj}C_{м.о.mj}$	...	$Z_{пmn}C_{м.о.mn}$	$Z_{прm}$

Фонд рабочего времени является очень важным аспектом, так как именно на основе данного показателя можно обоснованно ставить приоритет, или его отсутствие при анализе и выборе лучшего материала.

Часовая производительность машин P_{zij} также является важным показателем, особенно при анализе облицовочных материалов, где необходимость техники минимальна, или отсутствует полностью.

Расчеты в таблице производятся следующим образом. Сначала записываются известные величины и оцениваемые показатели соответственно [1-3]. По вертикали записываются названия оросительных каналов и по горизонтали варианты бетонного полотна. Таким образом, для формирования оптимальных комплектов облицовочного покрытия в мелиоративном производстве необходимо [1-7]:

- определить физические характеристики каждого варианта облицовки посредством анализа.
- выявить технико-экономическим расчетом оптимальный вариант облицовочного покрытия.

2.3 Варианты обновления облицовки оросительных каналов

Обновление материалов для покрытия оросительных каналов является неотъемлемой частью комплексного процесса технического перевооружения и основой прогрессивного развития мелиоративного производства [15, 22].

Необходимость обновления оросительных каналов в том, что в процессе эксплуатации поверхность каналов подвергается физическому износу, в результате чего ухудшаются технико-экономические показатели и важнейшие свойства канала, таких как транспортирующая способность, фильтрация и другие [37].

В настоящее время состояние каналов, а именно их поверхностного слоя, находится в критическом состоянии, поэтому задача обновления облицовки становится наиболее актуальной и требует поиска рациональных решений.

Обновление оросительных каналов может быть полное и частичное.

Полное обновление подразумевает утилизацию бетонных плит, выравнивание поверхности каналов до приемлемых норм и покрытие их приоритетным бетонным материалом; под частичной подразумевается замена разрушенной облицовки таким же, или иным материалом, в зависимости от преследуемых задач, в местах, где это необходимо, тот случай, где бетонное полотно сможет комбинировать с бетонной облицовкой.

Классификация вариантов обновления облицовки оросительных каналов представлена на рисунке 2.2.

В данном случае работает фактор конструктивно – технического уровня надежности облицовочного материала, что представляет собой обновление на качественной основе.

Оптимальный срок замены бетонных материалов – это время эксплуатации поверхностного слоя оросительного канала до начала разрушения [59, 61].

На сроки замены могут оказать влияние эксплуатационные факторы, которые можно разделить на четыре группы [1-3, 78, 79]:

- состояние производства;
- финансовое состояние, наличие фондов и лимитов;
- механовооруженность;
- состояние ремонтно-эксплуатационной базы.

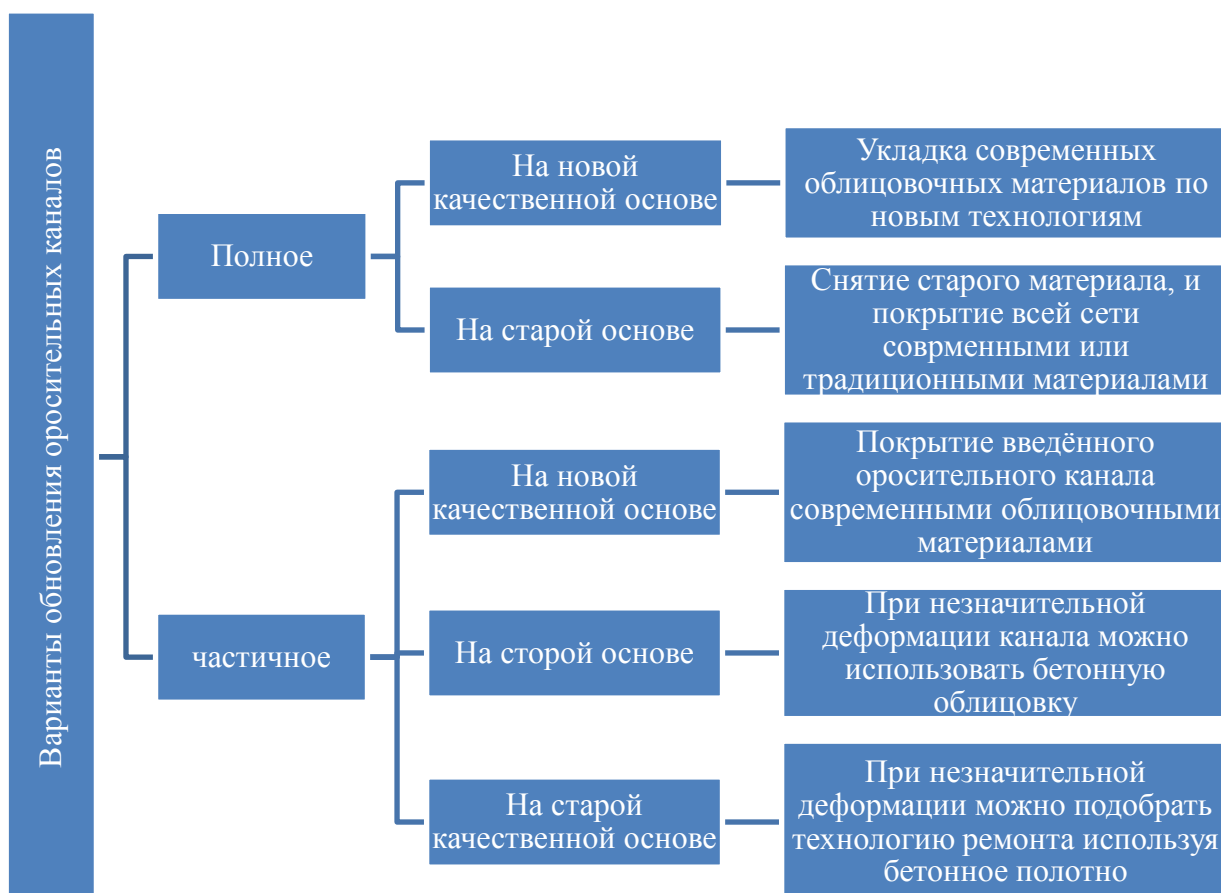


Рисунок 2.2 – Варианты обновления оросительных каналов

В процессе обновления оросительных каналов главную роль играет облицовочный материал. Замена предполагает частичную или полную утилизацию бетонного покрытия и введение в эксплуатацию приоритетного материала. В настоящее время имеет место такая ситуация, когда разрушенный канал не ремонтируется и не перевооружается новыми материалами, то происходит сокращение площади поперечного сечения и снижение объема транспортируемой воды оросительной сети. Данные случаи сокращения и снижения недопустимы, так как возрастает нагрузка на сеть и соответственно происходит сокращение орошаемых площадей из-за недополива и недополучения плановых объемов воды орошаемыми культурами.

Определим функциональное уравнение для задачи обновления оросительных каналов в мелиоративном производстве.

Решение о замене имеющегося материала другим определяется физическими характеристиками, эксплуатационными затратами, стоимостью и срока службы.

Задача обновления заключается в следующем: необходимо определить оптимальный срок службы бетонного полотна в период времени длительностью t лет, причем за оставшиеся t лет прибыль $C_{пт\ t}(t)$ от эксплуатации бетонного полотна, срок службы которого (t) лет, должен быть максимальным [88, 89].

Для составления функционального уравнения установим зависимость между величинами, входящими в задачу.

При эксплуатации имеющегося бетонного покрытия, а именно бетонной облицовки, срок службы которой (t) лет, стоимость выполненных работ по транспортировке водных ресурсов, на этапе t , описываются функцией $C_{раб\ t}(t)$, а эксплуатационные затраты функцией $C_{экспт\ t}(t)$.

Прибыль от использования этого материала $C_{пт\ t}^{им}(t)$ на этапе t можно определить по формуле

$$C_{пт\ t}^{им}(t) = C_{раб\ t}(t) - C_{экспт\ t}(t) + C_{пт\ t-1}(t + 1), \quad (2.7)$$

где $C_{\text{прт-1}}(t+1)$ – прибыль, полученная на этапе $(t-1)$ при эксплуатации бетонной облицовки сроком службы $t+1$ год.

При замене имеющегося бетонного материала со сроком службы t на этапе t новым, а именно бетонным полотном, издержки $C_{\text{изт}}(t)$ определяются разностью между стоимостью нового материала $C_{\text{матт}}$ и остаточной стоимостью $C_{\text{остт}}(t)$ имеющегося бетонного материала

$$C_{\text{изт}}(t) = C_{\text{матт}} - C_{\text{остт}}(t), \quad (2.8)$$

Прибыль при замене $C_{\text{прт}}^{\text{зам}}(t)$ можно записать следующей формулой

$$C_{\text{прт}}^{\text{зам}}(t) = C_{\text{сохр}}(0) - C_{\text{экспт}}(0) - C_{\text{изт}}(t) + C_{\text{прт-1}}(1), \quad (2.9)$$

где $C_{\text{сохр}}(0)$ – стоимость сохраненных водных ресурсов при использовании бетонного полотна; $C_{\text{экспт}}(0)$ – затраты на эксплуатацию бетонного полотна (при наличии).

Обобщая выше сказанное, составим функциональное уравнение замены бетонной облицовки на бетонное полотно

$$C_{\text{прт}}^{\text{пн}}(t) = \max \left\{ \begin{array}{l} C_{\text{сохрт}}(t) - C_{\text{экспт}}(t) + C_{\text{прт-1}}(t+1) \\ C_{\text{сохрт}}(0) - C_{\text{экспт}}(0) - C_{\text{изт}}(t) + C_{\text{прт-1}}(1) \end{array} \right\}, \quad (2.10)$$

где t – количество этапов в периоде времени.

В качестве управляющих выступают решения о замене и сохранении бетонного материала, принимаемые в начале каждого этапа. Обозначим через u_1 – решение о сохранении, через u_2 – решение о замене.

Для обновления оросительных каналов функциональное уравнение запишется так

$$C_{\text{прт}}^{\text{пн}}(t)i = \max \left\{ \begin{array}{l} C_{\text{сохрт}}(t)i - C_{\text{экспт}}(t)i + C_{\text{прт-1}}(t+1)i \\ C_{\text{сохрт}}(0)i - C_{\text{экспт}}(0)i - C_{\text{изт}}(t)i + C_{\text{прт-1}}(1)i \end{array} \right\}, \quad (2.11)$$

$i = 1, 2, 3, \dots, m$

где I – вид или типоразмер бетонного полотна; m – метраж бетонного полотна i -го вида или типоразмера.

В настоящее время произвести капитальное обновление всей оросительной сети России невозможно, так как это требует в первую очередь финансовой составляющей. Следовательно, необходимо делать это частично по мере необходимости. Каждый оросительный канал можно исследовать и дать рациональную оценку, о том стоит ли его капитально ремонтировать, используя бетонные плиты, или стоит его полностью обновить [93].

В случае, если будет произведён ремонт бетонной облицовки, возможны три варианта: сохранить имеющиеся облицованные каналы, полностью обновить каналы с использованием бетонного полотна и ремонтировать имеющиеся каналы [11].

Функциональное уравнение будет иметь следующий вид

$$C_{\text{прт}}^{\text{рем}}(t, t_p)i = \max \left\{ \begin{array}{l} C_{\text{сохрп}}(t, t_p)i - C_{\text{экспт}}(t, t_p)i + C_{\text{прт-1}}(t+1, t_p)i \\ C_{\text{сохрп}}(0,0)i - C_{\text{экспт}}(0,0)i - C_{\text{изт}}(t, t_p)i + C_{\text{прт-1}}(1,0)i \\ C_{\text{сохрп}}(t, t_p)i - C_{\text{экспт}}(t, t_p)i - C_{\text{рем}}(t, t_p)i + C_{\text{прт-1}}(t+1, t_p = t)i \end{array} \right\}, \quad (2.12)$$

$$I = 1, 2, 3, \dots, m$$

где $C_{\text{прт}}^{\text{рем}}(t, t_p)i$ – величина прибыли при эксплуатации бетонной облицовки со сроком службы t лет, последний ремонт которой производился, когда она прослужила t_p лет; $C_{\text{рем}}(t, t_p)i$ – стоимость ремонта на этапе t бетонной облицовки, со сроком службы t лет, последний ремонт которой производился, когда она прослужила t_p лет.

В данном случае управляющими выступают решения: u_1 – решение о сохранении имеющейся поверхности канала, через u_2 - приобретение бетонного полотна и u_3 - проведение капитального ремонта имеющейся бетонной поверхности канала.

При модернизации оросительного канала возможны также три варианта: сохранить имеющуюся поверхность канала, обновление канала за счет нового облицовочного материала и модернизация канала.

Функциональное уравнение будет иметь следующий вид

$$C_{\text{прт}}^{\text{мод}}(t, t_{\text{рм}})i = \max \left\{ \begin{array}{l} C_{\text{сохпт}}(t, t_{\text{м}})i - C_{\text{экспт}}(t, t_{\text{м}})i + C_{\text{прт-1}}(t+1, t_{\text{м}})i \\ C_{\text{сохпт}}(0,0)i - C_{\text{экспт}}(0,0)i - C_{\text{изт}}(t, t_{\text{м}})i + C_{\text{прт-1}}(1,0)i \\ C_{\text{сохпт}}(t, t_{\text{м}})i - C_{\text{экспт}}(t, t_{\text{м}})i - C_{\text{мод}}(t, t_{\text{м}})i + C_{\text{прт-1}}(t+1, t_{\text{м}}=t)i \end{array} \right\}, \quad (2.13)$$

$$I = 1, 2, 3, \dots, m$$

где $C_{\text{прт}}^{\text{мод}}(t, t_{\text{рм}})i$ – величина прибыли при эксплуатации модернизированного оросительного канала с использованием i -го вида бетонного полотна и типоразмера со сроком службы t лет, последняя модернизация которого производилась в момент, когда оросительный канала прослужил $t_{\text{м}}$ лет; $C_{\text{мод}}(t, t_{\text{м}})i$ – стоимость модернизации на этапе t i -го типоразмера оросительного канала, со сроком службы t лет, последняя модернизация которого производилась, когда срок его службы составлял $t_{\text{м}}$ лет.

Управляющими будут решения: u_1 – решение о сохранении имеющейся поверхности канала, через u_2 - приобретение бетонного полотна и u_4 - модернизация оросительного канала.

$$C_{\text{прт}}^{\text{общ}}(t,i) = \max \left\{ \begin{array}{l} C_{\text{прт}}^{\text{пн}}(t)i \\ C_{\text{прт}}^{\text{рем}}(t)i \\ C_{\text{прт}}^{\text{мод}}(t)i \end{array} \right\}, \quad (2.14)$$

$$I = 1, 2, 3, \dots, m$$

u_1, u_2, u_3, u_4 - соответствующие управляющие решения.

Представление процесса обновления оросительной сети функциональными уравнениями даёт наиболее полное отражение происходящих во времени динамических процессов замены, ремонта и модернизации поверхности канала, а их решение позволяет определить оптимальный срок обновления, при получении максимальной прибыли.

2.4 Оптимизация эксплуатационных показателей оросительной сети

Использование инновационных материалов в мелиоративном производстве является и даёт возможность улучшить технические и технологические

показатели за счет свойств и характеристик применяемых облицовочных материалов. При всем многообразии облицовочных материалов, необходимо выбирать именно те, которые наилучшим образом могут обеспечить пропускную и транспортирующую способность каналов, а также минимизировать или исключить фильтрационные потери. Оросительные каналы имеют определённые параметры и примерный объем, транспортирующий оросительной воды к орошаемым землям. Облицовка малых оросительных каналов проводящих сравнительно небольшой объем воды дорогостоящими материалами будет считаться нерациональным, так как затраты в данном случае будут намного выше предполагаемого результата. Отсюда следует, что к выбору материалов для каждого оросительного канала необходимо подходить с высокой долей ответственности. Соответственно предлагается использовать линейные методы расчета или современные программы для расчета стоимости, которые на данный момент времени в комплексном представлении отсутствуют.

В качестве критерия оптимальности принят суммарный размер приведённых затрат ($Z_{\text{п}}$).

Условие оптимальности следующее:

1) Качественное выполнение работ.

Данное условие необходимо, вследствие того, что мелиоративное производство нуждается в качественной основе. Поэтому, все оросительные каналы должны отвечать качественным требованиям.

Качество облицовочного материала можно оценить, применив коэффициент качества

$$K_k = k_{\text{ф}}/k_{\text{д}}, \quad (2.15)$$

$$K'_k = k_{\text{д}}/k_{\text{ф}}, \quad (2.16)$$

где K_k – коэффициент качества (для показателя требующего уменьшения); $k_{\text{ф}}$ – фактический показатель качества; $k_{\text{д}}$ – допустимый показатель качества;

Согласно формулам (2.15, 2.16) качественной работе будут соответствовать коэффициенты качества со значениями близкими к нулю.

Рассмотрим такую проблему оросительных каналов, как фильтрация воды из оросительного канала. Данное явление приводит к тому, что значительная часть водных ресурсов теряется из-за несовершенных по нынешним меркам материалов и технологий, в данном случае качеством бы считалось, если бы вся оросительная вода с момента её забора попала на орошаемые площади. Естественно, что всегда нужно реалистично оценивать ситуацию и нами допускаются незначительные потери водных ресурсов. Для учета потери водных ресурсов мы предлагаем ввести коэффициент качества сопротивления фильтрации ($K_{кф}$). Данный коэффициент можно определить по формуле

$$K_{кф} = \Phi_{ф}/\Phi_{д} \quad (2.17)$$

где $\Phi_{ф}$ – фактическая фильтрация л/с. ; $\Phi_{д}$ – допустимая фильтрация л/с;

Если $K_{кф} > 1$, сопротивление инфильтрации не соответствует нашим качественным требованиям. Качественное выполнение работ по транспортировке оросительной воды будет при $K_{кф} \rightarrow 0$. То есть должна быть тенденция к нулю, но не меньше его. Так как данный коэффициент не может принимать отрицательные значения, то условия качества при оптимизации оросительных каналов можно записать формулой

$$0 \leq K_{кфij} \leq 1, \quad (2.18)$$

2) Объем работ по покрытию оросительного канала бетонным материалом должен быть выполнен полностью

$$V_j = \sum_{i=1}^m P_{эij} \cdot X_{ij}; j = 1, 2, \dots, n, \quad (2.19)$$

где V_j - планируемый объем работ на j -м участке; $\Pi_{эij}$ - плановая часовая производительность рабочих при покрытии канала бетонным материалом i -го вида на j -ом участке; X_{ij} - продолжительность работы рабочего; m - количество приоритетных бетонных материалов i -го вида; n – количество объектов или участков производства работ.

3) Монтаж облицовочных покрытий должен быть выполнен своевременно

$$\sum_{j=1}^n X_{ij} \leq \Phi_{ij} \quad (2.20)$$

где Φ_i - фонд рабочего времени, которым располагают рабочие при монтаже i -го бетонного материала на j -ом объекте.

4) Продолжительность работы рабочего (бригады рабочих) не должна превышать максимально возможную продолжительность работы на данном объекте

$$X_{ij} \leq X_{maxij}, \quad (2.21)$$

где X_{maxij} – максимально возможная продолжительность работы рабочего или бригады при монтаже i -го вида бетонного материала на j -ом объекте (часов).

$$X_{maxij} = T_{прj} \cdot t_i \quad (2.22)$$

где $T_{прj}$ продолжительность производства работ на j -ом участке (часов); t_i - продолжительность работы бригады при использовании i -го вида бетонного материала (часов).

5) Продолжительность работы бригады не может принимать отрицательные значения

$$X_{ij} \geq 0, \quad (2.23)$$

Экономико-математическая модель оптимизации оросительных сетей за счет интенсификации строительных, ремонтных работ на мелиоративных системах имеет вид

$$Z_{\Pi} \rightarrow \min; \quad (2.24)$$

$$Z_{\Pi} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n C_{\text{м.ч.}ij} \cdot (X_{\text{ч}ij}) + C_{\text{р.ч.}ij} \cdot (X_{\text{ч}ij}) + C_{\text{мат.общ}}$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n X_{ij} \leq \Phi_{ij}; i = 1, 2, \dots, m \\ \sum_{i=1}^m \Pi_{\text{э}ij} \cdot X_{ij} = V_j; j = 1, 2, \dots, n, \end{cases}$$

$$0 \leq K_{\text{кф}ij} \leq 1; X_{ij} \geq 0; X_{ij} \leq X_{\text{max}ij}; (i = 1, 2, \dots, m; j = 1, 2, \dots, n)$$

Полученная модель является линейной, так как в её содержание входят линейные уравнения и неравенства, следовательно, для решения задачи распределения бетонных материалов по оросительной сети следует применять методы линейного программирования. Для ускорения расчета и повышения его качества целесообразным является применение ЭВМ [41, 82].

2.5 Анализ комплексной технологии при проведении строительных и ремонтных работ на оросительных каналах

Любой технологический процесс эксплуатационных работ и строительных работ на оросительных системах представляет собой совокупность операций, состоящих из рабочих процессов, циклов, особых приёмов и способов, необходимых для выполнения тех или иных работ. Современный технологический процесс в общем виде представляет собой комплекс технологических операций, осуществляемых последовательно или параллельно, с

поэтапным контролем качества, завершающимся контролем качества всего технологического процесса [8].

Технологический процесс можно представить следующими структурными формулами [10]

$$T = (\sum_{i=1}^n O_i C_{RO_i}) \cdot C_{RT}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n, \quad (2.25)$$

где $\sum_{i=1}^n O_i$ – совокупность всех операций технологического процесса; C_{RO_i} – пооперационный контроль качества; C_{RT} – контроль качества всего технологического процесса.

Данная структурная схема также справедлива и для технологических процессов, в которых возможно осуществлять несколько операций параллельно.

Рассмотрим развернутую структурную схему технологического процесса

$$T = (O_1 C_{RO_1} + O_2 C_{RO_2} + O_3 C_{RO_3} + \dots + O_i C_{RO_i}) C_{RT} \quad (2.26)$$

$$O_i = (P_{oi1} + P_{oi2} + P_{oi3} + \dots + P_{oij}) C_{RO_i} \quad (2.27)$$

где $O_1, O_2, O_3, \dots, O_i$ – технологические операции, $P_{oi1}, P_{oi2}, P_{oi3}, \dots, P_{oij}$ – соответствующие рабочие процессы i -ой операции технологии; $C_{RO_1}, C_{RO_2}, C_{RO_3}, \dots, C_{RO_i}$ – пооперационный контроль качества; C_{RT} – контроль качества технологии в целом.

Структурные формулы технологического процесса будут иметь следующий вид

$$T = ((O_1 C_{RO_1} + O_{д1} C_{RO_{д1}}) + (O_2 C_{RO_2} + O_{д2} C_{RO_{д2}}) + (O_{д3} C_{RO_{д3}} + O_{д3} C_{RO_{д3}}) + \dots + (O_i C_{RO_i} + O_{ди} C_{RO_{ди}})) C_{RT}; \quad (2.28)$$

$$O_i = (P_{oi1} + P_{oi2} + P_{oi3} + \dots + P_{oij}) C_{RO_i} + (P_{оди1} + P_{оди2} + \dots + P_{оидi}) C_{RO_{ди}} \quad (2.29)$$

$$P_{одi3} + \dots + P_{одij}) C_{RO_{ди}};$$

где $O_{д1}, O_{д2}, O_{д3}, \dots, O_{ди}$ - доделочные операции; $P_{одi1}, P_{одi2}, P_{одi3}, \dots, P_{одij}$ - рабочие процессы i -ой доделочной операции; $C_{RO_{д1}}, C_{RO_{д2}}, C_{RO_{д3}}, \dots, C_{RO_{ди}}$ - контроль качества доделочных операций.

Приведённые формулы являются общими, то есть не каждому промежуточному технологическому процессу будет нужен доделочный этап. Соответственно, технологией он должен быть учтён, а по факту работ его может не быть. Качество является первостепенным критерием и именно от него зависит необходимость в доделочных работах [8].

Условие соответствия качественным показателям можно записать в следующем виде

$$C_{RO_{\phi1}} \rightarrow C_{RO_{\phi2}} \rightarrow C_{RO_{\phi3}} \rightarrow C_{RO_{\phi i}}, \quad (2.30)$$

где $C_{RO_{\phi1}}, C_{RO_{\phi2}}, C_{RO_{\phi3}}, \dots, C_{RO_{\phi i}}$ - показатели качества работы соответствующий операций в общей технологии.

То есть показатели качества работы предыдущего процесса или операции должны обеспечивать при соблюдении стандартов начало работы следующего процесса или операции.

При формировании облицовочных материалов для отдельно взятого оросительного канала оросительной сети должен быть подобран необходимый вариант бетонного материала и рационально продуманная технология.

$$K_{MP_{\phi M}} = K_{OM1} + T_1 = K_{OM2} + T_2 = K_{OM3} + T_3 = \dots K_{\phi i} + T_i, \quad (2.31)$$

где, $K_{MP_{\phi M}}$ = качество монтажных работ облицовочного материала; K_{ϕ} = стандартизированный бетонный материал для конкретного оросительного канала; T_1 - технология, подобранная для конкретного оросительного канала.

При составлении рациональных комплектов бетонных материалов необходимо соблюдать следующие требования:

- 1) комплект облицовочного материала в соответствие с конкретными условиями должен иметь наилучшие технико-экономические показатели;
- 2) облицовочный материал должен быть выбран в соответствие с имеющимися финансовыми и физическими возможностями;
- 3) проведение монтажных работ должно проходить строго по конкретной технологии, подготовленной заранее;
- 4) допущение превышения расхода материалов и человеческих ресурсов на 10%, но не меньше установленных норм;

Стоит отметить, что эксплуатация современных облицовочных материалов, монтаж которых будет проходить в рамках описанной технологии, исключает необходимость проведения доделочных операций и их качественного контроля соответственно, а также обеспечивает динамичный поток работ при соответствующих показателях качества и позволяет в целом сократить производственные затраты.

2.6 Комплексный алгоритм оптимизации выбора облицовки оросительного канала с учетом применения инновационных материалов

Подводя промежуточный итог, необходимо обобщить теоретический материал и составить комплексный алгоритм оптимизации выбора облицовки оросительного канала с учетом применения инновационных материалов (рисунки 2.3 и 2.4).

Алгоритм состоит из пяти блоков, первые четыре обеспечивают реализацию последнего пятого блока с наименьшими затратами. Каждый блок является предшествующим следующему.

Первый блок – «Состояние оросительной сети» является начальным и именно от него зависят дальнейшие работы.

Блоки II, III, IV, V представляют собой намеченные варианты работ и их возможное выполнение в том или ином варианте.

Блоки I, II, III, IV являются планово-расчетными. Блок V – практическим или производственным.

