

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова»

На правах рукописи

Анисимов Сергей Александрович

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ОЧИСТКИ
ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ ОТ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ
РАСТИТЕЛЬНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ УСТРОЙСТВ
ДЛЯ УГНЕТЕНИЯ ПНЕЙ**

Специальность 06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук,
доцент Соловьев Д.А.

Саратов – 2017

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ | 5 |
| 1 СОСТОЯНИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ОЧИСТКИ ОТ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ | 9 |
| 1.1 Оросительные каналы и способы ухода за ними | 9 |
| 1.2 Анализ состояния орошаемых земель и оросительных систем Саратовской области | 12 |
| 1.3 Характеристика закустаренных участков каналов открытой оросительной сети | 17 |
| 1.4 Физико-механические свойства древесины кустарника и мелкоколосья, распространенных на каналах | 19 |
| 1.5 Способы удаления пней | 19 |
| 1.6 Анализ существующих технологий очистки каналов от древесно-кустарниковой растительности | 23 |
| 1.7 Обзор и классификация машин для удаления и угнетения пней после срезания древесно-кустарниковой растительности | 31 |
| 1.8 Выводы | 41 |
| 2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕНИЯ АРБОРИЦИДНОЙ СМЕСИ НА ПНИ | 42 |
| 2.1 Разработка усовершенствованной технологии очистки оросительных каналов | 42 |
| 2.2 Разработка конструктивно-технологической схемы устройства для локального внесения арборицидной смеси | 47 |
| 2.3 Теоретическое обоснование конструкционных параметров устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни.... | 52 |
| 2.3.1 Обоснование ширины захвата устройства и основных параметров разрыхляющего элемента | 53 |
| 2.3.2 Определение расхода рабочей жидкости | 61 |
| 2.3.3 Подбор насоса для подачи рабочей жидкости | 63 |
| 2.3.4 Определение времени опорожнения и числа заправок резервуара ... | 64 |

| | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.5 | Производительность устройства | 65 |
| 2.4 | Разработка устройства инъекционного типа для локального угнетения пней | 66 |
| 2.5 | Выводы | 69 |
| 3 | ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ | 71 |
| 3.1 | Полевые исследования зарастания оросительных каналов древесно-кустарниковой растительностью | 71 |
| 3.1.1 | Программа полевых исследований | 71 |
| 3.1.2 | Методика проведения полевых исследований | 71 |
| 3.2 | Проведение лабораторных исследований устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни | 75 |
| 3.2.1 | Программа лабораторных исследований | 76 |
| 3.2.2 | Описание лабораторной установки | 77 |
| 3.2.3 | Методика проведения лабораторных исследований | 80 |
| 3.3 | Проведение лабораторных исследований устройства инъекционного типа для локального угнетения пней | 84 |
| 3.3.1 | Программа лабораторных исследований | 84 |
| 3.3.2 | Описание экспериментальной установки | 85 |
| 3.3.3 | Методика проведения лабораторных исследований | 86 |
| 3.4 | Проведение полевых исследований по определению концентрации и объема вносимой арборицидной смеси | 87 |
| 3.4.1 | Программа полевых исследований | 87 |
| 3.4.2 | Методика проведения полевых исследований | 88 |
| 3.5 | Проведение полевых испытаний опытных устройств | 89 |
| 3.5.1 | Программа полевых испытаний | 89 |
| 3.5.2 | Конструкция опытного устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни | 90 |
| 3.5.3 | Методика проведения полевых испытаний устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни | 92 |
| 3.5.4 | Конструкция опытного устройства инъекционного типа для локального угнетения пней | 94 |
| 3.5.5 | Методика проведения полевых испытаний устройства инъекционного типа для локального угнетения пней | 96 |

| | | |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.6 | Методика обработки результатов исследований..... | 96 |
| 4 | РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ | 98 |
| 4.1 | Результаты полевых исследований зарастания оросительных каналов древесно-кустарниковой растительностью | 98 |
| 4.2 | Результаты полевых исследований по определению концентрации и объема вносимой арборицидной смеси | 103 |
| 4.2.1 | Результаты полевых исследований по определению концентрации арборицидной смеси, вносимой на пни | 103 |
| 4.2.2 | Результаты полевых исследований по определению объема арборицидной смеси, вносимой на пни | 105 |
| 4.3 | Результаты лабораторных исследований по определению влияния геометрических параметров зубьев разрыхляющих элементов устройства для локального внесения арборицидной смеси на впитываемость | 108 |
| 4.4 | Результаты лабораторных исследований по определению влияния геометрических параметров наконечника и ударной шайбы на объем получаемой лунки в теле пня | 115 |
| 4.5 | Результаты полевых испытаний опытных устройств | 117 |
| 4.6 | Выводы..... | 120 |
| 5 | ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ | 123 |
| 5.1 | Эффективность внедрения усовершенствованной технологии очистки оросительных каналов | 123 |
| 5.2 | Экономико-энергетическая оценка технологий и технических средств | 125 |
| 5.3 | Выводы | 129 |
| | ЗАКЛЮЧЕНИЕ | 130 |
| | РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ | 132 |
| | ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ | 133 |
| | СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ..... | 134 |
| | ПРИЛОЖЕНИЯ | 152 |

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В настоящее время на территории Российской Федерации, в том числе в Саратовской области, сельскохозяйственное производство неразрывно связано с применением орошения, которое позволяет получать стабильные и высокие урожаи сельскохозяйственных культур независимо от негативного влияния климатических факторов.

Для эффективной транспортировки воды к орошаемым площадям необходимо проведение на оросительных системах комплекса эксплуатационных работ по очистке каналов от древесно-кустарниковой растительности, а также угнетению пней, образуемых после её срезания.

Однако необходимо отметить, что существующие в настоящее время технологии очистки оросительных каналов не предусматривают эффективных операций для борьбы с повторным зарастанием берм и откосов молодой порослью после срезания кустарника и мелколесья. Кроме того, в хозяйствах, занимающихся эксплуатацией оросительных систем, отсутствуют эффективные и экологически безопасные специализированные технические средства для угнетения пней, остающихся после срезания древесно-кустарниковой растительности.

Таким образом, в настоящее время актуальными задачами в мелиоративном производстве являются разработка и внедрение усовершенствованных технологий для проведения работ по очистке оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности, а также эффективных технических средств для угнетения пней, остающихся после срезания кустарника и мелколесья. Решение данных задач позволит интенсифицировать эксплуатационно-ремонтные работы на оросительных каналах и повысить их эффективность, что обеспечит, в конечном итоге, повышение урожайности сельскохозяйственных культур на орошаемых полях. Поэтому тема диссертационной работы является актуальной.

Степень разработанности темы. Проблема очистки оросительных каналов нашла отражение в работах Абдразакова Ф.К., Айдарова И.П., Атаева С.С., Багрова М.Н., Бадаева Л.И., Бершадского А.Л., Гороховского К.Н., Кизяева Б.М., Кружилина И.П., Маммаева З.М., Мануйлова В.Ю., Ольгаренко В.И., Райнина В.Е., Соловьева Д.А., Финна Э.А., Шейнина А.М., Щедрина В.Н., Щелгунова Ю.В. и

др. Опираясь на данные исследования, нами была выявлена необходимость совершенствования существующих технологий и технических средств по очистке каналов от древесно-кустарниковой растительности, а также угнетению пней, остающихся после срезания кустарника и мелколесья, что в свою очередь должно способствовать предотвращению повторного зарастания берм и откосов порослью.

Цель исследований – повышение эффективности эксплуатационных работ на оросительных каналах на основе совершенствования технологии их очистки от древесно-кустарниковой растительности с использованием устройств для угнетения пней.

Задачи исследований:

1. Провести анализ состояния оросительных каналов Саратовской области, существующих технологий их очистки, а также технических средств для удаления пней.

2. Усовершенствовать технологию очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности с угнетением пней, образуемых после срезания кустарника и мелколесья.

3. Разработать и теоретически обосновать конструкции устройств для локального внесения арборицидной смеси на пни.

4. Провести лабораторные исследования и экспериментальные испытания разработанных устройств для локального внесения арборицидной смеси на пни.

5. Оценить экономическую эффективность предложенных технико-технологических решений.

Научная новизна работы:

– предложена усовершенствованная технология очистки каналов от древесно-кустарниковой растительности с угнетением пней, образуемых после срезания кустарника и мелколесья;

– разработаны и научно обоснованы конструкции рабочих органов устройств для локального внесения арборицидной смеси на пни;

– определены значения концентрации и объема локально вносимой арборицидной смеси, необходимые для эффективного угнетения пней.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическая значимость работы заключается в обосновании параметров рабочих органов устройств для внесения арборицидной смеси, влияющих на её впитываемость. Определены значения концентрации и объема локально вносимой на пни арборицидной смеси, необходимые для их эффективного угнетения.

Практическая значимость работы заключается в том, что проведение исследований завершено внедрением в хозяйствах, занимающихся эксплуатацией оросительных систем (Энгельсский филиал ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз», ООО «Наше дело» Саратовская обл., г. Маркс), усовершенствованной технологии очистки каналов от древесно-кустарниковой растительности с применением новых устройств для угнетения пней, образуемых после срезания кустарника и мелколесья. Внедрение технологии и технических средств позволило предотвратить повторное зарастание каналов молодой порослью, сократить полные энергозатраты по операциям очистки канала от древесно-кустарниковой растительности и пней на 41 %.

Методология и методы исследований. В работе использованы аналитические и экспериментальные методы исследований с последующей экономической оценкой полученных результатов. Теоретической базой исследований являются работы отечественных научных центров: ФГБНУ «ВНИИГиМ», ФГБНУ «РосНИИПМ», ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ», ФГБОУ ВО «ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова», НИМИ – филиал ФГБОУ ВО «Донской ГАУ», ряда отечественных и зарубежных авторов в данном направлении исследований. Эмпирическую базу исследований составили результаты полевых опытов, анализ и обобщение полученных результатов. Теоретические исследования выполнялись на основе известных положений, законов и методов классической механики и математического анализа. Экспериментальные исследования осуществлялись с использованием стандартных и оригинальных методик, приборов и установок, на основе действующих ГОСТ. Расчеты и обработка результатов исследований проводились методами математики и математической статистики с использованием пакетов прикладных программ Statistica (StatSoft, Inc), Excel (Microsoft).

Положения, выносимые на защиту:

– усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности с угнетением пней, образуемых после срезания кустарника и мелколесья;

- новые конструкции устройств для локального внесения арборицидной смеси на пни с теоретическим обоснованием параметров их рабочих органов;
- результаты экспериментальных исследований усовершенствованной технологии очистки оросительных каналов и технических средств для угнетения пней, а также определения необходимых значений концентрации и объема локально вносимой на пни арборицидной смеси.

Степень достоверности и апробация результатов. Достоверность результатов исследования подтверждается теоретическими разработками, большим объемом экспериментального материала, статистической обработкой данных с использованием прикладных компьютерных программ, широкой апробацией результатов исследований, подтвержденных актами внедрения.

Результаты исследований по теме диссертационной работы ежегодно докладывались в период 2013-2017 гг. на конференциях профессорско-преподавательского состава и аспирантов ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ имени Н.И. Вавилова по итогам научно-исследовательской работы (г. Саратов, 2013-2017); Международной научно-практической конференции «Исследования в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении» (г. Саратов, 2016); Международной научно-практической конференции «Основные проблемы сельскохозяйственных наук» (г. Волгоград, 2016); Международной научно-практической конференции «Сельскохозяйственные науки: от вопросов к решениям» (г. Томск, 2016).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в 8 работах, из них 3 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Общий объем публикаций составляет 3,14 печ.л., из них лично соискателя – 1,76.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа включает введение, 5 глав, заключение, список использованной литературы и приложения. Работа изложена на 191 странице, включает 12 таблиц, 62 рисунка, 13 приложений. Список использованной литературы включает 166 наименований, в том числе 7 – на иностранных языках.

1 СОСТОЯНИЕ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ ОЧИСТКИ ОТ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

1.1 Оросительные каналы и способы ухода за ними

В сельском хозяйстве Российской Федерации и большинстве зарубежных стран широкое распространение получила мелиорация земель. Особенно широкое распространение получил такой вид мелиорации как орошение. Орошаемые площади позволяют получать стабильные и высокие урожаи независимо от негативного влияния климатических факторов.

Подача воды к орошаемым площадям осуществляется по оросительным каналам, которые бывают открытыми, закрытыми и лотковыми [123]. Открытые оросительные системы получили наиболее широкое распространение вследствие простоты технологии строительства, надежности, относительной дешевизны по стоимости производства работ. Открытые каналы прокладывают в грунте, используя для этого выемки, полувыемки-полунасыпи и насыпи (рисунок 1.1) [99].

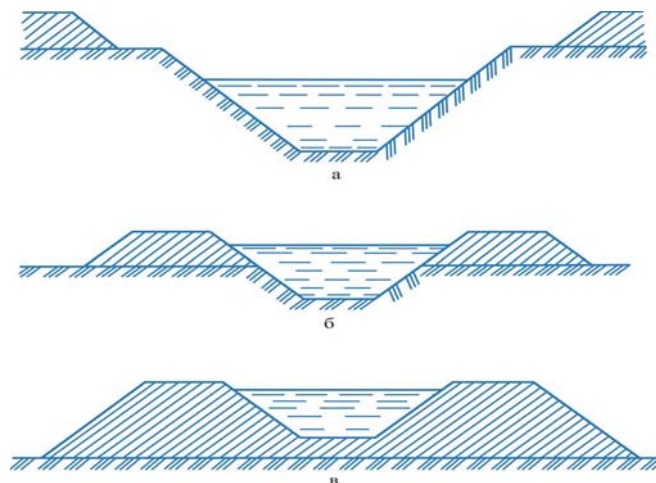


Рисунок 1.1 – Открытые каналы:
a - в выемке; *б* - в полувыемке-полунасыпи; *в* - в насыпи

Наиболее надежными, долговечными и распространенными являются облицованные каналы трапецеидального сечения. Обусловлено это тем, что облицовка каналов позволяет существенно снизить потери воды на фильтрацию, защитить от размыва, предотвратить произрастание в них растительности. Крепление откосов канала позволяет увеличить их пропускную способность [34].

В настоящее время одной из главных задач при эксплуатации гидротехнических сооружений является содержание и ремонт оросительных каналов. Во время эксплуатации они подвергаются негативным изменениям различного рода – это зарастание русел и берм растительностью, заиление (отложение наносов), размывы, просадки.

Существует несколько способов очистки мелиоративных каналов [4, 11, 12, 136, 143]:

- механический;
- химический;
- с помощью средств гидромеханизации;
- очистка сжиганием;
- биологический.

Механический способ – наиболее распространенный, производительный и универсальный. Этот способ заключается в том, что очистка каналов и удаление растительности производится непосредственно рабочим органом машины. Например, если это удаление травяной растительности – используются косилки и машины окашивающего типа, если это удаление наносов – используется одноковшовый экскаватор или другая машина для очистки каналов от наносов, если срезание кустарника – используются кусторезы или средства малой механизации для срезания древесно-кустарниковой растительности [1, 4, 134].

Химический способ заключается в использовании специальных химических веществ, уничтожающих растительность. Для уничтожения сорной травяной растительности используют гербициды, а для борьбы с кустарником – арборициды. Использование данного способа для уничтожения кустарника, растущего на каналах, возможно только при условии локального внесения арборицидной смеси, для того, чтобы снизить вероятность попадания химических веществ в воду и окружающую среду. Его применяют в основном при очистке мелиорируемых площадей от древесно-кустарниковой растительности, а также на бермах каналов для предотвращения развития поросли от пней, оставшихся после срезания кустарника и мелколесья [51, 67, 129]. Основное достоинство этого способа – малая трудо-

емкость работ. Недостатками же являются необходимость локального внесения арборицидной смеси, зависимость проведения работ от метеорологических условий, избирательное действие и высокая стоимость гербицидов и арборицидов.

Сущность гидравлического способа состоит в том, что очистка и разработка каналов происходят под действием движущегося потока воды. Для этого применяют плавучие косилки, земснаряды. Гидравлический способ может быть подразделен по принципу действия на землесосный (земснаряды) и смывающий. Смывающее действие лежит в основе очистки магистральных каналов и рек в основном от наносов, мусора и отложений.

Сжигание растительности на каналах обеспечивает уничтожение сорняков и кустарника, предупреждая их дальнейшее распространение. Для этой цели выпускаются различные огнеметы, газопламенные машины и травосжигатели. Применяется довольно простое оборудование на тракторах малой мощности. Достоинства способа – простота, одновременное уничтожение разных видов и размеров растительности, возможность обработки каналов различной формы. Основные недостатки – большой расход топлива, загрязнение окружающей среды, значительная пожароопасность проведения работ [12, 134, 135].

Биологический способ очистки оросительных каналов заключается в использовании для этой цели рыб (белый амур, толстолобик и т.д.), крупного рогатого скота. Этот способ довольно редко применяется в связи с сезонностью мелиоративных работ и малой эффективностью очистки [4].

Основными задачами при очистке мелиоративных каналов являются срезание древесно-кустарниковой растительности и удаление наносов. Однако важно отметить, что для предотвращения возможного повторного зарастания каналов порослью от пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, необходимо их последующее угнетение.

В результате проведенного анализа ряда научных работ отечественных и зарубежных авторов (Абдразакова Ф.К., Айдарова И.П., Атаева С.С., Багрова М.Н., Бадаева Л.И., Бершадского А.Л., Гороховского К.Н., Кизяева Б.М., Кружилина И.П., Маммаева З.М., Мануйлова В.Ю., Ольгаренко В.И., Райнина В.Е., Соловье-

ва Д.А., Финна Э.А., Шейнина А.М., Щедрина В.Н., Щелгунова Ю.В. и др.) нами сделан вывод, что для операций очистки каналов от древесно-кустарниковой растительности и наносов наиболее целесообразным и рациональным является механический способ, а для операций угнетения пней, оставшихся после срезания растительности – комбинированный способ, сочетающий в себе механическое разрыхляющее воздействие на срез пня с одновременным химическим воздействием с помощью специальных препаратов – арборицидов [4, 12, 22, 52, 129, 136].

Однако до сих пор проблема механизации процессов угнетения пней рационального решения не нашла, так как современный комплекс мелиоративных машин по проведению эксплуатационно-ремонтных работ на каналах не содержит эффективных и экологически безопасных специализированных технических средств для выполнения операций по механической обработке среза пня и внесению арборицидной смеси на его поверхность [134, 135].

На современном этапе для выполнения задач по эффективной эксплуатации мелиоративных систем необходимо иметь информацию об их состоянии. В связи с этим в задачи нашего исследования входил анализ состояния орошаемых земель и оросительных систем Саратовской области.

1.2 Анализ состояния орошаемых земель и оросительных систем Саратовской области

По диаграмме, представленной на рисунке 1.2, можно наглядно проследить динамику изменения площади орошаемых земель Саратовской области на протяжении последних 30 лет. В середине 80-х годов площадь орошаемых земель составляла более 450 тыс. га (при практически равной ей площади полива с/х культур). С начала 90-х годов наблюдается резкое сокращение орошаемых земель. Затем ситуация несколько стабилизировалась [4, 24]. Согласно данным ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» – организации, осуществляющей эксплуатацию и ремонт оросительных систем и гидротехнических сооружений в Саратовском Заволжье – площадь регулярно орошаемых земель в области по состоянию на 2015 год составляет 257,3 тыс. га (при площади полива с/х культур около 160 тыс. га).

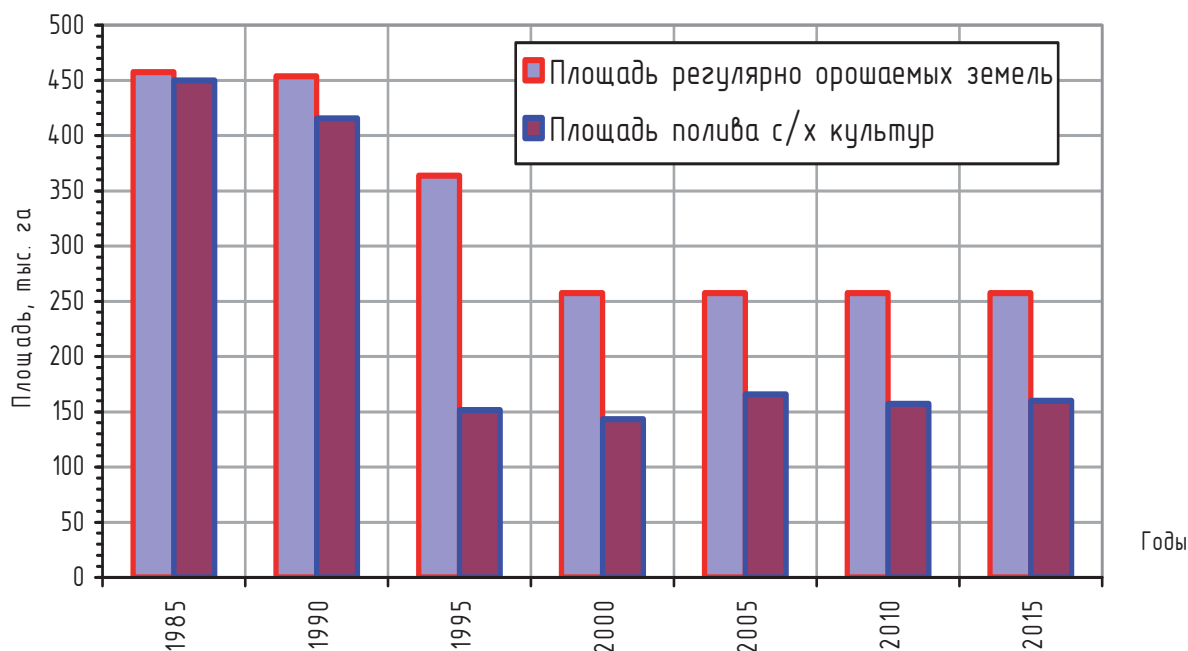


Рисунок 1.2 – Характеристика орошаемых земель Саратовской области

По диаграммам, представленным на рисунках 1.3-1.4, можно наглядно увидеть, что относительно стабильным в Саратовской области за последние годы остается мелиоративное состояние земель, и даже наблюдается небольшая тенденция к увеличению площадей земель с хорошим состоянием [4, 11, 20].

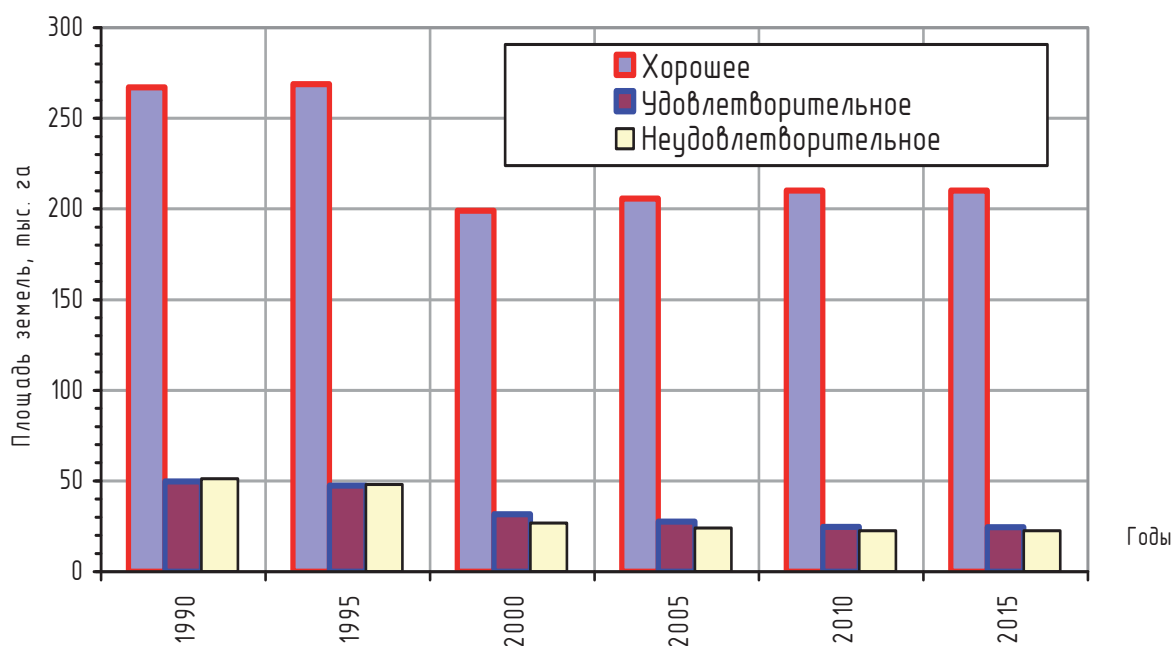


Рисунок 1.3 – Мелиоративное состояние земель Саратовской области

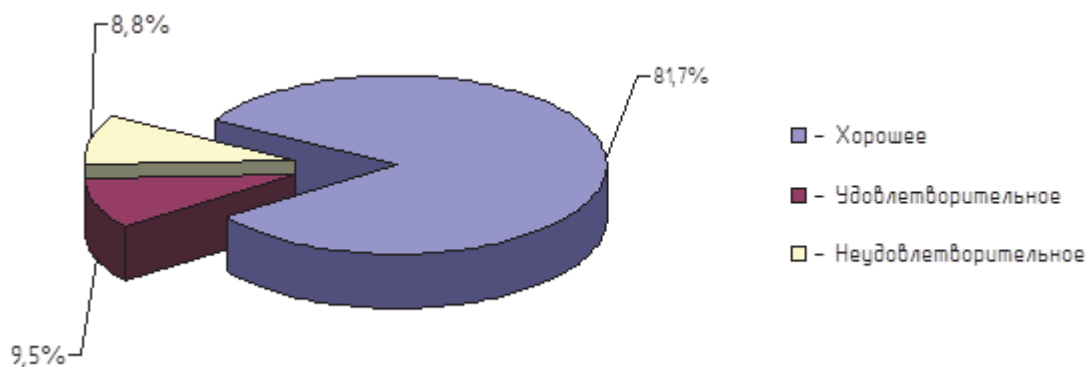


Рисунок 1.4 – Текущее состояние орошаемых земель Саратовской области

Так, по состоянию на 2015 год в хорошем мелиоративном состоянии находятся около 210,2 тыс. га земель (81,7%), в удовлетворительном – 24,5 тыс. га (9,5%), в неудовлетворительном – 22,6 тыс. га (8,8%) [4, 136, 142].

Для осуществления орошения в Саратовской области эксплуатируются открытая и закрытая оросительные сети. Протяженность открытых каналов, находящихся в федеральной собственности, составляет 1002 км, из них в земляном русле проложено 385 км, в облицованном – 617 км. При этом по состоянию на 2015 год около 250 км каналов требуют проведения ремонтных и восстановительных работ (таблица 1.1). Общая степень износа оросительных систем области составляет в среднем 51,8% (таблица 1.2) [136, 142].

Таблица 1.1 – Характеристика постоянной оросительной сети Саратовской области

| Наименование вида | Ед. изм. | Количество | | | Из общего количества требуют восстановления | | |
|---------------------------------------|----------|-------------|----------------------------------|---------------------|---------------------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| | | Всего | из них находятся в собственности | | Всего | из них находятся в собственности | |
| | | | федеральной | субъектов Федерации | | федеральной | субъектов Федерации |
| Каналы, включая магистральные, в т.ч. | км | 1144 | 1002 | 142 | 318 | 246 | 72 |
| - в облицованном русле | км | 637 | 617 | 20 | 129 | 128 | 1 |
| - в земляном русле | км | 507 | 385 | 122 | 189 | 118 | 71 |
| Трубопроводы | км | 3696 | 399 | 3297 | 1639 | 174 | 1465 |
| ВСЕГО | км | 4840 | 1401 | 3439 | 1957 | 420 | 1537 |

Таблица 1.2 – Состояние оросительных систем Саратовской области

| Наименование оросительных систем | Год ввода в эксплуатацию | Площадь, тыс. га | Степень износа, % |
|------------------------------------------|--------------------------|------------------|-------------------|
| Духовницкая | 1976 | 4,8 | 62,3 |
| Приветская | 1991 | 11,5 | 34,5 |
| Большая Балаковская | 1985 | 15,1 | 37,8 |
| Малая Балаковская | 1970 | 3,8 | 68,9 |
| Комсомольская | 1985 | 18,1 | 34,6 |
| Орошение на базе Саратовского канала | 1971-1990 | 47,5 | 73,5 |
| Приволжская (северный массив) | 1987 | 40,7 | 41,5 |
| Приволжская (южный массив) | 1986 | 12,5 | 34,2 |
| Пугачевская | 1988 | 2,8 | 26,4 |
| Энгельсская 1-2 очередь | 1965-1970 | 12,1 | 58,4 |
| Гагаринская | 1975 | 12,5 | 51,2 |
| Государственные участки орошения | 1975-1990 | 31,6 | 50,5 |
| Итого по государственным системам | | 213,0 | 50,3* |
| Хозяйственные системы и участки орошения | | 44,3 | 61,3 |
| ВСЕГО | | 257,3 | 51,8* |

Примечание: * - среднее значение

Для обеспечения работоспособного состояния оросительных сетей необходимо добиться стабильной пропускной способности каналов. Несоблюдение технических требований и условий на стадии проектирования, при строительстве и эксплуатации оросительных сетей и сооружений приводит к конструкционным, технологическим и эксплуатационным отказам. При эксплуатации оросительных сетей каналы должны ремонтироваться и регулярно очищаться от растительности и наносов [79, 80].

Отсутствие надлежащего ухода за каналами открытой оросительной сети оказывает негативное влияние на их состояние. Из-за недофинансирования эксплуатирующих организаций работы по очистке каналов либо полностью не проводились, либо проводились в неполном объеме, что привело к их заилению и интенсивному зарастанию древесно-кустарниковой растительностью (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Заросший древесно-кустарниковой растительностью и заиленный участок оросительного канала

Растущая вдоль каналов древесно-кустарниковая растительность затрудняет и делает невозможной очистку и ремонт оросительных каналов вследствие ограниченного доступа к ним эксплуатационной техники [59, 136]. Древесно-кустарниковая растительность является не только препятствием для проведения эксплуатационно-ремонтных работ, но и одним из источников загрязнения каналов, повреждает их облицовку, способствует увеличению донных отложений (рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – Участок оросительного канала, засоренный донными отложениями

Интенсивное зарастание каналов оросительной сети древесно-кустарниковой растительностью становится основным фактором, влияющим на снижение их пропускной способности, что приводит к неэффективному использованию водных ресурсов и значительно увеличивает себестоимость подаваемой воды. В связи с этим требуется проведение комплекса мероприятий по очистке открытых оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности, пней оставшихся после срезания деревьев и кустарника, наносов и мусора. Это позволит существенно повысить пропускную способность каналов и улучшить качество подаваемой потребителям воды, а также обеспечит свободный доступ техники к оросительным каналам. При этом первоочередными задачами при проведении эксплуатационных мероприятий будут удаление древесно-кустарниковой растительности и угнетение пней, оставшихся после ее срезания.

1.3 Характеристика закустаренных участков каналов открытой оросительной сети

Зарастание каналов открытой оросительной сети древесно-кустарниковой растительностью происходит в основном вдоль берм (ширина полосы занятой кустарником составляет около 1 м). Также встречается кустарник, произрастающий на откосах каналов. На облицованных каналах кустарник также может расти в стыках между плитами.

Рассмотрим, что представляет собой древесно-кустарниковая растительность.

Древесно-кустарниковая растительность бывает одноствольной и гнездовой [71]. Одноствольные породы (например: береза, осина, сосна) имеют один ствол и стержневую корневую систему. Гнездовые кустарниковые породы имеют развитый, иногда поверхностный корень, от которого произрастает несколько стволов. С возрастом число стволов увеличивается за счет появления молодой поросли, появляются и коблы – большие корневые кочки, плохо поддающиеся разработке.

На открытых оросительных каналах произрастает разнообразная древесно-кустарниковая растительность. Она отличается друг от друга по составу, диаметру, форме, запасу древесины, высоте, и т.д. Классификация древесно-кустарниковой растительности приведена в приложении 1 [71].

Под пнем подразумевается надземная часть ствола, оставшаяся после валки дерева. Высотой пня является расстояние от уровня земли до его торцовой части [34]. По диаметру пни делятся на мелкие (12 - 23 см), крупные (23 - 40 см) и очень крупные (более 40 см). Различают пни свежей рубки (давностью 1 - 2 года), средней рубки (3 - 4 года), давней рубки (свыше 5 лет).

По характеру развития корневой системы деревья по породам можно объединить в следующие группы:

- 1) с глубокими стержневыми и боковыми корнями;
- 2) с глубокими стержневыми корнями и мелкостелющимися боковыми корнями;
- 3) с боковыми корнями, часть которых глубоко проникает в почву, а часть стелется близко к ее поверхности;
- 4) с глубокими стержневыми и боковыми корнями;
- 5) с боковыми поверхностно стелющимися корнями.

Необходимо отметить, что традиционные способы удаления кустарника на каналах предусматривают сжигание древесной растительности или засыпку ее в ямах (траншеях, оврагах). При этом уничтожение древесины, являющейся ценным сырьем для ряда отраслей экономики, требует значительных материальных затрат. Учитывая, что на открытых оросительных каналах накопились достаточно большие объемы работ по срезке кустарника, применение безотходной технологии, обеспечивающей рациональное использование удаляемой древесины, является актуальной задачей [136]. Также для предотвращения повторного зарастания каналов порослью от пней необходимо разработать эффективные технические средства для их угнетения.

1.4 Физико-механические свойства древесины кустарника и мелколесья, распространенных на каналах

Разработка эффективных технических средств для угнетения пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, требует изучения физико-механических свойств древесины. Основные физико-механические свойства древесины кустарника и мелколесья, произрастающего на открытых оросительных каналах, приведены в приложении 2 [136]. Анализируя данные свойства древесины, можно отметить, что практически все породы, распространенные на оросительных каналах, имеют плотную, твердую и довольно вязкую древесину.

Корни кустарника и мелколесья обладают более низкими физико-механическими показателями, чем стволы: пределы прочности при их сжатии вдоль волокон меньше на 22...26 %, плотность на 11...18 % по сравнению со стволовой древесиной.

1.5 Способы удаления пней

Для выбора наиболее приемлемого способа угнетения пней проанализируем наиболее распространенные способы удаления древесной растительности и оставшихся после срезки пней. В настоящее время известны следующие способы удаления пней, оставшихся после срезания растительности на мелиоративных каналах [51, 52, 61, 63, 95, 136]:

- механический;
- химический;
- термический;
- взрывной;
- с помощью тока;
- биологический.

Рассмотрим каждый из способов удаления пней более подробно.

Механический способ – наиболее распространенный, универсальный и производительный. При этом способе удаление пней после срезания древесно-

кустарниковой растительности на мелиоративных каналах производится непосредственно рабочим органом машины. Существуют следующие разновидности механического удаления пней: корчевание, фрезерование вместе со слоем почвы, запашка.

Корчевку древесно-кустарниковой растительности вместе с большей частью корневой системы проводят при помощи тракторных корчевателей и корчевателей-собираателей. Корчевание осуществляется рабочими органами машин. Затем древесно-кустарниковую массу оставляют подсыхать на 15...20 суток. По прошествии этого времени корни обивают от грунта и сгребают подсохшую древесно-кустарниковую массу в валы или кучи для последующего вывоза или сжигания. При выполнении работ по корчевке корчевателями-собираателями выкорчеванная растительность сразу же перемещается в вал, однако при этом вместе с древесно-корневой массой в валы попадает дернина и до 60...80% верхнего плодородного слоя почвы.

Вследствие отсутствия специализированной техники во многих хозяйствах корчевание осуществляют бульдозерами при помощи отвала, а также каната или троса. Также возможно использование автогрейдеров.

Корчевание пней имеет ряд недостатков, ограничивающих их применение на оросительных каналах: трудность сжигания растительных остатков в валах из-за большой примеси грунта; большая трудоемкость и стоимость работ; корчевание древесной поросли на каналах может привести к нарушению правильного поперечного сечения канала и повреждению облицовки (у каналов в облицованном русле), что потребует проведения дополнительных ремонтных работ по подсыпке и планировке берм и откосов каналов и восстановлению облицовки.

Фрезерование пней и мелкого кустарника вместе с почвой осуществляется специальными машинами типа МТП-42А; МТП-44Л; ФКН-1,7.

Глубокое фрезерование можно проводить на площадях с древесно-кустарниковой растительностью диаметром до 10 см и высотой до 8 м, при наличии пней диаметром до 10... 12 см, но при отсутствии каменистых включений. Данный способ позволяет полностью уничтожить корневую систему пней и мел-

кого кустарника.

Несмотря на все преимущества, глубокое фрезерование имеет недостатков: низкая производительность, большой расход топлива, быстрый износ режущих ножей, высокая стоимость работ. Глубокое фрезерование не желательно производить на оросительных каналах, так как возможно повреждение облицовки и бермы канала, что приведет к дополнительным затратам на ремонт канала.

Запашку кустарника и мелких пней осуществляют специальными болотно-кустарниковыми плугами с полным оборотом пласта (на 180°) в расчете на разложение запаханной древесно-кустарниковой массы и корневой системы в течение 3...5 лет. Запашку рекомендуется проводить летом и ранней осенью. Минимальную глубину запашки устанавливают с учетом характера и мощности кустарника (диаметр, высота, степень густоты).

Запашка кустарника и мелких пней исключает срезку, корчевку, сгребание срезанного древостоя и создание валов древесно-кустарниковой массы. В итоге в несколько раз повышаются темпы выполнения работ при тех же энергозатратах [136]. Но при всех огромных преимуществах данный способ удаления кустарника имеет ряд недостатков: запашка невозможна на почвах с маломощным гумусовым горизонтом; на пнистых участках и при мощном кустарнике требуются подкорчевка и сгребание; после запашки кустарника может потребоваться проведение планировочных работ; кустарник не всегда полностью запахивается. К тому же данный способ невозможно применить для удаления мелких пней и кустарниковой растительности на бермах и откосах каналов.

Химический способ заключается в угнетении кустарника и мелколесья в результате их опрыскивания специальными химическими средствами – арборицидами. Проникая в древесно-кустарниковую растительность и накапливаясь в интенсивно растущих тканях, арборициды нарушают процессы обмена веществ, в результате чего растения погибают и засыхают, а корневая система начинает разлагаться. После проведения химической обработки сухую древесно-кустарниковую растительность и пни убирают механическими средствами, либо сгребают в валы и кучи, а затем сжигают.

Перед применением арборициды растворяются в воде или жидком топливе в необходимой концентрации. Доза арборицида зависит от условий произрастания растительности с учетом диаметра и частоты расположения пней. Для химической обработки растительности арборицидами применяются специальные опрыскиватели, также возможно использование аэрозольных генераторов и брандспойтов [129].

Химический способ удаления кустарника применяется при очистке открытых каналов оросительных систем. Для проведения работ по угнетению пней вдоль оросительных каналов разрешено применять следующие препараты: «Раундап», «Торнадо», «Глифосат» и «Арсенал». «Раундап» – препарат сплошного действия, основанный на подавлении белкового синтеза. Данный препарат, попадая в почву, быстро разлагается на NO_3 , P_2O_5 , CO_2 , H_2O , поэтому является одним из относительно безопасных арборицидов для человека и окружающей среды. Период полураспада составляет до 11 недель, поэтому существует возможность его использования на оросительных каналах [81].

Наряду с преимуществами химический метод уничтожения пней и мелкой кустарниковой растительности имеет ряд недостатков: большой расход химических препаратов и высокая стоимость обработки при использовании наземных средств (опрыскивателей); зависимость от метеорологических условий; необходимость проводить обработку только в определенные периоды года, как правило, с конца мая до середины августа.

Термический способ заключается в сжигании надземной части кустарниковой растительности и порослей от пней. Для реализации данного способа применяются тракторы с установленными на них огнеметами и газопламенными машинами. К достоинствам способа относится простота использования, сплошное уничтожение всех видов кустарника и мелколесья, возможность обработки каналов различной формы. Одновременно с рядом преимуществ данный способ обладает следующими недостатками – большой расход топлива, загрязнение окружающей среды, значительная пожароопасность.

При взрывном способе удаление пней осуществляется посредством направ-

ленного взрыва. Мини заряд взрывчатки устанавливается в углубление под пни, а затем происходит его подрыв. Недостатками данного способа являются: высокая стоимость; в организации, проводящей данный вид работ, должны быть специалисты взрывники и специальное разрешение на проведение взрывных работ; после взрывов остаются углубления, которые необходимо будет разравнивать. На оросительных каналах данный способ не может применяться, так как при мини взрывах могут быть нарушены бермы и откосы каналов.

При биологическом способе разложение пней происходит посредством микроорганизмов. Данный способ не требует больших материальных и энергетических затрат, прост в использовании, может применяться на оросительных каналах. Недостатком данного способа является его сезонность и долговременность.

Проанализировав существующие способы удаления пней древесно-кустарниковой растительности можно сделать следующий вывод, что для проведения культуртехнических работ на каналах наиболее целесообразно производить удаление пней и мелкого кустарника комбинированным химико-механическим способом для предотвращения развития новой древесной поросли. Этот способ заключается в использовании механических устройств для локального внесения арборицидной смеси на пни. Для улучшения впитывания смеси предлагается производить механическое повреждение пней. Применение данного способа дает возможность сократить расход арборицидной смеси и предотвратить загрязнение почвы.

1.6 Анализ существующих технологий очистки каналов от древесно-кустарниковой растительности

В современных условиях развитие сельскохозяйственного производства невозможно без рационального использования всех видов ресурсов, снижения их потерь, внедрения ресурсосберегающих и безотходных технологий. При этом одной из важнейших задач развития мелиоративной отрасли является проведение эксплуатационных мероприятий направленных на поддержание в работоспособном состоянии открытых оросительных сетей, что требует выполнения значи-

тельных объемов работ по очистке каналов от древесно-кустарниковой растительности, наносов и мусора.

Рассмотрим наиболее распространенную технологию очистки каналов от древесно-кустарниковой растительности (рисунок 1.7) [4, 136].

Срезание древесно-кустарниковой растительности (в большинстве случаев) осуществляется с использованием ручного труда и средств малой механизации, в частности, бензопил. Срезанную растительность убирают с помощью механических средств и вывозят для ее дальнейшей утилизации. На практике наиболее распространенным способом утилизации срезанной древесно-кустарниковой растительности является ее сжигание, после того как она подсохнет, что является крайне нерациональным.



Рисунок 1.7 – Существующая технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности

После удаления срезанной древесно-кустарниковой растительности, производится корчевание пней, так как если не удалять пни, то через некоторое время они дают обильную поросль. В процессе корчевки происходит нарушение по-

верхности берм и откосов каналов, а также возможны повреждения облицовки, что требует проведения последующих работ по подсыпке и планировке берм и откосов, а также ремонту облицовки. Для выполнения данных работ в основном применяется ручной труд и неспециализированная строительная техника (бульдозеры, автогрейдеры, экскаваторы). Данная технология является малоэффективной, так как требует значительных трудовых и материальных затрат [141].

В связи с этим была разработана усовершенствованная технология удаления древесно-кустарниковой растительности вдоль открытых оросительных каналов (рисунок 1.8), которая разрабатывалась на основе рассмотренной выше технологии [4, 17, 18].



Рисунок 1.8 – Усовершенствованная технология удаления древесно-кустарниковой растительности вдоль каналов

Данная технология предусматривает выполнение пяти операций.

Первая – срезка надземной части древесной растительности. Для выполнения данной операции используются кусторезы с активными рабочими органами. При этом срезку кустарника необходимо осуществлять на расстоянии 5-10 см от земли для обеспечения более качественной обработки пней.

Вторая операция – удаление срезанной растительности с канала путем сгребания ее в кучи подборщиками или кустарниковыми граблями.

Третья – переработка древесно-кустарниковой растительности на щепу после ее подсыхания. Для выполнения данной операции используются передвижные рубильные машины.

Четвертая – транспортировка щепы потребителю или в места хранения. Данная операция осуществляется автощеповозами, прицепами и самосвалами с наращенными бортами.

Заключительной операцией, выполняется обработка пней арборицидами. При использовании арборицидов для проведения эксплуатационных работ на оросительных каналах, с позиции экологической безопасности, арборицидную смесь необходимо наносить локально непосредственно на поверхность пней. Обработка пней позволяет избежать трудоемкой корчевки, которая к тому же требует проведения дополнительных работ.

Рассмотренные выше технологии имеют следующие недостатки.

1. Работы по срезке надземной части древесно-кустарниковой растительности следует разбить на две операции – срезку на берме и срезку древесной растительности на откосах канала, так как для выполнения данных работ применяются кусторезы различных типов. К тому же срезать кустарник на откосах можно только после того как берма канала будет очищена от срезанного древостоя.

2. Применение бульдозеров и автогрейдеров для сгребания срезанной поросли в валы и кучи приводит к частичной корчевке пней, что нежелательно, так как это вызывает повреждение облицовки канала и требует проведения дополнительных ремонтных работ по исправлению повреждений, подсыпке берм и откосов и их планировке, а между тем корневая система древесно-кустарниковой растительности хорошо укрепляет откосы каналов. При сгребании удаляемой растительности в валы бульдозерами в древесно-кустарниковую массу попадает большое количество грунта, что делает невозможным дальнейшее хозяйственное использование этой древесины, а при ее утилизации путем сжигания не обеспечивается полное сгорание растительности, находящейся в куче.

3. Отсутствуют специализированные технические средства для выполнения наиболее трудоемких работ по очистке каналов от срезанного кустарника.

4. Сжигание древесной растительности при ее утилизации – это не рациональное использования ценного природного сырья – древесины. К тому же сжигание собранной в валы растительности наносит экологический ущерб окружающей среде. При этом для полного уничтожения древесины необходимо после её первичного сжигания осуществить перетряхивание несгоревших остатков и их повторное сжигание, а затем следует произвести разравнивание золы по поверхности. На практике указанные выше мероприятия не осуществляются, так как для этого требуются большие материальные затраты. В результате чего после сжигания в валах остается много несгоревшей древесины, которая захламляет территорию и увеличивает площадь отчуждаемых земель. Совокупность данных факторов является одной из причин возникновения неблагоприятной экологической обстановки на каналах.

5. Транспортировка срезанного кустарника для дальнейшей переработки экономически нецелесообразна, так древесно-кустарниковая масса имеет небольшую плотность и низкую стоимость.

6. Корчевание пней является трудоемким процессом, который приводит к нарушению поверхности берм канала и повреждению облицовки, и следовательно, к дополнительным расходам. При химической обработке пней посредством опрыскивателей часть арборицидной смеси попадает в канал, что снижает качество подаваемой воды и ухудшает экологическую обстановку на каналах.

С учетом перечисленных выше недостатков учеными ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова была разработана эффективная технология очистки оросительных каналов (рисунок 1.9) [136].

Данная технология разделена на несколько блоков.

I. *Блок подготовительных работ* включает:

1. Проведение визуального осмотра поверхностей берм и откосов каналов, а также удаление из зоны выполнения работ посторонних предметов, которые могут повредить рабочее оборудование машин.

II. *Блок основных работ.* Рекомендуемое время проведения – май – июль, но вполне возможно выполнение работ и в апреле, когда отсутствует листва на деревьях и каналы не заполнены водой.

Данным блоком предусмотрены следующие технологические операции:

2. Срезание древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на бермах каналов, с одновременным локальным угнетением пней. При этом рекомендуется использовать кусторезы с активными дисковыми рабочими органами (маятникового типа, телескопические или маятниково-телескопические, а также универсальные, выполненные на базе одноковшовых экскаваторов), оснащенные системами и устройствами для локальной обработки пней арборицидами. Использование арборицидов позволит предотвратить возобновление роста побегов от пней, а возможность локального угнетения пней – сделать данную операцию экологически безопасной.

3. Сбор срезанного на берме кустарника и мелколесья в кучи с использованием подборщиков и подборщиков-собирателей срезанной растительности.

