

АБДУЛМАЖИДОВ ХАМЗАТ АРСЛАНБЕКОВИЧ

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ
И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ЭКСПЛУАТАЦИИ
И ВОССТАНОВЛЕНИЯ МЕЛИОРАТИВНЫХ КАНАЛОВ**

Специальность: 4.3.1 – Технологии, машины и оборудование для
агропромышленного комплекса

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора технических наук

Москва 2024

Работа выполнена на кафедре организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева».

- Научный консультант:** **Тойгамбаев Серик Кокибаевич**, доктор технических наук, профессор кафедры технического сервиса машин и оборудования ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К. А. Тимирязева»
- Официальные оппоненты:** **Шахов Владимир Александрович**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технического сервиса ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный аграрный университет»
Пухов Евгений Васильевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Техническая эксплуатация транспорта» ФГБОУ ВО «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П. А. Костычева»
Сиротин Павел Владимирович, доктор технических наук, доцент, заместитель директора по научно-образовательной деятельности института перспективного машиностроения «Ростсельмаш» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет»
- Ведущая организация:** ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

Защита состоится «21» ноября 2024 года в 10 часов 00 минут на заседании диссертационного совета 35.2.030.03 созданного на базе ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» по адресу: 127434, г. Москва, ул. Прянишникова, д.19; тел./факс: +7(499)976-17-14.

Юридический адрес для отправки почтовой корреспонденции (отзывов): 127434, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49.

С диссертацией можно ознакомиться в Центральной научной библиотеке имени Н.И. Железнова ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева» и на сайте университета <http://www.timacad.ru>.

Автореферат разослан «__» _____ 2024 года.

Ученый секретарь
диссертационного совета 35.2.030.03,
кандидат технических наук, доцент

Пуляев Николай Николаевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Интенсивное развитие экономики Российской Федерации напрямую связано с восстановлением мелиорации сельскохозяйственных земель и качественным функционированием агропромышленного комплекса (АПК), что в свою очередь требует применения эффективных технологий, машин и технологического оборудования. Существующие экономические реалии заставляют мелиоративные предприятия выбирать и применять оптимальные комплексы машин для поддержания в работоспособном состоянии мелиоративных каналов как осушительной, так и оросительной сети. От качественного состояния и функционирования каналов мелиоративных систем зависит повышение урожайности сельскохозяйственных культур, проведение мероприятий по удалению излишков воды в паводковый период и сохранению влаги в период засухи. Качество производства работ, технико-эксплуатационные и технико-экономические показатели комплексов каналоочистительных машин связаны с уровнем развития технологий и проектно-конструкторских решений, сроками, трудоемкостью и технологической подготовкой производства к внедрению новых машин. Внедрение рациональных комплексов каналоочистительных машин в производство открывает широкомасштабные возможности качественного восстановления, длительного функционирования и эксплуатации основных элементов и сооружений мелиоративных систем, что является современной актуальной задачей. Работа выполнена в соответствии с «Государственной программой эффективного вовлечения в оборот земель сельскохозяйственного назначения и развития мелиоративного комплекса Российской Федерации на период 2022–2031 годы», а также планами НИР РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева на период с 2014 по 2024 год.

Степень научной разработанности темы. Огромный вклад в развитие мелиорации и совершенствование технологических процессов, технических средств, разработку способов и методов планирования, проектирования, строительства, эксплуатации и восстановления мелиоративных систем, мобильных энергетических средств внесли Костяков А.Н., Абдразаков Ф.К., Аверьянов С.Ф., Агроскин И.И., Айдаров И.П., Алдошин Н.В., Алтунин С.Т., Бадаев Л.И., Балаев Л.Г., Богатов Е.А., Бородычев В.В., Брудастов А.Д., Гантман В.Б., Гиршкан С.А., Голованов А.И., Горский С.С., Девянин С.Н., Дидманидзе О.Н., Дорохов А.С., Дубенок Н.Н., Кизяев Б.М., Левшин А.Г., Лобачевский Я.П., Маммаев З.М., Мер И.И., Пчелкин В.В., Соловьев Д.А., Суриков В.В., Томин Е.Д., а также другие отечественные и зарубежные ученые. Проблемами восстановления и ремонта мелиоративных каналов, разработки и повышения эффективности использования агропромышленных комплексов и машин занимаются Тойгамбаев С.К., Шахов В.А., Апатенко А. С., Пухов Е.В., Балабанов В. И., Сиротин П. В., Евграфов В. А., Хакимов Р. Т. и др.

Целью исследований является научно-методическое обеспечение совершенствования технологий и технических средств эксплуатации и восстановления мелиоративных каналов для качественной очистки и поддержания устойчивости откосов.

Задачи исследования:

1. Выполнить анализ естественно-производственных условий эксплуатации, восстановления и реконструкции каналов инженерно-осушительных систем АПК.

2. Провести теоретические исследования: а) по определению физических свойств и конструкционных особенностей откосов мелиоративных каналов и обеспечению их устойчивости; б) процесса очистки и восстановления осушительных каналов очистительными машинами с ковшовыми рабочими органами.
3. Провести экспериментальные исследования: а) по обеспечению устойчивости откосов каналов инженерно-осушительных систем; б) работы рабочих органов мелиоративных каналоочистителей по определению тяговых усилий при работе и эффективности их применения для очистки и восстановления осушительных каналов сельскохозяйственных земель.
4. Сформировать эффективные технологии производства восстановительных и очистных работ каналов инженерно-мелиоративных систем на основе экспериментальных исследований.
5. Разработать и исследовать новые конструкции рабочих органов каналоочистительных машин на основе проектных требований к каналам.
6. Обосновать и предложить оптимальные по технико-эксплуатационным и технико-экономическим показателям комплексы каналоочистительных машин для зоны осушения АПК.
7. Обосновать и предложить технологии использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для исследования, оценки и контроля состояния осушительных каналов сельскохозяйственного производства.
8. Внедрить результаты диссертационных исследований и оценить их экономическую эффективность.
9. Оценить экономическую эффективность предложенных по технико-эксплуатационным и технико-экономическим показателям комплексов каналоочистительных машин для зоны осушения АПК.

Объектом исследований являются технологии и технические средства для очистки осушительных каналов сельскохозяйственных земель.

Предметом исследований является комплекс графо-математических методов, инструментальных средств и технических способов обеспечения устойчивости откосов мелиоративных каналов и их очистки с восстановлением проектного профиля для качественного функционирования технических систем.

Научная новизна диссертационного исследования заключается в:

- разработке экспериментального метода определения предельных значений устойчивости откоса канала при распределенных нагрузках вдоль его бермы на длину опорной части гусеничного ходового устройства каналоочистительной машины;
- разработке коэффициента эксплуатации для определения устойчивости откоса канала с учетом физических характеристик грунтов;
- разработке математической модели по определению тяговых усилий в работе каналоочистительного ковша, перемещающегося при очистке дна и откосов канала от наносов и заилений по жестким направляющим конструкциям;
- методике выбора оптимального состава каналоочистительного комплекса по удалению из каналов наносов, заилений и кустарниковой растительности на основе энергетических затрат каждой машины;
- разработке новых технологий работ и конструкций рабочих органов каналоочистителей.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в разработке (обосновании):

- расчетных аналитических зависимостей по определению устойчивости откосов каналов с учетом разработанного в диссертационной работе эксплуатационного коэффициента;
- расчетных аналитических зависимостей по определению геометрических размеров рабочих органов каналоочистителей;
- конструкций рабочих органов каналоочистителей (патенты на изобретения №2500858, №2578244; патенты на полезные модели №149228, №218348, №219569);
- оптимальных комплексов каналоочистительных машин на основании их энергетических составляющих, использования технологических приемов, способов и технических средств эксплуатации, реконструкции, восстановления и функционирования каналов инженерно-мелиоративных систем за счет качественной очистки и поддержания устойчивости откосов каналов;
- зарегистрированных баз данных (№ 2024621209 «Мелиоративные каналоочистительные машины»; № 2024621207 «Формирование комплексов машин для очистки и восстановления мелиоративных каналов»);
- технологических карт по очистке и восстановлению мелиоративных каналов.

Методология и методы исследования. В работе применен комплексный метод исследований, основанный на использовании принципов общей теории планирования экспериментов, методов физического, математического моделирования и программирования с использованием компьютерных программ (Компас, nanoCAD, GeoStab, T-FLEX CAD) и математической статистики. Информационной базой исследований явились экспериментальные, теоретические и методические разработки, выполненные автором в течение 2013–2024 гг. Обработка результатов однофакторного, многофакторного и системного анализов исследований осуществлялась с использованием расчетного пакета Mathcad и разработанных автором в данной среде модулей программного обеспечения.

Положения диссертации, выносимые на защиту:

1. Результаты анализа естественно-производственных условий эксплуатации, восстановления и реконструкции каналов инженерно-осушительных систем АПК.
2. Результаты теоретических исследований:
 - а) по определению физических свойств и конструкционных особенностей откосов мелиоративных каналов и обеспечению их устойчивости;
 - б) процесса очистки и восстановления осушительных каналов очистительными машинами с ковшовыми рабочими органами.
3. Результаты проведенных экспериментальных исследований:
 - а) по обеспечению устойчивости откосов каналов инженерно-осушительных систем;
 - б) работы рабочих органов мелиоративных каналоочистителей по определению тяговых усилий при работе и эффективности их применения для очистки и восстановления осушительных каналов сельскохозяйственных земель.

4. Сформированные эффективные технологии производства восстановительных и очистных работ каналов инженерно-мелиоративных систем на основе экспериментальных исследований.
5. Разработанные и исследованные новые конструкции рабочих органов каналоочистительных машин на основе проектных требований к каналам.
6. Обоснованные и предложенные оптимальные по технико-эксплуатационным и технико-экономическим показателям комплексы каналоочистительных машин для зоны осушения АПК.
7. Обоснованные и предложенные технологии использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для исследования, оценки и контроля состояния осушительных каналов сельскохозяйственного производства.
8. Результаты диссертационных исследований, получившие внедрение.
9. Результаты оценки экономической эффективности предложенных по технико-эксплуатационным и технико-экономическим показателям комплексов каналоочистительных машин для зоны осушения АПК.

Степень достоверности и апробация результатов, научных положений, рекомендаций, эффективности новых конструкционных решений, результатов экспериментальных, теоретических исследований и выводов подтверждается применением апробированных методов обработки и оценки научных исследований, высокой сходимостью положений теоретических и экспериментальных исследований, производственным аудитом технических решений исследований на предприятиях сельскохозяйственной и мелиоративной направленности. Главные составляющие диссертационной работы представлены, доложены, обсуждены и одобрены: на заседаниях кафедры организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ с 2001 по 2024 год, а также рассмотрены и одобрены на международных научных конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов ФГБОУ ВПО МГУ Природообустройства (г. Москва, 2000-2014 гг.), на МНПК Логистика, транспорт, природообустройство (г. Ереван, 2013-2015 гг.), на МНПК ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова (г. Москва 2014 г., 2017 г.), на МНПК Белгородского ГАУ (п. Майский, 2018 г.), на Всероссийской (национальной) НК Новосибирского ГАУ (г. Новосибирск, 2018 г.), на региональной НПК Казанского ГАУ (г. Казань, 2018 г.), на ВНПК Башкирского ГАУ (г. Уфа, 2018 г.), на МНТК Тюменского ИУ (г. Тюмень, 2015, 2017-2019 гг.), на МНПК Кабардино-Балкарского ГАУ (г. Нальчик, 2021 г.), на МНПК Тверской ГСА (г. Тверь, 2023 г.), на НПК Саратовского ГАУ (г. Саратов, 2017-2019 гг., 2023 г.), на Международных Летних и Зимних школах ЮКУ им. Ауэзова, (г. Шымкент, Республика Казахстан, 2022-2024 гг.), на МНПК Белорусской ГСА (г. Горки, Республика Беларусь, 2024 г.), на научных конференциях РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева (г. Москва, 2015-2024 гг.)

Реализация результатов исследований. Основные результаты исследований внедрены в Ассоциации дилеров сельскохозяйственной техники «АСХОД», г. Москва; ООО «Научно-производственное объединение «Экар», г. Москва; на Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. Результаты исследований отражены в 2 учебно-методических пособиях по конструкции, расчету и потребительским свойствам технологических машин. Конструкторско-технологиче-

ческие решения по новым рабочим органам каналоочистителей для очистки каналов с учетом физических процессов обеспечения устойчивости откосов, внедрены в учебный процесс и используются при курсовом проектировании, выполнении ВКР студентами профилей подготовки «Механизация и автоматизация гидромелиоративных работ» и «Техника и технологии гидромелиоративных работ».

Публикации. По теме диссертации опубликовано 170 печатных работ, в том числе 20 в ведущих рецензируемых научных журналах из перечня, рекомендованного ВАК Минобрнауки РФ, 4 статьи в МБД Scopus, 2 свидетельства о государственной регистрации базы данных, 1 коллективная монография. Конструкторские решения реализованы в 5 патентах на изобретения и полезные модели.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, списка литературы и приложений. Работа изложена на 376 страницах машинописного текста, включает 98 рисунков, 42 таблицы, библиографию из 370 наименований из них 16 в иностранной литературе и приложений на 46 страницах.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность работы, показана ее научная и практическая значимость, представлены цель и задачи исследования, основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Состояние проблемы, цель и задачи исследования» представлены состояние проблемы, цель и задачи исследования, проведен анализ естественно-производственных условий мелиоративных систем зоны осушения. Постановлением Правительства РФ от 14 мая 2021 г. №731 утверждена Госпрограмма эффективного вовлечения в оборот земель сельхозназначения и развития мелиоративного комплекса на период с 2022 по 2031 год. Целями программы являются – вовлечение в оборот 13,2 млн га неиспользуемых земель и сохранение в сельхозобороте мелиорированных почв на площади не менее 3,6 млн га. Кроме того, поставлены задачи по химической мелиорации на площади 2,8 млн га, обеспечению благоприятного водного режима на площади 1,35 млн га и сбору информации об актуальном состоянии земель сельхозназначения. На эти цели из федерального бюджета планируется выделить более 500 млрд руб. Финансирование предполагается направить на реконструкцию мелиоративных и гидротехнических сооружений, а также на совершенствование использования технических средств.

Для поддержания высокой работоспособности всех сооружений мелиоративных систем требуется проводить постоянный уход и периодический ремонт. В главе дана характеристика естественно-производственных условий эксплуатации основных элементов мелиоративных систем, на основе которой формируются оптимальные производственные комплексы машин, обеспечивающие выполнение всех операций по очистке эксплуатации, ремонту и реконструкции каналов инженерно-мелиоративных систем.

Основные элементы мелиоративных систем – каналы с течением времени в процессе эксплуатации теряют свою первоначальную проектную форму, деформируются, заиляются, засоряются, подвергаются коррозии и не могут обеспечить качественное функционирование всей системы в целом (рис. 1).

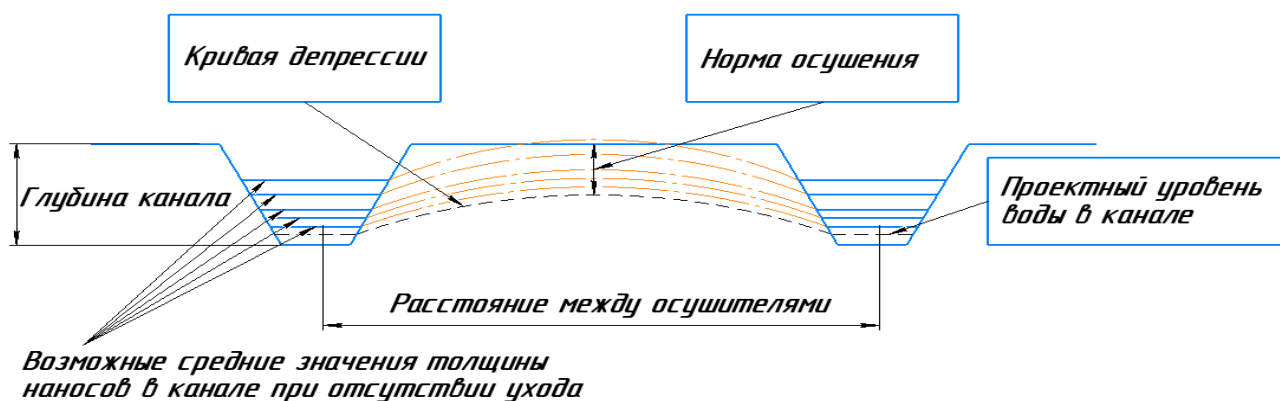


Рисунок 1 – Схема расположения осушительных каналов, кривой депрессии, нормы осушения, глубины канала и проектного уровня воды в канале

Восстановительные операции, проводимые на осушительных каналах в период их производственной эксплуатации, делятся на технический уход (обслуживание), ремонт и реконструкцию. Обобщение отечественного опыта по разработке технологий и комплексов машин для проведения очистных работ на мелиоративных системах позволило выбрать направление в области теоретических и экспериментальных исследований по разработке новых рабочих органов и формированию комплексов каналоочистительных машин. В главе также представлены требования к эксплуатационным характеристикам каналов. Процесс эксплуатации осушительных каналов сопровождается изменением их проектных и конструктивных размеров. На рисунке 2 представлено состояние осушительного канала до очистки.



Рисунок 2 – Состояние канала: а) наносы в канале; б) растительность в канале

Литературно-патентное исследование позволило установить, что качество функционирования зависит от очистки дна каналов на проектную глубину и обеспечения их функционирования за счет поддержания устойчивости откосов.

Определены основные причины нарушения нормального функционирования мелиоративных каналов, в числе которых: заиления, наносы, травянистая и кустарниковая растительность в русле канала, разрушение откосов, что обеспечивает недостаточное качество функционирования каналов. На основании проведенного анализа в диссертации сформированы цель и задачи исследований.

Вторая глава «Теоретические исследования устойчивости откосов и процесса механизированной очистки мелиоративных каналов» посвящена вопросам обеспечения устойчивости откосов и очистки каналов, выполненных в земляном русле преимущественно для **осушительных систем**.

Теоретические исследования устойчивости откосов. При проектировании мелиоративных каналов их геометрические размеры и гидравлические характеристики должны отвечать требованиям, предъявляемым к ним в зависимости от назначения сети. Для мелиоративных каналов, формируемых в земляном теле, требования сводятся к тому, чтобы поперечное сечение обеспечивало неразмываемость откосов русла, меньшую заиленность и общую русловую устойчивость. От установления устойчивого к деформациям поперечного сечения канала и отвечающих ему гидравлических характеристик во многом зависит надежность работы канала без заиления и размыва. Практическими исследованиями установлено, что степень устойчивости трапецеидальной формы поперечного сечения канала нестабильна: откосы таких русел деформируются, угловые пространства заиляются, что приводит к тому, что первоначальная проектная форма совершенно изменяется – она принимает неправильное очертание в верхней части и криволинейное в нижней. Сравнение профиля сечения каналов с профилем естественных осушителей в малосвязных грунтах выдает наибольшую частоту сечений близких к параболическим или гиперболическим формам, а на связных грунтах – эллиптическую. Важной характеристикой каналов, которая влияет на гидравлические свойства живого сечения канала, пропускную способность, обеспечение устойчивости откосов, размываемость и заиляемость сечения, потери на фильтрацию, а также на экономичность сечения является форма поперечного сечения канала. Наилучшим профилем с точки зрения обеспечения наибольшую пропускную способность является круглая форма. Однако такая форма менее устойчива, и очистка ее требует сложных конструкций рабочего оборудования, что исключает ее использование.