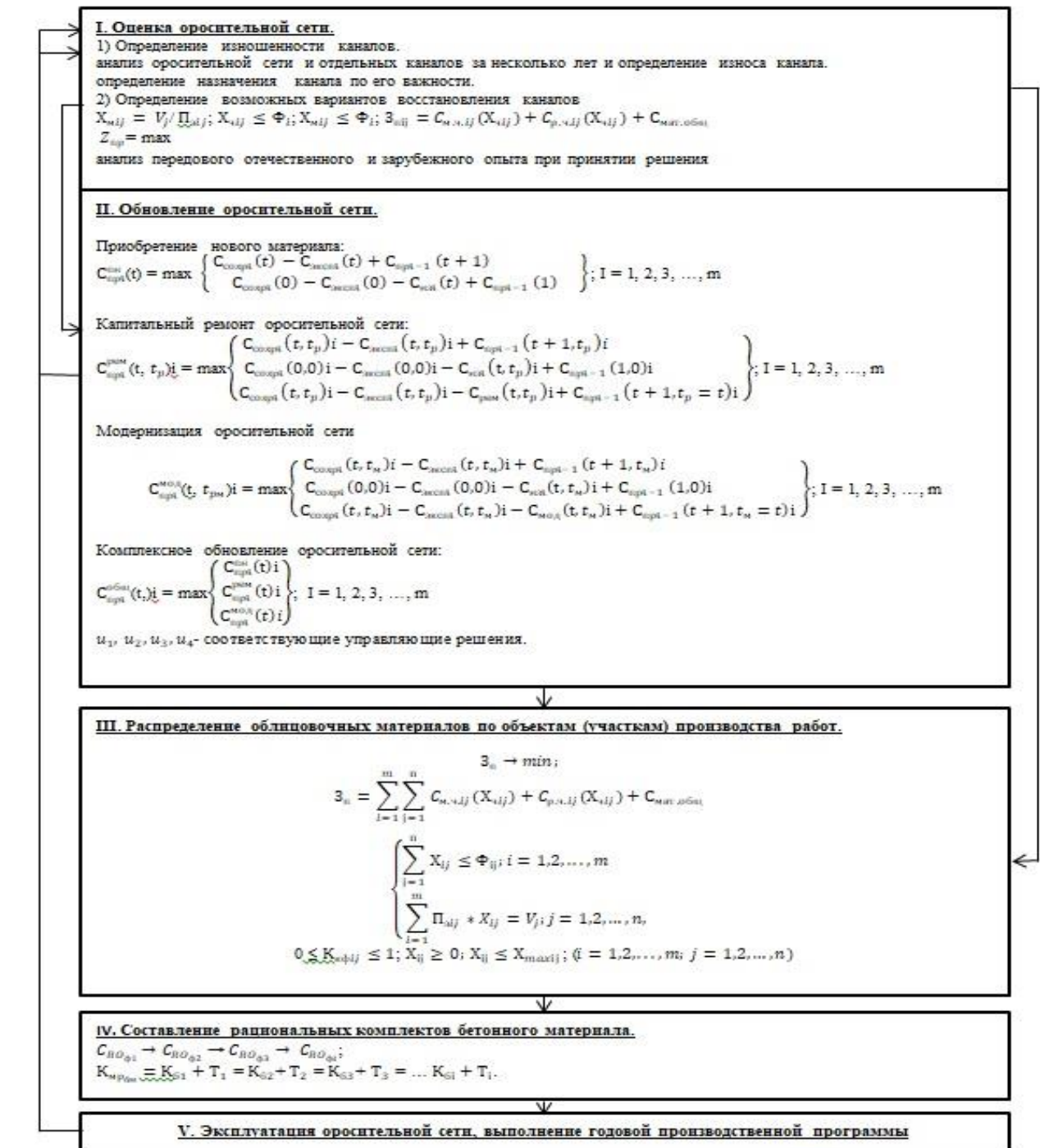


Рисунок 2.3 - Комплексный алгоритм оптимизации выбора облицовки оросительного канала с учетом применения инновационных материалов

Упрощенный вариант алгоритма выглядит следующим образом, как представлено на рисунке ниже.

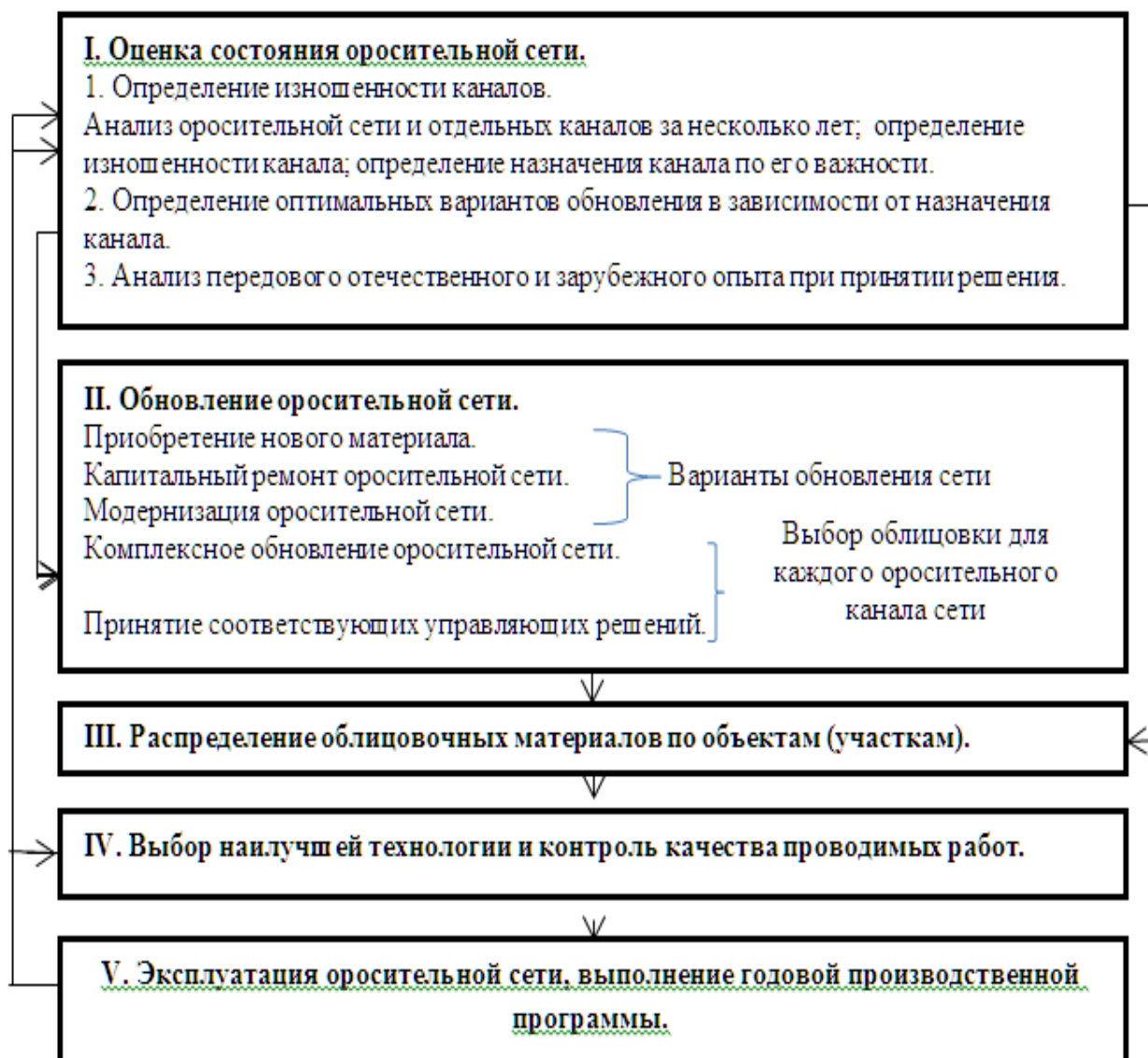


Рисунок 2.4 – Комплексный алгоритм оптимизации выбора варианта облицовки оросительного канала с учетом применения инновационных материалов (упрощенный вариант)

Использование предлагаемого алгоритма в производственном процессе позволит наиболее рационально выбирать облицовочный материал и наилучшую технологию для конкретного оросительного канала системы. Алгоритм может применяться при строительстве, ремонте или модернизации оросительных каналов. Основное условие поддержание необходимого уровня качества при минимальных затратах.

Данный алгоритм был принят к внедрению директором Энгельского филиала ФГБОУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» (приложение 4).

2.7 Компьютерная программа для определения рациональных облицовочных решений

Проведение текущего ремонта и реконструкции оросительного канала является неотъемлемой частью жизненного цикла. Соответственно, после проведения планового мониторинга состояния оросительной сети, необходимо принять решение о проведении мероприятий по восстановлению. Для проведения всех вычислительных операций по расчету стоимости облицовочных материалов и индивидуальных особенностей проекта необходимо затратить достаточно времени. Предлагаемый нами алгоритм формирования облицовочных материалов, представленный в разделе 2.2, требует проведения технико-экономического расчета для каждого материала и каждом оросительном канале.

Программа была написана на языке программирования python (приложение 1). Общий смысл программы заключается в определении рациональных облицовочных решений в зависимости от проектных особенностей и финансовых возможностей реализующего субъекта, блок-схема, которой представлена на рисунке 2.5. Язык программирования python выбран потому, что он является наиболее простым и понятным.

Переносимость программы является большим преимуществом, потому как данное приложение подойдет для любого компьютера, с минимальными системными требованиями, включая ЭВМ отечественного производства. (Свидетельство № 2021613879 Российская Федерация «Программа технико-экономического расчета рациональных облицовочных решений») (Приложение 7).

Для получения необходимых данных необходимо знать основные параметры вашего оросительного канала (проекта): ширина основания, глубина канала, длина откосов, ширина верха и т.д. При этом стоит учитывать тот факт, что всех данных может не хватать или они могут быть недостаточно достоверными. Для этого нами были разработаны 2 варианта расчета (Приложение 2):

- по ширине основания и длины откосов;

- по глубине канала, ширине основания и ширине верха.

Далее при всем многообразии облицовочных материалов необходимо выбрать приоритетный материал, при этом алгоритм выбора материала можно представить следующим образом

$$X_{\text{мат.}} = \langle a|b|c \rangle, \quad (2.32)$$

где $X_{\text{мат.}}$ – искомый материал; a, b и c – предлагаемые материалы.

$$\begin{aligned} a &= a_i, a_j, \dots \dots a_{in}, a_{jn}. \\ b &= b_i, b_j, \dots \dots b_{in}, b_{jn}. \\ c &= c_i, c_j, \dots \dots c_{in}, c_{jn}. \end{aligned} \quad (2.33)$$

Первым блок программы служит для выбора предполагаемого или анализируемого облицовочного материала.

Вторым блоком программы, как говорилось выше, является ввод исходных данных, относительно параметров оросительного канала, которые в дальнейшем будут использованы в расчетах. Расчет происходит по известным исходным данным ширины дна (c) и длины откосов (a,b), соответственно используется простая формула для определения

$$D_{\text{сеч.}} = a + b + c, \quad (2.34)$$

где $D_{\text{сеч.}}$ – длина поперечного сечения.

Далее расчет параметров канала может производиться по формуле: $AB(\text{откос}) = \sqrt{AC^2} + \sqrt{BC^2}$.

Разработанная нами программа является простой и удобной с точки зрения пользователя. Работа с программой может производиться без её предварительной установки, что облегчает задачу для многих ПК.

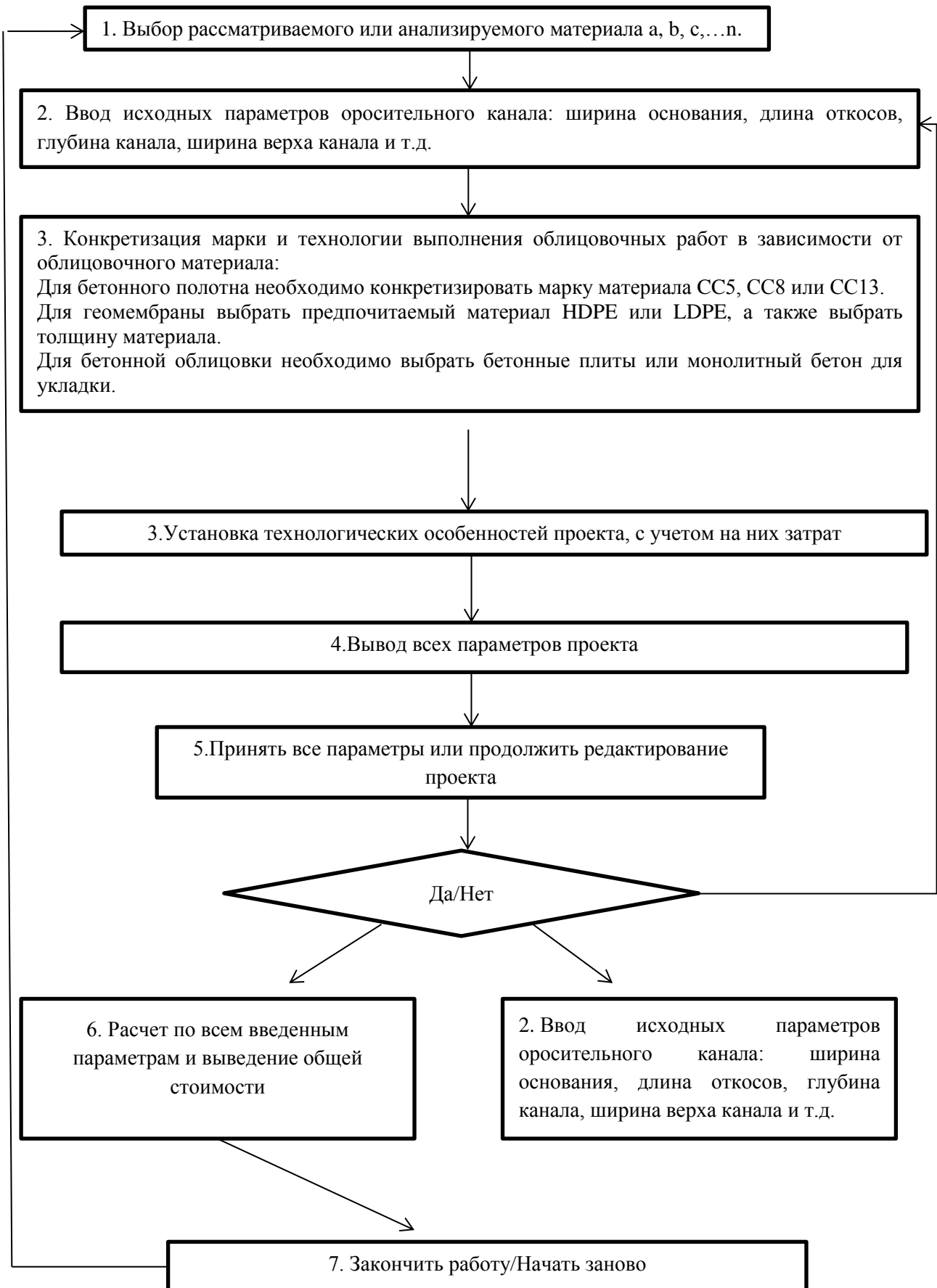


Рисунок 2.5 – Блок-схема программы для определения рациональных облицовочных решений

Третий блок программы нацелен на конкретизацию используемой марки облицовочного материала и её стоимости в зависимости от выбранного материала. У каждого облицовочного материала имеется марка или тип материала, классифицирующийся по определённым характеристикам, в зависимости от этого меняется стоимость. Программа рассчитывает площадь в квадратных метрах в зависимости от выбранного материала, стоимость аналогично рассчитывается в рублях за квадратный метр.

Четвертый блок программы даёт пользователю представление о всех параметрах проекта, таких как длина поперечного сечения, площадь укладки, необходимом количестве материала в зависимости от выбранной облицовки и т.д.

Пятый блок предлагает отредактировать какой-либо из пунктов и вернуться назад или принять проект и продолжить расчет. Также пятый блок предлагает изменить марку выбранного материала, не выходя из данного блока.

Шестой блок выводит общую стоимость проекта и точное количество необходимых комплектующих элементов, включая материал.

Седьмой блок предлагает закончить работу или начать все заново с первого блока.

Программа имеет простое и понятное оформление с визуальными подсказками и переходами (рисунки 2.6 – 2.8).



Рисунок 2.6 – Общий интерфейс программы

Предлагаемый алгоритм программы ускоряет расчет по методике определения рациональных облицовочных проектов оросительных каналов.

Данная программа имеет практическую значимость, при решении как производственных, так и учебных задач.

Выбор алгоритма расчёта параметров канала

*используйте наиболее удобный вариант расчёта исходя из известных вам параметров

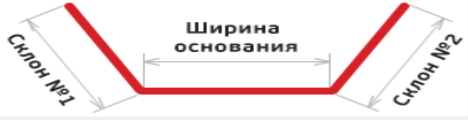
Расчёт по высоте склонов

Высота склона №1

Высота склона №2

Ширина основания

Длина траншеи



Предыдущий шаг

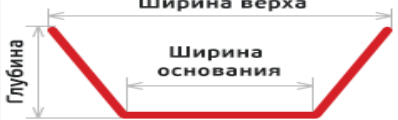
Расчёт по глубине траншеи

Глубина

Ширина верха

Ширина основания

Длина траншеи




Следующий шаг

Рисунок 2.7 – Принцип работы программы технико-экономического расчета рациональных облицовочных решений на оросительных каналах

Проверка параметров проекта

Схема проекта



Назад

Рассчитать

Высота склона №1	Высота склона №2	Ширина основания
1.5	1.5	4
Длина траншеи	Материал (облицовочный)	Длина поперечного сечения
1000	ПКН 60-20	7,0
Общая площадь укладки бетонных плит		Общая площадь укладки плёночного экрана
7000,0		7000,0

Рисунок 2.8 – Вывод на экран всех введённых и рассчитанных параметров проекта

Данная программа была принята к внедрению на производство на Приволжской оросительной системе (приложение 6).

2.8 Выводы

1. Разработан функциональный расчет для определения рациональных облицовочных решений относительно оросительных каналов с использованием ЭВМ.

2. Теоретически обоснована экономико-математическая модель комплексного обновления оросительной сети, позволяющая определить оптимальные сроки замены, ремонта и модернизации.

3. Представлены основные положения необходимые для составления оптимальных комплектов бетонных материалов для покрытия ими соответствующих оросительных каналов.

4. На основании анализа проведённых теоретических исследований разработан комплексный алгоритм оптимизации выбора рациональных облицовочных решений на оросительных каналах.

5. Нами разработана программа на ЭВМ для проведения расчетов и определения рационального варианта облицовок при проведении строительных работ и текущего ремонта оросительных каналов любого назначения.

3. ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

3.1 Программа экспериментальных исследований

Цели и задачи, представленные в работе, предполагают проведение экспериментальных исследований для подтверждения теоретических предпосылок. Намеченные нами исследования предполагают объективную оценку с помощью проведения лабораторных и полевых экспериментов.

Объектом нашего исследования являются оросительные каналы. Воссоздание точной копии оросительного канала в лабораторных экспериментах невозможно, но этого и не требуется. Это обосновывается тем, что наша работа базируется на облицовочном материале для оросительных каналов – бетонной облицовки, бетонном полотне и геомембране. Отсюда следует, что экспериментальная база исследования опирается на облицовочный материал, соответственно нам необходимо создать условия для получения количественных данных об исследуемом материале – бетонном полотне.

Программа экспериментальных исследований включала в себя следующие задачи:

- Исследовать фильтрационные свойства бетонного полотна в соответствии с контрольным материалом - бетонной облицовкой;
- Исследовать показатели крепления бетонного полотна на растяжение и деформацию.
- Исследовать качественные показатели бетонного полотна в соответствии с контрольным материалом – бетонной облицовкой;
- Сопоставить полученные результаты лабораторных экспериментов между собой и определить конкурентные преимущества бетонного полотна, при их наличии;
- Сделать соответствующие выводы по выполненному исследованию.

3.2 Методика экспериментальных исследований

3.2.1 Исследование фильтрационных свойств бетонного полотна

В мелиоративном производстве имеется множество проблемных мест, над которыми необходимо постоянно работать. В данном исследовании мы разберём такую проблему, как фильтрация оросительной воды из оросительных каналов [20, 27, 28, 64].

Были поставлены вопросы, о противодействии данному процессу эффективными способами. Был предложен инновационный облицовочный материал, значительно снижающий фильтрацию воды из канала. Таковым материалом является бетонное полотно.

В научно-технической литературе выделяют следующие методы проведения экспериментов (рисунок 3.1) [12, 106]:

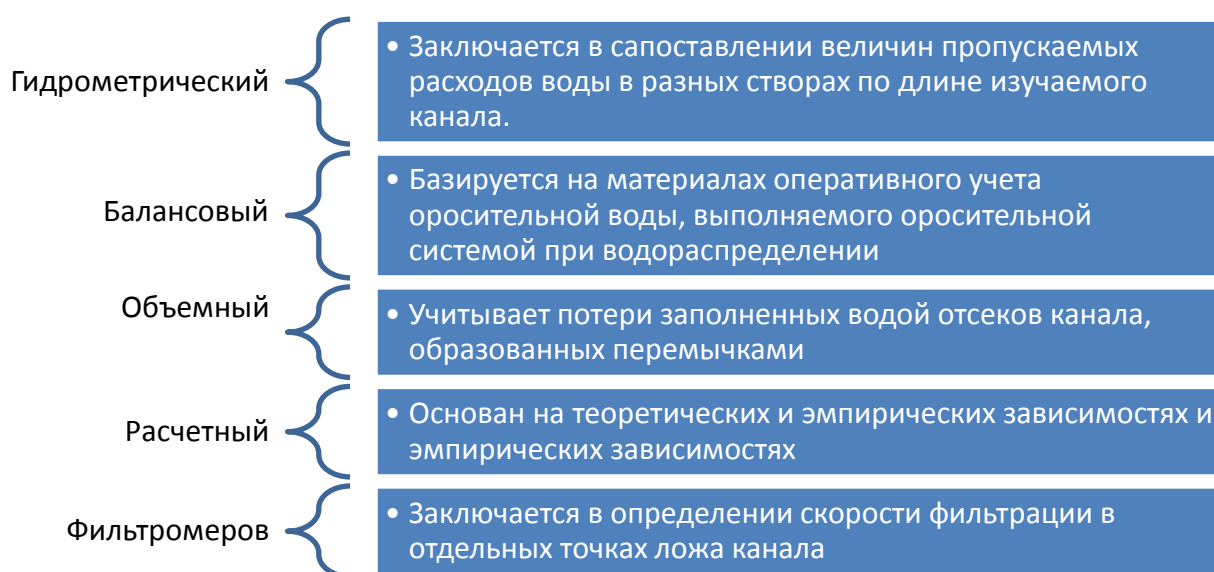


Рисунок 3.1 – Методы определения фильтрационных потерь

При проведении эксперимента использовался метод точечных фильтромеров предназначенный для локального определения фактических потерь воды на фильтрацию. Данный метод хорошо известен по работам таких ученых как П.Д. Глебов, В.А. Казаков, В.И. Ольгаренко и других ученых [12, 106].

Лабораторный эксперимент заключается в следующем. Нам необходимо искусственно воссоздать давление объёма воды на образец бетонного полотна и бетонной облицовки, и соответственно провести наблюдение.

Для проведения эксперимента нам понадобится:

- Образец бетонного полотна и образец бетонной плиты;
- 2 метровая труба с диаметром не более 15 см;
- Строительный герметик, или мастика для герметизации основания;
- Трапецевидное или прямоугольное основание для укладки образца и постановки перпендикуляра в виде трубы;
- n-ый объём воды, зависящий от высоты и диаметра трубы;
- Полиэтиленовый отрезок для закрытия верхнего отверстия трубы;
- Ёмкость диаметром более 30 см.

Установка будет иметь следующий вид (рисунки 3.2 и 3.3).

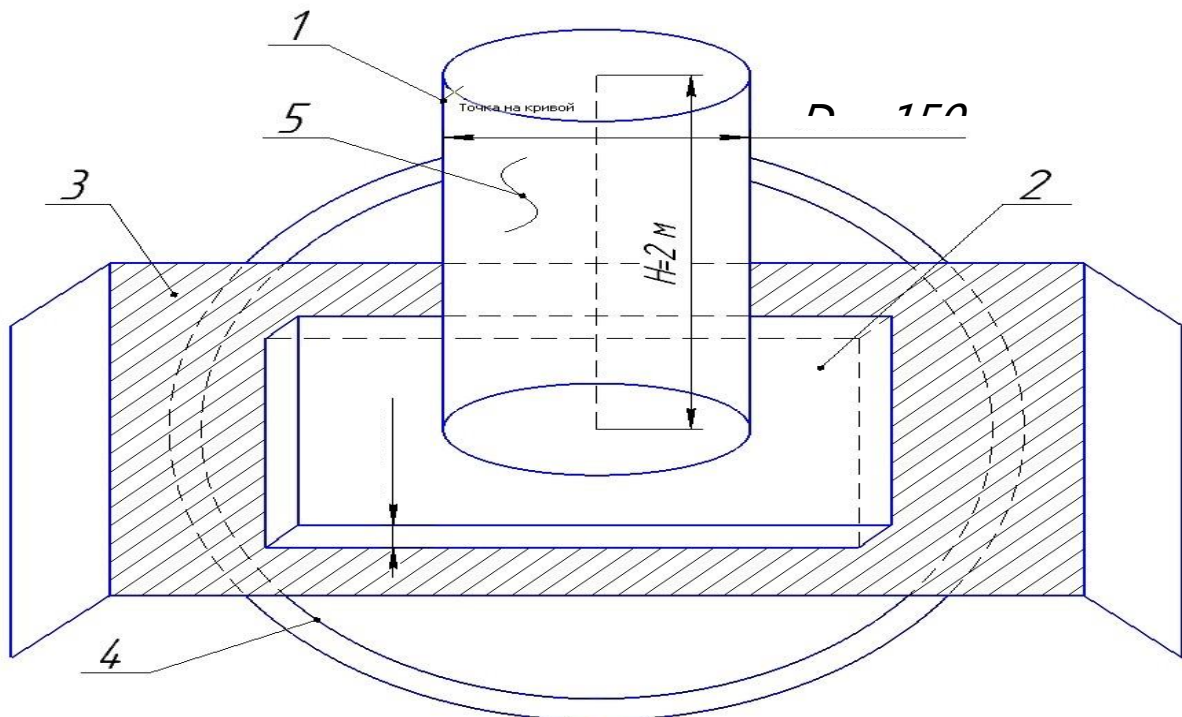


Рисунок 3.2 –Установка для проведения эксперимента в рабочем состоянии: 1 – цилиндр, 2 – образец бетонного полотна, 3 – основание для укладки бетонного полотна, 4 – ёмкость для замера фильтрационных потерь, 5 – вода.