4. Срезание древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на откосах каналов, с одновременным локальным угнетением пней. При этом эффективно использовать универсальные телескопические кусторезы с активным рабочим органом и системой локальной обработки пней арборицидами.

5. Извлечение срезанной растительности из русла канала с последующим перемещением ее в сформированные кучи. При этом рекомендуется использовать подборщики-собиратели, оборудованные грейферным захватом. В данной операции также возможна обработка пней арборицидами подборщиком-собирателем с навесным устройством для локального угнетения пней.

Между проведением операций блока основных работ необходимо выдерживать технологическую паузу в 1–3 суток, что способствует лучшему высыханию срезанной растительности. При очистке облицованных каналов четвертая и пятая технологические операции могут быть либо пропущены, либо заменены операцией удаления кустарниковой и травяной растительности, произрастающей в стыках между плитами.

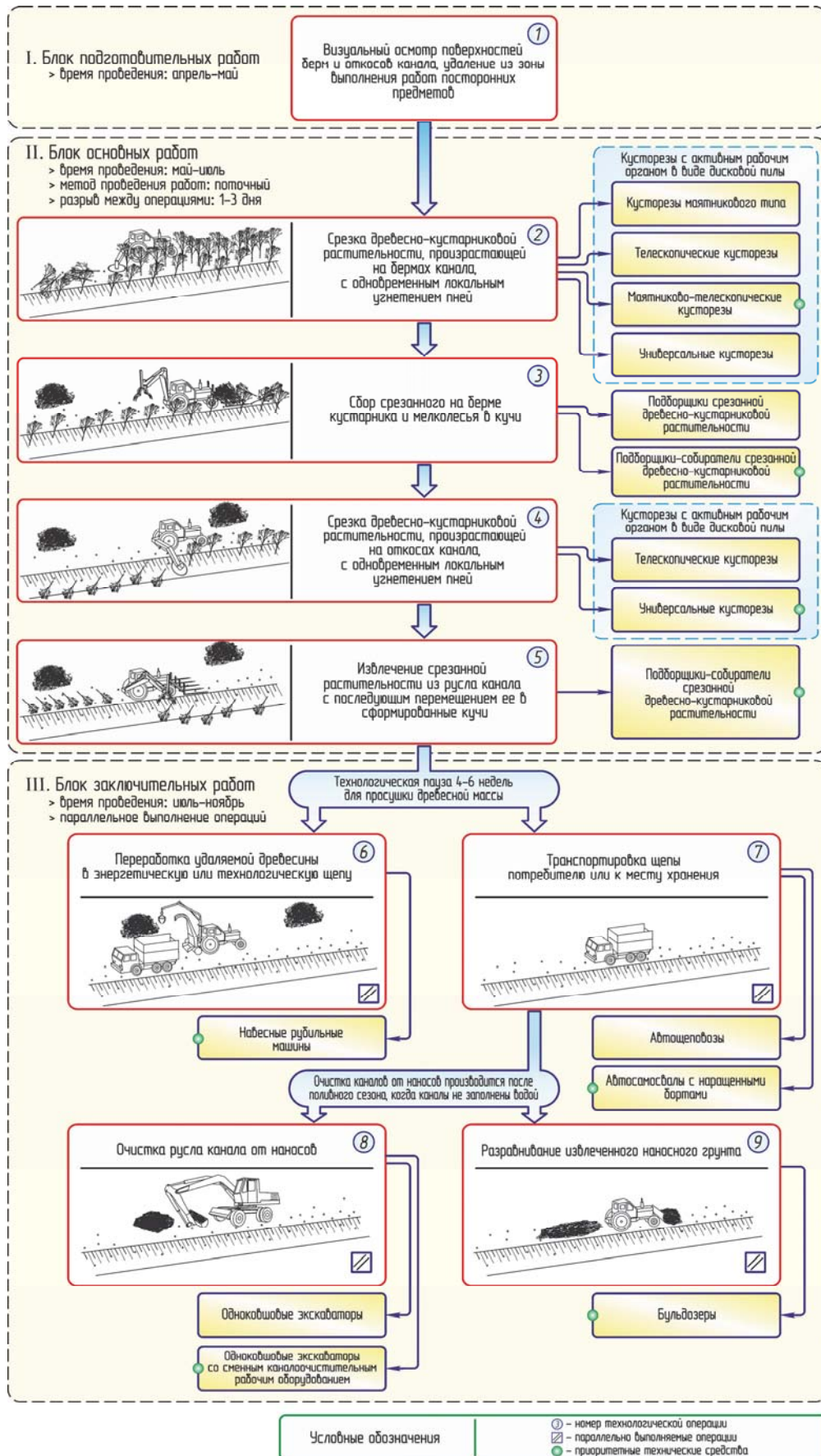


Рисунок 1.9 – Эффективная технология очистки оросительных каналов

III. *Блок заключительных работ.* Данные работы рекомендуется выполнять после технологической паузы (4–6 недель), следующей за основными работами. В блок включаются следующие операции:

6. Переработка удаляемой древесины в энергетическую или технологическую щепу, которая осуществляется с помощью навесных рубильных машин.

7. Транспортировка щепы автощеповозами или автосамосвалами с наращенными бортами непосредственно потребителю или к месту ее хранения.

Очистка каналов от наносов должна производиться после поливного сезона, когда каналы не заполнены водой. При этом выполняются две параллельные операции:

8. Очистка русла канала от наносов одноковшовым экскаватором с каналочистительным оборудованием.

9. Разравнивание извлеченного наносного грунта бульдозером.

Все операции эффективной технологии полностью механизированы. Новизна конструкций машин для срезания, сбора и погрузки кустарниковой растительности, локальной обработки пней арборицидами и очистки каналов от наносов подтверждена патентами на изобретения и полезные модели РФ [118-122].

Однако на практике одновременное срезание древесно-кустарниковой растительности и обработку пней арборицидами реализовать достаточно сложно. Во-первых, в хозяйствах, занимающихся эксплуатацией оросительных систем, должны быть специальные кусторезы, позволяющие производить одновременно со срезанием кустарника обработку пней арборицидом. Во-вторых, учитывая сложность конструкции данных машин в хозяйствах должны быть специализированные ремонтные мастерские, позволяющие производить их техническое обслуживание и ремонт. В-третьих, поверхность пней после срезания древесно-кустарниковой растительности получается достаточно гладкой, что способствует частичному стеканию арборицида с поверхности среза. Для наилучшего проникновения арборицидной смеси в тело пня, т.е. увеличения впитываемости, целесообразным является механическое воздействие, позволяющее сделать поверхность более шероховатой.

В связи с этим мы рекомендуем обработку пней арборицидной смесью выделить как отдельную операцию и проводить ее после срезания древесно-кустарниковой растительности. Также, вследствие того, что полное уничтожение растительности практически невозможно [134], мы считаем целесообразным в начале следующего поливного сезона осуществлять контроль качества угнетения пней и при необходимости проводить дополнительную операцию доинъектирования пней, давших молодую поросль.

1.7 Обзор и классификация машин для удаления и угнетения пней после срезания древесно-кустарниковой растительности

Удаление и угнетение пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности вдоль каналов открытой оросительной сети, без повреждения поверхностей берм и откосов является одной из самых сложных и трудоемких работ.

Пни, оставшиеся после срезания растительности, обладают разнообразием формы и диаметра, а также расположением относительно друг друга. Необходимо удалять как крупные пни деревьев, так и более мелкие пни, оставшиеся после срезания кустарника. К тому же, через небольшой промежуток времени после срезки растительности пни начинают давать обильную поросль, что связано с благоприятными условиями для развития растительности вдоль оросительных каналов. Поэтому после срезания древесно-кустарниковой растительности необходимо проводить угнетение пней на бермах и откосах канала с использованием машин и оборудования, которые бы минимально повреждали поверхность берм и облицовку каналов, а также не наносили ущерб окружающей среде.

Рассмотрим технические средства, применяемые для удаления и угнетения пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности. Обобщим сведения о конструкциях данных машин и оборудования и представим их классификацию в виде схемы, показанной на рисунке 1.10.

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ДЛЯ УДАЛЕНИЯ И УГНЕТЕНИЯ ПНЕЙ

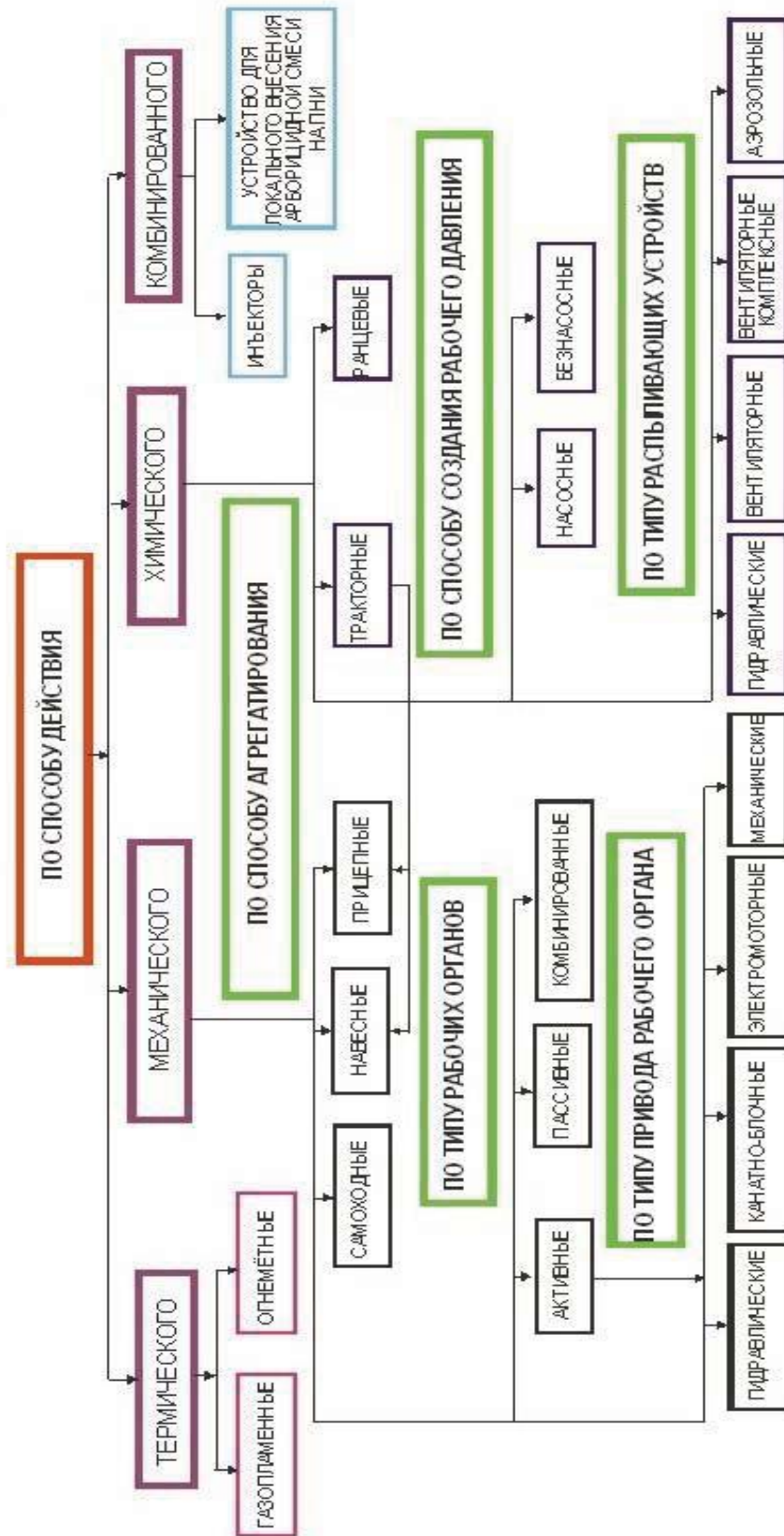


Рисунок 1.10 – Классификация машин и оборудования для удаления и угнетения пней после срезания древесно-кустарниковой растительности на открытых оросительных каналах

Технические средства для удаления и угнетения пней по способу действия можно разделить следующим образом [136]:

- механического действия,
- химического действия,
- термического действия,
- комбинированного действия.

По способу агрегатирования технические средства подразделяются на самоходные, навесные и прицепные (механического действия), тракторные и ранцевые (химического действия). Тракторные средства химического действия, в свою очередь, бывают прицепные, навесные и самоходные.

Машины и механизмы механического действия классифицируются:

- по типу рабочих органов на активные, пассивные и комбинированные;
- по типу привода рабочего органа на гидравлические, канатно-блочные, электромоторные и механические.

Технические средства химического действия подразделяются:

- по способу создания рабочего давления на насосные и безнасосные;
- по типу распыливающих устройств на гидравлические, вентиляторные, вентиляторные комплексные и аэрозольные.

Основные типы рабочих органов механического действия для корчевки пней представлены на рисунке 1.11 [89].

Наиболее частое применение находит тросовый корчеватель с лебедкой (рисунок 1.11, 1), так как является наиболее простым устройством. Корчеватель состоит из троса и лебедки, крепящейся как к трактору или машине, так и к находящемуся по близости вертикальному столбу или дереву.

Также большое распространение получили корчеватели К-2А, КМ-1А5, корчеватели-собиратели Д-695, МП-7А (рисунок 1.12), корчеватели-погрузчики КП-75. Данные технические средства предназначены для корчевки кустарника и мелколесья диаметром до 11 см, одиночных деревьев и пней диаметром до 45 см, расчистки вырубок от валежника и порубочных остатков, транспортировки толканием на небольшое расстояние выкорчеванного материала [52, 84].

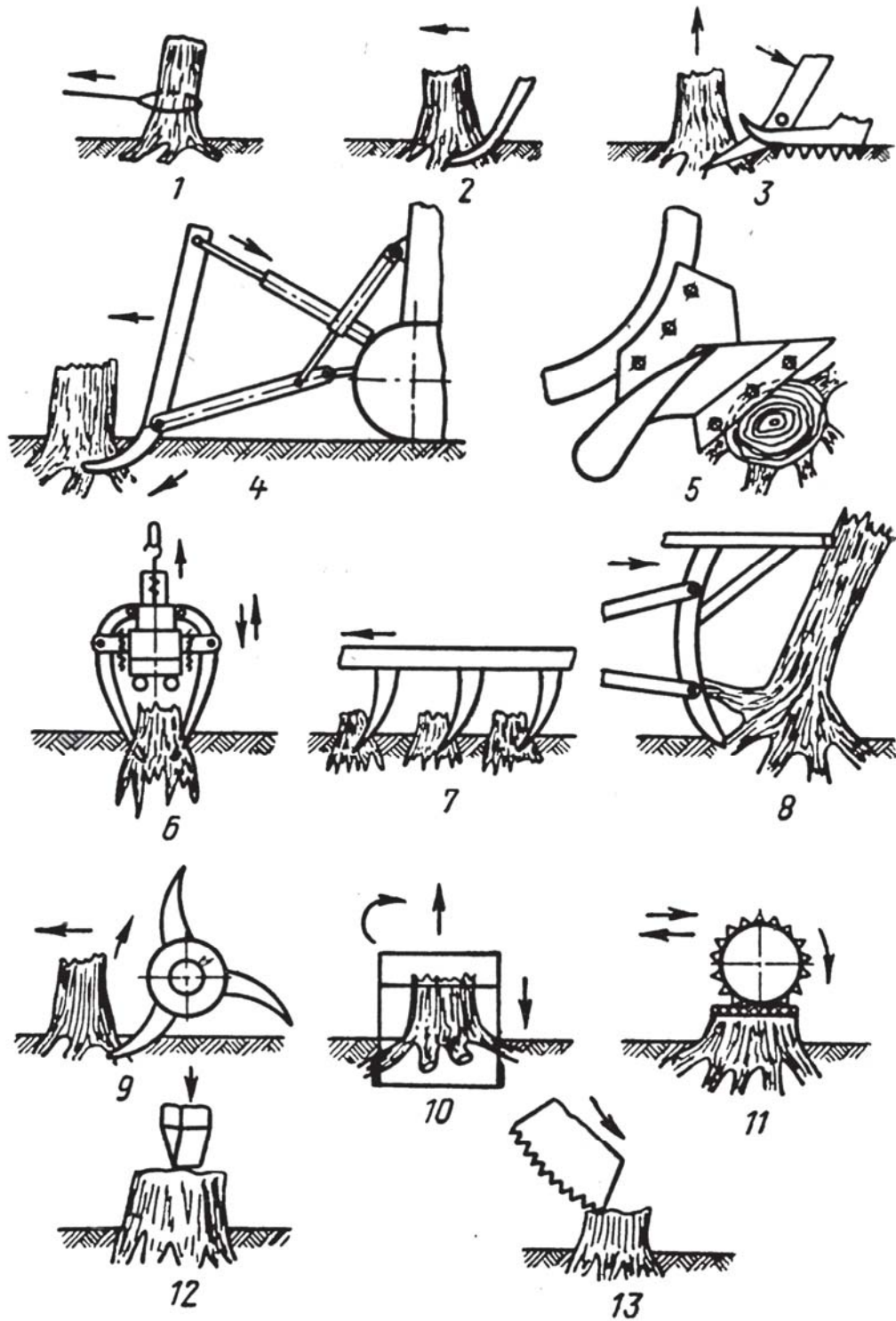


Рисунок 1.11 – Схема машин и орудий для корчевки пней и деревьев:

1 – тросовый корчеватель с лебедкой; 2 – корчеватель с передними корчующими зубьями на отвале рамы; 3 – рычажный корчеватель с опорным башмаком; 4 – гидравлический рычажный корчеватель; 5 – плужный корчеватель; 6 – виброкорчеватель пней; 7 – корчевальная борона навесная; 8 – корчеватель деревьев с передним толкающим брусом; 9 – роторный корчеватель; 10 – машина с режущими зубьями; 11 – оборудование для фрезерования пней; 12 – экскаваторное оборудование для раскалывания пней колуном; 13 – экскаваторное оборудование для разрезания пней сегментом дисковой пилы

Зарубежные специалисты считают, что раскалывание пней на части является перспективным направлением удаления и переработки пней на оросительных каналах. В последние годы ряд фирм Швеции и Финляндии широко рекламируют и используют на корчевке пней и предварительной их разделке машины типа Pallary (рис. 1.13) [136].

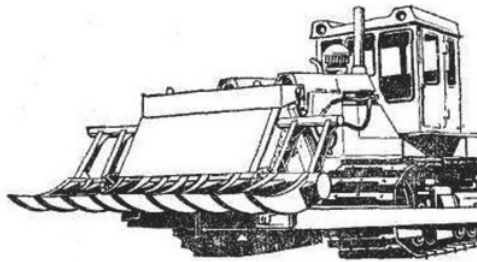


Рисунок 1.12 – Корчеватель-собираатель МП-7А

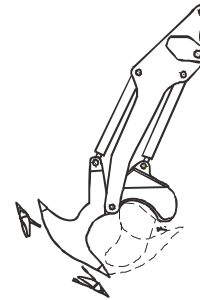


Рисунок 1.13 – Корчеватель экскаваторного типа Pallary

Для удаления мелкого и крупного кустарника на откосах каналов существует корчеватель клещи-захват (рисунок 1.14). Он навешивается на тракторы 3 тягового класса. Рабочий орган представляет собой раздвигающиеся и сжимающиеся клещи, работающие в горизонтальной плоскости. Корчевка кустарника осуществляется прямой тягой трактора. Смыкание и размыкание клещей осуществляется по средствам гидроцилиндра [159].

Для срезания пней методом фрезерования предназначена машина для срезания пней МПП-0,75 (рисунок 1.15). Пни диаметром до 75 см машина срезает за один проход, большего диаметра – за 2-3 прохода.

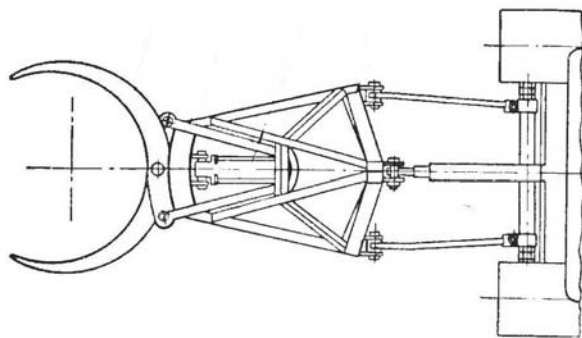


Рисунок 1.14 – Корчеватель клещи-захват

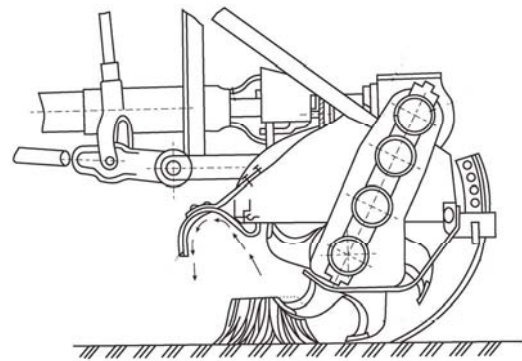


Рисунок 1.15 – Машина для срезания пней МПП-0,75

Недостатком использования технических средств механического действия является, то что при корчевании происходит нарушение поверхности бермы и облицовки каналов, что требует дополнительных затрат на ремонт. Еще одним недостатком является то, что вместе с выкорчевываемыми пнями извлекается грунт, который потом попадает в валы и затрудняет дальнейшую переработку или утилизацию пней.

Для уничтожения пней также могут применяться огнеметы и газопламенные машины.

Рассмотрим технические средства химического действия для угнетения пней.

Опрыскиватель ручной ранцевый ОРР-1 предназначен для химической борьбы с древесно-кустарниковой растительностью (рисунок 1.16).

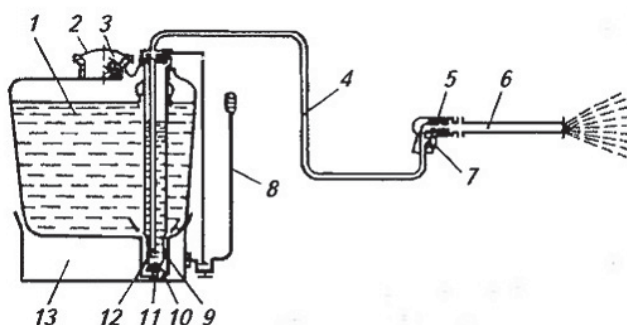


Рисунок 1.16 – Опрыскиватель ручной ранцевый ОРР-1:

1 — емкость для рабочего раствора; 2 — горловина емкости; 3 — фильтрующий элемент заливной; 4 — гибкий шланг; 5 — фильтрующий элемент форсунки; 6 — регулируемая форсунка; 7 — кнопка пуска; 8 — подкачивающий рычаг помпы; 9 — рычажная помпа; 10,11,12 — манжета, запорный клапан, поршень рычажной помпы, 13 — поддон

Особенность опрыскивателя в том, что нижняя часть подвижного воздушного колпака служит поршнем насоса, создающего рабочее давление 0,25...0,3 МПа.

Через фильтр заправочной горловины резервуар заполняют рабочей жидкостью, закрывают крышкой и укрепляют заплечными ремнями на спине. Для создания в воздушном колпаке необходимого давления достаточно 6 - 7 раз нажать рукоятку привода насоса. При каждом движении рукоятки силой тяги воздушный колпак поднимается вверх, под поршнем создается

разрежение, и жидкость из резервуара поступает в цилиндр. Когда колпак движется вниз, пространство между поршнем и цилиндром уплотняется манжетой, жидкость под давлением открывает шаровой клапан, поступает в воздушный колпак и сжимает воздух. При открытом запорном устройстве она вытесняется сжатым воздухом и по шлангу через фильтр попадает в распылитель, а оттуда – на объект. Для обеспечения хорошего распыливания и поддержания постоянного давления в воздушном колпаке необходимо нажать рукоятку 10 - 25 раз/мин. Для улучшения условий труда заплечные ремни и наспинная подушка выполнены из поролона, оклеенного полимерной клеенкой [101].

Опрыскиватель лесной тракторный ОЛТ-1А (рисунок 1.17) предназначен для борьбы с нежелательной древесно-кустарниковой и травянистой растительностью, вредителями и болезнями леса.

Опрыскиватель приводится в действие от вала отбора мощности трактора. Вращение через шестерни передается на коленчатый вал насоса, а также через промежуточную карданную передачу и силовой агрегат на колесо вентилятора. Угол наклона сопла регулируют при помощи гидроцилиндра, зубчатого сектора и шестерни, размещенных на силовом агрегате. Перед работой устанавливают распылитель и дозатор на необходимое давление, закрывают вентиль эжектора, открывают кран всасывающего механизма и регулируют направление сопел. Жидкость, засасываемая насосом из бака, частично подается в гидромешалку, а основная ее часть по рукаву через дозатор поступает в рабочий орган опрыскивателя, где дробится на капли. Излишек жидкости через регулировочный клапан регулятора давления переливается в бак [101].

Опрыскиватель тракторный навесной ОН-400 (рисунок 1.18) применяется в питомниках, садах, лесополосах, в лесных культурах, а также при опрыскивании озеленительных насаждений, может быть использован для проведения работ по угнетению пней на оросительных каналах.

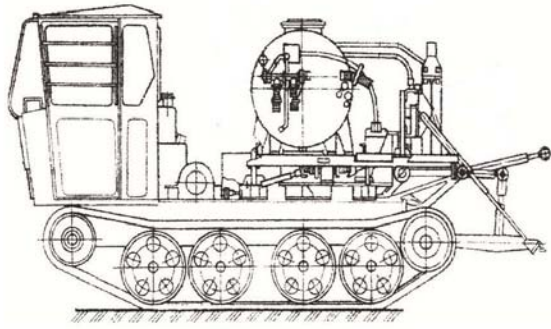


Рисунок 1.17 – Опрыскиватель
ОЛТ-1А

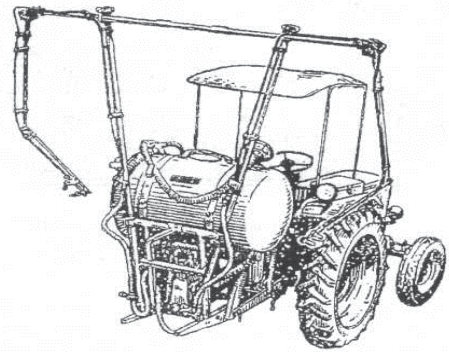


Рисунок 1.18 – Опрыскиватель тракторный навесной ОН-400

Рабочими органами данного опрыскивателя являются горизонтальная или виноградниковая штанги, садовый унифицированный брандспойт. Горизонтальная штанга предназначена для опрыскивания растений высотой до 0,7 м, виноградниковая - для работы в рядах кустарников, ягодников, лесного питомника. Садовый брандспойт предназначен для опрыскивания более высоких древесно-кустарниковых пород (сады, лесополосы, парки, скверы). Эффективная высота захвата достигает 16-18 м. Параметры распыленного потока жидкости регулируются сменными распылителями и величиной давления жидкости [101].

Недостатком применения опрыскивателей различных типов и конструкций является большой расход арборицидной смеси, что приводит к большим материальным затратам на реагенты. Значительная часть распыляемого арборицида попадает в канал и в землю, тем самым ухудшая экологическую обстановку на каналах и снижая качество подаваемой воды.

Для угнетения пней на оросительных каналах можно использовать технические средства комбинированного действия, которые сочетают в себе механическое повреждение поверхности и воздействие химических препаратов. Такими средствами являются инъекторы.

Инъектор порционный ИП-4 является объемно-порционным аппаратом с автоматической дозировкой расхода, служащим для введения арборицидов в стволы и пни деревьев лиственных пород с целью подавления их

жизнедеятельности и корнеотпрысковой способности.

Ињектор состоит из винта 1, крышки 2, цилиндрического резервуара 3, двух плунжеров 4, 5, корпуса 6 и ножа 7 (рисунок 1.19).

Резервуар и верхней части закрыт крышкой с прокладкой. Крышка имеет «дыхательное» устройство. Для гашения образующейся в процессе работы пены в резервуаре располагается поплавок. В нижней части резервуара неподвижно укреплены плунжеры, оборудованные уплотнительными кольцами и клапанами. К плунжерам крепится рабочий орган – нож. Внутри последнего имеется корпус с камерами, которые снабжены всасывающими и нагнетательными клапанами с пружиной. Плунжеры и корпус образуют дозирующее устройство ињектора.

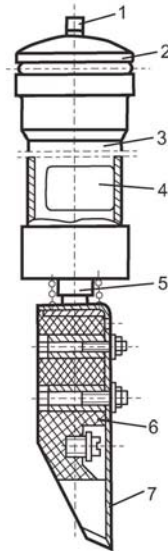


Рисунок 1.19 – Ињектор порционный ИП-4:

1 – винт, 2 – крышка, 3 – цилиндрический резервуар, 4, 5 – плунжеры, 6 – корпус, 7 – нож

Рабочая жидкость через каналы в плунжерах самотеком поступает в полость, образованную торцом плунжера и цилиндрической полостью внутри корпуса.

Рабочий, держа ињектор рабочим органом вниз, наносит торцевой удар в прикорневую часть ствола. При внедрении режущей кромки ножа в ствол на глубину 0,5...1,5 см плунжеры перемешаются относительно корпуса, сжимая пружину. Давление жидкости в камере возрастает, в результате чего закрывается всасывающий клапан и открывается нагнетательный. До-

зированный объем жидкости через седло нагнетательного клапана, преодолевая сопротивление пружины, поступает в другую камеру, где с помощью закругленной, кромки седла, выступающей над плоскостью, и плоской пружины происходит завихрение жидкости и соединение ее с воздухом. Образовавшаяся пена через щель поступает на плоскость ножа, а оттуда стекает в поранение. При ударе по дереву вспомогательные режущие кромки щитков ножа внедряются в кору и, закрыв соседние участки ствола, способствуют формированию пены на стволе строго над поранением. При ослаблении давления на нож все детали иньектора под действием пружин возвращаются в первоначальное положение при этом очередная порция жидкости заполняет дозирующее устройство. После каждого удара необходимо выдержать 3 - 4 секунды, чтобы обеспечить полное стекание раствора арборицида в поранение [101].

Такой же принцип работы лежит в основе топора-иньектора (рисунок 1.20). Он состоит из лезвия 1, обуха резервуара 2, рукояти 3, дозирующей емкости 4 с блоком клапанов 5, подпружиненного поршня 6, рукояти взвода 7, стопора 8 с пружиной 9, прорезей 10 в лезвии 1 и гнезда 11 [136].

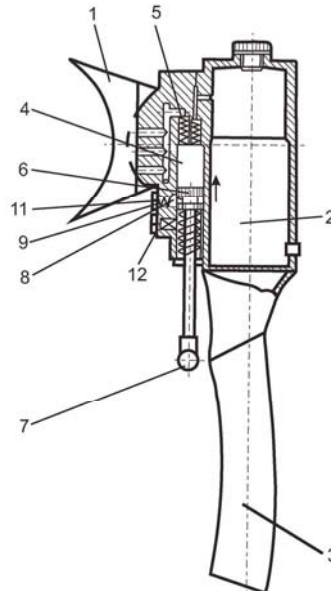


Рисунок 1.20 – Топор-иньектор:

1 – лезвие, 2 – обух резервуара, 3 – рукоять, 4 – дозирующая емкость, 5 – блок клапанов, 6 – подпружиненный поршень, 7 – рукоять взвода, 8 – стопор, 9 – пружина, 10 – прорезь, 11 – гнездо

Недостатками применения инъекторов при больших объемах работ является их малая производительность, связанная с применением ручного труда.

Таким образом, рассмотрев существующие технические средства для удаления и угнетения пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, можно сделать вывод, что для эффективной очистки каналов от пней и предотвращения их повторного зарастания порослью необходимо разработать конструкции устройств для локального внесения арборицидной смеси на пни, которые сочетали бы в себе механическое повреждение пня и его обработку химическими реагентами (арборицидами).

1.8 Выводы

Проведенный анализ состояния орошаемых земель и оросительных систем Саратовской области выявил, что мелиоративное производство, несмотря на значительный износ, имеет хороший потенциал к восстановлению эксплуатационных показателей до уровня конца 80-хх – начала 90-хх годов прошлого столетия. Возрождение мелиорации необходимо начать, прежде всего, с повышения качества эксплуатационных работ как на оросительных системах в целом, так и на каналах в частности.

Для эффективной транспортировки воды к орошаемым площадям необходимо проведение на оросительных системах комплекса эксплуатационных работ по очистке каналов от древесно-кустарниковой растительности, а также угнетению пней, образуемых после срезания кустарника и мелкоколесья. Большое внимание следует уделять эффективной борьбе с повторным зарастанием берм и откосов молодой порослью после срезания растительности. Проведенный анализ показал необходимость совершенствования существующих технологий очистки оросительных каналов, а также разработки эффективных технических средств для угнетения пней, остающихся после срезания кустарника и мелкоколесья.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОЧИСТКИ ОРОСИТЕЛЬНЫХ КАНАЛОВ И КОНСТРУКЦИЙ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ВНЕСЕНИЯ АРБОРИЦИДНОЙ СМЕСИ НА ПНИ

2.1 Разработка усовершенствованной технологии очистки оросительных каналов

С учетом проведенного анализа существующих технологий очистки мелиоративных каналов [3, 14, 17, 18, 22, 27, 30, 137], принимая во внимание их основные недостатки, нами разработана усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности с угнетением на бермах и откосах пней, образуемых после срезания кустарника и мелколесья (рисунок 2.1).

Технологический процесс разделен на несколько блоков и проводится в 2 поливных сезона.

Блок подготовительных работ включает в себя проведение визуального осмотра поверхностей берм и откосов каналов, а также удаление из зоны выполнения работ посторонних предметов, которые могут повредить рабочее оборудование машин.

Блок основных работ рекомендуется проводить в мае – июле, но вполне возможно выполнение работ и в апреле, когда отсутствует листва на деревьях и каналы не заполнены водой.

Данным блоком предусмотрены следующие технологические операции.

Срезание древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на бермах каналов. Для выполнения данной операции рекомендуется использовать навесные кусторезы с активными дисковыми пильными рабочими органами (маятникового типа, телескопические или маятниково-телескопические, а также универсальные, выполненные на базе одноковшовых экскаваторов).

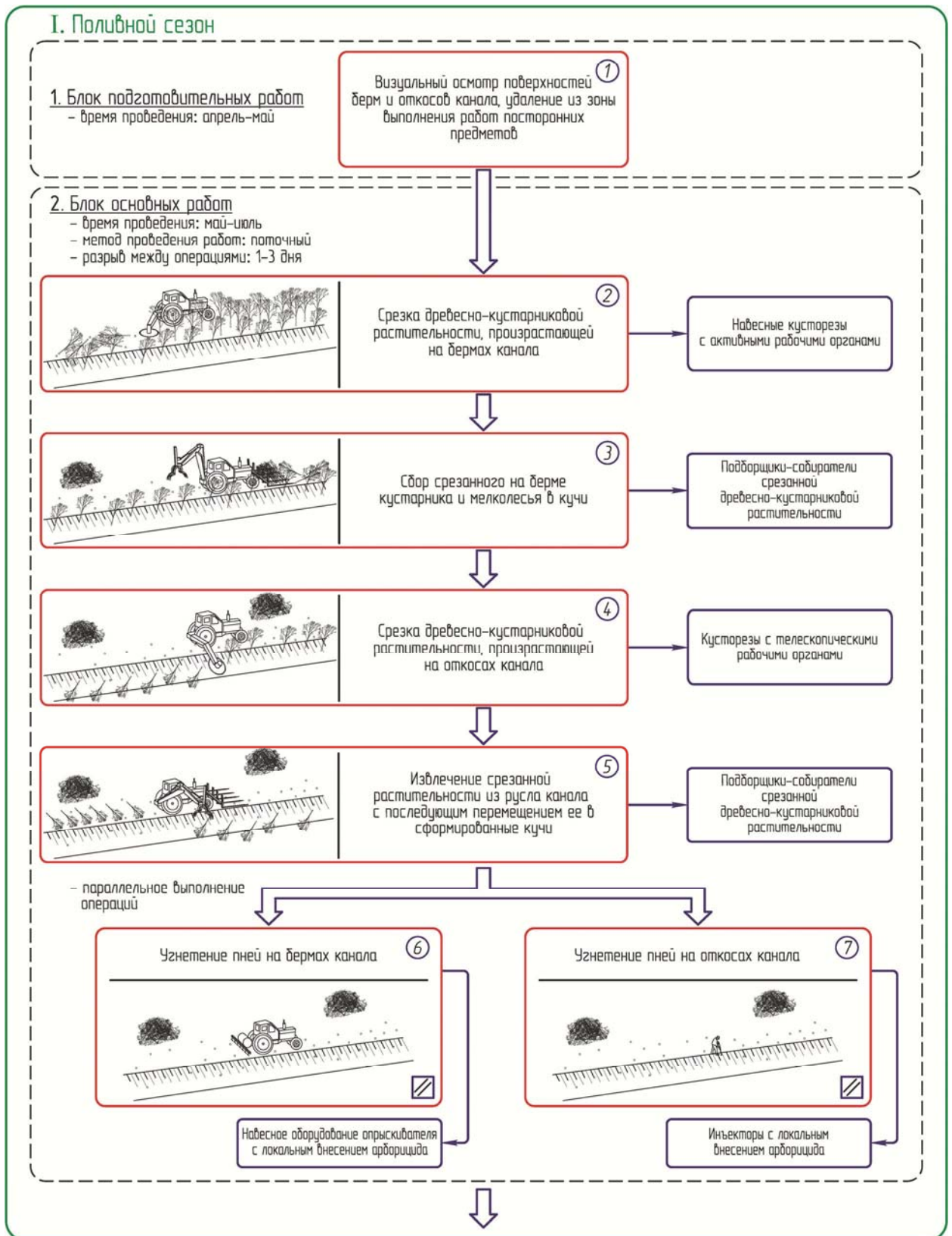


Рисунок 2.1 – Усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности

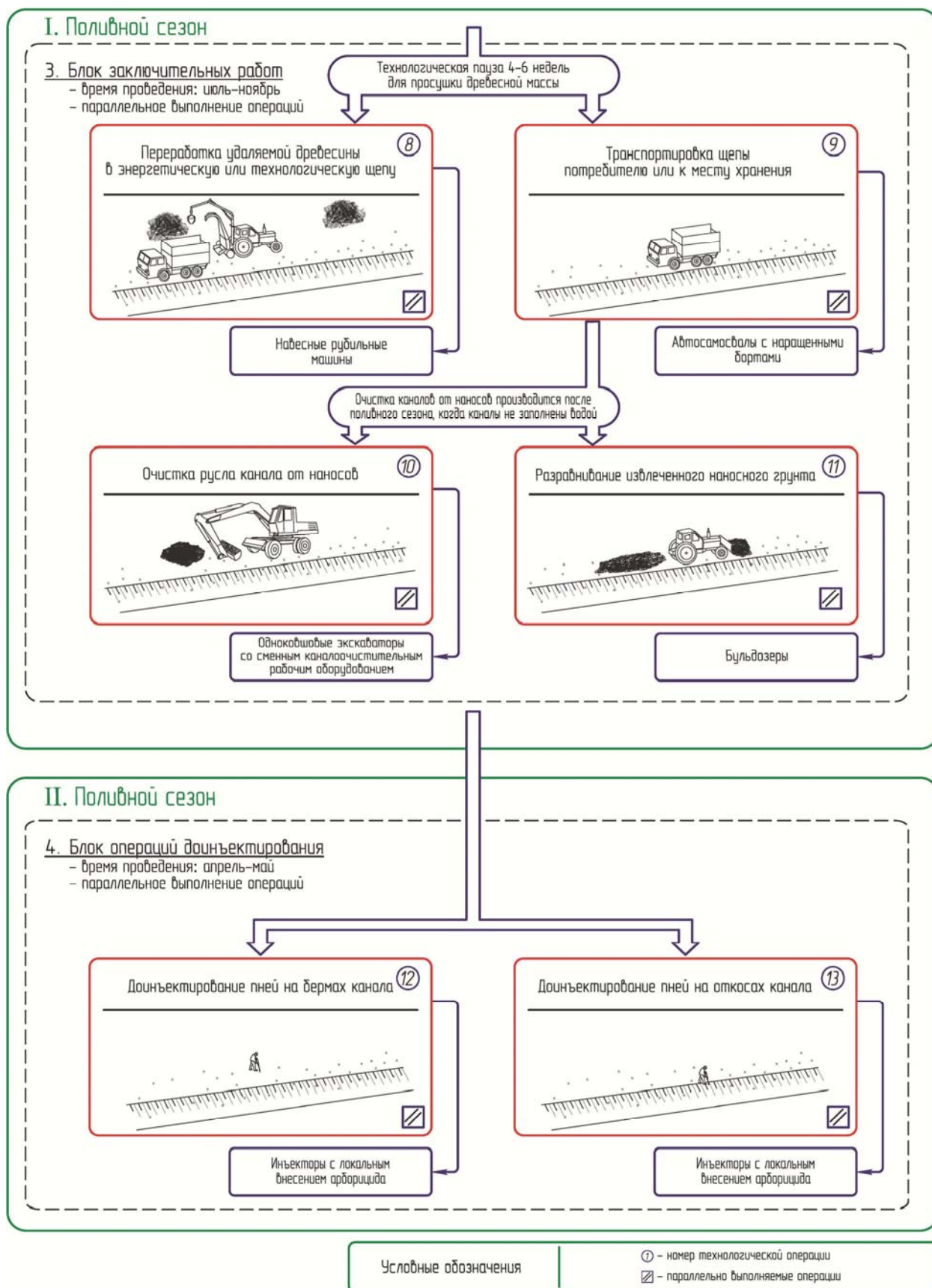


Рисунок 2.1 – (продолжение)

Сбор срезанного на берме кустарника и мелколесья в кучи производится с использованием подборщиков-собирателей срезанной растительности, имеющих специализированное рабочее оборудование для работы с древесно-кустарниковой массой.

Срезание древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на откосах каналов. При этом эффективно использовать универсальные телескопические кусторезы с активным дисковым пильным рабочим органом. Телескопическое оборудование таких кусторезов позволяет срезать кустарник, находящийся в труднодоступных местах на откосах канала.

Извлечение срезанной растительности из русла канала с последующим перемещением ее в сформированные кучи. При этом рекомендуется использовать подборщики-собиратели, оборудованные грейферным захватом.

Далее производятся две параллельные операции: *угнетение пней на бермах канала и угнетение пней на откосах канала.* Для работы на бермах наиболее эффективно использовать специализированные опрыскиватели, оснащенные навесным оборудованием, позволяющим производить локальное внесение арборицидной смеси. Для производства работ на откосах целесообразно применять ручное рабочее оборудование для локального инъектирования пней.

Между проведением операций блока основных работ необходимо выдерживать технологическую паузу в 1–3 суток, что способствует лучшему высыханию срезанной растительности.

Операции *блока заключительных работ* рекомендуется выполнять после технологической паузы (4–6 недель), следующей за основными работами.

После технологической паузы параллельно производятся операции *переработки удаляемой древесины в энергетическую или технологическую щепу и транспортировка щепы к потребителю или к месту хранения.* Переработка осуществляется с помощью навесных рубильных машин, транспортировка – автосамосвалами с наращенными бортами.

Очистка каналов от наносов должна производиться после поливного сезона, когда каналы не заполнены водой. При этом выполняются параллельные

операции *очистки русла канала от наносов одноковшовым экскаватором с каналочистительным оборудованием и разравнивание извлеченного наносного грунта бульдозером.*

На следующий год, в начале поливного сезона (апрель – май) необходимо произвести контроль качества угнетения древесно-кустарниковой растительности. Известно, что полное уничтожение срезанного кустарника практически невозможно и некоторые пни могут весной дать молодую поросль. Поэтому необходимо выполнить *блок операций доинъектирования*, включающий параллельные операции *доинъектирования пней на бермах и откосах канала*. Для выполнения данных работ эффективным является применение ручного рабочего оборудования для локального инъектирования пней.

Структурную модель усовершенствованной технологии, согласно [4, 136], можно представить в следующем виде:

$$T_{технол} = (O_1 \rightarrow O_2 \rightarrow O_3 \rightarrow O_4 \rightarrow O_5 \rightarrow (O_6 \parallel O_7) \rightarrow (O_8 \parallel O_9) \rightarrow (O_{10} \parallel O_{11}) \rightarrow (O_{12} \parallel O_{13})) C_R, \quad (2.1)$$

где $T_{технол}$ – усовершенствованная технология; O_1, O_2, \dots, O_{13} – соответствующие технологические операции; C_R – контроль качества.

При этом вероятность нормального функционирования технологического процесса можно записать в виде формулы [4, 68, 136]:

$$P_{вер.технол} = P_{вер.1} P_{вер.2} P_{вер.3} P_{вер.4} P_{вер.5} [1 - (1 - P_{вер.6})(1 - P_{вер.7})] \times [1 - (1 - P_{вер.8})(1 - P_{вер.9})] \times [1 - (1 - P_{вер.10})(1 - P_{вер.11})] \times [1 - (1 - P_{вер.12})(1 - P_{вер.13})] , \quad (2.2)$$

где $P_{вер.технол}, P_{вер.1}, P_{вер.2}, \dots, P_{вер.13}$ – вероятности нормального функционирования усовершенствованной технологии и составляющих ее операций.

Проведенный анализ технических средств показал, что разработано достаточное количество машин практически для всех операций усовершенствованной технологии, однако для локального угнетения пней эффективное оборудование пока отсутствует. В связи с этим необходимо

разработать современные конструкции устройств для локального внесения арборицидной смеси на пни.

2.2 Разработка конструктивно-технологической схемы устройства для локального внесения арборицидной смеси

Анализ существующих способов и оборудования для угнетения пней после срезания древесно-кустарниковой растительности [1, 2, 5, 8, 16, 122, 129, 131-135, 143] позволил выявить наиболее рациональные приемы и конструкции устройств для выполнения данной технологической операции. По нашему мнению оптимальным способом угнетения является использование механического воздействия на пень разрыхляющим рабочим органом с одновременным локальным внесением арборицидной смеси на срез пня. Данное сочетание позволит более эффективно использовать химический препарат, снижая тем самым его расход.

При разработке учитывалось, что необходимо оборудование, агрегируемое с распространенными тракторами, которое сможет осуществлять как сплошную обработку пней (при большой пнистости), так и локальную (при малой пнистости), при этом арборицид должен вноситься непосредственно на срез каждого пня. Также рабочий орган должен одновременно разрыхлять поверхность пня, а конструкцией должна быть предусмотрена возможность регулирования высоты установки рабочего органа. Рабочее оборудование должно выходить за пределы колеи трактора не более 0,5 м для возможности транспортировки по дорогам общего назначения. Арборицидная смесь должна под давлением подаваться к каждому рабочему органу [122, 133].

На основании вышеизложенного и в результате научного поиска была разработана новая конструкция устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни (рисунок 2.2).

