

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 приходятся 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].

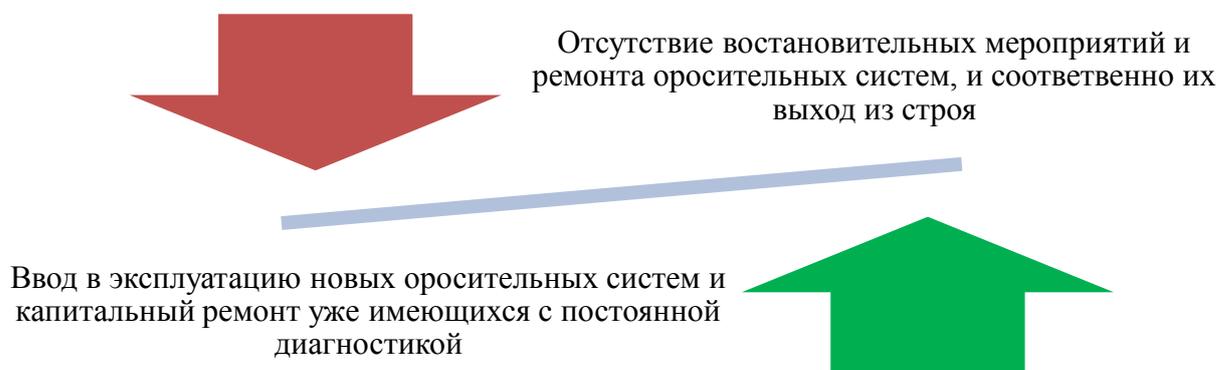


Рисунок 1.1 – Зависимость мероприятий по обслуживанию каналов и их состояния

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].



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



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, использующиеся и в современном строительстве как базовые правила. Каждая операция включает технологические параметры и оптимальные технические средства способные наилучшим образом справиться с конкретным видом работ.



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 <sup>3</sup>	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].



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).

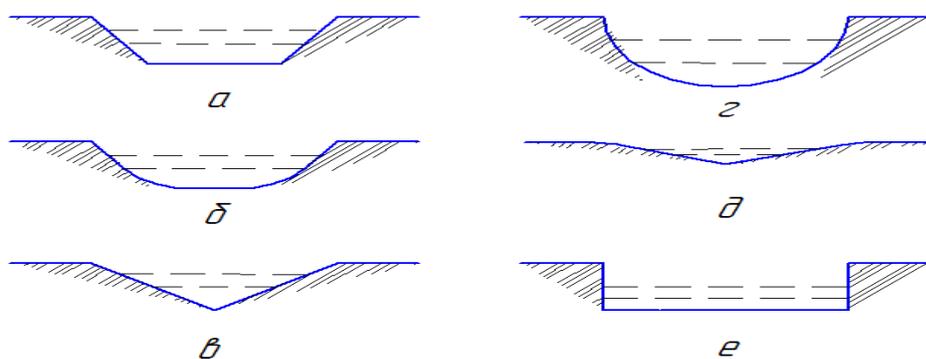


Рисунок 1.8 – Формы поперечного сечения: а – трапецеидальная, б – полигональная, в – треугольная, г – параболическая, д – ложбинная, е – прямоугольная

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



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







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.









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.

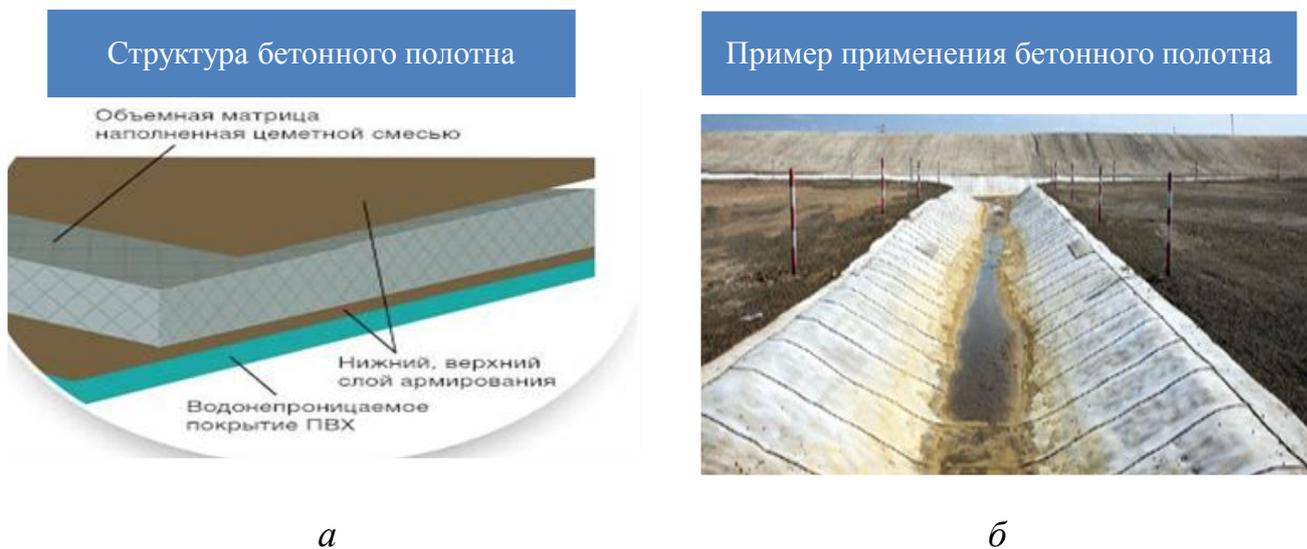


Рисунок 1.14 – Структура (а) и общий вид (б) бетонного полотна



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 геокомпозитов или сотовых каркасов. На сегодняшний день геосинтетики активно





Бетонное полотно имеет следующую марочную классификацию (рисунок 1.19).

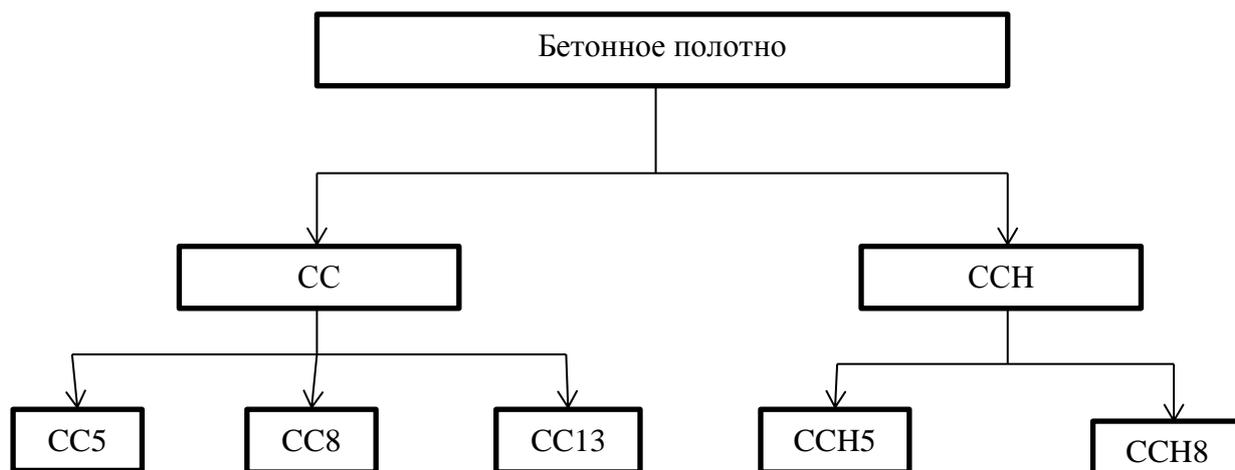


Рисунок 1.19 – Классификация марок бетонного полотна

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.