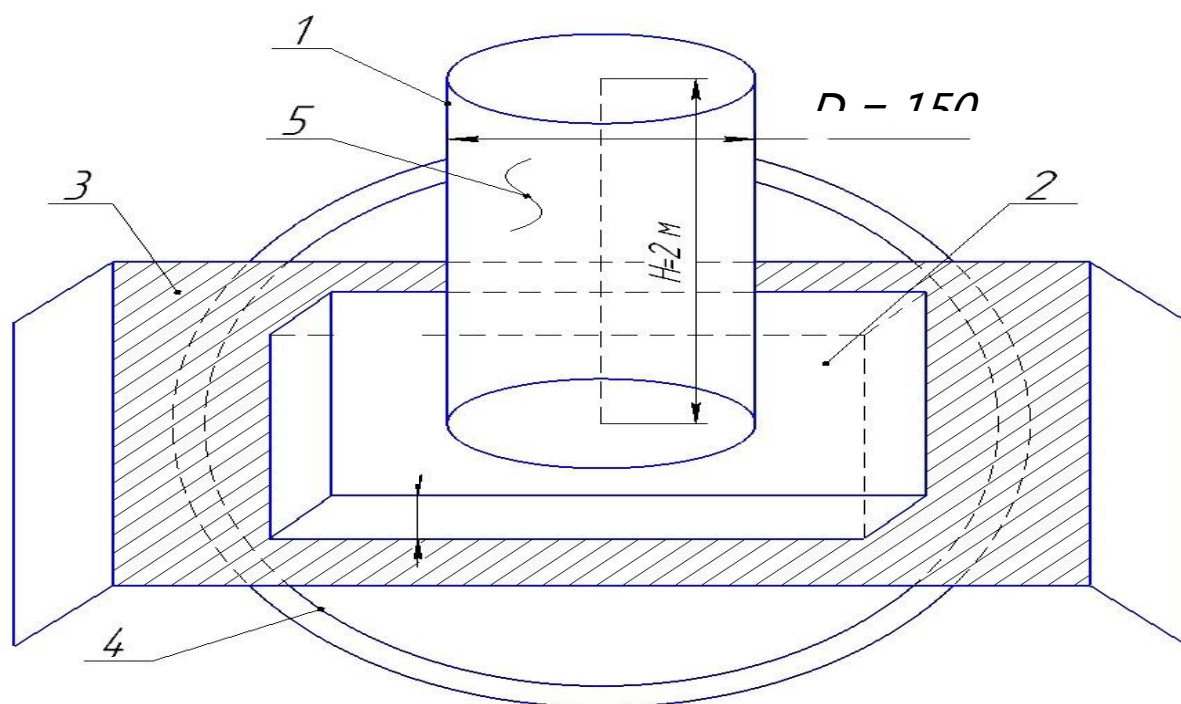


Рисунок 3.3 – Установка для проведения эксперимента в рабочем состоянии: 1 – Цилиндр, 2 – Образец бетонной плиты, 3 – Основание для укладки бетонного полотна, 4 – Ёмкость для замера фильтрационных потерь, 5 – вода.

Эксперимент выполняется в несколько этапов:

Первый этап подразумевает подготовку материалов к эксперименту. Для этого необходимо увлажнить образец бетонного полотна и подождать сутки для перехода образца в бетонное состояние и сделать форму для бетонной плиты, и соответственно залить её бетонным раствором.

Также необходимо подготовить всё вышеперечисленное для проведения эксперимента.

Второй этап подразумевает сбор установки. Для этого необходимо поставить прямоугольное или трапециевидное основание, на которое укладывается бетонное полотно. Стоит отметить, что основание должно быть полусквозное, это необходимо при протечке образца. Далее на основание укладывается затвердевший образец бетонного полотна. На образец ставится перпендикуляр в виде цилиндра, высотой в 2 метра и шириной не более 15 см. Следующим шагом будет закрепление цилиндра на бетонном полотне для

устойчивости трубы и герметизации основания с помощью герметика или строительной мастики. После герметизации основания необходимо поставить под основание конструкции ёмкость диаметром более 30 см и высотой не более 15 см (при протекании образца бетонного полотна и замера объёма потерянной воды через образец). Заключительным шагом данного этапа будет заполнение цилиндра водой. Столб воды должен быть не менее 2 метров в зависимости от высоты имеющегося цилиндра. В нашем эксперименте столб воды равен 2 метра.

Третий этап подразумевает наблюдение и регистрацию данных. Наблюдение за изменением объёма воды и состоянием установки будет в динамике. Отчет в динамике и запись в журнал учёта будет заноситься через промежутки времени:

- через 12 часов после запуска установки;
- через 24 часа после запуска установки;
- через 48 часа после запуска установки;
- через 96 часов после запуска установки;
- через 192 часа после запуска установки;

Предположительный срок проведения эксперимента 24 дня без учета подготовительного этапа. Данный эксперимент повторялся 3 раза, чередуя исследуемый материал с контрольным.

Данный эксперимент будет искусственным подобием полевого эксперимента, который бы выглядел следующим образом (рисунок 3.4).

Общий смысл данного чертежа в том, что при водопроницаемости воды из канала происходит потеря оросительной воды и подъём грунтовых вод. Данные явления являются отрицательными факторами для мелиорации в целом. Но главная идея в том, чтобы доказать водонепроницаемость бетонного полотна, а сделать это можно и в лабораторных условиях искусственно создав столб воды с давлением на определённую область. Доказав данную гипотезу, можно решить сразу две первостепенные проблемы - фильтрация воды из канала и повышение КПД оросительной сети.

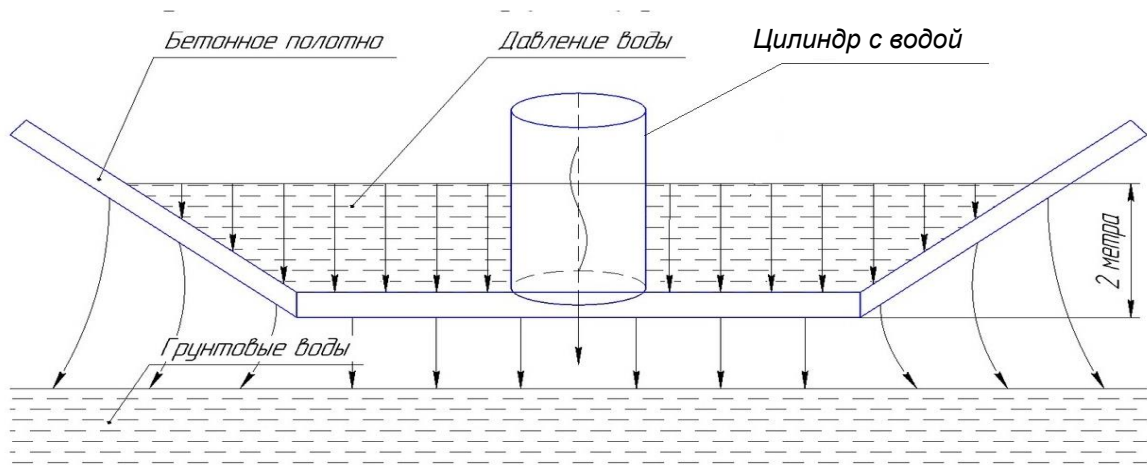


Рисунок 3.4 – Модель проводимого эксперимента

После проведения эксперимента можно оценить и сопоставить потери воды из канала при использовании бетонного полотна и бетонной плиты при их наличии. Полученный результат с аналитическим сопоставлением будет иметь хорошую теоретическую и практическую базу для дальнейших экспериментов.

3.2.2 Лабораторные испытания надежности креплений бетонного полотна

Бетонное полотно является композитным материалом, укладываемое отрезками по длине поперечного сечения и закреплённое крепежными саморезами в нахлесте полотен (рисунок 3.5).

На основании многочисленных исследований состояния бетонной облицовки установлено, что наибольшие фильтрационные потери в каналах происходят в связи с возможными просадками грунта и температурными перепадами, особенно в стыковых соединениях за счет сдвига и деформационной нагрузки. Для предотвращения таких последствий разрушения облицовки нами был проведен эксперимент по установлению надёжности стыковой части полотна.

При проведении лабораторных испытаний на растяжение за основу был выбран действующий ГОСТ Р 56785-2015 «Композиты полимерные». Сущность метода заключается в растяжении образца в виде бетонного полотна до момента его деформации или разрыва [44].

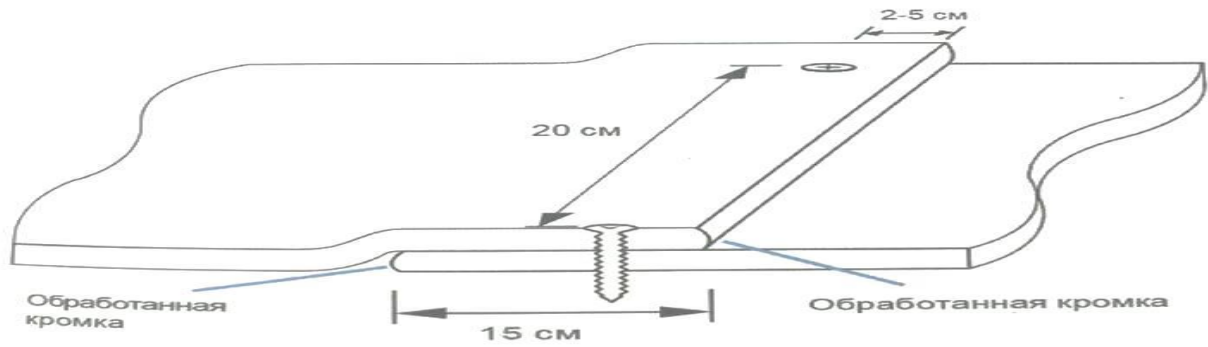


Рисунок 3.5 – Исходный способ крепления отрезков бетонного полотна

Данный способ крепления рекомендован производителем, при этом нами отмечается, что такой способ крепления может являться ненадёжным. Внутренняя часть отрезков не закреплена должным образом, не смотря на дополнительное укрепление строительным герметиком, или клеем. По нашему мнению повысить надёжность крепления можно за счет дополнительного дублирующего самореза. Рабочая гипотеза заключается в том, чтобы доказать ненадёжность данного крепления с помощью эксперимента на растяжение скреплённых отрезков между собой. Предполагается, что данное крепление не выдержит нагрузки и разорвётся в месте крепления без повреждения бетонного полотна.

В рамках эксперимента нами будет подготовлен образец крепления бетонного полотна с дополнительным саморезом, для повышения надёжности и укрепления стыков отрезков. Предполагается, что усовершенствованное крепление выдержит нагрузку на растяжение, и разрыв произойдёт в области закрепления образца в тисках, что в свою очередь докажет эффективность и надёжность крепления.

Для этого нам необходимо провести лабораторные исследования на разрыв и растяжение.

Растяжение – это вид нагружения, при котором в поперечном сечении образца возникает только один внутренний фактор – продольная сила (рисунок 3.6) [44].

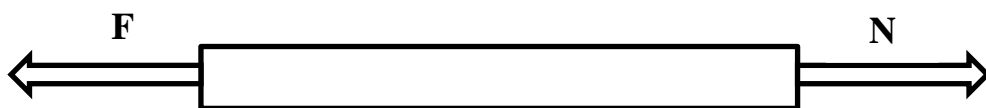


Рисунок 3.6 – Испытание на растяжение

Научный эксперимент заключается в следующем, необходимо подготовить несколько образцов бетонного полотна, закреплённого крепёжными винтами в разных вариантах для определения наиболее перспективного и надёжного крепления.

Для эксперимента были подготовлены образцы бетонного полотна СС8 (бетонное полотно толщиной 8 мм) скреплённые между собой (со следующими параметрами (см) длины, ширины и высоты 15 x 10 x 8), саморезы (4,2 x 25 по металлу), контрольно-измерительные приборы и вода для увлажнения бетонного полотна.

Эксперимент проводился в несколько этапов.

Первый этап. Подготовка отрезков бетонного полотна и скрепление их между собой саморезами. Закрепить отрезки необходимо в нерабочем (неувлажнённом состоянии) для повышения надёжности и сохранения структуры бетонного полотна.

Второй этап. Увлажнение скреплённых отрезков бетонного полотна и набор марочной прочности в течении пятнадцати суток.

Третий этап. Проведение лабораторного эксперимента на растяжение и разрыв. Установка и закрепление каждого варианта крепления бетонного полотна в тисках. Растяжение образцов до их разрушения (в области крепления или материала).

Четвёртый этап. Обработка результатов эксперимента и представления статистических данных по каждому варианту крепления.

Подготовленное бетонное полотно с заданными параметрами было скреплено крепёжными саморезами и увлажнено для перехода материала в облицовочное состояние. Варианты крепления представлены на следующем рисунке 3.7.

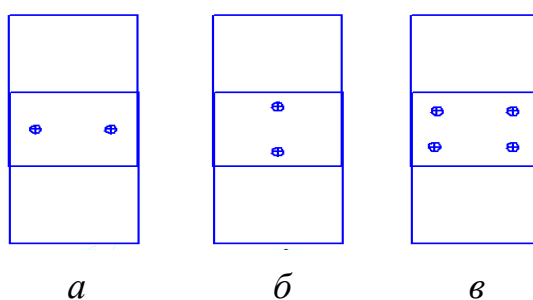


Рисунок 3.7 – Варианты крепления бетонного полотна саморезами:

а, б – заявленные производителем; в – предлагаемый

Для каждого образца были заданы следующие параметры крепления:

- крепление а – 2 см с каждой стороны от края; 5 см снизу, сверху; расстояние между саморезами 6 см;

- крепление б– 5 см с каждой стороны от края; 2 см снизу, сверху; расстояние между креплениями 6 см;

- крепление в – 2 см от края по всему периметру; расстояние между всеми саморезами 6 см.

После получения данных о разрывной нагрузке на каждый образец бетонного полотна необходимо перевести данные в единицу измерения давления, а именно механического напряжения – МПа. Вычисления производятся по общеизвестной формуле

$$\sigma_p = \frac{F_{\max(\text{раст})}}{A} \leq [\sigma], \quad (3.1)$$

где σ_p – предел прочности при растяжении; $F_{\max(\text{раст})}$ – максимальная (разрывная нагрузка); A – площадь поперечного сечения бетонного полотна; σ – допускаемый предел прочности материала.

В данном случае обязательным является выполнение следующего условия допускаемой нагрузки для крепления отрезков бетонного полотна марки СС8

$$\sigma_p \leq [2\text{МПа}], \quad (3.2)$$

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Результаты экспериментальных исследований фильтрационных свойств бетонного полотна

Нами были искусственно созданы условия облицовки оросительного канала, при котором на горизонтальном положении бетонного полотна был установлен перпендикулярно столб воды, высотой в два метра (рисунки 4.1 и 4.2).



Рисунок 4.1 – Установленный образец бетонного полотна в горизонтальном положении с перпендикулярно стоящим столбом воды



Рисунок 4.2 – Установленный и закреплённый столб воды

Цель данного эксперимента – определить фильтрационные свойства бетонного полотна. Рабочая гипотеза заключается в том, что бетонное полотно после насыщения влагой не пропустит воду через своё основание. Доказав данную гипотезу, можно с уверенностью говорить о том, что данный материал может использоваться как противотрифильтрационный.

На основе проведенного тестового эксперимента отмечались отклонения, и недочеты, по причине которых были допущены непланируемые потери воды. Исходя из этого, был запущен второй эксперимент с исправлением допущенных ошибок.

Установка была собрана заново, только с добавлением дополнительного слоя герметика в стыке образца и цилиндра. Лист бумаги был положен под установку с целью регистрации потерь воды при их наличии. Собранный установка имеет следующий вид (рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 – Подготовленная установка для проведения повторного эксперимента

Экспериментальный образец бетонного полотна был доработан для проведения эксперимента. Волокнистый слой бетонного полотна был вырезан для

постановки перпендикулярного столба воды на образец. Данная операция была выполнена для недопущения фильтрации воды через него.

Столб воды, как и в предыдущем эксперименте, составляет 2 метра (рисунок 4.4). Регистрация данных на кромке цилиндра представлена на рисунке 4.5 и 4.6.



Рисунок 4.4 – Высота цилиндра установленного на образец бетонного полотна

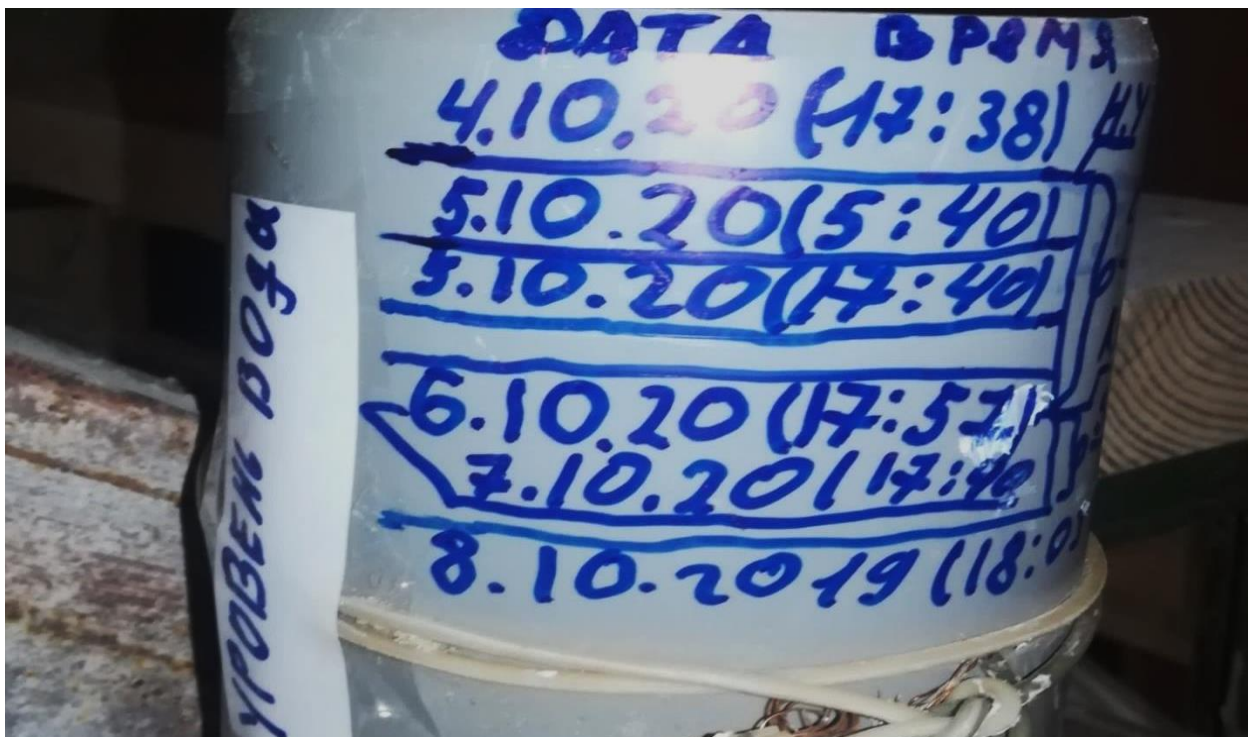


Рисунок 4.5 – Учет изменения уровня воды по дате и времени

Результаты проведённого эксперимента приведены в таблице 4.1. При исправлении недочетов первого запуска мы получаем объективный и желаемый результат, при котором можно точно определить фильтрацию или её отсутствие.

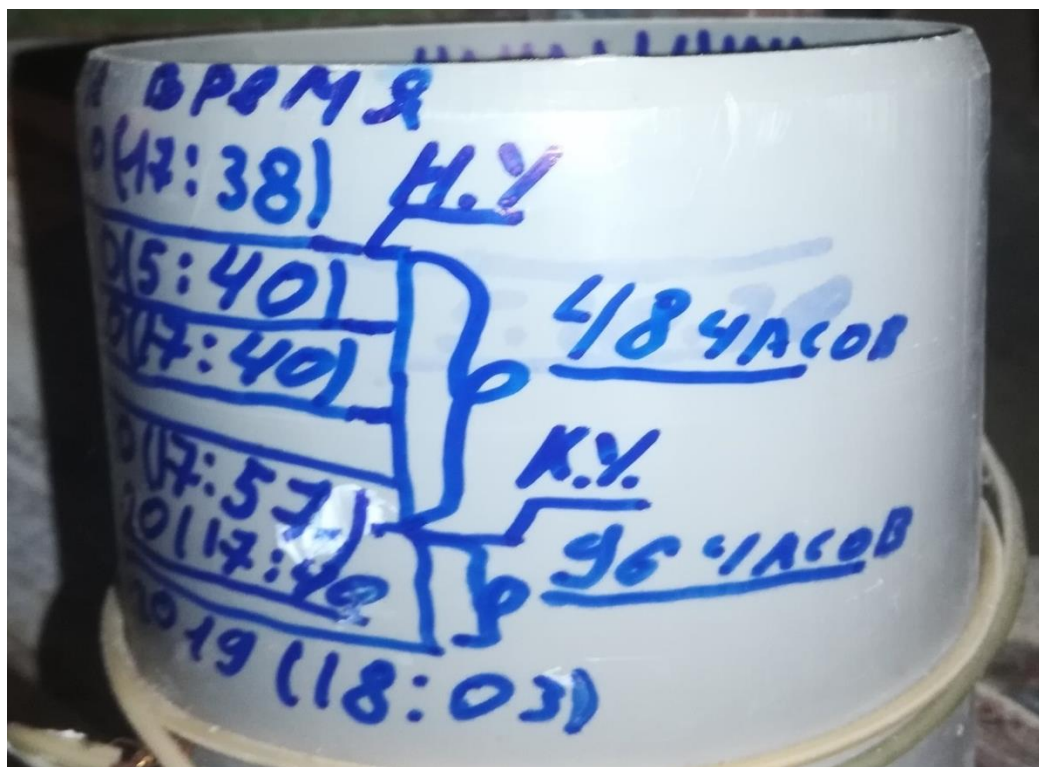


Рисунок 4.6 – Регистрация фильтрации воды по дате и времени

Таблица 4.1 – Результаты эксперимента водопроницаемости бетонного полотна

Время замера после установки	Результат	Снижения уровня см	Причина
Через 12 часов	Объем воды остался неизменным.	-	Герметичный слой не позволил произойти фильтрации воды.
Через 24 часа	Незначительные потери воды	0,4	Бетонное полотно начало впитывать влагу
Через 48 часов	Незначительные потери воды	1,2	Испарение воды и впитывание влаги бетонным полотном
Через 96 часов	Незначительные потери воды	2	Испарение воды и насыщение бетонного полотна влагой
Через 192 часа	Потёки воды через верхний слой бетонного полотна, нижняя поверхность абсолютно сухая.	2,6	Испарение воды и полное насыщение бетона влагой

Выдвигаемая гипотеза оказалась верной, бетонное полотно не пропускает влагу через себя, это доказывает сухой лист бумаги. Ощущаемая влага на поверхности бетонного полотна является естественной и предполагалась до начала эксперимента.

Таким образом, нами были получены следующие результаты исследования:

1. Бетонное полотно полностью водонепроницаемое;
2. Потери воды могут быть только за счёт испарения;
3. После нескольких циклов заполнения и осушения, бетонное полотно не теряет формы и сохраняет свои характеристики.

Проведённый эксперимент доказывает эффективность применения бетонного полотна и может решить поставленные задачи с предотвращением утечки воды из оросительного канала.

4.2 Сравнительный анализ фильтрационных свойств облицовки

На основе проведённого анализа была доказана выдвигаемая гипотеза водонепроницаемости бетонного полотна, но при аналогичном сравнении с бетонной облицовкой не была доказана её проницаемость. Исходя из этого, был проведён эксперимент водонепроницаемости бетона. Была подготовлена бетонная плита, для установки перпендикулярного цилиндра с водой и соответственно собрана установка для проведения эксперимента (рисунок 4.7).



Рисунок 4.7 – Подготовленная установка для проведения эксперимента водонепроницаемости бетонной плиты

Далее мы зарегистрировали параметры бетонной подушки, так как в рамках нашего эксперимента большую роль играет влагонасыщение и размеры облицовочного материала (рисунок 4.8).



Рисунок 4.8 – Параметры бетонной плиты

После установки нашей опытной конструкции, мы наполнили цилиндр водой и сделали первые отметки (рисунок 4.9).



Рисунок 4.9 – Регистрация уровня воды при первом наполнении

Через 48 часов мы получили следующие результаты (рисунок 4.10).

- Утечку воды на 6,5 сантиметров;
- Поглощение бетоном воды;



Рисунок 4.10 – Поглощение бетоном влаги

Соответственно, если бетон поглотил влагу, значит должен снизиться уровень воды (рисунок 4.11).

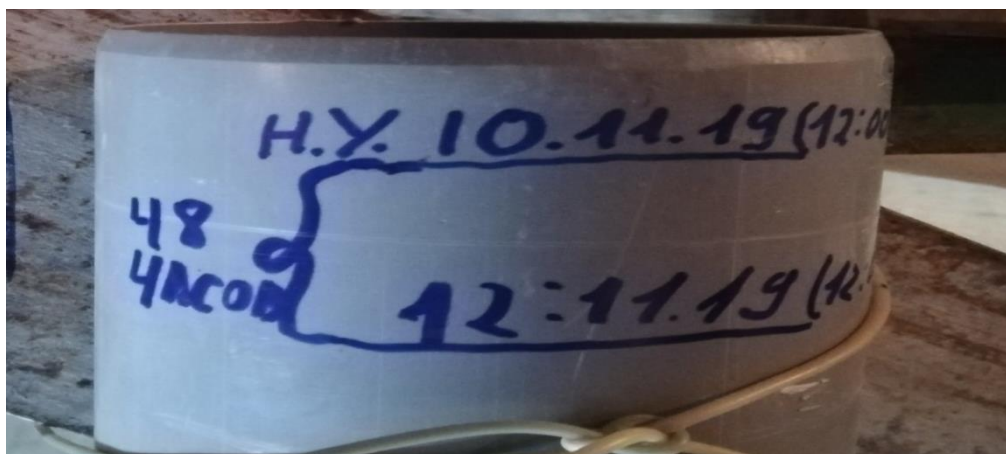


Рисунок 4.11 – Регистрация данных за 48 часов давления воды на бетонную плиту

Контрольный замер, и соответствующие выводы были сделаны по истечению 96 часов давления воды на бетонную подушку (рисунок 4.12). По результатам контрольного замера можно точно сказать, что фильтрация воды в разы превышает норму.

Уровень воды снизился на 6 см ниже, как показывают данные в динамике.

Приведём общие выводы по проведённому эксперименту в рамках водопроницаемости бетонной плиты (таблица 4.2).