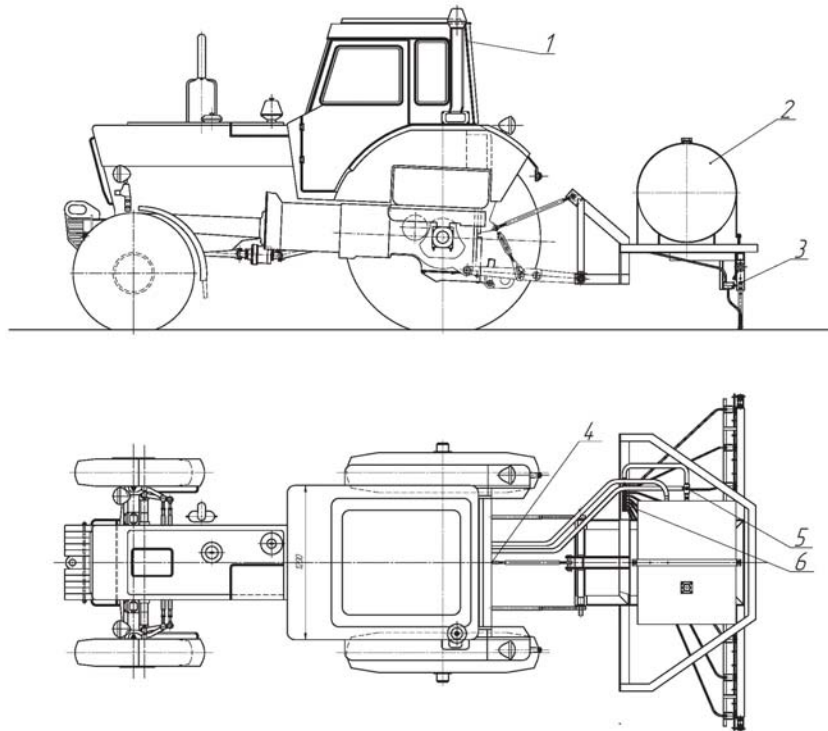


Рисунок 2.2 – Принципиальная схема навесного оборудования для локального внесения арборицидной смеси на пни:

- 1 – трактор; 2 – опрыскиватель; 3 – устройство для локального внесения арборицидной смеси на пни; 4 – насос; 5 – предохранительный клапан; 6 – коллектор

Технической задачей предлагаемой конструкции является снижение расхода арборицидной смеси за счет её локального внесения и повышение эффективности применения арборицида за счет одновременного повреждения поверхности среза пня, благодаря чему увеличивается его впитываемость [36].

Гидравлическая схема устройства для локального внесения арборицидной смеси представлена на рисунке 2.3.

Предлагаемое устройство для локального внесения арборицидной смеси на пни (рисунок 2.4) содержит раму опрыскивателя 1, на которой закреплена емкость 2 с арборицидной смесью. Снизу к раме опрыскивателя 1 жестко прикреплена рама устройства для угнетения пней 3. На раме 3 посредством осей 6 закреплены рабочие органы 9. Для возвращения рабочего органа 9 в исходное положение на оси 6 установлены две пружины кручения 7, один конец которых фиксируется у рабочего органа 9, а другой – у рамы 3. Пружины на оси фиксируются шайбой 8 и шплинтом.

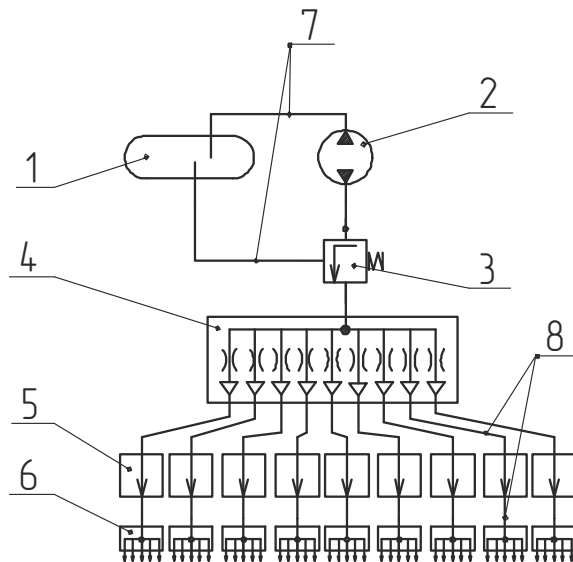


Рисунок 2.3 – Гидравлическая схема устройства:
 1 – бак; 2 – насос; 3 – предохранительный клапан; 4 – коллектор;
 5 – клапаны механического действия; 6 – рабочие органы;
 7 – гибкие трубопроводы; 8 – гибкие шланги

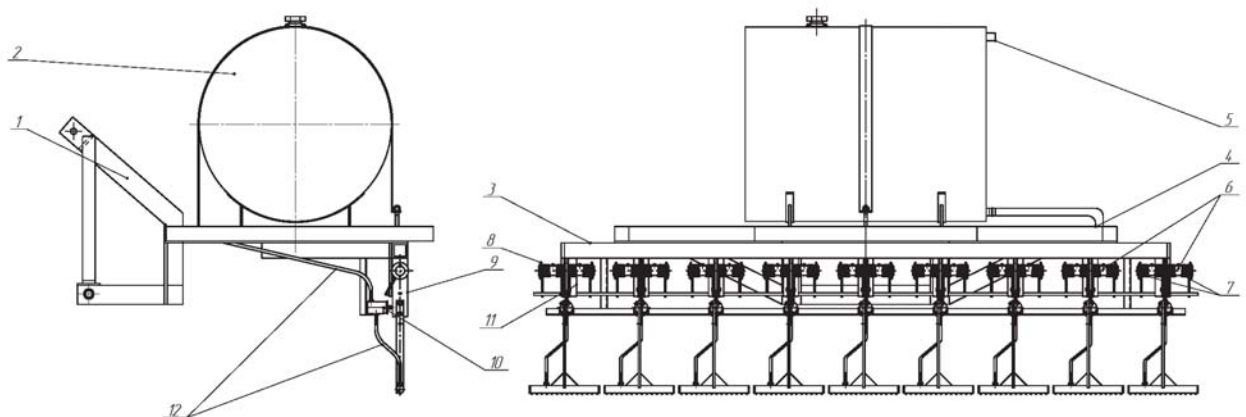


Рисунок 2.4 – Устройство для локального внесения арборицидной смеси:
 1 – рама опрыскивателя; 2 – емкость; 3 – рама устройства для угнетения пней;
 4 – коллектор; 5 – предохранительный клапан; 6 – ось; 7 – пружина; 8 – шайба;
 9 – рабочий орган; 10 – клапан; 11 – стопор; 12 – гибкие трубопроводы

Напротив каждого рабочего органа 9 установлен клапан 10, который срабатывает при отклонении рабочего органа в момент наезда его на пень. Когда рабочий орган, после прохождения пня, под действием пружин 7 возвращается в исходное положение, клапан 10 закрывается и жидкость перестает подаваться на пень. Для предотвращения ударных нагрузок на шток клапана 10 к раме устройства 3 жестко закреплен обрезиненный стопор 11.

Жидкость из емкости 2 при помощи насоса подается в коллектор 4, где

поток жидкости разветвляется и посредством пластиковых трубопроводов 12 подается к каждому клапану 10, а затем и к каждому рабочему органу 9. Между насосом и коллектором 4 установлен предохранительный клапан 5, который перекрывает подачу арборицидной смеси при избыточном давлении в трубопроводе.

Конструкция рабочего органа представлена на рисунке 2.5.

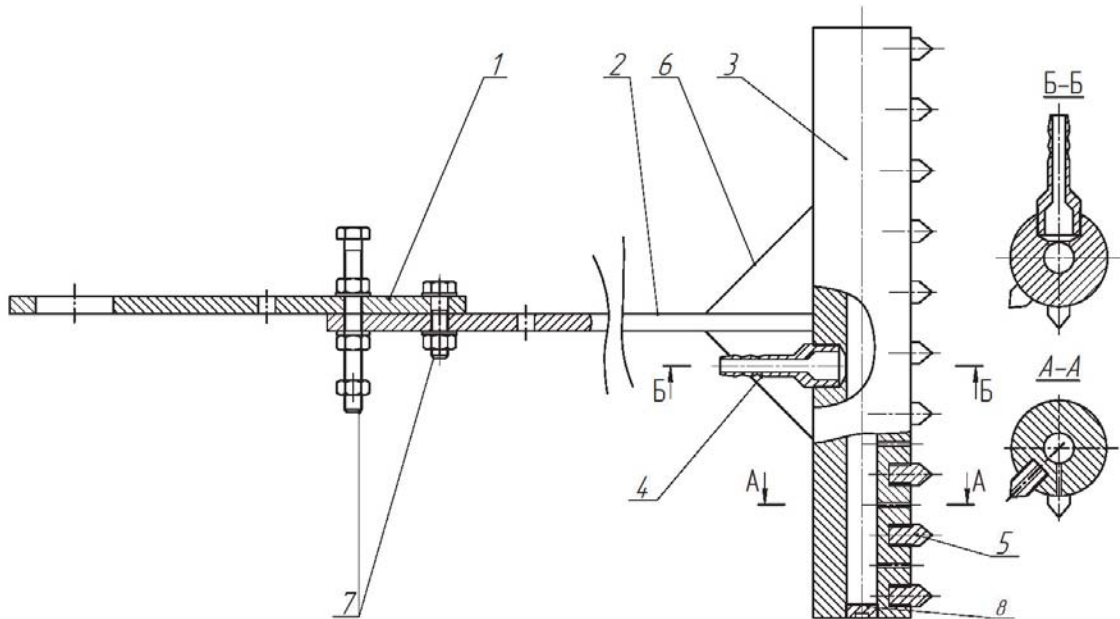


Рисунок 2.5 – Рабочий орган устройства:

1 – рукоятка; 2 – балка; 3 – разрыхляющий элемент; 4 – штуцер; 5 – зубья;
6 – косынка; 7 – болты; 8 – заглушка

Рабочий орган устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни состоит из рукоятки 1 и штанги 2, жестко соединенных между собой болтами 7. Данная конструкция позволяет изменять длину рабочего органа (за счет перестановки болтового соединения в соответствующие отверстия) в зависимости от условий работы. При большой высоте пня длина рабочего органа уменьшается, при малой – увеличивается. К балке 2 приварен разрыхляющий элемент 3, который осуществляет одновременную подачу арборицида и нарушение (разрыхление) поверхности пня.

Для придания жесткости конструкции к рукоятке и разрыхляющему элементу приварены косынки. В разрыхляющий элемент 3 вкручивается штуцер 4, через который жидкость попадает в полую область разрыхляющего элемента.

Также в разрыхляющий элемент вкручиваются зубья 5 осуществляющие механическое повреждение поверхности пня.

Устройство для локального внесения арборицидной смеси на пни работает следующим образом (рисунок 2.6).

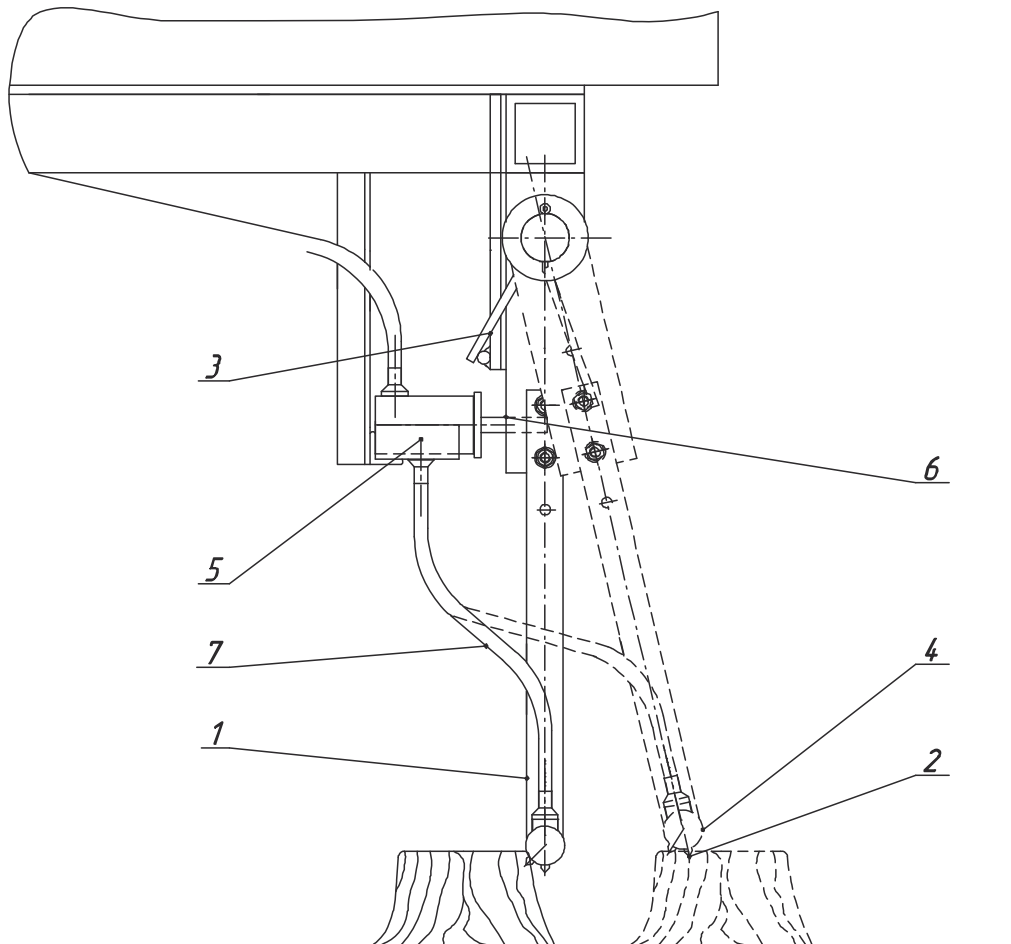


Рисунок 2.6 – Схема работы устройства:

- 1 – штанга; 2 – зубья; 3 – пружина; 4 – разрыхляющий элемент; 5 – клапан; 6 – шток;
7 – гибкий трубопровод

Устройство агрегируется вместе с опрыскивателем и навешивается на заднюю навеску трактора. В начале работы навеска трактора с агрегатом устанавливается чуть ниже вершины пня. В этом положении клапан 5 находится в запертом положении. В начале движения трактора с устройством для локального внесения арборицидной смеси на пни штанга 1 с разрыхляющим элементом 4 находятся в строго горизонтальном положении. При движении трактора по берме облицованного канала и встрече разрыхляющего элемента 4 с пнем зубья 2 начинают разрыхлять поверхность пня. Одновременно с этим штанга начинает

отклоняться назад, сжимая пружину 3. При этом шток клапана 6 под давлением, создаваемым насосом, начинает перемещаться в сторону штанги, тем самым, открывая перепускные отверстия. Под давлением жидкость из коллектора поступает в клапан 5, а затем по гибкому трубопроводу 7 она попадает в разрыхляющий элемент 4, где через небольшие отверстия распределяется по всей поверхности пня. Это позволяет наносить смесь на разрыхленную поверхность пня, которая обладает лучшей впитываемостью.

После прохождения разрыхляющего элемента с зубьями через пень штанга под действием двух пружин 3 возвращается в исходное положение, при этом возвращая в исходное положение и шток клапана 6. При этом перекрываются перепускные отверстия, и прекращается подача жидкости в разрыхляющий элемент.

Предлагаемое устройство повышает эффективность биологического воздействия арборицидной смеси за счет нанесения механических повреждений пням в процессе их обработки и соответственно лучшего проникновения смеси в тело пня, позволяет сократить её расход, снижает загрязнение окружающей среды химическими препаратами.

2.3 Теоретическое обоснование конструкционных параметров устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни

Ввиду того, что новая конструкция устройства для локального внесения арборицидной смеси имеет ряд существенных конструктивных и технологических особенностей, необходимы теоретические и экспериментальные исследования предложенного устройства. В связи с этим за объект исследований устройства будет принят процесс взаимодействия рабочего органа с поверхностью пня с учетом следующих конструктивных параметров:

b_z – ширина захвата, м;

S – расстояние между разрыхляющими элементами, м;

z – число разрыхляющих элементов, шт.;

l_{po} – длина разрыхляющего элемента, м;

d_{po} – диаметр разрыхляющего элемента, м;

n_p – количество выходных отверстий разрыхляющего элемента, шт.;

n_z – число зубьев на разрыхляющем элементе, шт.;

$Q_{ж}$ – необходимый расход рабочей жидкости, л/мин;

Q_f – фактический расход жидкости, л/га.

2.3.1 Обоснование ширины захвата устройства и основных параметров разрыхляющего элемента

К числу основных параметров устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни относят ширину захвата, которую определяют по условию свободного прохода базовой машины и устройства вдоль бермы канала. При этом устройство должно обрабатывать участок бермы такой ширины, чтобы обеспечить беспрепятственный доступ эксплуатационной техники к руслу канала для выполнения последующих операций.

Рассмотрим формулу для определения ширины захвата кустарниковых грабель, предложенную И.И. Мер [102]:

$$b_z \geq b_{\delta} + 2 \cdot b_{зан}, \quad (2.3)$$

где b_{δ} – ширина базовой машины, м; $b_{зан}$ – запас от края гусеницы до вертикальной стенки рабочего органа, м, $b_{зан} = 0,25 \dots 0,3$ м.

Ширина базовой машины составляет:

$$b_{\delta} = b_{кол} + b_2, \quad (2.4)$$

где $b_{кол}$ – ширина колеи, м; b_2 – ширина гусеницы, м.

При работе на открытых оросительных каналах устройство для локального внесения арборицидной смеси должно обеспечивать не только беспрепятственный проход базовой машины, но и обработку пней расположенных у самой бровки канала. Также необходимо учесть, что по условиям техники безопасности при ремонте и уходе за каналами минимально допустимое расстояние хода трактора до бровки канала $l_{дон}$ должно составлять не менее 0,5 м.

Поэтому примем, что $b_{зан} = l_{дон}$ и, подставив (2.3) в выражение (2.4) и преобразовав в соответствии со схемой (рисунок 2.7), получим формулу для определения предварительной ширины захвата устройства для локального внесения арборицидной смеси:

$$b_{з\text{пред}} = b_{\text{колеи}} + b_{\text{колеса}} + 2 \cdot l_{\text{дон}}, \quad (2.5)$$

где $b_{\text{колеи}}$ – ширина колеи базовой машины, м; $b_{\text{колеса}}$ – ширина колеса, м.

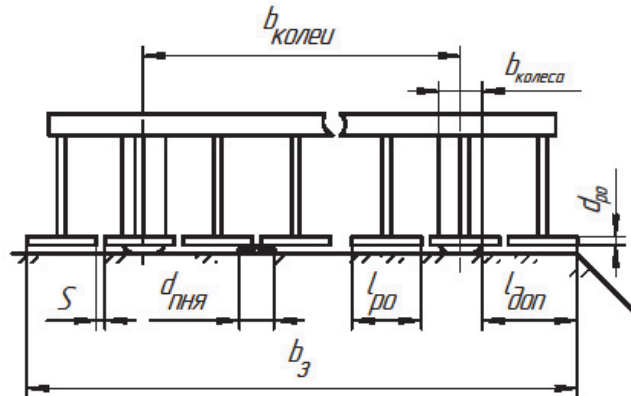


Рисунок 2.7 – Схема для определения основных параметров устройства для локального внесения арборицидной смеси

Фактическую ширину захвата устройства определим, после того как будет установлено действительное число разрыхляющих элементов и расстояние между ними.

Необходимо отметить, что средний диаметр пней на бермах мелиоративных каналов составляет 20...30 мм [20], поэтому качество обработки участка будет зависеть от расстояния между разрыхляющими элементами S и расположения пней на участке. Как видно из схемы (рисунок 2.7) устройство не сможет обеспечить обработку пней при диаметре пня $d_{\text{пня}} < S$. Поэтому для более эффективной работы устройства для локального внесения арборицидной смеси необходимо, чтобы расстояние между разрыхляющими элементами было как можно меньше, и в то же время не мешало перемещению разрыхляющих элементов по заданной траектории. В связи с этим:

$$S < d_{\text{ср.пня}}, \quad (2.6)$$

где $d_{\text{ср.пня}}$ – средний диаметр пней находящихся на обрабатываемом участке, м.

Согласно схеме (рисунок 2.7) ширина захвата устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни составляет:

$$b_3 = z \cdot l_{po} + (z-1) \cdot S, \quad (2.7)$$

где l_{po} – длина одного разрыхляющего элемента, м; z – число разрыхляющих элементов, шт.

Примем $b_3 = b_{3_{перед}}$ и, преобразуя данное выражение получим:

$$z = \frac{b_{3_{перед}} + S}{l_{po} + S}, \quad (2.8)$$

Подставив (2.5) и (2.6) в полученное выражение (2.8) и преобразовав его, получим формулу для определения числа разрыхляющих элементов на устройстве:

$$z = \frac{(b_{колеи} + b_{колеса} + 2 \cdot l_{дон}) + S}{l_{po} + S}, \quad (2.9)$$

Длина разрыхляющего элемента согласно схеме (рис. 2.7) составляет:

$$l_{po} = \frac{b_{3_{перед}} - (z-1) \cdot S}{z}, \quad (2.10)$$

Подставив выражение (2.5) в выражение (2.10), определим длину разрыхляющего элемента:

$$l_{po} = \frac{(b_{колеи} + b_{колеса} + 2 \cdot l_{дон}) - (z-1) \cdot S}{z}, \quad (2.11)$$

Объединив выражение (2.9) и (2.11) в систему уравнений найдем число и длину разрыхляющих элементов:

$$\begin{cases} z = \frac{(b_{колеи} + b_{колеса} + 2 \cdot l_{дон}) + S}{l_{po} + S} \\ l_{po} = \frac{(b_{колеи} + b_{колеса} + 2 \cdot l_{дон}) - (z-1) \cdot S}{z} \end{cases}, \quad (2.12)$$

Полученное значение числа разрыхляющих элементов z округляем до ближайшего большего целого числа, которое будет равно действительному числу разрыхляющих элементов $z_{д}$.

Получив действительное число разрыхляющих элементов z_D и расстояние между ними S , используя выражение (2.12) определяем фактическую ширину захвата устройства:

$$b_{z.факт} = z_D \cdot l_{po} + (z_D - 1) \cdot S, \quad (2.13)$$

Зная длину разрыхляющего элемента l_{po} и его конструкцию, определим количество зубьев, их расположение и геометрическую форму, количество выходных отверстий, их диаметр и расположение.

Для определения расположения зубьев и их количества рассмотрим схему работы рабочего органа (рисунок 2.8) и схему взаимодействия разрыхляющих элементов с пнями (рисунок 2.9).

Из рисунка 2.8 видно, что при взаимодействии с пнем расположение зубьев разрыхляющего элемента должно быть в 2 ряда. Первый ряд должен располагаться перпендикулярно внутреннему полному отверстию, а второй ряд находиться под углом β к первому. Угол расположения рядов зубьев β , а также угол заострения самих зубьев γ определяются экспериментальным путем.

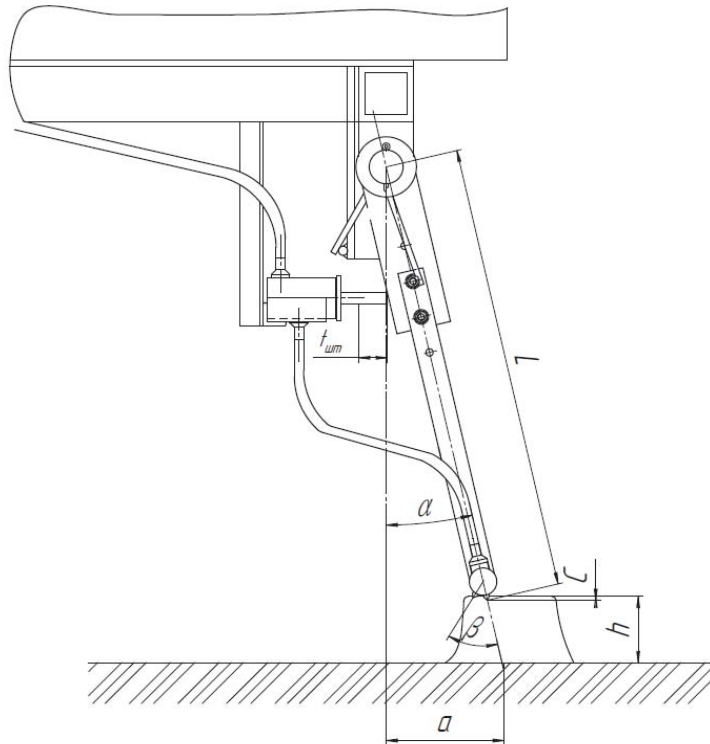


Рисунок 2.8 – Схема работы рабочего органа

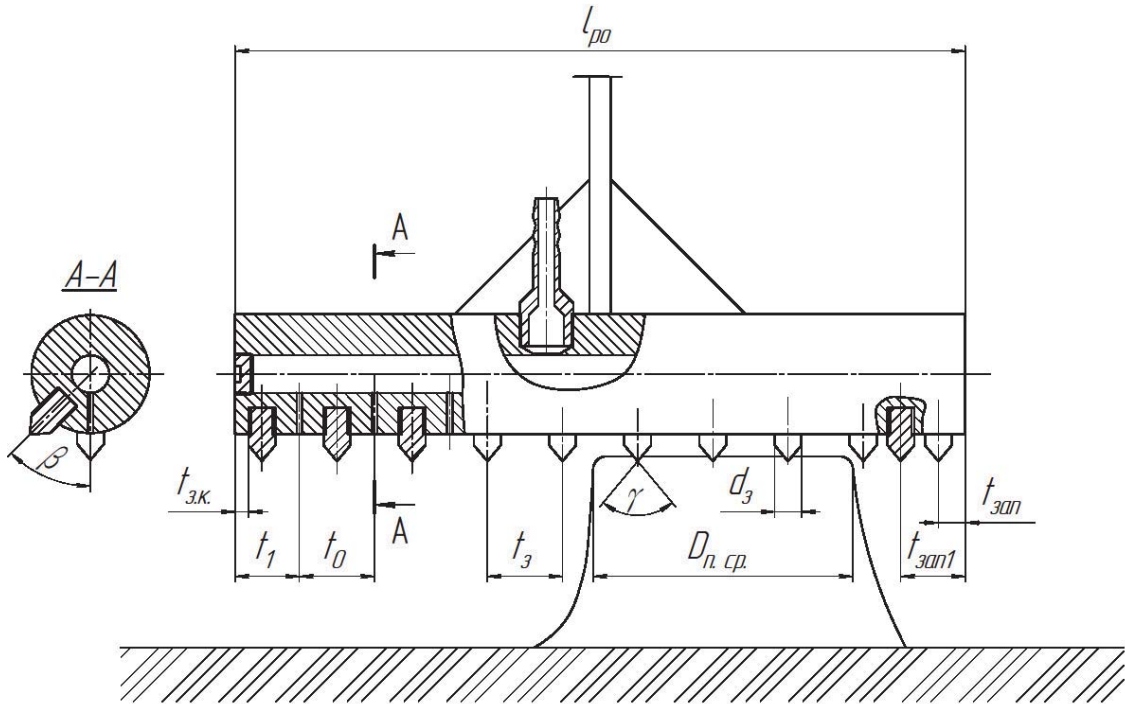


Рисунок 2.9 – Схема для определения основных параметров разрыхляющего элемента

Расположение зубьев разрыхляющего элемента должно быть таким, чтобы при работе зубья осуществляли разрыхление всех пней попавших под действие рабочего органа (за исключением кустарника диаметром 1-8 мм). В связи с этим зубья целесообразно расположить в шахматном порядке с шагом между зубьями одного ряда t_3 . При этом второй ряд зубьев будет располагаться посередине между зубьями первого ряда.

Так как зубья в обоих рядах находятся на расстоянии $t_3 / 2$ друг от друга (рисунок 2.9), и это расстояние должно быть меньше среднего диаметра пней на берме канала, то шаг между зубьями t_3 можно определить из неравенства:

$$\frac{t_3}{2} < d_{ср. пня} \quad (2.14)$$

Длина разрыхляющего элемента определяется по формуле:

$$l_{po} = (n_{з1} - 1) \cdot t_3 + 2 \cdot t_{зан}, \quad (2.15)$$

где $n_{з1}$ – число зубьев первого ряда, шт.; t_3 – шаг между зубьями одного ряда, шт.;

$t_{зан}$ – расстояние от края разрыхляющего элемента до центра первого зуба, м.

$$t_{zan} = \frac{d_3}{2} + t_{3.к}, \quad (2.16)$$

где d_3 – диаметр зуба разрыхляющего элемента, м; $t_{3.к}$ – расстояние от начала трубки до начала зуба, м.

Значения d_3 и $t_{3.к}$ принимаются, исходя из конструктивных особенностей, равными $d_3 = 0,01$ м; $t_{3.к} = 0,005$ м.

Число зубьев первого ряда n_{31} определяется из формулы 2.15:

$$n_{31} = \frac{l_{po} - 2 \cdot t_{zan}}{t_3} + 1. \quad (2.17)$$

Подставив в выражение 2.17 формулу 2.15, получим:

$$n_{31} = \frac{l_{po} - 2 \cdot \left(\frac{d_3}{2} + t_{3.к} \right)}{t_3} + 1. \quad (2.18)$$

Число зубьев второго ряда n_{32} (согласно рисунку 2.9) найдем по формуле:

$$n_{32} = \frac{l_{po} - 2 \cdot t_{zan1}}{t_3} + 1, \quad (2.19)$$

где t_{zan1} – расстояние от края разрыхляющего элемента до центра первого зуба второго ряда, м.

$$t_{zan1} = \frac{d_3}{2} + t_{3.к} + \frac{t_3}{2}. \quad (2.20)$$

Подставив выражения 2.15 и 2.20 в формулу 2.19, получим:

$$n_{32} = \frac{l_{po} - 2 \cdot \left(\frac{d_3}{2} + t_{3.к} + \frac{t_3}{2} \right)}{t_3} + 1. \quad (2.21)$$

Общее количество зубьев n_3 на одном разрыхляющем элементе:

$$n_3 = n_{31} + n_{32}. \quad (2.22)$$

Полное количество зубьев n_{30} на устройстве для угнетения пней:

$$n_{30} = n_3 \cdot z. \quad (2.23)$$

Отверстия, через которые арборицидная смесь будет поступать на пни,

расположим в один ряд, посередине между зубьями первого ряда разрыхляющего элемента (рисунок 2.9). При этом шаг расстановки отверстий выберем таким же, как и для зубьев. Это сделано для того, чтобы улучшить смачивание пней.

$$t_o = t_3. \quad (2.24)$$

Количество выходных отверстий n_o одного разрыхляющего элемента определим по формуле:

$$n_o = \frac{l_{po} - 2 \cdot t_1}{t_o} + 1, \quad (2.25)$$

где t_1 – расстояние от края разрыхляющего элемента до центра первого выходного отверстия, м.

$$t_1 = \frac{d_3}{2} + t_{3.к} + \frac{t_3}{2}. \quad (2.26)$$

Подставив значения 2.26 и 2.15 в формулу 2.25, получим:

$$n_o = \frac{l_{po} - 2 \cdot \left(\frac{d_3}{2} + l_{3.к} + \frac{t_3}{2} \right)}{t_o} + 1 = \frac{l_{po} - d_3 - 2 \cdot l_{3.к} - t_3}{t_o} + 1. \quad (2.27)$$

Общее количество отверстий на всех разрыхляющих элементах устройства:

$$N_{омв} = n_o \cdot z. \quad (2.28)$$

Подставив 2.27 в формулу 2.28, получим:

$$N_{омв} = \left(\frac{l_{po} - d_3 - 2 \cdot l_{3.к} - t_3}{t_o} + 1 \right) \cdot z. \quad (2.29)$$

При встрече с пнем рабочий орган начинает его разрыхлять и отклоняется на угол α (рисунок 2.8). Этот угол зависит от высоты пня и длины рабочего органа. Чем больше высота пня, тем на больший угол произойдет отклонение рабочего органа.

Угол отклонения рабочего органа от исходного положения, согласно схеме, представленной на рисунке 2.10, определим по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{L + \left(\frac{(h - C)}{\cos \alpha} \right)}, \quad (2.30)$$

где a – расстояние от начального положения до оси симметрии рабочего органа во время прохождения пня, м; L – расстояние от центра поворота рабочего органа до вершины зуба разрыхляющего элемента, м; h – высота пня, м; C – глубина разрыхления пня рабочим органом, м.

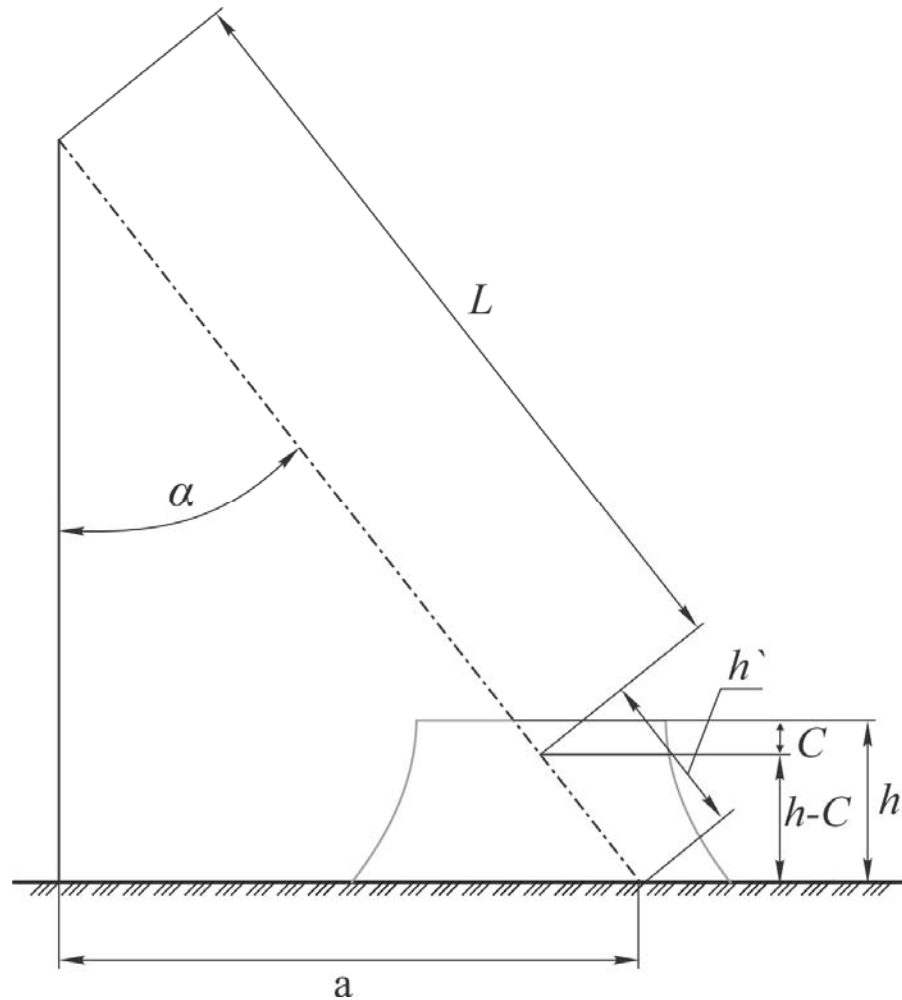


Рисунок 2.10 – Схема для определения угла отклонения рабочего органа от исходного положения

Так как на участках каналов высота среза пней может отличаться из-за небольших неровностей бермы канала, то необходимо брать среднюю высоту срезания пней.

Из формулы 2.30 можно выразить глубину разрыхления пня рабочим органом:

$$C = h - \left(\frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} - L \right) \cdot \cos \alpha. \quad (2.31)$$

2.3.2 Определение расхода рабочей жидкости

Основными параметрами для расчета устройства для угнетения пней являются: концентрация раствора K , %; норма расхода Q_n , л/га; требуемый минутный расход рабочей жидкости q , л/мин; расход рабочей жидкости через одно выходное отверстие разрыхляющего элемента Q_o , л/мин; ширина захвата устройства B , м; скорость движения устройства v , км/ч; производительность (подача) насоса $Q_{нас}$, л/мин; мощность насоса N , кВт; время опорожнения бака T , мин.

Расход жидкости Q_o через одно выходное отверстие разрыхляющего элемента определим по формуле [31], л/мин:

$$Q_o = 0,06 \cdot f_c \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (2.32)$$

где f_c – площадь одного выходного отверстия разрыхляющего элемента, мм²; 0,06 – коэффициент размерности; μ – коэффициент расхода, $\mu = 0,2$; g – ускорение свободного падения, $g = 9,81$ м/с²; H – напор при входе жидкости в выходном отверстии разрыхляющего элемента, м. вод ст.

Площадь выходного отверстия разрыхляющего элемента определим по формуле:

$$f_c = \pi \cdot R^2, \quad (2.33)$$

где R – радиус выходного отверстия разрыхляющего элемента, мм.

Радиус одного выходного отверстия разрыхляющего элемента:

$$R = \frac{d_o}{2}, \quad (2.34)$$

где d_o – диаметр одного выходного отверстия, мм.

Тогда площадь выходного отверстия разрыхляющего элемента:

$$f_c = \pi \cdot \left(\frac{d_o}{2} \right)^2. \quad (2.35)$$

Тогда расход жидкости через одно выходное отверстие разрыхляющего элемента будет равен:

$$Q_o = 0,06 \cdot \pi \cdot \left(\frac{d_o}{2}\right)^2 \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} = 0,015 \cdot \pi \cdot d_o^2 \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} . \quad (2.36)$$

Так как количество выходных отверстий на одном разрыхляющем элементе n_o , то расход рабочей жидкости разрыхляющего элемента определим по формуле:

$$Q_{po} = Q_o \cdot n_o = 0,015 \cdot \pi \cdot d_o^2 \cdot \mu \cdot n_o \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} . \quad (2.37)$$

Расход рабочей жидкости устройством для угнетения пней через все выходные отверстия всех разрыхляющих элементов при сплошной обработке бермы канала можно определить по формуле:

$$Q_y = Q_o \cdot N_{отв} , \quad (2.38)$$

Подставим в формулу 2.38 выражения 2.36 и 2.29:

$$Q_y = 0,015 \cdot \pi \cdot d_o^2 \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \cdot \left(\frac{l_{po} - d_3 - 2 \cdot t_{3,к} - t_3}{t_o} + 1 \right) \cdot z . \quad (2.39)$$

Исходя из расположений пней на берме канала (рисунок 2.11), можно сделать вывод о том, что одновременно при работе устройства работают не все разрыхляющие элементы. Поэтому при расчетах расхода рабочей жидкости устройством необходимо учесть количество срабатывающих разрыхляющих элементов, время их работы, время запоздания при открытии клапана.

Расход рабочей жидкости устройством (л/мин) при обработке бермы канала определяется по формуле:

$$Q = Q_y \cdot K_{po} = 0,015 \cdot \pi \cdot d_o^2 \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \cdot \left(\frac{l_{po} - d_3 - 2 \cdot l_{3,к} - t_3}{t_o} + 1 \right) \cdot z \cdot K_{po} , \quad (2.40)$$

где K_{po} – коэффициент, учитывающий количество срабатывающих разрыхляющих элементов, время их работы, время запоздания при открытии клапана (определяется в зависимости от производственных условий экспериментальным путем).

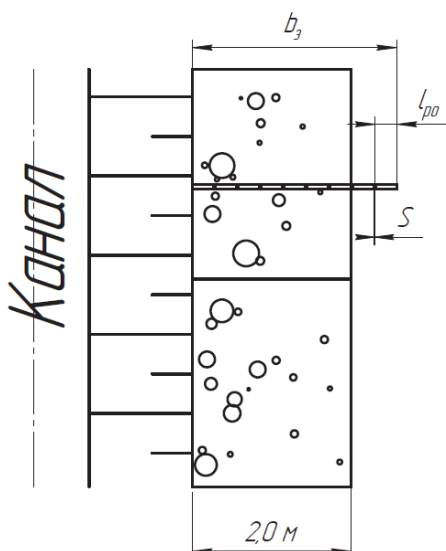


Рисунок 2.11 – Схема расположения пней на берме канала

Расход рабочей жидкости зависит: от давления в магистрали, от количества и диаметра выходных отверстий; скорости передвижения агрегата и рабочей ширины захвата. С учетом перечисленных факторов требуемый минутный расход рабочей жидкости, согласно [31], определяется по формуле:

$$Q = \frac{Q_n \cdot b_3 \cdot v}{600}, \quad (2.41)$$

где Q – потребный расход жидкости при обработке бермы канала, л/мин; b_3 – ширина рабочего захвата устройства, м; v – скорость движения агрегата, км/ч.

Тогда, норму расхода рабочей жидкости Q_n , л/га устройством для угнетения пней выразим из формулы 2.41:

$$Q_n = \frac{600 \cdot Q}{b_3 \cdot v}. \quad (2.42)$$

Подставив в формулу 2.42 выражение 2.40, получим:

$$Q_n = \frac{9 \cdot \pi \cdot d_o^2 \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \cdot \left(\frac{l_{po} - d_3 - 2 \cdot l_{3.к} - t_3}{t_o} + 1 \right) \cdot z \cdot K_{po}}{b_3 \cdot v}. \quad (2.43)$$

2.3.3 Подбор насоса для подачи рабочей жидкости

Зная потребный расход жидкости устройством можно определить

производительность (подачу) насоса. Подача насоса $Q_{нас}$ должна быть больше или равна потребному расходу устройства Q :

$$Q_{нас} \geq Q. \quad (2.44)$$

Для работы устройства локального внесения арборицидной смеси на пни целесообразно выбрать мембранно-поршневой насос.

Для насосов характерна пульсирующая подача жидкости. Степень пульсации оценивается коэффициентом пульсаций k_n , который определяется по формуле:

$$k_n = \frac{Q_{max} - Q_{min}}{Q_{max}}, \quad (2.45)$$

где Q_{max} – максимальная подача жидкости, л/мин; Q_{min} – минимальная подача жидкости, л/мин.

Полный КПД поршневого насоса определяется по формуле:

$$\eta = \eta_z \cdot \eta_o \cdot \eta_m, \quad (2.46)$$

где η_z – гидравлический КПД, характеризующий гидравлическое сопротивление; η_o – объемный КПД, характеризующий утечку через неплотности; η_m – механический КПД, учитывающий трение.

Мощность поршневого насоса рассчитывается по формуле:

$$N = \frac{p \cdot Q_o}{6 \cdot 10^7 \cdot \eta}, \quad (2.47)$$

где p – давление в напорной сети, Па; Q_o – действительная подача жидкости насосом, л/мин.

Для предотвращения избыточного давления в системе необходимо установить редуционно-предохранительный блок.

2.3.4 Определение времени опорожнения и числа заправок резервуара

В качестве резервуара используется пластиковая бочка, в верхней части которой делается горловина.

Время опорожнения резервуара определяется по формуле:

$$T = \frac{600 \cdot V}{Q_n \cdot b_3 \cdot v} + \frac{t_1 \cdot (n - 1)}{60}, \quad (2.48)$$

где T – время опорожнения резервуара опрыскивателя, мин; V – вместимость резервуара, л; t_1 – время поворота, с; n – количество рабочих проходов для опорожнения одного резервуара находят по формуле:

$$n = \frac{10000 \cdot V}{Q_n \cdot b_3 \cdot L_2}, \quad (2.49)$$

где L_2 – длина гона, м.

Тогда, подставив в формулу времени опорожнения резервуара выражение 2.49, получим:

$$T = \frac{600 \cdot V}{Q_n \cdot b_3 \cdot v} + \frac{t_1 \cdot \left(\frac{10000 \cdot V}{Q_n \cdot b_3 \cdot L_2} - 1 \right)}{60}. \quad (2.50)$$

Число заправок резервуара устройства для локального внесения арборицидной смеси за смену определим по формуле:

$$n_{запр} = \frac{T_{см}}{T + T_{запр}} = \frac{T_{см}}{\left(\frac{600 \cdot V}{Q_n \cdot b_3 \cdot v} + \frac{t_1 \cdot \left(\frac{10000 \cdot V}{Q_n \cdot b_3 \cdot L_2} - 1 \right)}{60} \right) + T_{запр}}, \quad (2.51)$$

где $T_{см}$ – продолжительность 1 смены, мин; $T_{запр}$ – продолжительность одной заправки резервуара устройства для локального внесения арборицидной смеси, мин.

2.3.5 Производительность устройства

Производительность устройства для локального внесения арборицидной смеси зависит от ширины захвата, скорости его движения, технического состояния и организации работы.

Техническая производительность $П_m$, га/ч, определяется по формуле:

$$P_m = 0,1 \cdot b_3 \cdot v_p, \quad (2.52)$$

где b_3 – ширина захвата устройства, м; v_p – рабочая скорость движения устройства, км/ч.

Эксплуатационная производительность $P_э$ определяется по формуле:

$$P_э = 0,1 \cdot b_3 \cdot v_p \cdot K_э, \quad (2.53)$$

где $K_э$ – коэффициент перехода от технической к эксплуатационной производительности.

Сменная производительность $P_{см}$ определяется по формуле:

$$P_{см} = 0,1 \cdot b_3 \cdot v_p \cdot T_{см} \cdot K_э \cdot K_{см}, \quad (2.54)$$

где $T_{см}$ – продолжительность смены, ч; $K_{см}$ – коэффициент использования времени смены.

2.4 Разработка устройства инъекционного типа для локального угнетения пней

Для выполнения операций 7, 12, 13 усовершенствованной технологии очистки оросительных каналов (см. рисунок 2.1) нами предлагается специальное рабочее оборудование, которое представляет собой устройство инъекционного типа для локального угнетения пней (рисунок 2.12). Оно состоит из пяти основных элементов: инжектора 1, насоса ручного 2, бака 3, двух обратных клапанов 4 и соединительного шланга 5 [37].

Инжектор (рисунок 2.13) состоит из корпуса 11, шайбы упорной 5 и насадки 3, соединяющихся с помощью резьбы. Внутри корпуса 11 установлена пружина сжатия 12 упирающаяся нижним концом в шайбу упорную 9, а верхним в перегородку, выполненную в корпусе 11. Внутри шайбы упорной 5 установлен манжет 7, который прижимается гайкой 6. Манжет предназначен для герметичного отделения полостей корпуса 11 и насадки 3, в которой установлены наконечник 2 и поршень 4, соединяющиеся с помощью резьбы. Наконечник 2 и

поршень 4 ввинчен в шайбу упорную 9. На наружной поверхности корпуса 11 выполнена проточка, в которую укладывается трубка 13, нижним концом упирающуюся в прокладку 8, установленную в шайбе упорной 5, а верхним концом крепящуюся к обратному клапану 14 с помощью гайки 16. Поверх корпуса 11 установлена шайба ударная 10, которая является подвижной частью узла.

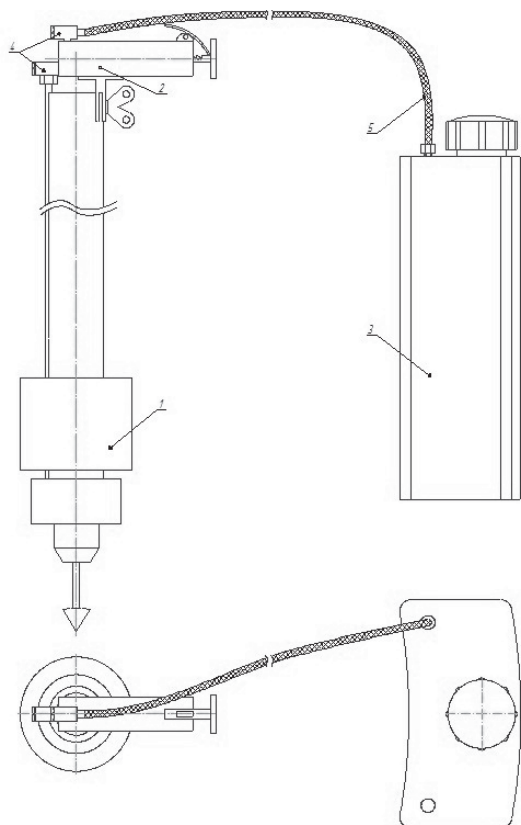


Рисунок 2.12 – Устройство инъекционного типа для локального угнетения пней:

- 1 – иньектор;
- 2 – насос ручной;
- 3 – бак;
- 4 – обратные клапаны;
- 5 – соединительный шланг

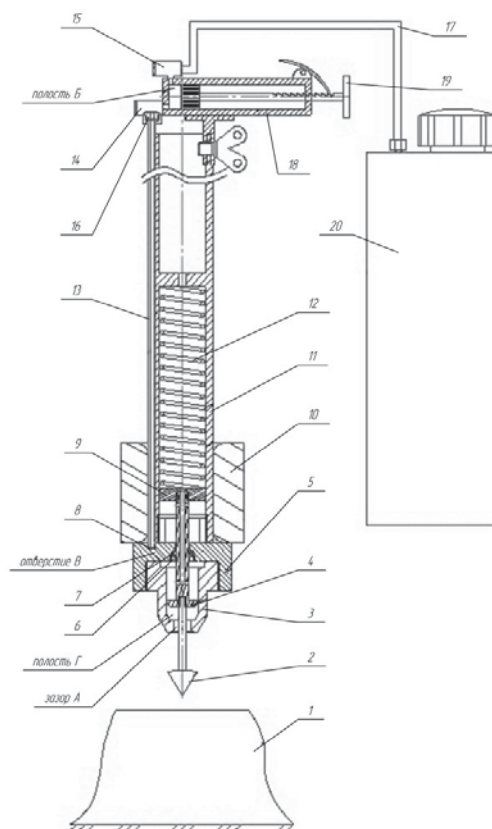


Рисунок 2.13 – Конструкция иньектора:

- 1 – пень; 2 – наконечник; 3 – насадка; 4 – поршень; 5 – шайба упорная; 6 – гайка; 7 – манжет; 8 – прокладка; 9 – шайба упорная; 10 – шайба ударная; 11 – корпус; 12 – пружина; 13 – трубка; 14, 15 – клапаны обратные; 16 – гайка; 17 – соединительный шланг; 18 – насос; 19 – шток; 20 – бак

Оборудование для локального угнетения пней работает следующим образом. Оператор, расположив иньектор в вертикальном положении над пнем 1, держа его в левой руке за корпус 4, устанавливает наконечник 2 на пень (ориентируясь на центр пня 1) и начинает давить на оборудование рукой сверху

вниз. После этого пружина 12 начинает сжиматься, а корпус 11, шайба упорная 5 и шайба ударная 10 начинают перемещаться вниз, прижимая насадку 3 к наконечнику 2 и перекрывая зазор А.