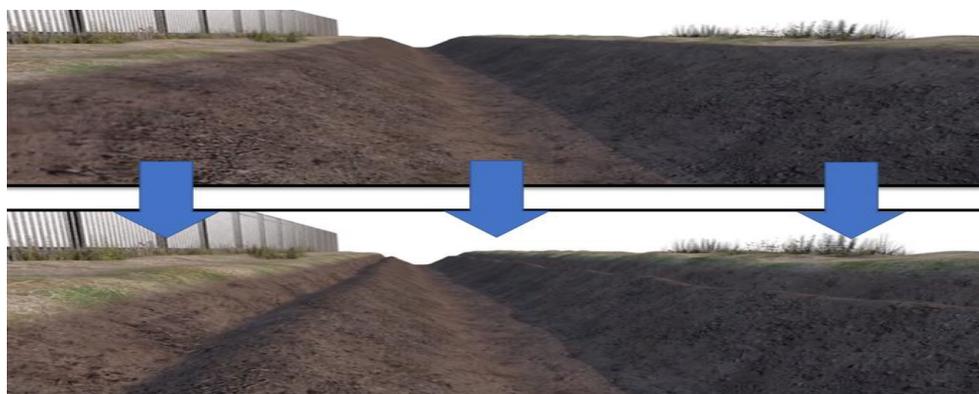


Рисунок 1.22 - Создание анкерных пазов в земляном русле









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 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 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].

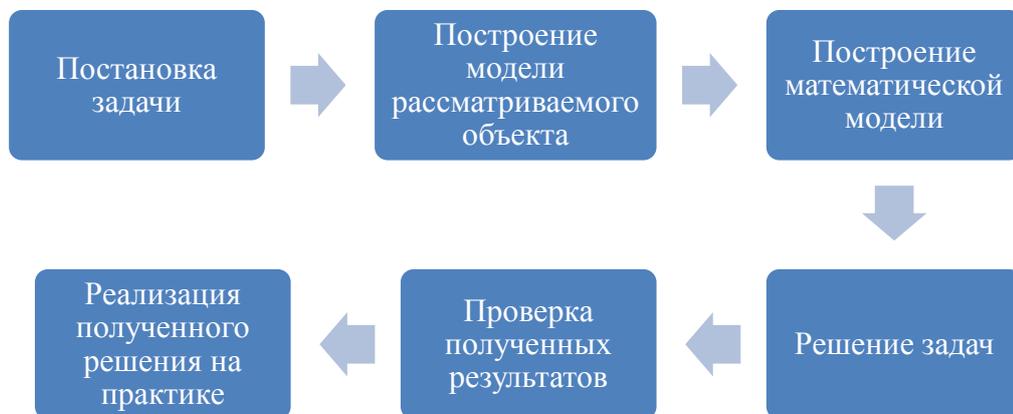


Рисунок 2.1 – Типовая последовательность этапов научного исследования

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].











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.

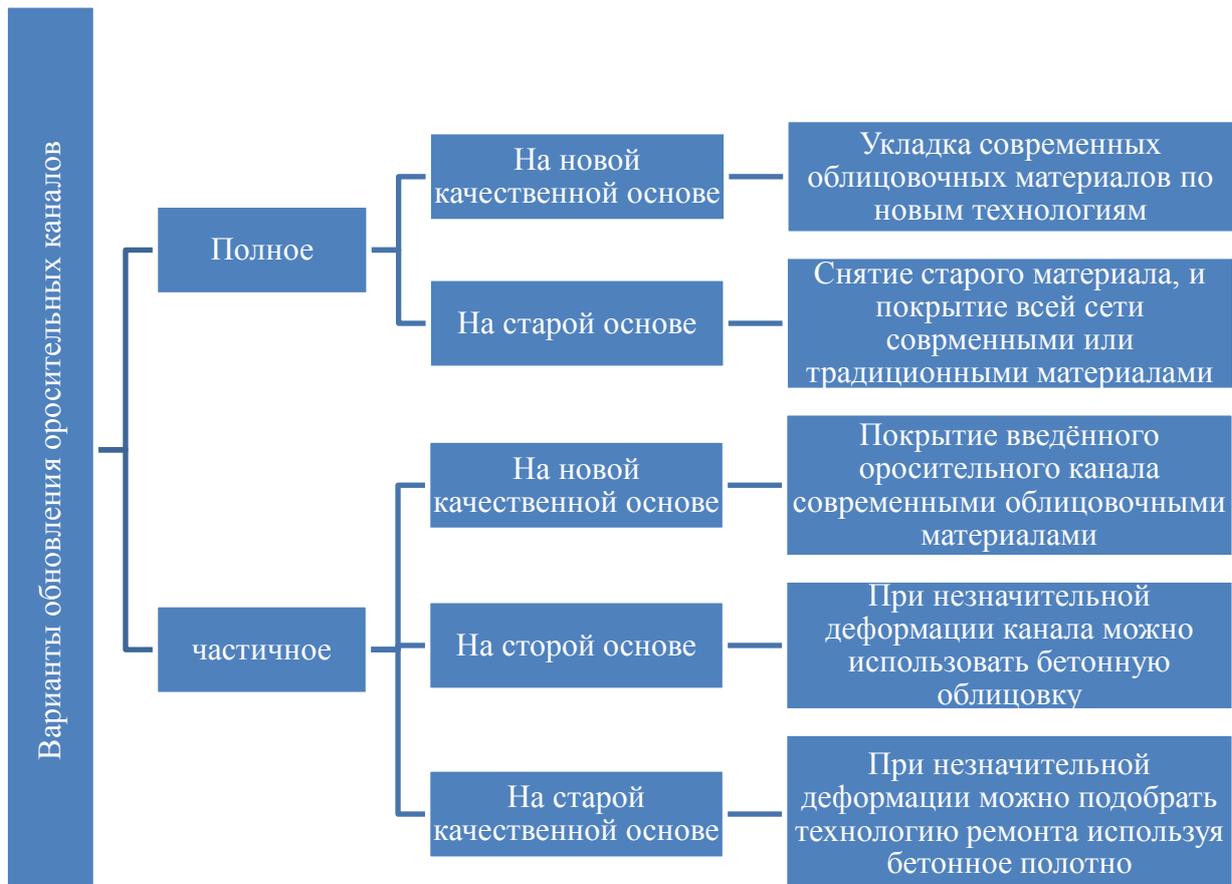


Рисунок 2.2 – Варианты обновления оросительных каналов

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  $C_{пр\ t}(t)$  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  $C_{экс\ t}(t)$ .

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

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







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

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

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

где  $K_{\text{к}}$  – 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  $\Phi_i$ - 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

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

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

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

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

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



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

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.

$$K_{MР_{бм}} = K_{ом1} + T_1 = K_{ом2} + T_2 = K_{ом3} + T_3 = \dots K_{бi} + T_i, \quad (2.31)$$

где,  $K_{MР_{ом}}$  = качество монтажных работ облицовочного материала;  $K_{б}$  = стандартизированный бетонный материал для конкретного оросительного канала;  $T_1$  - технология, подобранная для конкретного оросительного канала.