Анализ исследований, посвященных вопросам устойчивости откосов мелиоративных каналов, показывает, что имеющиеся на сегодняшний день методы расчета в зависимости от их исходных положений можно разделить на три группы: расчета по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения; основанные на теории предельного равновесия грунтовой среды; основанные на аналогии между кривыми сдвига и откоса. Методы расчета устойчивости земляных откосов по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения разнообразны. Нарушение устойчивости откосов каналов в определенном смысле можно сравнить с оползневыми явлениями. Часто в таких случаях призма обрушения скользит по влажной твердой поверхности «подпризменного слоя грунта». Многочисленные исследования и наблюдения оползневых ситуаций, особенно в горных и предгорных районах показали, что поверхность призмы обрушения в большинстве случаев криволинейна. Изучением устойчивости откосов в начале XX века занимались шведские ученые Т. Гультен, К. Петерсон и В. Филлениус. Ими был предложен метод расчета устойчивости откосов по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения (шведский метод), который в настоящее время является основным методом оценки общей устойчивости откосов благодаря своим простым решениям, определяющим воз-

возможность учета разнообразных геологических и конструктивных особенностей откосов. Согласно данному методу, произвольно задается целый ряд окружностей (дуг или сегментов) обрушения и для каждой из них в отдельности определяют коэффициент запаса устойчивости, равный отношению момента сил, удерживающих сегмент к моменту сил, сдвигающих отсек обрушения, ограниченного снизу окружностью или сегментом. В определенном смысле способ расчета подобен методу расчета конструкции на прочность разбивкой ее конечные элементы. Наиболее опасной дуге обрушения соответствует минимальный коэффициент, который и принимается за коэффициент запаса устойчивости рассматриваемого откоса. Кроме отмеченного выше, при рассмотрении сегмента обрушения имеют дело со статистически неопределимой задачей. Для решения такой задачи в уравнения статики вносят определенные допущения. В большинстве случаев достаточно ввести одно из них: в отношении угла наклона к горизонту сил взаимодействия между соседними элементами, входящими в состав отсека обрушения; в отношении формы эпюры нормальных напряжений вдоль дуги сдвига грунта. К допущениям первого рода относятся предложения шведских ученых, заключающиеся в том, что часть обрушения разбивается на вертикальные элементы и рассматривается предельное равновесие этих элементов, условно расставленных на круглоцилиндрической поверхности обрушения. Стремление определить статическую схему расчета по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения привело к предложениям рассматривать отсек обрушения как монолитное тело. Допущения методов монолитного отсека касаются прежде всего, эпюры распределения нормальных напряжений по поверхности скольжения. При расчете устойчивости откосов по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения сложность задачи заключается в определении положения центра опасной поверхности скольжения, зависящее от переменных C и φ (сила сцепления и угол внутреннего трения) может быть найдено только путем подбора. Существуют методы расчета устойчивости по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения Терцаги К. – Крея Х., Гольдштейна М. К., Чугаева Р. Р., Винклера Э., Резаля Л., Соколовского В. В., Самсонова М. Г. Каждый из них используется для различных расчетных случаев. В настоящей работе предлагается использовать методику расчета устойчивости откосов при случаях, учитывающих нагрузки на берму от ходового оборудования базовых машин каналоочистителей. В соответствии с положениями «Указания по расчету устойчивости земляных откосов» ВСН04-71 рекомендуют рассчитывать устойчивость откосов с высотой более 5 м, все можно провести сравнительную оценку устойчивости откосов рекомендуемых каналов рационального профиля межхозяйственной и внутрихозяйственной мелиоративной сети, т.е. глубиной до 3 м в устойчивых грунтах I...III категорий по ГОСТ 17343-71 по методу, основанному на аналогии между кривыми сдвига и откоса, и уточнить коэффициент запаса устойчивости откоса по методу круглоцилиндрических поверхностей скольжения. Расчет устойчивости откосов каналов подразумевает предварительное определение назначения откоса, значение «обеспечение устойчивости откоса», выявление последствия нарушения устойчивости откоса, использование расчетных методов проверки устойчивости откоса и изучение истории их развития, соблюдение мер по обеспечению устойчивости откоса и т. п.

Анализ грунтов и почвогрунтов позволяет делать выводы о том, что первопричиной возникновения оползневых процессов является: а) наличие малосвязных почвогрунтов на поверхности более твердых гладких слоев, расположенных под некоторым углом; б) наличие условий для накопления влаги, между слоями почвогрунтов и твердых слоев, способствующей скольжению массивов почвогрунтов. Исследования показывают, что при расчете устойчивости откосов (1) необходимо учитывать не только геометрические размеры, силовые составляющие, но и наличие влаги между слоями грунтов, их категорию и степень влажности (2).

$$k_{уст} = \frac{M_{уд}}{M_{сд}} = (\sum_{i=1}^n Q_i + \sum_{i=1}^n c_i \cdot \Delta l_i) / \sum_{i=1}^n T_i \quad (1)$$

где $M_{уд}$ – момент от удерживающих сил, кН·м; $M_{сд}$ – момент от сдвигающих сил, кН·м; Q_i – сила трения на поверхности сдвига i -го отсека, кН; Δl_i – длина дуги следа поверхности сдвига i -го отсека, м; c_i – удельная сила сцепления на поверхности сдвига i -го отсека, кПа; T_i – сдвигающая сила (касательная составляющая силы веса), кН, $T_i = \sum G_i \sin \alpha_i$; G_i – вес i -го отсека; α_i – угол наклона радиуса поверхности скольжения к вертикальной оси.

В числитель формулы для определения устойчивости откосов целесообразно вводить полученный по результатам исследований в настоящей работе поправочный коэффициент $k_{п}$, в итоге формула (1) примет вид:

$$k_{уст} = \frac{M_{уд}}{M_{сд}} = (\sum_{i=1}^n Q_i + \sum_{i=1}^n c_i \cdot \Delta l_i) \cdot k_{п} / \sum_{i=1}^n T_i \quad (2)$$

где $k_{п}$ – поправочный коэффициент, учитывающий реальные условия состояния откоса с учетом влажности:

$$k_{п} = W \cdot k_{пр} \cdot k_{э} \cdot f_{г}, \quad (3)$$

где W – влажность грунта; $k_{пр}$ – коэффициент, зависящий от характеристики грунта, для связных грунтов $k_{пр} = 0,8 \dots 0,9$, для несвязных – $k_{пр} = 1,2 \dots 1,3$; $f_{г}$ – коэффициент трения грунта о грунт, $f_{г} = 0,5 \dots 1,0$; $k_{э}$ – коэффициент эксплуатации. Значения коэффициента эксплуатации определяются по эмпирической формуле:

$$k_{э} = k_{вл} \cdot k_{пл} \cdot k_{кат} \quad (4)$$

где $k_{вл}$ – коэффициент, учитывающий наличие влаги между слоями грунта, $k_{вл} = 0,7 \dots 1,0$; $k_{пл}$ – коэффициент, учитывающий плотность грунта $k_{пл} = 0,7 \dots 1,0$; $k_{кат}$ – коэффициент, учитывающий категорию грунта, $k_{кат} = 0,7$ для I категории; $0,8$ – II; $0,9$ – III; $1,0$ – IV.

Распределение слоев грунтов и почвогрунтов крайне неравномерное и не строго горизонтальное (рис. 3).

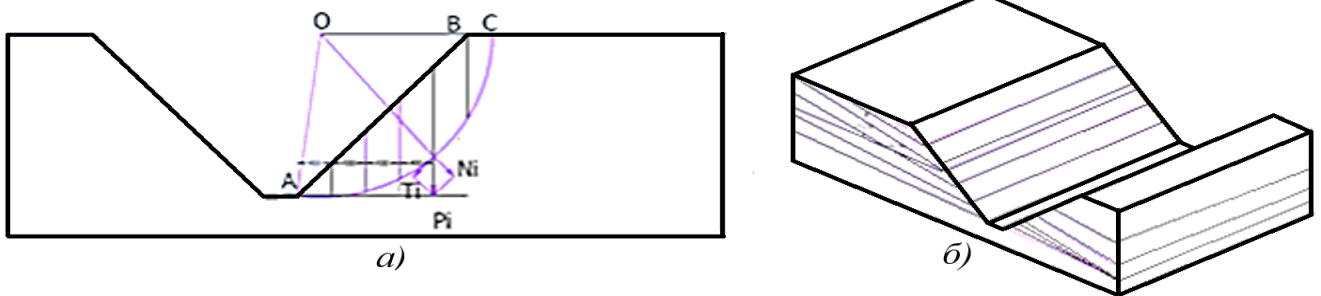


Рисунок 3 – Расчет устойчивости откосов: а) по круглоцилиндрическим поверхностям скольжения; б) расположение слоев грунта в районе строительства канала

Это подтверждается расположением слоев в различных районах, такое расположение слоев также подтверждается естественными срезами грунтов вследствие эрозии почв. По рисунку очевидно оползневым условиям в большей степени подвержен правый откос канала. По трудности разработки, кроме рыхлых почвогрунтов, обычно встречаются грунты II и III категорий в основном тяжелые глинистые.

На основании вышеотмеченного можно сделать следующие выводы:

1. Структуры грунтов представляют собой слои разной плотности;
2. Анализ грунтов показывает, что плотность нижних слоев значительно выше;
3. Рельеф расположения слоев почвогрунтов весьма разнообразен;
4. Оползневые и деформационные явления на откосах каналов возникают в тех случаях, когда слои несвязных грунтов располагаются под определенным углом и между слоями возникают условия для скольжения, т. е. при наличии воды;
5. При строительстве канала в плоскости поперечной наклону слоев грунта возможны случаи, когда сползание наблюдается только на одном откосе канала при достаточной устойчивости другого;
6. Обеспечение устойчивости откосов каналов заключается в соблюдении условия, при котором угол внутреннего трения грунта о грунт (граничных слоев грунта) будет больше угла наклона слоя грунта: $\beta < \varphi$.

Данное условие определяет устойчивость откоса, а именно для самоторможения слоя грунта необходимо, чтобы угол наклона рассматриваемого слоя грунта определенной массы был меньше приведенного угла трения грунта о грунт двух слоев. Приведенный угол трения грунта о грунт определяется в зависимости от типа грунта и его физико-механических свойств: $\varphi = \arctg f$, где f – коэффициент трения грунта о грунт.

Коэффициент трения f для разных почв колеблется от 0,25 до 0,90, угол трения φ колеблется от 14° до 42° . Для ориентировочных расчетов принимается $f = 0,5$, что соответствует углу трения $\varphi = 26^\circ 30'$. Для обеспечения оптимальных углов откосов каналов и их устойчивости в таких случаях целесообразно применять для очистки и восстановления, предлагаемые в настоящей работе конструкции ковшей трапецеидального профиля.

В случае рассмотрения **оросительных систем** главными ее элементами являются: земельный массив (орошаемые земельные площади), источник орошения, водозаборное сооружение, магистральный канал или трубопровод, распределительная сеть каналов или трубопроводы водосборно-сбросной сети, гидротехнические сооружения и дороги.

Основной характеристикой - расчетным расходом канала является расход канала, реализуемый на мелиорируемом участке Q , который рассчитывается по формуле:

$$Q = qF \quad (5)$$

где q – расчетный показатель графика гидромодуля, л/с га; F – площадь мелиорируемого участка нетто, га.

Расходы нетто всех остальных типоразмеров каналов оросительной сети определяются на основании величины Q с учетом общего плана водопользования. Подача воды от каналов старшего порядка обеспечивается в течение всего периода

роста растения с учетом режима орошения. Каналы младшего порядка и другие внутривладельческие элементы работают при этом по очереди по мере необходимости. Расход отдельных составляющих мелиоративной сети рассчитывают составлением схемы каналов, работающих в хозяйстве одновременно. Также возникает необходимость согласования расчетных расходов каналов с суточной площадью и нормой полива поля, с суточной производительностью сельскохозяйственных машин и механизмов на послеполивной обработке поля. В таком случае важно учитывать, что расход зависит от расходов временных оросителей:

$$Q = \sum Q_H^{bx} \quad (6)$$

где $\sum Q_H^{bx}$ – сумма расходов временных оросителей, работающих на поле одновременно.

В процессе проектирования элементов оросительной сети также необходимо учитывать возможные потери воды в оросительных каналах и забор воды из них с учетом этих потерь:

$$Q_{бр} = Q_H + Q_{п} \quad (7)$$

где $Q_{п}$ – потери воды из канала, л/с или м³/с.

На начальной стадии проектирования А.Н. Костяков предложил метод определения потерь воды на фильтрацию в % на 1 км на основе водопроницаемости грунтов

$$S = \frac{A}{Q^m} \quad (8)$$

где S – потери на фильтрацию на 1 км канала, процентах от Q ; Q – расход в конце канала, м³/с; A и m – коэффициенты, зависящие от водопроницаемости грунта.

Оросительные каналы, в зависимости от величины поливного участка, рельефа местности, грунтовых условий и средств механизации для их строительства, сгруппированы в соответствии с ОСТ 33-2.2.05-86 на 5 групп. В зависимости от положения дна канала относительно поверхности земли могут быть: в выемке, полувыемке, в полунасыпи и в насыпи.

Теоретические исследования процесса механизированной очистки мелиоративных каналов. Рабочий орган каналоочистителя (ковш) в процессе копания грунта, наносов и заилений преодолевает сопротивление копания, горизонтальная составляющая которого P_k в общем случае является переменной.

В отличие от работы ковшей экскаваторов с рабочим оборудованием обратной лопаты, которые имеют криволинейную траекторию движения, ковш каналоочистителя РР-303М движется по жестким направляющим строго прямолинейно. Такая работа ковша обеспечивает почти постоянную толщину стружки наносов и грунта при движении. Копание грунта ковшом на жестких направляющих – сложный процесс, включает в себя резание грунта, наполнение ковша и формирование призмы волочения перед режущей кромкой.

При движении ковша на режущей кромке возникают силы сопротивления, которые можно разделить на две составляющие: горизонтальные и вертикальные. Проведенные исследования с уменьшенными моделями и рабочими органами в натуральную величину в лабораторных условиях показывают возникновение значительных сопротивлений резанию и копанию грунтов. Кроме того, перед ковшом в процессе копания формируется призма волочения. Исследования проводились на

грунтах первой и второй категории по трудности разработки. Усилия сопротивлений фиксировались с помощью тензодатчиков. Если вертикальные составляющие превышают значения горизонтальных, то ковш может подниматься вверх.

Конструкция жестких направляющих предусматривает возможность изменения толщины стружки, с поддержкой при этом требуемого угла наклона дна канала.

В качестве динамической характеристики, действующей на рабочий орган каналоочистителя во время проведения рабочей операции, можно рассматривать возможную интенсивность возрастания сопротивлений вследствие совместного влияния множества факторов. Интенсивность возрастания сопротивлений копанию A определяется как отношение сопротивления копанию dP_k на бесконечно малом участке пути ds , пройденного рабочим органом по дну канала, что соответствует выражению

$$A = \frac{dP_k}{ds} \quad (9)$$

Если на данной ранней стадии процесса определяющей характеристикой является интенсивность возрастания сопротивления резанию A_p , то этой стадии соответствует

$$A_p = \frac{dP_p}{ds} \quad (10)$$

Выражение интенсивности возрастания сопротивлений позволяет определить текущее значение сопротивления копанию ковшом каналоочистителя в виде интеграла

$$P_k = \int_{s_0}^{s_1} A ds, \quad (11)$$

а если величина A не зависит от пути движения ковша при копании, являясь для данного процесса постоянной,

$$P_k = A(s_1 - s_0). \quad (12)$$

Процесс сопротивления копанию описывается линейной зависимостью вида $P_{c1} = P_0 + A(s_1 - s_0)$, откуда интенсивность возрастания сопротивления копанию можно выразить как величину постоянную и равную

$$A = \frac{P_{c1} - P_0}{s_1 - s_0}. \quad (13)$$

Такое выражение интенсивности позволяет получить для некоторых основных случаев решения дифференциальных уравнений движения ковша каналоочистителя в алгебраическом виде.

Для подтверждения результатов теоретических исследований, которые послужили основой для конструкторских разработок, проведены экспериментальные исследования по определению тяговых усилий при работе новых рабочих органов.

Теоретические исследования работы каналоочистителя. Одним из способов очистки дна осушительных каналов от наносов и заилений является применение каналоочистителя с продольным по оси канала движением ковша в качестве ведущей машины формируемого комплекса. Каналоочиститель представляет собой самоходную машину циклического действия, в состав которой входят: базовый гусеничный трактор с силовой энергетической установкой, привод рабочего оборудования. Рабочее движение ковша каналоочистителя осуществляется посредством

гидромеханического привода, который включает гидравлическую (насос, гидроцилиндр) и механическую (скоростной четырехкратный полиспаг) составляющие. Соответственно привод передвижения ковша как управляемую систему можно представить в виде гидравлической и гидромеханической подсистем. Переменной состояния, характеризующей гидравлическую подсистему, является давление $p(t)$ потока рабочей жидкости, создаваемое насосом относительно давления в гидробаке. Переменной состояния, характеризующей гидромеханическую подсистему, является поступательная скорость штока гидроцилиндра $v(t)$, м/с.

Общее сопротивление копанью ковша каналоочистителя на жестких направляющих определяется по формуле

$$P = P_{\text{коп}} + P_{\text{нап}} + P_{\text{приз}} + P_{\text{тр}} \quad (14)$$

где $P_{\text{коп}}$ – сопротивление копанью; $P_{\text{нап}}$ – сопротивление наполнению ковша; $P_{\text{приз}}$ – сопротивление движению призмы волочения перед ковшом; $P_{\text{тр}}$ – сопротивление движению ковша от трения боковых стенок и днища о грунт. Рабочее движение ковша каналоочистителя можно разделить на три составляющие периоды: разгон, установившийся режим и торможение. Наиболее важным является установившийся режим. В этот период на рабочий орган действуют тяговая сила $F_{\text{тяг}}$ (от которой приводится в движение ковш), сопротивление копанью $P_{\text{коп}}$, сопротивление движению ковша от трения боковых стенок о грунт $P_{\text{тр}}$. Сопротивление копанью в общем виде определяется по формуле Н. Г. Домбровского

$$P_{\text{коп}} = k_{\text{коп}} \cdot B \cdot h \quad (15)$$

где $k_{\text{коп}}$ – удельное сопротивление копанью, зависящее от категории грунта (наносов, заилений), Н/м²; B – ширина ковша, м; h – толщина снимаемой стружки, м.

Сопротивление наполнению ковша $P_{\text{нап}}$ определяется как сумма веса наносов, поступающих в ковш и сопротивлений от внутреннего трения грунта по грунту и внутренним поверхностям стенок и дна ковша

$$P_{\text{нап}} = 9,8B \cdot h \cdot H \cdot \gamma + 9,8B \cdot H^2 \cdot k_{\text{тр}} \cdot \gamma \quad (16)$$

где H – высота ковша; γ – плотность наносов, кг/м³; $k_{\text{тр}}$ – коэффициент трения боковых стенок и днища о грунт.

Сопротивление перемещению призмы волочения, образующейся перед ковшом, определяется по формуле

$$P_{\text{приз}} = 9,8m_{\text{пр}} \cdot k_{\text{трг}} \cdot \cos \alpha \quad (17)$$

где $k_{\text{трг}}$ – коэффициент трения грунта о грунт; α – угол установки ковша в плане.

Сопротивление движению ковша от трения боковых стенок определяется по формуле

$$P_{\text{тр}} = k_{\text{тр}} \cdot F_{\text{тяг}} \quad (18)$$

Коэффициент трения боковых стальных стенок ковша в зависимости от состояния грунта и шероховатости поверхности стенок находится в пределах от 0,25 до 0,5. При заблокированном копанью наносов возникают трения боковых стенок и дна ковша о грунт или наносы на дне канала. Полублокированное копанье наблюдается в каналах только в тех случаях, когда ширина ковша меньше ширины дна канала. Свободного копанья наносов в процессе очистки каналов почти не наблюдается. Для ковша каналоочистителя РР-303М прямоугольного профиля, предназначенного для очистки закрепленного канала теоретические (расчетные) значения

тяговых сопротивлений при разработке грунтов (наносов) I категории и толщине стружки 0,1 м составляют 2800 Н. Важной задачей при этом является сравнение расчетных (теоретических) значений тяговых сопротивлений для моделей и ковшей в натуральную величину с результатами экспериментальных исследований ковшей в лабораторных условиях.

Третья глава «Программа и методика проведения экспериментальных исследований» посвящена лабораторным и полевым исследованиям конструкторских и технологических разработок. Экспериментальные исследования проведены в двух частях. Первая часть посвящена определению устойчивости откосов каналов. Вторая часть посвящена определению тяговых усилий и качеству очистки при работе новых рабочих органов каналоочистителей. Для проведения экспериментальных исследований в работе разработаны методические основы определения устойчивости откосов каналов, осуществлен подбор оборудования и сформирован порядок проведения обработки экспериментальных данных.

Методика проведения экспериментальных исследований устойчивости откосов. Для определения устойчивости откосов мелиоративных осушительных каналов проведены лабораторные исследования.