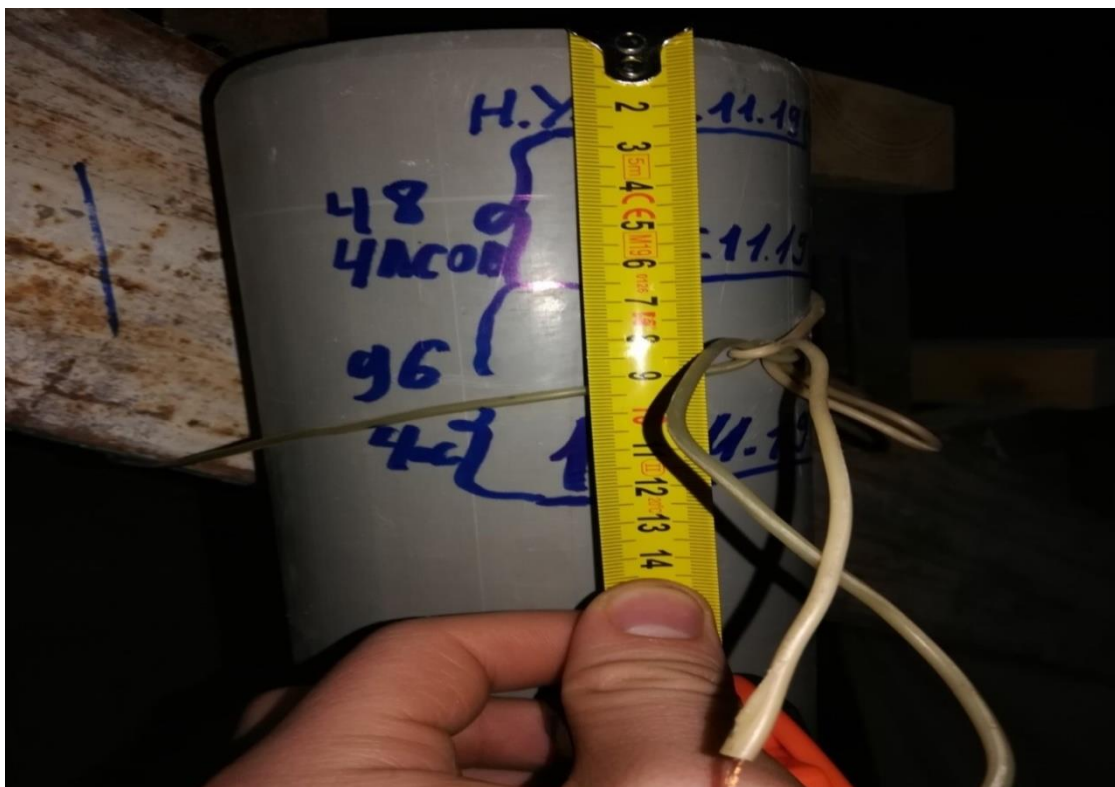


Рисунок 4.12 – Контрольная регистрация данных эксперимента

Таблица 4.2 – Результаты эксперимента водопроницаемости бетонной плиты

Время замера после установки	Результат	Снижения уровня воды см	Причина
Через 12 часов	Незначительное изменение уровня воды	0,3	Бетонная подушка начала впитывать воду
Через 24 часа	Наглядные потери воды	2	Бетонная подушка впитывает влагу
Через 48 часов	Большие потери воды	4,1	Отмечается активное уменьшение уровня воды в цилиндре
Через 96 часов	Значительные потери воды	6,5	Отмечаются активное уменьшение уровня воды в цилиндре
Через 192 часа	Потёки воды через верхний слой бетонного полотна, нижняя поверхность абсолютно сухая.	12,5	Отмечаются активное уменьшение уровня воды в цилиндре

Построим диаграмму по результатам лабораторного эксперимента водопроницаемости бетонной плиты и бетонного полотна (рисунок 4.13).

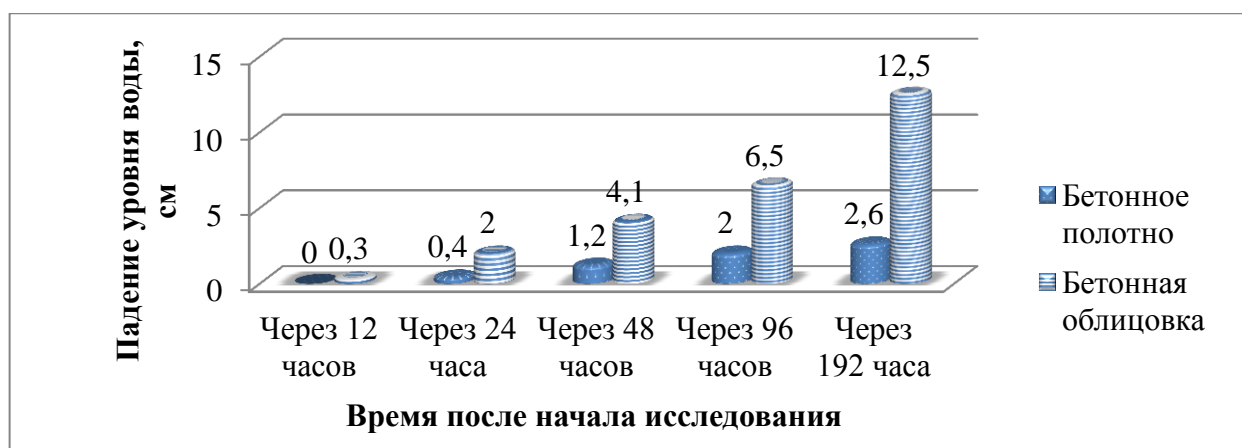


Рисунок 4.13 – Оценка водопроницаемости облицовочных материалов

После того, как мы получили данные о водопроницаемости см./сутки мы можем определить фильтрационный расход.

Фильтрационный расход — это коэффициент, характеризующий проницаемость грунтов в отношении фильтрации воды при полном насыщении, численно равный скорости фильтрации при единичном градиенте напора [106].

Нами был определён общий объём (в литрах) цилиндра по формуле

$$V_{\text{Цилиндр}} = \pi \cdot r^2 \cdot h, \quad (4.1)$$

$$V_{\text{Цилиндр}} = 3,1415 \cdot 7,5\text{см}^2 \cdot 200\text{см} = 35,34 \text{ (литров)}, \quad (4.2)$$

После того, как были получены данные о фильтрационных свойствах, был определен фильтрационный расход. Его рассчитали для каждого облицовочного материала как отношение объема воды ко времени изучаемого процесса (таблица 4.3) [12,106].

Таблица 4.3 – Фильтрационный расход

Экспериментальный образец	Время, с	Объём, л	Фильтрационный расход, л/с
Бетонное полотно	172800	0,21	$1,21 \cdot 10^{-6}$
	345600	0,35	$1,01 \cdot 10^{-6}$
	691200	0,46	$6,65 \cdot 10^{-7}$
Бетонная плита	172800	0,72	$4,16 \cdot 10^{-6}$
	345600	1,15	$3,32 \cdot 10^{-6}$
	691200	2,21	$3,19 \cdot 10^{-6}$

На основании формул Г.К. Ризенкампа и А.Н. Костякова, а также общеизвестных исследований ученых в области фильтрационных потерь воды из канала использовали усреднённые коэффициенты фильтрации противofильтрационных покрытий (ТКП 45-3.04-8-2005)[12,106]

$$Q_f = 0,0116 \frac{k_t}{t} \left[b(d_c + t) + 2d_c \left(\frac{d_c}{2} + \frac{mt}{\sqrt{1+m^2}} \right) \right] \sqrt{1+m^2}, \quad (4.3)$$

где k_t – коэффициент фильтрации экрана, м/сут.; t – толщина облицовки, м; b – ширина канала по дну, м; d_c – глубина наполнения канала при расчетном расходе, м; m – коэффициент заложения откосов.

Коэффициент фильтрации позволяет определять фильтрационные потери воды, на основании фактических их замеров в характерных точках смоченного периметра канала с достаточной степенью точности с последующим пересчетом и получением потерь воды на фильтрацию для всей фильтрующей площади канала (таблица 4.4, рисунок 4.14) [12,96,106].

Таблица 4.4 – Сравнительный анализ фильтрационных показателей различных типов противofильтрационных облицовок

Вид облицовки	Фильтрационные потери на 1 м ² , м ³ /сут.	Показатели канала	
		расход воды, м ³ /с	потери на 1 км, м ³ /с
Бетонное полотно СС8	0,00038	0,201...0,500	0,0012
		0,501...1,000	0,0016
		1,001...2,000	0,0022
Железобетонные облицовки ПKN 60.20	0,0007	0,201...0,500	0,0036
		0,501...1,000	0,0054
		1,001...2,000	0,0075
Монолитные облицовки	0,0005	0,201...0,500	0,0031
		0,501...1,000	0,0042
		1,001...2,000	0,0057

Получены экспериментальные данные влагопроводности и фильтрационных потерь оросительной воды из каналов, облицованных бетонным полотном, по сравнению с традиционными покрытиями. На основании проведенного лабораторного

эксперимента водопроницаемости был рассчитан фильтрационный расход для бетонного полотна и бетонной плиты относительно нашего эксперимента. По итоговому замеру (через 192 ч) фильтрационный расход для бетонного полотна составил $6,65 \cdot 10^{-7}$ л/с, для бетонной плиты – $3,19 \cdot 10^{-6}$ л/с. Фильтрационные потери в канале (расход воды 1,0–2,0 м³/с) с облицовкой из бетонного полотна – 0,0022 м³/с, из сборных железобетонных плит – 0,0075 м³/с, из монолитного бетона – 0,0057 м³/с. Таким образом, эффективность бетонного полотна выше за счет снижения фильтрационных потерь и, соответственно, повышения КПД.

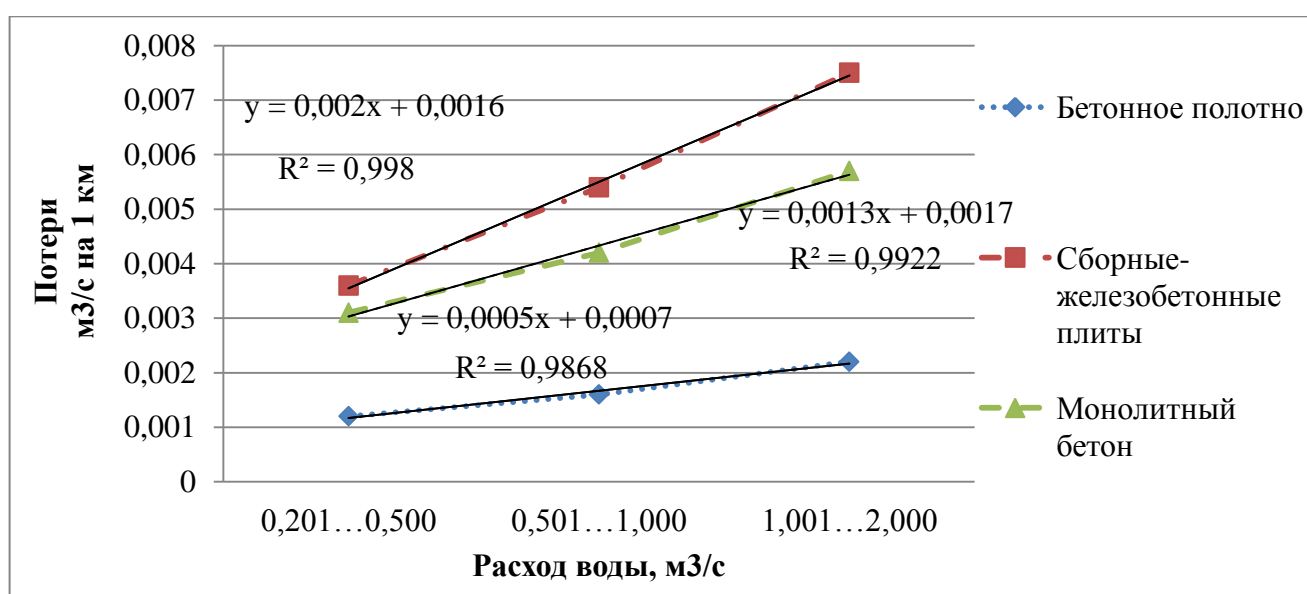


Рисунок 4.14 – Фильтрационные потери от вида облицовки и расхода воды в канале

Таким образом, на основе проведенного эксперимента и сравнительного анализа характеристик допускается использование бетонного полотна в качестве облицовочного материала на оросительных каналах систем.

Делаем общий тезисный вывод по проведенному эксперименту:

1. Бетонная подушка впитывает воду, но в рамках эксперимента утечек воды через основание не произошло, при этом факт снижения уровня воды есть;

2. При значительных размерах бетонной плиты отмечается недостаточный диаметр цилиндра с водой, так как вода должна покрывать большую поверхность в рамках данного эксперимента. Поглощённая бетонной подушкой

вода испаряется, что является дополнительным фактором, не дающей поглощённой воде дойти до дна бетонного образца;

3. Установленный перпендикулярно цилиндр с водой занимает лишь 20% площади бетонной подушки, то есть при покрытии всей площади влагопотери и утечки увеличатся в 5 раз и уровень воды понизится в 5 раз соответственно. Потери будут составлять около 60 сантиметров за 192 часа, что в последствии привело бы к утечке воды через основание.

Отсюда следует, что полученный результат эксперимента удовлетворяет нашей рабочей гипотезе о водопроницаемости бетонной облицовки, что является прямым доказательством необходимости использовать более современные материалы, с низкими фильтрационными свойствами.

4.3 Результаты экспериментальных исследований на растяжение и разрыв бетонного полотна

Нами были подготовлены экспериментальные образцы бетонного полотна СС8 (бетонное полотно толщиной 8 мм), скреплённые между собой саморезами. Проверялись три варианта крепления, одно из которых усиленное (4 самореза).

Испытания проводились с заданной скоростью захвата машины до 10 мм/мин. Данная скорость захвата удовлетворяет требованиям проведения эксперимента 1,0+0,5 мин на одно испытание [44].

Испытания на растяжение образцов бетонного полотна проводились с помощью разрывной машины (РМ-200). Все образцы были заранее подготовлены и набрали необходимую прочность для проведения испытаний.

С каждой стороны захвата материала были установлены губки, для недопущения разрыва или деформации основания образцов в захвате. Разрушение образцов в месте крепления губок недопустимо, при разрушении эксперимент начинается снова после замены образца бетонного полотна.

Первый вариант крепления имел следующий вид и параметры (рисунок 4.15).

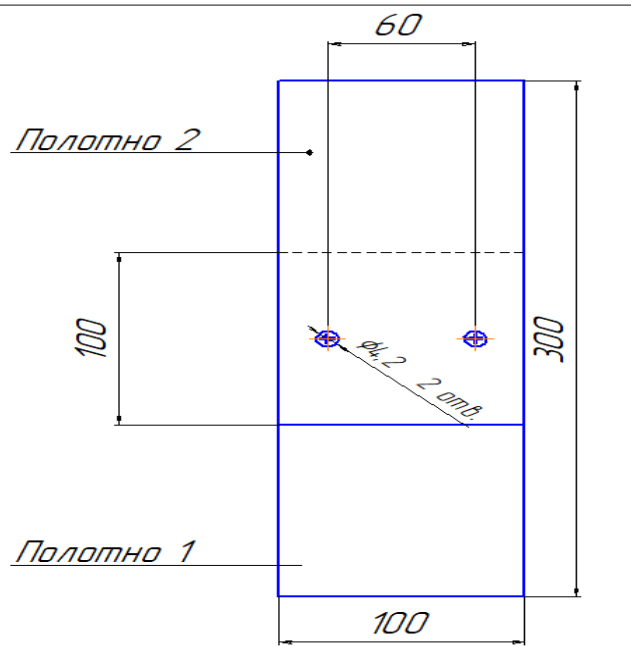


Рисунок 4.15 – Вариант крепления бетонного полотна *a*

В процессе эксперимента подтвердилась рабочая гипотеза о слабом креплении отрезков двумя винтами (рисунки 4.16 и 4.17).



Рисунок 4.16 – Установка образца *a* в тиски

После проведения каждого испытания разрывная машина очищалась от мелких частиц бетона.

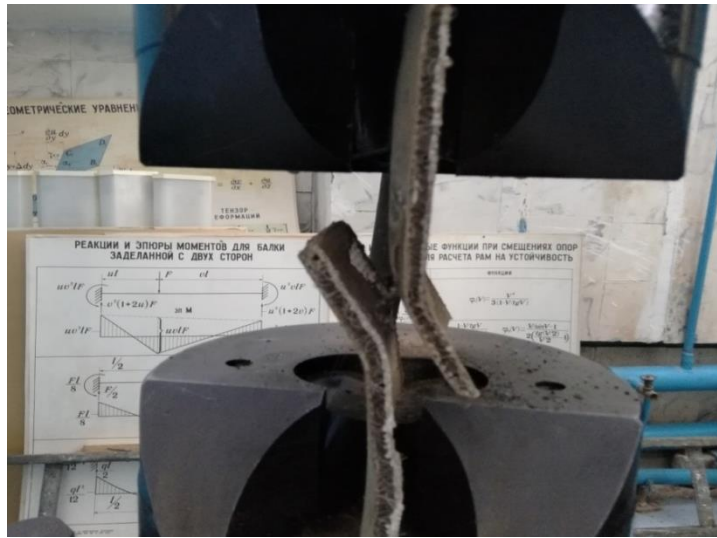


Рисунок 4.17– Результат эксперимента на растяжение *a*

По итогу трёх повторений данного эксперимента с вариантом крепления *a*, удалось получить следующие результаты (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Испытания крепления *a* на прочность при растяжении

№ опыта	Вариант крепления	Разрывная нагрузка (кг)	Визуальный результат
1	<i>a</i>	93,7	Разрыв крепления
2	<i>a</i>	90,5	Разрыв крепления
3	<i>a</i>	91,2	Разрыв крепления

Далее был испытан следующий вариант крепления бетонного полотна *b* (рисунок 4.18).

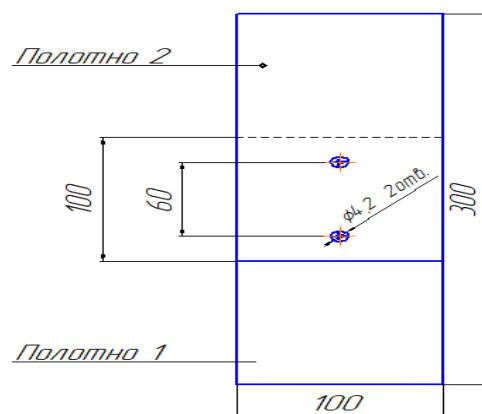


Рисунок 4.18 – Вариант крепления бетонного полотна *b*

Данный вариант крепления бетонного полотна, аналогично открепился в области соединения винтов с бетонным полотном (рисунок 4.19).



Рисунок 4.19 - Результат эксперимента на растяжение б

Однако, данный образец выдержал более высокую нагрузку. Разрывная нагрузка для крепления б выше. Результаты испытаний представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Испытания крепления б на прочность при растяжении

№ опыта	Вариант крепления	Разрывная нагрузка (кг)	Визуальный результат
1	б	117,5	Разрыв крепления
2	б	119,3	Разрыв крепления
3	б	116,6	Разрыв крепления

Далее был испытан последний вариант крепления на четырёх винтах, вариант с (рисунки 4.20- 4.22).

Предлагаемый нами вариант с укреплен дополнительным рядом саморезов, что должно повысить сопротивление разрывной нагрузки крепления материала и

впоследствии при просадках грунта материал будет эффективно выдерживать нагрузку.

Надёжность является одним из основных критериев при выборе материала.

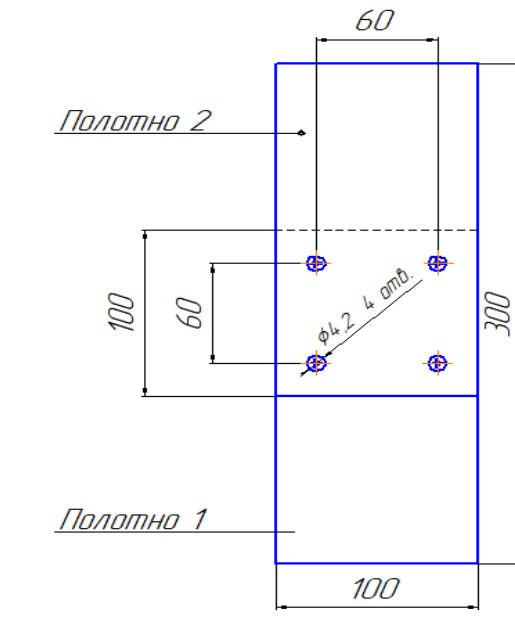


Рисунок 4.20 – Вариант крепления бетонного полотна в



Рисунок 4.21 – Результат испытания на растяжение образца в



Рисунок 4.22 – Результат растяжения образца *в*

Вариант крепления бетонного полотна, предлагаемый нами в полной мере выдержал нагрузку, которая в последствие перешла на само бетонное полотно.

Предел нагрузки по данному варианту крепления был самым высоким (таблица 4.7).

Таблица 4.7 – Испытания крепления *с* на прочность при растяжении

№ опыта	Вариант крепления	Разрывная нагрузка (кг)	Визуальный результат
1	<i>в</i>	164,2	Разрыв полотна
2	<i>в</i>	162,5	Разрыв полотна
3	<i>в</i>	162,8	Разрыв полотна

По итогу проведённых лабораторных испытаний, крепления *а* и *б* имели слабое крепление, в результате чего образцы разрывались в области крепления винтов, а укрепленный вариант *в* смог выдержать нагрузку и разорвалось само бетонное полотно у основания тисков во всех случаях повторения испытания (рисунки 4.23-4.25).



Рисунок 4.23 – Результаты испытаний крепления *а*



Рисунок 4.24 – Результаты испытаний крепления *б*



Рисунок 4.25 – Результаты испытаний крепления *в*

Для более наглядного отображения результатов эксперимента необходимо представить пределы разрывной нагрузки (таблица 4.8).

Таблица 4.8 – Технические результаты испытаний на растяжение

Испытание	Вариант крепления		
	<i>a</i>	<i>б</i>	<i>в</i>
Первое	93,7 кг	117,5 кг	164,2 кг
Второе	90,5 кг	119,3 кг	162,5 кг
Третье	91,2 кг	116,6 кг	162,8 кг

В данном случае необходимо рассчитать коэффициент запаса для крепления отрезков бетонного полотна. Так как исследуемый материал является неоднородным коэффициент запаса прочности можно закладывать не менее 1,2. Так как для гидротехнических сооружений главное надёжность возьмем полуторный коэффициент запаса прочности для нашего образца.

$$[n] = \frac{\sigma_{\text{раст}}}{k} \leq [2\text{МПа}], \quad (4.4)$$

$$[n] = \frac{2,05\text{МПа}}{1,5} = 1,36\text{МПа} \leq [2\text{МПа}], \quad (4.5)$$

Таким образом, мы получили результаты испытаний, доказывающие неэффективность способа крепления отрезков бетонного полотна, заявленного производителем. Предложенный нами способ крепления оправдал рабочую гипотезу, вследствие чего наш вариант крепления выдержал все испытания. Предлагаемый нами вариант крепления *в* имеет максимальный предел прочности – 164,2 кг (2,05 МПа), вариант *a* – 93,7 кг (1,17 МПа), *б* – 119,3 кг (1,49 МПа). Таким образом, вариант крепления *в* на 75,21 % превосходит по прочности вариант *a* и на 37,58 % вариант *б*. Следовательно, для создания герметичного соединения он будет подходить наилучшим образом. На основе результатов проведённых экспериментов предлагается использовать следующий список крепления (рисунок 4.26).

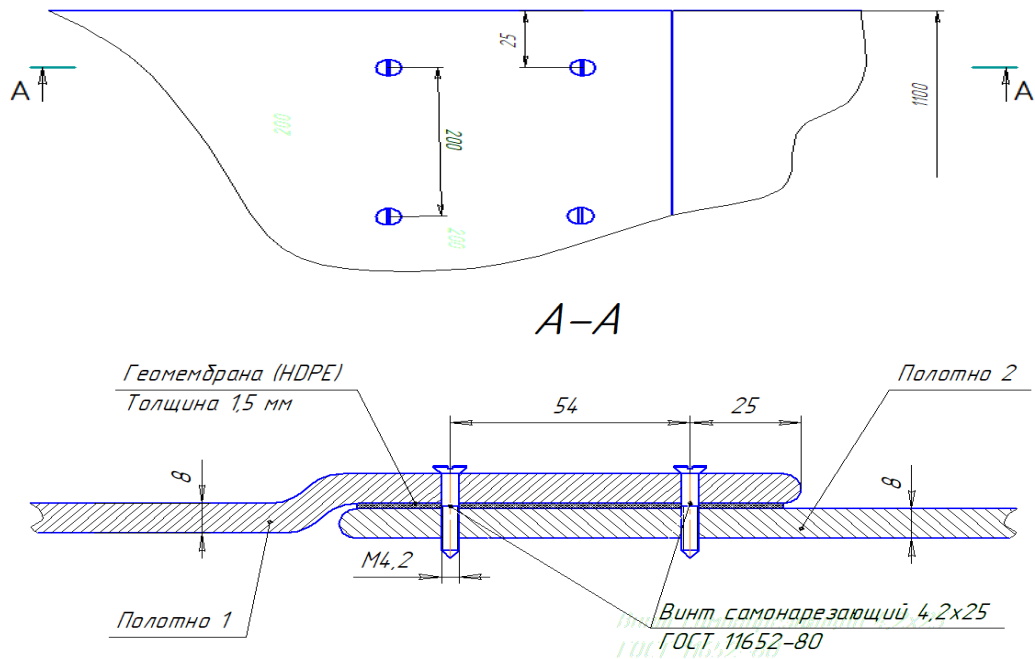


Рисунок 4.26 – Способ крепления отрезков бетонного полотна

Данная конструкция принята к внедрению компанией Concrete Canvas Ltd (приложение 5).

После укладки и закрепления полотна необходимо его увлажнить водой по всей площади канала. Необходимый объем воды равняется 50 % от веса полотна.

Заключительным шагом является засыпка анкерных пазов грунтом, который в последующем времени станет бермой канала.

При проведении работ по укладке бетонного полотна в земляном русле необходимо иметь: бетонное полотно, рабочую спецодежду, канцелярский нож, дисковая пила, металлические колья, киянка, автоматическая отвертка и винты из нержавеющей стали, строительный герметик. Также необходима помощь 1-2 экскаваторов для создания анкерных пазов и подъемный кран при использовании бетонного полотна в больших рулонах.

Таким образом, при работах с бетонным полотном земляные работы должны быть выполнены в описанном нами порядке и в соответствии с технологией. Введенные корректировки в существующие технологии необходимы для покрытия каналов инновационным материалом. Любая технология должна

быть адаптирована и готова к изменениям с появлением новых материалов, это способствует развитию технического прогресса в мелиоративном производстве.

4.4 Выводы

Полученные результаты экспериментов являются важной частью исследования, так как они имеют теоретическую и практическую значимость. Данные эксперименты позволили оценить свойства бетонного полотна относительно фильтрационных свойств и надёжности крепления.

Эти результаты непосредственно относятся к рациональному отбору облицовочных материалов на основе полученных и имеющихся данных.

Исходя из выше сказанного, можно сделать следующие выводы по результатам полученных данных в этой главе:

- лабораторный эксперимент водопроницаемости облицовочных материалов показал, что бетонное полотно в 4 раза эффективнее сопротивляется фильтрации, средний уровень снижения воды в цилиндре 1,93 см., а для бетонной облицовки 7,7 см.

Фильтрационные потери в канале (расход воды 1,0–2,0 м³/с) с облицовкой из бетонного полотна – 0,0022 м³/с, из сборных железобетонных плит – 0,0075 м³/с, из монолитного бетона – 0,0057 м³/с. Таким образом, эффективность бетонного полотна выше за счет снижения фильтрационных потерь и, соответственно, повышения КПД.