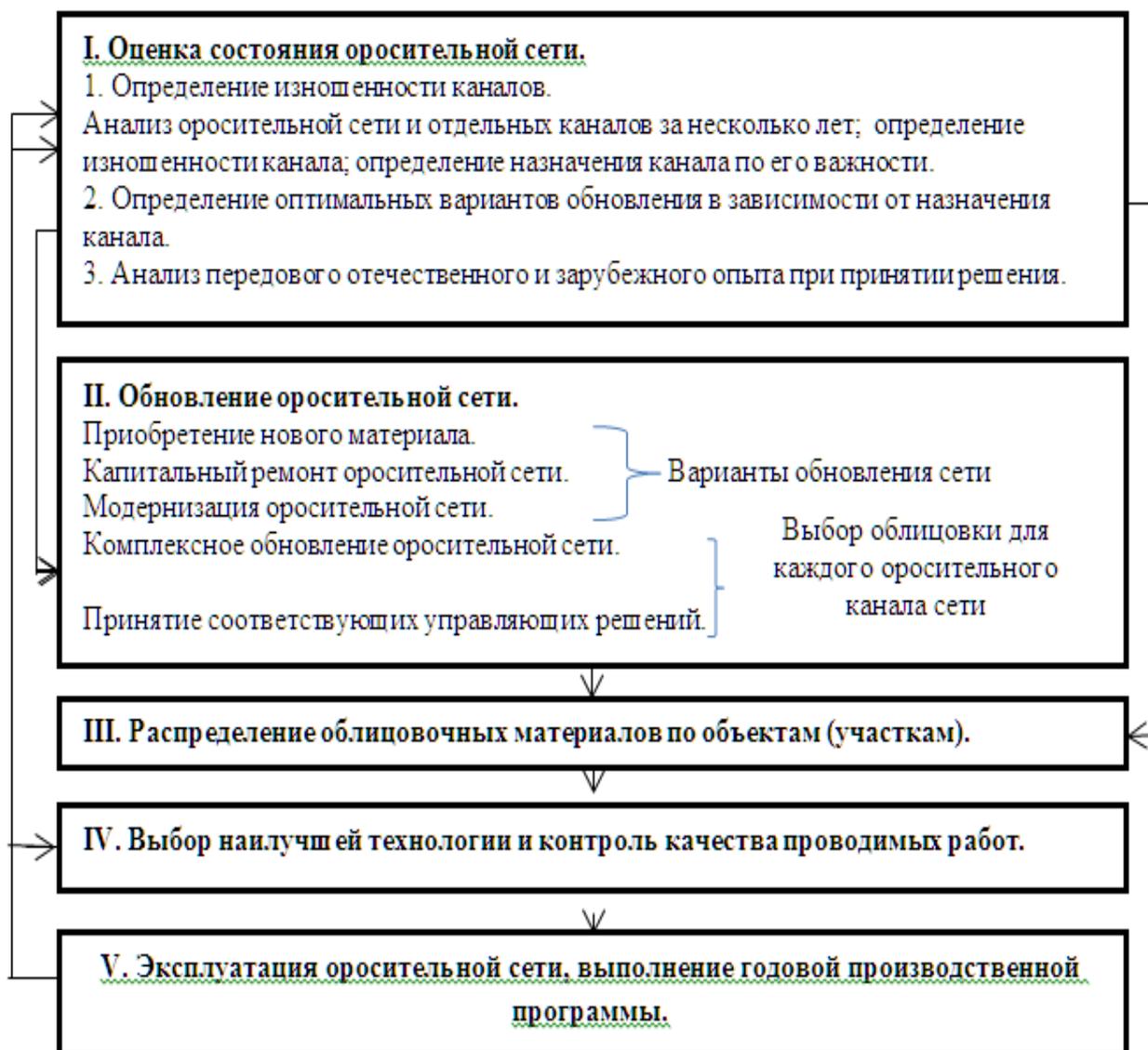


Рисунок 2.4 – Комплексный алгоритм оптимизации выбора варианта облицовки оросительного канала с учетом применения инновационных материалов (упрощенный вариант)

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.

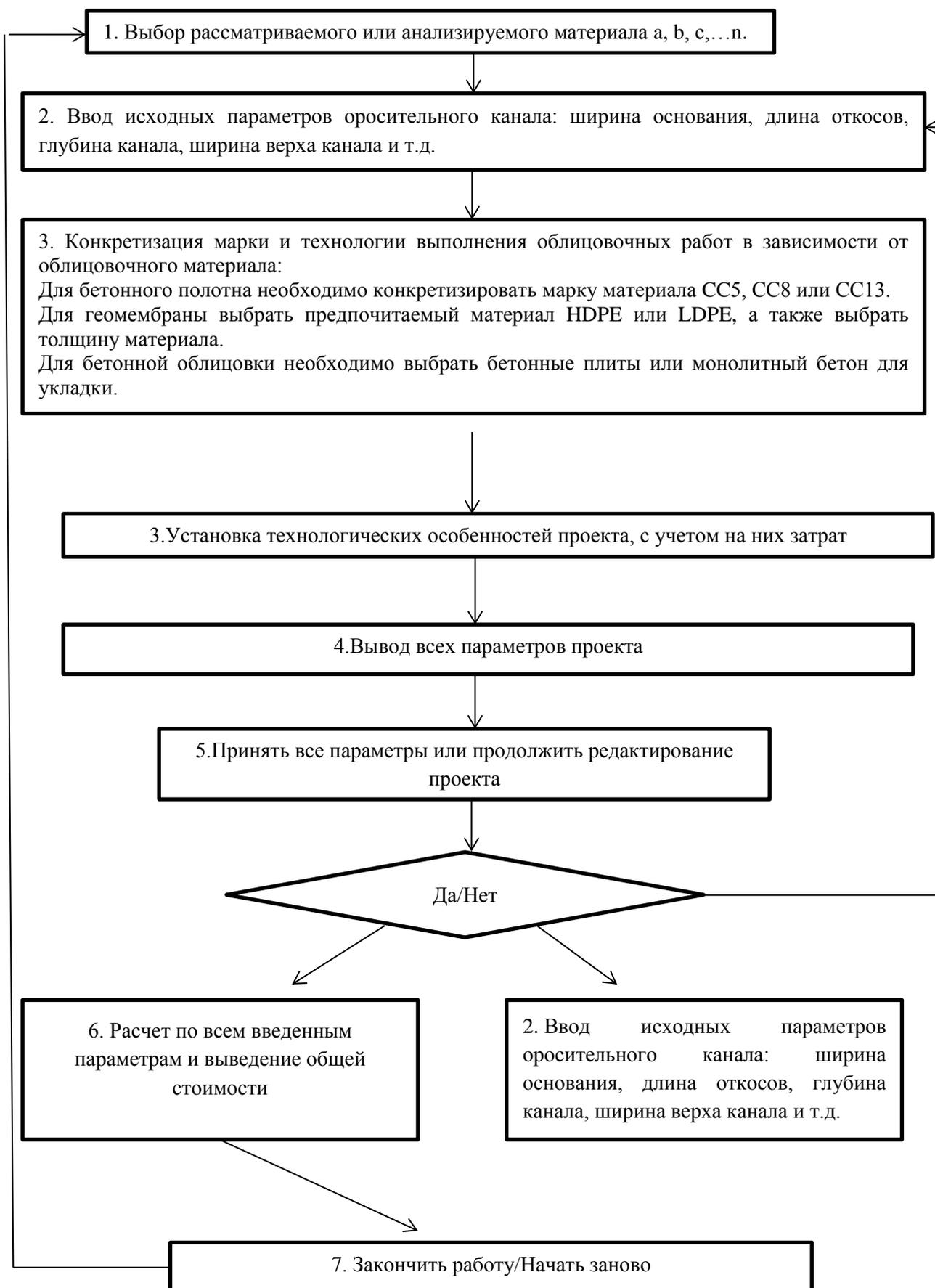


Рисунок 2.5 – Блок-схема программы для определения рациональных облицовочных решений

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).