Целью исследований являлось определение предельных нагрузок, при которых нарушается устойчивость откосов канала. В работе исследуется воздействие каналоочистительных машин с гусеничными уширенным и узким ходовыми устройствами на устойчивость откоса канала нагрузкой по кромке бермы параллельно оси канала.

Для моделирования процесса нагружения кромки бермы через уширенную гусеницу базового трактора ВТГ-90 каналоочистителя принято решение использовать швеллер №14 с распределением нагрузок на полке, а для узких гусениц – с распределением нагрузок по ребру. Масштабный коэффициент в первом случае равен 4,78, во втором – 6,5.

Задачи исследования: определить устойчивость откоса канала при его заложении 1:1, при наличии распределенных нагрузок по полке швеллера №14 длиной 2,8 м на кромке бермы; определить устойчивость откоса канала при его заложении 1:1 и наличии распределенных нагрузок по ребру швеллера №14 длиной 2,8 м на кромке бермы; определить устойчивость откоса канала - вертикальная стенка при наличии распределенных нагрузок по полке швеллера №14 длиной 2,8 м на кромке бермы; определить устойчивость откосов канала при их заложении в 75 градусов и наличии распределенных нагрузок по ребру швеллера №14 длиной 2,8 м на кромке бермы. Методика исследования: в грунте Большого канала был сформирован трапецеидальный профиль осушительного канала длиной 3,0 м (рис. 4). Глубина канала 0,55 м, ширина по дну 0,4 м, ширина бермы 0,4 м, грунт исследуемого канала – суглинок, влажность грунта 18%, категория грунта I – 3–4 удара ударника ДорНИИ. С учетом того, что рабочее оборудование каналоочистителей в виде боковой навески чаще всего устанавливается на гусеничные тракторы, которые перемещаются по берме параллельно оси канала, в работе на кромку бермы канала задавалась распределенная нагрузка посредством швеллера №14 длиной 2,8 м (швеллер ГОСТ8240-97). Для изменения площади распределения нагрузки уширенных и узких гусениц при моделировании швеллер располагался на полку или ребро.

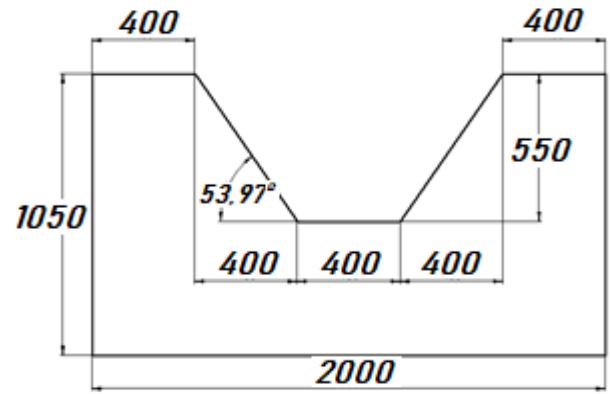


Рисунок 4 – Общий вид и размеры канала в поперечном сечении

В качестве нагрузки использовались грузы по всей длине швеллера. Опорная площадь швеллера в рассматриваемом примере на полке составляет $0,392 \text{ м}^2$, опорная площадь на ребре - $0,1624 \text{ м}^2$. Обработка результатов экспериментов проведена в программах для исследования статистических цифровых данных и в программе GeoStab 8.1 для оценки общей устойчивости откосов.

Моделирование влияния широких и узких гусениц на устойчивость откоса осуществлялось изменением площади распределения нагрузки на швеллер и его расположением на полке или ребре. Устойчивость откоса определялась при равномерном распределении нагрузки по всей длине модели.

Методика проведения экспериментальных исследований процесса очистки осушительных каналов сельскохозяйственных полей. Испытания проводились с разработанными в системе Inventor Pro и изготовленными в ремонтных мастерских уменьшенными ковшовыми моделями рабочих органов каналоочистителей. Модели были сформированы с использованием положений теории физического моделирования Баловнева В. И. Испытания моделей проводились на грунтовом лотке лаборатории мелиоративных машин кафедры организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ. Полученные зависимости обрабатывались в системах электронных таблиц. Исследования проводились по правилам однофакторных и многофакторных экспериментов.

По исследованиям с моделями ковшовых рабочих органов определялись не только тяговые усилия, но и качество проведения очистных работ. Тяговые сопротивления определялись в зависимости от глубины копания.

Обработка результатов экспериментальных исследований проведена с использованием методов статистического анализа. Лабораторные испытания физической модели (рис. 5) ковша каналоочистителя проводились на грунтовом лотке лаборатории мелиоративных машин.

Отличительной особенностью нового рабочего органа от базового ковша прямоугольного профиля является наличие боковых стенок, установленных под углом, формирующим трапецеидальное сечение. Такая форма способствует восстановлению первоначальной формы дна и прилежащих ко дну частей канала. Перед началом лабораторных исследований производится подготовка грунта в экспериментальном лотке, т. е. обеспечивается необходимая влажность грунта в пределах $8...10\%$, плотность суглинка (3...4 удара ударника ДорНИИ, что соответствует

первой категории грунта) и обеспечение горизонтальной поверхности грунта по всей длине лотка.



Рисунок 5 – Физическая модель ковша каналоочистителя: а) общий вид, б) в работе

Лабораторные испытания проводились по методике однофакторного эксперимента, т. е. исследовалась целевая функция – тяговые сопротивления в зависимости от наиболее влияющего на параметр оптимизации фактора – глубины копания (при постоянстве и неизменности других факторов).

Проведенные опыты в лабораторных условиях (рис. б) показали, что геометрические размеры ковша, кроме его ширины – длина и высота должны быть увязаны с ходом ковша и толщиной стружки, которая, в свою очередь, зависит от энергетических возможностей гидросистемы и устойчивости базового трактора.



Рисунок 6 – Испытание модели рабочего органа каналоочистителя прямоугольного профиля на грунтовом лотке

Обработка результатов экспериментальных исследований проведена в системах Mathcad и Excel. На рисунке 7 представлен один из листингов результатов и обработки экспериментальных данных по определению тяговых сопротивлений при копании грунта ковшом каналоочистителя в зависимости от основного фактора – глубины копания, и, пересчета их для ковша в натуральную величину.

Обработка экспериментальных данных по серии опытов с 3-кратной повторностью: первый – с глубиной копания 4 см, второй – 6 см, третий – 8 см, четвертый

– 10 см, проводилась в системе Mathcad. Наибольший интерес в полученных зависимостях представляют участки с установившимся режимом.

Участки разгона и торможения не дают ясной картины по средним величинам тяговых сопротивлений при различных глубинах копания.

Пересчет величин тяговых сопротивлений от значений уменьшенной модели на рабочий орган в натуральную величину проведен по приближенному методу физического моделирования В. И. Баловнева по формуле:

$$P_H = P_M \cdot i_B^n \quad (19)$$

где P_H – сопротивление копанию для «натуры», кН; P_M – сопротивление копанию для модели, кН; i_B^n – масштабный коэффициент, n – показатель степени, учитывающий обрабатываемую среду и особенности подобия отождествляемых объектов.

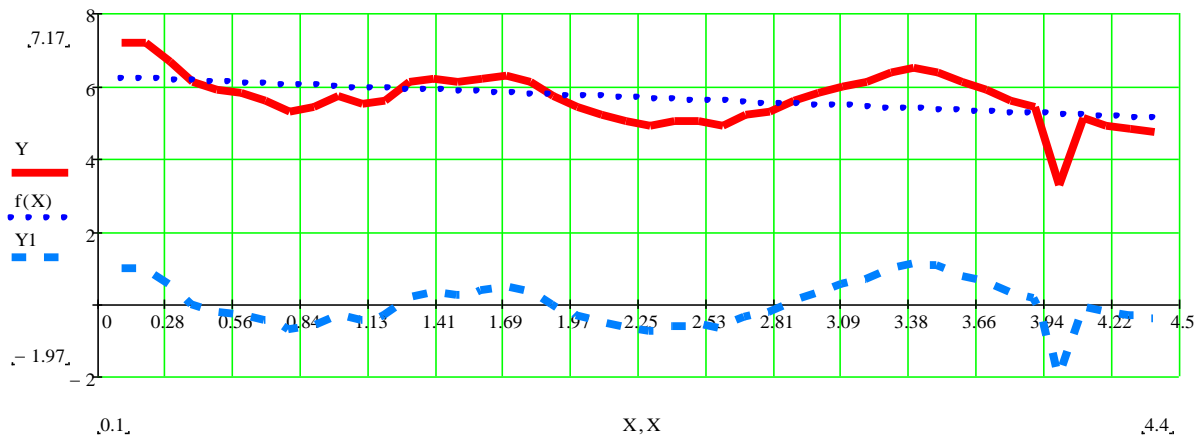


Рисунок 7 – Листинг обработки данных эксперимента в системе Mathcad, в графике синим цветом выделена реализация для модели Y1, красным – кривая расчетных значений для рабочего органа в натуральную величину Y, пунктирной линией – средние значения

На рисунке 8 представлены результаты трехфакторного исследования по определению тяговых усилий при копании грунтов (наносов) ковшом каналочистителя.

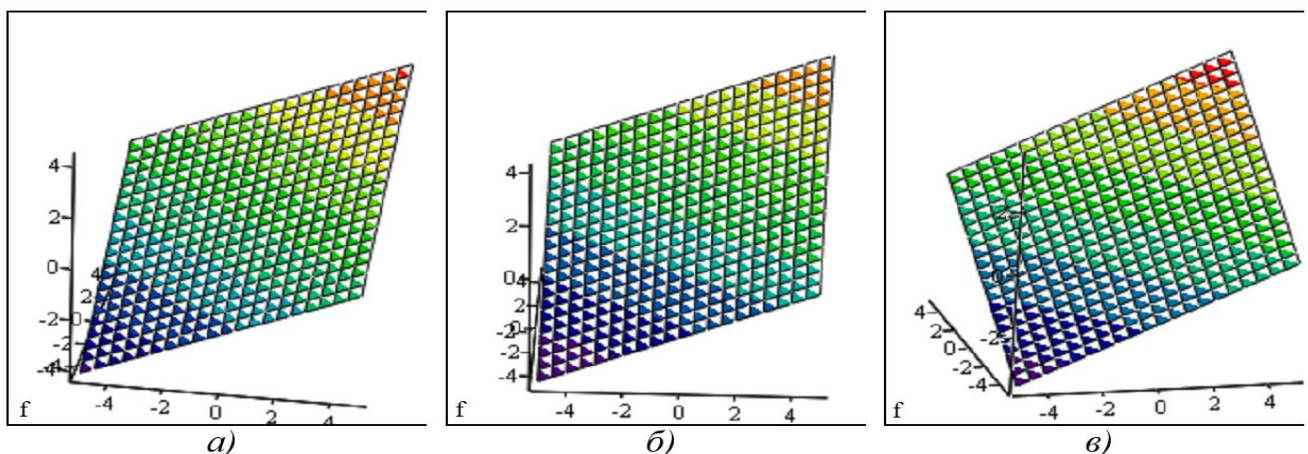


Рисунок 8 – Графики поверхностей по результатам трехфакторного исследования усилий копания ковшом каналочистителя: а) при совместном рассмотрении категории и влажности грунта, и минимальных значениях толщины стружки; б) при совместном рассмотрении толщины стружки и влажности грунта и минимальных значениях плотности грунта; в) при совместном рассмотрении толщины стружки и категории грунта при минимальной влажности

Факторами, влияющими на целевую функцию, были приняты: величина толщины стружки грунта (наносов); плотность грунта с точки зрения трудности его разработки (категория грунта); влажность грунта. Уравнение регрессии с натуральными факторами в окончательном имеет вид:

$$F = 0,06 + 0,35H + 0,39c + 0,46w. \quad (20)$$

По результатам исследований установлено, что на величину тяговых сопротивлений при работе ковша при данных конкретных условиях в наибольшей степени влияют толщина снимаемой стружки грунта и его влажность. Влияние категории грунта в рассматриваемом диапазоне (II–III) на целевую функцию меньше, чем по величинам толщины стружки и влажности грунта.

Четвертая глава «Результаты экспериментальных исследований» посвящена исследованиям, указанным в задачах работы. *Результаты экспериментальных исследований устойчивости откосов каналов.* Результаты экспериментальных исследований по определению устойчивости откосов канала, показывают, что данная характеристика в большей степени зависит от вида грунта, его влажности, величины нагрузки и заложения откосов.

Для опыта, при котором факторы имеют следующие значения: 1. Влажность грунта – 18% ; 2. Категория грунта – I (3-4 удара ударника ДорНИИ); 3. Вид грунта – суглинок; 4. Вид нагрузки и ее величина: распределенная на полке швеллера №14 по кромке бермы левого откоса (вертикальной стенки) доведена до 91,144 кг; 5. Состояние вертикального откоса – устойчивость нарушена (рис. 9).



Рисунок 9 – Величина запаса устойчивости при вертикальном откосе канала с распределенной нагрузкой на берме недостаточна в данных условиях

Результаты расчетов по данному опыту по расчету коэффициента устойчивости левого вертикального откоса с распределенной нагрузкой на полке швеллера №14 в системе GeoStab 8.1 по методу Филлениуса и анализ призмы сдвига при расчете откоса (величина суммарной силы; угол наклона основания) в системе GeoStab 8.1 представлены на рисунке 10.

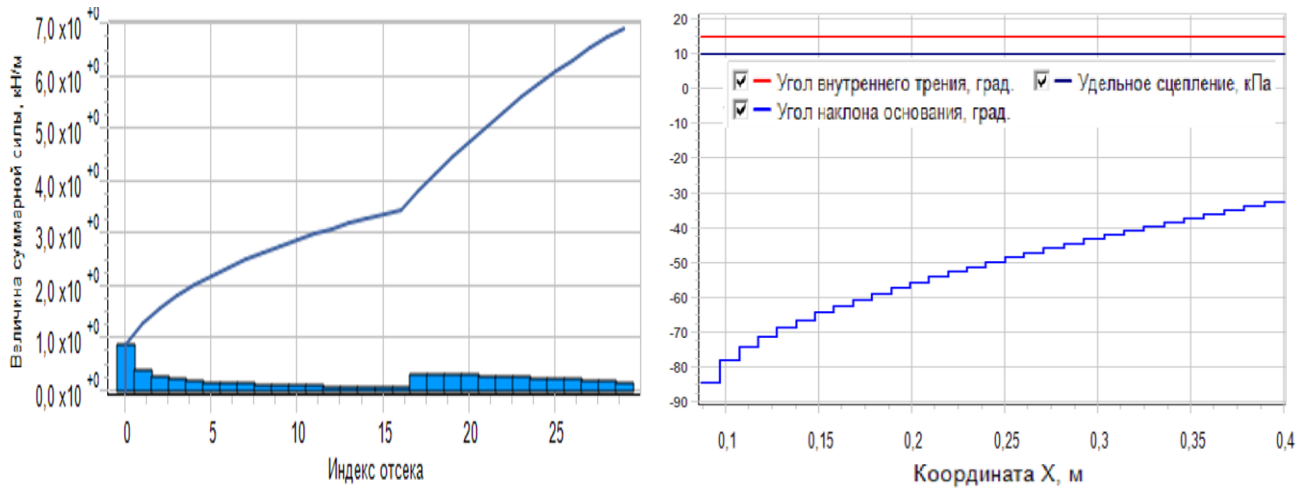


Рисунок 10 – Расчет коэффициента устойчивости левого вертикального откоса с распределенной нагрузкой на полке швеллера №14 в системе GeoStab 8.1 по методу Филлениуса и анализ призмы сдвига при расчете откоса (величина суммарной силы; угол наклона основания)

Выводы по серии опытов: при нагружении вертикального откоса по полке швеллера, как показано на рисунке 9, до нагрузки величиной 91,144 кг, что составляет $232,5 \text{ Н/м}^2$ – устойчивость вертикального откоса нарушена; при нагружении откоса с заложением 75° по ребру швеллера до нагрузки величиной 214,744 кг, что составляет $1322,3 \text{ Н/м}^2$ – устойчивость откоса нарушена.

Результаты экспериментов подтверждены расчетными данными, полученными в компьютерной программе GeoStab 8.1. Опытное определение устойчивости откосов с учетом поправочного и эксплуатационного коэффициентов подтверждают результаты экспериментальных данных, полученных на Большом грунтовом канале лаборатории кафедры организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ (ОТГМСР) РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева.

Результаты экспериментальных исследований процесса очистки мелиоративных каналов. Ширина ковша по дну зависит, главным образом, от внешних факторов, а именно от принятых в зоне осушения размеров сечений каналов, соответственно, минимальный размер ковша по ширине должен соответствовать 400 мм.

Результаты расчетов, проведенных на основе лабораторных исследований по определению необходимого хода ковша в зависимости от его вместимости при различных толщинах снимаемой стружки наносов, приведены в таблице 1. Рассмотрены три типоразмера ковша, вместимость которых соответственно равна 0,25; 0,3 и 0,4 м^3 , исходя из которых можно их определить высоту и длину.

Процесс увеличения тяговых сопротивлений в зависимости от возрастающей глубины копания наиболее адекватно описывается полиномиальной аппроксимацией с величиной достоверности $R^2 = 0,9533$. Увеличение глубины копания приводит к увеличению тяговых сопротивлений.

Так, при увеличении глубины с 6 до 8 см для модели соответствует возрастающему тяговому сопротивлению для рабочего органа в натуральную величину от 3,85 до 4,055 кН, что составляет 5%.

Таблица 1. Требуемый ход ковшей в зависимости от их вместимости

Вместимость ковша, м ³	Ширина ковша, м	Толщина снимаемой стружки грунта, м			Требуемый ход ковша для его заполнения, м		
		0,10	0,20	0,30	6,25	3,12	2,0
0,25	0,4	0,10	0,20	0,30	6,25	3,12	2,0
	0,5	0,10	0,20	0,30	5,0	2,5	1,6
	0,6	0,10	0,20	0,30	4,2	2,1	1,4
0,30	0,4	0,10	0,20	0,30	7,5	3,75	2,5
	0,5	0,10	0,20	0,30	6,0	3,0	2,0
	0,6	0,10	0,20	0,30	5,0	2,5	1,6
0,40	0,4	0,10	0,20	0,30	10,0	5,5	3,3
	0,5	0,10	0,20	0,30	8,0	4,0	2,6
	0,6	0,10	0,20	0,30	6,6	3,3	2,2

В рабочем оборудовании каналоочистителя РР-303М (рис. 11 и 12) рекомендуется применить ковш трапециевидального сечения, который будет очищать не только дно от наносов и заилений, но и прилежащие ко дну части откосов. Рабочее оборудование каналоочистительных машин преимущественно устанавливается на базовую машину в виде боковой навески, это объясняется удобством проведения рабочей операции и осуществления подачи машины параллельно оси канала.

С учетом больших габаритов и массы рабочего оборудования, а также увеличенной вместимости трапециевидального ковша каналоочистителя РР-303М проведены расчеты его устойчивости при работе.

Для обеспечения устойчивости машины при ее работе применяется противовес с возможностью изменения его вылета с помощью гидроцилиндра.

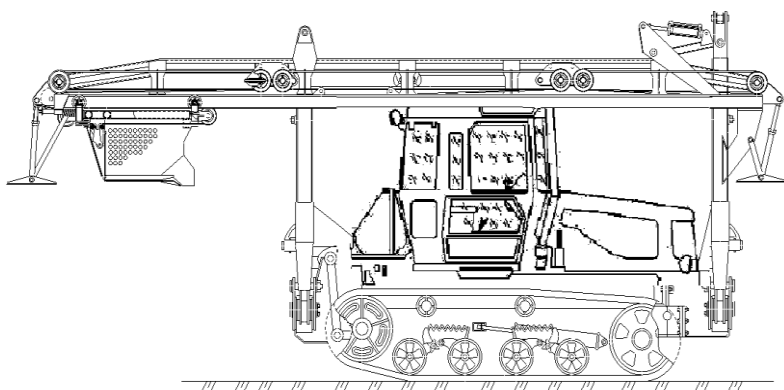


Рисунок 11 - Каналоочиститель РР-303М – вид сбоку на базе трактора ВТГ-90

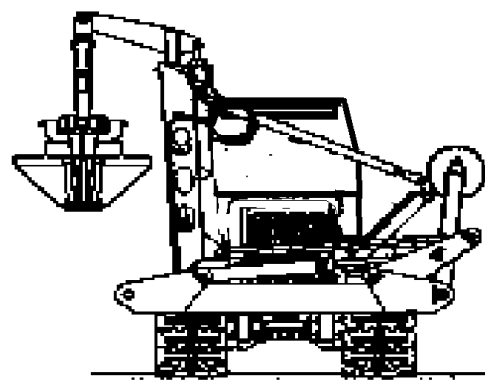


Рисунок 12 - Каналоочиститель РР-303М с ковшом трапециевидального сечения – вид спереди на базе трактора ВТГ-90

Анализ графических зависимостей вместимости ковша от его вылета (рис. 13) показывает, что для данного базового трактора при достаточно больших вылетах, порядка 5,0...6,0 метров можно ориентироваться на ковш вместимостью 0,25...0,3 м³, а при вылетах до 3-х м вместимость ковша может быть увеличена до 0,4...0,5 м³.