Затем оператор начинает перемещать шток 19 насоса 18 на себя, в результате чего в полости Б насоса 18 создается разрежение и открывается клапан 15. При этом из бака 20 по присоединительному шлангу 17 в полость Б насоса 18 переливается арборицидная смесь.

Далее оператор перемещает шток 19 насоса 18 в обратном направлении (от себя), в результате чего клапан 15 закрывается, а клапан 14 открывается и арборицидная смесь из полости Б насоса 18 через клапан 14, трубку 13 и отверстие В, выполненное в шайбе упорной 5, попадает в полость Г насадки 3.

Затем оператор поднимает шайбу ударную 10 в верхнее положение и отпускает ее, в результате чего она перемещается вниз, скользя по корпусу 11, и ударяет по шайбе упорной 5, что приводит к проникновению наконечника 2 с насадкой 3 в тело пня 1. После прекращения вертикального воздействия оператора на иньектор, под действием внутренних сил пружина 12 начинает разжиматься, вследствие чего корпус 11, шайба упорная 5, шайба ударная 10 начинают перемещаться вверх, вытесняя тем самым поршнем 4 из полости В насадки 3 на поверхность пня 1 арборицидную смесь.

Технологическая схема операции доиньектирования пней представлена на рисунке 2.14.

Оператор при работе с иньектором для локального угнетения пней затрачивает незначительные усилия на то, чтобы внедрить наконечник иньектора в тело пня. Конструкцией устройства предусмотрена возможность регулирования дозы подачи арборицидной смеси за счет нанесения шкалы подаваемого объема на штоке насоса. Также необходимо заметить, что работы по угнетению пней данным устройством удобно проводить как на бермах, так и на откосах каналов.

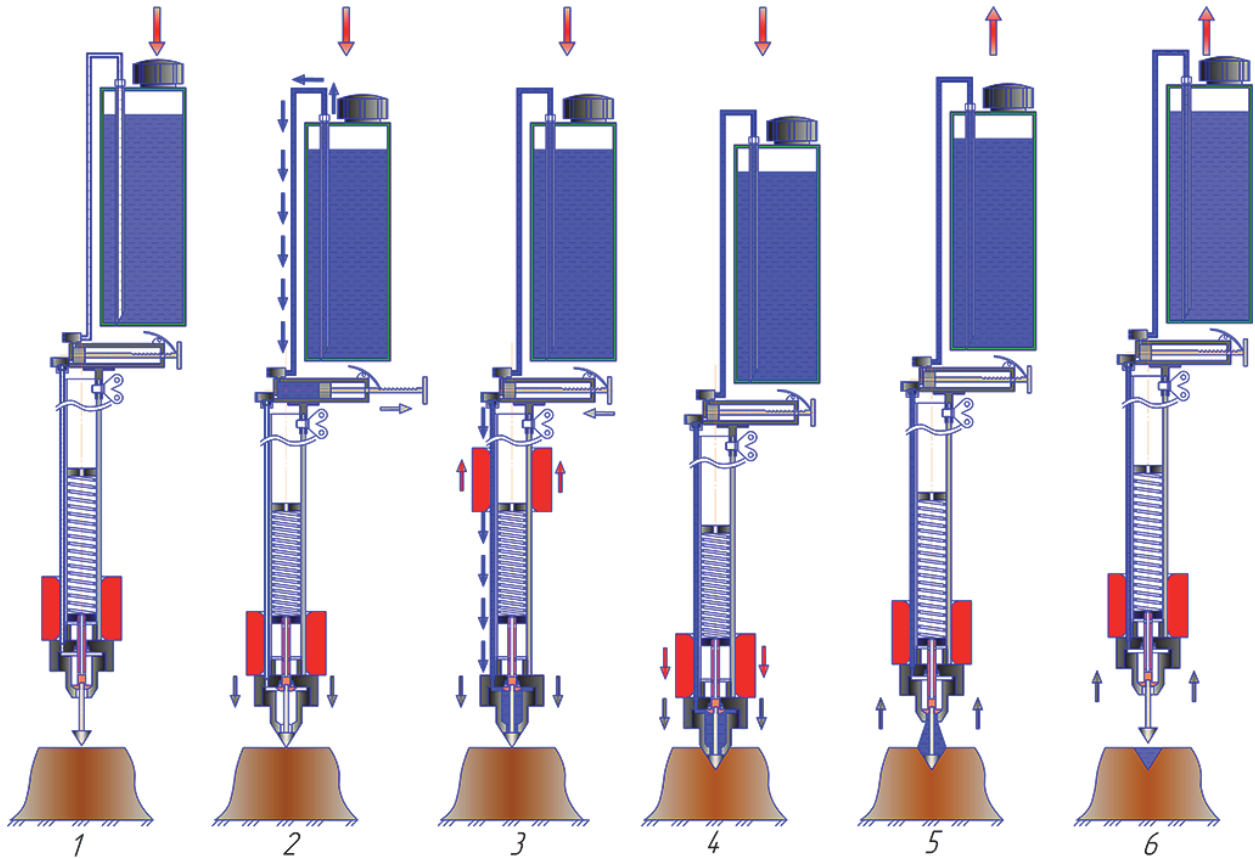


Рисунок 2.14 – Технологическая схема операции доинъектирования пней

Как видно из рисунков 2.12-2.14, оборудование для локального угнетения пней имеет простую конструкцию, все детали образованы цилиндрическими поверхностями и могут быть изготовлены в любой слесарной мастерской хозяйства, занимающегося эксплуатацией каналов.

Однако для эффективной работы иньектора необходимо обосновать параметры основного рабочего органа – наконечника. Для этой цели нами будут проведены экспериментальные исследования.

2.5 Выводы

1. Разработана усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности с угнетением пней, образуемых после срезания кустарника и мелколеся.

2. Разработана конструкция устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни с целью их угнетения на бермах каналов.

3. Теоретически обоснованы конструктивно-технологические параметры устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни.

4. Разработана конструкция устройства инъекционного типа для локального угнетения и проведения операций доинъектирования пней на бермах и откосах каналов.

3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для подтверждения предложенных теоретических положений, с учетом поставленной в диссертации цели и вытекающих из нее задач, проводились лабораторные и полевые исследования.

В программу полевых исследований входили:

- определение степени зарастания оросительных каналов и видового состава древесно-кустарниковой растительности;
- определение размерных характеристик пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности (диаметр и высота пней), характера расположения пней вдоль каналов и коэффициента пнистости;
- определение необходимой концентрации и объема арборицидной смеси, вносимой на пни;
- полевые испытания устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни;
- полевые испытания устройства инъекционного типа для локального угнетения пней.

В программу лабораторных исследований входили:

- определение влияния геометрических параметров зубьев разрыхляющего элемента устройства для локального внесения арборицидной смеси на впитываемость смеси с учетом породы исследуемых образцов и их влажности;
- обоснование параметров рабочего органа устройства инъекционного типа для локального угнетения пней.

3.1 Полевые исследования зарастания оросительных каналов древесно-кустарниковой растительностью

3.1.1 Программа полевых исследований

Разработка устройств для локального внесения арборицидной смеси на пни, оставшиеся после срезания древесно-кустарниковой растительности, подразуме-

вает определение характеристик данной растительности. Для выбора конструкции рабочего органа и определения его параметров необходимо знать, прежде всего, размерные характеристики и породу обрабатываемых пней, а также их количество и характер расположения вдоль каналов.

Таким образом, объектом полевых исследований являются пни, оставшиеся после срезания древесно-кустарниковой растительности, распространенной вдоль оросительных каналов Саратовской области. Программой исследований предусмотрено:

- выявление наиболее распространенных пород древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на каналах, определение количества пней на учетной площади;

- определение размерных характеристик пней, оставшихся после срезания растительности, необходимых для выбора и определения параметров рабочего органа (диаметра в плоскости среза и высоты);

- определение характера расположения пней вдоль каналов.

3.1.2 Методика проведения полевых исследований

Полевые исследования проводились в 2013-2014 гг. на оросительных каналах Энгельсской оросительной системы Саратовской области. Для проведения исследований были выбраны участки протяженностью 50 метров в различных местах эксплуатируемых оросительных каналов.

При проведении полевых исследований определялась порода древесно-кустарниковой растительности с составлением гербария. Далее определялась численность, встречаемость и густота стояния древесно-кустарниковой растительности (соответственно полученные данные будут справедливы и для пней, оставшихся после ее удаления). Затем производилось срезание древесно-кустарниковой растительности и расчистка бермы канала от срезанной растительности.

Численность, встречаемость и густота стояния древесно-кустарниковой растительности определялись по следующей методике [4, 141].

При определении численности использовались участки, шириной 2 м от края бермы канала и длиной 50 м. Было исследовано 20 таких участков в 2013 году и 20 участков в 2014 г. Замеры проводились в разных местах на оросительных каналах Энгельсской оросительной системы Саратовской области.

Численность $Z_{числ}$, шт/га, рассчитывалась по формуле:

$$Z_{числ} = \frac{z_{встр}}{S_{общ}}, \quad (3.1)$$

где $z_{встр}$ – общее число встреченных стволов древесно-кустарниковой растительности определенного вида, шт.; $S_{общ}$ – общая учетная площадь, га.

Для определения встречаемости использовалась формула:

$$R_{встр} = \frac{n_{уч}}{n_{общ}} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

где $R_{встр}$ – встречаемость данного вида растений, %; $n_{уч}$ – число экспериментальных участков, на которых встречается данный вид древесно-кустарниковой растительности, шт.; $n_{общ}$ – общее число взятых для исследований экспериментальных участков, шт.

Учитывалось присутствие только того кустарника, корень которого находился внутри отмеренной площадки.

Густота стояния древесно-кустарниковой растительности (густота пней) Γ_{ϕ} (шт./га) определялась по формуле:

$$\Gamma_{\phi} = \frac{Z_{числ}}{S_{общ}}, \quad (3.3)$$

где $Z_{числ}$ – количество всех стволов (пней) на учетной площади, шт.

Измерение диаметра пней в плоскости среза производили после срезания древесно-кустарниковой растительности специальным штангенциркулем (рисунок 3.1). Высота пней после срезания древесно-кустарниковой растительности производилась при помощи мерной линейки (рисунок 3.2).



Рисунок 3.1 – Определение размерных характеристик пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности на оросительных каналах



Рисунок 3.2 – Измерение высоты пня после срезания древесно-кустарниковой растительности кусторезом

Для определения характера расположения пней вдоль бермы оросительных каналов была составлена схема (рисунок 3.3).

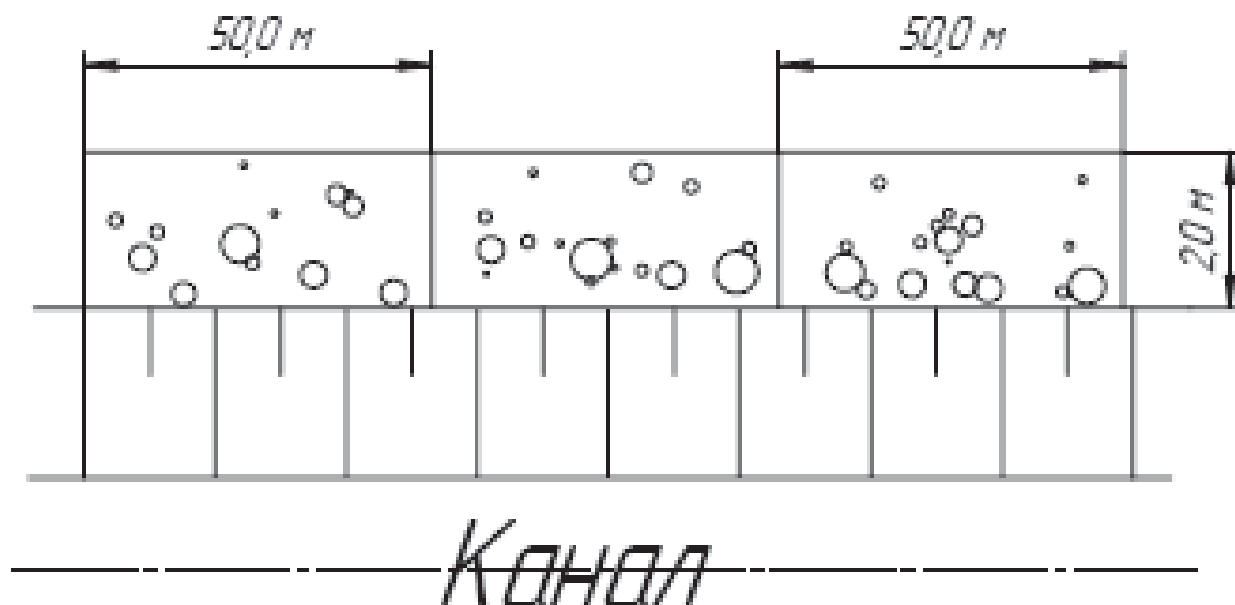


Рисунок 3.3 – Схема для определения характера расположения пней на каналах

Исходя из численности, количества и диаметра пней на исследуемом участке, можно определить коэффициент зарастания или пнистости ($K_{пн}$) на открытых оросительных каналах:

$$K_{пн} = \frac{s_{общ}}{s_{пн}}, \quad (3.4)$$

где $s_{общ}$ – площадь исследуемого участка, га; $s_{пн}$ – общая площадь всех пней находящихся на исследуемом участке, га.

$$s_{пн} = \sum_{i=1}^n s_{пн_i}, \quad (3.5)$$

где $s_{пн_i}$ – площадь i -го пня, га; n – количество пней на участке, шт.

3.2 Проведение лабораторных исследований устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни

При разработке и конструировании устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни необходимо выбрать и обосновать параметры рабо-

чего оборудования с учетом условий дальнейшей эксплуатации данного устройства.

При выборе параметров рабочего оборудования нужно учитывать: размерные характеристики пней (высоту и диаметр пней в плоскости среза), количество пней на участке, породу древесины, ее влажность.

Большое значение при работе устройства играет процесс механического повреждения пней и подача рабочей жидкости непосредственно на механически поврежденную поверхность. Процесс механического повреждения поверхности пней должен происходить с минимальными затратами энергии. Для этого необходимо установить оптимальные параметры угла заострения зубьев разрыхляющего элемента и их влияние на впитываемость. Подача арборицидной смеси должна осуществляться непосредственно на механически поврежденную поверхность пня и соответствовать заданному объему, необходимому для его угнетения.

В соответствии с этим во время проведения лабораторных исследований была поставлена следующая цель – рационализация параметров рабочих органов для механического повреждения поверхности пней путем исследования влияния геометрических параметров зубьев разрыхляющих элементов на впитываемость арборицидной смеси с учетом породы и влажности исследуемых образцов.

3.2.1 Программа лабораторных исследований

Проводимые исследования моделируют в лабораторных условиях работу устройства на оросительных каналах, что обеспечивается соответствующим выбором исследуемой породы древесины, ее влажности и диаметра пней.

Исследования проводились в специализированной лаборатории кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова.

Программой лабораторных исследований предусматривалось:

- на основании литературных источников и собственных исследований выявить наиболее распространенные породы древесины для использования их при механическом повреждении поверхности в лабораторных условиях;
- разработать лабораторную установку для определения влияния геометрических параметров зубьев разрыхляющих элементов устройства для локального внесения арборицидной смеси на впитываемость смеси с учетом породы исследуемых образцов и их влажности;
- изготовить рабочие органы с различными углами заострения, имитирующие процесс механического повреждения поверхности пня;
- провести исследования по влиянию геометрических параметров зубьев разрыхляющих элементов на впитываемость арборицидной смеси с учетом породы исследуемых образцов и их влажности;
- обработать полученные результаты экспериментов и выявить оптимальные параметры рабочих органов для механического повреждения поверхности древесины.

Результаты, полученные в ходе лабораторных исследований, учитывались в дальнейшем при полевых испытаниях устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни.

3.2.2 Описание лабораторной установки

Для определения влияния геометрических параметров зубьев разрыхляющего элемента на впитываемость арборицидной смеси с учетом породы исследуемых образцов нами была предложена лабораторная установка (рисунок 3.4), при помощи которой будут наноситься механические повреждения на поверхность среза исследуемых образцов древесины. Установка представляет собой токарный станок 1, в резцедержателе которого закреплена державка 2 со сменными пластинами с зубьями 3, выполненными с различными геометрическими параметрами (рисунок 3.5).

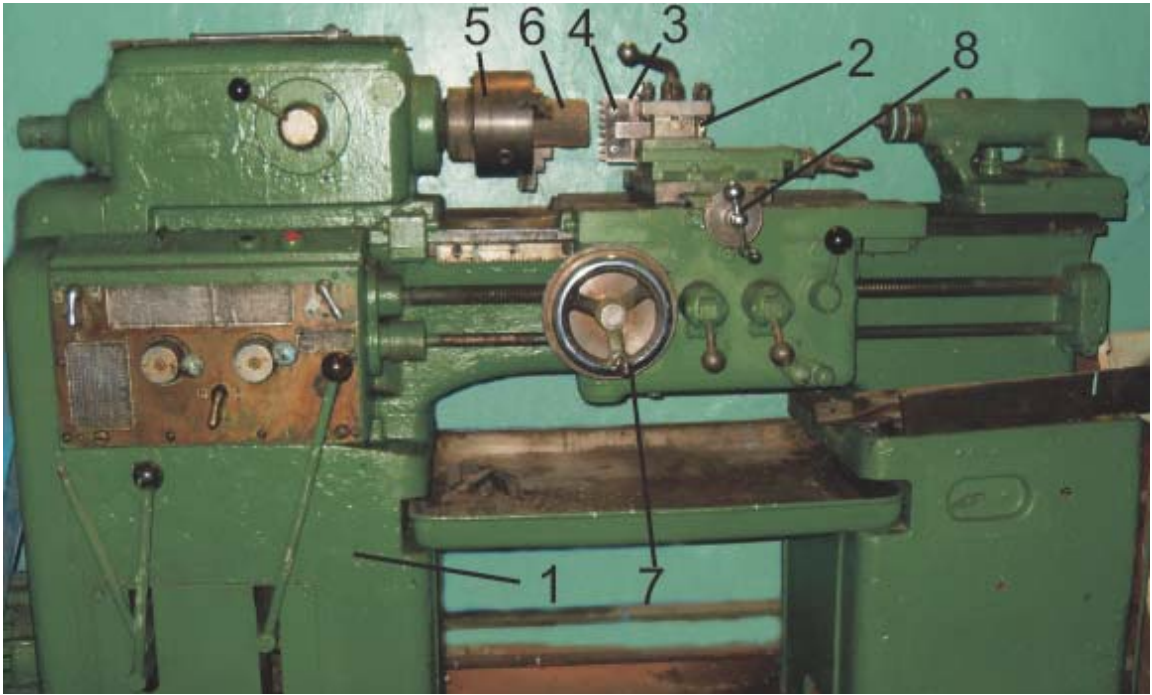


Рисунок 3.4 – Лабораторная установка для нанесения механических повреждений на поверхность среза исследуемых образцов:

- 1 – токарный станок ТВ-12-16; 2 – державка; 3 – сменные пластины с зубьями;
 4 – болтовое соединение; 5 – патрон; 6 – образец древесины;
 7 – штурвал поперечной подачи; 8 – штурвал продольной подачи



Рисунок 3.5 – Пластины с различными геометрическими параметрами зубьев

Пластины крепятся к державке посредством болтового соединения 4. В патроне 5 неподвижно закреплен исследуемый образец 6 древесины наиболее распространенных пород древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на оросительных каналах (рисунок 3.6). Диаметр исследуемых образцов древесины выбирался в пределах от 10 до 15 см.



Рисунок 3.6. Образцы распространенных на каналах пород древесины, используемых для исследований.

1 - лох узколистный; 2 - клен ясенелистный; 3 – вяз приземистый.

Механическое повреждение поверхности исследуемых образцов древесины пластинами с зубьями осуществляется следующим образом. Образец древесины 6 неподвижно закрепляется в патроне 5. В резцедержателе с внутренней стороны закрепляется державка 2 с зубчатой пластиной 3. При помощи штурвалов поперечной 7 и продольной подачи 8 резцедержатель с зубчатой пластиной перемещается к закрепленному образцу древесины 6. Штурвалом поперечной подачи 7 регулируется глубина проникновения, на которую будет происходить механическое повреждение. Штурвалом продольной передачи 8 осуществляется механическое повреждение поверхности исследуемого образца.

Достоинствами предложенной лабораторной установки являются простота конструкции, возможность установки требуемой глубины проникновения зубцов в поверхность образцов. Данная установка наиболее близко моделирует процесс механического повреждения поверхности пней зубьями разрыхляющих элементов устройства для локального внесения арборицидной смеси.

3.2.3 Методика проведения лабораторных исследований

Большое значение при обработке арборицидной смесью пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, имеет механическое повреждение поверхности пней, которое улучшает впитываемость смеси. На процесс впитываемости арборицидной смеси будут влиять механическое повреждение поверхности пней, порода древесно-кустарниковой растительности, а также давность спила (влажности древесины). С целью рационализации параметров, влияющих на впитываемость, основываясь на ряде работ по деревообработке [42, 46, 56, 72, 73, 108], была разработана методика проведения лабораторных исследований по определению влияния параметров зубьев разрыхляющих элементов и влажности древесины на впитываемость арборицидной смеси.

1) Выбор объекта экспериментальных исследований.

Опираясь на результаты полевых исследований, выявлялись самые распространенные на оросительных каналах породы древесно-кустарниковой растительности. Выбирались породы, имеющие наибольшую устойчивость к действию арборицидной смеси.

2) Определение исследуемых параметров.

Определялась форма зубьев, при которой арборицидная смесь впитывалась в поверхность механически поврежденного образца древесины в большем объеме. Также определялась влажность древесины, при которой впитываемость арборицидной смеси образцами древесины была наибольшей.

Во время проведения экспериментальных исследований по определению влияния влажности образцов древесины разных пород (клен ясенелистный, вяз

приземистый, лох узколистный) на впитываемость арборицидной смеси предварительно происходило взвешивание образцов на электронных весах (рисунок 3.7). После этого осуществлялось смачивание поврежденных образцов арборицидной смесью. Смачивание осуществлялось следующим образом. Образцы древесины опускались поврежденной поверхностью в емкость, наполненную смесью, и выдерживались в ней в течение 1 минуты. Замер времени осуществлялся при помощи секундомера.

По окончании процесса смачивания образцы доставались и в течение 5 минут выдерживались на столе для того, чтобы арборицидная смесь впиталась в поврежденную поверхность.

Далее производилось взвешивание образцов на электронных весах и определялось количество (масса) арборицидной смеси $M_{ен}$, впитавшейся в механически поврежденную поверхность образца древесины (впитываемость) по формуле:

$$M_{ен} = M_{см} - M_{об}, \quad (3.6)$$

где $M_{см}$ – масса образца древесины после смачивания арборицидной смесью, г; $M_{об}$ – масса образца древесины до смачивания, г.

Затем определялась влажность исследуемых образцов. При проведении лабораторных исследований она рассчитывалась в процентах по отношению к массе абсолютно сухого образца. Для этого образцы древесины, смоченные арборицидной смесью, помещали в сушильный шкаф СУ-2М, где при температуре $103 \pm 2^\circ$ высушивали образцы до абсолютно сухого состояния (рисунок 3.8), которое определяли несколькими контрольными взвешиваниями.

Влажность образцов древесины определяли по формуле:

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100\%, \quad (3.7)$$

где m_1 – масса влажного образца до смачивания, г; m_2 – масса высушенного образца, г.



Рисунок 3.7 – Взвешивание образцов древесины с помощью электронных весов



Рисунок 3.8 – Сушка образцов древесины в сушильном шкафе СУ-2М

По результатам исследований определялась влажность, при которой впитываемость арборицидной смеси была наибольшей. При этом значения влажности образцов древесины зависят от давности спила, поэтому по результатам исследований также определялась наиболее оптимальная давность спила.

При проведении исследований по определению влияния параметров зубьев разрыхляющих элементов на впитываемость арборицидной смеси вначале осуществлялось взвешивание образцов древесины различных пород на электронных весах (рисунок 3.7). При этом выбирались образцы с давностью спила, которая была определена ранее.

Затем при помощи лабораторной установки для нанесения механических повреждений (см. рисунок 3.4) производилось повреждение поверхности среза образцов древесины пластинками с различными геометрическими параметрами зубьев. При этом глубина проникновения зубьев в древесину регулировалась при помощи штурвала поперечной подачи 7.

После этого осуществлялось смачивание поврежденных образцов арборицидной смесью, при этом образцы древесины опускались поврежденной поверхностью в емкость, наполненную смесью, и выдерживались в ней в течение 1 минуты. Замер времени осуществлялся при помощи секундомера.

По окончании процесса смачивания образцы доставались и в течение 5 минут выдерживались на столе для того, чтобы арборицидная смесь впиталась в поврежденную поверхность.

После этого производилось взвешивание образцов на электронных весах и определялось количество арборицидной смеси (формула 3.6), впитавшейся в механически поврежденную поверхность образца древесины (впитываемость).

Затем результаты исследований обрабатывались, и по их результатам определялся оптимальный угол заострения зубьев разрыхляющих элементов.

На основании исследований по определению угла заострения зубьев были проведены исследования по определению расстояния между зубьями. Методика проведения данных исследований такая же, как и для определения угла заострения зубьев.

На основании результатов выбиралось определенное расстояние между зубьями разрыхляющих элементов (при определенном угле заострения), при котором впитываемость была бы наилучшей.

3.3 Проведение лабораторных исследований устройства инъекционного типа для локального угнетения пней

При разработке и конструировании устройства инъекционного типа для локального угнетения пней необходимо выбрать и обосновать параметры рабочего оборудования с учетом условий дальнейшей эксплуатации данного устройства.

При выборе параметров рабочего оборудования и назначения технологических режимов работы необходимо учитывать размерные характеристики пней (высоту и диаметр пней в плоскости среза), количество пней на участке, породу древесины и ее влажность.

Большое значение при работе устройства имеет энергоемкость процесса угнетения пней, а также дозировка и концентрация арборицидной смеси. Процесс инъектирования пней должен происходить с минимальными затратами энергии. Подача арборицидной смеси должна осуществляться непосредственно в лунку, образуемую на поверхности пня после удара ударником рабочего оборудования, и соответствовать заданному объему, необходимому для его угнетения.

В соответствии с вышеизложенным целью лабораторных исследований устройства инъекционного типа для локального угнетения пней является определение рациональных параметров рабочего оборудования ударного действия с исследованием влияния его конструктивных параметров на процесс образования требуемой лунки в теле пня.

3.3.1 Программа лабораторных исследований

При проведении исследований необходимо было определить рациональные значения угла заострения наконечника, массы падающего груза и высоты, с которой падает груз.

Лабораторные исследования устройства инъекционного типа для локального угнетения пней были проведены весной 2014 года в УНПК «Агроцентр» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова.

Программа проведения лабораторных исследований предусматривала:

- разработку экспериментальной установки для определения рациональных параметров устройства инъекционного типа: наконечника, массы падающего груза и высоты падения груза;
- изготовление наконечников с различными углами заострения, имитирующих процесс механического повреждения поверхности пня;
- изготовление ударных шайб с различной массой;
- проведение испытаний по влиянию геометрических параметров наконечника и ударной шайбы, падающей с определенной высоты, на объем получаемой лунки в теле пня с учетом породы исследуемых образцов;
- обработку полученных результатов экспериментов и выявление рациональных параметров рабочего оборудования устройства инъекционного типа для локального угнетения пней.

3.3.2 Описание экспериментальной установки

Для определения влияния геометрических параметров наконечников рабочего органа устройства инъекционного типа с различными углами заострения на объем лунки, образуемой при проникновении наконечника в тело пня, с учетом породы исследуемых образцов нами была разработана и изготовлена экспериментальная установка (рисунок 3.9), которая также позволяет менять массу ударных элементов (ударных шайб).

Экспериментальная установка состоит из корпуса 4, представляющего собой продолговатый цилиндр. В нижней части корпуса 4 выполнена упорная шайба 2, в которую посредством резьбового соединения вкручивается наконечник 1. Наконечники выполнены с различными углами заострения: 40° , 45° , 50° , 55° , 60° , 65° , 70° , 80° (рисунок 3.10). В цилиндрическую поверхность корпуса 4 вставляется ударная шайба 3 с различной массой.

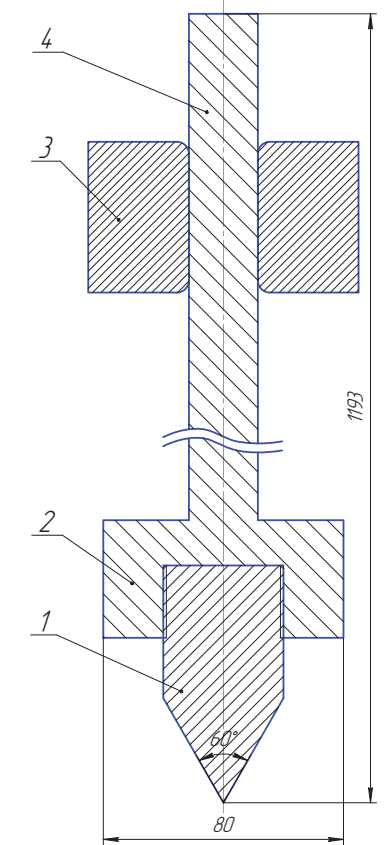


Рисунок 3.9 – Конструкция экспериментальной установки:
1 – наконечник; 2 – упорная шайба; 3 – ударная шайба; 4 – корпус



Рисунок 3.10 – Экспериментальная установка с набором сменных наконечников и ударных шайб

Используя данную установку, мы смогли смоделировать процесс взаимодействия наконечника инъектора с исследуемыми образцами древесины.

3.3.3 Методика проведения лабораторных исследований

Большое значение при обработке арборицидной смесью пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, имеет механическое повреждение их поверхности. В нашем случае это образование лунки после ударного воздействия шайбы. С целью определения рациональных параметров, влияющих на объем образуемой лунки, была разработана методика проведения лабораторных исследований.

В ходе проведения экспериментов производилось исследование и выявление влияния угла заострения наконечника (40° , 45° , 50° , 55° , 60° , 65° , 70° , 80°) и веса ударной шайбы (3,7; 2,7; 2,3 кг) на объем образуемой в теле пня лунки.

Эксперимент проводился следующим образом:

- образцы древесины устанавливались на твердую поверхность;
- ввинчивались наконечники с различными углами заострения и устанавливались ударные шайбы различной массы;
- экспериментальная установка размещалась перпендикулярно поверхности пня (с упором наконечника на поверхность образца древесины);
- ударная шайба поднималась и затем отпускалась, в результате чего она падала, ударяя по упорной шайбе (при этом происходило проникновение наконечника в тело пня);
- не поднимая экспериментальной установки, наносилась карандашом риска на насадке возле поверхности пня;
- далее экспериментальная установка извлекалась из тела пня и линейкой измерялось расстояние от края наконечника до нанесенной ранее риски;
- используя полученные данные, по формуле 3.8, определялся объем полученной лунки $V_{лун}$, (м³):

$$V_{лун} = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot h_{кон} \cdot r_{осн}^2, \quad (3.8)$$

где $h_{кон}$ – высота конуса, м; $r_{осн}$ – радиус основания, м.

Результаты исследований заносились в рабочую тетрадь, обрабатывались и представлялись в виде графических зависимостей (см. главу 4). По результатам исследований определялись оптимальные значения угла заострения наконечника, массы падающего груза и высоты его падения.

3.4 Проведение полевых исследований по определению концентрации и объема вносимой арборицидной смеси

3.4.1 Программа полевых исследований

Разработка устройств для локального внесения арборицидной смеси на пни подразумевает определение концентрации и объема смеси, которая будет пода-

ваться на пни. Для выбора конструкции рабочего органа и определения его параметров необходимо знать концентрацию и объем вносимой арборицидной смеси, необходимые для уничтожения различных пород срезаемой растительности.

Таким образом, объектом полевых исследований являются пни, оставшиеся после срезания древесно-кустарниковой растительности, распространенной вдоль оросительных каналов.

Программой исследований предусматривалось:

- определение необходимой концентрации арборицидной смеси, вносимой на пни для их угнетения;
- определение необходимого объема арборицидной смеси, вносимой на пни для их угнетения.

3.4.2 Методика проведения полевых исследований

Полевые исследования проводились в 2013-2014 гг. На основании работ [32, 33, 41, 76, 129] была разработана методика, по которой определялась концентрация и объем арборицидной смеси, вносимой на пни.

При определении этих параметров использовались участки, шириной 2 м от края бермы канала и длиной 20 м. Было исследовано 10 таких участков в 2013 году и 10 участков в 2014 г. Обработка пней производилась в разных местах на оросительных каналах Энгельсской оросительной системы Саратовской области. Обработка участков осуществлялась химическим препаратом «Раундап», так как данный препарат является наиболее эффективным для уничтожения древесно-кустарниковой растительности и он разрешен к применению на оросительных каналах [41, 81].

Сначала определялась необходимая концентрация для уничтожения пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности. На каждом из 10 участков обработка пней производилась определенной концентрацией арборицидной смеси в интервале от 5 до 50%.

Наиболее устойчивым к действию препарата «Раундап» является лох узколистный, поэтому концентрация арборицидной смеси, достаточная для угнетения пней, подбиралась именно по этой породе древесно-кустарниковой растительности.

Необходимое значение концентрации рабочей смеси определялось исходя из количества угнетенных пней в процентах от общего количества пней на участке.

После определения необходимой концентрации арборицидной смеси определялся объем этой смеси, достаточный для угнетения пней. Для этого на 9 участках канала обрабатывались пни различным количеством арборицидной смеси (от 2 до 18 мл) с одинаковой концентрацией, значение которой было определено в результате проведения полевых опытов по определению необходимой концентрации арборицидной смеси.

Объем арборицидной смеси, достаточный для уничтожения пней, определялся по количеству угнетенных пней в процентах от общего количества пней на исследуемом участке.

Норму расхода арборицидной смеси Q_n (л/га) можно определить по формуле:

$$Q_n = P_{арб} \cdot \Gamma_{\phi}, \quad (3.9)$$

где $P_{арб}$ – расход арборицидной смеси, л/шт.; Γ_{ϕ} – густота стояния древесно-кустарниковой растительности (густота пней), шт./га.

3.5 Проведение полевых испытаний опытных устройств

3.5.1 Программа полевых исследований

Полевые испытания устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни были проведены весной 2014-2015 года на оросительных каналах Энгельской оросительной системы Саратовской области и в ООО «Наше дело»

(г. Маркс). Для сравнения с применяемым в сельском хозяйстве опрыскивателем малообъемным монтируемым штанговым ОМ-630 был изготовлен опытный образец устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни.

Программой проведения испытаний предусматривалось:

– исследование работоспособности устройства для локального внесения арборицидной смеси при обработке пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, с различным диаметром;

– определение качества работы устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни при обработке пней вдоль берм оросительных каналов.

Полевые испытания устройства инъекционного типа для локального угнетения пней проводились в мае 2015-2016 гг. на участках оросительных каналов, где в предыдущий поливной сезон осуществлялось удаление кустарника и мелко-лесья с применением усовершенствованной технологии очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности.

Программой проведения испытаний предусматривалось определение качества работы устройства инъекционного типа для локального угнетения пней.

3.5.2 Конструкция опытного устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни

Учитывая актуальность проблемы угнетения пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности вдоль берм оросительных каналов, в ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им Н.И. Вавилова на кафедре «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины» был разработан опытный образец устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни (рисунок 3.11) [36].



Рисунок 3.11 – Устройство для локального внесения арборицидной смеси на пни:
 1 – базовый трактор; 2, 3 – рама; 4 – бочка; 5 – насос; 6 – магистраль;
 7 – перепускной клапан; 8 – клапан; 9 – рабочий орган; 10 – трубка; 11 – зубья;
 12 – пружина; 13 – коллектор; 14 – стопор; 15 – шланг

Устройство агрегатируется с трактором 1 (МТЗ-82) и состоит из двух частей: опрыскивателя сплошного действия и устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни. При большой пнистости используется опрыскиватель, который осуществляет сплошное опрыскивание, а при малой – устройство для локального внесения арборицидной смеси на пни. На раме опрыскивателя 2 закреплена бочка 4 с горловиной, в которую заливается арборицидная смесь. Из бочки 4 по магистрали 6 рабочая жидкость с помощью насоса 5 подается в коллектор 13 (при использовании устройства для локального внесения арборицидной смеси) или в полость рамы 2 (при использовании опрыскивателя). Для предотвращения избыточного давления в системе монтируется перепускной клапан 7. Также в систему установлен переключатель, который перераспределяет поток арборицидной смеси в полость рамы 2 или коллектор 13 в зависимости от используемого устройства.

При работе опрыскивателя сплошного действия устанавливаются форсунки, а устройство для локального внесения смеси на пни не используется. Рама 3 устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни крепится к раме опрыскивателя 2 посредством болтового соединения. Устройство состоит из рамы 3, рабочего органа 9, шарнирно соединенного с рамой, пружин 12, установленных на оси с двух сторон от рукоятки рабочего органа, клапана 8, стопора 14, коллектора 13 и пластиковых шлангов 15.

Работает устройство для локального внесения арборицидной смеси на пни следующим образом. При движении трактора по берме канала рабочий орган 9 задевает за пень и начинает отклоняться, при этом открывается клапан 8, через который из бочки 4 в полую трубку 10, приваренную на конце рабочего органа 9, поступает арборицидная смесь посредством шлангов 15.

В процессе движения рабочего органа 9 по пню происходит механическое повреждение поверхности пня посредством зубьев 11, закрепленных на полую трубку. В трубке 10 по всей длине имеются отверстия, через которые арборицидная смесь попадает на механически поврежденную поверхность пня. После прохождения пня рабочий орган возвращается в исходное положение посредством пружин 12. Для предотвращения удара рабочего органа 9 о клапан 8 установлен стопор 14, который имеет резиновую пластинку со стороны рабочего органа. Распределение смеси по рабочим органам из бочки осуществляется при помощи коллектора 13 и насоса 5.

3.5.3 Методика проведения полевых испытаний устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни

Исследования проводились в мае 2014-2015 гг., так как в этот период происходит интенсивное движение древесного сока от корневой системы к кроне и действие химических препаратов наиболее эффективно.

В начале исследований мы производили срезание древесно-кустарниковой растительности на бермах оросительных каналов. Затем через неделю производи-

лась обработка пней, оставшихся после срезания растительности, арборицидной смесью.

При большой пнистости обработка участка осуществлялась опрыскивателем при движении трактора со скоростью 5-10 км/ч. При малой пнистости обработка осуществлялась при помощи устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни.

Оптимальная скорость движения трактора с устройством определялась по результатам полевых испытаний и учитывала производительность.

Определение параметра, характеризующего качество обработки участка, производилось исходя из условия необходимости последующего проведения работ по обработке арборицидной смесью пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности. Это условие будет выполнено при обработке пней высотой не более 20 см, так как при большей высоте оставшихся пней движение трактора с устройством будет затруднено. Обработка пней осуществлялась арборицидной смесью с заданной концентрацией препарата «Раундап». Данная концентрация была получена опытным путем при проведении полевых исследований по определению необходимой концентрации арборицидной смеси.

Качество работы устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни оценивалось визуально по количеству пней, на которых произошло повторное зарастание порослью.

Оценка качества работы устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни производилась при помощи коэффициента качества работы, который определяется по формуле:

$$K_k = \frac{K_{ye}}{K_{оби}} \cdot 100\%, \quad (3.10)$$

где K_{ye} – количество угнетенных пней на участке, шт.; $K_{оби}$ – общее количество пней на участке, шт.

Кроме качества работы устройства определялась фактическая производительность устройства при работе по угнетению пней на бермах оросительных каналов, для чего использовался хронометраж рабочего времени при обработке

пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности на определенной площади.

3.5.4 Конструкция опытного устройства инъекционного типа для локального угнетения пней

Учитывая актуальность проблемы повторного зарастания оросительных каналов порослью от пней, а также для проведения операции по угнетению пней на откосах каналов в ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им Н.И. Вавилова на кафедре «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины» был разработан опытный образец устройства инъекционного типа для локального угнетения пней (рисунок 3.12) [37].



Рисунок 3.12 – Устройство инъекционного типа для локального угнетения пней: 1 – насос ручной; 2 – канистра ранцевая; 3, 4 – клапаны обратные; 5 – шланг соединительный; 6 – корпус инъектора; 7 – шайба упорная; 8 – насадка; 9 – наконечник; 10 – шайба ударная

Устройство состоит из инъектора, насоса ручного 1, канистры ранцевой 2, двух обратных клапанов 3, 4, соединительного шланга 5. Инъектор включает в се-

бя корпус 6, шайбу упорную 7 и насадку 8, соединяющиеся с помощью резьбы. Внутри корпуса 6 установлена пружина сжатия, упирающаяся нижним концом в шайбу упорную внутреннюю, а верхним в перегородку, выполненную в корпусе 6. Внутри шайбы упорной 7 установлен прижимаемый гайкой манжет, который предназначен для герметичного отделения полостей корпуса 6 и насадки 8, в которой установлены наконечник 9 с поршнем, соединяющиеся с помощью резьбы. Наконечник 9 с поршнем ввинчены в шайбу упорную 7. На наружной поверхности корпуса 6 выполнена проточка, в которую укладывается трубка, подающая арборицидную смесь из полости насоса в полость насадки 8. Поверх корпуса 6 установлена шайба ударная 10, которая является подвижной частью узла.

Устройство инъекционного типа для локального угнетения пней работает следующим образом. Оператор, держа иньектор за корпус 6 в вертикальном положении, устанавливает наконечник 9 на обрабатываемый пень и начинает давить на иньектор рукой сверху вниз. После этого пружина, установленная внутри корпуса 6, начинает сжиматься, а сам корпус 6, шайба упорная 7 и шайба ударная 10 начинают перемещаться вниз, прижимая насадку 8 к наконечнику 9, при этом отверстие для выхода арборицидной смеси внизу насадки 3 перекрывается.

Затем оператор из ранцевой канистры 2 через соединительный шланг 5 и трубку внутри корпуса 6 с помощью насоса 1 подает арборицидную смесь в полость насадки 8. Подача жидкости в необходимом направлении осуществляется посредством обратных клапанов 3 и 4. Далее оператор поднимает шайбу ударную 10 в верхнее положение и отпускает ее, в результате чего она перемещается вниз, скользя по корпусу 6, и ударяет по шайбе упорной 7, что приводит проникновению наконечника 9 с насадкой 8 в тело пня. После прекращения вертикального воздействия оператора на иньектор, под действием внутренних сил пружина внутри корпуса 6 начинает разжиматься, вследствие чего сам корпус 6, шайба упорная 7, шайба ударная 10 начинают перемещаться вверх. В это время открывается отверстие внизу насадки 8 и происходит вытеснение арборицидной смеси из насадки 8 в образованную наконечником 9 лунку на теле пня. Объем подаваемой смеси контролируется с помощью шкалы, нанесенной на штоке ручного насоса 1.

3.5.5 Методика проведения полевых испытаний устройства инъекционного типа для локального угнетения пней

Исследования проводились в мае 2015-2016 гг., на участках оросительных каналов, где в предыдущий поливной сезон производилось удаление кустарника и мелколесья с применением усовершенствованной технологии очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности.

В ходе исследований производилась операция доинъектирования пней, давших поросль в новом поливном сезоне. В качестве рабочей жидкости устройства инъекционного типа был взят раствор препарата «Раундап» с концентрацией 35-40 %.

Качество работы устройства инъекционного типа для локального угнетения пней оценивалось визуально по количеству пней, которые дали молодую поросль.

Оценка качества работы осуществлялась аналогично устройству для локального внесения арборицидной смеси на пни и производилась при помощи коэффициента качества работы по формуле 3.10.

3.6 Методика обработки результатов исследований

Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований производилась с применением информационных технологий при помощи пакета прикладных программ *Statistica* (*StatSoft*) (см. приложение 3).

В связи с тем, что в пакете прикладных программ *Statistica* не предусмотрен расчет коэффициента вариации и относительной ошибки среднего значения (точность опыта), данные показатели рассчитывались отдельно по формулам:

$$K_{\text{вар}} = \frac{\sigma_x}{\bar{x}} 100\%, \quad (3.11)$$

где $K_{\text{вар}}$ – коэффициент вариации; σ_x – среднее квадратичное отклонение; \bar{x} – среднее значение выборочной совокупности данных;

$$C_{\sigma} = \frac{\sigma_{\bar{x}}}{\bar{x}} 100\%, \quad (3.12)$$

где C_{σ} – относительная ошибка среднего значения (точность опыта); $\sigma_{\bar{x}}$ – стандартная ошибка среднего значения.

Критерии определения степени изменчивости и точности опыта приведены в приложении 4.

Результаты обработки информации, полученной при проведении экспериментальных исследований, сведены в таблицы и представлены в виде графических зависимостей в главе 4, а также в приложениях.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Результаты полевых исследований зарастания оросительных каналов древесно-кустарниковой растительностью

Результаты полевых исследований по определению характеристик древесно-кустарниковой растительности, распространенной вдоль открытых оросительных каналов, предопределили разработку конструкции и обоснование параметров устройств для локального внесения арборицидной смеси на пни.

В ходе полевых исследований были собраны образцы древесно-кустарниковой растительности и по ним составлен гербарий, который позволил определить виды и характеристики древесно-кустарниковой растительности [41, 47, 55, 110]. Согласно результатам исследований по численности, встречаемости и густоте стояния (приложение 5) установлено, что наиболее распространены на каналах лох узколистный и вяз приземистый; также встречаются участки, сильно заросшие кленом ясенелистным (таблица 4.1, рисунок 4.1).