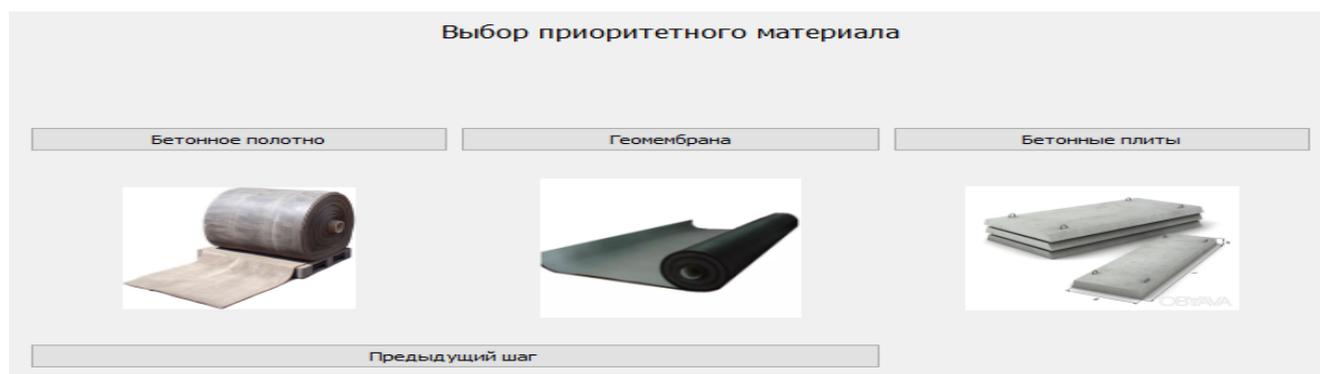


Рисунок 2.6 – Общий интерфейс программы

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.



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.



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).

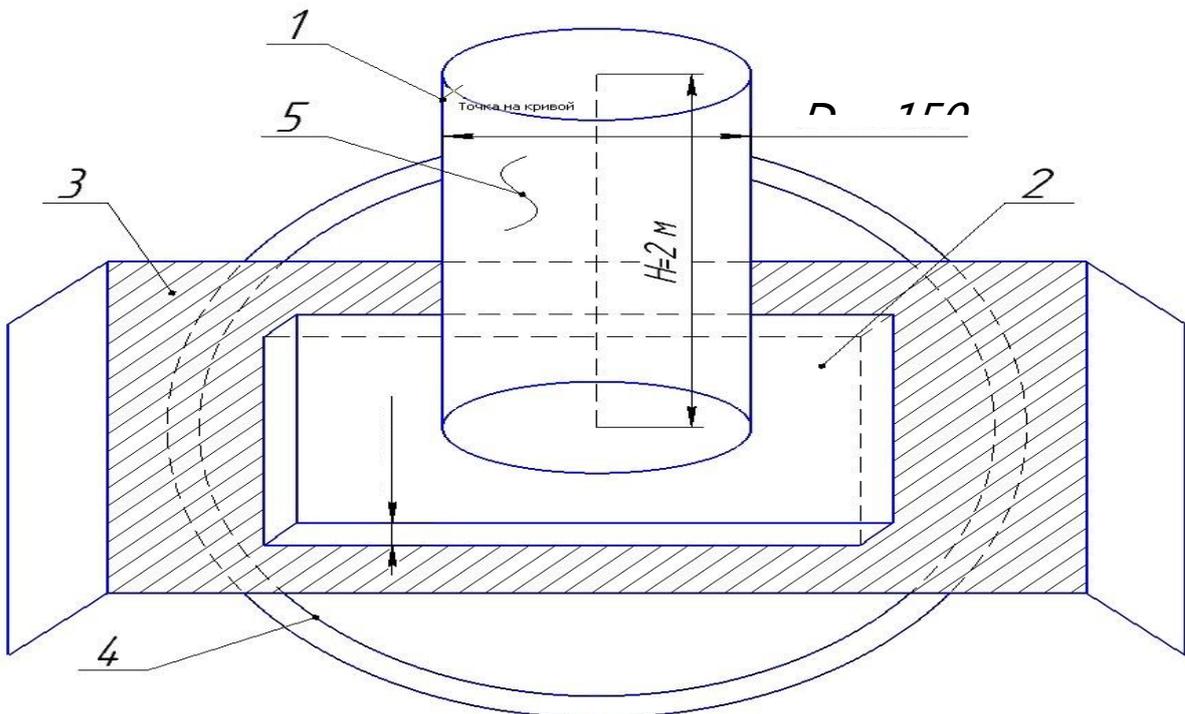


Рисунок 3.2 – Установка для проведения эксперимента в рабочем состоянии: 1 – цилиндр, 2 – образец бетонного полотна, 3 – основание для укладки бетонного полотна, 4 – ёмкость для замера фильтрационных потерь, 5 – вода.



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.







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  $\sigma_p$  – предел прочности при растяжении;  $F_{\max(\text{раст})}$  – максимальная (разрывная нагрузка);  $A$  – площадь поперечного сечения бетонного полотна;  $\sigma$  – 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 противотрещиночный.

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

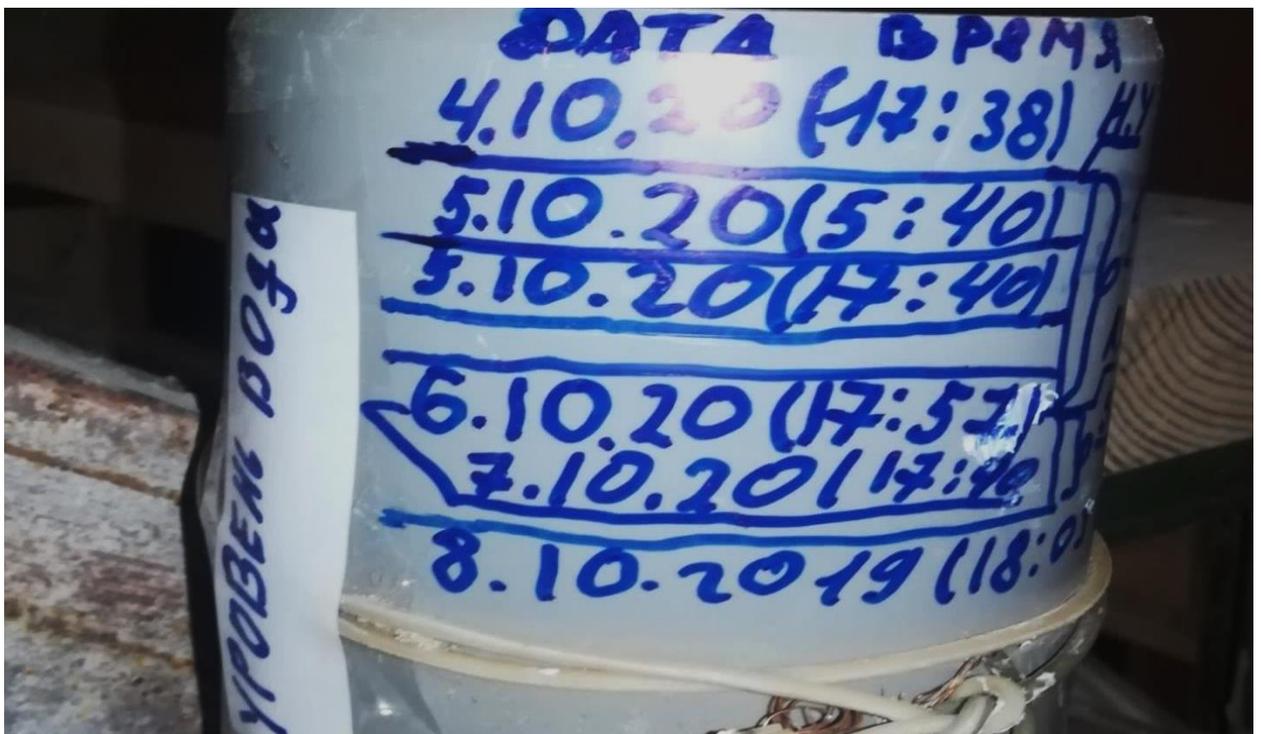


Рисунок 4.5 – Учет изменения уровня воды по дате и времени

Результаты проведенного 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.