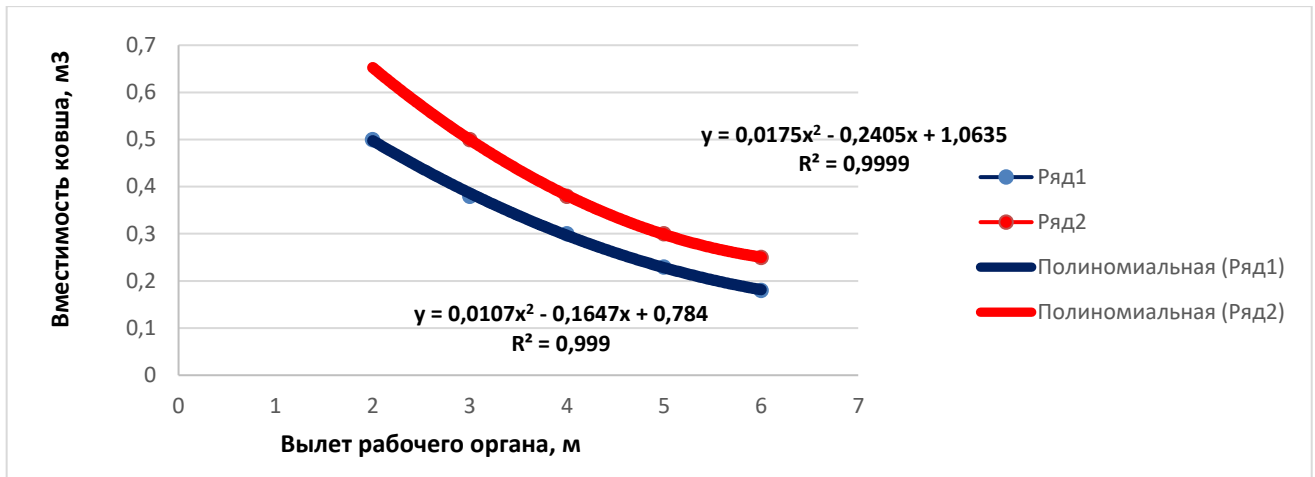


Рисунок 13 - Зависимость вместимости ковша от вылета рабочего органа по условиям устойчивости для каналоочистителя РР-303М при работе без противовеса (ряд 1) и с противовесом (ряд 2)

Средние значения тяговых сопротивлений при копании по четырем точкам после пересчета на натуру имеют значения: $R_1 = 2,042$ кН; $R_2 = 3,850$ кН; $R_3 = 4,055$ кН; $R_4 = 4,581$ кН.

Линейная и полиномиальная аппроксимации изменения целевой функции и соответствующие уравнения регрессии процесса копания, как наиболее адекватно описывающие исследуемой работы ковша, представлены на рисунке 14.

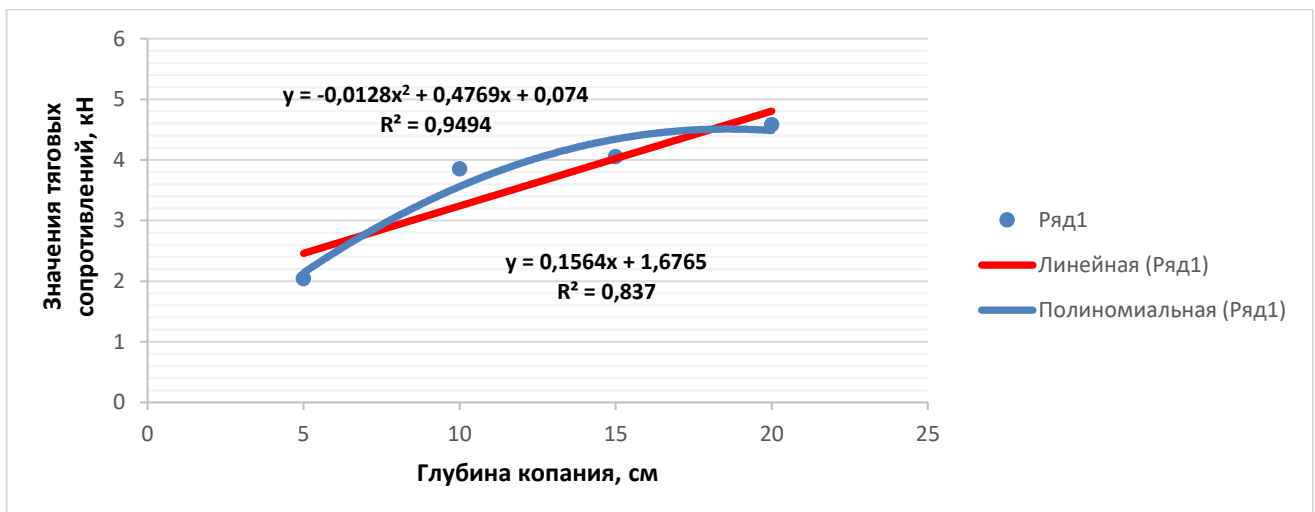


Рисунок 14 – Зависимость тяговых сопротивлений от глубины копания при работе ковша каналоочистителя

По результатам исследований ковша каналоочистителя получены зависимости запаса прочности от величины размеров конечных элементов в линейной аппроксимации (рис. 15).

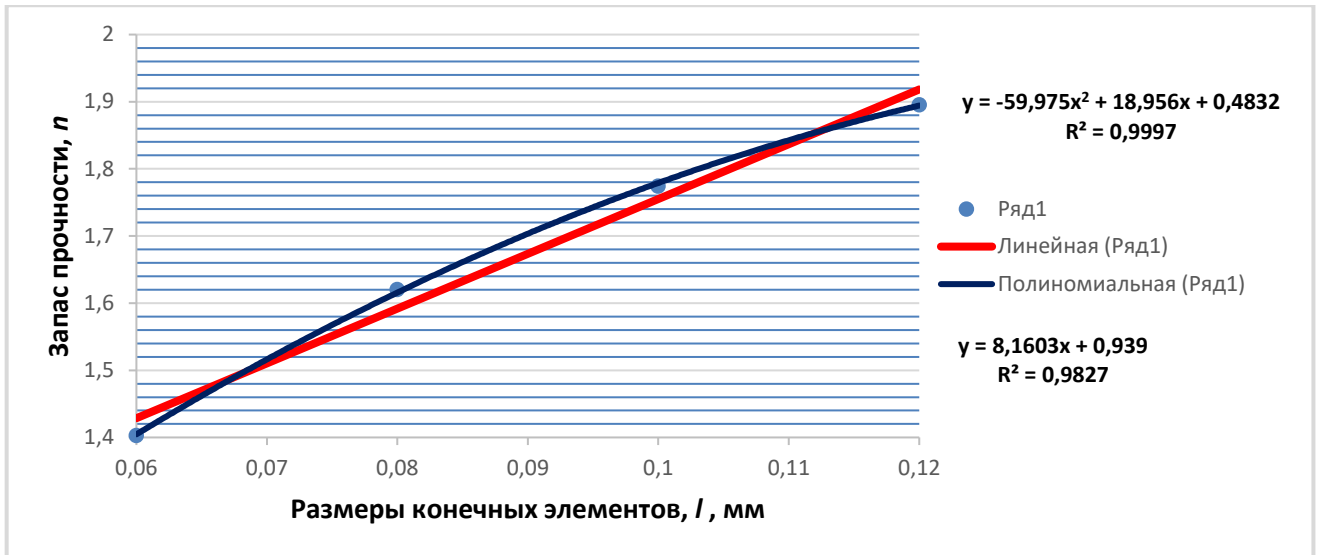


Рисунок 15 – Результаты уточненного прочностного расчета (зависимость запаса прочности от размеров конечных элементов в линейной и полиномиальной аппроксимации)

Показатель величины достоверности при линейной аппроксимации равен $R^2=0,9827$ и уравнение регрессии имеет вид $y=8,6103x+0,939$, при полиномиальной аппроксимации $R^2=0,9997$, уравнение регрессии $y=-59,975x^2+18,956x+0,4832$. Полиномиальная аппроксимация наиболее адекватно описывает изменение запаса прочности при изменении размеров конечных элементов.

Конструкторско-технологические разработки. В настоящей работе представлено сравнение двух комплексов машин для проведения очистных, восстановительных и ремонтных работ каналов осушительной и оросительной сетей. В каждом из них имеется ведущая машина, в первом случае это каналочиститель ОКН-0,5, во втором каналочиститель с ковшом на жестких направляющих РР-303М. Очиститель каналов навесной ОКН-0,5 в настоящее время производится компанией ОАО АМКОДОР. Состояние канала и его очистка представлены на рисунке 16.



а)



б)

Рисунок 16 – Состояние канала и работа каналочистителя ОКН-0,5: а) состояние мелиоративного осушительного канала до очистки; б) процесс очистки канала

На основе теоретических и экспериментальных исследований предложены новые конструкции ковшей каналочистителей РР-303М и ОКН-0,5 (рис. 17).

Применение современных методов проектирования рабочих органов мелиоративных каналочистителей с использованием быстрого прототипирования, является очень важным инструментом, позволяющим связать теоретические зависимости с параметрами, полученными практическими исследованиями.

Такой подход к решению задачи проектирования значительно сокращает расходы на создание новых рабочих органов, так как учитываются всевозможные зависимости и варианты на этапе проектирования, до выпуска разрабатываемого рабочего органа серийно на производстве.

Кроме того, проведены полевые испытания каналочистителя ОКН-0,5, который можно рассматривать в качестве ведущей машины комплекса для сравнения с другими комплексами.

В ходе испытаний каналочистителя ОКН-0,5 по восстановлению осушительных каналов сельскохозяйственных полей Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева глубиной до 1,5 м подтвердились такие характеристики как: высокое качество проводимых очистных работ, простота конструкции рабочего оборудования и легкость управления.

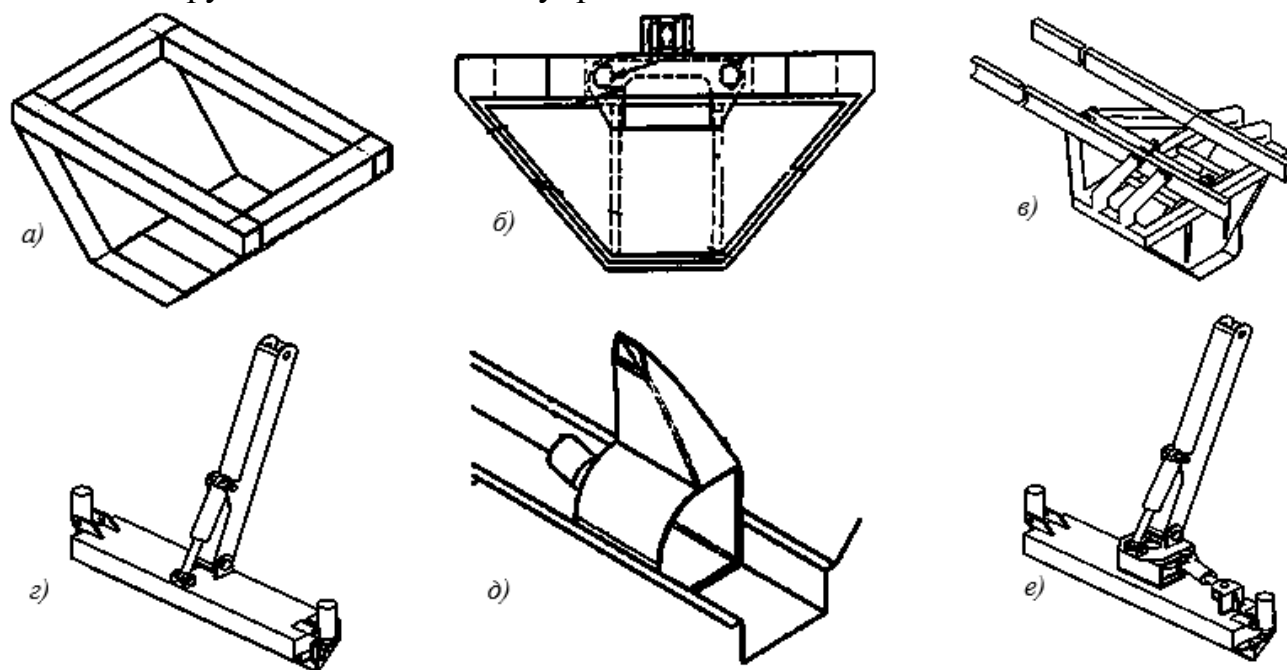


Рисунок 17 – Конструкции новых рабочих органов каналочистителей РР-303М и ОКН-0,5: а) пат. №2500858 «Ковш каналочистителя»; б) пат. на полезную модель №149228 «Ковш каналочистителя»; в) пат. №2578244 «Ковш каналочистителя двустороннего действия»; г) пат. на полезную модель №218348 «Рабочий орган для очистки закрепленного дна мелиоративных каналов»; д) пат. на полезную модель №219569 «Рабочий орган для очистки закрепленного дна мелиоративных каналов»; е) «Рабочий орган – поворотный ковш для очистки закрепленного дна мелиоративных каналов»

Однако наряду с достоинствами были выявлены следующие недостатки: недостаточная прочность и жесткость стандартного ковша, которые отразились на поломке внутренних ребер жесткости в местах сепарационных отверстий (рис. 18, а); невозможность выгрузки ковша на значительном расстоянии от кромки канала во

избежание обратного попадания наносов в русло канала; ограничитель поворота рабочего оборудования в плане проварен на раме не по всему периметру, что привело к быстрому его отказу; штуцеры рукавов высокого давления на бульдозерном отвале установлены некорректно, поскольку при крутом повороте базового трактора вращающиеся управляемые колеса могут их разрушить; в некоторых случаях опорное колесо с гладкой поверхностью скользит по откосу, что в определенной степени нарушает устойчивость машины при работе.

По вопросу прочности конструкции ковша следует учитывать, что данный рабочий орган не предназначен для разработки грунтов II, III и IV категорий. Кроме того, при разработке наносов и заилений, относящихся к I категории, на дне каналов встречались непреодолимые и невидимые для машиниста древесные или каменистые препятствия, приведшие к разрушению перегородок.

Прочностной расчет базового ковша также показал его небольшой запас прочности равный 1,08 (рис. 18, б), по рисунку видны наиболее напряженные участки конструкции ковша, по которым произошли разрушения рабочего органа в процессе испытаний по очистке дна и откосов каналов от наносов, заилений, травянистой и кустарниковой растительности.

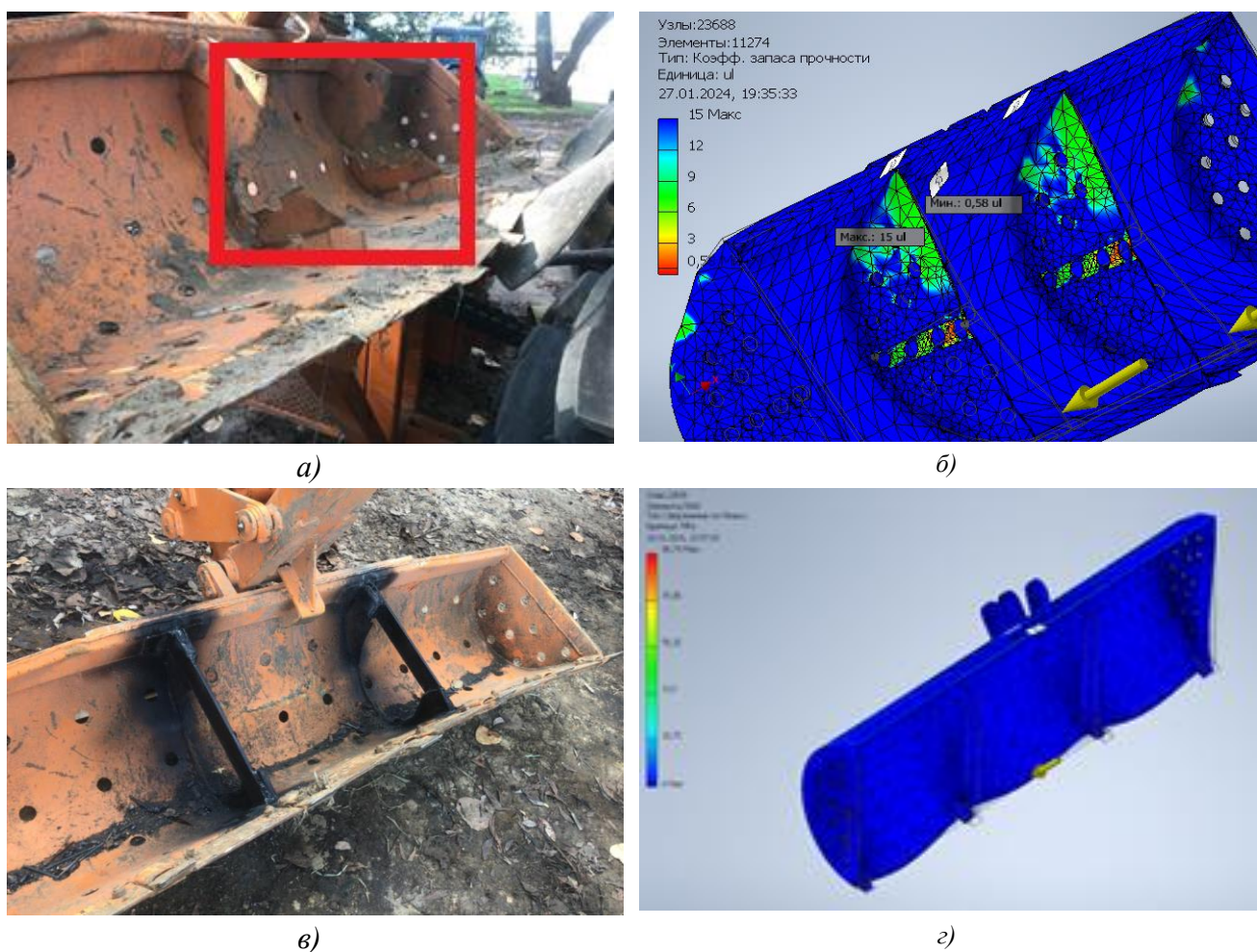


Рисунок 18 – Ковш каналочистителя: а) поломка ребер жесткости ковша каналочистителя ОКН-0,5 в местах сепарационных отверстий; б) усиленный ковш; в) прочностной расчет базового ковша; г) прочностной расчет усиленного модернизированного ковша

Устранение перечисленных недостатков в соответствующей последовательности предлагается осуществить следующими техническими решениями: усиление конструкции ковша сваркой дополнительных перегородок из листов большей толщины без сепарационных отверстий (рис. 18, в); сварка проушин ковша с дополнительным усилением, смещенная на расстояние обеспечивающее выгрузку ковша на оптимальном расстоянии от кромки канала и жесткость конструкции из-за возникающих изгибающих моментов; сварка ограничителя поворота рабочего оборудования на раме по всему периметру; применение гидроцилиндров, штуцеры которых направлены в сторону от колес; применение опорных колес с зацепами для фиксации. Дополнительные перегородки по усилению конструкции предложены на основании прочностного расчета методом конечных элементов, проведенного в системе Inventor Pro для твердотельной модели ковша. Согласно методу, предварительно формируется объемная модель, задается материал конструкции, определяются опорные ограничения, задается нагрузка определенной точке и величины, конструкция разбивается на конечные элементы и проводится расчет. Результатом расчета является файл отчета с таблицами и гистограммами с расчетными параметрами. Одним из главных параметров является запас прочности, который для усиленного ковша с дополнительными перегородками большей толщины составил 2,5 единиц (рис. 18, з).