Таблица 4.1 – Характеристика древесно-кустарниковой растительности, распространенной на оросительных каналах Саратовской области

| Вид древесно-кустарниковой растительности | Среднее количество побегов в гнезде, шт. | | Численность, шт./га | | Встречаемость, % | | Густота стояния, шт./га | |
|-------------------------------------------|------------------------------------------|---------|---------------------|---------|------------------|---------|-------------------------|---------|
| | 2013 г. | 2014 г. | 2013 г. | 2014 г. | 2013 г. | 2014 г. | 2013 г. | 2014 г. |
| Лох узколистный | 10 | 11 | 10980 | 11264 | 80 | 84 | 30 048 | 31 136 |
| Вяз приземистый | 11 | 11 | 8952 | 9308 | 72 | 76 | | |
| Клен ясенелистный | 19 | 22 | 6112 | 6328 | 68 | 72 | | |
| Смородина золотая | 15 | 18 | 2432 | 2560 | 56 | 64 | | |
| Ива древовидная | 45 | 48 | 1124 | 1240 | 12 | 16 | | |
| Ясень ланцетный | 5 | 7 | 212 | 188 | 28 | 32 | | |
| Тополь | 12 | 13 | 152 | 148 | 32 | 36 | | |
| Груша дикая | 5 | 6 | 60 | 68 | 4 | 8 | | |
| Яблоня дикая | 4 | 4 | 24 | 32 | 4 | 4 | | |



Лох узколистный.



Вяз приземистый.



Клен ясенелистный.

Рисунок 4.1 – Наиболее распространенные виды древесно-кустарниковой растительности на мелиоративных каналах Саратовской области

Исследования, проведенные в 2014 г., показали, что численность и встречаемость практически по всем видам древесно-кустарниковой растительности по сравнению с 2013 г. увеличилась, что связано с появлением новой поросли. Густота стояния всех видов древесно-кустарниковой растительности в 2014 г. по сравнению с 2013 г. возросла на 3,62 %.

В ходе полевых исследований также определялись высота и диаметр пней на уровне среза древесно-кустарниковой растительности (см. приложение 6). Результаты статистической обработки полученных экспериментальных данных, произведенной в специализированном вычислительном центре ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова при помощи пакета прикладных программ Statistica (StatSoft), приведены в приложении 7.

Замерами были установлены координаты стояния пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, на опытных площадках. Также была составлена схема расположения пней на бермах оросительных каналов (рисунок 4.2). Вероятностные данные многократных измерений расстояния между отдельно стоящими пнями, а также гнездами пней кустарника и мелколесья, дали возможность получить расстояние между пнями $\ell_n = 1,1$ м.

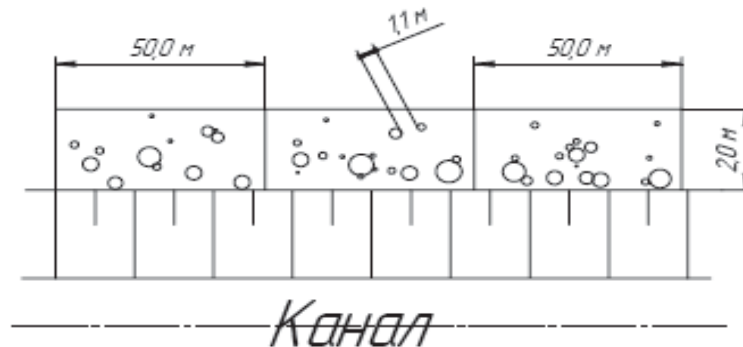
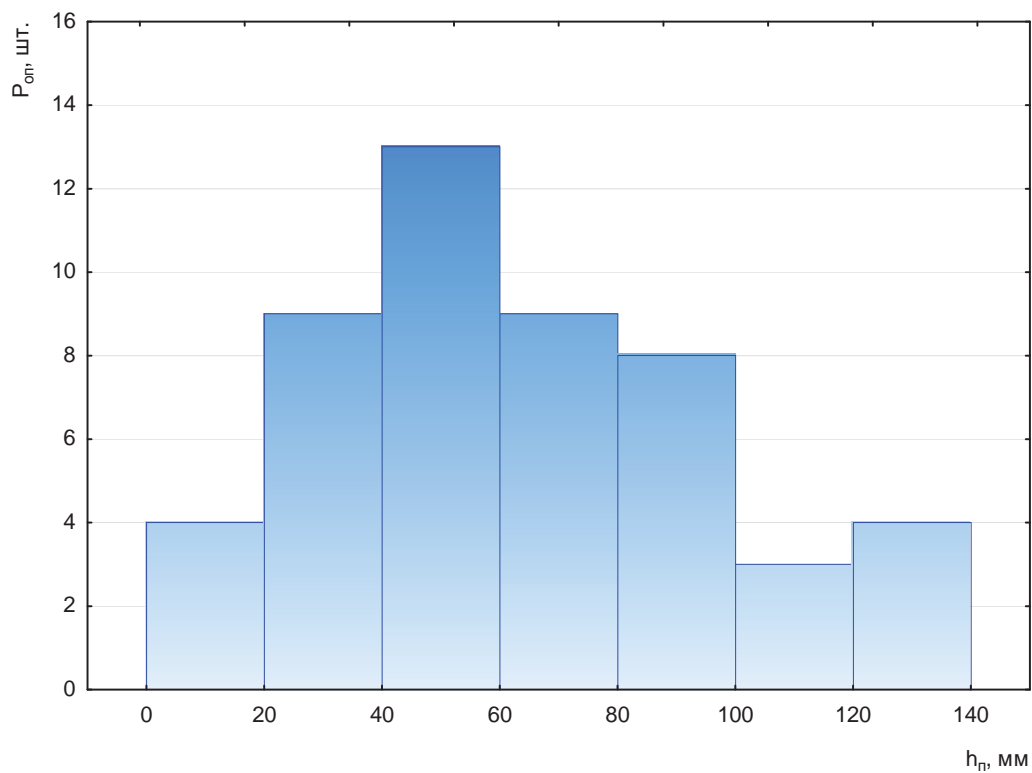


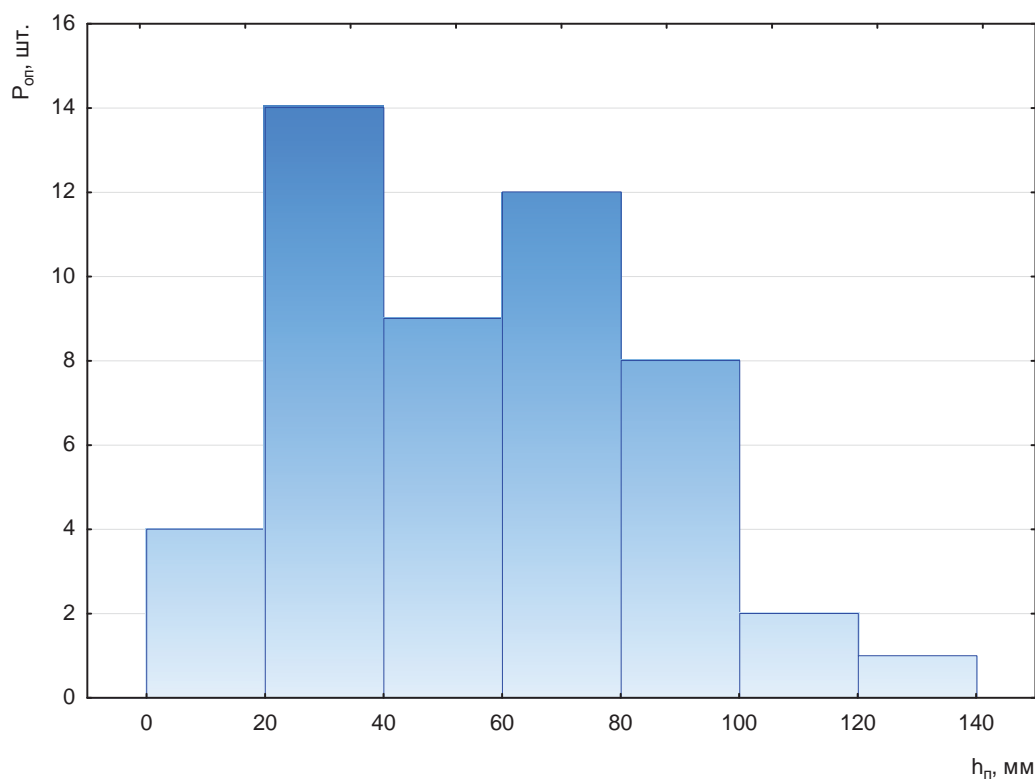
Рисунок 4.2 – Схема для определения характера расположения и расстояния между пнями на бермах оросительных каналов

Исследования показали (рисунок 4.3-4.6), что средняя высота пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, за исследуемые годы составила 61 мм. Средний диаметр оставшихся пней за исследуемые годы составил 125 мм. Процент расхождения между генеральной и выборочной средней (относительная ошибка среднего значения) имеет значение менее 10 %, а значит точность опыта является удовлетворительной.



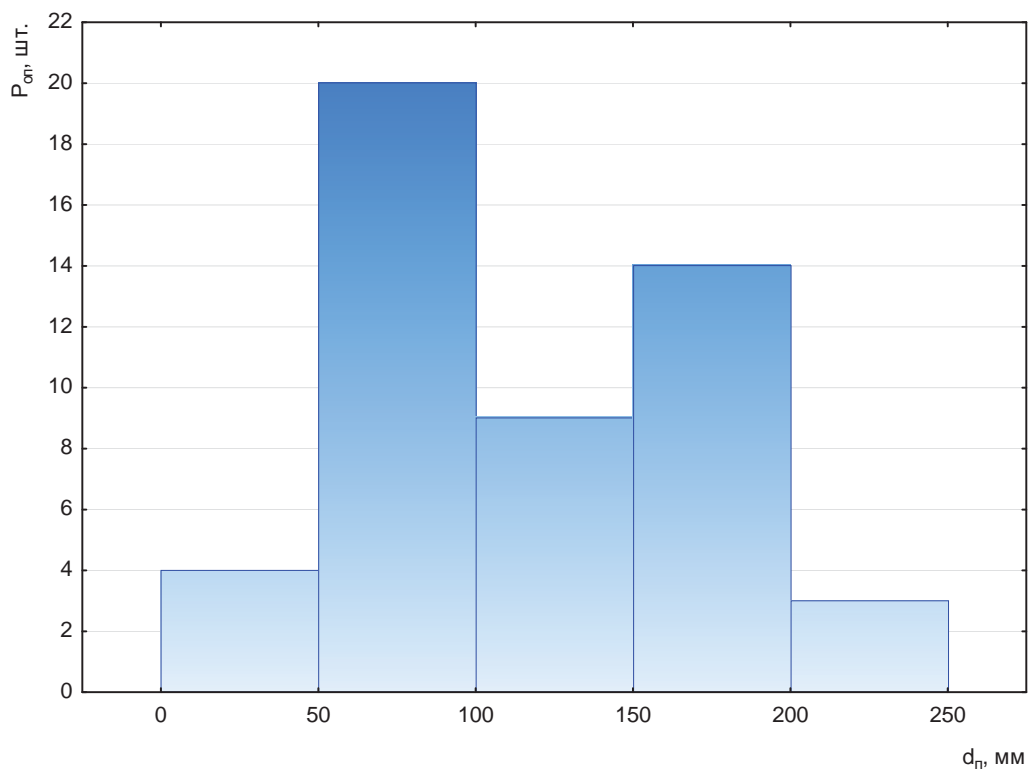
P_{on} – частота, шт.; h_n – высота пней, мм.

Рисунок 4.3 – Гистограмма распределения высоты пней на уровне среза древесно-кустарниковой растительности (2013 год)



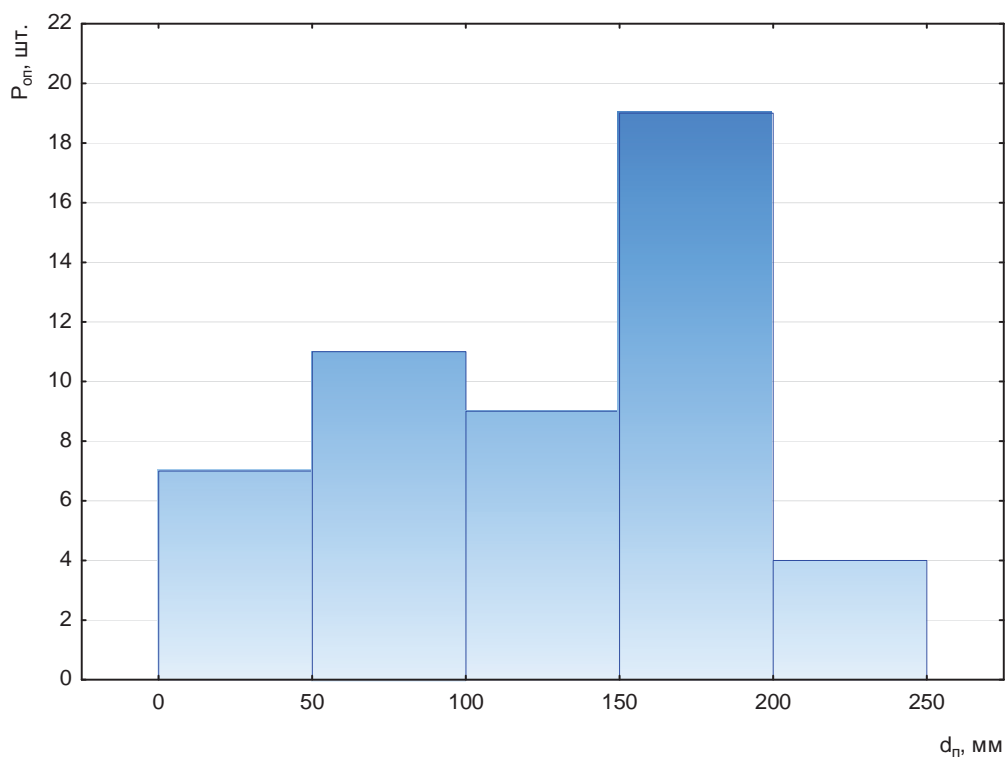
P_{on} – частота, шт.; h_n – высота пней, мм.

Рисунок 4.4 – Гистограмма распределения высоты пней на уровне среза древесно-кустарниковой растительности (2014 год)



P_{on} – частота, шт.; d_n – диаметр пней, мм.

Рисунок 4.5 – Гистограмма распределения диаметра пней на уровне среза древесно-кустарниковой растительности (2013 год)



P_{on} – частота, шт.; d_n – диаметр пней, мм.

Рисунок 4.6 – Гистограмма распределения диаметра пней на уровне среза древесно-кустарниковой растительности (2014 год)

Проведенные исследования подтверждают необходимость угнетения пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, с целью предотвращения повторного зарастания оросительных каналов порослью от пней.

4.2 Результаты полевых исследований по определению концентрации и объема вносимой арборицидной смеси

Для разработки устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни необходимо знать концентрацию и объем арборицидной смеси, которая будет подаваться на пни. Концентрацию смеси необходимо знать для того, чтобы перед началом работы устройств по угнетению пней производить их заправку раствором той концентрации, которая приводила бы к угнетению максимального количества обработанных пней. Определив экспериментальным путем необходимый объем вносимой смеси, мы сможем получить параметры выходных отверстий разрыхляющего элемента, клапана и насоса для подачи смеси из бочки к рабочим органам устройства для локального угнетения пней.

4.2.1 Результаты полевых исследований по определению концентрации арборицидной смеси, вносимой на пни

Полевые исследования по определению необходимой концентрации арборицидной смеси, вносимой на пни, которые остались после срезания древесно-кустарниковой растительности, проводились в 2013-2014 гг. на оросительных каналах Энгельсской оросительной системы Саратовской области. В качестве арборицидной смеси использовалась смесь химического препарата «Раундап» с водой.

Результаты полевых исследований по определению необходимой концентрации арборицидной смеси для угнетения пней на оросительных каналах приведены в таблице 4.2 и представлены на рисунках 4.7-4.8.

Согласно полученным результатам концентрация арборицидной смеси, необходимая для угнетения пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, на опытных участках Энгельсской оросительной системы Саратовской области составляет 35-40 %.

Таблица 4.2 – Определение количества угнетенных пней при обработке различной концентрацией арборицидной смеси

| № участка | Концентрация, % | Количество пней на участке, шт. | | Количество угнетенных пней, шт | | % угнетенных пней | |
|-----------|-----------------|---------------------------------|------|--------------------------------|------|-------------------|------|
| | | 2013 | 2014 | 2013 | 2014 | 2013 | 2014 |
| 1 | 5 | 32 | 43 | 6 | 9 | 18,8 | 20,9 |
| 2 | 10 | 45 | 40 | 21 | 18 | 46,7 | 45 |
| 3 | 15 | 39 | 31 | 28 | 22 | 71,8 | 71 |
| 4 | 20 | 34 | 41 | 30 | 37 | 88,2 | 90,2 |
| 5 | 25 | 41 | 42 | 38 | 39 | 92,7 | 92,9 |
| 6 | 30 | 40 | 39 | 39 | 37 | 97,5 | 94,9 |
| 7 | 35 | 40 | 37 | 39 | 36 | 97,5 | 97,3 |
| 8 | 40 | 38 | 34 | 37 | 33 | 97,4 | 97,1 |
| 9 | 45 | 42 | 39 | 41 | 38 | 97,6 | 97,4 |
| 10 | 50 | 39 | 33 | 38 | 32 | 97,4 | 97 |

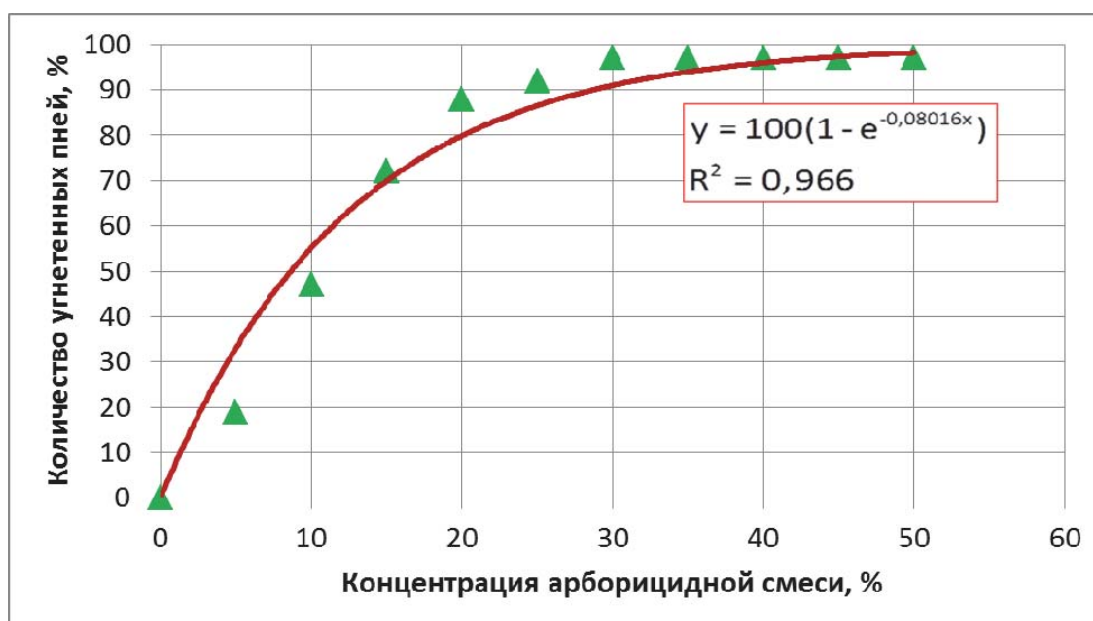


Рисунок 4.7 – Зависимость количества угнетенных пней от концентрации арборицидной смеси (2013 год)

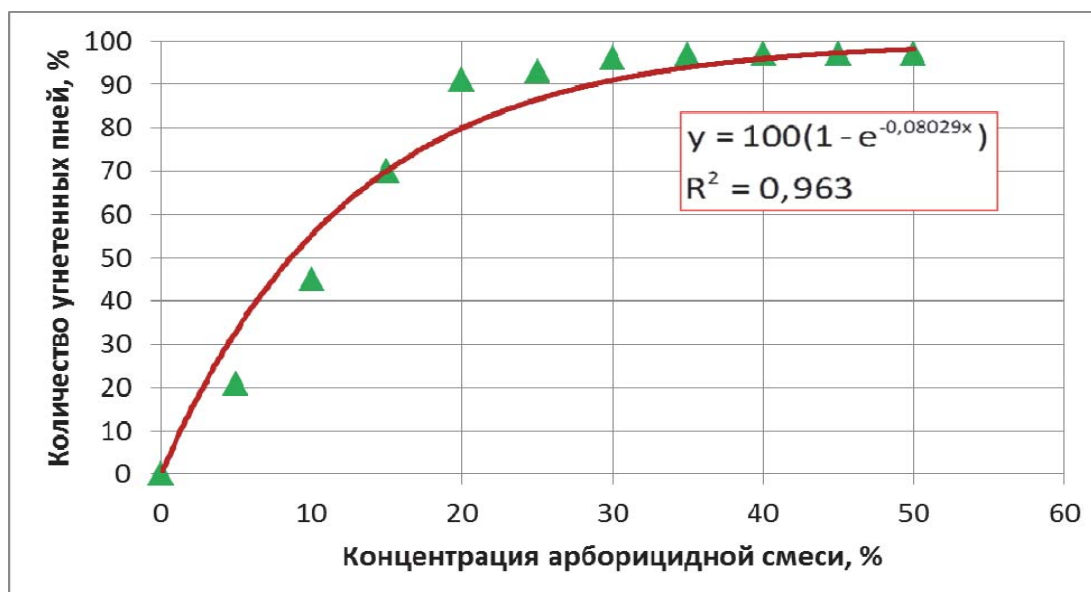


Рисунок 4.8 – Зависимость количества угнетенных пней от концентрации арборицидной смеси (2014 год)

Результаты исследований, проведенных в 2013 году, показывают, что функция, которая описывает зависимость количества угнетенных пней от концентрации арборицидной смеси, описывается экспоненциальным уравнением со степенью аппроксимации $R^2 = 0,966$:

$$y = 100 \cdot (1 - e^{-0,08016 \cdot x}). \quad (4.1)$$

По результатам исследований 2014 года функция, которая описывает зависимость количества угнетенных пней от концентрации арборицидной смеси, описывается экспоненциальным уравнением со степенью аппроксимации $R^2 = 0,963$:

$$y = 100 \cdot (1 - e^{-0,08029 \cdot x}). \quad (4.2)$$

4.2.2 Результаты полевых исследований по определению объема арборицидной смеси, вносимой на пни

Полевые исследования по определению нормы расхода арборицидной смеси, наносимой на пни, проводились на оросительных каналах Энгельсской оросительной системы Саратовской области в 2013-2014 гг. Для этого вначале определялся необходимый объем смеси, при котором происходило угнетение 95% пней, произрастающих на канале. Обработка пней осуществлялась смесью воды и арборицида «Раундап». Концентрация

препарата составляла 35-40% и принималась исходя из ранее проведенных полевых исследований.

Результаты полевых исследований по определению объема арборицидной смеси, необходимого для угнетения пней, приведены в таблице 4.3 и представлены на рисунках 4.9-4.10. Также по результатам исследований была установлена зависимость между диаметром пней и необходимой дозой арборицидной смеси для их угнетения (рисунок 4.11).

Таблица 4.3 – Определение необходимого объема арборицидной смеси, вносимой на пни

| № участка | Объем арборицидной смеси, мл/шт. | Количество пней на участке, шт. | | Количество угнетенных пней, шт. | | % угнетенных пней | |
|-----------|----------------------------------|---------------------------------|------|---------------------------------|------|-------------------|------|
| | | 2013 | 2014 | 2013 | 2014 | 2013 | 2014 |
| 1 | 2 | 8 | 9 | 3 | 3 | 37,5 | 33,3 |
| 2 | 4 | 11 | 14 | 6 | 8 | 54,5 | 57,1 |
| 3 | 6 | 16 | 18 | 12 | 13 | 75 | 72,2 |
| 4 | 8 | 18 | 19 | 16 | 17 | 88,9 | 89,5 |
| 5 | 10 | 20 | 42 | 19 | 41 | 95 | 97,6 |
| 6 | 12 | 39 | 37 | 37 | 36 | 94,9 | 97,3 |
| 7 | 14 | 38 | 34 | 37 | 33 | 97,4 | 97,1 |
| 8 | 16 | 42 | 39 | 41 | 38 | 97,6 | 97,4 |
| 9 | 18 | 39 | 33 | 38 | 32 | 97,4 | 97 |

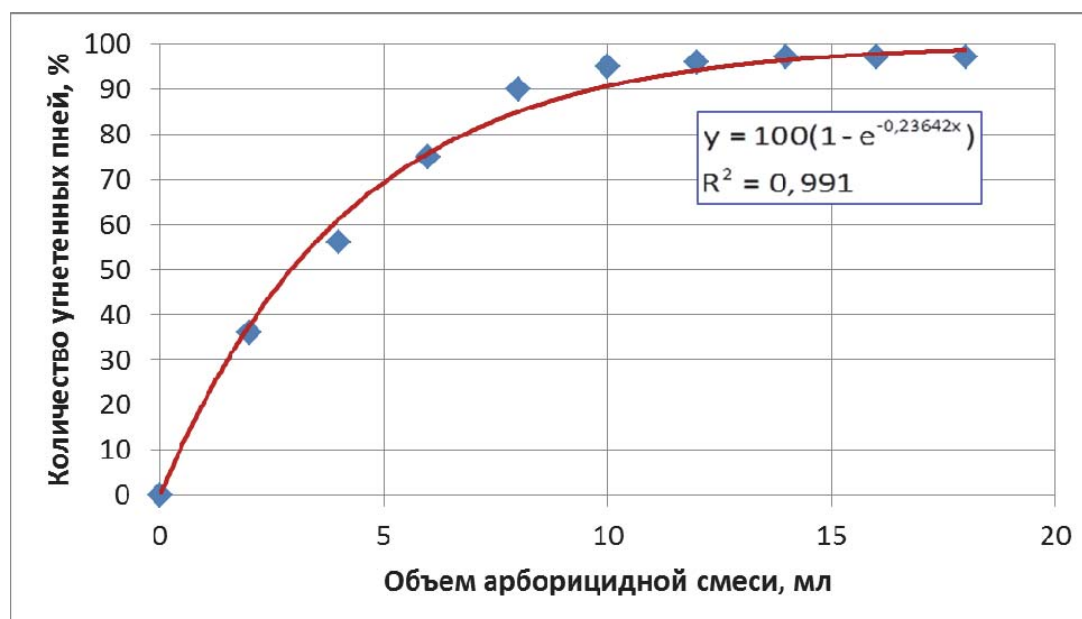


Рисунок 4.9 – Зависимость количества угнетенных пней от объема арборицидной смеси (2013 год)

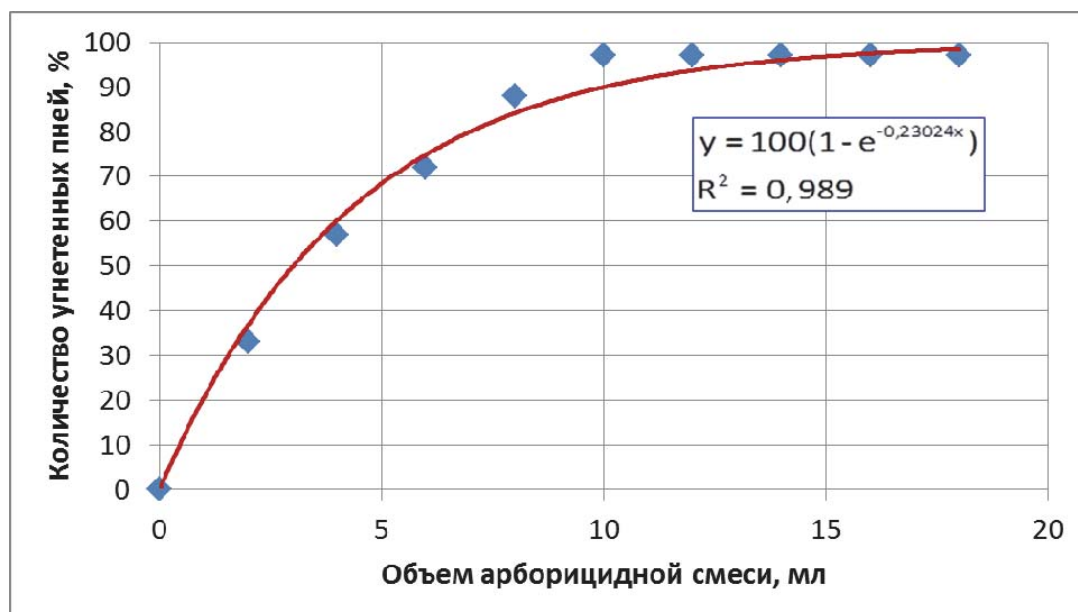


Рисунок 4.10 – Зависимость количества угнетенных пней от объема арборицидной смеси (2014 год)

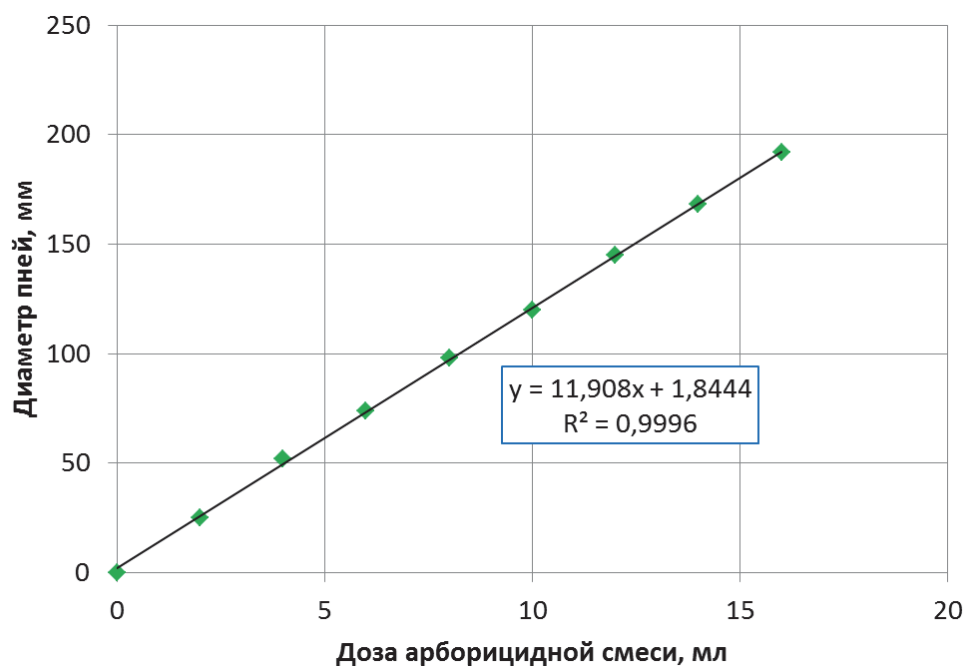


Рисунок 4.11 – Зависимость необходимой дозы арборицидной смеси от диаметра пней

Результаты исследований проведенных в 2013 году показывают, что функция, которая описывает зависимость количества угнетенных пней от объема арборицидной смеси, описывается экспоненциальным уравнением со степенью аппроксимации $R^2 = 0,991$:

$$y = 100 \cdot (1 - e^{-0,23642 \cdot x}). \quad (4.3)$$

По результатам исследований 2014 года функция, которая описывает зависимость количества угнетенных пней от расхода раствора арборицидной смеси, описывается экспоненциальным уравнением со степенью аппроксимации $R^2 = 0,989$:

$$y = 100 \cdot (1 - e^{-0,23024 \cdot x}). \quad (4.4)$$

Уравнение описывающее зависимость между диаметром пней и необходимой дозой арборицидной смеси для их угнетения является линейной функцией со степенью аппроксимации $R^2 = 0,9996$ и имеет следующий вид:

$$y = 11,908 \cdot x + 1,8444. \quad (4.5)$$

По результатам полевых исследований была установлена зависимость между диаметром пней и необходимой дозой арборицидной смеси, согласно которой с увеличением диаметра пней доза смеси увеличивается. Согласно графикам, представленным на рисунках 4.9-4.10, для угнетения пней на опытных участках Энгельсской оросительной системы Саратовской области требуемый объем арборицидной смеси составляет 12-14 мл на поверхность одного пня.

Подставив полученные результаты полевых опытов в формулу 3.9, получим среднюю норму расхода арборицидной смеси для опытных участков Энгельсской оросительной системы Саратовской области:

$$Q_n = P_{арб} \cdot \Gamma_{\phi} = 0,013 \cdot \left(\frac{30048 + 31136}{2} \right) = 397,7 \text{ л/га.}$$

4.3 Результаты лабораторных исследований по определению влияния геометрических параметров зубьев разрыхляющих элементов устройства для локального внесения арборицидной смеси на впитываемость

Лабораторные исследования по определению влияния геометрических параметров зубьев разрыхляющих элементов на впитываемость арборицидной смеси с учетом породы и влажности исследуемых образцов проводились

в 2013 г. в специализированной лаборатории кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова.

Большое значение для определения геометрических параметров зубьев разрыхляющих элементов имеет порода древесины, произрастающей на каналах, а также ее влажность (давность спила).

От породы древесины исследуемых образцов зависит форма и глубина механических повреждений, так как у исследуемых образцов (клен ясенелистный, вяз приземистый и лох узколистный) различная структура волокон, плотность и предел прочности. Вследствие этого образцы различных пород имеют различную впитываемость.

Влажность образцов (давность спила) также влияет на впитываемость, так как чем больше влажность образцов, тем меньшее количество арборицидной смеси они могут впитать внутрь.

В соответствии с методикой вначале необходимо определить зависимость между впитываемостью (массой арборицидной смеси, впитавшейся в поверхность образца) и его влажностью. Результаты данных исследований приведены в приложении 8, таблице 4.4 и представлены на рисунке 4.12.

Таблица 4.4 – Определение зависимости впитываемости арборицидной смеси образцами древесины различных пород от влажности

| Порода древесины образца | Давность спила, сут. | Впитываемость, г | Средняя влажность, % |
|--------------------------|----------------------|------------------|----------------------|
| Клен ясенелистный | 60 | 12 | 5,9 |
| Вяз приземистый | | 6,3 | 7,68 |
| Лох узколистный | | 5,43 | 7,86 |
| Клен ясенелистный | 30 | 8,09 | 8 |
| Вяз приземистый | | 4,6 | 14,8 |
| Лох узколистный | | 3,9 | 13,1 |
| Клен ясенелистный | 15 | 6 | 20 |
| Вяз приземистый | | 3,6 | 22 |
| Лох узколистный | | 3 | 19,3 |
| Клен ясенелистный | 7 | 4,75 | 32,97 |
| Вяз приземистый | | 2,8 | 32 |
| Лох узколистный | | 2,23 | 31,2 |

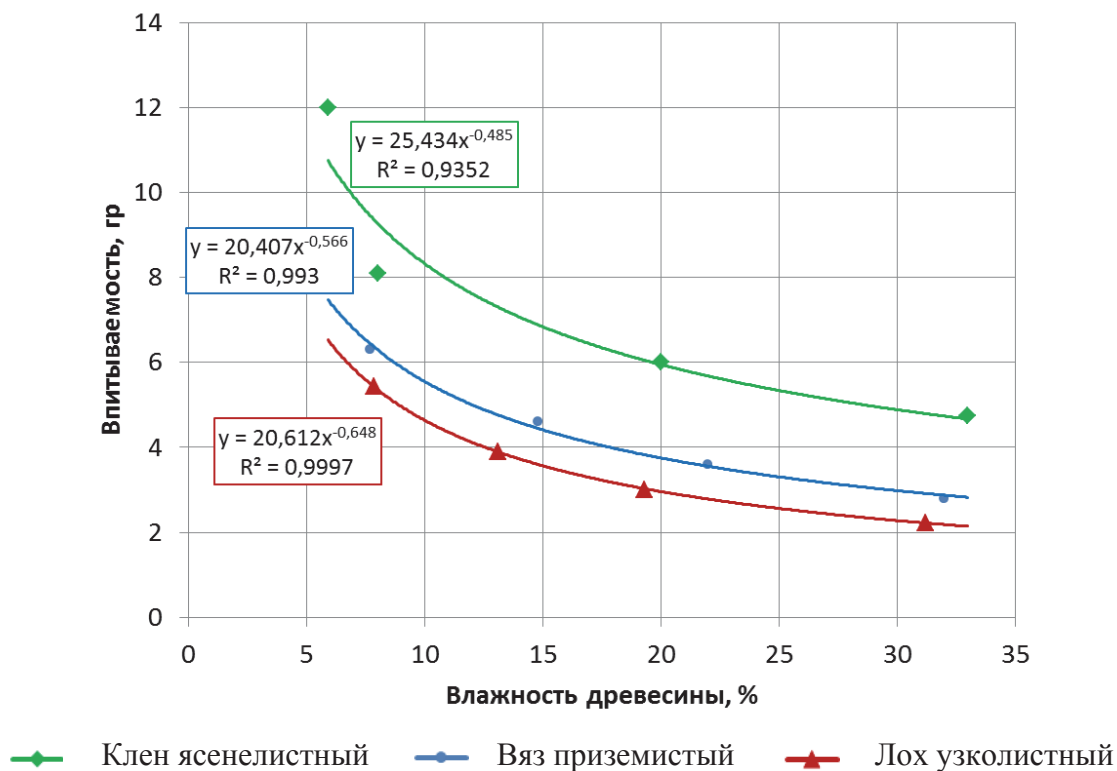


Рисунок 4.12 – Зависимость впитываемости арборицидной смеси образцами древесины различных пород от влажности

По результатам лабораторных исследований была установлена зависимость между впитываемостью арборицидной смеси образцами древесины различных пород и их влажностью, согласно которой с увеличением влажности образцов впитываемость уменьшается.

Эти зависимости являются степенными функциями и имеют следующий вид:

– для клена ясенелистного (степень аппроксимации $R^2 = 0,9352$):

$$y = 25,434 \cdot x^{-0,485}; \quad (4.6)$$

– для вяза приземистого (степень аппроксимации $R^2 = 0,993$):

$$y = 20,407 \cdot x^{-0,566}; \quad (4.7)$$

– для лоха узколистного (степень аппроксимации $R^2 = 0,9997$):

$$y = 20,612 \cdot x^{-0,648}. \quad (4.8)$$

Согласно графику, представленному на рисунке 4.12 и таблице 4.4, наиболее приемлемым периодом обработки пней арборицидной смесью яв-

ляется срок в течение 2-3 недель после срезания, так как при этом не происходит повторное зарастание бермы каналов новой порослью и смесь впитывается лучше, чем при обработке сразу после срезания древесно-кустарниковой растительности.

При проведении экспериментальных исследований по определению влияния угла заострения зубьев разрыхляющих элементов на впитываемость арборицидной смеси выбирались образцы, в соответствии с ранее полученными результатами, с давностью спила 2 недели (15 суток). Результаты исследований приведены в приложении 8, таблице 4.5 и представлены на рисунке 4.13.

Таблица 4.5 – Определение зависимости впитываемости арборицидной смеси образцами древесины различных пород от угла заострения зубьев разрыхляющих элементов

| Порода древесины образца | Угол заострения зубьев, град. | Средняя впитываемость, г |
|--------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| Клен ясенелистный | 20 | 6,28 |
| Вяз приземистый | | 3,76 |
| Лох узколистный | | 3,27 |
| Клен ясенелистный | 30 | 6,58 |
| Вяз приземистый | | 4 |
| Лох узколистный | | 3,48 |
| Клен ясенелистный | 40 | 6,86 |
| Вяз приземистый | | 4,28 |
| Лох узколистный | | 3,61 |
| Клен ясенелистный | 50 | 7 |
| Вяз приземистый | | 4,4 |
| Лох узколистный | | 3,74 |
| Клен ясенелистный | 60 | 6,95 |
| Вяз приземистый | | 4,31 |
| Лох узколистный | | 3,59 |
| Клен ясенелистный | 70 | 6,52 |
| Вяз приземистый | | 3,93 |
| Лох узколистный | | 3,46 |

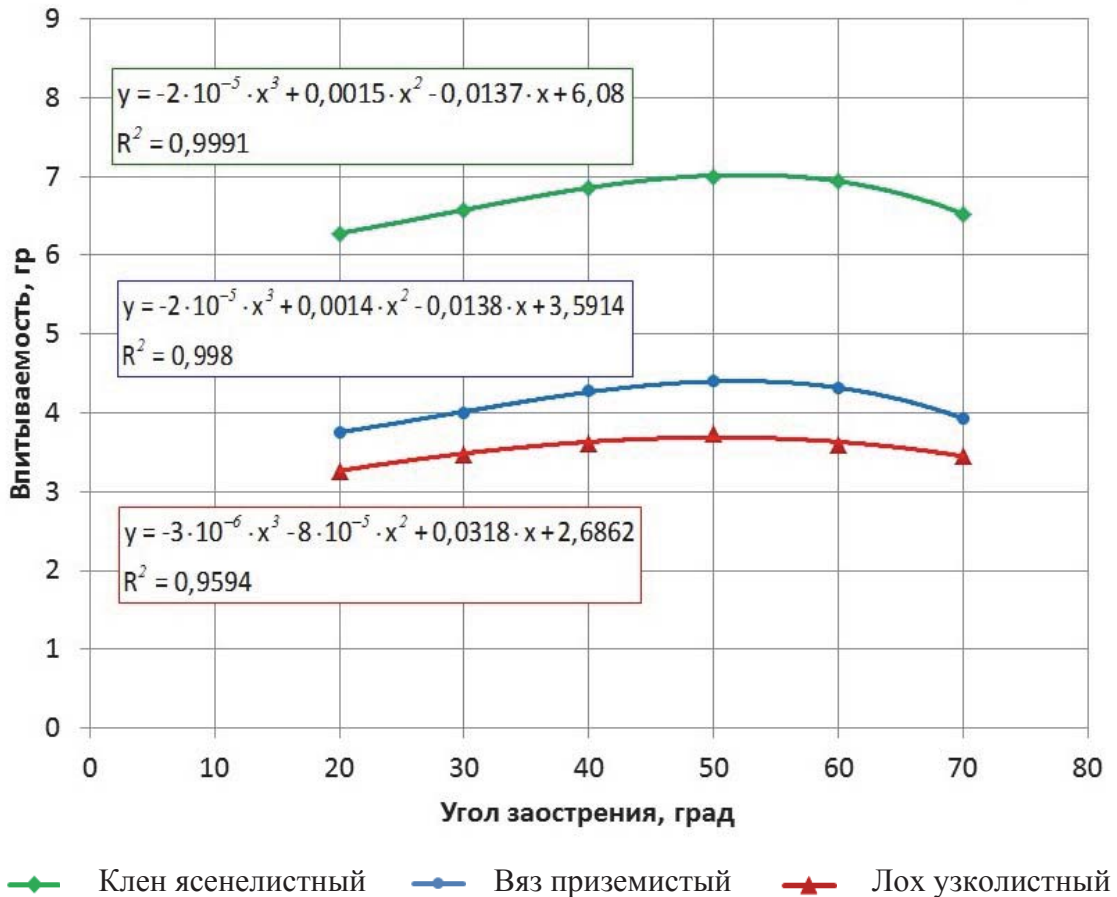


Рисунок 4.13 – Зависимость впитываемости арборицидной смеси образцами древесины различных пород от угла заострения зубьев разрыхляющих элементов

По результатам лабораторных исследований была установлена зависимость между впитываемостью арборицидной смеси образцами древесины различных пород и углом заострения зубьев разрыхляющих элементов. Эта зависимость описывается функцией полинома 3 степени и для каждого из образцов исследуемой древесины имеет следующий вид:

– для клена ясенелистного (степень аппроксимации $R^2 = 0,9991$):

$$y = -2 \cdot 10^{-5} \cdot x^3 + 0,0015 \cdot x^2 - 0,0137 \cdot x + 6,08; \quad (4.9)$$

– для вяза приземистого (степень аппроксимации $R^2 = 0,998$):

$$y = -2 \cdot 10^{-5} \cdot x^3 + 0,0014 \cdot x^2 - 0,0138 \cdot x + 3,5914; \quad (4.10)$$

– для лоха узколистного (степень аппроксимации $R^2 = 0,9594$):

$$y = -3 \cdot 10^{-6} \cdot x^3 - 8 \cdot 10^{-5} \cdot x^2 + 0,0318 \cdot x + 2,6862. \quad (4.11)$$

Согласно проведенным исследованиям оптимальным углом заострения зубьев является угол 45-55°.

После определения оптимального угла заострения зубьев были проведены исследования по определению зависимости расстояния между зубьями (шага зубьев) и впитываемостью арборицидной смеси образцами древесины различных пород. Результаты исследований приведены в приложении 8, таблице 4.6 и представлены на рисунке 4.14.

По результатам лабораторных исследований была установлена зависимость между впитываемостью арборицидной смеси образцами древесины различных пород и шагом зубьев разрыхляющих элементов, которая описывается линейной функцией и для каждой породы исследуемых образцов имеет следующий вид:

– для клена ясенелистного (степень аппроксимации $R^2 = 0,9763$):

$$y = -0,0143 \cdot x + 7,3115; \quad (4.12)$$

– для вяза приземистого (степень аппроксимации $R^2 = 0,9804$):

$$y = -0,01 \cdot x + 4,636; \quad (4.13)$$

– для лоха узколистного (степень аппроксимации $R^2 = 0,9759$):

$$y = -0,009 \cdot x + 3,95. \quad (4.14)$$

Из рисунка 4.14 видно, что при уменьшении шага между зубьями наблюдается улучшение впитываемости смеси в образцы. Однако считаем целесообразным шаг между зубьями разрыхляющего элемента принимать не менее 14 мм, так как при меньшем значении шага происходит забивание разрыхляющего элемента стружкой, что в свою очередь исключает возможность дальнейшего механического воздействия зубьями на образцы, в результате чего впитываемость смеси значительно снижается.

Таким образом, наилучшее впитывание смеси в образцы происходит при шаге между зубьями разрыхляющего элемента $t = 14$ мм.