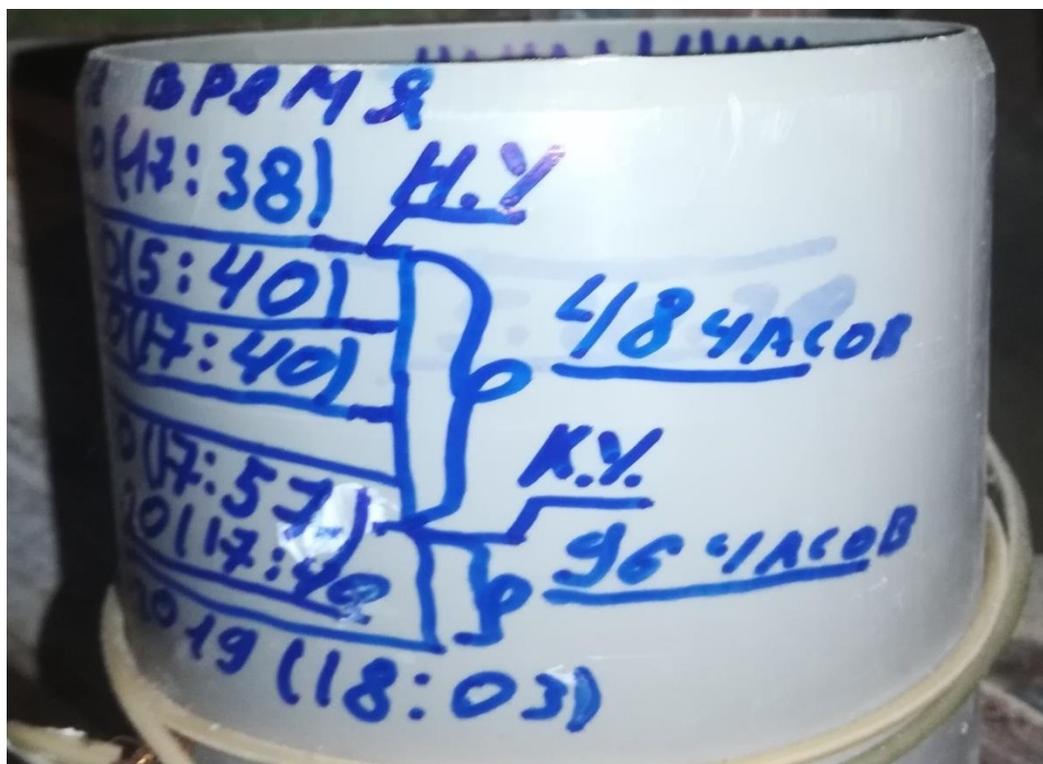


Рисунок 4.6 – Регистрация фильтрации воды по дате и времени

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).

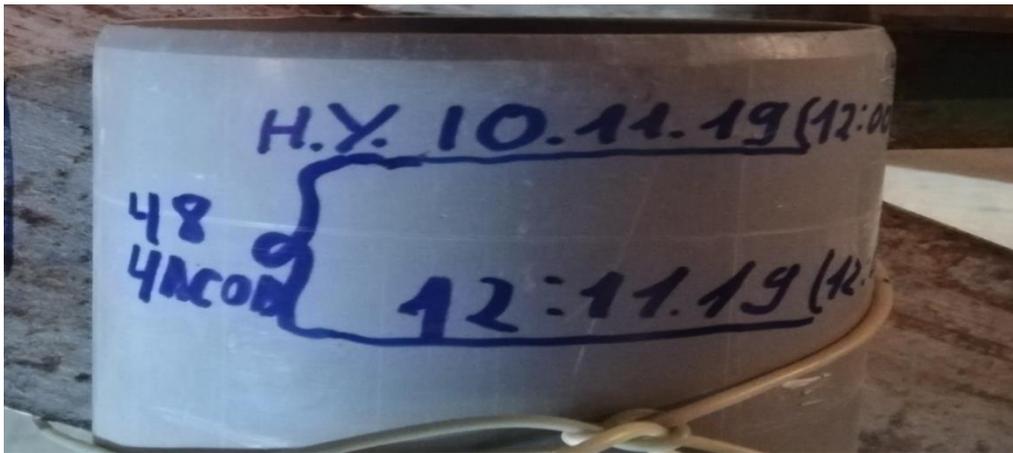


Рисунок 4.11 – Регистрация данных за 48 часов давления воды на бетонную плиту

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).

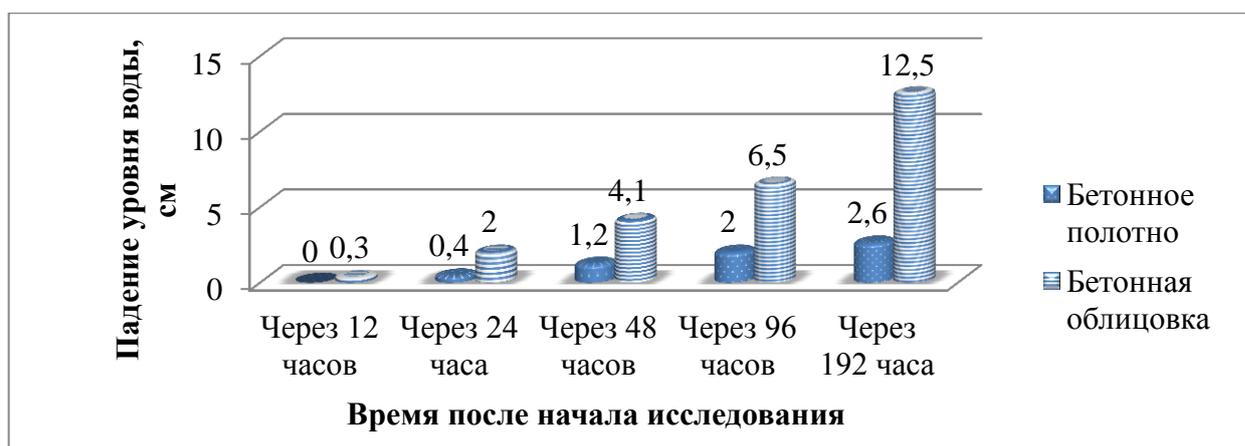


Рисунок 4.13 – Оценка водопроницаемости облицовочных материалов

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 <sup>2</sup> , м <sup>3</sup> /сут.	Показатели канала	
		расход воды, м <sup>3</sup> /с	потери на 1 км, м <sup>3</sup> /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 ПКН 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 м<sup>3</sup>/с) с облицовкой из бетонного полотна – 0,0022 м<sup>3</sup>/с, из сборных железобетонных плит – 0,0075 м<sup>3</sup>/с, из монолитного бетона – 0,0057 м<sup>3</sup>/с. Таким образом, эффективность бетонного полотна выше за счет снижения фильтрационных потерь и, соответственно, повышения КПД.