В пятой главе «Формирование технологии и состава оптимальных комплексов машин для очистки мелиоративных осушительных каналов» дано обоснование создания технологий, конструкций машин для обеспечения качественного функционирования мелиоративной системы. Формирование комплексов каналоочистительных машин осуществляется после определения объемов работ. Планируется последовательность проведения ежегодных эксплуатационно-ремонтных работ, в состав которых входят: очистка дна каналов от заиления и наносов; очистка прилежащих ко дну откосов частей откосов каналов от наносов и заиления; скашивание растительности с откосов, берм и дна каналов; срезка кустарника; удаление скошенной растительности из русла канала; разравнивание кавальеров, профилирование дорог вдоль каналов; нарезка, транспортировка и укладка дерна для крепления откосов; подъемно-транспортные работы при ремонте сооружений; ремонт крепления откосов; ремонт крепления дна каналов. Рассматриваемый в настоящей работе каналоочиститель РР-303М, разработанный на кафедре организации и технологий гидромелиоративных и строительных работ с прямоугольным ковшом, изначально был предназначен для очистки дна закрепленных каналов и на них применение трапецеидального ковша невозможно. При формировании комплексов машин следует иметь в виду, что количество и протяженность каналов с незакрепленным дном составляют значительную часть от всех открытых осушительных каналов, и для таких каналов целесообразно применение ковшей трапецеидального профиля. В состав формируемых комплексов очистных машин могут входить фрезерные каналоочистители Д-490, Д-910, КОБ-1,5, МР-7 и МР-14 на базе трактора тягового класса 3,0 (ДТ-75Б или ВТГ-90), обладающего наиболее совершенной конструкцией и способностью очищать дно каналов глубиной до 2 м. Наилучшее качество работ обеспечивается при комплексном использовании каналоочистителей с пассивными и активными рабочими органами. В такие комплексы

могут входить следующие машины с различными рабочими органами или их модификации: РР-303М, МР-16, МР-7А, ЭМ-202, ПО-2. Их сравнительные характеристики, приведенные в таблице 2, дают представление о границах применения и о технологических возможностях каналоочистителей при очистке каналов с характерными естественно-производственными условиями.

В настоящей работе представлено сравнение двух комплексов машин для проведения очистных, восстановительных и ремонтных работ каналов осушительной и оросительной сетей. В каждом из них имеется ведущая машина, в первом случае это каналоочиститель ОКН-0,5, во втором – каналоочиститель с ковшом на жестких направляющих РР-303М. Очиститель каналов навесной ОКН-0,5 в настоящее время производится компанией ОАО «Амкодор» (Машиностроительная компания, Республика Беларусь). В процессе работы были выявлены и некоторые недостатки, к примеру, опорное колесо гладкого цилиндрического профиля при копании скользило по поверхности грунта, особенно по снежной, что приводило к потере устойчивости. Одним из вариантов решения данной проблемы может быть применение зимних пневматических шин. Исследовательская часть работы каналоочистителя ОКН-0,5 была направлена на определение технико-эксплуатационных показателей машины, прежде всего производительности, которую необходимо было сравнить с аналогичными характеристиками для каналоочистителя с ковшом на жестких направляющих. В результате проведенных экспериментальных исследований определены тяговые усилия, возникающие при копании грунта ковшом каналоочистителя, на основе которых установлены вместимость ковша для очистки дна каналов.

Проведенные экспериментальные исследования дают основания полагать, что каналоочистители с ковшами, перемещающимися по жестким направляющим по оси канала, могут рассматриваться как ведущие машины разных вариантов комплексов машин, применяемых для очистки не только дна, но и прилежащих ко дну откосов каналов осушительных систем.

Теоретические исследования показывают, что разработанные конструкции каналоочистителя с ковшом на жестких направляющих на базе трактора ДТ-75 и новых его модификаций ВТГ-90 и ВТ-100 особенно эффективны при очистке канала с закрепленным дном. Формирование комплекса каналоочистительных машин предусматривает не только очистку дна и откосов, но и перемещение удаленных из русла канала наносов и заилений к месту их утилизации, соответственно комплекс будет содержать бульдозер для сбора наносов в кучи на берме, самосвал для транспортировки и экскаватора для погрузки наносов в кузов самосвала. Для более глубоких каналов были созданы каналоочистители МР-10 на базе гусеничного трактора тягового класса 6,0 и МР-16 на базе болотоходного трактора Т-170Б тягового класса 10,0. Наибольшие значения производительности некоторых каналоочистительных машин достигается при работе машины в условиях наиболее благоприятных для них (табл. 2). Так, для бокового драглайна необходимо, чтобы толщина наносов была не менее 0,15 м, для каналоочистителей МР-16 и МР-7А с активными рабочими органами толщина наносов должна быть уже равной 0,4 м, а для ЭМ-202, наоборот, не превышать 0,2 м. Кроме выполнения условия по толщине наносов,

фрезерные каналочистители при этом требуют обязательного выполнения условия по равенству ширины очищаемого дна и диаметра фрезы, а также наличия воды в канале, но не более 15 см, и отсутствия донной растительности. Каналочиститель ЭМ-202 достигает максимальной производительности, когда его многоковшовый цепной рабочий орган очищает поверхность шириной до 2,0...2,5 м.

При очистке дна канала шириной 0,4; 0,6 или 0,8 м производительность резко снижается. Очиститель откосов каналов с пассивным рабочим органом в виде отвала ПО-2 не получил широкого распространения из-за больших боковых тяговых сопротивлений, возникающих при работе. Анализ существующих технологий очистительных работ на мелиоративных системах.

Важным составляющим в исследовании вопроса очистки каналов является формирование и выбор оптимального (рационального) комплекса каналочистительных машин, которые могут обеспечить выполнение заданных объемов работ при наилучших технико-эксплуатационных показателях. Выбор рационального комплекса напрямую зависит от эксплуатационных и качественных показателей работы отдельных каналочистительных машин, составляющих рассматриваемый комплекс. Формирование новой технологии очистительных работ на осушительных системах связано с технико-эксплуатационными и технико-экономическими показателями существующих каналочистительных машин с предлагаемыми новыми видами рабочих органов и оборудования, а также общестроительных экскаваторов с уширенными ковшами.

Таблица 2. Сравнительные характеристики каналочистителей с разными рабочими органами

Показатели	Марка машины				
	РР-303М	МР-16	МР-7А	ЭМ-202	ПО-2
Максимальная глубина канала, м	3,8	3,0	1,9	2,0	3,8
Максимальная ширина канала по верху, м	8,0	7,0	4,8	5,0	8,0
Максимальная ширина канала по дну при очистке за один проход, м	0,8	0,8	0,7	1,0	-
Максимальная толщина удаляемых наносов при очистке за один проход, см	25	40	40	20	25
Возможность очистки канала без воды	есть	нет	нет	нет	есть
Максимально допустимый уровень воды в канале, см	не ограничен	20	15	20	20
Возможность очистки каналов с донной растительностью	не ограничена	ограничена	ограничена	ограничена	не ограничена
Возможность очистки каналов с донным креплением	не ограничена	нет	нет	нет	не ограничена
Размещение удаленного грунта	на берме	на берме и прилегающей площади			
Пересыпка грунта на откосы канала, %	нет	до 30	до 15	до 5	нет
Подрезание откосов	нет	есть	Есть	есть	есть
Необходимость предварительной очистки дна каналов от посторонних предметов	не требуется	требует предварительной очистки русла			не требуется
Максимальные габариты удаляемых из канала предметов, м	5,5	0,15	0,15	0,18	0,2
Наличие устройства для обеспечения необходимого уклона дна	есть	нет	нет	нет	нет

Учтены предложения ряда институтов о введении в систему машин новых, рекомендуемых к освоению или прошедших испытаний, а также выпускаемых промышленностью технических средств. К примеру, в комплексах для содержания и

ремонта каналов предусмотрено использования таких машин, каналоочиститель МР-14 взамен МР-7А, МР-15 вместо ЭМ-152Б и МР-16, а также каналоочистителей на собственной базе как МР-12А, внутриканального на базе ТО-31 с глубиной очистки до 4 м., на колесном тракторе класса 1,4-2,0 со сменными рабочими органами, на базе универсального манипулятора ЭМ-3340 и т.п.

В комплексах для окашивания и удаления растительности на каналах значительно расширена номенклатура новых технических средств, например косилки-подборщики, дно-окашивающие и фронтальные косилки, агрегат ремонтно-эксплуатационный.

Для контроля качества проведения работ по очистке каналов рекомендуется использовать БПЛА и технологии искусственного интеллекта для выполнения следующих основных задач: геофенсинг (уточнение координат, контуров и протяженности мелиоративных каналов и мелиорируемых площадей); фитосанитарный мониторинг (нахождение и выделение участков каналов и мелиорируемых площадей зараженной и угнетенной растительностью); нахождение участков мелиорируемых площадей, подверженных затоплению и водной эрозии; построение ортофотопланов (карт микрорельефа) мелиоративных каналов; визуальное сопровождение выполнения технологических операций по очистке каналов; мониторинг транспортных перевозок, например, в период удаления наносов, заилений и растительности из каналов; мониторинг состояния гидромелиоративных систем.

На рисунке 19 представлено применение БПЛА для изучения состояния каналов мелиоративной системы Полевой опытной станции и Мичуринского сада РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева.

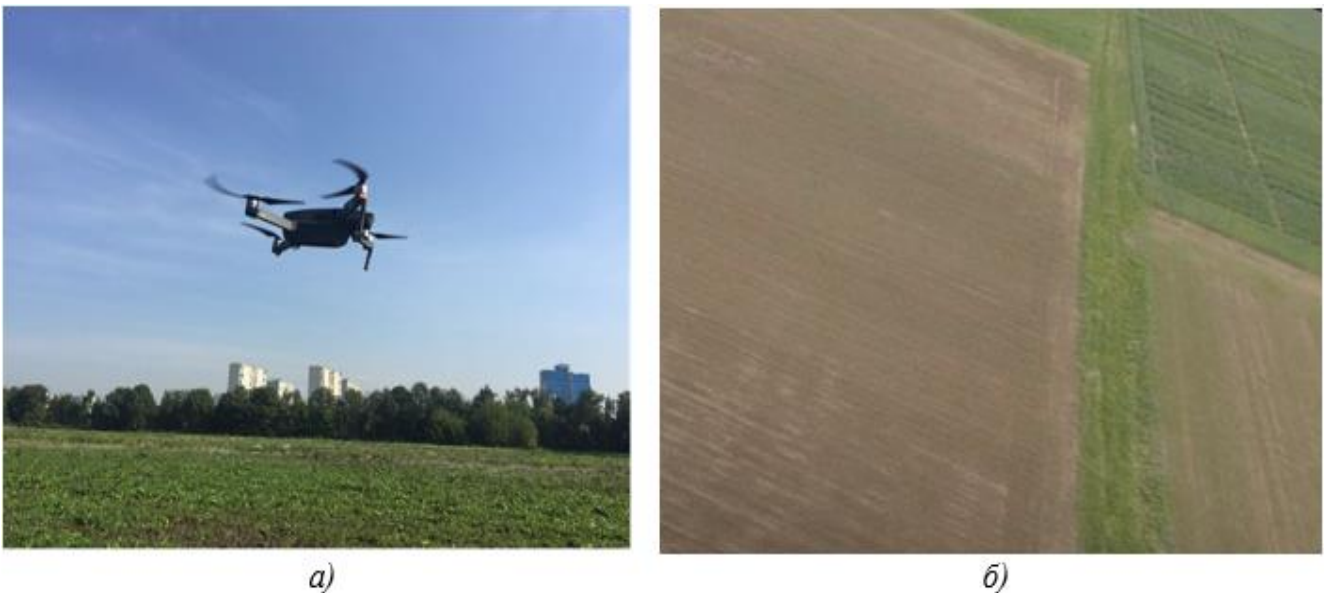


Рисунок 19 – Применение БПЛА: *а)* уточнение координат и контуров полей с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА); *б)* вид заросшего канала с БПЛА до очистки

Технологии сформированы на основе четырех основных задач, решаемых с применением БПЛА в мониторинге каналов АПК: построение цифровой модели высотных отметок всего контура русел осушительных каналов и создание рекомен-

даций по поддержанию проектных геометрических размеров каналов; мультиспектральный мониторинг каналов по всей протяженности позволяет выявить и ликвидировать участки русел обладающие неблагоприятными физическими и химическими свойствами почвы, которые невозможно обнаружить в видимом визуальном спектре (тяжелые глинистые и иловатые, засоленные, с повышенной кислотностью и пр.); моделирование операций по управлению осушительными каналами путем сравнения геометрических данных каналов с проектными значениями и последующего восстановления профилей специальными машинами в целях сохранения оптимальных параметров для нормального функционирования мелиоративной системы; создание трехмерной и двумерной картографической подосновы с точностью данных от 3 см на пиксель каналов для проектных институтов, работающих в области мелиорации и рекультивации земель.

Шестая глава «Оценка экономической эффективности сформированных комплексов каналоочистительных машин для зоны осушения АПК» посвящена оценке экономической эффективности исследований и методике выбора оптимального комплекса для очистки канала. Основные результаты широко апробированы на различных международных научно-технических конференциях, семинарах и в научно-методических публикациях.

Обоснование оптимального состава комплекса машин по очистке и восстановлению каналов связано с технико-эксплуатационными и технико-экономическими характеристиками машин. Процесс очистки каналов можно выполнить мелиоративными машинами, имеющие огромное число разнообразных типов и параметров. Если мелиоративный процесс включается пять операций, где каждая из них может быть выполнена 4 различными машинами, то число комплексов машин для выполнения поставленных целей может составить до $N=4^5 = 1024$ вариаций. Сравнение технико-эксплуатационных показателей комплексов каналоочистительных машин представлено в виде данных энергетических затрат по операциям технологического процесса очистки каналов в виде сетевого графа. Такое сравнение, с использованием алгоритма Дейкстры предназначенного для нахождения кратчайших путей от одной вершины графа до всех остальных, позволит определить оптимальный состав комплекса машин если вместо кратчайших путей использовать наименьшие затраты. На рисунке 20 показан граф с конкретными машинами того или иного комплекса и их технико-эксплуатационными характеристиками.

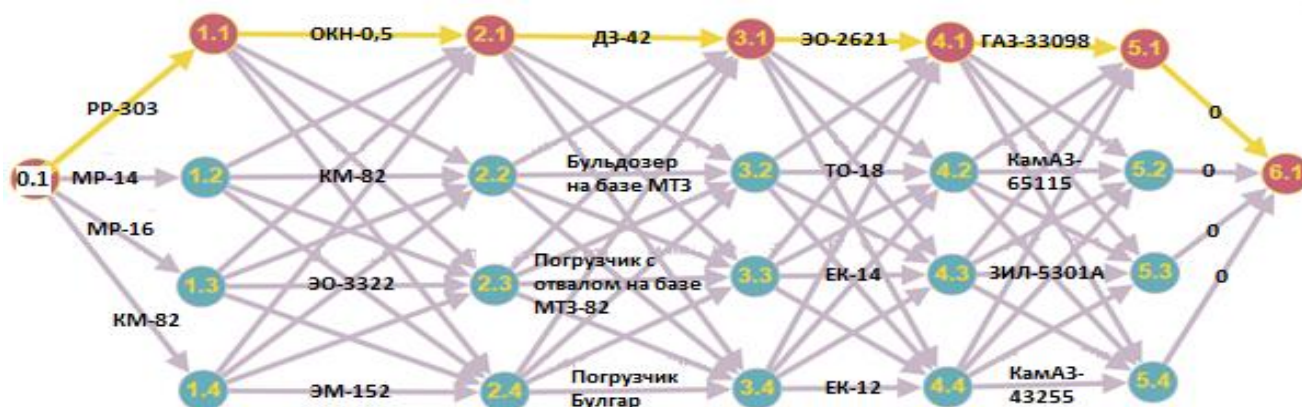


Рисунок 20 - Определение оптимального комплекса каналоочистительных машин из перечня возможных вариантов с помощью алгоритма Дейкстры

Граф сформирован с учетом того, что необходимо провести очистку участка канала протяженностью 1000 м. Начало работ – вершина 1, завершение вершина 2. Для этой задачи можно использовать множество комплексов, однако, в нашей работе мы используем 4 комплекса, которые содержат машины, наиболее соответствующие операциям очистки в восстановлении канала.

В первом варианте содержатся следующие машины: каналоочиститель РР-303М для очистки дна канала; каналоочиститель ОКН-0,5 для очистки откосов канала; бульдозер ДЗ-42 для сбора вынутых из канала наносов, заилений и растительности в кучи; экскаватор ЭО-2621 для погрузки наносов, заилений и растительности в самосвал; самосвал ГАЗ-33098 для транспортировки наносов к месту утилизации. Данный комплекс содержит пять видов машин, хотя в целом комплексы могут содержать большее или меньшее количество машин в зависимости от их универсальности.

К примеру, бульдозер ДЗ-42 или его модернизированную версию, в некоторых случаях можно исключить, поскольку одноковшовый экскаватор ЭО-2621 или каналоочиститель ОКН-0,5 содержат простое и универсальное бульдозерное оборудование для выполнения несложных работ по перемещению волоком грунтов по поверхности бермы. При выполнении механизированной очистки каналов Полевой опытной станции такая возможность ОКН-0,5 была реализована.

Экономически обоснованным показателем при формировании оптимального состава комплекса каналоочистительных машин, обеспечивающих очистку мелиоративного канала определенной протяженности, является минимум приведенных затрат на производство работ.

При сравнении вариантов комплексов машин в качестве наилучшего (оптимального) принимается вариант, позволяющий использовать наиболее распространенные машины и комплексы машин, обеспечивающий выполнение механизированных очистительных работ в сроки, которые согласованы со сроками ввода объекта в эксплуатацию после ремонтно-восстановительных работ или соответствуют нормам продолжительности ремонта.

Кроме того, в рамках настоящей работы сформирована технологическая карта по выполненным работам по очистке и восстановлению осушительных каналов машинами разных типов и типоразмеров с указанием технико-эксплуатационных показателей машин, перечнем выполняемых работ, составом машинно-тракторных агрегатов определенного назначения агротехнических требований и технологическими сроками выполнения (фрагмент технологической карты представлен в табл. 3).

Для сравнительной оценки вариантов механизации по очистке и восстановлению каналов используются такие показатели как: себестоимость и трудоемкость механизированных работ; стоимость используемых производственных фондов; продолжительность выполнения ремонтно-восстановительных работ.

Использование последнего показателя особенно важно при сравнении вариантов комплексной механизации ведущих работ, темп выполнения которых определяет сроки сдачи объекта и ввода его в эксплуатацию.