Таблица 4.6 – Определение зависимости впитываемости арборицидной смеси образцами древесины различных пород от шага зубьев разрыхляющего элемента

| Порода древесины образца | Шаг зубьев, мм | Средняя впитываемость, г |
|--------------------------|----------------|--------------------------|
| Клен ясенелистный | 14 | 7,12 |
| Вяз приземистый | | 4,5 |
| Лох узколистный | | 3,83 |
| Клен ясенелистный | 18 | 7,05 |
| Вяз приземистый | | 4,46 |
| Лох узколистный | | 3,79 |
| Клен ясенелистный | 22 | 7 |
| Вяз приземистый | | 4,4 |
| Лох узколистный | | 3,74 |
| Клен ясенелистный | 26 | 6,92 |
| Вяз приземистый | | 4,38 |
| Лох узколистный | | 3,71 |
| Клен ясенелистный | 30 | 6,9 |
| Вяз приземистый | | 4,34 |
| Лох узколистный | | 3,69 |

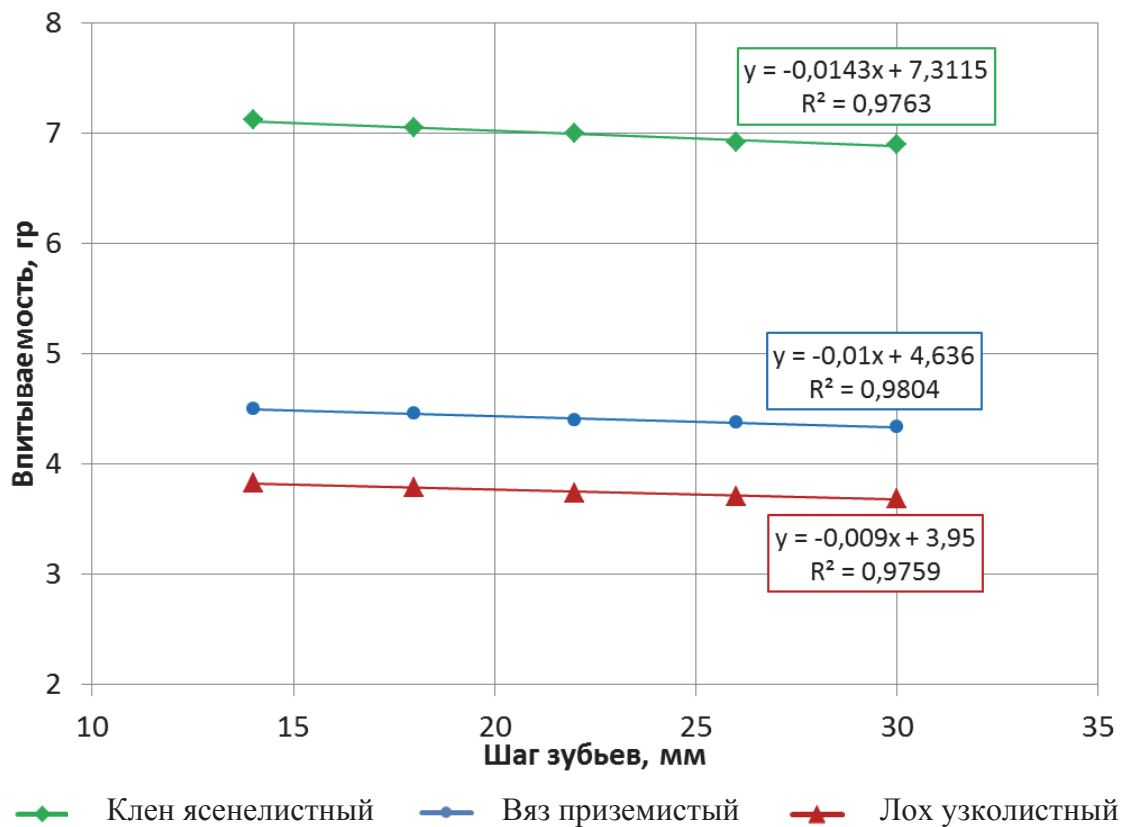


Рисунок 4.14 – Зависимость впитываемости арборицидной смеси образцами древесины различных пород от шага зубьев разрыхляющего элемента

4.4 Результаты лабораторных исследований по определению влияния геометрических параметров наконечника и ударной шайбы на объем получаемой лунки в теле пня

Лабораторные исследования по определению влияния геометрических параметров наконечника и ударной шайбы на объем получаемой лунки в теле пня проводились весной 2014 года в УНПК «Агроцентр» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова.

В соответствии с методикой необходимо определить зависимость геометрических параметров наконечника и ударной шайбы, падающей с определенной высоты, на объем получаемой лунки в теле пня с учетом породы исследуемых образцов. Исследования проводились для встречаемых на каналах пород древесины с наибольшей и наименьшей средней плотностью – клена ясенелистного и тополя.

Исходя из условий конструкции разработанного иньектора, а также для удобства дальнейшего применения устройства при проведении операций доиньектирования пней, была выбрана достаточная высота падения ударной шайбы, которая составила 1 м. Вследствие малой массы ударные шайбы 2,3 кг и 2,7 кг оказывали недостаточное усилие для проникновения наконечника в тело пня, поэтому в дальнейшем для проведения исследований не использовались.

Результаты исследований приведены в приложении 9, таблице 4.7 и представлены на рисунке 4.15.

По результатам лабораторных исследований была установлена зависимость между объемом образуемой в теле пня лунки и углом заострения наконечника, которая описывается линейной функцией и для каждой породы исследуемых образцов имеет следующий вид:

– для клена ясенелистного (степень аппроксимации $R^2 = 0,9864$):

$$y = -52,883x + 4897,9; \quad (4.15)$$

– для тополя (степень аппроксимации $R^2 = 0,9864$):

$$y = -156,18x + 14467. \quad (4.16)$$

Объем образуемой лунки значительно зависит от плотности породы исследуемой древесины. Поэтому выбор оптимального угла заострения будем

производить для образца породы древесины с наибольшей плотностью – клена ясенелистного, средняя плотность которого составляет 690 кг/м³.

Таблица 4.7 – Определение зависимости объема образуемой в теле пня лунки от угла заострения наконечника

| Порода древесины образца | Угол заострения наконечника α , град. | Масса ударной шайбы m , кг | Средний объем лунки $V_{\text{ср}}$, мм ³ |
|--------------------------|----------------------------------------------|------------------------------|-------------------------------------------------------|
| Клен ясенелистный | 40 | 3,7 | 2698 |
| Тополь | | | 7970 |
| Клен ясенелистный | 45 | | 2557 |
| Тополь | | | 7554 |
| Клен ясенелистный | 50 | | 2233 |
| Тополь | | | 6595 |
| Клен ясенелистный | 55 | | 2175 |
| Тополь | | | 6425 |
| Клен ясенелистный | 60 | | 1709 |
| Тополь | | | 5048 |
| Клен ясенелистный | 65 | | 1343 |
| Тополь | | | 3968 |
| Клен ясенелистный | 70 | | 1202 |
| Тополь | | | 3553 |
| Клен ясенелистный | 75 | | 936 |
| Тополь | | | 2767 |
| Клен ясенелистный | 80 | 671 | |
| Тополь | | 1982 | |

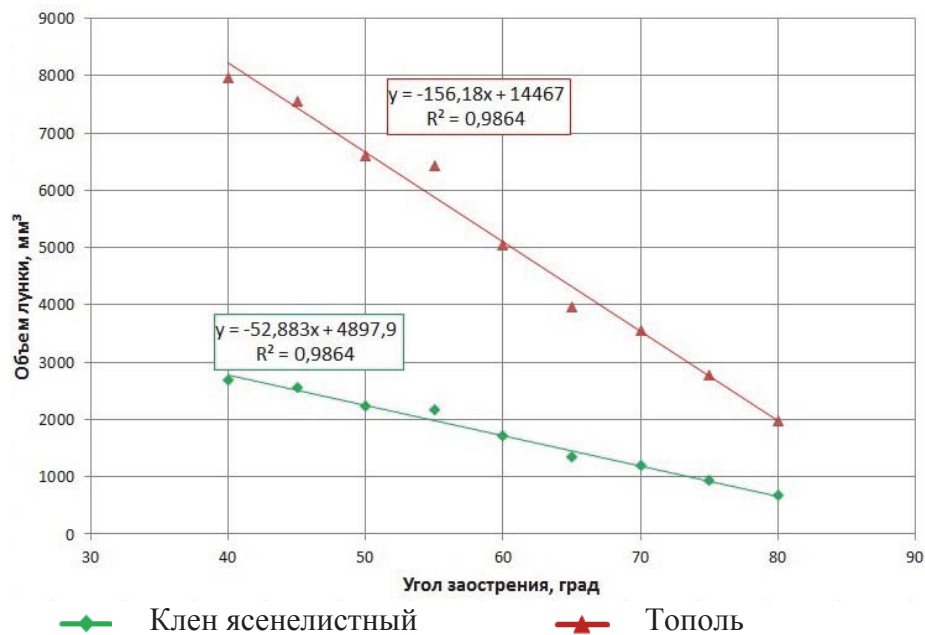


Рисунок 4.15 – Зависимость объема образуемой в теле пня лунки от угла заострения наконечника

Таким образом, по результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что чем меньше угол заострения, тем больший объем лунки можно получить при ударном воздействии рабочего органа.

Однако считаем целесообразным угол заострения принимать равным $55...60^\circ$, так как меньшее значение угла приводит к значительным усилиям на извлечение наконечника из тела пня, а также объем образованной лунки в этом случае достаточен для внесения требуемого количества арборицидной смеси.

4.5 Результаты полевых испытаний опытных устройств

Полевые испытания устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни проводились в мае 2014-2015 гг. на оросительных каналах Энгельской оросительной системы Саратовской области и в ООО «Наше дело» (г. Маркс).

Предварительно было определено расстояние между отдельно стоящими пнями, а также гнездами пней кустарника и мелколесья. В случае, когда это расстояние составляло менее 0,6 м, использовался опрыскиватель, а выше 0,6 м – устройство для локального внесения арборицидной смеси на пни.

Испытания устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни на бермах оросительных каналов начинали с проверки их работоспособности. Для этого выбирался участок с наиболее ровным рельефом и высотой срезанных пней не более 140 мм.

После этого были проведены исследования устройства на поломку рабочих органов. Для этого были выбраны участки с неровным рельефом, высотой пней более 140 мм и расстоянием между ними менее 300 мм. При данных условиях разрыхляющий элемент начинал застревать между пнями, что приводило к срезанию болтов, соединяющих штангу и рукоять рабочего органа. Поэтому при срезании древесно-кустарниковой растительности рекомендуется оставлять пни высотой не более 140 мм, даже если они находятся в углублениях.

В программу проведения исследований работы устройства на бермах оросительных каналов входило исследование качества его работы.

Основным параметром, характеризующим качество обработки берм оросительных каналов устройством для локального внесения арборицидной смеси на пни, является повторное зарастание древесно-кустарниковой растительностью. После обработки устройством оно должно составлять не более 5%, что обеспечит последующую обработку давших поросль пней с помощью устройства инъекционного типа.

На качество работы устройства также будет влиять скорость движения трактора, на задней навеске которого крепится устройство для локального внесения арборицидной смеси на пни. Чем выше скорость трактора, тем качество работы будет ниже, так как перепускной клапан будет срабатывать с задержкой, и подача рабочей смеси будет происходить при сходе рабочего органа с пня.

Результаты полевых исследований по определению влияния скорости движения на качество работы устройства для локального внесения арборицидной на пни приведены в таблице 4.8, и представлены на рис. 4.16.

В ходе исследований была получена зависимость качества работы устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни от его скорости движения.

Она представляет собой функцию полинома 4 степени и для 2014 года описывается уравнением (степень аппроксимации $R^2 = 0,9975$):

$$y = 0,1352 \cdot x^4 - 1,8858 \cdot x^3 + 7,3092 \cdot x^2 - 11,565 \cdot x + 101,24. \quad (4.17)$$

Для 2015 года описывается уравнением (степень аппроксимации $R^2 = 0,9979$):

$$y = 0,1167 \cdot x^4 - 1,5378 \cdot x^3 + 5,2539 \cdot x^2 - 7,5725 \cdot x + 98,631 \quad (4.18)$$

По результатам полевых исследований работы устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни было установлено, что с увеличением скорости движения количество угнетенных пней уменьшается. Согласно графику, представленному на рисунке 4.16, приемлемый диапазон рабо-

чей скорости трактора с устройством для локального угнетения пней на берегах оросительных каналов составляет 1-2 км/ч.

Таблица 4.8 – Определение количества угнетенных пней при различной скорости движения устройства для локального внесения арборицидной смеси

| № участка | Скорость движения, км/ч | Количество пней на участке, шт. | | Количество угнетенных пней, шт. | | % угнетенных пней | |
|-----------|-------------------------|---------------------------------|------|---------------------------------|------|-------------------|------|
| | | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 | 2014 | 2015 |
| 1 | 1,0 | 55 | 42 | 52 | 40 | 94,5 | 95,2 |
| 2 | 1,4 | 45 | 49 | 43 | 46 | 95,6 | 93,9 |
| 3 | 1,8 | 38 | 42 | 36 | 40 | 94,7 | 95,2 |
| 4 | 2,2 | 48 | 52 | 45 | 49 | 93,8 | 94,2 |
| 5 | 2,6 | 49 | 43 | 46 | 40 | 93,9 | 93 |
| 6 | 3,0 | 52 | 49 | 48 | 45 | 92,3 | 91,8 |
| 7 | 3,4 | 41 | 46 | 37 | 41 | 90,2 | 89,1 |
| 8 | 3,8 | 54 | 52 | 48 | 45 | 88,9 | 86,5 |
| 9 | 4,2 | 49 | 56 | 41 | 46 | 83,7 | 82,1 |
| 10 | 4,6 | 52 | 51 | 41 | 39 | 78,8 | 76,5 |
| 11 | 5,0 | 53 | 37 | 40 | 27 | 75,5 | 73 |
| 12 | 5,4 | 46 | 50 | 32 | 34 | 69,6 | 68 |

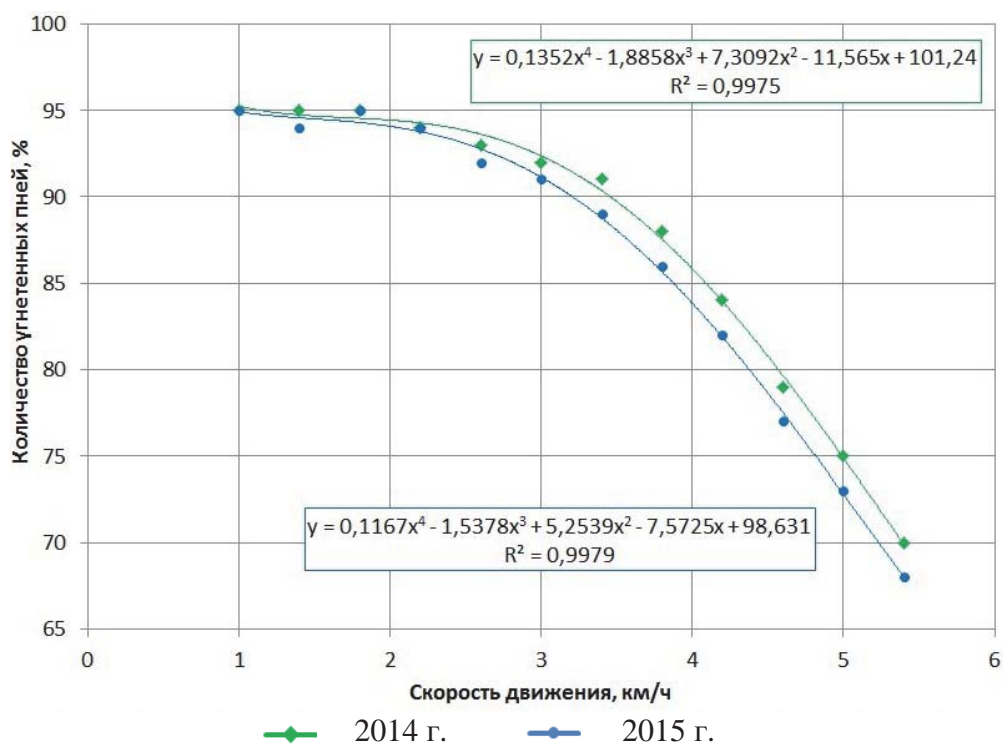


Рисунок 4.16 – Зависимость количества угнетенных пней от скорости движения устройства для локального внесения арборицидной смеси

Полевые испытания устройства инъекционного типа для локального угнетения пней проводились в мае 2015-2016 гг. на оросительных каналах Энгельской оросительной системы Саратовской области и в ООО «Наше дело» (г. Маркс). В программу проведения полевых исследований входило определение качества его работы.

Основным параметром, характеризующим качество операции доинъектирования пней, является повторное зарастание древесно-кустарниковой растительностью. После обработки устройством оно должно составлять не более 1%.

Результаты полевых исследований представлены в таблице 4.9. Как видно из полученных данных, средний процент угнетенных пней по 10 экспериментальным участкам составил в 2015 г. – 99%, в 2016 г. – 99,1%.

Таблица 4.9 – Определение количества угнетенных пней при их обработке устройством инъекционного типа

| № участка | Количество пней на участке, шт. | | Количество угнетенных пней, шт. | | % угнетенных пней | |
|-----------|---------------------------------|------|---------------------------------|------|-------------------|------|
| | 2015 | 2016 | 2015 | 2016 | 2015 | 2016 |
| 1 | 34 | 26 | 32 | 25 | 94 | 96 |
| 2 | 24 | 22 | 23 | 21 | 96 | 95 |
| 3 | 11 | 10 | 11 | 10 | 100 | 100 |
| 4 | 4 | 7 | 4 | 7 | 100 | 100 |
| 5 | 3 | 4 | 3 | 4 | 100 | 100 |
| 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 100 | 100 |
| 7 | 1 | 1 | 1 | 1 | 100 | 100 |
| 8 | 1 | 1 | 1 | 1 | 100 | 100 |
| 9 | 1 | 1 | 1 | 1 | 100 | 100 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 1 | 100 | 100 |

4.6 Выводы

1. Полевые исследования зарастания оросительных каналов показали, что наиболее распространенными видами древесно-кустарниковой растительности на них являются лох узколистый, вяз приземистый и клен ясенелистый. Средняя густота стояния всех видов кустарника и мелколесья за ис-

следуемые годы составила 30592 шт./га. Средняя минимальная высота пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, за исследуемые годы составила 11 мм, средняя максимальная – 133 мм. Средний минимальный диаметр пней за исследуемые годы составил 25 мм, средний максимальный – 213 мм.

2. Проведенные исследования подтвердили необходимость угнетения пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, с целью предотвращения повторного зарастания оросительных каналов порослью от пней. Для выполнения этой задачи целесообразно применять устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни.

3. Согласно проведенным исследованиям для опытных участков Энгельсской оросительной системы необходимая концентрация арборицидной смеси для угнетения пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, составляет 35-40% при объеме смеси 12-14 мл, вносимой на поверхность одного пня. Средняя норма расхода арборицидной смеси для данных участков составляет 397,7 л/га.

3. Проведенные экспериментальные исследования показали, что наиболее приемлемым периодом обработки пней арборицидной смесью является срок в течение 2-3 недель после срезания, так как при этом не происходит повторное зарастание берм и откосов каналов новой порослью и смесь впитывается лучше, чем при обработке сразу после срезания древесно-кустарниковой растительности.

4. При проведении экспериментальных исследований определен оптимальный угол заострения зубьев разрыхляющих элементов, равный 45-55°, при котором достигается лучшая впитываемость арборицидной смеси в поверхность пней, оставшихся после срезания кустарника и мелколесья. Также определен шаг между зубьями разрыхляющих элементов, равный 14 мм, при котором наблюдается лучшее впитывание смеси в тело пней.

5. По результатам исследований определен оптимальный угол заострения наконечника рабочего органа устройства инъекционного типа, равный $55...60^\circ$, и достаточная масса падающего груза, равная 3,7 кг.

6. В ходе проведенных полевых исследований работы устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни были определены зависимости его производительности от скорости движения трактора. Приемлемый диапазон рабочей скорости трактора с данным устройством составляет 1-2 км/ч. По результатам исследований средний процент угнетенных пней при работе устройства для локального угнетения пней составил 95%, а при проведении операции доинъектирования с помощью устройства инъекционного типа – 99%.

7. При проведении операции срезания древесно-кустарниковой растительности кусторезами рекомендовано оставлять пни высотой не более 140 мм, даже если они находятся в углублениях, для обеспечения последующей стабильной и безотказной работы устройств для локального угнетения пней.

5 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

5.1 Эффективность внедрения усовершенствованной технологии очистки оросительных каналов

Усовершенствованная технология очистки оросительных каналов [145], а также разработанные устройства для угнетения пней [36, 37] были апробированы и внедрены в хозяйствах, занимающихся эксплуатацией оросительных систем – Энгельсском филиале ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз», а также в ООО «Наше дело» Саратовская обл., г. Маркс (приложение 13).

Усовершенствованная (новая) технология включает комплекс технологических операций, необходимых для эффективной очистки оросительных каналов (см. рисунок 2.1). Энергетическая оценка технологии производилась в сравнении с традиционной (базовой) технологией очистки каналов от древесно-кустарниковой растительности и пней (см. рисунок 1.7).

Традиционная (базовая) технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности и пней включает в себя следующие операции:

1. Срезание древесно-кустарниковой растительности (с использованием средств малой механизации).
2. Удаление срезанной растительности (сгребание растительности в кучи бульдозером ДЗ-109 и последующее ее сжигание).
3. Корчевание пней (бульдозер ДЗ-109).
4. Осмотр и исправление повреждений берм и откосов (бульдозер ДЗ-109).
5. Планировка бермы (автогрейдер ДЗ-143).

Усовершенствованная (новая) технология очистки оросительных каналов включает в себя следующие операции по удалению древесно-кустарниковой растительности и пней:

1. Визуальный осмотр поверхностей берм и откосов канала, удаление из зоны выполнения работ посторонних предметов.

2. Срезка древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на бермах канала (кустореж маятниково-телескопического типа МК-2(СГАУ) на базе трактора МТЗ-80).

3. Сбор срезанного на берме кустарника и мелкоколосья в кучи (подборщик-собиратель ПС-2(СГАУ) на базе трактора МТЗ-82.1).

4. Срезка древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на откосах канала (универсальный телескопический навесной кустореж КН-3(СГАУ) на базе одноковшового экскаватора ЭО-2621 с базовым трактором МТЗ-82.1).

5. Извлечение срезанной растительности из русла канала с последующим перемещением ее в сформированные кучи (подборщик-собиратель ПС-2(СГАУ) на базе трактора МТЗ-82.1).

6. Угнетение пней на бермах канала (устройство для локального внесения арборицидной смеси на пни ЛВА-1 (СГАУ)).

7. Угнетение пней на откосах канала (устройство инъекционного типа).

8. Переработка древесины в энергетическую или технологическую щепу (навесная рубильная машина МР-160 на базе трактора МТЗ-82.1).

9. Транспортировка щепы потребителю или к месту хранения (грузовой автомобиль ЗИЛ-5301АО с наращенными бортами).

10. Доинъектирование пней на бермах канала (устройство инъекционного типа).

11. Доинъектирование пней на откосах канала (устройство инъекционного типа).

В усовершенствованной технологии для улучшения впитываемости арборицидной смеси предусмотрено механическое воздействие на тело пня. Поэтому здесь обработка пней арборицидной смесью после срезания растительности выделена как отдельная операция, проводимая на бермах канала с помощью устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни ЛВА-1, а на откосах – с помощью устройства инъекционного типа.

Кроме того, проведение операций доинъектирования пней позволяет обеспечить наиболее эффективную очистку оросительных каналов с предотвращением повторного зарастания древесно-кустарниковой растительностью за счет полного угнетения пней, повторно давших молодую поросль.

Экономико-энергетическая оценка технологий проводилась согласно [40, 54, 66, 109] по формулам, приведенным в разделе 5.2. Результаты расчетов приведены в таблице 5.1 и приложениях 11, 12.

Таким образом, при внедрении усовершенствованной технологии сокращение полных энергозатрат по операциям очистки канала от древесно-кустарниковой растительности и пней составило 41 %.

Экономия полных энергозатрат при выполнении операций очистки канала от древесно-кустарниковой растительности и пней была получена в размере 32314 МДж/га, что в денежном выражении составило 43961 руб./га (приложение 12).

Таблица 5.1 – Экономико-энергетическая оценка эффективности усовершенствованной технологии очистки оросительных каналов

| Наименование мероприятия | Энергозатраты, МДж/га | | Коэффициенты эффективности энергозатрат, K_3 | Показатели интенсификации I_3 , % | Экономия | |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------|-----------------|------------------|
| | базовая технология | новая технология | | | энергии, МДж/га | средств, руб./га |
| Очистка канала от древесно-кустарниковой растительности и пней | 78098 | 45784 | 0,59 | 41 | 32314 | 43961 |

5.2 Экономико-энергетическая оценка технологий и технических средств

Экономическая оценка внедрения новых технологий и машин посредством энергетического анализа в условиях рыночной экономики наиболее оправдана. Энергозатраты в отличие от затрат в денежном выражении не зависят от цен, поэтому они являются более стабильным критерием. Оценка технологий и техни-

ческих средств в сельскохозяйственном производстве с точки зрения экономии ресурсов и энергии производится путем сравнения полных энергозатрат базового и нового вариантов [109].

Полные энергозатраты технологии (или работы машины) \mathcal{E}_n , МДж/га, определяются по формуле:

$$\mathcal{E}_n = \sum_j \mathcal{E}_{прj} + \sum_j \mathcal{E}_{oj}, \quad (5.1)$$

где $\mathcal{E}_{прj}$ – прямые удельные затраты энергии по j -му технологическому процессу (или машине), МДж/га; \mathcal{E}_{oj} – затраты, овеществленные при производстве энергоносителей и других ресурсов, МДж/га.

Прямые удельные затраты энергии на выполнение j -го технологического процесса (или при работе машины) определяются по формуле:

$$\mathcal{E}_{прj} = \sum_k q_{kj} e_k, \quad (5.2)$$

где q_{kj} – норма расхода энергоносителей k -го вида, используемых при выполнении технологического процесса (или для работы машины) на единицу объема работы, кг/га; e_k – энергосодержание k -го энергоносителя, МДж (прил. 11, табл. 1).

Норму расхода энергоносителей (топлива) за 1 маш.-ч работы q_{kj} , кг/маш.-ч, можно определить согласно Своду правил по проектированию и строительству СП 12-102-2001 [146] по формуле:

$$q_{kj} = q_T N_{дв.ном} K_{инт} \cdot 10^{-3}, \quad (5.3)$$

где q_T – удельный расход топлива при номинальной мощности двигателя машины, г/кВт·ч; $N_{дв.ном}$ – номинальная мощность двигателя машины, кВт; $K_{инт}$ – интегральный нормативный коэффициент изменения расхода топлива в зависимости от режимов загрузки двигателя машины.

Интегральный нормативный коэффициент рассчитывается по формуле:

$$K_{инт.дв} = K_{т.з.дв} K_{в.дв} K_{м.дв} K_{т.м.дв} K_{и.дв}, \quad (5.4)$$

где $K_{т.з.дв}$ – коэффициент, учитывающий расход топлива на запуск и прогревание двигателя, а также ежемесячное техническое обслуживание машин ($K_{т.з.дв} = 1,03$ для всех машин); $K_{в.дв}$ – коэффициент использования двигателя по времени (прил. 10, табл. 2); $K_{м.дв}$ – коэффициент использования мощности двигателя (прил. 10, табл. 2); $K_{т.м.дв}$ – коэффициент, учитывающий изменение расхода топлива в зависимости от степени использования мощности двигателя (прил. 10, табл. 3); $K_{и.дв}$ – коэффициент, учитывающий износ двигателя (прил. 10, табл. 4).

Норму расхода топлива для автотранспорта можно определить согласно приложению к Распоряжению Минтранса РФ от 14 марта 2008 г. № АМ-23-р «О введении в действие методических рекомендаций «Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте» [112, 113].

Овеществленные удельные энергозатраты (\mathcal{E}_{oj} , МДж/га) на выполнение j -го технологического процесса (или при работе машины) определяются по формуле:

$$\mathcal{E}_{oj} = \mathcal{E}_{оэj} + \mathcal{E}_{mj}, \quad (5.5)$$

где $\mathcal{E}_{оэj}$ – энергозатраты, овеществленные в топливе, МДж/га; \mathcal{E}_{mj} – энергоемкость средств механизации (металла), МДж/га.

Энергозатраты, овеществленные в топливе, рассчитываются по формуле:

$$\mathcal{E}_{оэj} = \sum_k q_{kj} \alpha_k, \quad (5.6)$$

где α_k – энергетический эквивалент k -го энергоносителя, МДж (прил. 10, табл. 1).

Энергоемкость средств механизации определяется по выражению:

$$\mathcal{E}_{mj} = \frac{1}{10^2 \Pi_{эj}} \sum_i \alpha_i M_i \frac{A_i + R_i}{\Phi_i}, \quad (5.7)$$

где $\Pi_{эj}$ – эксплуатационная производительность агрегата (оборудования), га/ч; α_i – энергетический эквивалент i -й машины, МДж/кг (прил. 10, табл. 5); M_i –

масса i -й машины, кг; A_i , R_i – отчисления на реновацию и ремонт по типам машин, % (прил. 10, табл. 6); Φ_i – фонд рабочего времени i -й машины, ч.

Энергоемкость средств механизации для автомобильного транспорта определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{м.а.}j} = \frac{L_j U_j}{10^5 Q_j \beta_j} \sum_i \alpha_i M_i (A'_i + R'_i), \quad (5.8)$$

где L_j – плечо перевозки груза, км; U_j – количество получаемого продукта (древесины) с 1 гектара, т/га; Q_j – масса груза, перевозимого за один рейс, т; β_j – коэффициент использования пробега; A'_i и R'_i – годовые отчисления на реновацию и ремонт по типам машин на 1000 км пробега, % (прил. 10, табл. 6).

Коэффициент использования пробега, определяется по формуле:

$$\beta_j = L_{\text{гр}} / L_{\text{общ}}, \quad (5.9)$$

где $L_{\text{гр}}$ – расстояние, пройденное автомобилем с грузом, км; $L_{\text{общ}}$ – общее расстояние, пройденное автомобилем в течение рабочей смены, км.

При оценке полных энергозатрат для различных технологических процессов установлено, что доля живого труда, затрачиваемого непосредственно на выполнение единицы работы, по отношению к другим составляющим весьма мала и не оказывает существенного влияния на энергетическую эффективность, однако сокращение трудозатрат является одним из главных планируемых показателей интенсификации производства, поэтому при выборе энергосберегающих вариантов энергозатраты труда анализируются отдельно.

Затраты энергии живого труда (машиниста, оператора) можно рассчитать по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{ж}j} = \sum_t \frac{n_{ij} \alpha_t}{\Pi_{\mathcal{E}j}}, \quad (5.10)$$

где n_{ij} – число работников, занятых в технологическом процессе (или обеспечи-

вающих работу машины) по работам t -й категории, чел.; α_t – энергетический эквивалент живого труда, МДж/чел.-ч (прил. 10, табл. 7).

Полученные значения энергозатрат можно перевести в денежное выражение, зная цены на энергоносители (прил. 10, табл. 8).

Для сравнительной оценки машин, технологических процессов и других научно-технических разработок с точки зрения ресурсоэнергоэкономичности целесообразно применять критерии энергетической эффективности, представляющие собой отношение полных энергозатрат для нового и базового вариантов:

$$K_э = \mathcal{E}_{п.нов} / \mathcal{E}_{п.баз}, \quad (5.11)$$

где $K_э$ – критерий энергетической эффективности; $\mathcal{E}_{п.нов}$, $\mathcal{E}_{п.баз}$ – соответственно полные энергозатраты для нового и базового вариантов, МДж/га.

По критерию энергетической эффективности можно рассчитать показатель интенсификации $I_э$, %, характеризующий уровень научно-технического прогресса разработок:

$$I_э = (1 - K_э)100\% . \quad (5.12)$$

5.3 Выводы

На основании результатов внедрения исследований и расчета их экономико-энергетической эффективности можно сделать следующие выводы:

1. Производственными испытаниями доказана высокая эффективность усовершенствованной технологии очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности, а также разработанных для угнетения пней устройств.

2. Внедрение усовершенствованной технологии очистки каналов позволило сократить полные энергозатраты по операциям очистки канала от древесно-кустарниковой растительности и пней на 41 %. Экономия полных энергозатрат при выполнении операций очистки канала от древесно-кустарниковой растительности и пней была получена в размере 32314 МДж/га, что в денежном выражении составило 43961 руб./га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ современного состояния мелиоративной отрасли в Саратовской области показал, что для эффективной транспортировки воды к орошаемым площадям необходимо проведение на оросительных системах комплекса эксплуатационных работ по очистке каналов от древесно-кустарниковой растительности, а также угнетению пней, образуемых после срезания кустарника и мелколесья.

Полевые исследования зарастания оросительных каналов показали, что наиболее распространенными видами древесно-кустарниковой растительности на них являются лох узколистый, вяз приземистый и клен ясенелистный. Средняя густота стояния всех видов кустарника и мелколесья за исследуемые годы составила 30592 шт./га. Средняя высота пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, за исследуемые годы составила 61 мм. Средний диаметр оставшихся пней за исследуемые годы составил 125 мм.

С целью повышения эффективности эксплуатационных работ на оросительных каналах выявлена необходимость совершенствования существующих технологий их очистки от древесно-кустарниковой растительности, а также разработки технических средств для угнетения пней, остающихся после срезания кустарника и мелколесья.

2. Используя алгоритм моделирования новых технологий и методику оценки их эффективности, разработана усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности с угнетением пней, образуемых после срезания кустарника и мелколесья. Также разработаны устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни с целью их угнетения на бермах и откосах каналов. Принцип действия устройств заключается в механическом воздействии на поверхность пня с последующим внесением химического препарата. Теоретически обоснованы конструкционные параметры устройства для локального внесения арборицидной смеси: ширина захвата, размеры и количество разрыхляющих элементов с расстоянием между ними, число зубьев и выходных отверстий на одном разрыхляющем элементе устройства.

3. Определена необходимая концентрация арборицидной смеси для угнетения пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности на опытных участках Энгельсской оросительной системы, которая составила 35-40% при объеме смеси, вносимом на поверхность одного пня, равном 12-14 мл. Средняя норма расхода арборицидной смеси для данных участков составила 397,7 л/га.

4. На основании экспериментальных исследований устройства для локального внесения арборицидной смеси установлено, что оптимальный угол заострения зубьев разрыхляющих элементов, при котором достигается лучшая впитываемость смеси в поверхность пней, составляет 45-55°. Шаг между зубьями разрыхляющих элементов, при котором наблюдается лучшее впитывание смеси в тело пней, составляет 14 мм. Также на основании исследований выявлено, что оптимальный угол заострения наконечника рабочего органа устройства инъекционного типа составляет 55...60°, а достаточная масса падающего груза составляет 3,7 кг – в этом случае в теле пня образуется лунка с объемом, достаточным для последующего внесения в неё арборицидной смеси.

5. Экономико-энергетическая оценка внедрения результатов исследований показала высокую эффективность усовершенствованной технологии и разработанных технических средств для угнетения пней на оросительных каналах. Внедрение технологии позволило сократить полные энергозатраты по операциям очистки канала от древесно-кустарниковой растительности и пней на 41 %. Экономия полных энергозатрат при выполнении операций очистки канала от древесно-кустарниковой растительности и пней была получена в размере 32314 МДж/га, что в денежном выражении составило 43961 руб./га.

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

1. При выполнении эксплуатационных работ по очистке оросительных каналов осуществлять угнетение пней, остающихся после срезания кустарника и мелколесья, с помощью устройств для локального внесения арборицидной смеси.
2. Производить контроль качества угнетения древесно-кустарниковой растительности на бермах и откосах канала и при необходимости проводить операцию доинъектирования пней, давших поросль.
3. При проведении операции срезания древесно-кустарниковой растительности кусторезами оставлять пни высотой не более 140 мм, даже если они находятся в углублениях, для обеспечения последующей стабильной и безотказной работы устройств для локального угнетения пней.
4. Осуществлять обработку пней арборицидной смесью в течение 2-3 недель после срезания древесно-кустарниковой растительности, так как при этом не происходит повторное зарастание берм и откосов каналов новой порослью, а смесь впитывается лучше, чем при обработке сразу после срезания.
5. При проведении операций по угнетению пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, вносить арборицидную смесь в объеме 12-14 мл на поверхность одного пня при концентрации смеси 35-40 %.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШЕЙ РАЗРАБОТКИ ТЕМЫ

Совершенствование и создание технических средств для проведения работ по угнетению пней после срезания древесно-кустарниковой растительности вдоль автомобильных дорог, линий электропередач, линейных частей магистральных трубопроводов, противопожарных водоемов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Абдразаков, Ф. К.* Классификация технических средств для удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности при эксплуатации объектов природопользования / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев // Основы рационального природопользования : сб. науч. работ / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2005. – С. 113–115.

2. *Абдразаков, Ф. К.* Разработка эффективных технических средств для удаления древесно-кустарниковой растительности / Ф. К. Абдразаков [и др.] // Лесное хозяйство Поволжья : сб. науч. работ. – Вып. 6 / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2003. – С. 264–275.

3. *Абдразаков, Ф. К.* Безотходная технология удаления древесно-кустарниковой растительности / Ф. К. Абдразаков [и др.] // Строительные и дорожные машины. – 2008. – № 2. – С. 21–23.

4. *Абдразаков, Ф. К.* Интенсификация технологий и совершенствование технических средств в мелиоративном производстве / Ф. К. Абдразаков; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2002. – 352 с.

5. *Абдразаков, Ф. К.* Исследования работы машин и средств для очистки мелиоративных каналов и водоемов противопожарного назначения от древесно-кустарниковой растительности / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев, Д. Г. Горюнов, С. А. Анисимов // Строительные и дорожные машины. – 2014. – № 7. – С. 15-20.

6. *Абдразаков, Ф. К.* Мелиоративные, строительные и дорожные машины: учеб. пособие / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2003. – 124 с.

7. *Абдразаков, Ф. К.* Мелиоративный комплекс Саратовской области развивается / Ф. К. Абдразаков, В. С. Егоров // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 6. – С. 5–7.

8. *Абдразаков, Ф. К.* Механизация и организация удаления древесно-кустарниковой растительности на оросительных каналах / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев // Механизация строительства. – 2002. – № 7. – С. 12–16.

9. *Абдразаков, Ф. К.* Механизация удаления нежелательной древесно-кустарниковой растительности вдоль автомобильных дорог / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев // Дорожно-транспортный комплекс, экономика, экология, строительство и архитектура : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. – Книга 2 / СибАДИ. – Омск, 2003. – С. 45–47.

10. *Абдразаков, Ф. К.* Механизированная очистка каналов от срезанного кустарника / Ф. К. Абдразаков, Р. Е. Кузнецов // Механизация строительства. – 2006. – № 1. – С. 8–10.

11. *Абдразаков, Ф. К.* Оросительные каналы зарастают кустарником / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2000. – № 2. – С. 11–12.

12. *Абдразаков, Ф. К.* Перспективные способы очистки мелиоративных каналов / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев // Повышение эффективности использования и ресурса с.-х. техники : сб. науч. работ / СГАУ им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 1999. – С. 160–167.

13. *Абдразаков, Ф. К.* Полевые исследования машин для очистки мелиоративных каналов и водоемов противопожарного назначения от древесно-кустарниковой растительности / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев, Д. Г. Горюнов, С. А. Анисимов // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 12. – С. 51-55.

14. *Абдразаков, Ф. К.* Развитие и совершенствование технологий удаления древесно-кустарниковой растительности на оросительных каналах / Ф. К. Абдразаков, В. Н. Мараев, Д. А. Соловьев // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2007. – № 3. – С. 27–32.

15. *Абдразаков, Ф. К.* Развитие мелиоративного комплекса Саратовской области на основе внедрения новых технологий реконструкции оросительных каналов / Ф. К. Абдразаков, А. В. Волков // Организация, технология и механизация производства : сб. науч. работ / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2005. – С. 8–18.

16. *Абдразаков, Ф. К.* Разработка новой техники для очистки каналов от древесно-кустарниковой растительности / Ф. К. Абдразаков, В. Н. Мараев // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2006. – № 3. – С. 48–51.
17. *Абдразаков, Ф. К.* Разработка технологии, обеспечивающей рациональное использование удаляемой вдоль каналов древесной растительности / Ф. К. Абдразаков, Р. Е. Кузнецов // Механизация строительства. – 2006. – № 8. – С. 23–27.
18. *Абдразаков, Ф. К.* Разработка эффективной технологии очистки оросительных каналов от кустарников / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев // Гидротехническое строительство, водное хозяйство и мелиорация земель на современном этапе : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф. / Пензенская ГСХА. – Пенза, 1999. – С. 37–39.
19. *Абдразаков, Ф. К.* Результаты внедрения в производство машин для удаления древесно-кустарниковой растительности / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев, П. В. Мечетной // Организация, технология и механизация производства : сб. науч. работ / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2005. – С. 18–22.
20. *Абдразаков, Ф. К.* Сельскохозяйственное и мелиоративное производство Саратовской области, состояние и перспективы развития / Ф. К. Абдразаков, В. Н. Мараев // Организация, технология и механизация производства : сб. науч. работ / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ», 2006. – С. 14–18.
21. *Абдразаков, Ф. К.* Снижение эксплуатационных затрат при внедрении безотходной технологии удаления кустарника вдоль каналов / Ф. К. Абдразаков, Р. Е. Кузнецов // Вавиловские чтения – 2004: материалы Всерос. науч.-практ. конф., посвящ. 117-й годовщине со дня рождения академика Николая Ивановича Вавилова, 24–26 ноября 2004. / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2004. – С. 1–4.
22. *Абдразаков, Ф. К.* Совершенствование технологии очистки мелиоративных каналов от древесно-кустарниковой растительности / Ф. К. Абдразаков, Р.

Е. Кузнецов // Организация, технология и механизация производства : сб. науч. работ / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2005. – С. 19–27.

23. *Абдразаков, Ф. К.* Современное состояние и проблемы Энгельсской оросительной системы / Ф. К. Абдразаков, И. Н. Потапов // Организация, технология и механизация производства : сб. науч. работ / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2006. – С. 19–29.

24. *Абдразаков, Ф. К.* Состояние мелиоративного комплекса Саратовской области и перспективы его развития / Ф. К. Абдразаков, В. С. Егоров // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. – 2003. – № 3. – С. 74–79.

25. *Абдразаков, Ф. К.* Состояние технической базы оросительных систем Саратовской области и пути повышения ее эффективности / Ф. К. Абдразаков, Д. Г. Горюнов // Механизация строительства. – 2000. – № 5. – С. 5–7.

26. *Абдразаков, Ф. К.* Теоретическое обоснование конструктивных параметров подборщика с уплотняющими гребенками / Ф. К. Абдразаков, Р. Е. Кузнецов, Д. А. Соловьев // Механизация строительства. – 2009. – № 4. – С. 17–20.

27. *Абдразаков, Ф. К.* Технологии и технические средства для проведения эксплуатационно-ремонтных работ на оросительных каналах / Ф. К. Абдразаков, В. С. Егоров, Р. Н. Бахтиев; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2008. – 152 с.

28. *Абдразаков, Ф. К.* Технология очистки каналов от кустарника и мелкоколосья / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев, О. В. Кабанов // Информ. листок № 32-2000. – Саратов : ЦНТИ, 2000. – 3 с.

29. *Абдразаков, Ф. К.* Экономико-энергетическая оценка эффективности технологии и технических средств для очистки мелиоративных каналов и водоемов противопожарного назначения / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев, Д. Г. Горюнов, С. А. Анисимов // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 9. – С. 31–34.

30. *Абдразаков, Ф. К.* Эффективные технологии и машины для очистки оросительных каналов от кустарника / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев // Строительные и дорожные машины. – 1999. – № 12. – С. 32–33.

31. *Абрамов, Н. Н.* Курсовое и дипломное проектирование по дорожно-строительным машинам / Н. Н. Абрамов. – М. : Высшая школа, 1972. – 120 с.
32. *Авдеев, Б. А.* Испытательные машины и приборы / Б. А. Авдеев. – М. : Машгиз, 1957. – 350 с.
33. *Адлер, Ю. П.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 279 с.
34. *Айдаров, И. П.* Мелиорация и водное хозяйство. Орошение : справочник / И. П. Айдаров, К. П. Арент, В. Н. Басс; под ред. Б. Б. Шумакова. – М. : Колос, 1999. – 432 с.
35. *Алтунин, В. С.* Мелиоративные каналы в земляных руслах / В. С. Алтунин. – М. : Колос, 1979. – 255 с.
36. *Анисимов С.А.* Конструктивно-технологическая схема устройства для угнетения пней на оросительных каналах / С. А. Анисимов, Д. Г. Горюнов, Д. А. Соловьев // Сельскохозяйственные науки: от вопросов к решениям : Сб. науч. трудов по итогам международной научно-практической конференции. – Томск, 2016. №1 – С. 10-15.
37. *Анисимов С.А.* Устройство инъекционного типа для локального угнетения пней на бермах и откосах оросительных каналов / С. А. Анисимов, Д. Г. Горюнов, Д. А. Соловьев // Сельскохозяйственные науки: от вопросов к решениям : Сб. науч. трудов по итогам международной научно-практической конференции. – Томск, 2016. №1 – С. 15-20.
38. *Багров, М. Н.* Оросительные системы и их эксплуатация / М. Н. Багров, И. П. Кружилин. – М. : Агропромиздат, 1988. – 255 с.
39. *Бадаев, Л. И.* Техническая эксплуатация гидромелиоративных систем : справочник / Л. И. Бадаев, В. М. Донской. – М. : Колос, 1992. – 271 с.
40. *Базаров, Б. И.* Методические рекомендации по оценке топливно-энергетических затрат на выполнение механизированных процессов в растениеводстве / Б. И. Базаров. – М. : ВАСХНИЛ, 1985. – 43 с.

41. *Балкай, Т. Г.* Борьба с сорной растительностью на открытых мелиоративных каналах гербицидом раундап / Т. Г. Балкай // Научно-технические технологии в мелиорации. Костяковские чтения : материалы Междунар. конф. – М. : ВНИИА, 1998. – С. 482–485.
42. *Баранов, А. И.* Машины и механизмы для лесного хозяйства / А. И. Баранов. – М. : Гослесбумиздат, 1962. – 380 с.
43. *Барановский, В. А.* Системы машин для лесозаготовок / В. А. Барановский, Р. М. Некрасов. – М. : Лесная промышленность, 1977. – 248 с.
44. *Бартенев, И. М.* Машины и механизмы для рубок ухода: современный технический уровень / И. М. Бартенев, Г. Л. Котляр // Лесное хозяйство. – 1992. – № 2–3. – С. 48–50.
45. *Батеенков, П. С.* О развитии орошаемого земледелия в Поволжье / П. С. Батеенков, А. А. Кругликов // Организация, технология и механизация производства : сб. науч. работ / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2006. – С. 60–76.
46. *Бершадский, А. Л.* Резание древесины / А. Л. Бершадский. – М.; Л. : Гослесбумиздат, 1958. – 328 с.
47. *Боровиков, А. М.* Справочник по древесине / А. М. Боровиков, Б. Н. Уголев. – М. : Лесная промышленность, 1989. – 296 с.
48. *Боровиков, В. П.* Statistica. Статистический анализ и обработка данных в среде Windows / В. П. Боровиков, И. П. Боровиков. – М. : Инф.-издат. дом «Филинь», 1997. – 608 с.
49. *Боровиков, В. П.* Statistica: искусство анализа данных на компьютере. Для профессионалов / В. П. Боровиков. – СПб. : Питер, 2001. – 656 с.
50. *Борщов, Т. С.* Мелиоративные машины / Т. С. Борщов, Р. А. Мансуров, В. А. Сергеев. – Л. : Агропромиздат, 1985. – 288 с.
51. *Борщов, Т. С.* Механизация и технология культуртехнических работ / Т. С. Борщов, В. Ш. Лифлянский, Ю. А. Телегин. – Л. : Лениздат, 1971. – 160 с.
52. *Борщов, Т. С.* Культуртехника в нечерноземной зоне / Т. С. Борщов, И. А. Гинтовт. – М. : Колос, 1981. – 253 с.

53. *Борщов, Т. С.* Организация и технология мелиоративных работ : учебник для средн. сельск. проф.-техн. училищ / Т. С. Борщов, Р. А. Мансуров. – М. : Высшая школа, 1984. – 168 с.
54. *Булохов, В. А.* Экономический справочник сельского специалиста / В. А. Булохов, П. И. Пеннер. – М. : Россельхозиздат, 1983. – 192 с.
55. *Валягина-Малютина, Е. Т.* Деревья и кустарники зимой. Определитель древесных и кустарниковых пород по побегам и почкам в безлистном состоянии / Е. Т. Валягина-Малютина. – М. : Изд-во КМК, 2001. – 281 с.
56. *Винокуров, В. Н.* Машины и механизмы лесного хозяйства и садово-паркового строительства : учебник для вузов / В. Н. Винокуров, Г. В. Силаев, А. А. Золотаревский. – М. : Академия, 2004. – 400 с.
57. *Винокуров, В. Н.* Система машин в лесном хозяйстве : учебник для вузов / В. Н. Винокуров, Н. В. Еремин; под ред. В. Н. Винокурова. – М. : Академия, 2004. – 320 с.
58. *Вознесенский, В. А.* Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В. А. Вознесенский. – М. : Финансы и статистика, 1981. – 263 с.
59. *Волков, А. В.* Проблемы и перспективы развития мелиорации, рекультивации и охраны земель в Саратовской области / А. В. Волков // Организация, технология и механизация производства : сб. науч. работ / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2005. – С. 61–67.
60. *Гинтовт, И. А.* Коренное улучшение закустаренных земель / И. А. Гинтовт, К. И. Преображенский. – М. : Россельхозиздат, 1985. – 167 с.
61. *Гинтовт, И. А.* Новая технология удаления древесной растительности при мелиорации земель / И. А. Гинтовт, В. П. Дмитриев // Гидротехника и мелиорация. – 1985. – № 4. – С. 39–42.
62. *Гмурман, В. Е.* Теория вероятностей и математическая статистика / В. Е. Гмурман. – М. : Высшая школа, 1977. – 479 с.