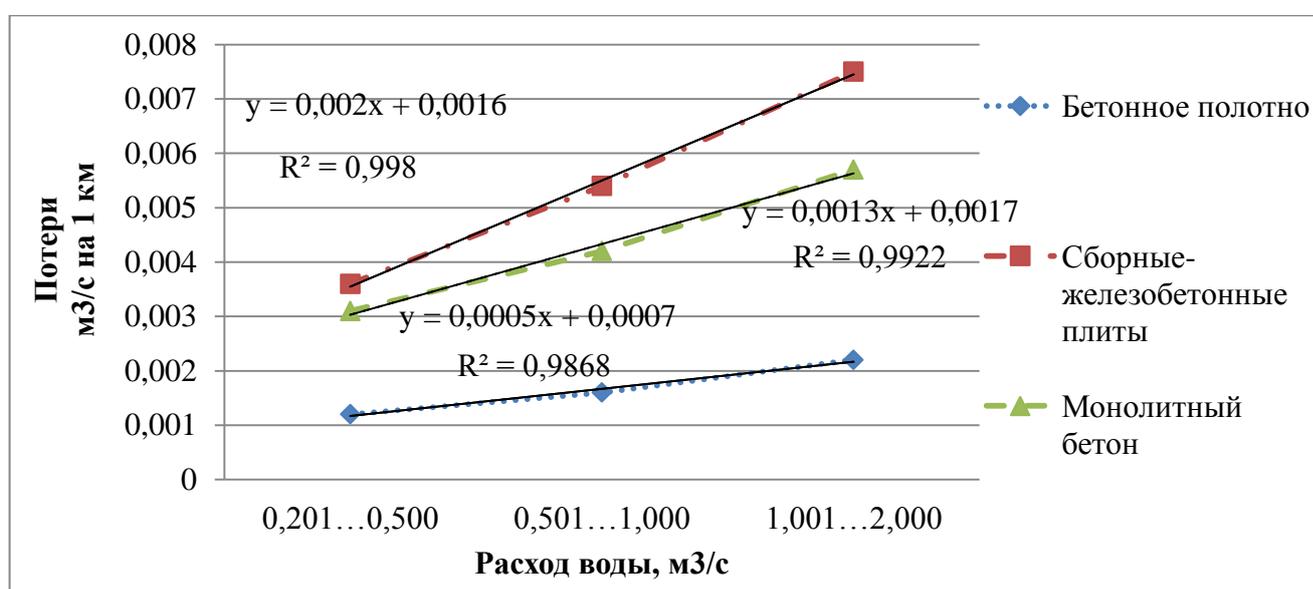


Рисунок 4.14 – Фильтрационные потери от вида облицовки и расхода воды в канале

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).

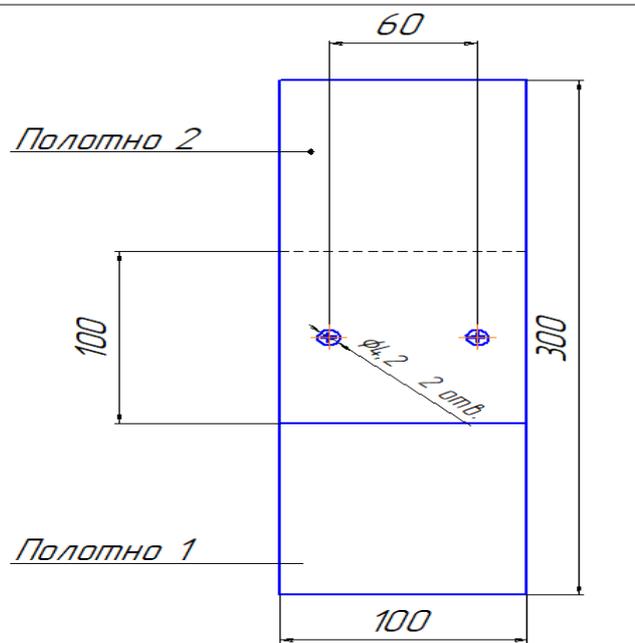


Рисунок 4.15 – Вариант крепления бетонного полотна *a*

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.

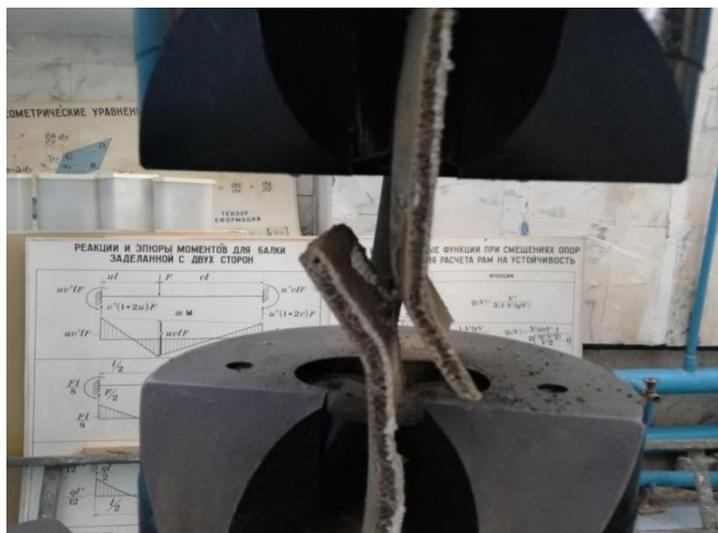


Рисунок 4.17– Результат эксперимента на растяжение *a*

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).

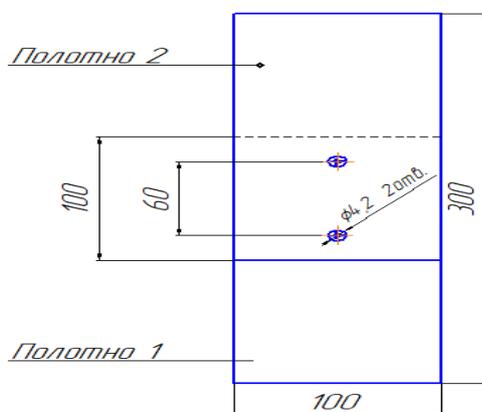


Рисунок 4.18 – Вариант крепления бетонного полотна *b*

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

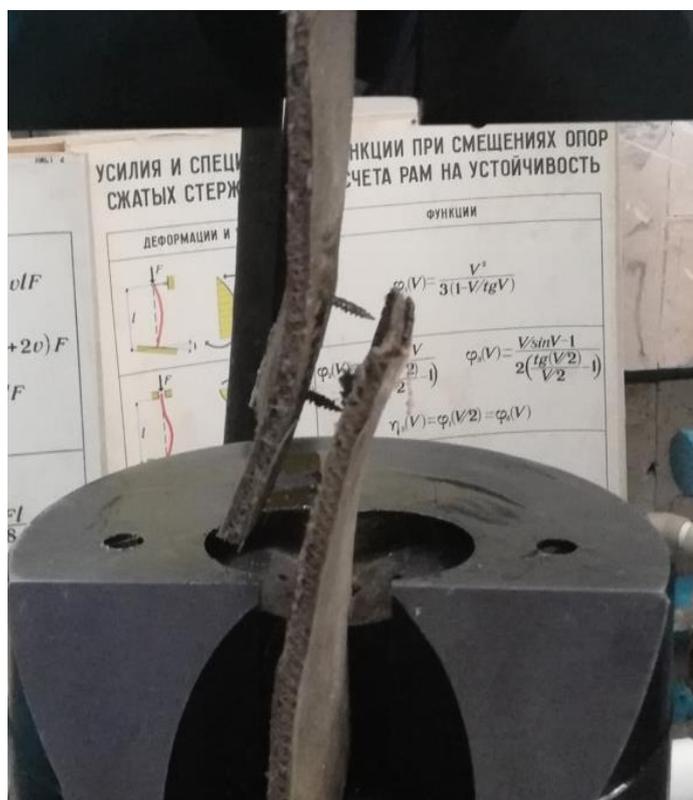


Рисунок 4.19 - Результат эксперимента на растяжение  $\underline{б}$

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

Таблица 4.6 – Испытания крепления  $\underline{б}$  на прочность при растяжении

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

Далее был испытан последний вариант крепления на четырёх винтах, вариант  $\underline{с}$  (рисунки 4.20- 4.22).