Таблица 3 – Технологическая карта очистки каналов Полевой опытной станции

Перечень работ	Состав машинно-тракторных агрегатов	Назначение и агротехнические требования	Технологические сроки выполнения
<i>Облет канала БПЛА для мониторинга состояния канала до очистки</i>			
Облет канала	БПЛА Квадрокоптер DJIMavic 3. Камера Hasselblad с сенсором CMOS 4/3 (20 Мп) и телекамерой с сенсором 1/2" CMOS.	Видео и фотосъемка канала	Летний период
Анализ состояния каналов	Компьютер с программным обеспечением PotPlayer 231220	Определение участков канала, требующих очистки и восстановления	После получения информации о состоянии канала
Разработка и принятие проекта по очистке канала, формирование комплекса машин	Каналоочиститель ОКН-0,5 (база – трактор МТЗ-2112), Экскаватор ЭО-2621 (база – трактор МТЗ-82 или ЮМЗ-6Л), бульдозер ДЗ-42 (база – трактор ВТГ-90), фронтальный погрузчик ТО-18; трактор МТЗ-82 с прицепом 2 ПТС-4,5	Очистка канала от наносов, заилений, травянистой, кустарниковой и древесной растительности	После анализа состояния канала
<i>Очистка канала от наносов, заилений, травянистой, кустарниковой и древесной растительности</i>			
Очистка каналов	Каналоочиститель ОКН-0,5 с ковшовым рабочим органом (база- трактор МТЗ-1221)	Очистка дна и откосов от наносов заилений и растительности с их распределением по всей длине канала.	Летний период после разработка и принятие проекта по очистке канала
Сбор наносов и растительности на берме канала	Бульдозер ДЗ-42 (база – гусеничный трактор ВТГ-90)	Сбор наносов и растительности и выравнивание бермы	После очистки русла и разгрузки наносов и растительности на берме
Погрузочные работы	Экскаватор ЭО-2621 (база – трактор МТЗ-82 или ЮМЗ-6Л); погрузчик ТО-18; трактор МТЗ-82.1 с прицепом 2 ПТС-4,5	Очистка бермы от вынутых из русла канала наносов, заилений, растительности и мусора	После сбора наносов и растительности на берме канала
Транспортные работы	Трактор МТЗ-82.1 с прицепом 2 ПТС-4,5	Транспортировка материалов к месту утилизации	Непосредственно после погрузка в прицеп
<i>Контрольный облет канала БПЛА по фиксации состояния канала после очистки и восстановления</i>			
Облет канала	БПЛА Квадрокоптер DJIMavic 3. Камера Hasselblad с сенсором CMOS 4/3 (20 Мп) и телекамерой с сенсором 1/2" CMOS.	Видео и фотосъемка канала	После очистки канала
Анализ состояния каналов	Компьютер с программным обеспечением PotPlayer 231220	Определение качества очистных работ	После оценки канала
Принятие работ	Утверждение сформированного комплекса машин	Оценка качества канала после очистки	После анализа состояния восстановленного канала

Основные результаты внедрены в Ассоциации дилеров сельскохозяйственной техники «АСХОД», г. Москва; ООО «Научно-производственное объединение «Экар», г. Москва, Полевой опытной станции РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева. Созданы базы данных № 2024621209 «Мелиоративные каналоочистительные

машины» и № 2024621207 «Формирование комплексов машин для очистки и восстановления мелиоративных каналов» с государственной регистрацией. Результаты исследований отражены в 2 учебно-методических пособиях по конструкции, расчету и потребительским свойствам технологических машин.

Конструкции рабочих органов каналоочистителей для очистки каналов с учетом физических процессов обеспечения устойчивости откосов, внедрены в учебный процесс и используются в качестве моделей для определения тяговых усилий и качества очистных работ при курсовом и дипломном проектировании, выполнении ВКР студентами профилей подготовки «Механизация и автоматизация гидромелиоративных работ», «Техника и технологии гидромелиоративных работ» и «Технические средства природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях».

Технологический процесс очистки осушительного канала представлен на рисунке 21.



Рисунок 21 – Очистка каналов Полевой опытной станции каналоочистителем ОКН-0,5 с модернизированным ковшом: а) схема участков очищенных каналов; б) каналоочиститель ОКН-0,5 в работе; в) очищенный канал

В качестве ведущих машин в комплексах применяются каналоочиститель ОКН-0,5 на базе пневмоколесного трактора Беларус-1221 и каналоочиститель с ковшом на жестких направляющих РР-303М на базе гусеничного трактора ВТГ-90.

В первом случае (вариант I) в комплекс, кроме каналоочистителя ОКН-0,5М входят бульдозер ДЗ-42 для перемещения наносов, заилений и растительности, и прицепной грейдер СД-105 для планировки откосов канала, бермы и откосов кавальеров, кроме того, возможен ручной труд русловых ремонтников для зачистки и оправки дна канала. Во втором случае (вариант II) в комплекс, кроме ведущей машины - каналоочистителя РР-303М, входит бульдозер ДЗ-42 для перемещения наносов и заилений, вынутых из русла канала в проектные кавальеры. Специальной техники и ручного труда для планировки откосов, и зачистки дна канала не требуется, так как эти операции выполняются ковшом трапецеидального профиля, который способен очищать не только дно, но и части откосов канала, прилежащих ко дну. Расчеты показали, что годовой экономический эффект от применения варианта II с ведущей машиной – каналоочистителем РР-303М составляет: $\mathcal{E}_{\text{год}} = 3091928,96$ руб.; годовая экономия в себестоимости работ составляет: $\mathcal{E}_{\text{себ}} = 1228702,5$ руб.; экономия капитальных вложений: $\mathcal{E}_{\text{кап}} = 15526887,7$ руб.; годовая экономия в затратах труда составит: $\mathcal{E}_{\text{тр}} = 8331,87$ чел.-час.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. В результате литературно-патентного исследования установлено, что качественное функционирование каналов инженерно-осушительных систем связано с очисткой их дна и откосов на проектную глубину с соблюдением требуемого заложения и уклона, а также с обеспечением устойчивости откосов. Определены основные причины нарушения нормального функционирования мелиоративных каналов, в числе которых: заиления, наносы, травянистая и кустарниковая растительность в русле канала, нарушение устойчивости откосов и их деформация.

2. На основании теоретических исследований:

а) выявлены причины нарушения устойчивости откосов, возникновения оползневых явлений на откосах каналов и предложены способы обеспечения их устойчивости с разработкой и учетом поправочного $k_{\text{п}}$ и эксплуатационного $k_{\text{э}}$ коэффициентов, где $k_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент, учитывающий реальные условия состояния откоса с учетом влажности: $k_{\text{п}} = W \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{э}} \cdot f_{\text{г}}$, где W – влажность грунта; $k_{\text{пр}}$ – коэффициент, зависящий от характеристики грунта, для связных грунтов $k_{\text{пр}} = 0,8 \dots 0,9$, для несвязных – $k_{\text{пр}} = 1,2 \dots 1,3$; $f_{\text{г}}$ – коэффициент трения грунта о грунт, $f_{\text{г}} = 0,5 \dots 1,0$; $k_{\text{э}}$ – коэффициент эксплуатации. Значения коэффициента эксплуатации определяются по эмпирической формуле: $k_{\text{э}} = k_{\text{вл}} \cdot k_{\text{пл}} \cdot k_{\text{кат}}$, где $k_{\text{вл}}$ – коэффициент, учитывающий наличие влаги между слоями грунта, $k_{\text{вл}} = 0,7 \dots 1,0$; $k_{\text{пл}}$ – коэффициент, учитывающий плотность грунта $k_{\text{пл}} = 0,7 \dots 1,0$; $k_{\text{кат}}$ – коэффициент, учитывающий категорию грунта, $k_{\text{кат}} = 0,7$ для I категории; $0,8$ – II. Обеспечение устойчивости откосов каналов заключается в соблюдении условия, при котором угол внутреннего трения грунта о грунт (граничных слоев грунта) будет больше угла наклона слоя грунта: $\beta < \varphi$. Приведенный угол трения грунта о грунт определяется в зависимости от типа грунта и его физико-механических свойств: $\varphi = \arctg f$, где f – коэффициент трения грунта о грунт.

б) определены теоретические (расчетные) значения тяговых сопротивлений при работе ковшей каналаочистителя прямоугольного и трапецеидального профилей по формуле $P = P_{\text{коп}} + P_{\text{нап}} + P_{\text{приз}} + P_{\text{тр}}$. Для ковша каналаочистителя РР-303М прямоугольного профиля, предназначенного для очистки закрепленного канала теоретические (расчетные) значения тяговых сопротивлений при разработке грунтов (наносов) I категории и толщине стружки 0,1 м составляют 2800 Н., для ковша трапецеидального профиля значения теоретических тяговых сопротивлений при той же толщине стружки составляют 3500 Н.

3. Проведены экспериментальные исследования:

а) по определению устойчивости откосов каналов от распределенных нагрузок при заложении откосов от 70 до 90° и при влажности от 15 до 18%. Экспериментальные исследования подтверждают теоретические данные, проведенные с учетом поправочного $k_{\text{п}}$ и эксплуатационного $k_{\text{э}}$ коэффициентов, полученных на Большом грунтовом канале лаборатории кафедры ОТГМСР РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева.

б) по определению тяговых усилий при копании грунтов рабочими органами мелиоративных каналаочистителей. Средние значения тяговых усилий для моде-

лей рабочих органов каналоочистителей по результатам экспериментальных исследований находятся в пределах от 0,1 до 0,15 кН. Пересчет средних значений тяговых усилий моделей на рабочие органы в натуральную величину по правилам теории физического моделирования позволил получить значения от 1,5 до 2,5 кН.

4. Сформированы технологии производства очистных работ каналов инженерно-осушительных систем на основе естественно-производственных условий и состояния мелиоративных каналов с применением каналоочистительных комплексов с ведущими машинами РР-303М и ОКН-0,5М, при которых производительность с высоким качеством очистных работ на каналах глубиной до 2,5 и протяженностью 1000 м на 30-40% выше по сравнению с работой каналоочистительных комплексов, представленных в Системе машин для комплексной механизации сельскохозяйственного производства.

5. На основании теоретических и экспериментальных исследований разработаны рациональные конструкции рабочих органов мелиоративных каналоочистителей для более эффективных очистных работ и рекомендации их выпуска в ближайшие годы. На основе теоретических и экспериментальных исследований предложены новые конструкции ковшей каналоочистителей РР-303М и ОКН-0,5М, подтвержденные патентами на изобретение и на полезную модель (патенты на изобретения №2500858, №2578244; патенты на полезные модели №149228, №218348, №219569).

6. Обоснованы и предложены оптимальные (рациональные) по технико-эксплуатационным, технико-экономическим, а также по наименьшим энергетическим показателям комплексы каналоочистительных машин для восстановления канала осушительной сети, в состав которых входят каналоочиститель с ковшом на жестких направляющих, каналоокашивающая машина, мелиоративная косилка, экскаватор на базе пневмоколесного трактора с рабочим оборудованием обратная лопата и бульдозерным отвалом. На основании исследований предложены базы данных (№ 2024621209 «Мелиоративные каналоочистительные машины»; № 2024621207 «Формирование комплексов машин для очистки и восстановления мелиоративных каналов»). Расчеты показывают, что производительность данного комплекса на 15% больше, чем у комплекса с ведущей машиной поперечного копания. Кроме того, машина с прямолинейным движением ковша отличается высоким качеством очистки дна закрепленных каналов.

7. В работе обоснованы и предложены технологии использования БПЛА для исследования, оценки и контроля состояния осушительных каналов сельскохозяйственных полей на основе системы ГЛОНАСС. Для контроля качества проведения работ по очистке каналов рекомендуется использовать БПЛА и технологии искусственного интеллекта для выполнения следующих основных задач: уточнение координат, контуров и протяженности мелиоративных каналов и мелиорируемых площадей; нахождение и выделение участков каналов и мелиорируемых земель растительностью; нахождение участков мелиорируемых площадей, подверженных затоплению и водной эрозии; построение карт микрорельефа мелиоративных каналов; визуальное сопровождение выполнения технологических операций по очистке

каналов; мониторинг транспортных перевозок, например, в период удаления наносов, заиления и растительности из каналов; мониторинг состояния гидромелиоративных систем.

8. Результаты исследований опытных образцов рабочих органов мелиоративных каналоочистителей ОКН-0,5 и РР-303М внедрены в Ассоциации дилеров сельскохозяйственной техники «АСХОД», г. Москва; ООО «Научно-производственное объединение «Экар», г. Москва. Конструкции рабочих органов каналоочистителей для очистки каналов с учетом физических процессов обеспечения устойчивости откосов, внедрены в учебный процесс и используются при выполнении курсовых работ и ВКР студентами профилей подготовки «Механизация и автоматизация гидромелиоративных работ» и «Техника и технологии гидромелиоративных работ».

9. Расчет экономической эффективности внедрения предлагаемых комплексов для очистки мелиоративных каналов, выполненных на основе предварительной замены экономических составляющих энергетическими и последующего обратного пересчета показал наиболее эффективный из предлагаемых вариантов комплекс с ведущей машиной – каналоочистителем РР-303М с годовым экономическим эффектом 3091928,96 руб. Годовая экономия в себестоимости работ от применения варианта II с ведущей машиной – каналоочистителем РР-303М составляет: $\mathcal{E}_{\text{сб}}=1228702,5$ руб., экономия капитальных вложений $\mathcal{E}_{\text{кап}}=15526887,7$ руб., годовая экономия в затратах труда составляет: $\mathcal{E}_{\text{тр}}=8331,87$ чел.-час.

Рекомендации и перспективы дальнейшей разработки темы

Результаты исследования могут быть использованы при эксплуатации, очистке и ремонте мелиоративных каналов как осушительной, так и оросительной сети, а также в учебном процессе при изучении конструкций и комплексов каналоочистительных машин. В соответствии с предложенными в работе техническими решениями по очистке, восстановлению мелиоративных каналов рабочими органами каналоочистительных машин и по обеспечению устойчивости откосов каналов следует рассмотреть возможность предотвращения или снижения появления наносов, заиления и растительности в русле каналов, а также исключение нарушения устойчивости откосов применением новых технических решений.

Результаты исследований и практические рекомендации опубликованы в 170 научной работе, в том числе 20 в ведущих рецензируемых научных журналах из перечня, рекомендованного ВАК Минобрнауки РФ, конструкторские решения реализованы в 5 патентах на изобретения и полезные модели, формирование комплексов машин осуществляется на основании 2 зарегистрированных баз данных.

Основные результаты диссертации опубликованы в следующих работах:

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. **Абдулмажидов, Х.А.** Совершенствование рабочего оборудования каналоочистителя РР-303 / Х.А. Абдулмажидов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. 2011. № 2 (47). – С. 58–60.
2. **Абдулмажидов, Х.А.** Характеристики изменения размеров осушительных каналов / Х.А. Абдулмажидов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. 2013. № 1 (57). – С. 54–57.
3. **Абдулмажидов, Х.А.** Обоснование геометрических параметров ковшей каналоочистителя / Х.А. Абдулмажидов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. 2013. № 2 (58). – С. 30–33.
4. **Абдулмажидов, Х.А.** Комплексное применение каналоочистительных машин / Х.А. Абдулмажидов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. 2013. № 3 (59). – С. 28–32.
5. **Абдулмажидов, Х.А.** Исследования износа рабочих элементов машин и технологического оборудования // Б. Н. Орлов, М. А. Карапетян, Х.А. Абдулмажидов // Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 2. – С. 36–38.

- 6. Абдулмажидов, Х.А.** Комплексное проектирование и прочностные расчеты конструкций машин природообустройства в системе Inventor Pro / Х.А. Абдулмажидов, А. С. Матвеев // Вестник ФГОУ МГАУ имени В.П. Горячкина. 2016. № 2(72). – С.40-46.
- 7. Абдулмажидов, Х.А.** Очистка мелиоративных каналов от наносов, заиления и растительности / Х.А. Абдулмажидов, М. А. Карапетян // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. 2016. № 5 (75). – С. 13–17.
- 8. Абдулмажидов, Х.А.** Конструктивные особенности и расчет производительности каналаочистителя с ковшем на жесткой направляющей / Х.А. Абдулмажидов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. 2017. №2(78). – С.21–25.
- 9. Абдулмажидов, Х.А.** Уточненные прочностные расчеты рабочих органов машин природообустройства в системе Inventor Pro / Х.А. Абдулмажидов, А.С. Матвеев // Международный технико-экономический журнал. 2018. №3. – С.7–14.
- 10. Абдулмажидов, Х.А.** Экспериментальные исследования физической модели рабочего органа двухуровневого глубоководного очистителя / Н.К. Теловов, Х.А. Абдулмажидов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. 2019. № 3 (91). – С. 22–27.
- 11. Абдулмажидов, Х.А.** Исследование факторов, влияющих на устойчивость каналаочистителя с ковшем на жестких направляющих / Х.А. Абдулмажидов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ имени В.П. Горячкина. 2020. №1(95). – С.35–40.
- 12. Абдулмажидов, Х.А.** Анализ напряженного состояния при разработке новых конструкций рабочего оборудования строительных и мелиоративных машин / Х.А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов, Н. Б. Мартынова // Наука в центральной России. 2021. № 3 (51). – С. 78–87.
- 13. Абдулмажидов, Х.А.** Выбор оптимального состава комплекса машин для очистки осушительного канала мелиоративной сети / Х.А. Абдулмажидов // Известия Нижневолжского АК: Наука и ВПО. 2022. № 1 (65). – С. 391–399.
- 14. Абдулмажидов, Х.А.** Восстановление осушительных каналов мелиоративных систем каналаочистителем с продольным по оси канала движением ковша на жестких направляющих / Х.А. Абдулмажидов // Известия Нижневолжского АК: Наука и ВПО. 2023. № 1 (69). – С. 491–499.
- 15. Абдулмажидов, Х.А.** Разработка сменного ковшового рабочего органа с дополнительным захватом для мелиоративного каналаочистителя ОКН-0,5 / Х. А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов, М. В. Карпов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2023. Т. 17. № 3. – С. 54–60.
- 16. Абдулмажидов, Х. А.** Разработка новых рабочих органов мелиоративных каналаочистителей для зоны осушения / Х. А. Абдулмажидов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. 2023. Т. 15. № 2. – С. 76–81.
- 17. Абдулмажидов, Х.А.** Модернизация мелиоративного каналаочистителя РР-303 для зоны осушения / С. К. Тойгамбаев, Х. А. Абдулмажидов // Международный технический журнал. 2024. – № 1. – С. 36–43.
- 18. Абдулмажидов, Х.А.** Выбор типов рабочих органов мелиоративных машин для очистки каналов / С. К. Тойгамбаев, Х. А. Абдулмажидов // Сельский механизатор. 2024. – № 6. – С. 28–30.
- 19. Абдулмажидов, Х.А.** Прочностные расчеты элементов рабочего оборудования каналаочистителей / С. К. Тойгамбаев, Х. А. Абдулмажидов // Сельский механизатор. 2024. – № 7. – С. 37–39.
- 20. Абдулмажидов, Х.А.** Анализ напряженного состояния элементов машин для очистки мелиоративных каналов / С. К. Тойгамбаев, Х. А. Абдулмажидов // Международный технический журнал. – 2024. – № 2. – С. 33–39.

Патенты на изобретения и полезные модели:

- 21. Патент № 2500858 С1** Российская Федерация, МПК E02F 3/48. Ковш каналаочистителя: № 2012124558/03: заявл. 15.06.2012; опубл. 10.12.2013 / Х. А. Абдулмажидов; заявитель ФГБОУ ВПО МГУП.
- 22. Патент на полезную модель № 149228 U1** Российская Федерация, МПК E02F 3/48. ковш каналаочистителя: № 2013146168/03: заявл. 16.10.2013; опубл. 27.12.2014 / Х. А. Абдулмажидов; заявитель ФГБОУ ВПО "РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева".
- 23. Патент № 2578244 С2** Российская Федерация, МПК E02F 3/48. ковш каналаочистителя двустороннего действия: № 2014105892/03: заявл. 19.02.2014; опубл. 27.03.2016 / Х. А. Абдулмажидов; заявитель ФГБОУ ВПО МГУП.
- 24. Патент на полезную модель № 218348 U1** Российская Федерация, МПК E02F 5/02. Рабочий орган для очистки закрепленного дна мелиоративных каналов: № 2023103994: заявл. 21.02.2023; опубл. 23.05.2023 / Х. А. Абдулмажидов; заявитель ФГБОУ ВО "РГАУ- МСХА имени К. А. Тимирязева".
- 25. Патент на полезную модель № 219569 U1** Российская Федерация, МПК E02F 5/28. Рабочий орган для очистки закрепленного дна мелиоративных каналов: № 2023110263: заявл. 21.04.2023; опубл. 25.05.2023 / Х. А. Абдулмажидов; заявитель ФГБОУ ВО "РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева".

Свидетельства о регистрации баз данных

- 26. Абдулмажидов, Х.А.** Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024621209 Российская Федерация. Мелиоративные каналаочистительные машины: № 2024620815: заявл. 11.03.2024; опубл. 20.03.2024 / Х.А. Абдулмажидов, Ю. Г. Безбородов, В. И. Балабанов, Л. А. Журавлева., Н. Б. Мартынова.
- 27. Абдулмажидов, Х.А.** Свидетельство о государственной регистрации базы данных № 2024621207 Российская Федерация. Формирование комплексов машин для очистки и восстановления мелиоративных каналов: № 2024620814: заявл. 11.03.2024; опубл. 20.03.2024 / Х.А. Абдулмажидов.

Коллективная монография:

- 28. Абдулмажидов, Х.А.** Гидромелиорация земель и водное хозяйство / Х. А. Абдулмажидов, Н. А. Александров, М. С. Али [и др.]. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Мегаполис", 2022. – 358 с.