63. *Гороховский, К. Ф.* Технологии и машины лесосечных и лесоскладских работ / К. Ф. Гороховский, В. П. Калиновский, Н. В. Лившиц. – М. : Лесная промышленность, 1980. – 384 с.
64. ГОСТ 16483.0–89. Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям. – М. : Изд-во стандартов, 1999. – 10 с.
65. ГОСТ 23730–88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки универсальных машин и технологических комплексов. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 26 с.
66. ГОСТ Р 51750–2001. Методика определения энергоемкости при производстве продукции и оказании услуг в технологических энергетических системах. – М. : Изд-во стандартов, 2002. – 29 с.
67. *Гостищев, Д. П.* Проблемы орошаемого земледелия в АПК Саратовской области / Д. П. Гостищев, М. И. Пушко // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 3. – С. 27–29.
68. Гуляев, Ю. В. Безотходные технологии и технические средства для освоения закустаренных и залесенных сельскохозяйственных земель : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Гуляев Ю. В. – М., 2000. – 56 с.
69. *Гуцелюк, Н. А.* Технология и система машин в лесном и садово-парковом хозяйствах / Н. А. Гуцелюк, С. В. Спиридонов. – СПб. : ПрофиКС, 2008. – 696 с.
70. *Дегтярева, Г. В.* Погода, урожай и качество зерна яровой пшеницы / Г. В. Дегтярева. – М. : Гидрометеиздат, 1981. – 216 с.
71. Деревья и кустарники : справочник / под ред. А. И. Колесникова. – М. : Лесная промышленность, 1970. – 475 с.
72. *Дешевой, М. А.* Механическая технология дерева: в 2 ч. – Ч. 1 / М. А. Дешевой. – Л. : Кубуч, 1934. – 512 с.
73. *Дмитриев, В. П.* Новые передвижные рубильные машины / В. П. Дмитриев, И. А. Гинтовт // Строительные и дорожные машины. – 1985. – № 11. – С. 27–28.

74. *Добронравов, В. В.* Курс теоретической механики / В. В. Добронравов. – Изд. 3-е, перераб. и доп. – М. : Высшая школа, 1974. – 528 с.
75. *Добронравов, С. С.* Строительные машины и оборудование : справочник / С. С. Добронравов. М. : Высшая школа, 1991. – 456 с.
76. *Доспехов, Б. А.* Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов. – М. : Агропромиздат, 1985. – 351 с.
77. *Доспехов, Б. А.* Практикум по земледелию / Б. А. Доспехов, И. П. Васильев, А. М. Туликов. – М. : Агропромиздат, 1986. – 332 с.
78. *Дунаев, Е. А.* Деревянистые растения Подмосковья в осенне-зимний период: методы экологических исследований / Е. А. Дунаев. – М. : МосгорСЮН, 1999. – 232 с.
79. *Егоров, В. С.* Перспективы развития мелиорации в Саратовской области / В. С. Егоров // Вавиловские чтения – 2003 : материалы межрегиональной науч. конф. / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2003. – С. 10–12.
80. *Егоров, В. С.* Совершенствование технологий и технических средств проведения эксплуатационных работ на оросительных каналах Саратовского Заволжья : дис. ... канд. техн. наук / Егоров В. С. – Саратов, 2004. – 182 с.
81. *Емельянова, И. М.* Раундап – эффективное средство для уничтожения растительности на мелиоративных объектах / И. М. Емельянова, Н. А. Прокопович // Мелиорация и водное хозяйство. – 1999. – № 3. – С. 45.
82. *Зайченко, Л. П.* Новые инструменты для перечета деревьев / Л. П. Зайченко // Современные машины и механизмы в лесном хозяйстве : сб. науч. тр. – Красноярск, 1973. – С. 166–172.
83. *Ивановский, Е. Г.* Резание древесины / Е. Г. Ивановский. – М. : Лесная промышленность, 1975. – 200 с.
84. *Изюмский, П. П.* Машина для рубок ухода в молодняках / П. П. Изюмский, Ф. Г. Стахейко, И. К. Ильиченко // Лесное хозяйство. – 1973. – № 10. – С. 56–58.

85. Инструкция по определению экономической эффективности новых строительных, дорожных, мелиоративных машин, противопожарного оборудования, лифтов, изобретений и рационализаторских предложений. – М. : ЦНИИТЭс-троймаш, 1978. – 252 с.
86. Использование пакета Statistica 5.0 для статистической обработки опытных данных : метод. указания / С. В. Кабанов; СГАУ им. Н.И. Вавилова. – Саратов, 2001. – 47 с.
87. *Кавешников, Н. Т.* Эксплуатация и ремонт гидротехнических сооружений / Н. Т. Кавешников. – М. : Агропромиздат, 1989. – 272 с.
88. *Кадзаев, М. Б.* Совершенствование эксплуатации оросительных систем / М. Б. Кадзаев. – М. : Колос, 1983. – 82 с.
89. *Камышенцев, Л. А.* Мелиоративные и культуртехнические работы / Л. А. Камышенцев, К. И. Преображенский. – М. : Россельхозиздат, 1975. – 60 с.
90. *Камышенцев, Л. А.* Новая мелиоративная техника / Л. А. Камышенцев, В. С. Казаков, Ю. А. Соколов. – М. : Россельхозиздат, 1977. – 183 с.
91. *Кизяев, Б. М.* Развитие технологий и средств комплексной механизации строительства и эксплуатации мелиоративных систем / Б. М. Кизяев // Мелиорация и водное хозяйство. – 2002. – № 5. – С. 11–12.
92. *Колганов, А. В.* Орошение в России : природные ресурсы и возможности развития / А. В. Колганов // Мелиорация и водное хозяйство. – 1997. – № 5. – С. 2–5.
93. *Коршиков, А. А.* Машины и оборудование для строительных и мелиоративных работ / А. А. Коршиков, А. В. Колганов, В. И. Шунько. – М. : Высшая школа, 2000. – 498 с.
94. *Коршиков, Л. А.* Машины для подготовки и проведения культуртехнических работ / Л. А. Коршиков – Новочеркасск, 1994. – 57 с. – (Сер. Машины и оборудование для строительных и мелиоративных работ; ч. 5).

95. *Кочегаров, В. Г.* Технология и машины лесосечных и лесоскладских работ / В. Г. Кочегаров, Ю. А. Бит, В. Н. Меньшиков. – М. : Лесная промышленность, 1990. – 392 с.
96. *Краюхин, Г.А.* Экономическая эффективность изобретений и рационализаторских предложений / Г. А. Краюхин. – Л. : Лениздат, 1983. – 120 с.
97. *Мамаев, З. М.* Техничко-экономическое обоснование безотходной технологии освоения закустаренных земель / З. М. Мамаев, В. В. Ямщиков // Перспективные технологии и научные методы организации производства мелиоративных работ : сб. науч. работ. – М. : ВНИИГиМ, 1983. – С. 154–159.
98. *Мараев, В. Н.* Современные технологии и машины для проведения эксплуатационных работ на оросительных каналах / В. Н. Мараев // Вавиловские чтения – 2005 : материалы конф., посвящ. 118-й годовщине со дня рождения академика Николая Ивановича Вавилова, 23-25 ноября 2005. / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2005. – С. 35–37.
99. *Маслов, Б. С.* Справочник по мелиорации / Б. С. Маслов, И. В. Минаев, К. В. Губер. – М. : Росагропромиздат, 1989. – 384 с.
100. Математическая статистика: учебник для вузов / под ред. А. М. Длинна. – М. : Высшая школа, 1975. – 398 с.
101. Машины, механизмы и оборудование лесного хозяйства : справочник / сост.: В. Н. Винокуров [и др.]. – М. : МГУЛ, 2002. – 439 с.
102. Мелиоративные машины / под ред. И. И. Мера. – М. : Колос, 1980. – 352 с.
103. Мелиорация и водное хозяйство. Строительство : справочник / под ред. Л. Г. Балаева. – М. : Колос, 1984. – 344 с.
104. *Мелихов, В. В.* Орошаемое земледелие в XXI в. / В. В. Мелихов // Мелиорация и водное хозяйство. – 2003. – № 1. – С. 43–44.
105. *Мельников С. В.* Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешин, П. М. Рощин. – Л. : Колос, 1972. – 200 с.

106. Металлические конструкции строительных и дорожных машин / под ред. В. А. Ряхина. – М. : Машиностроение, 1972. – 312 с.
107. Методика изучения физико-механических свойств сельскохозяйственных растений. – М. : ВИСХОМ, 1960. – 278 с.
108. *Микулинский, В. М.* О связи между угловыми параметрами зуба с косой заточкой / В. И. Микулинский // Сб. науч. тр. – Вып. 10 / БЛТИ. – Брянск, 1957. – С. 33–42.
109. *Никифоров, А. Н.* Методика энергетического анализа технологических процессов в сельскохозяйственном производстве / А. Н. Никифоров [и др.]. – М. : ВИМ, 1995. – 66 с.
110. *Новиков, А. Л.* Определитель деревьев и кустарников в безлистном состоянии / А. Л. Новиков. – Киев : Гос. изд-во с.-х. лит-ры УССР, 1959. – 313 с.
111. *Новицкий, П. В.* Оценка погрешностей результатов измерений / П. В. Новицкий, И. А. Зограф. – Л. : Энергоатомиздат. Ленинградское отделение, 1991. – 288 с.
112. Новые нормы расхода ГСМ на автомобильном транспорте (утверждены распоряжением Минтранса России от 14 марта 2008 г. № АМ-23-Р). – М : Мысль, 2008. – 96 с.
113. Нормы расхода топлив и смазочных материалов на автомобильном транспорте. – М. : Ось-89, 2008. – 128 с.
114. *Ольгаренко, В. И.* Ремонтные работы на оросительных системах / В. И. Ольгаренко, И. А. Чуприн, П. В. Иоффе. – М. : Колос, 1976. – 64 с.
115. *Ольгаренко, В. И.* Эксплуатация и мониторинг мелиоративных систем / В. И. Ольгаренко, Г. В. Ольгаренко, В. Н. Рыбкин. – Коломна, 2006. – 391 с.
116. Определитель древесных растений в зимнее время. – М. : Полтекс, 2000. – 64 с.
117. *Парфенов, В. В.* Новый комплекс машин для расчистки закустаренных земель / В. В. Парфенов, А. И. Бахаров // Гидротехника и мелиорация. – 1986. – № 4. – С. 50–52.

118. Пат. 2167514 Российская Федерация, МПК7 А 01 G 23/02, 23/06, 23/08. Устройство для срезания кустарника и мелколесья / Абдразаков Ф. К. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – № 99127069/13; заявл. 27.12.1999; опубл. 27.05.01, Бюл. № 15. – 5 с.: ил.

119. Пат. 2251836 Российская Федерация, МПК7 А 01 G 23/02. Кусторез маятникового типа / Абдразаков Ф. К. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – № 2003110587/12; заявл. 14.04.03; опубл. 20.05.05, Бюл. № 14. – 8 с.: ил.

120. Пат. 2309578 Российская Федерация, МПК7 А 01 G 23/06. Рабочий орган для срезания кустарника и угнетения пней / Соловьев Д. А. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – № 2005136315/12; заявл. 22.11.05; опубл. 10.11.07, Бюл. № 31. – 7 с.: ил.

121. Пат. 2309579 Российская Федерация, МПК7 А 01 G 23/06. Кусторез для работы на каналах / Соловьев Д. А., Кузнецов Р. Е., Филиппова Е. В.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – № 2005136323/12; заявл. 22.11.05; опубл. 10.11.07, Бюл. № 31. – 11 с.: ил.

122. Пат. 2322055 Российская Федерация, МПК А 01 М 7/00. Орудие для нанесения арборицидной смеси на пни / Соловьев Д. А. [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – № 2006117475/12; заявл. 22.05.06; опубл. 20.04.08, Бюл. № 11. – 9 с.: ил.

123. *Попов, К. В.* Мелиоративные каналы / К. В. Попов. – М. : Колос, 1969. – 184 с.

124. *Путятин, М. Д.* Эксплуатация мелиоративных машин / М. Д. Путятин. – М. : Колос, 1969. – 320 с.

125. Расчеты экономической эффективности новой техники: справочник / под ред. К. М. Великанова. – Л. : Машиностроение, 1990. – 448 с.

126. РТМ. 23.2.36–73. Основы планирования эксперимента в сельскохозяйственных машинах. – М. : ВИСХОМ, 1974. – 116 с.

127. Самарцев, А. Я. Комплексная механизация в защитном лесоразведении / А. Я. Самарцев. – Саратов : Приволж. кн. изд-во, 1973. – 160 с.
128. Самарцев, А. Я. Комплексная механизация рубок леса в защитных лесонасаждениях / А. Я. Самарцев // Лесное хозяйство. – 1993. – № 5. – С. 49–50.
129. Санников, Г. П. Арборициды в мелиорации / Г. П. Санников. – Л. : Колос, 1974. – 112 с.
130. Свиридов, Л. Т. Технологии, машины и оборудование в лесном хозяйстве : учеб. пособие / Л. Т. Свиридов, В. И. Вершинин. – Воронеж: Воронеж. гос. лесотехн. акад., 2002. – 312 с.
131. Соловьев, Д. А. Классификация машин для удаления древесно-кустарниковой растительности вдоль каналов и дорожных покрытий / Д. А. Соловьев // Актуальные инженерные проблемы АПК в XXI веке : сб. науч. тр. инженерной секции Междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 85-летию СГСХА / Самарская ГСХА. – Самара, 2004. – С. 191–194.
132. Соловьев, Д. А. Конструкция рабочего органа кустореза для срезания растительности и внесения арборицидной смеси / Д. А. Соловьев // Лесное хозяйство Поволжья : сб. науч. работ. – Вып. 6 / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2003. – С. 275–278.
133. Соловьев, Д. А. Устройство для локального внесения арборицидной смеси на пни / Д. А. Соловьев, Н. С. Отрадных // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2009. – № 2. – С. 57–59.
134. Соловьев, Д. А. Классификация способов и технических средств для борьбы с предотвращением роста древесно-кустарниковой растительности после ее срезания на оросительных каналах / Д. А. Соловьев, Л. А. Журавлева, Н. С. Отрадных // Роль природообустройства в обеспечении устойчивого функционирования и развития экосистем : материалы Междунар. науч.-практич. конф. – М. : МГУП, 2006. – С. 271–273.

135. *Соловьев, Д. А.* Классификация технических средств для удаления и угнетения пней / Д. А. Соловьев, Н. С. Отрадных // Основы рационального природопользования : сб. науч. работ. – Саратов : Наука, 2009. – С. 258–265.
136. *Соловьев, Д. А.* Механизация эксплуатационных работ на оросительных каналах / Д. А. Соловьев, Р. Е. Кузнецов, Д. Г. Горюнов / СГАУ им. Н. И. Вавилова. – Саратов. – 2010. – 420 с.
137. *Соловьев, Д. А.* Новая технология удаления кустарника и мелколесья вдоль каналов / Д. А. Соловьев // Проблемы научного обеспечения и экономической эффективности орошаемого земледелия в рыночных условиях : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / Волгоградская ГСХА. – Волгоград, 2001. – С. 58–60.
138. *Соловьев, Д. А.* Новая технология утилизации древесно-кустарниковой растительности вдоль каналов, дорог, линий электропередач / Д. А. Соловьев // Совершенствование машиноиспользования и технологических процессов АПК : сб. науч. тр. Поволжской межвуз. конф. / Самарская ГСХА. – Самара, 2002. – С. 349–351.
139. *Соловьев, Д. А.* Обоснование необходимости удаления древесно-кустарниковой растительности вдоль оросительных каналов / Д. А. Соловьев // Передовой производственный и научно-технический опыт в технологии возделывания с.-х. культур : сб. статей. – Вып. 3 / СГАУ им. Н. И. Вавилова. – Саратов, 2002. – С. 120–123.
140. *Соловьев, Д. А.* Определение физико-механических свойств древесно-кустарниковой растительности, растущей вдоль оросительных каналов / Д. А. Соловьев // Молодые ученые СГАУ им. Н.И. Вавилова – агропромышленному комплексу Поволжского региона : сб. науч. работ / СГАУ им. Н. И. Вавилова. – Саратов, 2001. – С. 309–312.
141. *Соловьев, Д. А.* Совершенствование технологического процесса и конструкции кустореза для срезания древесно-кустарниковой растительности вдоль оросительных каналов : дис. ... канд. техн. наук / Соловьев Д. А. – Саратов, 2000. – 185 с.

142. *Соловьев, Д. А.* Состояние оросительных каналов и пути повышения качества их содержания на примере Саратовской области / Д. А. Соловьев, Д. Г. Горюнов, С. А. Анисимов // Исследования в строительстве, теплогазоснабжении и энергообеспечении : Материалы международной научно-практической конференции – Саратов, 2016. – С. 265-272.

143. *Соловьев, Д. А.* Способы борьбы с возобновлением древесно-кустарниковой растительности на оросительных каналах / Д. А. Соловьев, Л. А. Журавлева, Н. С. Отрадных // Материалы Междунар. науч.-практич. конф., посвящ. 70-летию со дня рождения проф. А. Г. Рыбалко. – Ч. 2 / ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ». – Саратов, 2006. – С. 122–125.

144. *Соловьев, Д. А.* Теоретическое обоснование параметров рабочего органа кустореза для срезания растительности и внесения арборицидной смеси / Д. А. Соловьев // Сб. науч. докладов Всерос. конф. молодых ученых; ФГНУ ВНИИ «Радуга». – Коломна, 2005. – С. 54–57.

145. *Соловьев, Д. А.* Усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности и наносов / Д. А. Соловьев, С. А. Анисимов, Д. Г. Горюнов // Основные проблемы сельскохозяйственных наук : Сб. науч. трудов по итогам международной научно-практической конференции. – Волгоград, 2016. №3 – С. 11-16.

146. СП 12-102–2001. Механизация строительства. Расчет расхода топлива на работу строительных и дорожных машин. – М. : Гос. предпр. Центр проектной продукции массового применения, 2004. – 13 с.

147. Справочник мелиоратора / сост. Б. С. Маслов. – М. : Россельхозиздат, 1980. – 256 с.

148. Строительные машины для механизации мелиоративных работ / под ред. В. В. Сурикова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Агропромиздат, 1991. – 463 с.

149. *Сумецкий, И. Ш.* Классификация машин для сводки древесно-кустарниковой растительности / И. Ш. Сумецкий, В. П. Корнеев, С. А. Менчикова // Строительные и дорожные машины. – 1988. – № 4. – С. 14–16.
150. *Титов, В. Н.* Технологические решения при удалении и утилизации древесно-кустарниковой растительности с откосов мелиоративных каналов / В. Н. Титов // Природообустройство. – 2008. – № 5. – С. 80–84.
151. *Тищенко, А. И.* Физико-механические свойства древесины ветвей плодово-ягодных растений / А. И. Тищенко // Труды ВИСХОМ. – Вып. 32. – М., 1962. – С. 54–66.
152. Цена древесины [Электронный ресурс] // Деловой журнал по деревообработке Дерево.RU. Режим доступа: <http://derewo.ru>. – Загл. с экрана.
153. Цены на бензин и дизельное топливо [Электронный ресурс] // Сайт Авто Саратов. Режим доступа: <http://www.autosaratov.ru>. – Загл. с экрана.
154. *Щедрин, В. Н.* Орошение сегодня : проблемы и перспективы / В. Н. Щедрин. – М.: ФГНУ ЦНТИ «Мелиоводинформ», 2004. – 255 с.
155. *Щелгунов, Ю. В.* Лесозаготовка и транспорт леса / Ю. В. Щелгунов, А. К. Горюнов, И. В. Ярцев. – М. : Лесная промышленность, 1989. – 520 с.
156. Эксплуатация гидромелиоративных систем / под ред. Н. А. Орловой. – Киев : Вища школа, 1985. – 368 с.
157. Электронный учебник по статистике [Электронный ресурс] // Сайт компании StatSoft. – Режим доступа: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/default.htm>. – Загл. с экрана.
158. *Яблонский, А. А.* Курс теоретической механики : учебник для вузов. – Ч. 2. Динамика / А. А. Яблонский. – Изд. 5-е, испр. – М. : Высшая школа, 1977. – 430 с.
159. *Ясинецкий, В. Г.* Организация и технология гидромелиоративных работ / В. Г. Ясинецкий, Н. К. Фенин. – М. : Агропромиздат, 1985. – 352 с.
160. *Arola, Rodger A.* Harvesting wood for energy / Rodger A. Arola, Edwin S. Miyata. 1981. U.S. Department of Agriculture Forest Service, Research Paper NC-200.

U.S. Department of Agriculture Forest Service, North Central Forest Experiment Station. St. Paul, Minnesota. – 25 p.

161. *Baughman, Ronald K.* Utilizing residues from in-woods flail processing / Ronald K. Baughman, Bryce J. Stokes, William F. Watson. Proceedings of the International Energy Agency, Task VI, Activity 3 Workshop «Harvesting Small Trees and Forest Residues»; 1990 May 28; Copenhagen, Denmark. Auburn, AL: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1990. – P. 21–30.

162. *Bryan, E. L.* High Energy fits as a new concept in Wood machining / E. L. Bryan // For. Prod, 1963. – № 1. – P. 14.

163. *Melvin, Gengler.* (Beloit, KS, US). Rotary tree cutter attachment for tractor / Gengler Melvin // United States Patent 20030217784. – 2003.

164. *Melvin, Gengler.* (Beloit, KS, US). Rotary tree cutter attachment for tractor / Gengler Melvin // United States Patent 6662835. – 2003.

165. *Stokes, Bryce J.* Harvesting small trees and forest residues / Bryce J. Stokes // Biomass and Bioenergy. – 1992. – Vol. 2, № 1–6. – P. 131–147.

166. *Stokes, Bryce J.* Recovery of forest residues in the southern United States / Bryce J. Stokes, Donald L. Sirois // Proceedings of the International Energy Agency, Task VI, Activity 3 Symposium «Harvesting Small Trees and Forest Residues»; 1989 June 5–7; Auburn, AL: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 1989. – P. 32–43.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Классификация древесно-кустарниковой растительности

| Вид древостоя | Средний диаметр стволов, см | Средняя высота, м | Число стволов на 1 га при зарастании | | |
|------------------|-----------------------------------|----------------------|--------------------------------------|---------------|-------------|
| | | | редком | среднем | густом |
| Кустарник: | | | | | |
| - мелкий | до 3 | до 3 | до 15000 | 15000...30000 | более 30000 |
| - средний | 3...7 | 3...6 | до 8000 | 8000...16000 | более 16000 |
| Мелколесье | 8...11 | 5...9 | до 800 | 800...2250 | более 2250 |
| Лес: | | | | | |
| - очень мелкий | 12...15 | 7...11 | до 400 | 400...1400 | более 1400 |
| - мелкий | 16...23 | 8...16 | до 300 | 300...850 | более 850 |
| - средний | 24...32 | 11...20 | до 160 | 160...520 | более 520 |
| - крупный | 33...50 | 20...25 | до 80 | 80...320 | более 320 |
| - очень крупный | 51...70 | более 25 | до 50 | 50...200 | более 200 |
| - толстомерный | более 80 | более 25 | до 30 | 30...140 | более 140 |

Физико-механические свойства древесины кустарника и мелколесья

| Порода | Средняя плотность, $\rho_{12\%}/\rho_0$, кг/м ³ | Предел прочности древесины, МПа при влажности, % 12 / 30 и более | | | | Ударная вязкость, Дж/см ² , W-12/30 | Статическая твердость Н/мм ² , при W 12/30 % | |
|-------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------|-----------------|------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------|
| | | Сжатие вдоль волокон | Статический изгиб | Скалывание вдоль волокон | | | Радиальн. пов-ть | Торцевая пов-ть |
| | | | | Радиальн. пов-ть | Тангенц. пов-ть | | | |
| Лох узколистный | 610/585 | 51/28 | 84/58 | 7,3/4,2 | 7,7/4,4 | 7,1/5,9 | 45/29,1 | 66,6 / 43 |
| Вяз приземистый | 650/620 | 47/25 | 92/58 | 8,9/6,4 | 9,9/7,2 | 9,3/7,8 | 41,2/24,6 | 54,7/32,7 |
| Клен ясенелистный | 690/655 | 58,5/28 | 115/66 | 12/7,7 | 13,7/8,5 | 7,6/6,5 | 54,1/32,3 | 73,8/44,1 |
| Тополь | 455/425 | 40/17 | 68/40 | 6/3,3 | 7,2/4,1 | 3,9/3,3 | 18,5/11 | 26,7/15,9 |
| Ясень | 680/650 | 56/32 | 118/73 | 13,4/9,2 | 13/8,6 | 8,9/7,4 | 57,1/34,1 | 78,3/46,8 |
| Груша | 710/670 | 58/26 | 106/62 | 8,6/5,5 | 13,3/7,9 | 11,6/9,8 | 57,7/34,5 | 77/46,1 |

Обработка результатов экспериментальных исследований с помощью пакета прикладных программ *Statistica (StatSoft)*

Полученные результаты экспериментальных исследований предварительно были занесены в таблицу данных программы *Statistica*.

Расчет описательных статистик производится при помощи модуля *Basic Statistic and Tables* (Основные статистики и таблицы) процедурой *Descriptive statistics* (Описательные статистики).

Переменные для анализа выбирались при помощи функции *Variables* (Переменные).

На первом этапе обработки данных часто возникает необходимость в их группировке. Группировка позволяет представить первичные данные в компактном виде, выявить закономерности варьирования изучаемого признака. Количество классов можно приблизительно наметить согласно [191]: при количестве наблюдений 25–40 принимается 5–6 классов, при количестве наблюдений 40–60 – 6–8 классов, 60–100 – 7–10, 100–200 – 8–12, более 200 наблюдений – 10–15 классов.

Для построения гистограмм и таблиц частот использовались соответствующие функции *Histograms* (Гистограммы) и *Frequency tables* (Таблицы частот). Число классов (интервалов) группировки данных устанавливалось программой *Statistica* автоматически.

На гистограммах для более полного визуального анализа включалось отображение плотности нормального распределения.

Для определения соответствия нормальному распределению при помощи опции *Normal probability plots* (Нормальные вероятностные графики) строились графики на нормальной вероятностной бумаге. Чем ближе распределение к нормальному виду, тем лучше значения ложатся на прямую линию графика.

Для вычисления и отображения в табличной форме были выбраны следующие показатели:

Valid N – объем выборки;

Mean – средняя арифметическая (среднее значение случайной величины представляет собой наиболее вероятное ее значение, своеобразный центр, вокруг которого разбросаны все значения признака);

Median – медиана (такое значение случайной величины, которое разделяет все случаи выборки на две равные по численности части);

Sum – сумма;

Minimum, maximum – минимальное и максимальное значения;

Lower, upper quartiles – нижний и верхний квартили (равны соответственно 25-й и 75-й процентилям распределения: 25-я百分иль переменной представляет собой значение, ниже которого располагаются 25 % значений переменной; 75-я百分иль равна значению, ниже которого расположено 75 % значений переменной);

Range – размах (расстояние между наибольшим (*maximum*) и наименьшим (*minimum*) значениями признака);

Quartile range – интерквартильная широта (расстояние между нижним и верхним квартилями);

Variance – дисперсия (является мерой изменчивости признака и представляет собой средний квадрат отклонений случаев от среднего значения признака);

Standard Deviation – стандартное отклонение или среднее квадратичное отклонение (является мерой изменчивости признака, показывающей, на какую величину в среднем отклоняются случаи от среднего значения признака);

Standard error of mean – стандартная ошибка среднего (величина, на которую отличается среднее значение выборки от среднего значения генеральной совокупности при условии, что распределение близко к нормальному);

Skewness – асимметрия (характеризует степень смещения вариационного ряда относительно среднего значения по величине и направлению);

Standard error of Skewness – стандартная ошибка асимметрии;

Kurtosis – эксцесс (характеризует степень концентрации случаев вокруг среднего значения и является своеобразной мерой крутости кривой);

Standard error of Kurtosis – стандартная ошибка эксцесса.

Критерии определения степени изменчивости и точности опыта

Коэффициент вариации, как дисперсия и стандартное отклонение, является показателем изменчивости признака. Коэффициент вариации не зависит от единиц измерения, поэтому удобен для сравнительной оценки различных статистических совокупностей. При величине коэффициента вариации до 10 % изменчивость оценивается как слабая, 11–25% – средняя, более 25 % – сильная.

Относительная ошибка среднего значения – это процент расхождения между генеральной и выборочной средней, показывает, на сколько процентов можно ошибиться, если утверждать, что генеральная средняя равна выборочной средней. Если относительная ошибка не превышает 5 %, то точность исследований (точность опыта) оценивается как хорошая, до 10 % – удовлетворительная.

Полевые исследования степени зарастания оросительных каналов

Таблица 1 – Результаты полевых исследований по зарастанию оросительных каналов древесно-кустарниковой растительностью

| Вид древесно-кустарниковой растительности | Среднее количество побегов в гнезде, шт. | | Общее число встреченных стволов, шт. | | Число экспериментальных участков, на которых встречается данный вид, шт. | |
|-------------------------------------------|------------------------------------------|---------|--------------------------------------|---------|--------------------------------------------------------------------------|---------|
| | 2013 г. | 2014 г. | 2013 г. | 2014 г. | 2013 г. | 2014 г. |
| Лох узколистный | 10 | 11 | 2745 | 2816 | 20 | 20 |
| Вяз приземистый | 11 | 11 | 2238 | 2327 | 18 | 19 |
| Клен ясенелистный | 19 | 22 | 1528 | 1582 | 17 | 18 |
| Смородина золотая | 15 | 18 | 608 | 640 | 14 | 16 |
| Ива древовидная | 45 | 48 | 281 | 310 | 3 | 4 |
| Ясень ланцетный | 5 | 7 | 53 | 47 | 7 | 8 |
| Тополь | 12 | 13 | 38 | 37 | 8 | 9 |
| Груша дикая | 5 | 6 | 15 | 17 | 1 | 2 |
| Яблоня дикая | 4 | 4 | 6 | 8 | 1 | 1 |

Количество экспериментальных участков $n_{общ} = 20$ шт.

Площадь экспериментального участка:

$$S_{эксп.уч} = 2 \cdot 50 = 100 \text{ м}^2$$

Общая учетная площадь:

$$S_{общ} = 100 \cdot 20 = 2000 \text{ м}^2 = 0,20 \text{ га.}$$

Численность, встречаемость различных видов и густота стояния древесно-кустарниковой растительности определялась в таблице 2 согласно данным таблицы 1 по формулам 3.1, 3.2, 3.3.

Таблица 2 – Определение численности, встречаемости и густоты стояния древесно-кустарниковой растительности

| Вид древесно-кустарниковой растительности | Численность, шт./га | | Встречаемость, % | | Густота стояния, шт./га | |
|-------------------------------------------|---------------------|---------|------------------|---------|-------------------------|---------|
| | 2013 г. | 2014 г. | 2013 г. | 2014 г. | 2013 г. | 2014 г. |
| Лох узколистный | 10980 | 11264 | 80 | 84 | 30 048 | 31 136 |
| Вяз приземистый | 8952 | 9308 | 72 | 76 | | |
| Клен ясенелистный | 6112 | 6328 | 68 | 72 | | |
| Смородина золотая | 2432 | 2560 | 56 | 64 | | |
| Ива древовидная | 1124 | 1240 | 12 | 16 | | |
| Ясень ланцетный | 212 | 188 | 28 | 32 | | |
| Тополь | 152 | 148 | 32 | 36 | | |
| Груша дикая | 60 | 68 | 4 | 8 | | |
| Яблоня дикая | 24 | 32 | 4 | 4 | | |

Полевые исследования размерных характеристик пней,
оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности

Таблица 1 – Высота и диаметр пней на уровне среза

| № п/п | Годы исследований | | | |
|----------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| | 2013 г. | | 2014 г. | |
| | Высота пней на уровне среза, $h_{п}$, мм | Диаметр пня на уровне среза, $d_{п}$, мм | Высота пней на уровне среза, $h_{п}$, мм | Диаметр пня на уровне среза, $d_{п}$, мм |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1 | 20 | 120 | 100 | 32 |
| 2 | 35 | 156 | 110 | 26 |
| 3 | 12 | 88 | 54 | 65 |
| 4 | 15 | 96 | 68 | 47 |
| 5 | 45 | 75 | 45 | 78 |
| 6 | 88 | 162 | 75 | 98 |
| 7 | 90 | 145 | 72 | 150 |
| 8 | 54 | 132 | 35 | 190 |
| 9 | 46 | 84 | 66 | 182 |
| 10 | 88 | 61 | 80 | 174 |
| 11 | 74 | 55 | 96 | 164 |
| 12 | 65 | 24 | 125 | 200 |
| 13 | 120 | 30 | 100 | 154 |
| 14 | 114 | 35 | 20 | 145 |
| 15 | 140 | 58 | 10 | 215 |
| 16 | 130 | 87 | 32 | 200 |
| 17 | 125 | 174 | 25 | 210 |
| 18 | 78 | 183 | 62 | 198 |
| 19 | 98 | 202 | 74 | 184 |
| 20 | 65 | 210 | 59 | 123 |
| 21 | 52 | 195 | 33 | 155 |
| 22 | 42 | 165 | 24 | 175 |
| 23 | 36 | 174 | 32 | 85 |
| 24 | 75 | 122 | 41 | 89 |

Окончание таблицы 1

| 1 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 25 | 46 | 84 | 40 | 76 |
| 26 | 62 | 88 | 37 | 55 |
| 27 | 58 | 63 | 54 | 42 |
| 28 | 42 | 60 | 59 | 82 |
| 29 | 36 | 49 | 81 | 78 |
| 30 | 34 | 96 | 32 | 134 |
| 31 | 38 | 141 | 20 | 147 |
| 32 | 47 | 129 | 15 | 205 |
| 33 | 84 | 187 | 34 | 189 |
| 34 | 105 | 195 | 32 | 202 |
| 35 | 121 | 205 | 66 | 148 |
| 36 | 77 | 166 | 46 | 154 |
| 37 | 58 | 147 | 57 | 168 |
| 38 | 89 | 159 | 83 | 172 |
| 39 | 63 | 184 | 23 | 85 |
| 40 | 72 | 102 | 78 | 35 |
| 41 | 46 | 68 | 49 | 30 |
| 42 | 88 | 79 | 66 | 44 |
| 43 | 38 | 53 | 92 | 69 |
| 44 | 18 | 88 | 98 | 112 |
| 45 | 22 | 94 | 114 | 115 |
| 46 | 47 | 116 | 27 | 178 |
| 47 | 90 | 183 | 84 | 165 |
| 48 | 25 | 192 | 63 | 155 |
| 49 | 38 | 93 | 38 | 163 |
| 50 | 41 | 87 | 62 | 140 |

Статистическая обработка результатов полевых исследований
размерных характеристик пней, оставшихся после срезания
древесно-кустарниковой растительности

Таблица 1 – Результаты группировки замеров высоты пней
на уровне среза (2013 г.).

| Интервал, мм | Количество | Количество с накоплением | Процент, % | Процент с накоплением, % |
|--------------------|------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|
| $-20 < x \leq 0$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $0 < x \leq 20$ | 4 | 4 | 8 | 8 |
| $20 < x \leq 40$ | 9 | 13 | 18 | 26 |
| $40 < x \leq 60$ | 13 | 26 | 26 | 52 |
| $60 < x \leq 80$ | 9 | 35 | 18 | 70 |
| $80 < x \leq 100$ | 8 | 43 | 16 | 86 |
| $100 < x \leq 120$ | 3 | 46 | 6 | 92 |
| $120 < x \leq 140$ | 4 | 50 | 8 | 100 |

Таблица 2 – Результаты группировки замеров высоты пней
на уровне среза (2014 г.).

| Интервал, мм | Количество | Количество с накоплением | Процент, % | Процент с накоплением, % |
|--------------------|------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|
| $-20 < x \leq 0$ | 0 | 0 | 0 | 0 |
| $0 < x \leq 20$ | 4 | 4 | 8 | 8 |
| $20 < x \leq 40$ | 14 | 18 | 28 | 36 |
| $40 < x \leq 60$ | 9 | 27 | 18 | 54 |
| $60 < x \leq 80$ | 12 | 39 | 24 | 78 |
| $80 < x \leq 100$ | 8 | 47 | 16 | 94 |
| $100 < x \leq 120$ | 2 | 49 | 4 | 98 |
| $120 < x \leq 140$ | 1 | 50 | 2 | 100 |

Таблица 3 – Результаты группировки замеров диаметра пней на уровне среза (2013 г.).

| Интервал, мм | Количество | Количество с накоплением | Процент, % | Процент с накоплением, % |
|--------------------|------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| $0 < x \leq 50$ | 4 | 4 | 8 | 8 |
| $50 < x \leq 100$ | 20 | 24 | 40 | 48 |
| $100 < x \leq 150$ | 9 | 33 | 18 | 66 |
| $150 < x \leq 200$ | 14 | 47 | 28 | 94 |
| $200 < x \leq 250$ | 3 | 50 | 6 | 100 |

Таблица 4 – Результаты группировки замеров диаметра пней на уровне среза (2014 г.).

| Интервал, мм | Количество | Количество с накоплением | Процент, % | Процент с накоплением, % |
|--------------------|------------|--------------------------|------------|--------------------------|
| $0 < x \leq 50$ | 7 | 7 | 14 | 14 |
| $50 < x \leq 100$ | 11 | 18 | 22 | 36 |
| $100 < x \leq 150$ | 9 | 27 | 18 | 54 |
| $150 < x \leq 200$ | 19 | 46 | 38 | 92 |
| $200 < x \leq 250$ | 4 | 50 | 8 | 100 |

Таблица 5 – Статистическая обработка результатов полевых исследований размерных характеристик пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности

| Годы | Размерная характеристика | Объем выборки | Средняя арифметическая | Медиана | Сумма |
|------|-------------------------------|---------------|-----------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|
| 2013 | Высота пней, мм | 50 | 63,84 | 58 | 3192 |
| | Диаметр пней, мм | 50 | 118,82 | 109 | 5941 |
| 2014 | Высота пней, мм | 50 | 57,76 | 58 | 2888 |
| | Диаметр пней, мм | 50 | 129,64 | 147,5 | 6482 |
| Годы | Минимум | Максимум | Нижний квартиль | Верхний квартиль | Размах |
| 2013 | 12 | 140 | 38 | 88 | 128 |
| | 24 | 210 | 79 | 166 | 186 |
| 2014 | 10 | 125 | 33 | 78 | 115 |
| | 26 | 215 | 78 | 175 | 189 |
| Годы | Интерквартильная широта | Дисперсия | Стандартное отклонение | Стандартная ошибка среднего | Асимметрия |
| 2013 | 50 | 1057,93 | 32,53 | 4,6 | 0,55 |
| | 87 | 2880,27 | 53,67 | 7,59 | 0,11 |
| 2014 | 45 | 809,12 | 28,45 | 4,02 | 0,40 |
| | 97 | 3291,38 | 57,37 | 8,11 | -0,35 |
| Годы | Стандартная ошибка асимметрии | Экссесс | Стандартная ошибка эксцесса | Коэффициент вариации | Относительная ошибка среднего значения |
| 2013 | 0,34 | -0,47 | 0,66 | 50,96 | 7,21 |
| | 0,34 | -1,25 | 0,66 | 45,17 | 6,39 |
| 2014 | 0,34 | -0,62 | 0,66 | 49,26 | 6,96 |
| | 0,34 | -1,19 | 0,66 | 44,25 | 6,26 |

Лабораторные исследования по определению влияния геометрических параметров зубьев разрыхляющих элементов устройства для локального внесения арборицидной смеси на впитываемость смеси с учетом породы исследуемых образцов и их влажности

Таблица 1 – Определение влияния влажности исследуемых образцов на их впитываемость

| Номер образца | Порода древесины образца | Диаметр образца, мм | Давность спила, сут | Масса образца до смачивания, г | Масса образца после смачивания, г | Масса арборицидной смеси, впитавшейся в поверхность образца, г | Средняя масса арборицидной смеси, впитавшейся в поверхность образца, г | Масса высушенного образца, г | Влажность % | Средняя влажность, % |
|---------------|--------------------------|---------------------|---------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 1 | Клён ясен. | 71 | 60 | 199,41 | 211,3 | 11,89 | 12 | 187,07 | 6 | 5,9 |
| 2 | Клён ясен. | 72 | | 195,28 | 207,21 | 11,93 | | 183,61 | 5,97 | |
| 3 | Клён ясен. | 77 | | 214,21 | 226,28 | 12,07 | | 201,84 | 5,77 | |
| 4 | Клён ясен. | 72 | | 214,74 | 226,85 | 12,11 | | 202,25 | 5,81 | |
| 5 | Вяз призем. | 93 | | 320,24 | 326,64 | 6,4 | 6,3 | 295,95 | 7,58 | 7,68 |
| 6 | Вяз призем. | 91 | | 296,69 | 303,00 | 6,31 | | 274,32 | 7,54 | |
| 7 | Вяз призем. | 92 | | 316,33 | 322,59 | 6,26 | | 291,69 | 7,79 | |
| 8 | Вяз призем. | 89 | | 292,07 | 298,3 | 6,23 | | 269,25 | 7,81 | |
| 9 | Лох узк. | 83 | | 307,17 | 312,77 | 5,6 | 5,43 | 282,74 | 7,95 | 7,86 |
| 10 | Лох узк. | 81 | | 270,98 | 276,32 | 5,34 | | 249,92 | 7,77 | |
| 11 | Лох узк. | 80 | | 260,37 | 265,63 | 5,26 | | 240 | 7,82 | |
| 12 | Лох узк. | 84 | | 273,73 | 279,25 | 5,52 | | 252,1 | 7,9 | |
| 13 | Клён ясен. | 70 | 30 | 190,5 | 198,67 | 8,17 | 8,09 | 175,08 | 8,09 | 8 |
| 14 | Клён ясен. | 69 | | 199,62 | 206,39 | 8,03 | | 183,79 | 7,93 | |
| 15 | Клён ясен. | 71 | | 178,72 | 186,63 | 7,91 | | 164,69 | 7,85 | |
| 16 | Клён ясен. | 78 | | 228,55 | 236,81 | 8,26 | | 209,89 | 8,16 | |
| 17 | Вяз призем. | 80 | | 232,77 | 237,63 | 4,86 | 4,6 | 198,51 | 14,72 | 14,8 |
| 18 | Вяз призем. | 82 | | 286,22 | 290,77 | 4,55 | | 244,46 | 14,59 | |
| 19 | Вяз призем. | 84 | | 336,31 | 340,92 | 4,61 | | 285,95 | 14,97 | |
| 20 | Вяз призем. | 84 | | 248,06 | 252,43 | 4,37 | | 211,17 | 14,87 | |
| 21 | Лох узк. | 74 | | 197,61 | 201,4 | 3,79 | 3,9 | 171,49 | 13,22 | 13,1 |
| 22 | Лох узк. | 83 | | 280,93 | 284,87 | 3,94 | | 244,25 | 13,06 | |
| 23 | Лох узк. | 76 | | 219,52 | 223,53 | 4,01 | | 191,01 | 12,99 | |
| 24 | Лох узк. | 85 | | 273,83 | 277,69 | 3,86 | | 237,14 | 13,14 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | |
|----|-------------|----|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|-------|
| 25 | Клён ясен. | 86 | 15 | 339,16 | 345,09 | 5,93 | 6 | 271,39 | 19,98 | 20 | |
| 26 | Клён ясен. | 87 | | 348,63 | 354,66 | 6,03 | | 278,82 | 20,02 | | |
| 27 | Клён ясен. | 85 | | 331,28 | 337,25 | 5,97 | | 265,16 | 19,96 | | |
| 28 | Клён ясен. | 86 | | 341,15 | 347,22 | 6,07 | | 272,79 | 20,04 | | |
| 29 | Вяз призем. | 80 | | 348,25 | 351,71 | 3,46 | 3,6 | 271,25 | 22,11 | 22 | |
| 30 | Вяз призем. | 82 | | 353,78 | 357,36 | 3,58 | | 275,72 | 22,06 | | |
| 31 | Вяз призем. | 84 | | 361,52 | 365,26 | 3,74 | | 282,4 | 21,89 | | |
| 32 | Вяз призем. | 84 | | 363,64 | 367,26 | 3,62 | | 283,84 | 21,94 | | |
| 33 | Лох узк. | 83 | | 358,21 | 361,08 | 2,87 | 3 | 288,68 | 19,41 | 19,3 | |
| 34 | Лох узк. | 81 | | 345,32 | 348,38 | 3,06 | | 278,74 | 19,28 | | |
| 35 | Лох узк. | 80 | | 340,18 | 343,12 | 2,94 | | 274,45 | 19,32 | | |
| 36 | Лох узк. | 84 | | 362,56 | 365,69 | 3,13 | | 292,98 | 19,19 | | |
| 37 | Клён ясен. | 86 | | 7 | 390,81 | 395,64 | 4,83 | 4,75 | 260,91 | 33,23 | 32,97 |
| 38 | Клён ясен. | 86 | | | 388,57 | 393,25 | 4,68 | | 260,95 | 32,84 | |
| 39 | Клён ясен. | 88 | | | 421,63 | 426,34 | 4,71 | | 283,36 | 32,79 | |
| 40 | Клён ясен. | 86 | 405,53 | | 410,31 | 4,78 | 271,63 | | 33,02 | | |
| 41 | Вяз призем. | 85 | 406,32 | | 409,25 | 2,93 | 2,8 | 275,96 | 32,08 | 32 | |
| 42 | Вяз призем. | 84 | 404,39 | | 407,18 | 2,79 | | 275,29 | 31,92 | | |
| 43 | Вяз призем. | 83 | 401,65 | | 404,51 | 2,86 | | 273,32 | 31,95 | | |
| 44 | Вяз призем. | 85 | 411,49 | | 414,14 | 2,65 | | 279,59 | 32,05 | | |
| 45 | Лох узк. | 80 | 379,89 | | 382,09 | 2,2 | 2,23 | 261,13 | 31,26 | 31,2 | |
| 46 | Лох узк. | 81 | 382,12 | | 384,47 | 2,35 | | 263,28 | 31,1 | | |
| 47 | Лох узк. | 82 | 386,45 | | 388,56 | 2,11 | | 265,51 | 31,3 | | |
| 48 | Лох узк. | 83 | 391,11 | | 293,11 | 2,26 | | 269,3 | 31,14 | | |

Таблица 2 – Определение влияния угла заострения зубьев разрыхляющих элементов на впитываемость образцов древесины

| Номер образца | Порода древесины образца | Диаметр образца, мм | Угол заострения зубьев, град. | Масса образца до смачивания, г | Масса образца после смачивания, г | Масса арборицидной смеси, впитавшейся в поверхность образца, г | Средняя масса арборицидной смеси, впитавшейся в поверхность образца, г |
|---------------|--------------------------|---------------------|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1 | Клён ясен. | 80 | 20 | 349,16 | 355,27 | 6,11 | 6,28 |
| 2 | Клён ясен. | 83 | | 352,45 | 358,66 | 6,21 | |
| 3 | Клён ясен. | 86 | | 361,28 | 367,73 | 6,45 | |
| 4 | Клён ясен. | 81 | | 341,15 | 347,5 | 6,35 | |
| 5 | Вяз призем. | 92 | | 348,25 | 352,11 | 3,86 | 3,76 |
| 6 | Вяз призем. | 90 | | 353,41 | 357,07 | 3,66 | |
| 7 | Вяз призем. | 92 | | 361,32 | 364,92 | 3,6 | |
| 8 | Вяз призем. | 89 | | 364,54 | 368,46 | 3,92 | |
| 9 | Лох узк. | 82 | | 358,21 | 361,3 | 3,09 | 3,27 |
| 10 | Лох узк. | 83 | | 346,15 | 349,48 | 3,33 | |
| 11 | Лох узк. | 81 | | 341,69 | 344,9 | 3,21 | |
| 12 | Лох узк. | 84 | | 362,56 | 366,01 | 3,45 | |