Предлагаемый нами вариант  $\underline{с}$  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.

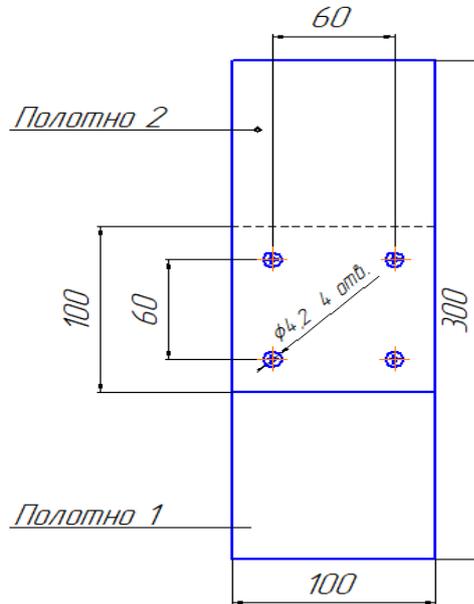


Рисунок 4.20 – Вариант крепления бетонного полотна в



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).

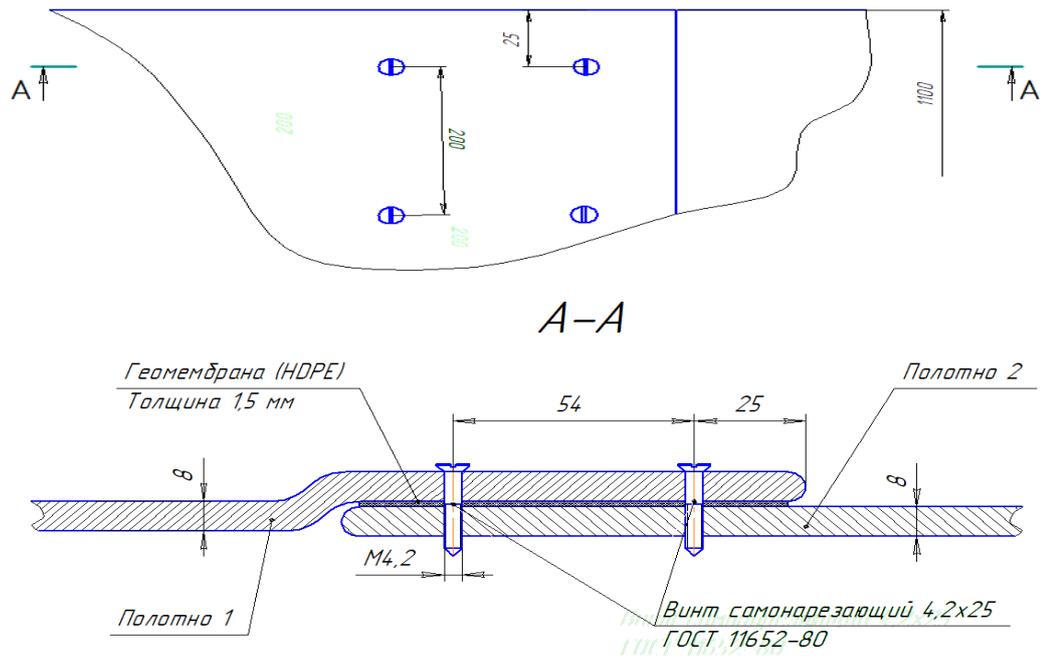


Рисунок 4.26 – Способ крепления отрезков бетонного полотна

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 м<sup>3</sup>/с) с облицовкой из бетонного полотна – 0,0022 м<sup>3</sup>/с, из сборных железобетонных плит – 0,0075 м<sup>3</sup>/с, из монолитного бетона – 0,0057 м<sup>3</sup>/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 м<sup>2</sup>.

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

$$P_{см_{бo}} \leq 80 \text{ м}^2, \quad (5.1)$$

$$P_{см_{бп}} \leq 800 \text{ м}^2, \quad (5.2)$$

где  $P_{см_{бo}}$  – сменная производительность бригады при облицовке канала бетонными плитами или монолитным бетоном;  $P_{см_{бп}}$  – 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

$$\Phi_{зп}=(1133+1333)+(2166+2366+2366+2566)+(2327+2327+2479+2630)+ \quad (5.3)$$

$$(2033+2231+2231+2401)+(1931+2122)+(2802+2802) = 40246 \text{ руб.}$$

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)

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

где  $C_{м}$  – стоимость материалов.

Дополнительные затраты при облицовке

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

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  $5500 \text{ м}^2$  (протяженность канала  $500 \text{ м}$ .)

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

Где  $Z_l$  – затраты на логистику.

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

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

8) Общая стоимость производимых работ:

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

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

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

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  $5500 \text{ м}^2$  (протяженность канала 500 м.)

$$\begin{aligned} Z_{\text{бп}} &= (P_{\text{смбо}} \cdot \Phi_{\text{зп}}) + (C_{\text{м}} + Z_{\text{доп}}) \cdot S_{\text{укл}} + Z_{\text{л}} = \\ &(5775/800) \cdot 19078 + ((1424 + 405) \cdot 5775) + 30000 = 10730195 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (5.14)$$

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

$$\begin{aligned} Z_{\text{бп}} &= (P_{\text{смбо}} \cdot \Phi_{\text{зп}}) + (C_{\text{м}} + Z_{\text{доп}}) \cdot S_{\text{укл}} + Z_{\text{л}} = \\ &(6050/800) \cdot 19078 + ((1424 + 405) \cdot 6050) + 30000 = 11239727 \text{ руб.} \end{aligned} \quad (5.15)$$

#### 9) Общий экономический эффект при выборе бетонного полотна

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{общ}} &= Z_{\text{бо}} - Z_{\text{бп}} = \\ &11748600 - 11239727 = \mathbf{508873 \text{ руб.}} \end{aligned} \quad (5.16)$$

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

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

$$\begin{aligned} \Delta_{\text{общ}} &= Z_{\text{бп}} - Z_{\text{бпу}} = \\ &11239727 - 10730195 = \mathbf{509532 \text{ руб.}} \end{aligned} \quad (5.17)$$

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 м<sup>2</sup>). Результаты расчетов сведены в таблицу 7.

Таблица 5.1 – Оптимизация выбора варианта реконструкции оросительного канала

<b>I. Оценка оросительного канала Приволжский Р-1</b>			
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.			
<b>II. Обновление оросительного канала</b>			
Вариант обновления			
бетонное полотно	железобетонные облицовки	монолитный бетон	комбинированный вариант
+	+	+	–
<i>Примечание.</i> Вариант модернизации отсутствует, так как канал не облицован.			
<b>III. Расчетная стоимость вариантов обновления</b>			
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	<b>11239727</b>
Бетонное полотно СС8 + усовершенствованная технология укладки	10562475	167720	<b><u>10730195</u></b>
<i>Примечание.</i> Возможность проведения работ без использования тяжелой техники и простота монтажа бетонного полотна, вариант обновления с помощью данного материала является актуальным.			
<b>IV. Выбор наилучшей технологии монтажа и контроль качества проводимых работ</b>			
Использование технологии укладки, рекомендованной производителем. Однако при совершенствовании операции по закреплению материала рекомендуется предлагаемый нами способ.			
<b>V. Эксплуатация оросительного канала</b>			

## 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 м<sup>3</sup>/с) с облицовкой из бетонного полотна – 0,0022 м<sup>3</sup>/с, из сборных железобетонных плит – 0,0075 м<sup>3</sup>/с, из монолитного бетона – 0,0057 м<sup>3</sup>/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 м<sup>2</sup>.