Лабораторные испытания на растяжение показали, что предложенный производителем способ крепления отрезков бетонного полотна являлся несовершенным и требовал доработки. Предложенный нами способ крепления в 2 и в 1,5 раза эффективнее, выдержав максимальную нагрузку на растяжения в 164,2 кг.

Таким образом, на основе проведенного эксперимента и сравнительного анализа характеристик перспектива использования бетонного полотна на распределительных оросительных каналах высока как у нас в стране, так и за рубежом.

Разработанная нами инновационная, ресурсосберегающая технология, позволяет не только экономично проводить облицовочные работы за счет

снижения затрат бетонного полотна при укладке, но также и повысить безопасность и надежность облицовки за счет двойного крепления крепежных болтов для лучшей фиксации материала и слоя геомембраны по длине нахлеста, что полностью исключает утечки и фильтрацию воды через стыки отрезков.

5. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛОЖЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ

В 2020 году была разработана, апробирована и принята к внедрению в производство инновационная технология укладки бетонного полотна на Энгельсской и Приволжской оросительных системах ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз». Предлагаемая технология усовершенствует технологический процесс строительства и ремонта оросительных каналов, полностью исключает фильтрацию через стыки материала, а главное сокращает затраты материала и тем самым обеспечивает экономический эффект в объеме 509532 рублей, при общей площади укладки 5450 м².

Внедрение инновационного материала с усовершенствованными технологиями позволяет повысить качество и надёжность оросительной сети, за счет бесперебойной и стабильной работы. Под качеством в данном случае понимается доставка (транспортировка) оросительной воды в полном объеме до орошаемых земель за вычетом потерь воды на испарение, что соответственно было нереализуемо ранее.

Нами также была разработана, апробирована и принята к внедрению программа по выбору рационального облицовочного решения. Данная разработка имеет универсальный характер применения в любых масштабах производства. Результаты научно-исследовательской работы направлены на ускорение расчета и анализа проектов.

5.1 Эффективность разработанной технологии укладки бетонного полотна при проведении строительных и ремонтных работ на оросительных каналах

При комплексном подходе решения вопросов облицовки оросительных каналов при строительстве, ремонте и модернизации данная модель будет иметь высокую ценность по причине быстрого и высококачественного проведения облицовочных работ на любом объекте и с учетом всех индивидуальных

особенностей и подбором материала. Экономический эффект в данном случае составит 509532 рублей, при общей площади укладки 5450 квадратных метров выполненных облицовочных работ.

Алгоритм расчёта экономического эффекта

В расчете экономической эффективности учитывались следующие показатели:

1) Сменная производительность бригады рабочих и машин

$$P_{см\text{б}o} \leq 80 \text{ м}^2, \quad (5.1)$$

$$P_{см\text{б}п} \leq 800 \text{ м}^2, \quad (5.2)$$

где $P_{см\text{б}o}$ – сменная производительность бригады при облицовке канала бетонными плитами или монолитным бетоном; $P_{см\text{б}п}$ – сменная производительность бригады при облицовке канала бетонным полотном.

2) Необходимое количество рабочих:

Работы по устройству бетоноплочной облицовки выполняет комплексная бригада, состоящая из пяти звеньев общей численностью 18 человек:

Звено № 1, выполняющее работы по разгрузке и складированию плит:

такелажник 3 разр. - 1

такелажник 2 разр. - 1

Звено № 2, выполняющее работы по устройству экрана из полиэтиленовой пленки; а также заделку стыков и разборку опалубки:

изолировщик 4 разр. - 1

изолировщик 3 разр. - 2

изолировщик 2 разр. - 1

Звено № 3, выполняющее работы по монтажу сборных плит:

монтажник 4 разр. - 1

монтажник 3 разр. - 1

монтажник 2 разр. - 2

Звено № 4, выполняющее работы по установке опалубки и по устройству заплечиков с деформационными швами:

бетонщик 4 разр. - 1

бетонщик 3 разр. - 2

бетонщик 2 разр. - 1

Звено № 5, выполняющее работы по нанесению пленкообразующей жидкости:

изолировщик 4 разр. - 1

изолировщик 2 разр. – 1

прораб - 2

Работы при устройстве бетонного полотна выполняет комплексная бригада из 5 человек:

такелажник 2 разр. - 1

монтажник 3 разр. - 3

прораб - 1

3) Фонд заработной платы рабочих:

Заработная плата бригады рабочих выполняющих работы по облицовке оросительного канала бетонными плитами

$$\begin{aligned} \Phi_{зп} = & (1133+1333)+(2166+2366+2366+2566)+(2327+2327+2479+2630)+ \\ & (2033+2231+2231+2401)+(1931+2122)+(2802+2802) = 40246 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (5.3)$$

где $\Phi_{зп}$ - фонд заработной платы рабочих.

Заработная плата бригады рабочих выполняющих работы по облицовке оросительного канала бетонным полотном

$$\Phi_{зп} = 1333 + (2479 + 2479 + 2479) + 2802 = 11578 \text{ руб.} \quad (5.4)$$

4) Необходимое количество машин и техники:

При проведении работ по облицовке канала бетонными плитами:

Машинист 6 разр. – 2
 Машинист 5 разр. – 2
 Машинист 4 разр. - 1
 Плитокладчик – 1
 Заливщик швов – 1
 Растворонасос – 1
 Автобетоносмеситель – 1
 Крановщик с оператором – 1

5) Фонд заработной платы машин и экипажа:

При проведении работ по облицовке канала бетонными плитами

$$\Phi_{зп} = 3000 + 2800 + 2650 + 7500 + 4700 + 3200 + 10000 = 33850 \text{ руб.} \quad (5.5)$$

где $\Phi_{зп}$ - фонд заработной платы машин и операторов.

При проведении работ по облицовке канала бетонными плитами

$$\Phi_{зп} = 7500 \text{ руб.}, \quad (5.6)$$

б) Стоимость материалов:

При проведении работ по облицовке канала бетонными плитами (ПНК 60.20)

$$C_m = 939 \text{ руб. м}^2, \quad (5.7)$$

где C_m – стоимость материалов.

Дополнительные затраты при облицовке

$$Z_{доп} \leq 250 \text{ руб. м}^2, \quad (5.8)$$

где $Z_{\text{доп}}$ - дополнительные затраты.

При проведении работ по облицовке канала бетонным полотном

$$C_m = 1424 \text{ руб. м}^2, \quad (5.9)$$

Дополнительные затраты при облицовке

$$Z_{\text{доп}} \leq 405 \text{ руб. м}^2, \quad (5.10)$$

7) Логистические затраты:

При проведении работ по облицовке канала бетонными плитами при площади укладки 5500 м^2 (протяженность канала 500 м.)

$$Z_l = 115000 \text{ руб.} \quad (5.11)$$

Где Z_l – затраты на логистику.

При проведении работ по облицовке канала бетонным полотном при площади укладки 5500 м^2 (протяженность канала 500 м.)

$$Z_l = 50000 \text{ руб.} \quad (5.12)$$

8) Общая стоимость производимых работ:

При проведении работ по облицовке канала бетонными плитами при площади укладки 5500 м^2 (протяженность канала 500 м.)

$$Z_{\text{бо}} = (P_{\text{см}_{\text{бо}}} \cdot \Phi_{\text{зп}}) + ((C_m + Z_{\text{доп}}) \cdot S_{\text{укл}}) + Z_l = \quad (5.13)$$

$$(5500/80) \cdot 74096 + ((939+250) \cdot 5500) + 115000 = 11748600 \text{ руб.}$$

где $Z_{\text{бо}}$ - общая стоимость производимых работ при укладке оросительного канала бетонной облицовкой; $S_{\text{укл}}$ – площадь укладки (облицовки канала)

При проведении работ по облицовке канала бетонным полотном при площади укладки 5500 м^2 (протяженность канала 500 м.)

$$Z_{\text{бп}} = (P_{\text{смбо}} \cdot \Phi_{\text{зп}}) + (C_{\text{м}} + Z_{\text{доп}}) \cdot S_{\text{укл}} + Z_{\text{л}} =$$

$$(5775/800) \cdot 19078 + ((1424+405) \cdot 5775) + 30000 = 10730195 \text{ руб.} \quad (5.14)$$

где $Z_{\text{бп}}$ - общая стоимость производимых работ при укладке оросительного канала бетонным полотном;

При использовании стандартного нахлеста площадь укладки умножается не на 1.05, а на 1.1. и затраты при увеличиваются на 509532 рублей, относительно формулы выше

$$Z_{\text{бп}} = (P_{\text{смбо}} \cdot \Phi_{\text{зп}}) + (C_{\text{м}} + Z_{\text{доп}}) \cdot S_{\text{укл}} + Z_{\text{л}} =$$

$$(6050/800) \cdot 19078 + ((1424+405) \cdot 6050) + 30000 = 11239727 \text{ руб.} \quad (5.15)$$

9) Общий экономический эффект при выборе бетонного полотна

$$Э_{\text{общ}} = Z_{\text{бо}} - Z_{\text{бп}} =$$

$$11748600 - 11239727 = \mathbf{508873 \text{ руб.}} \quad (5.16)$$

где $Э_{\text{общ}}$ - общий экономический эффект.

10) Общий экономический эффект при выборе бетонного полотна с использованием нашей технологии укладки бетонного полотна

$$Э_{\text{общ}} = Z_{\text{бп}} - Z_{\text{бпу}} =$$

$$11239727 - 10730195 = \mathbf{509532 \text{ руб.}} \quad (5.17)$$

На основе оптимизации выбора варианта реконструкции оросительных каналов, представленной во второй главе, приведено технико-экономическое сравнение различных видов облицовки. Для расчетов был выбран оросительный канал Приволжской оросительной системы «Р-1 оросительный» с заложением откосов 1:1 и протяжённостью обновляемого участка 500 м (общая площадь укладки 5450 м²). Результаты расчетов сведены в таблицу 7.

Таблица 5.1 – Оптимизация выбора варианта реконструкции оросительного канала

I. Оценка оросительного канала Приволжский Р-1			
Параметры	Протяжённость, км	Степень износа, %	КПД, %
$m = 1:1$; поперечное сечение – 10,5 м	3,6	30	68
<i>Примечание.</i> Оросительный канал имеет трапецеидальное сечение и находится в земляном русле.			
II. Обновление оросительного канала			
Вариант обновления			
бетонное полотно	железобетонные облицовки	монолитный бетон	комбинированный вариант
+	+	+	–
<i>Примечание.</i> Вариант модернизации отсутствует, так как канал не облицован.			
III. Расчетная стоимость вариантов обновления			
Материал	Текущие затраты, руб.	Приведённые затраты, руб.	Экономический результат, руб.
Бетонные плиты НПК 60.20	6539500	5209100	11748600
Бетонное полотно СС8 + обычная технология укладки	11065450	174277	11239727
Бетонное полотно СС8 + усовершенствованная технология укладки	10562475	167720	<u>10730195</u>
<i>Примечание.</i> Возможность проведения работ без использования тяжелой техники и простота монтажа бетонного полотна, вариант обновления с помощью данного материала является актуальным.			
IV. Выбор наилучшей технологии монтажа и контроль качества проводимых работ			
Использование технологии укладки, рекомендованной производителем. Однако при совершенствовании операции по закреплению материала рекомендуется предлагаемый нами способ.			
V. Эксплуатация оросительного канала			

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Мониторинг современного технического состояния оросительных каналов Саратовского Заволжья позволил установить высокий (35 %) уровень физического износа оросительных каналов. Лабораторные и натурные исследования облицовочных материалов оросительных каналов показали, что надежным и экономичным материалом является бетонная облицовка. При этом отмечается, что бетонное полотно, рассматриваемое в работе, отвечает высоким требованиям и может считаться инновационным облицовочным материалом, так как обладает достойными характеристиками по массе и прочности, имеет невысокую трудоемкость укладки, а главное – исключает использование специализированной техники.

2. На основе разработанного нами комплексного алгоритма оптимизации выбора варианта облицовки оросительного канала были получены технико-экономические показатели оросительного канала Приволжской оросительной системы «Р-1 оросительный». Данный алгоритм позволяет оценить каждый оросительный канал оросительной сети и выбрать наиболее приемлемый вариант облицовки в зависимости от текущего состояния с помощью компьютерной программы. Техническая новизна предложенной программы для расчета подтверждена свидетельством о государственной регистрации программы для ЭВМ.

3. Получены экспериментальные данные влагопроводности и фильтрационных потерь оросительной воды из каналов, облицованных бетонным полотном, по сравнению с традиционными покрытиями. На основании проведенного лабораторного эксперимента водопроницаемости был рассчитан фильтрационный расход для бетонного полотна и бетонной плиты относительно нашего эксперимента. По итоговому замеру (через 192 ч) фильтрационный расход для бетонного полотна составил $6,65 \cdot 10^{-7}$ л/с, для бетонной плиты – $3,19 \cdot 10^{-6}$ л/с. Фильтрационные потери в канале (расход воды 1,0–2,0 м³/с) с облицовкой из бетонного полотна – 0,0022 м³/с, из сборных железобетонных плит – 0,0075 м³/с, из монолитного бетона – 0,0057 м³/с. Таким образом, эффективность бетонного полотна выше за счет снижения фильтрационных потерь и, соответственно, повышения КПД

4. Разработан более надежный способ крепления бетонного полотна в канале на основе лабораторного эксперимента. Он имеет сравнительно высокие показатели предела прочности, среднее значение которого 164,2 кг (2,05 МПа). Пределы прочности известных креплений составляют 93,7 кг (1,17 МПа) и 119,3 кг (1,49 МПа).

5. Экономический эффект от использования предложенной технологии укладки бетонного полотна на каналах составляет 509532 руб. на 5450 м².

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. При строительстве новых оросительных каналов, а также при ремонте и реконструкции существующих необходимо использовать современные облицовочные материалы, сочетающие в себе надёжность, низкую трудоёмкость и наименьшие совокупные расходы. Предлагаемый в работе материал позволяет на порядок ускорить процесс облицовки с наименьшими расходами материальных и трудовых ресурсов.

2. Выбор облицовочного материала рекомендуем проводить с помощью компьютерной программы, позволяющей рассчитать общую стоимость и обосновать выбор технологического решения наиболее рационального варианта облицовки.

3. При облицовке оросительных каналов бетонным полотном необходимо использовать более плотное и надёжное крепление нахлеста отрезков. Фиксацию полотен бетонного полотна осуществляют саморезами по длине поперечного сечения с шагом 20 см и 2–3 см от края стыка. Для улучшения водонепроницаемости стыка до стяжки полотен саморезами между слоями бетонного полотна наносят первый слой строительного герметика, укладывают отрезок геомембраны толщиной не менее 1,5 мм и наносят второй слой герметика. После этого образуется плотный геокомпозит, исключаяющий фильтрационные потери.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Особый интерес для дальнейшего развития темы представляют исследования в области разработки технологий обслуживания и проведения ежегодного ремонта существующих каналов, покрытых бетонным полотном. Появление новых знаний о современных облицовочных материалах позволит на этапе проектирования технологических процессов определять оптимальные методы обслуживания оросительных каналов. Представляется перспективной разработка технологии применения бетонного полотна при строительстве, ремонте и реконструкции земляных плотин малых водохранилищ и других гидротехнических сооружений на мелиоративных объектах.

Список литературы

1. Абдразаков, Ф. К. Интенсификация мелиоративного производства путем совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов Саратовской области / Ф. К. Абдразаков, А. А. Рукавишников // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 10. – С. 48–51.
2. Абдразаков, Ф. К. Интенсификация мелиоративного производства путем совершенствования технологий реконструкции и строительства оросительных каналов / Ф. К. Абдразаков, А. А. Рукавишников // Мелиорация и водное хозяйство. – 2019. – № 1. – С. 6–9.
3. Абдразаков, Ф. К. Исключение непроизводительных потерь водных ресурсов из оросительной сети за счёт использования инновационных облицовочных материалов / Ф. К. Абдразаков, А. А. Рукавишников // Аграрный научный журнал. – 2019. – № 10. – С. 91–94.
4. Абдразаков, Ф. К. Оценка перспективы использования бетонного полотна в качестве облицовочного материала оросительных каналов / Ф. К. Абдразаков, А. А. Рукавишников // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2020. – №4(60). – С. 327–339.
5. Абдразаков, Ф. К. Повышение эффективности облицовочных покрытий оросительных каналов на основе бетонного полотна / Ф. К. Абдразаков, А. А. Рукавишников // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти члена-корреспондента РАСХН и НАН КР академика МАЭП и РАВН Я. В. Бочкарева. – Рязань: РГАТУ, 2020. – Ч. II. – С. 12–16.
6. Абдразаков, Ф. К. Совершенствование технологии реконструкции оросительных каналов с применением инновационного материала / Ф. К. Абдразаков, А. А. Рукавишников // Материалы научно-практического форума «Оптимизация сельскохозяйственного землепользования и усиление экспортного

потенциала АПК на основе конвергентных технологий» / ВолГАУ. – Волгоград, 2020. – С. 183–185.

7. Абдразаков, Ф. К. Современные облицовочные материалы для оросительных каналов и требования к ним / Ф. К. Абдразаков, А. А. Рукавишников // Материалы VIII национальной научно-практической конференции с международным участием / Саратов : ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2020. – С. 275–280.

8. Абдразаков, Ф.К. Интенсификация технологий и совершенствование технических средств в мелиоративном производстве: монография [Текст] / Ф.К. Абдразаков // Саратов: Сарат. гос. агр. ун-т им. Н.И. Вавилова. – 2002. – 352 с.

9. Абдразаков, Ф.К. Рекомендации по использованию усовершенствованных конструкций машин для проведения эксплуатационных и культуртехнических работ на оросительных каналах и орошаемых землях / Ф.К. Абдразаков, Р.Н. Бахтиев // Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», Типография АВП «Саратовский источник». – 2008. – 31 с.

10. Абдразаков, Ф.К. Ресурсосберегающие технологии и машины для интенсификации мелиоративного производства / Ф.К. Абдразаков // Саратов: ФГБОУ ВО Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова. – 2019. – 164 с.

11. Абдразаков, Ф.К. Технологии и технические средства для проведения эксплуатационно-ремонтных работ на оросительных каналах / Ф.К. Абдразаков, В.С. Егоров, Р.Н. Бахтиев // Саратов: ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – 2008. – 151 с.

12. Аверьянов, С.Ф. Фильтрация из каналов и ее влияние на режим грунтовых вод / С.Ф. Аверьянов // М.: Колос. – 1982. – 237 с.

13. Алимов, Л.А. Строительные материалы: Учебник / Л.А. Алимов // М.: Academia. – 2018. – 317 с.

14. Алтунин, В.С. Защитные покрытия оросительных каналов / В.С. Алтунин, В. А. Бородин, В. Г. Ганчиков, Ю. М. Косиченко // М.: Агропромиздат. – 1988. – 158 с.

15. Апальков, С.А. Технология подготовки русла каналов под бетонопленочную облицовку // С.А. Апальков, А.Ф. Апальков, С.Г. Курень, Н.П. Погорелов // ИВД. – 2019. – №2 (53). – С. 61-69.
16. Багров, М.Н. Оросительные системы и их эксплуатация / Н.М. Багров, И. П. Кружилин // М.: Колос. – 1978. – 231 с.
17. Баев, О. А. Особенности гидравлических условий эксплуатации крупных каналов / О. А. Баев, Ю. М. Косиченко // Экология и водное хозяйство. – 2019. – № 3(3). – С. 145-160.
18. Баев, О.А. Гарантированная противofiltrационная защита и опыт применения отечественных геокомполитов в России / О.А. Баев, В.А. Яковлев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2(62). – С. 125-129.
19. Баев, О.А. Конструктивно-технические решения для создания надежной противofiltrационной защиты каналов, водоемов и накопителей / О.А. Баев // Технические науки в России и за рубежом: Материалы VII Международной научной конференции, Москва, 20–23 ноября 2017 года. – Москва: Издательский дом "Буки-Веди". – 2017. – С. 176-179.
20. Баев, О.А. Моделирование процесса водопроницаемости противofiltrационных экранов из геомембран / О.А. Баев // ИВД. – 2015. – №12. – С. 6-12.
21. Баев, О.А. Сравнительная оценка применения новых материалов для противofiltrационных целей / О.А. Баев, А.О. Гезин // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2(70). – С. 35-39.
22. Бандурин, М.А. Необходимость системы постоянного мониторинга водопроводящих сооружений для рационального водопользования на юге России / М.А. Бандурин // ИВД. – 2016. – №2 (41). – С. 82-99.
23. Бандурин, М.А. Особенности технической диагностики длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений / М.А. Бандурин // ИВД. – 2012. – №2. – С.693-696.
24. Бандурин, М.А. Оценка технического состояния лотковых каналов оросительных систем перед реконструкцией / М.А. Бандурин // Научные

исследования и разработки в эпоху глобализации: Сборник статей Международной научно-практической конференции, Киров, 05 февраля 2016 года / Ответственный редактор: Сукиасян Асатур Альбертович. – Киров: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна". – 2016. – С. 7-11.

25. Бандурин, М.А. Совершенствование методов продления жизненного цикла технического состояния длительно эксплуатируемых водопроводящих сооружений / М.А. Бандурин // ИВД. – 2013. – №1(24). – С. 22-28.

26. Бедретдинов, Г. Х. Технологии восстановления осушительных каналов и укладки дренажа узкотраншейным способом / Г. Х. Бедретдинов // Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова. – 2018. – С. 3-12.

27. Вайнберг, М. В. Водоучет на открытых каналах оросительных систем / М. В. Вайнберг // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2(62). – С. 27-31.

28. Васильев, С. М. Средства и методики измерений на мелиоративных и водохозяйственных системах / С.М. Васильев, В.И. Коржов, И.В. Коржов // Новочеркасск: РосНИИПМ. – 2019. – 254 с.

29. Васильев, С.М. Классификация мелиоративных мероприятий и работ / С. М. Васильев, В. Н. Щедрин, В. В. Слабунов, А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин, А. С. Штанько, С. Л. Жук // Новочеркасск: ФГБНУ «РосНИИПМ». – 2019. – 39 с.

30. Васильев, С.М. Стратегия успешного развития мелиорации - прецизионное орошение / С. М. Васильев, А. Н. Бабичев, В. А. Монастырский, В.И. Ольгаренко // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации.– 2020. – № 3(39).– С. 1-22.

31. Васильев, С.М. Классификация мелиоративных систем и сооружений / С. М. Васильев, В. Н. Щедрин, В. В. Слабунов, А. Л. Кожанов, О. В. Воеводин, А. С. Штанько, С. Л. Жук // Новочеркасск: ФГБНУ «РосНИИПМ». – 2019. – 24 с.

32. Волосухин, В.А. Программно-технический комплекс для проведения мониторинга и определения остаточного ресурса длительно эксплуатируемых

водопроводящих сооружений / В.А. Волосухин, М.А. Бандурин // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2013. – №1. – С.57-68.

33. Волосухин, В.А. Реализация мониторинга многофакторного обследования в условиях роста дефицита безопасности гидротехнических сооружений // В.А. Волосухин, М.А. Бандурин // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2017. – №1 (193). – С. 76-79.

34. Волинов, М.А., Методы анализа и обработки данных мониторинга гидротехнических сооружений мелиоративного комплекса / М.А. Волинов, В.Б. Жезмер, С.А. Сидорова // Природообустройство. – 2017. – №1. – С. 79-87.

35. Гарбуз, А. Ю. Приближенная оценка фильтрационного расхода через трещины бетонных облицовок оросительных каналов / А.Ю. Гарбуз // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2017. – № 4(28). – С. 204-222.

36. Гарбуз, А.Ю. К вопросу гидроизоляции трещин длительно работающих облицованных каналов / А. Ю. Гарбуз // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2016. – № 2(62). – С. 119-124.

37. Гарбуз, А.Ю. Конструктивно-технические решения по ремонту бетонных облицовок длительно работающих каналов / А.Ю. Гарбуз // Технические науки в России и за рубежом: Материалы VII Международной научной конференции, Москва, 20–23 ноября 2017 года. – Москва: Издательский дом "Буки-Веди". – 2017. – С. 179-182.

38. Гарбуз, А.Ю. Натурные обследования и анализ технического состояния каналов гидромелиоративных систем / А. Ю. Гарбуз // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2(70). – С. 68-73.

39. Гарбуз, А.Ю. Обеспечение водонепроницаемости облицовок оросительных каналов за счет применения жидких полимеров / А.Ю. Гарбуз // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия: Сборник научных трудов. – 2014. – № 56-1. – С. 21-29.

40. Гарбуз, А.Ю. Ремонт бетонных облицовок каналов полимерными композициями / А. Ю. Гарбуз, О. А. Баев // Проблемы и перспективы развития мелиорации в современных условиях: Сборник научных трудов по материалам

научно-практической конференции с международным участием, посвященной 50-летию образования ФГБНУ "ВолжНИИГиМ", Энгельс, 25–27 мая 2016 года / Редколлегия: В.А. Шадских (председ.) [и др.]. – Энгельс: Издательство ООО "Орион плюс". – 2016. – С. 169-174.

41. Гасс, С. Линейное программирование / С. Гасс – М.: Государственное издательство физико-математической литературы. – 2015. – 304 с.

42. Глебов, В.Д. Пленочные противотриационные устройства гидротехнических сооружений / В.Н. Глебов, И.Е. Кричевский, В.Б. Судаков, В.П. Лысенко, Л.А. Толкачев // М. – 1976. – 207 с.

43. ГОСТ Р 51657.4-2002. Водоучёт на гидромелиоративных и водохозяйственных системах. Измерение расходов воды с использованием водосливов и треугольными порогами. Общие технические требования / Гос. ком. стандарт. – Введ. 01.07.2003.

44. ГОСТ Р 56785-2015. Композиты полимерные. Метод испытания на растяжение плоских образцов / Гос. Стандарт. – 01.01.2017.

45. Есин, А. И. Гидравлическая модель процесса распространения примесей органического происхождения в мелиоративных каналах / А. И. Есин, М. П. Горбачева // Научное обозрение. – 2015. – № 3. – С. 122-126.

46. Есин, А. И. Обоснование реконструкции водосбросного сооружения Нижне-Камышевского гидроузла на реке Камышевка / А. И. Есин, Р. М. Айбушев // Научное обозрение. – 2011. – № 5. – С. 385-392.

47. Есин, А.И. К вопросу о нестационарном течении воды в открытом канале / А. И. Есин // Совершенствование методов гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений. – 2016. – Т. 1. – № 1(42). – С. 12-19.

48. Есин, А.И. К вопросу о распространении примесей органического происхождения в мелиоративных каналах / А.И. Есин, М.П. Горбачева // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 9. – С. 35-38.

49. Есин, А.И. Удаление из оросительной воды мусора растительного происхождения / А.И. Есин, М.П. Горбачева // Совершенствование методов

гидравлических расчетов водопропускных и очистных сооружений. – 2008. – Т. 1. – № 1(34). – С. 64-66.