продолжение таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----|-------------|----|----|--------|--------|------|------|
| 1 | Клён ясен. | 80 | 20 | 349,16 | 355,27 | 6,11 | 6,28 |
| 2 | Клён ясен. | 83 | | 352,45 | 358,66 | 6,21 | |
| 3 | Клён ясен. | 86 | | 361,28 | 367,73 | 6,45 | |
| 4 | Клён ясен. | 81 | | 341,15 | 347,5 | 6,35 | |
| 5 | Вяз призем. | 92 | | 348,25 | 352,11 | 3,86 | 3,76 |
| 6 | Вяз призем. | 90 | | 353,41 | 357,07 | 3,66 | |
| 7 | Вяз призем. | 92 | | 361,32 | 364,92 | 3,6 | |
| 8 | Вяз призем. | 89 | | 364,54 | 368,46 | 3,92 | |
| 9 | Лох узк. | 82 | | 358,21 | 361,3 | 3,09 | 3,27 |
| 10 | Лох узк. | 83 | | 346,15 | 349,48 | 3,33 | |
| 11 | Лох узк. | 81 | | 341,69 | 344,9 | 3,21 | |
| 12 | Лох узк. | 84 | | 362,56 | 366,01 | 3,45 | |
| 13 | Клён ясен. | 79 | 30 | 343,16 | 349,61 | 6,45 | 6,58 |
| 14 | Клён ясен. | 81 | | 351,85 | 358,56 | 6,71 | |
| 15 | Клён ясен. | 78 | | 341,88 | 348,48 | 6,6 | |
| 16 | Клён ясен. | 79 | | 341,15 | 347,71 | 6,56 | |
| 17 | Вяз призем. | 93 | | 368,25 | 372,25 | 4 | 4 |
| 18 | Вяз призем. | 91 | | 363,56 | 367,36 | 3,8 | |
| 19 | Вяз призем. | 92 | | 364,37 | 368,57 | 4,2 | |
| 20 | Вяз призем. | 89 | | 352,54 | 356,54 | 4 | |
| 21 | Лох узк. | 83 | | 345,91 | 349,32 | 3,41 | 3,48 |
| 22 | Лох узк. | 81 | | 339,68 | 343,06 | 3,38 | |
| 23 | Лох узк. | 80 | | 341,53 | 345,11 | 3,58 | |
| 24 | Лох узк. | 84 | | 352,19 | 355,74 | 3,55 | |
| 25 | Клён ясен. | 89 | 40 | 363,13 | 369,83 | 6,7 | 6,86 |
| 26 | Клён ясен. | 83 | | 359,19 | 366,21 | 7,02 | |
| 27 | Клён ясен. | 81 | | 356,54 | 363,2 | 6,66 | |
| 28 | Клён ясен. | 88 | | 361,85 | 368,91 | 7,06 | |
| 29 | Вяз призем. | 81 | | 356,31 | 360,54 | 4,23 | 4,28 |
| 30 | Вяз призем. | 80 | | 354,89 | 359,22 | 4,33 | |
| 31 | Вяз призем. | 84 | | 358,35 | 362,51 | 4,16 | |
| 32 | Вяз призем. | 84 | | 359,14 | 363,54 | 4,4 | |
| 33 | Лох узк. | 84 | | 368,25 | 371,85 | 3,6 | 3,61 |
| 34 | Лох узк. | 83 | | 363,56 | 367,01 | 3,45 | |
| 35 | Лох узк. | 86 | | 364,37 | 368,05 | 3,68 | |
| 36 | Лох узк. | 85 | | 352,54 | 356,25 | 3,71 | |
| 37 | Клён ясен. | 86 | 50 | 345,09 | 352,09 | 7 | 7 |
| 38 | Клён ясен. | 87 | | 354,66 | 360,96 | 6,3 | |
| 39 | Клён ясен. | 85 | | 337,25 | 344,05 | 6,8 | |
| 40 | Клён ясен. | 86 | | 347,22 | 354,31 | 7,09 | |
| 41 | Вяз призем. | 80 | | 351,71 | 356,02 | 4,31 | 4,4 |
| 42 | Вяз призем. | 82 | | 357,36 | 361,77 | 4,41 | |
| 43 | Вяз призем. | 84 | | 365,26 | 369,65 | 4,39 | |
| 44 | Вяз призем. | 84 | | 367,26 | 371,75 | 4,49 | |
| 45 | Лох узк. | 83 | | 361,08 | 364,82 | 3,74 | 3,74 |
| 46 | Лох узк. | 81 | | 348,38 | 352,08 | 3,7 | |
| 47 | Лох узк. | 80 | | 343,12 | 346,73 | 3,61 | |
| 48 | Лох узк. | 84 | | 365,69 | 369,6 | 3,91 | |

окончание таблицы 2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----|-------------|----|----|--------|--------|------|------|
| 49 | Клён ясен. | 86 | 60 | 352,54 | 359,44 | 6,9 | 6,95 |
| 50 | Клён ясен. | 86 | | 345,91 | 352,91 | 7 | |
| 51 | Клён ясен. | 88 | | 339,68 | 346,54 | 6,86 | |
| 52 | Клён ясен. | 86 | | 341,53 | 348,57 | 7,04 | |
| 53 | Вяз призем. | 85 | | 357,36 | 361,66 | 4,3 | 4,31 |
| 54 | Вяз призем. | 84 | | 365,26 | 369,68 | 4,42 | |
| 55 | Вяз призем. | 83 | | 367,26 | 371,46 | 4,2 | |
| 56 | Вяз призем. | 85 | | 345,09 | 349,41 | 4,32 | |
| 57 | Лох узк. | 80 | | 354,66 | 358,26 | 3,6 | 3,59 |
| 58 | Лох узк. | 81 | | 337,25 | 340,83 | 3,58 | |
| 59 | Лох узк. | 82 | | 351,85 | 355,55 | 3,7 | |
| 60 | Лох узк. | 83 | | 341,88 | 345,36 | 3,48 | |
| 61 | Клён ясен. | 91 | 70 | 341,15 | 347,67 | 6,52 | 6,52 |
| 62 | Клён ясен. | 92 | | 358,35 | 364,85 | 6,5 | |
| 63 | Клён ясен. | 89 | | 359,14 | 365,59 | 6,45 | |
| 64 | Клён ясен. | 83 | | 363,13 | 369,74 | 6,61 | |
| 65 | Вяз призем. | 81 | | 359,19 | 362,99 | 3,8 | 3,93 |
| 66 | Вяз призем. | 80 | | 356,54 | 360,6 | 4,06 | |
| 67 | Вяз призем. | 84 | | 361,85 | 365,76 | 3,91 | |
| 68 | Вяз призем. | 89 | | 356,31 | 360,26 | 3,95 | |
| 69 | Лох узк. | 83 | | 354,89 | 358,29 | 3,4 | 3,46 |
| 70 | Лох узк. | 81 | | 357,36 | 360,74 | 3,38 | |
| 71 | Лох узк. | 88 | | 365,26 | 368,86 | 3,6 | |
| 72 | Лох узк. | 81 | | 367,26 | 370,72 | 3,46 | |

Таблица 3 – Определение влияния шага зубьев разрыхляющих элементов на впитываемость образцов древесины

| Номер образца | Порода древесины образца | Шаг между зубьями, мм | Масса образца до смачивания, г | Масса образца после смачивания, г | Впитываемость, г | Средняя впитываемость, г |
|---------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------------------|------------------|--------------------------|
| 1 | Клён ясен. | 14 | 343,16 | 350,26 | 7,1 | 7,12 |
| 2 | Клён ясен. | | 351,85 | 358,93 | 7,08 | |
| 3 | Клён ясен. | | 341,88 | 349,04 | 7,16 | |
| 4 | Клён ясен. | | 341,15 | 348,29 | 7,14 | |
| 5 | Вяз призем. | | 368,25 | 372,72 | 4,47 | 4,5 |
| 6 | Вяз призем. | | 363,56 | 368,06 | 4,5 | |
| 7 | Вяз призем. | | 364,37 | 368,9 | 4,53 | |
| 8 | Вяз призем. | | 352,54 | 357,04 | 4,5 | |
| 9 | Лох узк. | | 345,91 | 349,71 | 3,8 | 3,83 |
| 10 | Лох узк. | | 339,68 | 343,47 | 3,79 | |
| 11 | Лох узк. | | 341,53 | 345,36 | 3,83 | |
| 12 | Лох узк. | | 352,19 | 356,09 | 3,9 | |
| 13 | Клён ясен. | 22 | 345,09 | 352,13 | 7,04 | 7 |
| 14 | Клён ясен. | | 354,66 | 361,66 | 7 | |
| 15 | Клён ясен. | | 337,25 | 344,24 | 6,99 | |
| 16 | Клён ясен. | | 347,22 | 354,19 | 6,97 | |
| 17 | Вяз призем. | | 351,71 | 356,11 | 4,4 | 4,4 |
| 18 | Вяз призем. | | 357,36 | 361,72 | 4,36 | |
| 19 | Вяз призем. | | 365,26 | 369,65 | 4,39 | |
| 20 | Вяз призем. | | 367,26 | 371,71 | 4,45 | |
| 21 | Лох узк. | | 361,08 | 364,8 | 3,72 | 3,74 |
| 22 | Лох узк. | | 348,38 | 352,13 | 3,75 | |
| 23 | Лох узк. | | 343,12 | 346,83 | 3,71 | |
| 24 | Лох узк. | | 365,69 | 369,47 | 3,78 | |
| 25 | Клён ясен. | 30 | 339,16 | 346,08 | 6,92 | 6,9 |
| 26 | Клён ясен. | | 348,63 | 355,52 | 6,89 | |
| 27 | Клён ясен. | | 331,28 | 338,18 | 6,9 | |
| 28 | Клён ясен. | | 341,15 | 348,04 | 6,89 | |
| 29 | Вяз призем. | | 348,25 | 352,57 | 4,32 | 4,34 |
| 30 | Вяз призем. | | 353,78 | 358,14 | 4,36 | |
| 31 | Вяз призем. | | 361,52 | 365,86 | 4,34 | |
| 32 | Вяз призем. | | 363,64 | 367,98 | 4,34 | |
| 33 | Лох узк. | | 358,21 | 361,89 | 3,68 | 3,69 |
| 34 | Лох узк. | | 345,32 | 351,99 | 6,67 | |
| 35 | Лох узк. | | 340,18 | 343,88 | 3,7 | |
| 36 | Лох узк. | | 362,56 | 366,27 | 3,71 | |

Лабораторные исследования по определению влияния геометрических параметров наконечника и ударной шайбы на объем получаемой лунки в теле пня

Таблица 1 – Результаты для клена ясенелистного (плотность 690 кг/м³)

| № п/п | Угол заострения наконечника α , град. | Масса ударной шайбы m , кг | Объем лунки V , мм ³ | Средний объем лунки $V_{\text{ср}}$, мм ³ |
|-------|----------------------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1 | 40 | 3,7 | 2526,17 | 2698 |
| 2 | 40 | | 2806,612 | |
| 3 | 40 | | 2526,17 | |
| 4 | 40 | | 3107,078 | |
| 5 | 40 | | 2526,17 | |
| 6 | 45 | | 2792,346 | 2557 |
| 7 | 45 | | 2216,654 | |
| 8 | 45 | | 2493,434 | |
| 9 | 45 | | 2792,346 | |
| 10 | 45 | | 2493,434 | |
| 11 | 50 | | 2345,584 | 2233 |
| 12 | 50 | | 2064,433 | |
| 13 | 50 | | 2345,584 | |
| 14 | 50 | | 2345,584 | |
| 15 | 50 | | 2064,433 | |
| 16 | 55 | | 2110,008 | 2175 |
| 17 | 55 | | 2411,013 | |
| 18 | 55 | | 1835,16 | |
| 19 | 55 | | 2411,013 | |
| 20 | 55 | | 2110,008 | |
| 21 | 60 | | 1812,827 | 1709 |
| 22 | 60 | | 1554,272 | |
| 23 | 60 | | 1812,827 | |
| 24 | 60 | | 1812,827 | |
| 25 | 60 | | 1554,272 | |
| 26 | 65 | | 1483,891 | 1343 |
| 27 | 65 | | 1250,061 | |
| 28 | 65 | | 1483,891 | |
| 29 | 65 | | 1250,061 | |
| 30 | 65 | | 1250,061 | |
| 31 | 70 | | 1156,847 | 1202 |
| 32 | 70 | | 1387,595 | |
| 33 | 70 | | 1156,847 | |
| 34 | 70 | | 1156,847 | |
| 35 | 70 | | 1156,847 | |
| 36 | 80 | | 909,5848 | 671 |
| 37 | 80 | | 572,7998 | |
| 38 | 80 | | 572,7998 | |
| 39 | 80 | | 728,2645 | |
| 40 | 80 | | 572,7998 | |

Таблица 2 – Результаты для тополя (плотность 455 кг/м³)

| № п/п | Угол заострения нако- нечника α , град. | Масса удар- ной шайбы m , кг | Объем лунки V , мм ³ | Средний объ- ем лунки $V_{\text{ср}}$, мм ³ |
|-------|---------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1 | 40 | 3,7 | 7461,409 | 7970 |
| 2 | 40 | | 8289,737 | |
| 3 | 40 | | 7461,409 | |
| 4 | 40 | | 9177,207 | |
| 5 | 40 | | 7461,409 | |
| 6 | 45 | | 8247,599 | 7554 |
| 7 | 45 | | 6547,21 | |
| 8 | 45 | | 7364,72 | |
| 9 | 45 | | 8247,599 | |
| 10 | 45 | | 7364,72 | |
| 11 | 50 | | 6928,024 | 6595 |
| 12 | 50 | | 6097,603 | |
| 13 | 50 | | 6928,024 | |
| 14 | 50 | | 6928,024 | |
| 15 | 50 | | 6097,603 | |
| 16 | 55 | | 6232,213 | 6425 |
| 17 | 55 | | 7121,275 | |
| 18 | 55 | | 5420,41 | |
| 19 | 55 | | 7121,275 | |
| 20 | 55 | | 6232,213 | |
| 21 | 60 | | 5354,447 | 5048 |
| 22 | 60 | | 4590,769 | |
| 23 | 60 | | 5354,447 | |
| 24 | 60 | | 5354,447 | |
| 25 | 60 | | 4590,769 | |
| 26 | 65 | | 4382,888 | 3968 |
| 27 | 65 | | 3692,237 | |
| 28 | 65 | | 4382,888 | |
| 29 | 65 | | 3692,237 | |
| 30 | 65 | | 3692,237 | |
| 31 | 70 | | 3416,916 | 3553 |
| 32 | 70 | | 4098,464 | |
| 33 | 70 | | 3416,916 | |
| 34 | 70 | | 3416,916 | |
| 35 | 70 | | 3416,916 | |
| 36 | 80 | | 2686,591 | 1982 |
| 37 | 80 | | 1691,847 | |
| 38 | 80 | | 1691,847 | |
| 39 | 80 | | 2151,035 | |
| 40 | 80 | | 1691,847 | |

Справочная информация для проведения энергетической оценки
технологий и технических средств

Таблица 1 – Энергосодержание и энергетические эквиваленты энергоносителей

| Энергоносители | Энергосодержание, МДж | Энергетический эквивалент, МДж |
|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------|
| Электрическая энергия, кВт·ч | 3,6 | 12,0 |
| Автотракторное топливо, кг: | | |
| дизельное топливо | 42,7 | 10,0 |
| бензин авиационный | 44,4 | 10,5 |
| бензин автомобильный | 43,9 | 10,5 |
| керосин тракторный | 43,9 | 10,0 |
| Котельно-печное топливо, кг: | | |
| топливо условное | 29,3 | 36,0 |
| уголь каменный | 22,5 | 24,0 |
| уголь бурый | 14,0 | 20,0 |
| сланцы | 7,3 | 26,8 |
| торф | 12,0 | 15,0 |
| мазут | 40,2 | 50,0 |
| дрова | 10,0 | 23,5 |
| газ природный, м ³ | 36,2 | 40,0 |
| Вода, кг | - | 2,3 |

Таблица 2 – Коэффициенты использования двигателей по времени в течение смены $K_{в.дв}$ и по мощности $K_{м.дв}$

| Наименование машины | Коэффициент использования двигателей | |
|---------------------------------------------------|--------------------------------------|---------------------------|
| | по времени $K_{в.дв}$ | по мощности $K_{м.дв}$ |
| Экскаваторы одноковшовые: 1–2 размерные группы | 0,86 | 0,60 |
| 3–4 размерные группы | 0,90 | 0,50 |
| Бульдозеры | 0,86 | 0,40 |
| Рыхлители | 0,86 | 0,80 |
| Кусторезы | 0,86 | 0,40 |
| Скреперы | 0,92 | 0,80 |
| Автогрейдеры | 0,90 | 0,50 |
| Планировщики | 0,90 | 0,40 |

Таблица 3 – Коэффициент $K_{т.м.дв}$, учитывающий изменение удельного расхода топлива в зависимости от степени использования мощности двигателя

| Тип двигателя | $K_{т.м.дв}$ при значениях $K_{м.дв}$ | | | | | |
|----------------------|---------------------------------------|------|------|------|------|------|
| | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| Тракторные дизели | 1,28 | 1,14 | 1,08 | 1,05 | 1,02 | 0,95 |
| Автомобильные дизели | 1,2 | 1,09 | 1,05 | 1,02 | 1,01 | 0,98 |
| Карбюраторные | 1,08 | 1,04 | 1,03 | 1,02 | 1,01 | 1 |

Примечание: При значениях $K_{м.дв}$ не указанных в таблице, $K_{т.м.дв}$ определяется интерполяцией.

Таблица 4 – Коэффициент износа $K_{и.дв}$, учитывающий износ двигателя в зависимости от использования его ресурса

| Тип двигателя | $K_{и.дв}$ при использовании ресурса двигателя, % | | |
|---------------|---------------------------------------------------|-------|--------|
| | 0–30 | 30–80 | 80–100 |
| Дизельные | 1,0 | 1,05 | 1,1 |
| Карбюраторные | 1,0 | 1,15 | 1,2 |

Таблица 5 – Энергетические эквиваленты машин

| Машины | Энергетический эквивалент машины α_i , МДж/кг |
|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Тракторы, экскаваторы, автогрейдеры и пр. | 86,4 |
| Сельскохозяйственные машины, навесное оборудование, сцепки и т. п. | 75,0 |
| Механизированный инструмент | 20,0 |

Таблица 6 – Отчисления на реновацию и ремонт по типам машин

| Машина | Амортизационные отчисления, % | |
|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| | на полное восстановление A_i | на капитальный ремонт R_i |
| Тракторы: | | |
| Т-130 | 9,1 | 6,5 |
| Т-150, ДТ-75М | 12,5 | 6,0 |
| МТЗ-80, МТЗ-82, ЮМЗ-6Л/6М | 10,0 | 5,0 |
| Бульдозеры, подборщики-собиратели | 13,7 | 16,0 |
| Скреперы, автогрейдеры | 13,7 | 10,0 |
| Кусторезы, корчеватели, рыхлители, навесные рубильные машины | 16,0 | 5,8 |
| Экскаваторы одноковшовые | 16,0 | 5,5 |
| Оборудование и инструмент | 10,9 | 3,2 |
| Грузовые автомобили грузоподъемностью более 2 т | 0,27* | 0,20* |

* В процентах от стоимости машин на 1000 км пробега.

Таблица 7 – Энергетические эквиваленты затрат живого труда

| Категории работы | Энергетический эквивалент живого труда α_i , МДж/чел.-ч |
|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------|
| Очень легкая | 0,6 |
| Легкая (на сеялках) | 0,9 |
| Средняя (на тракторах, комбайнах) | 1,26 |
| Тяжелая | 1,86 |
| Очень тяжелая | 2,5 |

Таблица 8 – Соотношения между единицами энергии

$$1 \text{ МДж} = 0,278 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 0,034 \text{ кг у. т.}$$

$$1 \text{ ккал} = 1,163 \cdot 10^{-3} \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 143 \cdot 10^{-6} \text{ кг у. т.} = 4,19 \cdot 10^{-3} \text{ МДж}$$

$$1 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 0,123 \text{ кг у. т.} = 3,6 \text{ МДж}$$

$$1 \text{ кг у. т.} = 7 \text{ Мкал} = 29,33 \text{ МДж}$$

$$1 \text{ л.с.}\cdot\text{ч} = 0,737 \text{ кВт}\cdot\text{ч} = 0,09 \text{ кг у. т.} = 2,65 \text{ МДж}$$

$$1 \text{ кг дизельного топлива} = 1,45 \text{ кг у. т.} = 42,7 \text{ МДж}$$

$$1 \text{ кг автомобильного бензина} = 1,52 \text{ кг у. т.} = 44,58 \text{ МДж}$$

$$1 \text{ кг мазута} = 1,37 \text{ кг у. т.} = 40,18 \text{ МДж}$$

$$1 \text{ м}^3 \text{ природного газа} = 1,15 \text{ кг у. т.} = 33,73 \text{ МДж}$$

$$1 \text{ м}^3 \text{ сжиженного газа} = 1,57 \text{ кг у. т.} = 46,05 \text{ МДж}$$

Энергетическая оценка технологий

Оценку энергозатрат по усовершенствованной (новой) технологии очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности и пней производили по методике, представленной в разделе 5.2., сравнивая полученные значения с традиционной (базовой) технологией, результаты оценки которой представлены в [141]. Исходные данные для расчетов принимались с использованием Информационно-правовой системы ГАРАНТ, приложения 10, а также литературных источников [112, 113, 152, 153].

Энергетическая оценка новой технологии

Усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности включает следующие операции:

1. Визуальный осмотр поверхностей берм и откосов канала, удаление из зоны выполнения работ посторонних предметов.
2. Срезка древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на бермах канала (кустореж маятниково-телескопического типа МК-2(СГАУ) на базе трактора МТЗ-80).
3. Сбор срезанного на берме кустарника и мелкоколосья в кучи (подборщик-собирающий ПС-2(СГАУ) на базе трактора МТЗ-82.1).
4. Срезка древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на откосах канала (универсальный телескопический навесной кусторез КН-3(СГАУ) на базе одноковшового экскаватора ЭО-2621 с базовым трактором МТЗ-82.1).
5. Извлечение срезанной растительности из русла канала с последующим перемещением ее в сформированные кучи (подборщик-собирающий ПС-2(СГАУ) на базе трактора МТЗ-82.1).
6. Угнетение пней на бермах канала (устройство для локального внесения арборицидной смеси на пни ЛВА-1 (СГАУ)).
7. Угнетение пней на откосах канала (устройство инъекционного типа).
8. Переработка древесины в энергетическую или технологическую щепу (навесная рубильная машина МР-160 на базе трактора МТЗ-82.1).

9. Транспортировка щепы потребителю или к месту хранения (грузовой автомобиль ЗИЛ-5301АО с наращенными бортами).

10. Доинъектирование пней на бермах канала (устройство инъекционного типа).

11. Доинъектирование пней на откосах канала (устройство инъекционного типа).

1. Визуальный осмотр поверхностей берм и откосов канала, удаление из зоны выполнения работ посторонних предметов.

При выполнении данной операции применяется ручной труд. Энергетический эквивалент живого труда будет соответствовать очень легкой категории (0,6 МДж/чел.-ч). На операции занято 2 чел. Тогда с учетом производительности последующей операции технологического процесса 0,101 га/ч, затраты энергии живого труда:

$$\mathcal{E}_{ж.н.т.01} = 1 \cdot 0,6 / 0,101 = 6 \text{ МДж/га.}$$

2. Срезка древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на бермах канала.

Кусторез маятникового-телескопического типа МК-2(СГАУ) на базе трактора МТЗ-80(82) (номинальная мощность двигателя 55 кВт, удельный расход топлива при номинальной мощности двигателя 226 г/кВт·ч, норма расхода топлива за смену 50 кг/маш.-смена, масса базового трактора 3160 кг, масса кустореза 430 кг, обслуживающий персонал 2 чел.).

Расход топлива на единицу площади с учетом производительности кустореза за 0,101 га/ч:

$$q_{к.МК-2} = 62 \text{ кг/га.}$$

Прямые удельные затраты энергии:

$$\mathcal{E}_{пр.МК-2} = 62 \cdot 42,7 = 2647,4 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость энергоносителей:

$$\mathcal{E}_{оэ.МК-2} = 62 \cdot 10 = 620 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость средств механизации:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{м.МК-2} &= (1/(10^2 \cdot 0,101)) \cdot [(86,4 \cdot 3160 \cdot ((10+5)/1350)) + \\ &+ (75 \cdot 410 \cdot ((16+5,8)/600))] = 411 \text{ МДж/га.} \end{aligned}$$

Затраты энергии живого труда:

$$\mathcal{E}_{ж.МК-2} = 2 \cdot 1,26 / 0,101 = 25 \text{ МДж/га.}$$

Полные энергозатраты:

$$\mathcal{E}_{н.МК-2} = 2647,4 + 620 + 411 = 3678,4 \text{ МДж/га.}$$

Полные энергозатраты по операции:

$$\mathcal{E}_{п.н.т.о2} = 3678,4 \text{ МДж/га.}$$

Затраты энергии живого труда по операции:

$$\mathcal{E}_{ж.н.т.о2} = 25 \text{ МДж/га.}$$

3. Сбор срезанного на берме кустарника и мелколесья в кучи.

Подборщик-собиратель ПС-2(СГАУ) на базе трактора МТЗ-82.1 (номинальная мощность двигателя 55 кВт, удельный расход топлива при номинальной мощности двигателя 226 г/кВт·ч, норма расхода топлива за смену 50 кг/маш.-смена, масса базового трактора 4000 кг, масса рабочего оборудования 610 кг, обслуживающий персонал 1 чел.).

С учетом производительности подборщика-собирателя на данной операции 0,101 га/ч, расход топлива на единицу площади:

$$q_{к.ПС-2} = 62 \text{ кг/га.}$$

Прямые удельные затраты энергии:

$$\mathcal{E}_{пр.ПС-2} = 62 \cdot 42,7 = 2647,4 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость энергоносителей:

$$\mathcal{E}_{оз.ПС-2} = 62 \cdot 10 = 620 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость средств механизации:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{м.ПС-2} &= (1/(10^2 \cdot 0,101)) \cdot [(86,4 \cdot 4000 \cdot ((10+5)/1350)) + \\ &+ (75 \cdot 610 \cdot ((13,7+16)/600))] = 604,4 \text{ МДж/га.} \end{aligned}$$

Затраты энергии живого труда:

$$\mathcal{E}_{ж.ПС-2} = 1 \cdot 1,26 / 0,101 = 12,5 \text{ МДж/га.}$$

Полные энергозатраты:

$$\mathcal{E}_{н.ПС-2} = 2647,4 + 620 + 604,4 = 3871,8 \text{ МДж/га.}$$

Полные энергозатраты по операции:

$$\mathcal{E}_{п.н.т.о3} = 3871,8 \text{ МДж/га.}$$

Затраты энергии живого труда по операции:

$$\mathcal{E}_{\text{ж.н.т.о3}} = 12,5 \text{ МДж/га.}$$

4. Срезка древесно-кустарниковой растительности, произрастающей на откосах канала.

Универсальный телескопический навесной кусторез КН-3(СГАУ) на базе одноковшового экскаватора ЭО-2621 с базовым трактором МТЗ-82.1 (номинальная мощность двигателя 55 кВт, удельный расход топлива при номинальной мощности двигателя 226 г/кВт·ч, норма расхода топлива за смену 50 кг/маш.-смена, масса базовой машины 5700 кг, масса кустореза 170 кг, обслуживающий персонал 2 чел.). Производительность кустореза КН-3(СГАУ) при срезании древесно-кустарниковой растительности на откосе 0,084 га/ч. Для обеспечения необходимой интенсивности технологического потока необходимо использовать 2 кустореза.

Расход топлива на единицу площади с учетом производительности кустореза при работе на откосе:

$$q_{\text{к.КН-3.отк}} = 74 \text{ кг/га.}$$

Прямые удельные затраты энергии:

$$\mathcal{E}_{\text{пр.КН-3.отк}} = 74 \cdot 42,7 = 3159,8 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость энергоносителей:

$$\mathcal{E}_{\text{оэ.КН-3.отк}} = 74 \cdot 10 = 740 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость средств механизации:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{м.КН-3.отк}} &= (1/(10^2 \cdot 0,084)) \cdot [(86,4 \cdot 5700 \cdot ((10+5)/1350)) + \\ &+ (75 \cdot 170 \cdot ((16+5,8)/600))] = 706,6 \text{ МДж/га.} \end{aligned}$$

Затраты энергии живого труда:

$$\mathcal{E}_{\text{ж.КН-3.отк}} = 2 \cdot 1,26 / 0,084 = 30 \text{ МДж/га.}$$

Полные энергозатраты:

$$\mathcal{E}_{\text{п.КН-3.отк}} = 3159,8 + 740 + 706,6 = 4606,4 \text{ МДж/га.}$$

Полные энергозатраты по операции:

$$\mathcal{E}_{\text{п.н.т.о4}} = 2 \cdot 4606,5 = 9212,8 \text{ МДж/га.}$$

Затраты энергии живого труда по операции:

$$\mathcal{E}_{\text{ж.н.т.04}} = 2 \cdot 30 = 60 \text{ МДж/га.}$$

5. Извлечение срезанной растительности из русла канала с последующим перемещением ее в сформированные кучи.

Подборщик-собиратель ПС-2(СГАУ) на базе трактора МТЗ-82.1 (номинальная мощность двигателя 55 кВт, удельный расход топлива при номинальной мощности двигателя 226 г/кВт·ч, норма расхода топлива за смену 50 кг/маш.-смена, масса базового трактора 4000 кг, масса рабочего оборудования 610 кг, обслуживающий персонал 2 чел.).

С учетом производительности подборщика-собирателя на данной операции 0,06 га/ч, расход топлива на единицу площади:

$$q_{k.ПС-2} = 104 \text{ кг/га.}$$

Прямые удельные затраты энергии:

$$\mathcal{E}_{\text{пр.ПС-2}} = 104 \cdot 42,7 = 4440,8 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость энергоносителей:

$$\mathcal{E}_{\text{оэ.ПС-2}} = 104 \cdot 10 = 1040 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость средств механизации:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{м.ПС-2}} &= (1/(10^2 \cdot 0,06)) \cdot [(86,4 \cdot 4000 \cdot ((10+5)/1350)) + \\ &+ (75 \cdot 610 \cdot ((13,7+16)/600))] = 1017,4 \text{ МДж/га.} \end{aligned}$$

Затраты энергии живого труда:

$$\mathcal{E}_{\text{ж.ПС-2}} = 2 \cdot 1,26 / 0,06 = 42 \text{ МДж/га.}$$

Полные энергозатраты:

$$\mathcal{E}_{\text{н.ПС-2}} = 4440,8 + 1040 + 1017,4 = 6498,2 \text{ МДж/га.}$$

Полные энергозатраты по операции:

$$\mathcal{E}_{\text{н.н.т.05}} = 6498,2 \text{ МДж/га.}$$

Затраты энергии живого труда по операции:

$$\mathcal{E}_{\text{ж.н.т.05}} = 42 \text{ МДж/га.}$$

6. Угнетение пней на бермах канала.

Устройство для локального внесения арборицидной смеси на пни ЛВА-1 (СГАУ) на базе трактора МТЗ-82.1 (номинальная мощность двигателя 55 кВт, удельный расход топлива при номинальной мощности двигателя 226 г/кВт·ч, норма расхода топлива за смену 50 кг/маш.-смена, масса базового трактора 4000 кг, масса рабочего оборудования 540 кг, обслуживающий персонал 2 чел.).

С учетом производительности устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни на данной операции 0,06 га/ч, расход топлива на единицу площади:

$$q_{k.ЛВА-1} = 104 \text{ кг/га.}$$

Прямые удельные затраты энергии:

$$\mathcal{E}_{пр.ЛВА-1} = 104 \cdot 42,7 = 4440,8 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость энергоносителей:

$$\mathcal{E}_{оэ.ЛВА-1} = 104 \cdot 10 = 1040 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость средств механизации:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{м.ЛВА-1} &= (1/(10^2 \cdot 0,06)) \cdot [(86,4 \cdot 4000 \cdot ((10+5)/1350)) + \\ &+ (75 \cdot 540 \cdot ((13,7+16)/600))] = 974,1 \text{ МДж/га.} \end{aligned}$$

Затраты энергии живого труда:

$$\mathcal{E}_{ж.ЛВА-1} = 2 \cdot 1,26 / 0,06 = 42 \text{ МДж/га.}$$

Полные энергозатраты:

$$\mathcal{E}_{п.ЛВА-1} = 4440,8 + 1040 + 974,1 = 6454,9 \text{ МДж/га.}$$

Полные энергозатраты по операции:

$$\mathcal{E}_{п.н.т.об} = 6454,9 \text{ МДж/га.}$$

Затраты энергии живого труда по операции:

$$\mathcal{E}_{ж.н.т.об} = 25 \text{ МДж/га.}$$

7. Угнетение пней на откосах канала.

Для угнетения пней на откосах применяются устройства инъекционного типа. Энергетический эквивалент живого труда будет соответствовать средней категории (1,26 МДж/чел.-ч). На операции занято 2 чел. Тогда с учетом производительности предыдущей операции 0,06 га/ч, затраты энергии живого труда:

$$\mathcal{E}_{ж.н.т.07} = 2 \cdot 1,26 / 0,06 = 42 \text{ МДж/га.}$$

8. Переработка удаляемой древесины в энергетическую или технологическую щепу.

Рубильная машина МР-160 на базе трактора МТЗ-82.1 (номинальная мощность двигателя 55 кВт, удельный расход топлива при номинальной мощности двигателя 226 г/кВт·ч, норма расхода топлива за смену 50 кг/маш.-смена, масса базового трактора 4000 кг, масса рабочего оборудования 400 кг, обслуживающий персонал 3 чел.).

Эксплуатационная производительность рубильной машины МР-160 в кубических метрах неуплотненной щепы 7 м³/ч. Производительность рубильной машины в пересчете на 1 га – 0,038 га/ч.

Расход топлива на единицу площади с учетом производительности:

$$q_{к.МР-160} = 164 \text{ кг/га.}$$

Прямые удельные затраты энергии:

$$\mathcal{E}_{пр.МР-160} = 164 \cdot 42,7 = 7002,8 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость энергоносителей:

$$\mathcal{E}_{оэ.МР-160} = 164 \cdot 10 = 1640 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость средств механизации:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{м.МР-160} &= (1/(10^2 \cdot 0,038)) \cdot [(86,4 \cdot 4000 \cdot ((10+5)/1350)) + \\ &+ (75 \cdot 400 \cdot ((16+5,8)/600))] = 1297,4 \text{ МДж/га.} \end{aligned}$$

Затраты энергии живого труда:

$$\mathcal{E}_{ж.МР-160} = 3 \cdot 1,26 / 0,038 = 99,5 \text{ МДж/га.}$$

Полные энергозатраты:

$$\mathcal{E}_{н.МР-160} = 7002,8 + 1640 + 1297,4 = 9940,2 \text{ МДж/га.}$$

Полные энергозатраты по операции:

$$\mathcal{E}_{н.н.т.08} = 9940,2 \text{ МДж/га.}$$

Затраты энергии живого труда по операции:

$$\mathcal{E}_{ж.н.т.08} = 99,5 \text{ МДж/га.}$$

9. Транспортировка щепы потребителю или к месту хранения.

Грузовой автомобиль ЗИЛ-5301АО с наращенными бортами (номинальная мощность двигателя 80 кВт, базовая норма расхода топлива 12,7 кг/100 км, масса автомобиля 3700 кг, обслуживающий персонал 1 чел.). Производительность вывоза щепы автомобилем, при средней скорости движения 40 км/ч – 0,063 га/ч.

Расход топлива в пересчете на единицу площади:

$$q_{к.ЗИЛ-5301АО} = 81,3 \text{ кг/га.}$$

Прямые удельные затраты энергии:

$$\mathcal{E}_{пр.ЗИЛ-5301АО} = 81,3 \cdot 42,7 = 3471,5 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость энергоносителей:

$$\mathcal{E}_{оэ.ЗИЛ-5301АО} = 81,3 \cdot 10 = 813 \text{ МДж/га.}$$

Энергоемкость средств механизации:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{м.ЗИЛ-5301АО} &= ((40 \cdot 46)/(10^5 \cdot 3 \cdot 0,5)) \cdot (86,4 \cdot 3700 \cdot (0,27 + 0,2)) = \\ &= 1843,1 \text{ МДж/га.} \end{aligned}$$

Затраты энергии живого труда:

$$\mathcal{E}_{ж.ЗИЛ-5301АО} = 1 \cdot 1,26 / 0,063 = 20 \text{ МДж/га.}$$

Полные энергозатраты:

$$\mathcal{E}_{п.ЗИЛ-5301АО} = 3471,5 + 813 + 1843,1 = 6127,6 \text{ МДж/га.}$$

Полные энергозатраты по операции:

$$\mathcal{E}_{п.н.т.09} = 6127,6 \text{ МДж/га.}$$

Затраты энергии живого труда по операции:

$$\mathcal{E}_{ж.н.т.09} = 20 \text{ МДж/га.}$$

10. Доинъектирование пней на бермах канала.

Для угнетения пней на бермах применяются устройства инъекционного типа. Энергетический эквивалент живого труда будет соответствовать средней категории (1,26 МДж/чел.-ч). На операции занят 1 чел.

Затраты энергии живого труда:

$$\mathcal{E}_{ж.н.т.012} = 1 \cdot 1,26 / 0,101 = 12,5 \text{ МДж/га.}$$

11. Доинъектирование пней на откосах канала.

Для угнетения пней на откосах применяются устройства инъекционного типа. Энергетический эквивалент живого труда будет соответствовать средней категории (1,26 МДж/чел.-ч). На операции занят 1 чел.

Затраты энергии живого труда:

$$\mathcal{E}_{\text{ж.н.т.о12}} = 1 \cdot 1,26 / 0,101 = 12,5 \text{ МДж/га.}$$

Общие полные энергозатраты

усовершенствованной технологии по операциям очистки канала от древесно-кустарниковой растительности:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{п.н.т.общ,дкр}} &= 3678,4 + 3871,8 + 9212,8 + 6498,2 + 6454,9 + 9940,2 + 6127,6 = \\ &= 45784 \text{ МДж/га.} \end{aligned}$$

Общие затраты энергии живого труда

усовершенствованной технологии по операциям очистки канала от древесно-кустарниковой растительности:

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_{\text{ж.н.т.общ,дкр}} &= 6 + 25 + 12,5 + 60 + 42 + 25 + 42 + 99,5 + 20 + 12,5 + 12,5 = \\ &= 357 \text{ МДж/га.} \end{aligned}$$

Согласно [141] энергозатраты в случае применения традиционной (базовой) технологии очистки каналов составят:

Общие полные энергозатраты традиционной технологии по операциям очистки канала от древесно-кустарниковой растительности:

$$\mathcal{E}_{\text{п.б.т.общ,дкр}} = 78098,1 \text{ МДж/га.}$$

Общие затраты энергии живого труда традиционной технологии по операциям очистки канала от древесно-кустарниковой растительности:

$$\mathcal{E}_{\text{ж.б.т.общ,дкр}} = 3065,5 \text{ МДж/га.}$$

Пересчет энергозатрат в денежное выражение

Пересчет сокращения энергозатрат в денежное выражение производим по таблице 8 приложения 10 с учетом действующих цен на энергоносители (средняя цена дизельного топлива в Саратовской области на второй квартал 2016 г. составляет 41 руб./кг [153]).

При внедрении усовершенствованной технологии:

$$S_{\text{сн.н.т.дкр}} = 45784 / 42,7 \cdot 41 = 43961 \text{ руб./га.}$$

СОГЛАСОВАНО
Проректор по НИР
ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ

Воротников И.Л.

«14» марта 2017 г.



УТВЕРЖДАЮ
Директор ФГБУ «Управление
«Саратовмелиоводхоз»

Зайгралов Ю.А.

«15» марта 2017 г.



АКТ

о внедрении законченной научно-исследовательской работы

Мы, ниже подписавшиеся, представитель ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» в лице руководителя НИР, декана факультета инженерии и природообустройства, д.т.н., доцента Соловьева Дмитрия Александровича и представителя Энгельсского филиала ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» в лице директора Чуркиной Кристины Игоревны составили настоящий акт в том, что научно-исследовательская работа на тему: «Модернизация оросительных систем с разработкой, проектированием и внедрением новых технологий и создания отечественных технических средств в мелиорации на базе Энгельсского филиала ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» выполнена в полном объеме в течение 2014-2017 гг.

По данной тематике выполнены следующие мероприятия:

- проведен анализ состояния оросительных систем Энгельсского филиала ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз»;
- разработаны проекты реконструкции орошаемых участков, расположенных на землях УНПО «Поволжье» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ и ООО «Наше дело» с внедрением новых технологий и создания отечественных технических средств в мелиорации;

- теоретически обоснована и разработана усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности с угнетением пней, образуемых после срезания кустарника и мелкоколосья;

- разработаны и внедрены 2 устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни. Эффективность внедрения обеспечивается улучшением биологического воздействия смеси на пни, сокращения её расхода, а также снижения загрязнения окружающей среды химическими препаратами;

- проведены экспериментальные исследования усовершенствованной технологии очистки каналов от растительности с проведением операций по локальному угнетению пней, остающихся после срезания кустарника и мелкоколосья;

- внедрение научных разработок позволило сократить полные энергозатраты по операциям очистки канала от древесно-кустарниковой растительности и пней на 41%. Экономия энергозатрат при выполнении операций очистки канала от древесно-кустарниковой растительности и пней была получена в размере 32314 МДж/га, что в денежном выражении составило 43961 руб./га;

- теоретически обоснована и разработана усовершенствованная дождевальная машина «Фрегат» с дополнительным трубопроводом, позволяющая проводить полив в режимах при низких давлениях;

- проведены экспериментальные исследования ДМ «Фрегат», которые позволили определить и сравнить рабочие характеристики серийной и усовершенствованной ДМ;

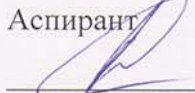
- внедрение усовершенствованной ДМ «Фрегат» с дополнительным трубопроводом на привод ходового оборудования обеспечило: проведение полива при рабочем давлении воды на входе в машину 0,3 - 0,7 МПа, при этом поливная норма машины равняется 200 - 900 м³/га; возможность работы ДМ при сниженных давлениях с экономией энергоресурсов до 36 %; повышение надежности работы закрытой оросительной сети; годовой экономический эффект 83,7 тыс. руб. на одну машину;

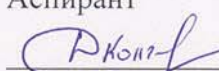
- разработаны и внедрены на базе оросительных систем Энгельсского филиала ФГБУ «Управление «Саратовмелиоводхоз» 3 дождевальных машины Кубань-ЛК1М (КАСКАД) с использованием отечественных комплектующих (две машины в ООО «Наше дело» и одна в УНПО «Поволжье»). Эффективность внедрения обеспечивается повышением равномерности полива, мелкодисперсного дождевания, использования системы дистанционного мониторинга и управления, возможности работы на низких напорах и регулирования поливной нормы и др. Срок окупаемости разработок – в течение 2-3-х поливных сезонов (при использовании на с/х культурах – соя, кукуруза).


Научный руководитель
и ответственный исполнитель,
д-р техн. наук, доцент


Соловьев Д.А.

Исполнители:

Аспирант

/Анисимов С.А./

Аспирант

/Колганов Д.А./

Аспирант

/Кириченко А.В./

Директор Энгельсского филиала
ФГБУ «Управление
«Саратовмелиоводхоз»


Чуркина К.И.



СОГЛАСОВАНО:

проректор по НИР
ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ

И.Л. Воротников

« 4 » *Сентябрь* 2017 г.

**УТВЕРЖДАЮ:**

Директор ООО «Наше Дело»

С.В. Ботов

«Наше Дело» 2017 г.

**АКТ**

**о внедрении законченной научно-исследовательской
и опытно-конструкторской работы**

Мы, ниже подписавшиеся, представители ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» в лице проректора по НИР Воротникова Игоря Леонидовича, научного руководителя НИР, декана факультета инженерии и природообустройства Соловьева Дмитрия Александровича и представители ООО «Наше Дело» в лице директора Ботова Сергея Васильевича, главного гидротехника Мещенкова Василия Николаевича, составили настоящий акт в том, что результаты научно-исследовательской работы по темам:

- «Комплексное исследование и совершенствование дождевальных машин «Фрегат» с целью обеспечения работы в режимах при низких напорах, а также совершенствования технологий и технических средств водоподдачи на орошаемые поля»;

- «Разработка проекта участка орошения и внедрение 2-х электрифицированных дождевальных машин кругового действия «Кубань-ЛК1М» (КАСКАД) с использованием отечественных технологий и комплектующих»;

выполненных ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ в 2015-2016 гг. внедрены на орошаемых землях в ООО «Наше Дело» (с. Ленинское Энгельсского района Саратовской области, Гагаринская оросительная система Энгельсского филиала ФГБУ «Управление Саратовмелиоводхоз») путем непосредственного использования результатов НИР.

В результате проведения НИР по данным темам были выполнены следующие работы:

- проведен анализ состояния водоподдачи на орошаемые земли ООО «Наше дело», литературный и патентный поиск с учетом совершенствования эксплуатируемых дождевальных машин и разработки новых, работающих на низконапорных режимах;

- разработана гидравлическая модель расчета нормы и сроков полива ДМ «Фрегат» при снижении давления ниже паспортной величины, а также конструкция технического решения ДМ «Фрегат», обеспечивающее требуемые нормы и сроки поливов при низких напорах;

- проведены производственные исследования разработанной конструкции ДМ «Фрегат», обеспечивающей требуемые нормы и сроки полива при низких напорах;

- произведена разработка, изготовление, шеф-монтаж и пусконаладка 2-х дождевальных машин кругового действия ЭДМ «Кубань-ЛК1М» (КАСКАД);

- проведены полевые экспериментальные исследования показателей качества полива разработанных машин на различных нормах полива с целью оценки всех характеристик машин, а также их работы в соответствии с методикой СТО АИСТ 11.1-2010;

- проведен литературный и патентный поиск, разработана конструкторская документация, проведен расчет основных элементов и узлов технических средств для угнетения пней при очистке оросительных каналов от кустарника и мелкокося;

- изготовлены опытные образцы технических средств для угнетения пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности на каналах, разработана программа и методика производственных испытаний, а также рекомендации (инструкции) по эффективной эксплуатации технических средств при проведении операций по угнетению пней;

- проведены полевые экспериментальные испытания опытных образцов технических средств для угнетения пней (устройство для локального внесения арборицидной смеси ЛВА-1 и устройство инъекционного типа) в производ-

ственных условиях при выполнении операций по очистке оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности с использованием стандартных и оригинальных методик, приборов и установок, на основе действующих ГОСТ.

От ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ

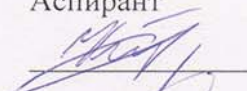
декан факультета инженерии и
природообустройства, д.т.н.

 /Соловьев Д.А. /


Аспирант

 /Колганов Д.А. /

Аспирант

 /Кириченко А.В. /

Аспирант

 /Анисимов С.А. /

От ООО «Наше дело»

Гл. гидротехник

 /Мещенков В.Н. /