## 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 НАНКСР академиком 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 противофильтрационная 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 противофильтрационной 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 противофильтрационных экранов из геомембран / О.А. Баев // ИВД. – 2015. – №12. – С. 6-12.
21. Баев, О.А. Сравнительная оценка применения новых материалов для противофильтрационных 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 противофильтрационные 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. Семененко // 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/](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 : Амирит, 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 : Амирит, 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 агробиотехнологий 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.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("")

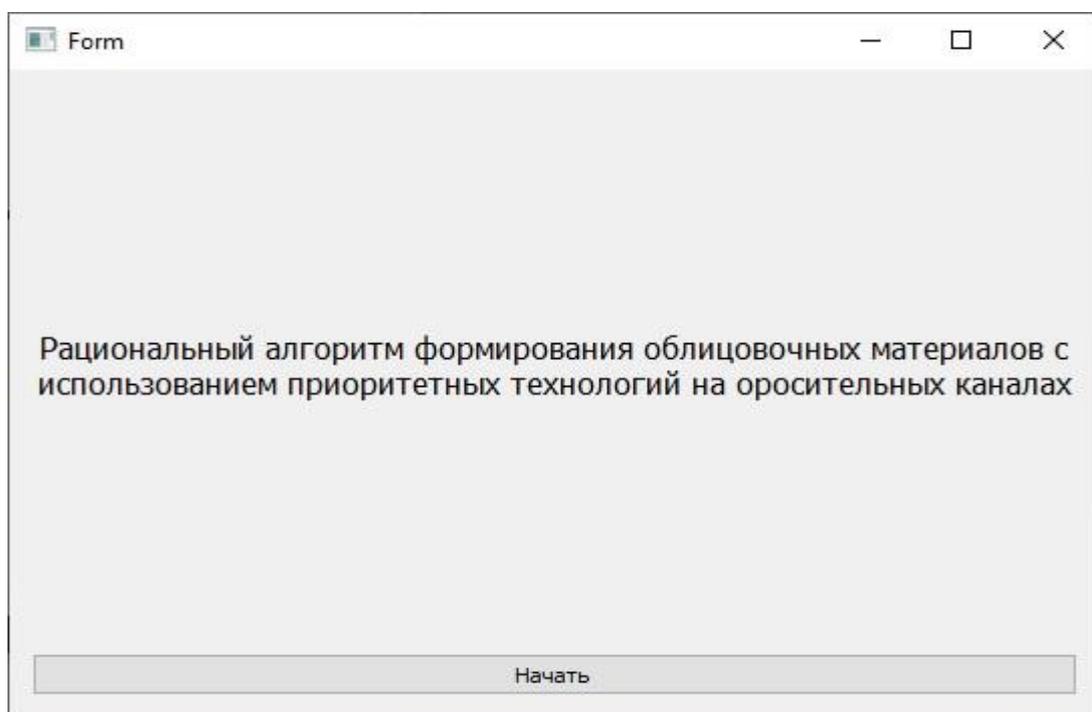
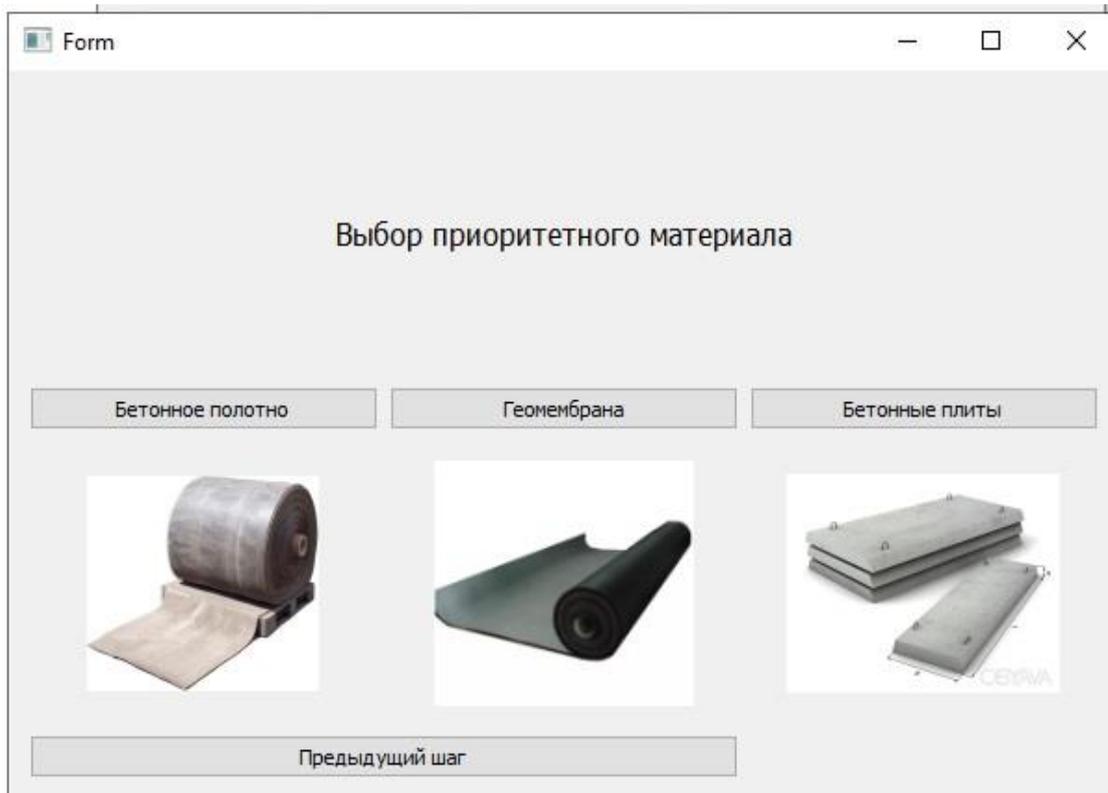
class Page_15(QWidget):
    def __init__(self):
        super().__init__()
        uic.loadUi('page_15.ui', self)
        self.forward.clicked.connect(self.next)
        self.reverse.clicked.connect(self.reverse_)

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

Предыдущий шаг

Следующий шаг

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
Материал	Длина отрезка	Общая площадь укладки
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)	7.2	7200.0

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	<b>Общая стоимость материалов (без учёта НДС и работы)</b>
<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	<input type="text" value="1537"/>	Дополнительный раствор для заливки швов	<input type="text" value="408333.3333333334"/>
Общая стоимость плит	<input type="text" value="10759000.0"/>	Общая стоимость плёночного экрана	<input type="text" value="332500.0"/>
Общая площадь укладки	<input type="text" value="7000.0"/>	<b>Итоговая стоимость</b>	<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**

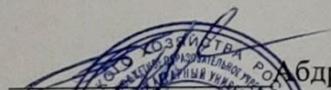
Мы, нижеподписавшиеся, представитель Саратовского государственного аграрного университета им. Н.И. Вавилова в лице руководителя НИР, заведующего кафедрой «Строительство, теплогазоснабжение и энергообеспечение», профессора Абдразакова Фярида Кинжаевича и директора Энгельского филиала ФГБОУ «Управление «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.

 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:

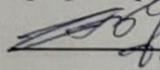
В качестве пилотного объекта для внедрения выбран участок автомобильной дороги: Красноярск - Кузнецово – Зыково. Работы по восстановлению водоотводного кювета проведены путем непосредственного использования результатов НИР при планировании строительства, реконструкции и ремонта оросительных каналов, 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 противозрозионного 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.,

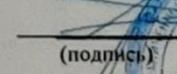
профессор

 Абдрахимова 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. Израел