50. Зарубин, В. В. Анализ развития управления водораспределением на каналах мелиоративных систем / В. В. Зарубин, С. И. Урбанская // Научные механизмы решения проблем инновационного развития: сборник статей Международной научно-практической конференции, Уфа, 01 мая 2016 года. – Уфа: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна". – 2016. – С. 52-58.

51. Ищенко, А.В. Гидравлическая модель водопроницаемости бетонопленочного противофильтрационного покрытия канала / А.В. Ищенко, А.С. Соколов // Мелиорация и водное хозяйство: материалы научно-практической конференции, Новочеркасск, 24–25 ноября 2016 года. – Новочеркасск: ООО "Лик". – 2016. – С. 73-77.

52. Ищенко, А.В. Повышение эффективности и надежности противофильтрационных облицовок оросительных каналов: монография / А. В. Ищенко // Ростов н/Д.: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки». – 2006. – 211 с.

53. Карпенко, Н.П. Классификация мероприятий безопасной эксплуатации мелиоративных систем / Н.П. Карпенко, И.Ф. Юрченко // Природообустройство. – 2016. – №1. – С.58-62.

54. Кизяев, Б. М. Инновационные технологии в мелиорации - основа возрождения отрасли и продовольственной безопасности страны / Б. М. Кизяев // Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации. – 2011. – С. 3-6.

55. Кизяев, Б. М. Отдел механизации мелиоративных работ, этапы большого пути / Б.М. Кизяев, Г.Х. Бедретдинов // Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова. – 2019. – С. 261-269.

56. Козлов, Д.В. Современные аспекты государственного регулирования безопасности гидротехнических сооружений / Д.В. Козлов, Ф.В. Матвеевков // Природообустройство. – 2016. – №3. – С. 45-51.

57. Колганов, А.В. Развитие мелиорации земель сельскохозяйственного назначения в России / А.В. Колганов, Н.В. Сухой, В.Н. Шкура, В.Н. Щедрин // Новочеркасск: РосНИИПМ. – 2016. – 222 с.

58. Косиченко Ю.М. Особенности расчета водопроницаемости бетонопленочной облицовки с закольматированными швами с учетом проницаемости основания / Ю.М. Косиченко, О.А. Баев, А.Ю. Гарбуз // Вестник МГСУ. – 2018. – №5 (116). – С. 633-642.

59. Косиченко, М.Ю. Гидравлическая эффективность и надежность функционирования каналов оросительных систем / М.Ю. Косиченко, Ю.И. Иовчу // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2008. – №1. – С. 75-79.

60. Косиченко, Ю. М. Обзор геосинтетических материалов, применяемых в гидротехническом строительстве / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев // Технологии очистки воды "ТЕХНОВОД-2019": Материалы XII Международной научно-практической конференции. Москва: ООО "Лик". –2019.– С. 55-61.

61. Косиченко, Ю.М. Вероятностная модель эксплуатационной надежности крупных каналов / Ю. М. Косиченко, Ю. И. Иовчу, М. Ю. Косиченко // Гидротехническое строительство. – 2007. – № 12. – С. 39-45.

62. Косиченко, Ю.М. Влияние эксплуатационных факторов на пропускную способность земляных русел каналов / Ю.М. Косиченко // Научный журнал РосНИИПМ. – 2011. – №3. – С. 5-10.

63. Косиченко, Ю.М. Гидравлическая модель водопроницаемости бетонной облицовки при длительной эксплуатации канала / Ю. М. Косиченко, А. Ю. Гарбуз // Природообустройство. – 2018. – № 4. – С. 30-40.

64. Косиченко, Ю.М. Гидравлический расчет магистрального канала при частичном зарастании русла / Ю. М. Косиченко, А. В. Колганов, В. Ф. Сильченко, Е. А. Козарезова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 1(73). – С. 212-218.

65. Косиченко, Ю.М. Гидротехнические сооружения: учеб. пособие / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев // Новочеркасск. – 2018. – 207 с.

66. Косиченко, Ю.М. Исследования в области борьбы с фильтрацией и эксплуатационной надежности грунтовых гидротехнических сооружений / Ю.М. Косиченко // Научный журнал РосНИИПМ. – 2012. №2. – С.86-94.

67. Косиченко, Ю.М. Методы и конструкции для определения потерь воды из каналов оросительных систем: науч. обзор / Ю. М. Косиченко, А. М. Кореновский, Н. Ю. Черничкина, Я. В. Кокарев // Новочеркасск: ФГБНУ «РосНИИПМ». – 2014. – 60 с.

68. Косиченко, Ю.М. Методы расчета водопроницаемости полимерных противофильтрационных экранов гидротехнических сооружений / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев // Известия Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники им. Б.Е. Веденеева. – 2017. – Т. 286. – С. 10-21.

69. Косиченко, Ю.М. Многослойные конструкции противофильтрационных покрытий с бентонитовыми матами и оценка их сравнительной эффективности / Ю. М. Косиченко, О. А. Баев // Гидротехническое строительство. – 2019. – № 3. – С. 37-43.

70. Косиченко, Ю.М. Обоснование применения защитных прокладок из геотекстиля и оценка водопроницаемости противофильтрационных покрытий из геомембран / Ю.М. Косиченко, О.А. Баев // Вестник МГСУ. – 2015. – №3. – С.48-58.

71. Косиченко, Ю.М. Определение фильтрационных сопротивлений бетонных облицовок при наличии трещин / Ю. М. Косиченко, Е. Г. Угроватова // Северо-Кавказский регион: Известия высших учебных заведений. – 2018. – № 3(199). – С. 107-111.

72. Косиченко, Ю.М. Повышение эффективности эксплуатации крупных каналов и обоснование формы и гидравлических сопротивлений русел полигонального сечения / Ю.М. Косиченко, Е.Г. Угроватова // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Серия: Технические науки. – 2018. №2 (198). – С. 96-103.

73. Косиченко, Ю.М. Проблемы применения геосинтетических материалов для противофильтрационных экранов гидротехнических сооружений / Ю.М. Косиченко, О. А. Баев // Астрахань: Материалы X - Юбилейной Международной научно-практической конференции. – 2017. – С. 38-43.

74. Косиченко, Ю.М. Расчет потерь на фильтрацию из магистрального канала / Ю.М. Косиченко, А. В. Колганов, В. Ф. Сильченко, Е. А. Козарезова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2019. – № 1(73). – С. 242-247.
75. Косиченко, Ю.М. Расчетная оценка водопроницаемости трещин бетонных облицовок каналов на основе гидравлических методов // Ю.М. Косиченко, А.Ю. Гарбуз // Природообустройство. – 2017. – №5. – С. 34-42.
76. Косиченко, Ю.М. Уточнение гидравлических параметров магистрального канала трапецеидального сечения / Ю.М. Косиченко, Д. В. Бакланова, В. Ф. Сильченко // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2(70). – С. 80-86.
77. Косиченко, Ю.М., Оценка водопроницаемости бетонопленочной облицовки с закольматированными швами при длительной эксплуатации каналов / Ю.М. Косиченко, О.А. Баев, А.Ю. Гарбуз // Вестник МГСУ.– 2016.– №7. – С. 114-133.
78. Косиченко, Ю.М., Современные методы борьбы с фильтрацией на оросительных системах // Ю.М. Косиченко, О.А. Баев, А.В. Ищенко // ИВД. – 2014. – №2. – С.74-87.
79. Косиченко, Ю.М. Современное состояние водопропускных гидротехнических сооружений Донского магистрального канала / Ю.М. Косиченко, Г.Л. Лобанов, О.А. Баев, А.Ю. Гарбуз // Новочеркасск: ФГБНУ «РосНИИПМ».– 2014.– 49 с.
80. Косиченко, Ю.М. Противофильтрационные покрытия из геосинтетических материалов: монография / Ю.М. Косиченко, О.А. Баев // Новочеркасск: РосНИИПМ. – 2014. – 239 с.
81. Кулик, К.Н. Технология комплексной герметизации и защиты конструктивных швов сборных железобетонных противофильтрационных облицовок мелиоративных каналов // К.Н. Кулик, С.Я. Семенов. - Экология и строительство. 2018. – №2. – 11-18 с.
82. Кульневич, А. Д. Линейное программирование / А. Д. Кульневич // Молодой ученый. — 2017. — № 10 (144). — С. 29-32.

83. Лавров, Н.П. Совершенствование водораспределительных сооружений для ирригационных каналов-быстротоков с бурным течением / Н. П. Лавров, Г. С. Аджыгулова, О. В. Атаманова, Т. А. Исабеков // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. – 2016. – № 2(22). – С. 192-211.

84. Ляшенко, К. А. Облицовка каналов полимерными материалами / К. А. Ляшенко, Е. А. Ходяков // Наука и молодёжь: новые идеи и решения: материалы X международной научно-практической конференции молодых исследователей, Волгоград, 15–17 марта 2016 года. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет. – 2016. – С. 324-326.

85. Марченко, С.С., Способ комплексной герметизации межпанельных швов и стыков сборных бетонных облицовок мелиоративных каналов / С.С. Марченко, П.С. Попов, Д.П. Арьков, О.Г. Семенов // Научно-аграрный журнал. – 2018. – №2(103). – С.38-40.

86. Научно-популярная энциклопедия «Вода России» [Электронный ресурс] // Комплексный источник информации о водных ресурсах и водном хозяйстве Российской Федерации. М. 2012-2020. URL: https://water-rf.ru/Об_Энциклопедии/. (Дата обращения: 04.02.2020);

87. Овчинников, А.С. Использование полимерных материалов для защиты оросительных каналов от фильтрации, зарастания и заиления / А.С. Овчинников, Е.А. Ходяков // Эколого-мелиоративные аспекты рационального природопользования: Материалы Международной научно-практической конференции, Волгоград, 31 января – 03 2017 года. – Волгоград: Волгоградский государственный аграрный университет. – 2017. – С. 8-14.

88. Ольгаренко, В.И. Адаптация метода имитационного моделирования к расчетам риска эффективности мелиоративных мероприятий / В.И. Ольгаренко, И.Ф. Юрченко, И.В. Ольгаренко, В.И. Ольгаренко // Москва: Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова. – 2017. – С. 318-322.

89. Ольгаренко, В.И. Программный комплекс планирования водопользования для оросительных систем на основе информационных

технологий / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко [и др.] // Мелиорация и водное хозяйство. – 2017. – № 5. – С. 39-43.

90. Ольгаренко, В.И. Технические функции водного режима гидромелиоративных систем / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, В. И. Ольгаренко, А. А. Григорьян // News of Science and Education. – 2018. – Т. 5. – № 5. – С. 036-045.

91. Ольгаренко, В.И. Экосистемные подходы к функционированию оросительных систем / В. И. Ольгаренко, И. В. Ольгаренко, В. И. Ольгаренко // В мире научных открытий. – 2017. – Т. 9. – № 1. – С. 115-130.

92. Ольгаренко, В.И. Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем: учебник / В.И. Ольгаренко, Г.В. Ольгаренко, В.Н. Рыбкин // Коломна: Инлайт. – 2006. – 391с.

93. Ольгаренко, И.В. Анализ технико-экономических показателей водопользования в оросительных системах / И. В. Ольгаренко, В. И. Ольгаренко, В. И. Ольгаренко [и др.] // Мелиорация и водное хозяйство: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (Шумаковские чтения) с международным участием, посвященной 130-летию со дня рождения академика Б. А. Шумакова, в 2-х частях. Новочеркасск: ООО "Лик". – 2019. – С. 116-120.

94. Перельгин, А.И. Об эксплуатации крупных каналов в условиях реконструкции / А.И. Перельгин, А.В. Белов // Гидротехника. – 2014. – №2(35). – С. 50–51.

95. Погоров, Т.А. Современное состояние комплекса машин по уходу за оросительными каналами и перспективы его развития / Т.А. Погоров // Научный журнал РосНИИПМ. – 2013. – №2 (10). – С. 201-214.

96. Проездов, П.Н. Методические указания для выполнения курсовой работы по специальности «Гидротехнические сооружения» / П.Н. Проездов // Саратов: СГАУ. – 1984 г. – С. 38.

97. Пунинский, В. С. Обоснование рациональных параметров машин для ремонта и восстановления мелиоративных каналов / В.С. Пунинский, Г.Х. Бедретдинов // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: материалы международной научно-практической конференции, Москва. – 2016. –С. 37-45.

98. Рукавишников, А. А. Анализ состояния мелиоративных систем Саратовской области / А. А. Рукавишников // Материалы 6-й Международной научно-практической конференции / под ред. Ф. К. Абдразакова. – Саратов : Амрит, 2017. – С. 247–249.

99. Рукавишников, А. А. Анализ состояния оросительных каналов Саратовской области / А. А. Рукавишников // Материалы 7-й Международной научно-практической конференции / под ред. Ф. К. Абдразакова. – Саратов : ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2018. – С. 242–244.

100. Рукавишников, А. А. Динамика развития орошаемого земледелия Саратовской области / А. А. Рукавишников // Материалы 6-й Международной научно-практической конференции / под ред. Ф. К. Абдразакова. – Саратов : Амрит, 2017. – С. 244–246.

101. Рукавишников, А. А. Оптимальный метод формирования бетонных материалов для покрытия оросительных каналов при проведении строительных и эксплуатационных работ / А. А. Рукавишников // Материалы VIII национальной конференции с международным участием. – Саратов : ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2019. – С. 233–235.

102. Рукавишников, А. А. Ресурсосберегающий способ облицовки оросительных каналов за счет использования инновационных материалов / Ф. К. Абдразаков, А. А. Рукавишников // Материалы конкурса молодых ученых на лучшую научную работу. – Саратов : ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2019. – С. 332–334.

103. Рукавишников, А. А. Технологические особенности покрытия оросительных каналов бетонным полотном / А. А. Рукавишников // Материалы VIII национальной конференции с международным участием. – Саратов : ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», 2018. – С. 275–280.

104. Сенчуков, Г.А. Состояние безопасности и проблемы страхования гидротехнических сооружений мелиоративного назначения / Г.А. Сенчуков, А.С. Капустян, Ю.М. Косиченко // Научный журнал РосНИИПМ. – 2011. – №3. – С. 1-13.

105. Скляренко, Е. О. Методы экранирования оросительных каналов и водоемов / Е. О. Скляренко, Э. Н. Вертыганова // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2018. – № 2(70). – С. 29-34.

106. Скрипчинская, Л.В. Сельскохозяйственные гидротехнические мелиорации / Л.В. Скрипчинская, А.М. Янголь, С.М. Гончаров, С.М. Коробченко // Киев, издательское объединение «Вища школа». 1977. – 352 с.

107. Сметанин, В.И. Инновационные технологии строительства трубопроводов и заглубленных сооружений / В. И. Сметанин // Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2018. – 160 с.

108. Сметанин, В.И. Организация и производство работ по очистке водоема от продуктов заиления / В.И. Сметанин, Г.П. Ачкасов // Москва: Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А. Тимирязева. – 2016. – 56 с.

109. СП 100.13330.2011 «СНиП 2.06.03-85 Мелиоративные системы и сооружения».

110. Тлехас, И.Х. Способы снижения фильтрационных потерь на магистральных каналах оросительных систем / И. Х. Тлехас // Материалы и методы инновационных исследований и разработок: сборник статей Международной научно-практической конференции, Оренбург, 20 октября 2018 года. – Оренбург: Общество с ограниченной ответственностью "Аэтерна". – 2018. – С. 41-45.

111. Ходяков, Е. А. Защита оросительных каналов от фильтрации листовыми полимерными материалами / Е. А. Ходяков, К. А. Ляшенко // Современная наука: актуальные проблемы и пути их решения. – 2016. – № 2(24). – С. 14-15.

112. Черкасов, А.А. Гидротехническая мелиорация / А.А. Черкасов // Москва: Книга по Требованию. – 2012. – 346 с.

113. Шевченко, А.В., Математическая модель взаимосвязи поверхностных и грунтовых вод / А.В. Шевченко, М.В. Власов // Экология и водное хозяйство. – 2019. – №2. – С.117-129.

114. Шкура, В.Н. Мелиорация, рекультивация и охрана земель : учебное пособие для аспирантов направления "Сельское хозяйство" с направленностью "Мелиорация, рекультивация и охрана земель" / В.Н. Шкура, Г.М. Сукало, В.И. Коржов, А.А. Кисиль // Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова, Донской государственный аграрный университет. – Новочеркасск: Новочеркасский инженерно-мелиоративный институт им. А.К. Кортунова. – 2016. – 615 с.

115. Щедрин В.Н. Основные правила и положения эксплуатации мелиоративных систем и сооружений, проведения водоучёта и производства эксплуатационных работ: монография: в 2-х ч. / В.Н. Щедрин, С.М. Васильев, В.В. Слабунов // Новочеркасск: Геликон. – 2013. – Ч. 1. - 395 с.

116. Щедрин, В. Н. Стратегические направления развития мелиоративного сектора в АПК / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев // Стратегические направления развития АПК стран СНГ: материалы XVI Международной научно-практической конференции: в трех томах, Барнаул, 27–28 февраля 2017 года. – Барнаул: Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук. – 2017. – С. 167-169.

117. Щедрин, В.Н. Методические указания к порядку разработки ТЭО создания оросительных систем с использованием напорного и безнапорного режимов работы водопроводящих элементов (раздел проектной документации) / В. Н. Щедрин, С. М. Васильев, А. Л. Кожанов, В. В. Слабунов, А. С. Штанько, О. В. Воеводин, С. Л. Жук // Новочеркасск: ФГБНУ «РосНИИПМ». – 2017. – 95 с.

118. Щедрин, В.Н. Обеспечение безопасности и надежности низконапорных гидротехнических сооружений: монография / В.Н. Щедрин, Ю.М. Косиченко, Д.В. Бакланова, О.А. Баев, Е.Д. Михайлов // Новочеркасск: РосНИИПМ.– 2016.– 283с.

119. Экспертно-Аналитический Центр Агробизнеса [Электронный ресурс]: офиц. Сайт. Россия, 2019. URL: <http://ab-centre.ru> (дата обращения: 5.05.2019);

120. Abdrazakov, F. K. Construction and Repair of Irrigation Canals Based on Converged Technologies / F. K. Abdrazakov, A. A. Rukavishnikov, O. V. Miheeva, D. V. Logashov, S. I. Churkina, M. A. Yarmashevich // International Scientific Conference

: "Constructions Mechanics, Hydraulics and Water Resources Engineering". – 2020. – DOI: 10.1088/1757-899X/883/1/012209.

121. Abdrazakov, F. K. Intensification of Melioration through Decreasing Maintenance Load on Irrigation Canals / F. K Abdrazakov, A. A. Rukavishnikov, A. V. Povarov, and Y. E. Trushin // E3S Web Conf. – 2019. – DOI:10.1051/e3sconf/201914009009.

122. Abdrazakov, F. K. Problems of Irrigation Canals and Modern Methods of Their Technical Improvement due to Innovative Concrete Materials and Technologies / F. K. Abdrazakov, A. A. Rukavishnikov, A. A. Khalmetov, A. V. Povarov // Proceedings of the International Symposium "Engineering and Earth Sciences : Applied and Fundamental Research" dedicated to the 85th anniversary of H. I. Ibragimov. – 2019. – DOI:10.2991/isees-19.2019.73.

123. Abdrazakov, F. K. The Optimal Method of Formation of Concrete Materials in the Coating of Irrigation Canals for Construction and Maintenance Work on the Reclamation Network / F. K. Abdrazakov, A. A. Rukavishnikov // International Conference “Scientific Research of the SCO Countries : Synergy and Integration” Part 2 : Participants’ – reports in English. Minzu University of China. – 2018. – P. 216–223.

124. Inoshita, K. Repair Works for Open Channels Based on Planning of Functional Maintenance / K. Inoshita // Journal of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering. –2011. –№4 (VOL 79). – pp. 44-45.

125. Koji, I.A. Repair Example of Main Drainage Channel with Dry Masonry Concrete Block / I Koji // journal of the Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering. –2019. – Vol. 87: № 12. – pp. 96-97.

126. Kraatz, D.B. Irrigation canal lining / D.B. Kraatz // FAO land and water development series. –1977. – no.1. – pp. 189-199.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ А

**Компьютерная программа технико-экономического расчета рациональных
облицовочных решений**

```
import sys, json, re, math
from PyQt5 import uic
from PyQt5.QtWidgets import QApplication, QWidget, QMainWindow, QTableWidgetItem
from PyQt5.QtGui import QColor, QBrush, QPen, QPainter, QPolygon
from PyQt5.QtCore import QPoint, Qt
```

```
class Page_1(QWidget):
    def __init__(self, **kwargs):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_1.ui', self)
        # buttons init
        with open("backup.json", "r") as read_file:
            data = json.load(read_file)
        with open("data.json", "w") as write_file:
            json.dump(data, write_file, indent=4)
        self.start_button.clicked.connect(self.start_)
```

```
def start_(self):
    self.dialog = Page_3()
    self.dialog.show()
    self.close()
```

```
class Page_2(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_2.ui', self)
        self.er = False
        data_file = open("data.json", "r")
        self.data = json.load(data_file)
        self.first_radio.setChecked(self.data["page_2"]["radio_button_1"])
        self.second_radio.setChecked(self.data["page_2"]["radio_button_2"])
        self.l_1_1_1.setText(self.data["page_2"]["l_1_1_1"])
        self.l_1_1_2.setText(self.data["page_2"]["l_1_1_2"])
        self.l_1_1_3.setText(self.data["page_2"]["l_1_1_3"])
        self.l_1_1_4.setText(self.data["page_2"]["l_1_1_4"])
        self.l_1_2_1.setText(self.data["page_2"]["l_1_2_1"])
        self.l_1_2_2.setText(self.data["page_2"]["l_1_2_2"])
        self.l_1_2_3.setText(self.data["page_2"]["l_1_2_3"])
        self.l_1_2_4.setText(self.data["page_2"]["l_1_2_4"])
        data_file.close()
        #left side
        self.f_radio = self.first_radio.isChecked()
        self.left_1 = self.l_1_1_1.text()
        self.left_2 = self.l_1_1_2.text()
        self.left_3 = self.l_1_1_3.text()
        self.left_4 = self.l_1_1_4.text()
        #right side
        self.s_radio = self.second_radio.isChecked()
        self.right_1 = self.l_1_2_1.text()
        self.right_2 = self.l_1_2_2.text()
        self.right_3 = self.l_1_2_3.text()
        self.right_4 = self.l_1_2_4.text()
        self.forward.clicked.connect(self.next)
        self.reverse.clicked.connect(self.reverse_)
```

```
def next(self):
    p = re.compile("\d+(\.\d+)?")
    data_file = open("data.json", "w")
    self.data["page_2"]["radio_button_1"] = self.first_radio.isChecked()
    self.data["page_2"]["radio_button_2"] = self.second_radio.isChecked()
```

```

self.data["page_2"]["l_1_1"] = self.l_1_1.text()
self.data["page_2"]["l_1_2"] = self.l_1_2.text()
self.data["page_2"]["l_1_3"] = self.l_1_3.text()
self.data["page_2"]["l_1_4"] = self.l_1_4.text()
self.data["page_2"]["l_2_1"] = self.l_2_1.text()
self.data["page_2"]["l_2_2"] = self.l_2_2.text()
self.data["page_2"]["l_2_3"] = self.l_2_3.text()
self.data["page_2"]["l_2_4"] = self.l_2_4.text()
if self.first_radio.isChecked():
    if not self.l_1_1.text() or not p.match(self.l_1_1.text()):
        self.error()
    elif not self.l_1_2.text() or not p.match(self.l_1_2.text()):
        self.error()
    elif not self.l_1_3.text() or not p.match(self.l_1_3.text()):
        self.error()
    elif not self.l_1_4.text() or not p.match(self.l_1_4.text()):
        self.error()
    else:
        self.clr_error()
        self.er = False
elif self.second_radio.isChecked():
    if not self.l_2_1.text() or not p.match(self.l_2_1.text()):
        self.error()
    elif not self.l_2_2.text() or not p.match(self.l_2_2.text()):
        self.error()
    elif not self.l_2_3.text() or not p.match(self.l_2_3.text()):
        self.error()
    elif not self.l_2_4.text() or not p.match(self.l_2_4.text()):
        self.error()
    else:
        self.clr_error()
        self.er = False
else:
    self.error()
json.dump(self.data, data_file, indent=4)
data_file.close()
if not self.er:
    self.dialog = Page_4()
    self.dialog.show()
    self.close()

def reverse_(self):
    self.dialog = Page_3()
    self.dialog.show()
    self.close()

def error(self):
    self.error_msg.setText("Введите все необходимые данные корректно!")
    self.er = True

def clr_error(self):
    self.error_msg.setText("")

class Page_3(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_3.ui', self)
        self.first_button.clicked.connect(self.next_1)
        self.second_button.clicked.connect(self.next_2)
        self.third_button.clicked.connect(self.next_3)
        self.reverse.clicked.connect(self.reverse_)

    def next_1(self):

```

```

data_file = open("data.json", "r")
self.data = json.load(data_file)
self.data["page_3"] = 1
data_file.close()
data_file = open("data.json", "w")
json.dump(self.data, data_file, indent=4)
data_file.close()
self.dialog = Page_2()
self.dialog.show()
self.close()

def next_2(self):
    data_file = open("data.json", "r")
    self.data = json.load(data_file)
    self.data["page_3"] = 2
    data_file.close()
    data_file = open("data.json", "w")
    json.dump(self.data, data_file, indent=4)
    data_file.close()
    self.dialog = Page_13()
    self.dialog.show()
    self.close()

def next_3(self):
    data_file = open("data.json", "r")
    self.data = json.load(data_file)
    self.data["page_3"] = 3
    data_file.close()
    data_file = open("data.json", "w")
    json.dump(self.data, data_file, indent=4)
    data_file.close()
    self.dialog = Page_13()
    self.dialog.show()
    self.close()

def reverse_(self):
    self.dialog = Page_1()
    self.dialog.show()
    self.close()

class Page_4(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_4.ui', self)
        self.er = False
        data_file = open("data.json", "r")
        self.data = json.load(data_file)
        self.radioButton.setChecked(self.data["page_4"]["radio_button_1"])
        self.radioButton_2.setChecked(self.data["page_4"]["radio_button_2"])
        self.radioButton_3.setChecked(self.data["page_4"]["radio_button_3"])
        data_file.close()
        self.f_radio = self.radioButton.isChecked()
        self.s_radio = self.radioButton_2.isChecked()
        self.t_radio = self.radioButton_3.isChecked()
        self.forward.clicked.connect(self.next)
        self.reverse.clicked.connect(self.reverse_)

    def next(self):
        if self.radioButton.isChecked() or self.radioButton_2.isChecked() or self.radioButton_3.isChecked():
            self.er = False
            self.clr_error()
            data_file = open("data.json", "w")
            self.data["page_4"]["radio_button_1"] = self.radioButton.isChecked()