Публикации в изданиях МБД Scopus и Web of Science:

- 29. Abdulmazhidov Kh.** Analysis of the reclamation canal condition and cleaning methods. 1st International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems” (ITEEA 2021). 2021 E3S Web of Conferences 262, 01001.
- 30. Abdulmazhidov Kh.** Analysis of drainage canal defects and review of canal cleaner designs. 1st International Scientific and Practical Conference “Innovative Technologies in Environmental Engineering and Agroecosystems” (ITEEA 2021). 2021 E3S Web of Conferences 262, 01002.
- 31. Abdulmazhidov Kh.** Analysis of anthropogenic impact on the environment, measures to reduce it, and waste management / N. A. Eremeeva, O. A. Savoskina, L. M. Poddymkina [et al.] // *Frontiers in Bioengineering and Biotechnology*. – 2023. – Vol. 11. – DOI 10.3389/fbioe.2023.1114422.
- 32. Abdulmazhidov Kh.** Cleaning of meliorative channels using various types of work equipment machines. Kh. A. Abdulmazhidov, N. K. Telovov and K. Shavazov. Ltd IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volume 1231, International Conference on Agricultural Engineering and Green Infrastructure Solutions 28.03.2023-30.03.2023 Tashkent, Uzbekistan.

Публикации в рецензируемых научных изданиях:

- 33. Абдулмажидов, Х.А.** Аналитическая модель системы управления скоростью движения ковша каналоочистительной машины / Х.А. Абдулмажидов, Н. А. Мочунова // *Строительные и дорожные машины*. 2014. № 9. – С.13-15.
- 34. Абдулмажидов, Х.А.** Теоретическое исследование динамики рабочего органа каналоочистителя РР-303 / М. А. Карапетян, Х.А. Абдулмажидов // *Природообустройство*. 2015. № 2. – С. 78–80.
- 35. Абдулмажидов, Х.А.** Разработка рабочего оборудования крана на базе трактора МТЗ-82 / С.К. Тойгамбаев, Х.А. Абдулмажидов, Д.К. Байдебеков // *Естественные и технические науки*. 2019. № 7. – С. 206–210.
- 36. Абдулмажидов, Х. А.** Принципы оптимизации состава комплекса машин для очистки и восстановления мелиоративных каналов / Х. А. Абдулмажидов // *Овощи России*. – 2022. – № 3. – С. 94–97.
- 37. Абдулмажидов, Х. А.** Использование теории графов при формировании оптимальных комплексов мелиоративных каналоочистительных машин / Х. А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов, Н. Б. Мартынова // *Мелиорация и гидротехника*. – 2022. – Т. 12. – № 4. – С. 169–185.
- 38. Абдулмажидов, Х.А.** Подготовка специалистов-мелиораторов в РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева / Д.М. Бенин, Х.А. Абдулмажидов // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2022. – № 5. – С. 4–6.
- 39. Абдулмажидов, Х.А.** Экспериментальные исследования модели ковша мелиоративного каналоочистителя РР-303 для зоны осушения / Х.А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов, Н. Б. Мартынова, А. А. Макаров // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2022. – № 5. – С. 20–25.
- 40. Абдулмажидов, Х. А.** Зависимость производительности мелиоративного каналоочистителя с жесткими направляющими от возможностей сменных ковшовых рабочих органов / Х. А. Абдулмажидов // *Овощи России*. – 2022. – № 6. – С. 125–129.
- 41. Абдулмажидов, Х.А.** Обоснование конструкции рабочего органа рыхлителя объемного типа для улучшения агрофизических свойств почвы / В. И. Балабанов, Ю. П. Леонтьев, А. А. Макаров, Н. Б. Мартынова, Х. А. Абдулмажидов // *Мелиорация и водное хозяйство*. – 2023. – №2. – С. 11–15.
- 42. Абдулмажидов, Х. А.** Очистка каналов мелиоративных систем с помощью машин с различными видами сменного рабочего оборудования / Х. А. Абдулмажидов // *Овощи России*. – 2023. – № 2. – С. 91–96.
- 43. Абдулмажидов, Х.А.** Разработка сменных рабочих органов мелиоративного каналоочистителя ОКН-0,5/Х.А. Абдулмажидов, В.И.Балабанов, Н.Б. Мартынова, А.А. Макаров//*Мелиорация и водное хозяйство*.–2023.– №6.–С.40–43.

Учебники:

- 44. Абдулмажидов, Х.А.** Организация технологических процессов при строительстве, эксплуатации и реконструкции строительных объектов: учебник / Т. Г. Русанова, Х.А. Абдулмажидов // [Текст]-М.: ИЦ Академия,2015.– 352с.
- 45. Абдулмажидов, Х. А.** Машины для строительства и эксплуатации гидромелиоративных систем: учебник/ В. И. Балабанов, Н. К. Усманов, И.Ж. Худаев, Н. Б. Мартынова, Х.А. Абдулмажидов // [Текст] // Издательство (ТИИИМСХ) Ташкент, 2023. – 278 с.

Учебные пособия:

- 46. Абдулмажидов, Х.А.** Трехмерное моделирование элементов машин природообустройства: учеб. пособие [Текст] / Х.А. Абдулмажидов // - М.: ФГБОУ ВПО МГУП, 2012. -122 с. ISBN 978-5-89231-374-2.
- 47. Абдулмажидов, Х.А.** Теория и методика расчёта параметров строительных и мелиоративных машин: учеб. пособие / В. И. Балабанов., А. Ли, Н. Б. Мартынова, И.Ж. Худаев, Х.А. Абдулмажидов, О.Р. Куйчиев [Текст] // Издательство (ТИИИМСХ) Ташкент, 2020.
- 48. Абдулмажидов, Х.А.** Планирование и организация эксперимента / В. И. Балабанов, А. Ли, Н. Б. Мартынова, З. Шарипов, Абдулмажидов Х.А., [и др.]. – Ташкент: Бухарский институт управления природными ресурсами Национального исследовательского университета (ТИИИМСХ), 2021. – 120 с.

Учебно-методические пособия:

- 49. Абдулмажидов, Х.А.** Основы работы в графическом редакторе «AutoCAD»: учеб.-метод. пособие [Текст] / Х.А.Абдулмажидов // - М.: ФГБОУ ВПО МГУП, 2012. Ч.1.Основы проектирования в плоскости. – 62 с.
- 50. Абдулмажидов, Х.А.** Основы работы в графическом редакторе «AutoCAD»: учеб.-метод. пособие [Текст] / Х.А. Абдулмажидов // - М.: ФГБОУ ВПО МГУП, 2012. – Ч.2. Черчение, редактирование и сборка элементов узла машины для природообустройства. – 83 с.

- 51. Абдулмажидов, Х.А.** Основы проектирования элементов машин природообустройства с применением языка AutoLISP в системе AutoCAD: учеб.-метод. пособие [Текст]/Х.А.Абдулмажидов//М.:ФГБОУ ВПО МГУП, 2012.–136с.
- 52. Абдулмажидов, Х.А.** Статический расчет технологических машин природообустройства: учеб.-метод. пособие / В.И. Поддубный, Х.А. Абдулмажидов [Текст] // - М.: ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова, 2019. – 35 с.
- 53. Абдулмажидов, Х.А.** Расчет машин и оборудования природообустройства: учеб.-метод. пособие. / Н. Б. Мартынова, Х.А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов [Текст] // Редакция журнала «Механизация и электрификация сельского хозяйства», Москва, 2020. – 86 с.
- 54. Абдулмажидов, Х. А.** Машины и оборудование для производства культуртехнических работ: Учебно-методическое пособие / Н. Б. Мартынова, В. И. Балабанов, Х. А. Абдулмажидов //–Москва: Изд-во "Перо", 2021. – 84 с.
- 55. Абдулмажидов, Х. А.** Машины для очистки каналов на мелиоративных системах: учеб.-метод. пособие / Н. Б. Мартынова, В. И. Балабанов., Х.А. Абдулмажидов [Текст] // - М.: Изд-во "Знание-М", 2022. – 86 с.
- Статьи в изданиях РИНЦ и материалы конференций:**
- 56. Абдулмажидов, Х. А.** Повышение эффективности работы ковша каналоочистителя РР-303 / Х. А. Абдулмажидов // Экологические проблемы водного хозяйства и мелиорации: Материалы НТК, –Москва: МГУП, 2000. – С. 130–131.
- 57. Абдулмажидов, Х. А.** Вопросы оптимизации структуры парков машин в строительных, водохозяйственных организациях / Х. А. Абдулмажидов, Н. И. Юрченко // Экологические проблемы водного хозяйства и мелиорации: Материалы НТК, Москва, 18–21 апреля 2000 года. – Москва: МГУП, 2000. – С. 143–144.
- 58. Абдулмажидов, Х. А.** Исследование рабочего органа каналоочистителя РР-303 / Х. А. Абдулмажидов // Природообустройство и рациональное природопользование - необходимые условия социально-экономического развития России: Сборник научных трудов, Том Часть 1. – Москва: МГУП, 2005. – С. 411–414.
- 59. Абдулмажидов, Х. А.** Основы выполнения прочностных расчетов деталей машин методом конечных элементов / Х. А. Абдулмажидов // Роль мелиорации и водного хозяйства в реализации национальных проектов: Материалы МНПК, Москва, 10–14 апреля 2008 года. Том Часть II. – Москва: МГУП, 2008. – С. 208–210.
- 60. Абдулмажидов, Х. А.** Использование каналоочистителя РР-303 при очистке дна осушительных каналов / Х. А. Абдулмажидов // Социально-экономические и экологические проблемы сельского и водного хозяйства: Материалы МНПК, – Москва: МГУП, 2010. – С. 3–9.
- 61. Абдулмажидов, Х. А.** Общие характеристики осушительных каналов, требующих комплексного использования каналоочистительных машин / Х. А. Абдулмажидов // Социально-экономические и экологические проблемы сельского и водного хозяйства: Материалы МНПК. – Москва: МГУП, 2010. – С. 9–13.
- 62. Абдулмажидов, Х. А.** Конструктивные особенности каналов и технологические возможности каналоочистителя с ковшом на жесткой направляющей / Х. А. Абдулмажидов // Роль мелиорации водного хозяйства в инновационном развитии АПК Материалы МНПК. Том Часть VII. – Москва: МГУП, 2012. – С. 3–12.
- 63. Абдулмажидов, Х. А.** Обоснование действий, направленных на усовершенствование рабочего органа каналоочистителя РР-303 / Б. Н. Орлов, Х. А. Абдулмажидов // Транспорт, логистика, природопользование - 2013: материалы МНПК, / Ереван: Ассоциация Арменпак, 2013. – С. 107–113.
- 64. Абдулмажидов, Х. А.** Исследования влияния геометрических параметров рабочих элементов машин и оборудования природообустройства на величину их износа / М. А. Карапетян, Х. А. Абдулмажидов, Л. Б. Санджиев // Транспорт, логистика, природопользование - 2013: материалы МНПК. – Ереван: Ассоциация Арменпак, 2013. – С. 71–77.
- 65. Абдулмажидов, Х. А.** Конструкционные особенности каналов и технологические возможности каналоочистителя с ковшом на жесткой направляющей / Х. А. Абдулмажидов // Транспорт, логистика, природопользование - 2013: материалы МНПК. – Ереван: Ассоциация Арменпак, 2013. – С. 99–106.
- 66. Абдулмажидов, Х. А.** Комплексное проектирование и исследование элементов машин природообустройства в системе IVENTOR PRO/Абдулмажидов Х.А.//Вестник МОАЭБиП. Выпуск №16 (23). 2013. –М.: Изд-во «Спутник+».
- 67. Абдулмажидов, Х. А.** Формирование комплексов каналоочистительных машин на основе требований к осушительным каналам / Х.А. Абдулмажидов Х.А.// Вестник МОАЭБиП. Выпуск №16 (23). 2013. –М.: Изд-во «Спутник+».
- 68. Абдулмажидов, Х. А.** Сравнительные характеристики каналоочистителей с пассивными и активными рабочими органами / Х. А. Абдулмажидов // Проблемы комплексного обустройства техноприродных систем: Материалы МНПК, Москва, 16–18 апреля 2013 года. Том Часть VI. – Москва: ФГБОУ ВПО "МГУП", 2013. – С. 13–23.
- 69. Абдулмажидов, Х. А.** Применение программы Inventor Pro при выполнении курсовых и дипломных проектов / Х. А. Абдулмажидов // Проблемы комплексного обустройства техноприродных систем: Материалы МНПК Часть VI. – Москва: ФГБОУ ВПО "МГУП", 2013. – С. 4–12.
- 70. Абдулмажидов, Х. А.** Теоретическое исследование динамики рабочего органа каналоочистителя РР-303 / Х.А. Абдулмажидов / Вестник МОАЭБиП. Выпуск №17 (24). 2014. –М.: Издательство «Спутник+».
- 71. Абдулмажидов, Х. А.** Экспериментальные исследования работы модели ковша каналоочистителя / Х. А. Абдулмажидов // Логистика, транспорт, природообустройство - 2014: Материалы МНПК. Ереван: Ассоциация Арменпак, 2014. – С. 89–95.
- 72. Абдулмажидов, Х. А.** Обработка данных экспериментальных исследований модели ковша каналоочистителя / Х. А. Абдулмажидов, Н. К. Теловов // Логистика, транспорт, природообустройство - 2014: Материалы МНПК. – Ереван: Ассоциация Арменпак, 2014. – С. 95–102.
- 73. Абдулмажидов, Х. А.** Применение каналоочистителей с различными рабочими органами для очистки дна каналов осушительной сети / Х. А. Абдулмажидов, Н. К. Теловов // Комплексные мелиорации - средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель: ММНПК, ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова». 2014. – С. 264–269.

74. **Абдулмажидов, Х. А.** Способы повышения устойчивости колесных машин при работе на склонах / Х.А. Абдулмажидов, Н. А. Мочунова // Вестник МОАЭБиП. Выпуск №18 (25). 2014. – М.: Изд-во «Спутник+».
75. **Абдулмажидов, Х. А.** Комплексное применение каналоочистительных машин на основе требований к осушительным каналам / Х.А. Абдулмажидов, И. Н. Максимов // Материалы НТСК «Роль молодых ученых Обеспечении продовольственной и экологической безопасности России». – М.: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева. 2014–368 с.
76. **Абдулмажидов, Х. А.** Комбинированное орудие для глубокого рыхления почвы с нанесением удобрений / Н.К. Теловов, Х.А. Абдулмажидов // Вестник МОАЭБиП. Выпуск №18 (25). 2014. – М.: Издательство «Спутник+».
77. **Абдулмажидов, Х. А.** Комбинированное орудие для глубокого рыхления почв / Н.К. Теловов, Х.А. Абдулмажидов, В.А. Шмонин, МНПК. ФГБНУ ВНИИГиМ им. А. Н. Костякова. Москва, 2014. – С. 328–331
78. **Абдулмажидов, Х. А.** Динамика качения колеса трактора при переменной вертикальной нагрузке / А. К. Тургиев, Х. А. Абдулмажидов // Логистика, транспорт, природообустройство - 2015: ММНПК. – Ереван, 2015. – С. 127–132.
79. **Абдулмажидов, Х. А.** Очистка осушительных каналов от наносов / Х. А. Абдулмажидов // Наземные транспортно-технологические комплексы и средства: ММНПК – Тюмень: ТГНГУ, 2015. – С. 18–24.
80. **Абдулмажидов, Х. А.** Экспериментальные исследования нового рабочего органа каналоочистителя PP-303 / Х. А. Абдулмажидов // Доклады ТСХА, 02.12.2014 года. В.287, Том II, Часть I. – М.: Грин Эра 2, 2015. – С. 146–150.
81. **Абдулмажидов, Х. А.** Характеристики и состояние каналов осушительных систем, требующих применения комплексов каналоочистительных машин / Х. А. Абдулмажидов // Доклады ТСХА: Сборник статей, Москва, 01 января – 31 2015 года. Том Выпуск 288, Часть II. – Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. – С. 242–246.
82. **Абдулмажидов, Х. А.** Использование каналоочистителей с различными рабочими органами для очистки дна каналов при двойном регулировании систем осушения / Х. А. Абдулмажидов // Техногенная и природная безопасность: материалы IV ВНИПК, 19.04.2017 г./ СГАУ имени Н. И. Вавилова. – Саратов: ООО "Амирит", 2017. – С. 162–169.
83. **Абдулмажидов, Х. А.** Выбор и обоснование комплексов машин для очистки осушительных каналов на основе мелиоративных требований / Х. А. Абдулмажидов // НТТКиС: ММНПК. – Тюмень: ТИУ, 2017. – С. 17–21.
84. **Абдулмажидов, Х. А.** Обоснование параметров двухступенчатого рыхлителя для глубокой обработки почвы / Н. К. Теловов, Х. А. Абдулмажидов // Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК: ММНПК, Москва, 05–06 октября 2017 года / – Москва: ВНИИГиМ имени А. Н. Костякова, 2017. – С. 368–375.
85. **Абдулмажидов, Х. А.** Выбор оптимальных комплексов машин для восстановления функционирования осушительных каналов мелиоративных систем / Х. А. Абдулмажидов // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. – 2017. – № 2(14). – С. 10.
86. **Абдулмажидов, Х. А.** Особенности типоразмеров осушительных каналов и технологические возможности каналоочистителя с ковшем на жесткой направляющей / Х. А. Абдулмажидов // Аэкономика: экономика и сельское хозяйство. – 2017. – № 4(16). – С. 3.
87. **Абдулмажидов, Х. А.** Комплектование машин для очистки осушительных каналов на основе их геометрических параметров / Х. А. Абдулмажидов // Агроинженерная наука XXI в.: НТРНПК, – Казань: КГАУ, 2018. – С.4–8.
88. **Абдулмажидов, Х. А.** Расчет баланса мощности мелиоративного дренажного устройства / Х. А. Абдулмажидов // Актуальные проблемы агроинженерии и пути их решения. – Майский: БГАУ имени В. Я. Горина, 2018. – С. 13–17.
89. **Абдулмажидов, Х. А.** Применение комплексов машин для очистки осушительных каналов / Х. А. Абдулмажидов // НТТКиС: Материалы МНПК, Тюмень, 01 февраля 2018 года / Тюмень: ТИУ, 2018. – С. 17–21.
90. **Абдулмажидов, Х. А.** Мелиоративные системы, как фактор повышения социально-экономической эффективности использования земельных ресурсов / Х. А. Абдулмажидов // Социально-экономическая эффективность использования земельных ресурсов в аграрной сфере экономики РБ: Сб.ст.ВНИПК/БГАУ. – Уфа: Изд-во "МП", 2018. – С. 227–230.
91. **Абдулмажидов, Х. А.** Модернизация ковша мелиоративного каналоочистителя / Х. А. Абдулмажидов // Актуальные проблемы агроинженерии и пути их решения. – Майский: БГАУ имени В. Я. Горина, 2018. – С. 27–31.
92. **Абдулмажидов, Х. А.** Формирование оптимального состава комплекса машин на основе требований по содержанию мелиоративных каналов и технико-эксплуатационных показателей каналоочистителя / Х. А. Абдулмажидов // Инновации в природообустройстве и ЗЧС: Материалы IV МНПК. СГАУ им. Н. И. Вавилова, 2018. – С. 34–37.
93. **Абдулмажидов, Х. А.** Использование программы Inventor Pro при конструировании элементов машин природообустройства / Х. А. Абдулмажидов // Актуальные проблемы агроинженерии в XXI веке: Материалы МНПК, Майский, 24 января 2018 года / – Майский: БГАУ имени В. Я. Горина, 2018. – С. 3–7.
94. **Абдулмажидов, Х. А.** Расчет элементов машин природообустройства на прочность в программе Inventor Pro / Х. А. Абдулмажидов, Р. А. Абдулмажидов // Научно-образовательные и прикладные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: Сборник материалов МНПК, – Чебоксары: ЧГСА, 2018. – С. 385–390.
95. **Абдулмажидов, Х. А.** Восстановление уплотненных почв с целью повышения их плодородия в зоне орошения / Х. А. Абдулмажидов, Н. К. Теловов // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: Сборник III ВНИПК, Новосибирск, 20 декабря 2018 года. – Новосибирск: НГАУ, 2018. – С. 539–542.
96. **Абдулмажидов, Х. А.** Формирование динамических нагрузок в системах привода рабочих органов технологических машин / Х. А. Абдулмажидов, Р. А. Абдулмажидов // Роль аграрной науки в устойчивом развитии сельских территорий: Сборник III ВНИПК, Новосибирск, 20 декабря 2018 года. – Новосибирск: НГАУ, 2018. – С. 542–545.
97. **Абдулмажидов, Х. А.** Обоснование выбора оптимальных технологических комплексов машин для очистки осушительных каналов мелиоративных систем. / Х. А. Абдулмажидов // Агроэкологические и экономические аспекты применения средств химизации в условиях биологизации и экологизации сельскохозяйственного производства: Материалы 52-й МНК, – Москва: ВНИИА имени Д. Н. Прянишникова, 2018. – С. 4–6.