```

```

        self.data["page_4"]["radio_button_2"] = self.radioButton_2.isChecked()
        self.data["page_4"]["radio_button_3"] = self.radioButton_3.isChecked()
        json.dump(self.data, data_file, indent=4)
        data_file.close()
        self.dialog = Page_5()
        self.dialog.show()
        self.close()
    else:
        self.error()

def reverse_(self):
    self.dialog = Page_3()
    self.dialog.show()
    self.close()

def error(self):
    self.error_msg.setText("Введите все необходимые данные корректно!")
    self.er = True

def clr_error(self):
    self.error_msg.setText("")

class Page_5(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_5.ui', self)
        self.er = False
        data_file = open("data.json", "r")
        self.data = json.load(data_file)
        self.radioButton.setChecked(self.data["page_5"]["radio_button_1"])
        self.radioButton_2.setChecked(self.data["page_5"]["radio_button_2"])
        self.radioButton_3.setChecked(self.data["page_5"]["radio_button_3"])
        self.radioButton_4.setChecked(self.data["page_5"]["radio_button_4"])
        self.lineEdit.setText(self.data["page_5"]["line_1"])
        self.lineEdit_2.setText(self.data["page_5"]["line_2"])
        data_file.close()
        self.forward.clicked.connect(self.next)
        self.reverse.clicked.connect(self.reverse_)

    def next(self):
        p = re.compile("\d+(\.\d+)?")
        if (self.radioButton.isChecked() or self.radioButton_2.isChecked()) and (self.radioButton_3.isChecked() or
self.radioButton_4.isChecked()):
            if self.radioButton.isChecked():
                if self.lineEdit.text() and p.match(self.lineEdit.text()) and self.lineEdit_2.text() and
p.match(self.lineEdit_2.text()):
                    self.er = False
                    self.clr_error()
                    data_file = open("data.json", "w")
                    self.data["page_5"]["radio_button_1"] = self.radioButton.isChecked()
                    self.data["page_5"]["radio_button_2"] = self.radioButton_2.isChecked()
                    self.data["page_5"]["radio_button_3"] = self.radioButton_3.isChecked()
                    self.data["page_5"]["radio_button_4"] = self.radioButton_4.isChecked()
                    self.data["page_5"]["line_1"] = self.lineEdit.text()
                    self.data["page_5"]["line_2"] = self.lineEdit_2.text()
                    json.dump(self.data, data_file, indent=4)
                    data_file.close()
                    if self.data["page_2"]["radio_button_1"]:
                        self.dialog = Page_6()
                    elif self.data["page_2"]["radio_button_2"]:
                        self.dialog = Page_8()
                    self.dialog.show()
                    self.close()

```

```

else:
    self.er = False
    self.clr_error()
    data_file = open("data.json", "w")
    self.data["page_5"]["radio_button_1"] = self.radioButton.isChecked()
    self.data["page_5"]["radio_button_2"] = self.radioButton_2.isChecked()
    self.data["page_5"]["radio_button_3"] = self.radioButton_3.isChecked()
    self.data["page_5"]["radio_button_4"] = self.radioButton_4.isChecked()
    self.data["page_5"]["line_1"] = self.lineEdit.text()
    self.data["page_5"]["line_2"] = self.lineEdit_2.text()
    json.dump(self.data, data_file, indent=4)
    data_file.close()
    if self.data["page_2"]["radio_button_1"]:
        self.dialog = Page_6()
    elif self.data["page_2"]["radio_button_2"]:
        self.dialog = Page_8()
    self.dialog.show()
    self.close()
else:
    self.error()

def reverse_(self):
    self.dialog = Page_4()
    self.dialog.show()
    self.close()

def error(self):
    self.error_msg.setText("Введите все необходимые данные корректно!")
    self.er = True

def clr_error(self):
    self.error_msg.setText("")

class Page_6(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_6.ui', self)
        self.er = False
        data_file = open("data.json", "r")
        self.data = json.load(data_file)
        self.lineEdit.setText(self.data["page_5"]["line_1"])
        self.lineEdit_2.setText(self.data["page_5"]["line_2"])
        self.lineEdit_3.setText(self.data["page_2"]["l_1_1"])
        self.lineEdit_4.setText(self.data["page_2"]["l_1_2"])
        self.lineEdit_5.setText(self.data["page_2"]["l_1_3"])
        self.lineEdit_6.setText(self.data["page_2"]["l_1_4"])
        if self.data["page_4"]["radio_button_1"]:
            self.comboBox.setCurrentIndex(0)
        elif self.data["page_4"]["radio_button_2"]:
            self.comboBox.setCurrentIndex(1)
        elif self.data["page_4"]["radio_button_3"]:
            self.comboBox.setCurrentIndex(2)
        res_1, res_2 = self.calculate()
        self.lineEdit_8.setText(str(res_1))
        self.lineEdit_9.setText(str(res_2))
        data_file.close()
        self.pushButton_2.clicked.connect(self.next)
        self.pushButton.clicked.connect(self.reverse_)

    def calculate(self):
        if self.data["page_5"]["radio_button_1"]:
            res_1 = float(self.data["page_5"]["line_1"]) + float(self.data["page_5"]["line_2"]) +
float(self.data["page_2"]["l_1_1"]) + float(self.data["page_2"]["l_1_2"]) + float(self.data["page_2"]["l_1_3"])

```



```

else:
    res_1 = float(self.data["page_2"]["l_1_1"]) + float(self.data["page_2"]["l_1_2"]) + \
        float(self.data["page_2"]["l_1_3"])
    res_2 = res_1 * float(self.data["page_2"]["l_1_4"])
    return res_1, res_2

def next(self):
    p = re.compile("d+(\.\d+)?")
    if self.lineEdit.text() and p.match(self.lineEdit.text()) and self.lineEdit_2.text() and p.match(self.lineEdit_2.text()) and
self.lineEdit_3.text() and p.match(self.lineEdit_3.text())\
        and self.lineEdit_4.text() and p.match(self.lineEdit_4.text()) and self.lineEdit_5.text() and
p.match(self.lineEdit_5.text()) and self.lineEdit_6.text() and p.match(self.lineEdit_6.text())\
        and self.lineEdit_8.text() and p.match(self.lineEdit_8.text()) and self.lineEdit_9.text() and
p.match(self.lineEdit_9.text()):
        self.er = False
        self.clr_error()
        data_file = open("data.json", "w")
        self.data["page_5"]["line_1"] = self.lineEdit.text()
        self.data["page_5"]["line_2"] = self.lineEdit_2.text()
        self.data["page_2"]["l_1_1"] = self.lineEdit_3.text()
        self.data["page_2"]["l_1_2"] = self.lineEdit_4.text()
        self.data["page_2"]["l_1_3"] = self.lineEdit_5.text()
        self.data["page_2"]["l_1_4"] = self.lineEdit_6.text()
        self.data["page_6"]["res_1"] = self.lineEdit_8.text()
        self.data["page_6"]["res_2"] = self.lineEdit_9.text()
        json.dump(self.data, data_file, indent=4)
        data_file.close()
        self.dialog = Page_7()
        self.dialog.show()
        self.close()
    else:
        self.error()

def reverse_(self):
    self.dialog = Page_5()
    self.dialog.show()
    self.close()

def error(self):
    self.error_msg.setText("Введите все необходимые данные корректно!")
    self.er = True

def clr_error(self):
    self.error_msg.setText("")

class Page_7(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_7.ui', self)
        res_1, res_2, res_3, res_4, res_5, res_6, res_7 = self.calculate()
        self.lineEdit.setText(str(res_1))
        self.lineEdit_2.setText(str(res_2))
        self.lineEdit_3.setText(str(res_3))
        self.lineEdit_4.setText(str(res_4))
        self.lineEdit_5.setText(str(res_5))
        self.lineEdit_7.setText(str(res_6))
        self.lineEdit_8.setText(str(res_7))
        self.next.clicked.connect(self.next_)

    def next_(self):
        self.dialog = Page_1()
        self.dialog.show()
        self.close()

```

```

def calculate(self):
    data_file = open("data.json", "r")
    self.data = json.load(data_file)
    if self.data["page_5"]["radio_button_3"]:
        res_2 = float(self.data["page_6"]["res_2"]) * 1.1
        res_6 = 0
    elif self.data["page_5"]["radio_button_4"]:
        res_2 = float(self.data["page_6"]["res_2"]) * 1.05
        res_6 = (float(self.data["page_6"]["res_2"]) * 1.05) - float(
            self.data["page_6"]["res_2"])
    res_1 = res_2 / float(self.data["page_6"]["res_1"])
    if self.data["page_4"]["radio_button_1"]:
        res_3 = res_2 * 3.5
    elif self.data["page_4"]["radio_button_2"]:
        res_3 = res_2 * 6
    elif self.data["page_4"]["radio_button_3"]:
        res_3 = res_2 * 9
    res_4 = res_2 / 5
    res_5 = (res_1 / 2.7) * 2
    if self.data["page_4"]["radio_button_1"]:
        res_7 = res_2 * 1424 + res_3 * 5 + res_4 * 20 + res_5 * 75 + res_6 * 500
    elif self.data["page_4"]["radio_button_2"]:
        res_7 = res_2 * 2555 + res_3 * 5 + res_4 * 20 + res_5 * 75 + res_6 * 500
    elif self.data["page_4"]["radio_button_3"]:
        res_7 = res_2 * 4570 + res_3 * 5 + res_4 * 20 + res_5 * 75 + res_6 * 500
    data_file.close()
    return res_1, res_2, res_3, res_4, res_5, res_6, res_7

```

```

class Page_8(QWidget):

```

```

    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_8.ui', self)
        self.er = False
        data_file = open("data.json", "r")
        self.data = json.load(data_file)
        self.lineEdit_10.setText(self.data["page_5"]["line_1"])
        self.lineEdit_11.setText(self.data["page_5"]["line_2"])
        self.lineEdit.setText(self.data["page_2"]["l_2_1"])
        self.lineEdit_2.setText(self.data["page_2"]["l_2_2"])
        self.lineEdit_3.setText(self.data["page_2"]["l_2_3"])
        self.lineEdit_4.setText(self.data["page_2"]["l_2_4"])
        if self.data["page_4"]["radio_button_1"]:
            self.comboBox.setCurrentIndex(0)
        elif self.data["page_4"]["radio_button_2"]:
            self.comboBox.setCurrentIndex(1)
        elif self.data["page_4"]["radio_button_3"]:
            self.comboBox.setCurrentIndex(2)
        res_3, res_4, res_1, res_2 = self.calculate()
        self.lineEdit_5.setText(str(res_3))
        self.lineEdit_6.setText(str(res_4))
        self.lineEdit_8.setText(str(res_1))
        self.lineEdit_9.setText(str(res_2))
        data_file.close()
        self.pushButton_2.clicked.connect(self.next)
        self.pushButton.clicked.connect(self.reverse_)

    def calculate(self):
        res_3 = res_4 = math.sqrt(((float(self.data["page_2"]["l_2_2"]) - float(self.data["page_2"]["l_2_3"]))/2)**2 +
float(self.data["page_2"]["l_2_1"])**2)
        if self.data["page_5"]["radio_button_1"]:
            res_1 = float(self.data["page_5"]["line_1"]) + float(
                self.data["page_5"]["line_2"]) + res_3 + res_4 + float(self.data["page_2"]["l_2_3"])

```

```

else:
    res_1 = res_3 + res_4 + float(self.data["page_2"]["1_2_3"])
    res_2 = res_1 * float(self.data["page_2"]["1_2_4"])
    return res_3, res_4, res_1, res_2

def next(self):
    p = re.compile("\d+(\.\d+)?")
    if self.lineEdit.text() and p.match(
        self.lineEdit.text()) and self.lineEdit_2.text() and p.match(
        self.lineEdit_2.text()) and self.lineEdit_3.text() and p.match(
        self.lineEdit_3.text()) \
        and self.lineEdit_4.text() and p.match(
        self.lineEdit_4.text()) and self.lineEdit_5.text() and p.match(
        self.lineEdit_5.text()) and self.lineEdit_6.text() and p.match(self.lineEdit_6.text()) \
        and self.lineEdit_8.text() and p.match(
        self.lineEdit_8.text()) and self.lineEdit_9.text() and p.match(self.lineEdit_9.text()):
        self.er = False
        self.clr_error()
        data_file = open("data.json", "w")
        self.data["page_2"]["1_2_1"] = self.lineEdit.text()
        self.data["page_2"]["1_2_2"] = self.lineEdit_2.text()
        self.data["page_2"]["1_2_3"] = self.lineEdit_3.text()
        self.data["page_2"]["1_2_4"] = self.lineEdit_4.text()
        self.data["page_6"]["res_1"] = self.lineEdit_8.text()
        self.data["page_6"]["res_2"] = self.lineEdit_9.text()
        self.data["page_5"]["line_1"] = self.lineEdit_10.text()
        self.data["page_5"]["line_2"] = self.lineEdit_11.text()
        json.dump(self.data, data_file, indent=4)
        data_file.close()
        self.dialog = Page_7()
        self.dialog.show()
        self.close()
    else:
        self.error()

def reverse_(self):
    self.dialog = Page_5()
    self.dialog.show()
    self.close()

def error(self):
    self.error_msg.setText("Введите все необходимые данные корректно!")
    self.er = True

def clr_error(self):
    self.error_msg.setText("")

class Page_13(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_13.ui', self)
        self.er = False
        data_file = open("data.json", "r")
        self.data = json.load(data_file)
        self.l_1_1.setText(self.data["page_13"]["1_1_1"])
        self.l_1_2.setText(self.data["page_13"]["1_1_2"])
        self.l_1_3.setText(self.data["page_13"]["1_1_3"])
        self.l_1_4.setText(self.data["page_13"]["1_1_4"])
        data_file.close()
        # left side
        self.left_1 = self.l_1_1.text()
        self.left_2 = self.l_1_2.text()
        self.left_3 = self.l_1_3.text()

```

```

self.left_4 = self.l_1_4.text()
# right side
self.forward.clicked.connect(self.next)
self.reverse.clicked.connect(self.reverse_)

def next(self):
    p = re.compile("\d+(\.\d+)?")
    data_file = open("data.json", "w")
    self.data["page_13"]["l_1_1"] = self.l_1_1.text()
    self.data["page_13"]["l_1_2"] = self.l_1_2.text()
    self.data["page_13"]["l_1_3"] = self.l_1_3.text()
    self.data["page_13"]["l_1_4"] = self.l_1_4.text()
    if not self.l_1_1.text() or not p.match(self.l_1_1.text()):
        self.error()
    elif not self.l_1_2.text() or not p.match(self.l_1_2.text()):
        self.error()
    elif not self.l_1_3.text() or not p.match(self.l_1_3.text()):
        self.error()
    elif not self.l_1_4.text() or not p.match(self.l_1_4.text()):
        self.error()
    else:
        self.clr_error()
        self.er = False
    json.dump(self.data, data_file, indent=4)
    data_file.close()
    if not self.er:
        if self.data["page_3"] == 2:
            self.dialog = Page_10()
        elif self.data["page_3"] == 3:
            self.dialog = Page_14()
        self.dialog.show()
        self.close()

def reverse_(self):
    self.dialog = Page_3()
    self.dialog.show()
    self.close()

def error(self):
    self.error_msg.setText("Введите все необходимые данные корректно!")
    self.er = True

def clr_error(self):
    self.error_msg.setText("")

class Page_10(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_10.ui', self)
        self.er = False
        data_file = open("data.json", "r")
        self.data = json.load(data_file)
        self.checkBox.setChecked(self.data["page_10"]["tick"])
        self.radioButton_1.setChecked(self.data["page_10"]["radio_button_1"])
        self.radioButton_2.setChecked(self.data["page_10"]["radio_button_2"])
        self.radioButton_3.setChecked(self.data["page_10"]["radio_button_3"])
        self.radioButton_4.setChecked(self.data["page_10"]["radio_button_4"])
        self.radioButton_5.setChecked(self.data["page_10"]["radio_button_5"])
        self.radioButton_6.setChecked(self.data["page_10"]["radio_button_6"])
        self.radioButton_7.setChecked(self.data["page_10"]["radio_button_7"])
        self.radioButton_8.setChecked(self.data["page_10"]["radio_button_8"])
        self.radioButton_9.setChecked(self.data["page_10"]["radio_button_9"])
        self.radioButton_10.setChecked(self.data["page_10"]["radio_button_10"])

```

```

data_file.close()
self.tick = self.checkBox.isChecked()
self.radio_1 = self.radioButton.isChecked()
self.radio_2 = self.radioButton_2.isChecked()
self.radio_3 = self.radioButton_3.isChecked()
self.radio_4 = self.radioButton_4.isChecked()
self.radio_5 = self.radioButton_5.isChecked()
self.radio_6 = self.radioButton_6.isChecked()
self.radio_7 = self.radioButton_7.isChecked()
self.radio_8 = self.radioButton_8.isChecked()
self.radio_9 = self.radioButton_9.isChecked()
self.radio_10 = self.radioButton_10.isChecked()
self.forward.clicked.connect(self.next)
self.reverse.clicked.connect(self.reverse_)

def next(self):
    data_file = open("data.json", "w")
    self.data["page_10"]["tick"] = self.checkBox.checkState()
    self.data["page_10"]["radio_button_1"] = self.radioButton.isChecked()
    self.data["page_10"]["radio_button_2"] = self.radioButton_2.isChecked()
    self.data["page_10"]["radio_button_3"] = self.radioButton_3.isChecked()
    self.data["page_10"]["radio_button_4"] = self.radioButton_4.isChecked()
    self.data["page_10"]["radio_button_5"] = self.radioButton_5.isChecked()
    self.data["page_10"]["radio_button_6"] = self.radioButton_6.isChecked()
    self.data["page_10"]["radio_button_7"] = self.radioButton_7.isChecked()
    self.data["page_10"]["radio_button_8"] = self.radioButton_8.isChecked()
    self.data["page_10"]["radio_button_9"] = self.radioButton_9.isChecked()
    self.data["page_10"]["radio_button_10"] = self.radioButton_10.isChecked()
    if not (self.radioButton.isChecked() or self.radioButton_2.isChecked() or self.radioButton_3.isChecked() or
self.radioButton_4.isChecked() or self.radioButton_5.isChecked() or self.radioButton_6.isChecked() or
self.radioButton_7.isChecked() or self.radioButton_8.isChecked() or self.radioButton_9.isChecked() or
self.radioButton_10.isChecked()):
        self.error()
    else:
        self.clr_error()
        self.er = False
    json.dump(self.data, data_file, indent=4)
    data_file.close()
    if not self.er:
        self.dialog = Page_11()
        self.dialog.show()
        self.close()

def reverse_(self):
    self.dialog = Page_13()
    self.dialog.show()
    self.close()

def error(self):
    self.error_msg.setText("Введите все необходимые данные корректно!")
    self.er = True

def clr_error(self):
    self.error_msg.setText("")

class Page_11(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_11.ui', self)
        self.er = False
        data_file = open("data.json", "r")
        self.data = json.load(data_file)
        self.lineEdit.setText(self.data["page_13"]["l_1_1"])

```

```

self.lineEdit_2.setText(self.data["page_13"]["1_1_2"])
self.lineEdit_3.setText(self.data["page_13"]["1_1_3"])
self.lineEdit_4.setText(self.data["page_13"]["1_1_4"])
if self.data["page_10"]["radio_button_1"]:
    self.comboBox.setCurrentIndex(0)
elif self.data["page_10"]["radio_button_2"]:
    self.comboBox.setCurrentIndex(1)
elif self.data["page_10"]["radio_button_3"]:
    self.comboBox.setCurrentIndex(2)
elif self.data["page_10"]["radio_button_4"]:
    self.comboBox.setCurrentIndex(3)
elif self.data["page_10"]["radio_button_5"]:
    self.comboBox.setCurrentIndex(4)
elif self.data["page_10"]["radio_button_6"]:
    self.comboBox.setCurrentIndex(5)
elif self.data["page_10"]["radio_button_7"]:
    self.comboBox.setCurrentIndex(6)
elif self.data["page_10"]["radio_button_8"]:
    self.comboBox.setCurrentIndex(7)
elif self.data["page_10"]["radio_button_9"]:
    self.comboBox.setCurrentIndex(8)
elif self.data["page_10"]["radio_button_10"]:
    self.comboBox.setCurrentIndex(9)
res_1, res_2, res_3 = self.calculate()
self.lineEdit_6.setText(str(res_1))
self.lineEdit_8.setText(str(res_2))
self.lineEdit_9.setText(str(res_3))
data_file.close()
self.pushButton_2.clicked.connect(self.next)
self.pushButton.clicked.connect(self.reverse_)

def next(self):
    p = re.compile("d+(\.\d+)?")
    if self.lineEdit.text() and p.match(
        self.lineEdit.text() and self.lineEdit_2.text() and p.match(
            self.lineEdit_2.text() and self.lineEdit_3.text() and p.match(
                self.lineEdit_3.text() \
                and self.lineEdit_4.text() and p.match(
                    self.lineEdit_4.text() and self.lineEdit_6.text() and p.match(self.lineEdit_6.text()) \
                    and self.lineEdit_8.text() and p.match(
                        self.lineEdit_8.text() and self.lineEdit_9.text() and p.match(self.lineEdit_9.text())):
        self.er = False
        self.clr_error()
        data_file = open("data.json", "w")
        self.data["page_13"]["1_1_1"] = self.lineEdit.text()
        self.data["page_13"]["1_1_2"] = self.lineEdit_2.text()
        self.data["page_13"]["1_1_3"] = self.lineEdit_3.text()
        self.data["page_13"]["1_1_4"] = self.lineEdit_4.text()
        self.data["page_11"]["res_1"] = self.lineEdit_6.text()
        self.data["page_11"]["res_2"] = self.lineEdit_8.text()
        self.data["page_11"]["res_3"] = self.lineEdit_9.text()
        json.dump(self.data, data_file, indent=4)
        data_file.close()
        self.dialog = Page_12()
        self.dialog.show()
        self.close()
    else:
        self.error()

def calculate(self):
    res_1 = float(self.data["page_13"]["1_1_1"]) + float(self.data["page_13"]["1_1_2"]) + \
        float(self.data["page_13"]["1_1_3"])
    res_2 = res_1 * float(self.data["page_13"]["1_1_4"])

```

```

    res_3 = res_2
    return res_1, res_2, res_3

def reverse_(self):
    self.dialog = Page_10()
    self.dialog.show()
    self.close()

def error(self):
    self.error_msg.setText("Введите все необходимые данные корректно!")
    self.er = True

def clr_error(self):
    self.error_msg.setText("")

class Page_12(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_12.ui', self)
        res, d_2, m = self.calculate()
        self.lineEdit.setText(str(res))
        self.lineEdit_2.setText(str(d_2))
        self.lineEdit_3.setText(str(m))
        self.next.clicked.connect(self.next_)

    def next_(self):
        self.dialog = Page_1()
        self.dialog.show()
        self.close()

    def calculate(self):
        data_file = open("data.json", "r")
        self.data = json.load(data_file)
        if self.data["page_3"] == 2:
            d_2 = float(self.data["page_11"]["res_2"])
            if self.data["page_10"]["radio_button_1"]:
                m = 400
            elif self.data["page_10"]["radio_button_2"]:
                m = 500
            elif self.data["page_10"]["radio_button_3"]:
                m = 650
            elif self.data["page_10"]["radio_button_4"]:
                m = 750
            elif self.data["page_10"]["radio_button_5"]:
                m = 850
            elif self.data["page_10"]["radio_button_6"]:
                m = 450
            elif self.data["page_10"]["radio_button_7"]:
                m = 550
            elif self.data["page_10"]["radio_button_8"]:
                m = 700
            elif self.data["page_10"]["radio_button_9"]:
                m = 800
            elif self.data["page_10"]["radio_button_10"]:
                m = 900
            if self.data["page_10"]["tick"]:
                m += 47.5
            res = d_2 * m
        elif self.data["page_3"] == 3:
            d_2 = float(self.data["page_16"]["res_2"])
            m = 721
            res = d_2 * m

```

```

data_file.close()
return res, d_2, m

class Page_14(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_14.ui', self)
        self.er = False
        data_file = open("data.json", "r")
        self.data = json.load(data_file)
        self.first_radio.setChecked(self.data["page_14"]["radio_button_1"])
        self.second_radio.setChecked(self.data["page_14"]["radio_button_2"])
        data_file.close()
        self.forward.clicked.connect(self.next)
        self.reverse.clicked.connect(self.reverse_)

    def next(self):
        data_file = open("data.json", "w")
        self.data["page_14"]["radio_button_1"] = self.first_radio.isChecked()
        self.data["page_14"]["radio_button_2"] = self.second_radio.isChecked()
        json.dump(self.data, data_file, indent=4)
        data_file.close()
        if not(self.first_radio.isChecked() or self.second_radio.isChecked()):
            self.error()
        else:
            self.clr_error()
        if not self.er:
            if self.first_radio.isChecked():
                self.dialog = Page_17()
            elif self.second_radio.isChecked():
                self.dialog = Page_15()
            self.dialog.show()
            self.close()

    def reverse_(self):
        self.dialog = Page_13()
        self.dialog.show()
        self.close()

    def error(self):
        self.error_msg.setText("Введите все необходимые данные корректно!")
        self.er = True

    def clr_error(self):
        self.error_msg.setText("")

class Page_17(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_17.ui', self)
        self.er = False
        data_file = open("data.json", "r")
        self.data = json.load(data_file)
        self.radioButton.setChecked(self.data["page_17"]["radio_button_1"])
        self.radioButton_2.setChecked(self.data["page_17"]["radio_button_2"])
        self.radioButton_3.setChecked(self.data["page_17"]["radio_button_3"])
        self.radioButton_4.setChecked(self.data["page_17"]["radio_button_4"])
        self.radioButton_5.setChecked(self.data["page_17"]["radio_button_5"])
        self.radioButton_6.setChecked(self.data["page_17"]["radio_button_6"])
        data_file.close()
        self.radio_1 = self.radioButton.isChecked()
        self.radio_2 = self.radioButton_2.isChecked()

```



```

self.radio_3 = self.radioButton_3.isChecked()
self.radio_4 = self.radioButton_4.isChecked()
self.radio_5 = self.radioButton_5.isChecked()
self.radio_6 = self.radioButton_6.isChecked()
self.forward.clicked.connect(self.next)
self.reverse.clicked.connect(self.reverse_)

def next(self):
    data_file = open("data.json", "w")
    self.data["page_17"]["radio_button_1"] = self.radioButton.isChecked()
    self.data["page_17"]["radio_button_2"] = self.radioButton_2.isChecked()
    self.data["page_17"]["radio_button_3"] = self.radioButton_3.isChecked()
    self.data["page_17"]["radio_button_4"] = self.radioButton_4.isChecked()
    self.data["page_17"]["radio_button_5"] = self.radioButton_5.isChecked()
    self.data["page_17"]["radio_button_6"] = self.radioButton_6.isChecked()
    if not (
        self.radioButton.isChecked() or self.radioButton_2.isChecked() or self.radioButton_3.isChecked() or
self.radioButton_4.isChecked() or self.radioButton_5.isChecked() or self.radioButton_6.isChecked()):
        self.error()
    else:
        self.clr_error()
        self.er = False
    json.dump(self.data, data_file, indent=4)
    data_file.close()
    if not self.er:
        self.dialog = Page_18()
        self.dialog.show()
        self.close()

def reverse_(self):
    self.dialog = Page_14()
    self.dialog.show()
    self.close()

def error(self):
    self.error_msg.setText("Введите все необходимые данные корректно!")
    self.er = True

def clr_error(self):
    self.error_msg.setText("")

class Page_18(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_18.ui', self)
        self.er = False
        data_file = open("data.json", "r")
        self.data = json.load(data_file)
        self.radioButton.setChecked(self.data["page_18"]["radio_button_1"])
        self.radioButton_2.setChecked(self.data["page_18"]["radio_button_2"])
        data_file.close()
        self.forward.clicked.connect(self.next)
        self.reverse.clicked.connect(self.reverse_)

    def next(self):
        data_file = open("data.json", "w")
        self.data["page_18"]["radio_button_1"] = self.radioButton.isChecked()
        self.data["page_18"]["radio_button_2"] = self.radioButton_2.isChecked()
        json.dump(self.data, data_file, indent=4)
        data_file.close()
        if not (self.radioButton.isChecked() or self.radioButton_2.isChecked()):
            self.error()
        else:

```

```

        self.clr_error()
    if not self.er:
        self.dialog = Page_19()
        self.dialog.show()
        self.close()

def reverse_(self):
    self.dialog = Page_17()
    self.dialog.show()
    self.close()

def error(self):
    self.error_msg.setText("Введите все необходимые данные корректно!")
    self.er = True

def clr_error(self):
    self.error_msg.setText("")

class Page_19(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_19.ui', self)
        self.er = False
        data_file = open("data.json", "r")
        self.data = json.load(data_file)
        self.lineEdit.setText(self.data["page_13"]["1_1_1"])
        self.lineEdit_2.setText(self.data["page_13"]["1_1_2"])
        self.lineEdit_3.setText(self.data["page_13"]["1_1_3"])
        self.lineEdit_4.setText(self.data["page_13"]["1_1_4"])
        if self.data["page_17"]["radio_button_1"]:
            self.comboBox.setCurrentIndex(0)
        elif self.data["page_17"]["radio_button_2"]:
            self.comboBox.setCurrentIndex(1)
        elif self.data["page_17"]["radio_button_3"]:
            self.comboBox.setCurrentIndex(2)
        elif self.data["page_17"]["radio_button_4"]:
            self.comboBox.setCurrentIndex(3)
        elif self.data["page_17"]["radio_button_5"]:
            self.comboBox.setCurrentIndex(4)
        elif self.data["page_17"]["radio_button_6"]:
            self.comboBox.setCurrentIndex(5)
        res_1, res_2, res_3 = self.calculate()
        self.lineEdit_6.setText(str(res_1))
        self.lineEdit_8.setText(str(res_2))
        self.lineEdit_9.setText(str(res_3))
        data_file.close()
        self.pushButton_2.clicked.connect(self.next)
        self.pushButton.clicked.connect(self.reverse_)

    def next(self):
        p = re.compile("\d+(\.\d+)?")
        if self.lineEdit.text() and p.match(
            self.lineEdit.text()) and self.lineEdit_2.text() and p.match(
            self.lineEdit_2.text()) and self.lineEdit_3.text() and p.match(
            self.lineEdit_3.text()) \
            and self.lineEdit_4.text() and p.match(
            self.lineEdit_4.text()) and self.lineEdit_6.text() and p.match(self.lineEdit_6.text()) \
            and self.lineEdit_8.text() and p.match(
            self.lineEdit_8.text()) and self.lineEdit_9.text() and p.match(self.lineEdit_9.text()):
            self.er = False
            self.clr_error()
            data_file = open("data.json", "w")
            self.data["page_13"]["1_1_1"] = self.lineEdit.text()

```

```

        self.data["page_13"]["l_1_2"] = self.lineEdit_2.text()
        self.data["page_13"]["l_1_3"] = self.lineEdit_3.text()
        self.data["page_13"]["l_1_4"] = self.lineEdit_4.text()
        self.data["page_19"]["res_1"] = self.lineEdit_6.text()
        self.data["page_19"]["res_2"] = self.lineEdit_8.text()
        self.data["page_19"]["res_3"] = self.lineEdit_9.text()
        json.dump(self.data, data_file, indent=4)
        data_file.close()
        self.dialog = Page_20()
        self.dialog.show()
        self.close()
    else:
        self.error()

def calculate(self):
    res_1 = float(self.data["page_13"]["l_1_1"]) + float(self.data["page_13"]["l_1_2"]) + \
        float(self.data["page_13"]["l_1_3"])
    res_2 = res_1 * float(self.data["page_13"]["l_1_4"])
    res_3 = res_2
    return res_1, res_2, res_3

def reverse_(self):
    self.dialog = Page_18()
    self.dialog.show()
    self.close()

def error(self):
    self.error_msg.setText("Введите все необходимые данные корректно!")
    self.er = True

def clr_error(self):
    self.error_msg.setText("")

class Page_20(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_20.ui', self)
        res_1, res_2, res_3, res_4, d_2, m = self.calculate()
        self.lineEdit.setText(str(res_1))
        self.lineEdit_2.setText(str(res_2))
        self.lineEdit_3.setText(str(res_3))
        self.lineEdit_8.setText(str(res_4))
        self.lineEdit_4.setText(str(d_2))
        self.lineEdit_5.setText(str(m))
        self.next.clicked.connect(self.next_)

    def next_(self):
        self.dialog = Page_1()
        self.dialog.show()
        self.close()

    def calculate(self):
        data_file = open("data.json", "r")
        self.data = json.load(data_file)
        d_2 = float(self.data["page_19"]["res_2"])
        d_3 = float(self.data["page_19"]["res_3"])
        if self.data["page_17"]["radio_button_1"]:
            m = 1350
        elif self.data["page_17"]["radio_button_2"]:
            m = 1471
        elif self.data["page_17"]["radio_button_3"]:
            m = 1442
        elif self.data["page_17"]["radio_button_4"]:

```

```

    m = 1373
elif self.data["page_17"]["radio_button_5"]:
    m = 1537
elif self.data["page_17"]["radio_button_6"]:
    m = 1161
res_1 = d_2 * m
if self.data["page_18"]["radio_button_1"]:
    res_2 = d_3 * 47.5
else:
    res_2 = 0
res_3 = (d_2 / 6) * 350
res_4 = res_1 + res_2 + res_3
data_file.close()
return res_1, res_2, res_3, res_4, d_2, m

```

```
class Page_16(QWidget):
```

```

def __init__(self):
    super().__init__()
    uic.loadUi('page_16.ui', self)
    self.er = False
    data_file = open("data.json", "r")
    self.data = json.load(data_file)
    self.lineEdit.setText(self.data["page_13"]["1_1_1"])
    self.lineEdit_2.setText(self.data["page_13"]["1_1_2"])
    self.lineEdit_3.setText(self.data["page_13"]["1_1_3"])
    self.lineEdit_4.setText(self.data["page_13"]["1_1_4"])
    self.comboBox.setCurrentIndex(0)
    res_1, res_2, res_3 = self.calculate()
    self.lineEdit_6.setText(str(res_1))
    self.lineEdit_8.setText(str(res_2))
    self.lineEdit_9.setText(str(res_3))
    data_file.close()
    self.pushButton_2.clicked.connect(self.next)
    self.pushButton.clicked.connect(self.reverse_)

```

```
def next(self):
```

```

    p = re.compile("\d+(\.\d+)?")
    if self.lineEdit.text() and p.match(
        self.lineEdit.text()) and self.lineEdit_2.text() and p.match(
        self.lineEdit_2.text()) and self.lineEdit_3.text() and p.match(
        self.lineEdit_3.text()) \
        and self.lineEdit_4.text() and p.match(
        self.lineEdit_4.text()) and self.lineEdit_6.text() and p.match(self.lineEdit_6.text()) \
        and self.lineEdit_8.text() and p.match(
        self.lineEdit_8.text()) and self.lineEdit_9.text() and p.match(self.lineEdit_9.text()):
        self.er = False
        self.clr_error()
        data_file = open("data.json", "w")
        self.data["page_13"]["1_1_1"] = self.lineEdit.text()
        self.data["page_13"]["1_1_2"] = self.lineEdit_2.text()
        self.data["page_13"]["1_1_3"] = self.lineEdit_3.text()
        self.data["page_13"]["1_1_4"] = self.lineEdit_4.text()
        self.data["page_16"]["res_1"] = self.lineEdit_6.text()
        self.data["page_16"]["res_2"] = self.lineEdit_8.text()
        self.data["page_16"]["res_3"] = self.lineEdit_9.text()
        json.dump(self.data, data_file, indent=4)
        data_file.close()
        self.dialog = Page_12()
        self.dialog.show()
        self.close()
    else:
        self.error()

```

```

def calculate(self):
    res_1 = float(self.data["page_13"]["l_1_1"]) + float(self.data["page_13"]["l_1_2"]) + \
        float(self.data["page_13"]["l_1_3"])
    res_2 = res_1 * float(self.data["page_13"]["l_1_4"])
    res_3 = res_2
    return res_1, res_2, res_3

def reverse_(self):
    self.dialog = Page_15()
    self.dialog.show()
    self.close()

def error(self):
    self.error_msg.setText("Введите все необходимые данные корректно!")
    self.er = True

def clr_error(self):
    self.error_msg.setText("")

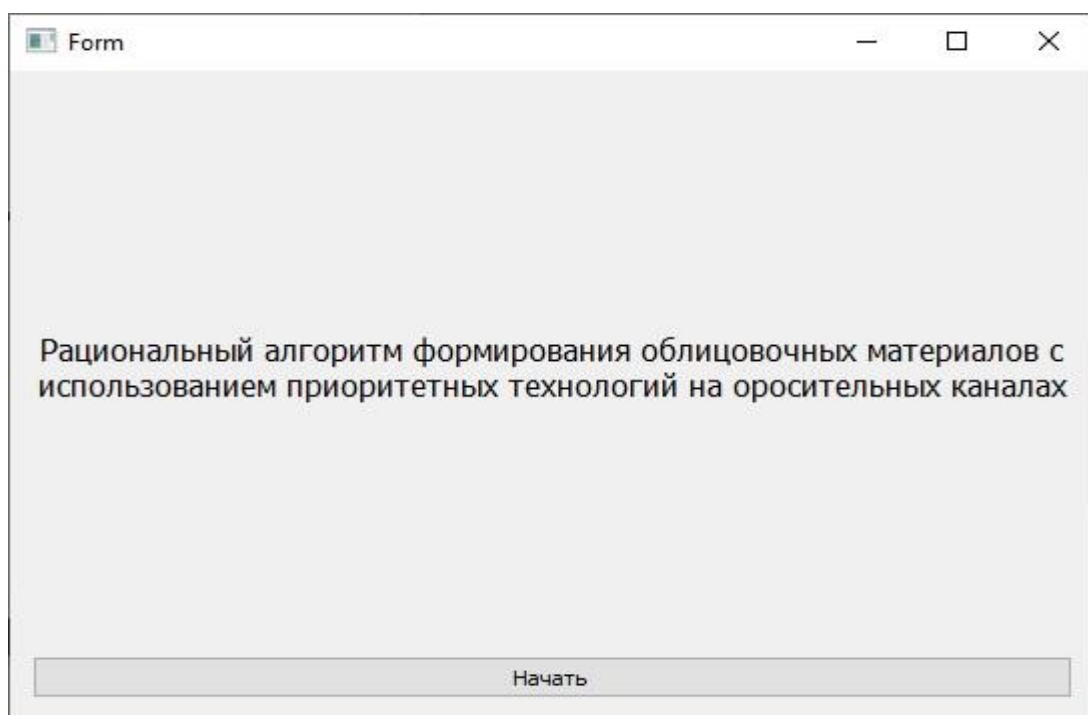
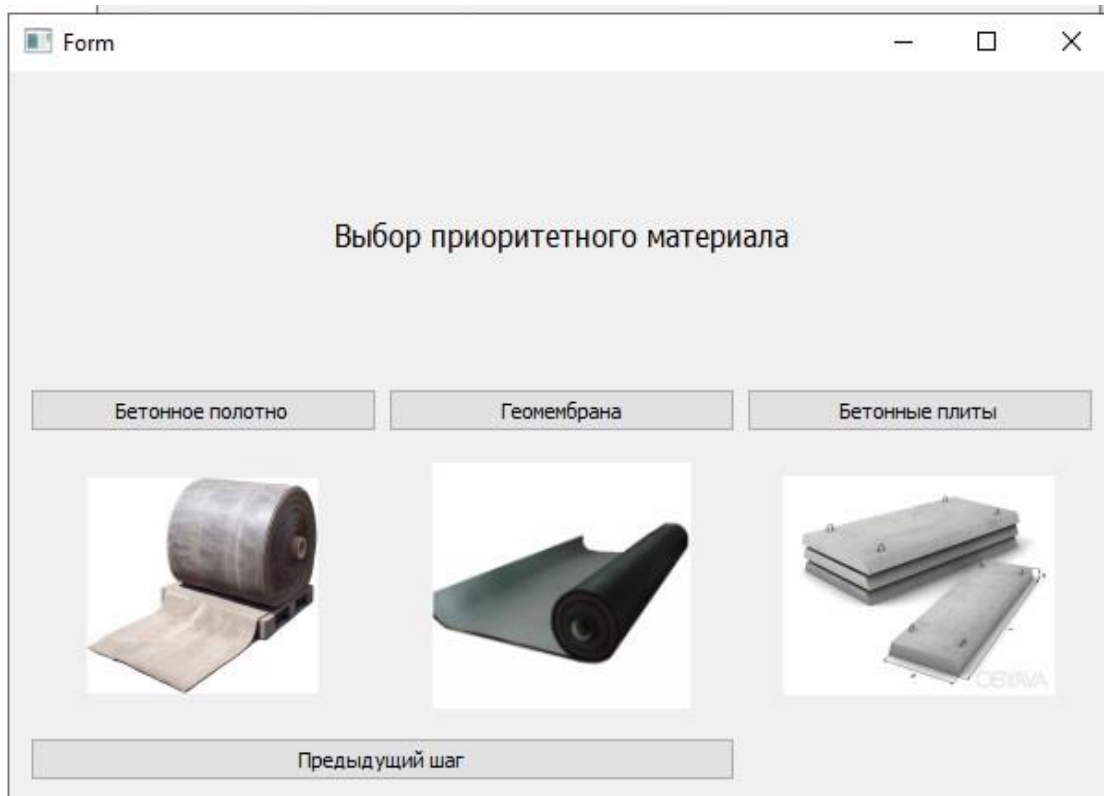
class Page_15(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_15.ui', self)
        self.forward.clicked.connect(self.next)
        self.reverse.clicked.connect(self.reverse_)

    def next(self):
        self.dialog = Page_16()
        self.dialog.show()
        self.close()

    def reverse_(self):
        self.dialog = Page_14()
        self.dialog.show()
        self.close()

app = QApplication(sys.argv)
ex = Page_1()
ex.show()
sys.exit(app.exec_())

```




Form

Выбор алгоритма расчёта параметров канала


*используйте наиболее удобный вариант расчёта исходя из известных вам параметров

Расчёт по высоте склонов
 Расчёт по глубине траншеи

<input type="text" value="1.5"/>	<input type="text"/>
Высота склона №1	Глубина
<input type="text" value="1.5"/>	<input type="text"/>
Высота склона №2	Ширина верха
<input type="text" value="4"/>	<input type="text"/>
Ширина основания	Ширина основания
<input type="text" value="1000"/>	<input type="text"/>
Длина траншеи	Длина траншеи



Предыдущий шаг



Следующий шаг

Form

Расчёт по толщине материала

5 мм (СС 5) (3000 руб/кв. м.)
 8 мм (СС 8) (4500 руб/кв. м.)
 13 мм (СС 13) (5500 руб/кв. м.)

Form

Технологические способы крепления и укладки бетонного полотна

*выберите вариант крепления полотна

Крепление полотна к грунту с помощью анкерного паза

Вдоль верхней кромки траншеи делается углубление, в котором с помощью анкеров закрепляется обрезанный край полотна. Анкерный паз подразумевает дополнительный расход полотна - около 0,25 м с каждого края отрезка.

Ширина анкерного паза

0.1	0.1
-----	-----

склон 1 склон 2

Крепление полотна к бетонной или иной конструкции

Если полотно крепится к какой-то конструкции, например, к бетонным стенкам канала, то анкерный паз не требуется. Соответственно расход полотна меньше.

*выберите способ укладки и нахлёста


Использовать стандартный нахлест в 10 см

Использовать короткий нахлест в 5 см с добавлением геомембраны на стыке отрезков длиной в 5 см

Form

Проверка параметров проекта

Схема проекта



Ширина анкерного паза (склон 1)	Ширина анкерного паза (склон 2)	Высота склона 1
0.1	0.1	1.5
Высота склона 2	Ширина основания	Длина траншеи
1.5	4	1000
<input type="button" value="Назад"/>	Материал	Общая площадь укладки
<input type="button" value="Рассчитать"/>	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> 5 мм (CC 5) (3000 руб./кв. м) 5 мм (CC 5) (3000 руб./кв. м) 8 мм (CC 8) (4500 руб./кв. м) 13 мм (CC 13) (5500 руб./кв. м) </div>	7200.0
	Длина отрезка	
	7.2	

Итоги проектирования		
Кол-во отрезков	Общая S полотна	Необходимое кол-во воды
<input type="text" value="1050.0"/>	<input type="text" value="7560.0"/>	<input type="text" value="26460.0"/>
Необходимое кол-во винтов	Необходимое кол-во кольев для крепления концов отрезка	Общая стоимость материалов (без учёта НДС и работы)
<input type="text" value="1512.0"/>	<input type="text" value="777.7777777777777"/>	
	Необходимое кол-во геомембран кв. м	<input type="text" value="23080873.333333332"/>
	<input type="text" value="360.0"/>	

Form

Выберите вариант бетонных плит

<input type="radio"/> ПКН 40-20	8100 руб.	1350 руб.
<input type="radio"/> ПКН 50-20	10300 руб.	1471 руб.
<input type="radio"/> ПКН 60-10	10100 руб.	1442 руб.
<input type="radio"/> ПКН 60-15	10300 руб.	1373 руб.
<input checked="" type="radio"/> ПКН 60-20	12300 руб.	1537 руб.
<input type="radio"/> ПКН 60-8	7900 руб.	1161 руб.

Form

Расчёт по толщине материала

Использовать технологию плёночного экрана для покрытия оросительного канала?


Да
 Нет

(стоимость плёночного экрана 47,5 р за кв. м)

Form

Проверка параметров проекта

Схема проекта



Высота склона №1	Высота склона №2	Ширина основания
<input type="text" value="1.5"/>	<input type="text" value="1.5"/>	<input type="text" value="4"/>
Длина траншеи	Материал (облицовочный)	Длина поперечного сечения
<input type="text" value="1000"/>	<input type="text" value="ПКН 60-20"/>	<input type="text" value="7.0"/>
<input type="button" value="Назад"/>	Общая площадь укладки бетонных плит	Общая площадь укладки плёночного экрана
<input type="button" value="Рассчитать"/>	<input type="text" value="7000.0"/>	<input type="text" value="7000.0"/>

Form

Итоги расчёта

Стоимость одной плиты	Дополнительный раствор для заливки швов
<input type="text" value="1537"/>	<input type="text" value="408333.3333333334"/>
Общая стоимость плит	Общая стоимость плёночного экрана
<input type="text" value="10759000.0"/>	<input type="text" value="332500.0"/>
Общая площадь укладки	Итоговая стоимость
<input type="text" value="7000.0"/>	<input type="text" value="11499833.333333334"/>

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Акты внедрения

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной и
инновационной работе
Воротников И.Л./
2020 г.

Акт

от «14» *мая* 2020 г.»

о внедрении законченной научно-исследовательской работы

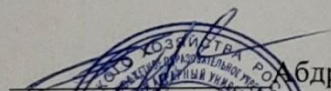
Мы, нижеподписавшиеся, представитель Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова в лице руководителя НИР, заведующего кафедрой «Строительство, теплогазоснабжение и энергообеспечение», профессора Абдразакова Фярида Кинжаевича и директора Энгельского филиала ФГБОУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» Чуркина Кристина Игоревна составили акт о том, что результаты научно-исследовательской работы на тему: «Разработка комплексной экономико-математической модели совершенствования оросительных сетей за счет интенсификации строительных и ремонтных работ на мелиоративных системах», выполненный руководителем и ответственным исполнителем Абдразаковым Ф. К. д.т.н., профессором и исполнителем аспирантом Рукавишниковым А.А. внедрены путем непосредственного использования результатов НИР при планировании эксплуатационно-ремонтных работ на ОС.

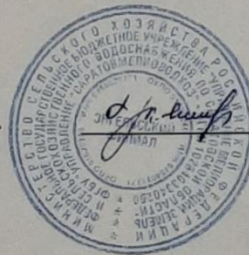
В результате проведения НИР по данной теме были выполнены следующие работы:

1. Проведен анализ состояния оросительных систем Саратовской области и их эксплуатационно-ремонтной базы. Проведен литературный и патентный поиск по теме договора.
2. Разработан рациональный алгоритм формирования облицовочных материалов при проведении работ на оросительных каналах.
3. Разработана Экономико-математическая модель оптимизации оросительных сетей за счет интенсификации строительных, ремонтных работ на мелиоративных системах.
4. Разработана комплексная экономико-математическая модель совершенствования оросительных сетей за счет интенсификации строительных и ремонтных работ на мелиоративных системах.
5. Разработаны рекомендации по составлению рациональных комплектов облицовочных материалов.
6. Согласно расчётам экономический эффект при внедрении результатов научно-исследовательской работы составил 187356,96 рублей при площади укладки равной 1000 кв.м.


Научный руководитель и ответственный
исполнитель, д.т.н., профессор

Директор Энгельского филиала
ФГБОУ «Управление
«Саратовмелиоводхоз»

 Абдразаков Ф.К.



Чуркина К.И.

 канцелярия
Исполнитель, аспирант

Рукавишников А.А.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной и
инновационной работе

/Воротников И.Л./

«22» мая 2020 г.

Акт

от «20» мая 2020 г.

о внедрении законченной научно-исследовательской работы

Мы, нижеподписавшиеся, представитель Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова в лице руководителя НИР, заведующего кафедрой «Строительство, теплогазоснабжение и энергообеспечение», профессора Абдразакова Фярида Кинжаевича и официальный представитель Concreate Canvas Ltd. (в России и СНГ) генеральный директор ООО «Конкрит Кэнвас Раша» Мокрышев Федор Сергеевич составили акт о том, что результаты научно-исследовательской работы на тему: «Разработка усовершенствованной технологии укладки бетонного полотна при проведении облицовочных работ на оросительных каналах, траншеях, водоводах с возможностью программного расчета стоимости проекта», выполненный руководителем и ответственным исполнителем Абдразаковым Ф. К. д.т.н., профессором и исполнителем аспирантом Рукавишниковым А.А. внедрены:

В качестве пилотного объекта для внедрения выбран участок автомобильной дороги: Красноярск - Кузнецово – Зыково. Работы по восстановлению водоотводного кювета проведены путем непосредственного использования результатов НИР при планировании строительства, реконструкции и ремонта оросительных каналов, траншей и водоводов. Длина восстановленного водоотводного канала составила 20 метров. Глубина кювета 1,0 м., ширина дна кювета 1,20 м., длина откосов 2 м. В качестве противозерозионного покрытия использовано бетонное полотно «Concrete Canvas CC8» в количестве 122 кв.м.

В результате проведения НИР по данной теме были выполнены следующие работы:


1. Проведен литературных и патентный поиск по теме договора.
2. Получены экспериментальные зависимости влагопроводности и фильтрационного расхода, позволяющие получить данные исходя из временных периодов водопоглощения.
3. Проведены лабораторные испытания на растяжение существующих креплений бетонного полотна при укладке.
4. Разработан усовершенствованный способ крепления бетонного полотна на основе экспериментально-лабораторных испытаний.
5. Разработана программа для ЭВМ с возможностью выбора технологических особенностей проекта и основными вычислительными процессами необходимыми для определения параметров и стоимости проекта.
6. Комплекс разработанных мер повышает качество и надёжность облицовочных работ с помощью бетонного полотна, а также исключает необходимость механизированного расчета стоимости проектов и повышает эффективность производимых работ.

Научный руководитель и
ответственный исполнитель, д.т.н.,

профессор

 Абдрахимов Ф.К.

Исполнитель, аспирант

 Рукавишников А.А.

Директор ООО «Конкрет Кэнвас Раша»

 Мокрышев Ф.С.

(подпись)



УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной и
инновационной работе

Воротников И.Л./

«_____» 2020 г.



Акт

от «11» марта 2020 г.»**о внедрении законченной научно-исследовательской работы**

Мы, нижеподписавшиеся, представитель Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова в лице руководителя НИР, заведующего кафедрой «Строительство, теплогазоснабжение и энергообеспечение», профессора Абдразакова Фярида Кинжаевича и первого заместителя директора Приволжского филиала ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» Логашова Дениса Владимировича составили акт о том, что результаты научно-исследовательской работы на тему: «Разработка рациональных методов эффективного отбора комплектов бетонного полотна при проведении облицовочных работ на оросительных каналах, траншеях, водоводах», выполненный руководителем и ответственным исполнителем Абдразаковым Ф. К. д.т.н., профессором и исполнителем аспирантом Рукавишниковым А.А. внедрены путем непосредственного использования результатов НИР при планировании строительства, реконструкции и ремонта оросительных каналов, траншей и водоводов.

В результате проведения НИР по данной теме были выполнены следующие работы:

1. Проведен литературных и патентный поиск по теме договора.
2. Разработан рациональный алгоритм формирования комплектов бетонного полотна при проведении облицовочных работ на оросительных каналах, траншеях и водоводах.
3. Разработана Экономико-математическая модель оптимизации оросительных сетей за счет интенсификации строительных, ремонтных работ на мелиоративных системах.
4. Разработаны рекомендации по определению приоритетных показателей и методу их расчета.
5. Разработана программа для ЭВМ с возможностью выбора технологических особенностей проекта и основными вычислительными процессами необходимыми для определения параметров и стоимости проекта.
6. Комплекс разработанных мер исключает необходимость механизированного расчета стоимости проектов и повышает эффективность производимых работ.

Научный руководитель и ответственный
исполнитель, д.т.н., профессор

Первый заместитель директора
Приволжского филиала ФГБУ



Ибраязов Ф.К.

Исполнитель, аспирант

Рукавишников А.А.



Логашов Д.В.

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**СВИДЕТЕЛЬСТВО**

о государственной регистрации программы для ЭВМ

№ 2021614887**«Программа технико-экономического расчета
рациональных облищовочных решений»**

Правообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет
имени Н.И. Вавилова» (RU)*

Авторы: *Абдразаков Фярид Кинжаевич (RU), Рукавишников
Андрей Алексеевич (RU)*

Заявка № **2021613879**Дата поступления **22 марта 2021 г.**

Дата государственной регистрации

в Реестре программ для ЭВМ **31 марта 2021 г.**

*Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности.*

Г.П. Изrael