- 98. Абдулмажидов, Х.А.** Проектирование элементов машин природообустройства в программе Inventor Pro / Х.А. Абдулмажидов // В сборнике: Развитие социального и научно-технического потенциала общества. Сборник статей МНПК. М.: 2018. – С. 869–875.
- 99. Абдулмажидов, Х.А.** Выбор и обоснование комплексов машин для очистки осушительных каналов на основе их технико-эксплуатационных показателей / Абдулмажидов Х.А. // В сборнике: Доклады ТСХА. ММНК. 2018. – С. 67–69.
- 100. Абдулмажидов, Х.А.** Проектирование и расчет вала в системе Inventor Pro / Х.А. Абдулмажидов // В сборнике: Актуальные вопросы в науке и практике. Сборник статей по материалам V МНПК. Самара - 2018. – С. 61–66.
- 101. Абдулмажидов, Х.А.** Фрактальная оценка результатов прочностного расчета деталей машин / Х.А. Абдулмажидов // В сборнике: Актуальные вопросы в науке и практике. Сб. статей по V МНПК. Самара - 2018. – С. 66–72.
- 102. Абдулмажидов, Х. А.** Тестовый контроль как средство обеспечивающее высокое качество подготовки студентов / Х.А. Абдулмажидов // Актуальные вопросы в науке и практике. Сборник статей V МНПК: 2018. – С. 161–166.
- 103. Абдулмажидов, Х. А.** Обработка и анализ результатов тестового контроля подготовки студентов / Х.А. Абдулмажидов // Перспективы развития науки в современном мире. Сборник статей V МНПК: 2018. – С. 75–81.
- 104. Абдулмажидов, Х. А.** Статический расчет каналоочистителя PP-303 / Х. А. Абдулмажидов // Актуальные вопросы в науке и практике: Сборник статей по материалам V МНПК: / Самара: ООО Дендра, 2018. – С. 158–163.
- 105. Абдулмажидов, Х. А.** О микроклимате на рабочих местах / Х.А. Абдулмажидов // Охрана и экономика труда. 2018. №2(31). – С. 69–73.
- 106. Абдулмажидов, Х.А.** Уточненный прочностной расчет элементов машин методом конечных элементов в системе Inventor Pro / Х.А. Абдулмажидов // ТРНиО. 2018. № 39–3. – С. 27–30.
- 107. Абдулмажидов, Х.А.** Основные задачи и последовательность расчета баланса мощности мелиоративных машин / Х.А. Абдулмажидов // ТРНиО. 2018. №42–3. – С. 41–43.
- 108. Абдулмажидов, Х.А.** Основные задачи конструирования и возможности компьютерных программ при проектировании элементов наземных машин / Х.А. Абдулмажидов // ТРНиО. 2018. № 42–3. – С. 43–45.
- 109. Абдулмажидов, Х.А.** Проблемы, возникающие при оценке соответствия рабочих органов каналоочистителей требованиям по содержанию мелиоративного канала / Х.А. Абдулмажидов // ТРНиО. 2018. № 42–3. – С. 45–48.
- 110. Абдулмажидов, Х.А.** Конструирование и расчет наземных транспортно-технологических машин / Абдулмажидов Х.А. // ТРНиО. 2018. № 42–5. – С. 18–20.
- 111. Абдулмажидов, Х. А.** Современные представления о взаимодействии рабочих органов мелиоративных машин с обрабатываемой средой / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО – 2018. – № 42–5. – С. 20–23.
- 112. Абдулмажидов, Х. А.** Выбор основных параметров и оценка точности работы дренажной машины / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2018. – № 43–6. – С. 5–7.
- 113. Абдулмажидов, Х. А.** Оценка эффективности работы дождевальных машин / Х. А. Абдулмажидов, Р. А. Абдулмажидов, В. И. Поддубный // ТРНиО. – 2018. – № 44–5. – С. 34–36.
- 114. Абдулмажидов, Х. А.** Расчет на прочность деталей строительных машин с учетом теплового влияния в системе Компас / Х. А. Абдулмажидов, Р. А. Абдулмажидов, В. И. Поддубный // ТРНиО. – 2018. – № 44–6. – С. 5–8.
- 115. Абдулмажидов, Х. А.** Конструирование и анализ напряжений деталей машин природообустройства в программе Inventor Pro / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2018. – № 45–6. – С. 58–60.
- 116. Абдулмажидов, Х. А.** Исследования прочности конструкций машин природообустройства при уточненном расчете с учетом колебаний температуры / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2018. – № 45–7. – С. 35–38.
- 117. Абдулмажидов, Х. А.** Проектирование и расчет вала в программе Inventor Pro / Х. А. Абдулмажидов, А. С. Матвеев, Р. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2018. – № 45–8. – С. 5–8.
- 118. Абдулмажидов, Х. А.** Характеристики и состояние осушительных каналов мелиоративных систем / Абдулмажидов Х.А. // Труды Академии проблем водохозяйственных наук. Выпуск 12. 2018. – С. 145–149.
- 119. Абдулмажидов, Х. А.** Компьютерные технологии в преподавании инженерных дисциплин / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2018. – № 34–1. – С. 5–7.
- 120. Абдулмажидов, Х.А.** Особенности конструкции и технологии работы каналоочистителя PP-303 / Х.А. Абдулмажидов // В сборнике: Инновации природообустройства и защиты окружающей среды. Материалы I Национальной НПК с международным участием. Саратов, 23–24 января 2019. – С. 328–332.
- 121. Абдулмажидов, Х.А.** Модернизация ковша каналоочистителя для удаления наносов из каналов осушительных систем / Х.А. Абдулмажидов // В сборнике: НТТКиС. Материалы ТИУ 2019. – С. 12–16.
- 122. Абдулмажидов, Х. А.** Оградительная защитная дамба в Саясане / Х. А. Абдулмажидов // Мелиорация земель - неотъемлемая часть восстановления и развития АПК Нечерноземной зоны Российской Федерации: ММНПК, Москва, 24–25 октября 2018 года. – Москва: ВНИИГиМ имени А. Н. Костякова, 2019. – С. 364–367.
- 123. Абдулмажидов, Х. А.** Разработка и уточненный прочностной расчет элементов строительных машин в программе Inventor Pro / Х. А. Абдулмажидов // Доклады ТСХА, Москва, 06–08 декабря 2018 года. Том выпуск 291, часть 2. – Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2019. – С. 110–114.
- 124. Абдулмажидов, Х. А.** Оползневые явления и строительство защитных сооружений в Саясане / Х. А. Абдулмажидов // Доклады ТСХА: Том Выпуск 291, Часть 3. – Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2019. – С. 66–70.
- 125. Абдулмажидов, Х. А.** Особенности конструкции рабочего оборудования мелиоративного каналоочистителя PP-303 / Х. А. Абдулмажидов, Р. А. Абдулмажидов // Аграрная наука - сельскому хозяйству: Сборник материалов XIV МНПК. В 2-х книгах, Барнаул, 07–08 февраля 2019 года. Том Книга 2. – Барнаул: АГАУ, 2019. – С. 3–4.

- 126. Абдулмажидов, Х. А.** Определение тяговых сопротивлений при работе ковша мелиоративного каналаочистителя / Х. А. Абдулмажидов // *Аграрная наука - сельскому хозяйству: Сборник материалов XIV МНПК. В 2-х книгах, Барнаул, 07–08 февраля 2019 года. Том Книга 2.* – Барнаул: АГАУ, 2019. – С. 5–6.
- 127. Абдулмажидов, Х. А.** Применение компьютерных программ в современном образовательном процессе аграрных вузов / Х. А. Абдулмажидов // *Актуальные вопросы экономики и агробизнеса: Сборник статей X МНПК, Брянск, 04–05 апреля 2019 года. Том Часть 4.* – Брянск: Брянский ГАУ (Кокино), 2019. – С. 13–17.
- 128. Абдулмажидов, Х. А.** Технологические характеристики каналаочистителей для зоны осушения / Х. А. Абдулмажидов, С. К. Тойгамбаев // *International Journal of Professional Science.* – 2019. – № 10. – С. 77–83.
- 129. Абдулмажидов, Х. А.** Технологические характеристики каналаочистителей для зоны осушения / Х. А. Абдулмажидов, С. К. Тойгамбаев // *ТРНиО.* – 2019. – № 55–1. – С. 5–10.
- 130. Абдулмажидов, Х. А.** Модернизация рабочего оборудования экскаватора ЭО-2621 с целью повышения эффективности его использования/Х.А. Абдулмажидов, Р.А. Абдулмажидов, А.М. Гераев//ТРНиО.– 2019.№56–1.– С. 5–8
- 131. Абдулмажидов, Х. А.** Оценка зависимости запаса прочности элемента машины природообустройства от его температуры / Х. А. Абдулмажидов // *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства.* – 2019. – № 21. – С. 476–479.
- 132. Абдулмажидов, Х. А.** Особенности конструкции рабочего оборудования мелиоративного каналаочистителя РР-303 / Х. А. Абдулмажидов // *Энергосбережение и энергоэффективность: проблемы и решения: Сборник научных трудов IX ВННПК.* – Нальчик: ФГБОУ ВО "Кабардино-Балкарский ГАУ имени В. М. Кокова", 2020. – С. 221–225.
- 133. Абдулмажидов, Х. А.** Оптимизация выполнения работ по формированию проектной поверхности при работе строительной и мелиоративной техникой / А. С. Матвеев, Х. А. Абдулмажидов // *Инновации в природообустройстве и защите в чрезвычайных ситуациях: Материалы VII МНПК.* – Саратов: ООО "Амирит", 2020. – С. 260–266.
- 134. Абдулмажидов, Х. А.** Реализация и развитие магистерских программ механических направлений / Х. А. Абдулмажидов // *Цифровизация в АПК: технологические ресурсы, новые возможности и вызовы времени: Сборник научных трудов по материалам МНПК, Тверь, 11–13 февраля 2020 года.* – Тверь: ТГСХА, 2020. – С. 430–434.
- 135. Абдулмажидов, Х. А.** Энергосберегающее рабочее оборудование для рыхления уплотненных почв в Нечерноземной зоне / Н. К. Теловов, Х. А. Абдулмажидов // *Агроэкологические аспекты устойчивого развития АПК: Материалы XVII МНПК, Брянск, 17 марта 2020 года.* – Брянск: Брянский ГАУ, 2020. – С. 675–679.
- 136. Абдулмажидов, Х. А.** Поддержание элементов мелиоративной оросительной сети в рабочем состоянии / Х. А. Абдулмажидов, С. К. Тойгамбаев, А. М. Гераев // *Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: МВНПК. Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановская ГСА им. акад. Д. К. Беляева, 2020.* – С. 17–20.
- 137. Абдулмажидов, Х. А.** Экспериментальные исследования модели ковша каналаочистителя РР-303 / Х. А. Абдулмажидов, А. С. Матвеев // *Аграрная наука в условиях модернизации и инновационного развития АПК России: МВНПК. Том 2.* – Иваново: ФГБОУ ВПО Ивановская ГСА им. акад. Д. К. Беляева, 2020. – С. 20–23.
- 138. Абдулмажидов, Х. А.** Применение компьютерных программ для обработки экспериментальных данных / Х. А. Абдулмажидов // *Доклады ТСХА, Москва, 03–05 декабря 2019 года. Том Выпуск 292, Часть II.* – Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2020. – С. 58–62.
- 139. Абдулмажидов, Х. А.** Использование компьютерных программ в реализации направлений подготовки бакалавров для АПК / Х. А. Абдулмажидов // *Аграрная наука - сельскому хозяйству: Сборник материалов XV МНПК. В 2-х книгах, Барнаул, 12–13 марта 2020 года. Том Книга 1.* – Барнаул: Алтайский ГАУ, 2020. – С. 3–4.
- 140. Абдулмажидов, Х. А.** Стенд для испытания двигателей внутреннего сгорания / Н. К. Теловов, Х. А. Абдулмажидов // *Агропродовольственная экономика.* – 2020. – № 5. – С. 20–28.
- 141. Абдулмажидов, Х. А.** Краткая история, особенности конструкции и технологии работы мелиоративного каналаочистителя РР-303 / Х. А. Абдулмажидов, В. В. Андросов // *ТРНиО.* – 2020. – № 58–2. – С. 50–53.
- 142. Абдулмажидов, Х. А.** Технические характеристики и определение производительности мелиоративного каналаочистителя РР-303 / Х. А. Абдулмажидов, В. В. Андросов // *ТРНиО.* – 2020. – № 58–2. – С. 53–56.
- 143. Абдулмажидов, Х. А.** Формирование комплексов машин для очистки мелиоративных каналов / Х. А. Абдулмажидов, Р. А. Абдулмажидов, А. М. Гераев // *ТРНиО.* – 2020. – № 68–3. – С. 35–37.
- 144. Абдулмажидов, Х. А.** Энергосберегающее рабочее оборудование для рыхления уплотненных почв в Нечерноземной зоне / Н. К. Теловов, Х. А. Абдулмажидов // *Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения.* – 2020. – № 1(19). – С. 187–192.
- 145. Абдулмажидов, Х. А.** Упрочнение деталей машин с использованием электромеханики / Н. К. Теловов, Х. А. Абдулмажидов, Н. Б. Мартынова // *International Journal of Professional Science.* – 2020. – № 10. – С. 33–39.
- 146. Абдулмажидов, Х. А.** Уточненные прочностные расчеты элементов мелиоративных машин / Х. А. Абдулмажидов // *Актуальные вопросы экономики и агробизнеса: Сборник трудов XII МНПК, Брянск, 25–26 марта 2021 года. Том Часть 1.* – Брянск: Брянский ГАУ, 2021. – С. 595–600.
- 147. Абдулмажидов, Х. А.** Уточненный прочностной расчет конструкций рабочего оборудования мелиоративных машин в системе Inventor Pro / Х. А. Абдулмажидов // *Доклады ТСХА: Сборник статей. Выпуск 293, Москва, 02–04 декабря 2020 года. Том Часть I.* – Москва: РГАУ, 2021. – С. 213–216.
- 148. Абдулмажидов, Х.А.** Прочностные расчеты элементов рабочего оборудования бульдозера на базе трактора МТЗ-320.4 / Е. П. Рожков, Х. А. Абдулмажидов // *Перспективы развития науки в современном мире: Сборник статей по материалам X МНПК, Том Часть 1.* – Уфа: ООО "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2022. – С. 56–61.
- 149. Абдулмажидов, Х. А.** Основы создания чертежей и проведения расчетов с применением языка Autolisp в системе AutoCAD / Х. А. Абдулмажидов // *ТРНиО.* – 2022. – № 90–3. – С. 50–56.

150. **Абдулмажидов, Х. А.** Применение языка Autolisp для выполнения массивов, изменения геометрических свойств примитивов, создания зеркального отображения и масштабирования объектов в системе AutoCAD / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2022. – № 90–3. – С. 56–61.
151. **Абдулмажидов, Х. А.** Применение языка Autolisp для копирования объектов, создания сопряжений и фасок объектов в системе AutoCAD / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2022. – № 90–3. – С. 61–67.
152. **Абдулмажидов, Х. А.** Применение языка Autolisp для формирования и редактирования фасок, выполнения растяжений объектов в системе AutoCAD / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2022. – № 90–3. – С. 68–74.
153. **Абдулмажидов, Х. А.** Основы черчения в системе AutoCAD при изучении инженерных дисциплин в природообустройстве / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2022. – № 90–3. – С. 8–13.
154. **Абдулмажидов, Х. А.** Использование языка Autolisp для выполнения и редактирования графических примитивов системы AutoCAD / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2022. – № 90–4. – С. 49–56.
155. **Абдулмажидов, Х. А.** Основы изучения языка Autolisp на примерах создания графических примитивов в системе AutoCAD / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2022. – № 90–4. – С. 56–62.
156. **Абдулмажидов, Х. А.** Создание объемной детали с применением языка Autolisp в системе AutoCAD / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2022. – № 90–4. – С. 62–69.
157. **Абдулмажидов, Х. А.** Очистка каналов мелиоративной сети - как поддержание мелиоративной сети в работоспособном состоянии / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2022. – № 90–4. – С. 8–11.
158. **Абдулмажидов, Х. А.** Экспериментальные исследования модели рабочего органа каналоочистителя РР-303 / Х. А. Абдулмажидов // Исследования. Инновации. Практика. – 2022. – № 2(2). – С. 16–19.
159. **Абдулмажидов, Х. А.** Применение каналоочистителя ОКН-0,5 для восстановления осушительных каналов / Х. А. Абдулмажидов, В. И. Балабанов, Н. Б. Мартынова // Инновационные технологии: опыт, проблемы, перспективы развития, Тверь, 25 октября 2023 года. – Тверь: Тверская ГСА, 2023. – С. 347–351.
160. **Абдулмажидов, Х. А.** Повышение уровня профессиональной подготовки технического персонала при обслуживании автотракторной техники / А. С. Матвеев, Х. А. Абдулмажидов, Н. Б. Орлов // Инновации в природообустройстве и ЗЧС: Материалы X МНПК. – Саратов: СГУГБИ им. Н. И. Вавилова, 2023. – С. 435–441.
161. **Абдулмажидов, Х. А.** Очистка открытых дренажных коллекторов от растительности / Н. К. Усманов, И. Ж. Худаев, А. Р. Муратов [и др.] // Реинжиниринг и цифровая трансформация ЭТТМ и робототехнических комплексов: Сборник статей Московской ММНТК – Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2023. – С. 58–63.
162. **Абдулмажидов, Х. А.** Разработка дополнительного сменного рабочего оборудования к мини-экскаватору «Партнер» на гусеничном ходу / Ю. К. Терехина, Х. А. Абдулмажидов // Инновационные научные исследования в современном мире: Сб. ст. X МНПК. – Уфа: ООО "Научно-издательский центр "Вестник науки", 2023. – С. 176–182.
163. **Абдулмажидов, Х. А.** Экономическая оценка конструкций стенда для испытания форсунок дизелей / С. К. Тойгамбаев, Х. А. Абдулмажидов, Т. С. Омаров // SPO "Professional science", Lulu Inc 30.04.2024 года, 2024. – С. 25–30.
164. **Абдулмажидов, Х. А.** Определение параметров диагностики для производства ремонтных работ с электрогидравлической форсункой. / Д. Д. Шамуратов, С. К. Тойгамбаев, Х. А. Абдулмажидов // Инновационные научные исследования: теория, методология, тенденции развития сборник научных статей по материалам XIV МНПК 3 мая 2024 г. Уфа 2024. – С. 59–67.
165. **Абдулмажидов, Х. А.** Формирование комплексов машин для очистки мелиоративных каналов зоны осушения / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2024. – № 105–12. – С. 10–12.
166. **Абдулмажидов, Х. А.** Анализ напряженного состояния элементов рабочего оборудования мелиоративных машин / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2024. – № 105–12. – С. 8–10.
167. **Абдулмажидов, Х. А.** Очистка мелиоративных каналов осушительной системы Полевой опытной станции / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2024. – № 105–13. – С. 119–121.
168. **Абдулмажидов, Х. А.** Определение объемов наносов и заилений, подлежащих удалению со дна и откосов осушительных каналов мелиоративных систем / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2024. – № 105–13. – С. 132–134.
169. **Абдулмажидов, Х. А.** Разработка рабочего органа мелиоративного каналоочистителя для восстановления осушительных каналов с закрепленным дном / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2024. – № 105–13. – С. 135–137.
170. **Абдулмажидов, Х. А.** Очистка мелиоративных каналов как средство поддержания урожайности сельскохозяйственного поля / Х. А. Абдулмажидов // ТРНиО. – 2024. – № 105–13. – С. 137–139.