

На правах рукописи

**Анисимов Сергей Александрович**

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

06.01.02 – Мелиорация, рекультивация и охрана земель

**АВТОРЕФЕРАТ**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Саратов – 2017

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова».

Научный руководитель – **Соловьев Дмитрий Александрович**  
доктор технических наук, доцент

Официальные оппоненты: **Щедрин Вячеслав Николаевич**,  
академик РАН, доктор технических наук, профессор, ФГБНУ «Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации», директор

**Абдулмажидов Хамзат Арсланбекович**,  
кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К.А. Тимирязева», кафедра «Машины и оборудование природообустройства и защиты в чрезвычайных ситуациях», доцент

Ведущая организация – ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова»

Защита диссертации состоится 21 декабря 2017 г. в 13.00 на заседании диссертационного совета Д 220.061.06 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова» по адресу: 410056, г. Саратов, ул. Советская, д. 60, ауд. 325 им. А.В. Дружкина.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ» и на сайте [www.sgau.ru](http://www.sgau.ru).

Отзывы на автореферат просим высылать по адресу: 410012, г. Саратов, Театральная пл., 1, E-mail: [dissovet01@sgau.ru](mailto:dissovet01@sgau.ru).

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Маштаков Дмитрий Анатольевич

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**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 мелкокося.

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 мелкокося;

– 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 (Энгельский 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 мелкокося. 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 отече-

ственных 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 мелкокося;
- 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.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во «Введении»** обозначена актуальность работы; сформулированы цель и задачи исследования, методология и методы исследований, научная новизна и положения, выносимые на защиту; отражены теоретическая и практическая значимость работы, степень достоверности и апробация результатов.

**В первой главе** «Состояние проблемы. Цель и задачи исследования» проведен анализ состояния оросительных систем Саратовской области. Отмечено, 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 растительности. Проанализированы существующие технологии очистки каналов от древесно-кустарниковой растительности, отмечены их преимущества и недостатки. Рассмотрены известные способы удаления пней на оросительных каналах. Приведена классификация машин для удаления и угнетения пней после срезания растительности.

Установлено, что актуальной задачей исследований является совершенствование существующих технологий очистки оросительных каналов, а также разработка эффективных технических средств для угнетения пней, остающихся после срезания древесно-кустарниковой растительности.

**Во второй главе** «Теоретическое обоснование усовершенствованной технологии очистки оросительных каналов и конструкций устройств для локального внесения арборицидной смеси на пни» разработаны: усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности с угнетением пней, образуемых после срезания кустарника и мелкокося; конструктивно-технологическая схема устройства для локального внесения арборицидной смеси с теоретическим обоснованием его основных параметров; устройство инъекционно-го типа для локального угнетения пней.

### Усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности с угнетением пней, образуемых после срезания кустарника и мелкокося

Отличительной особенностью усовершенствованной технологии (рисунок 1) является то, что после проведения операций срезания древесно-кустарниковой растительности и сбора её в кучи проводятся 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 инжекторы для локального внесения арборицида.

Кроме того, на следующий год, в начале поливного сезона производится контроль качества угнетения древесно-кустарниковой растительности и при необходимости выполняются параллельные операции доинъектирования пней на бермах и откосах канала с помощью инжекторов.

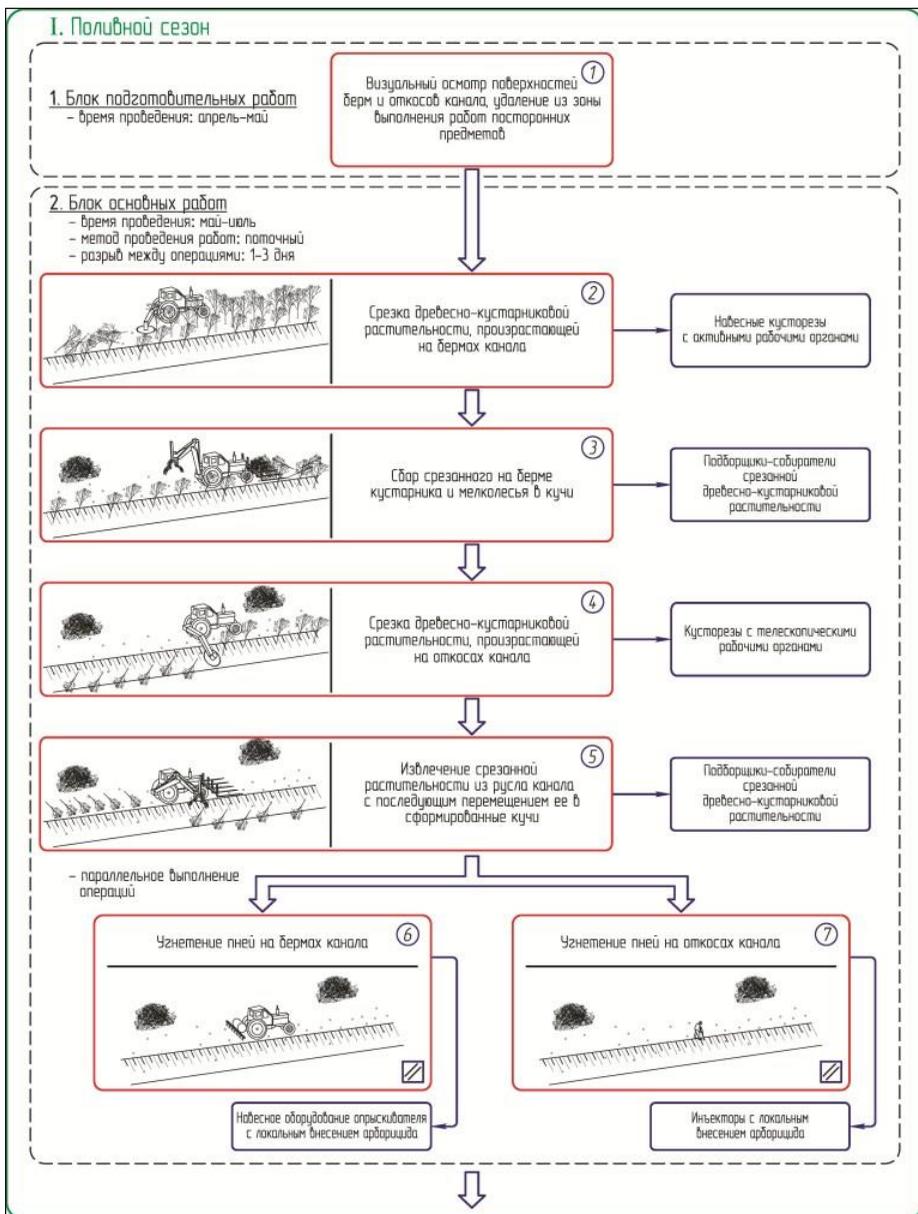


Рисунок 1 – Усовершенствованная технология очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности

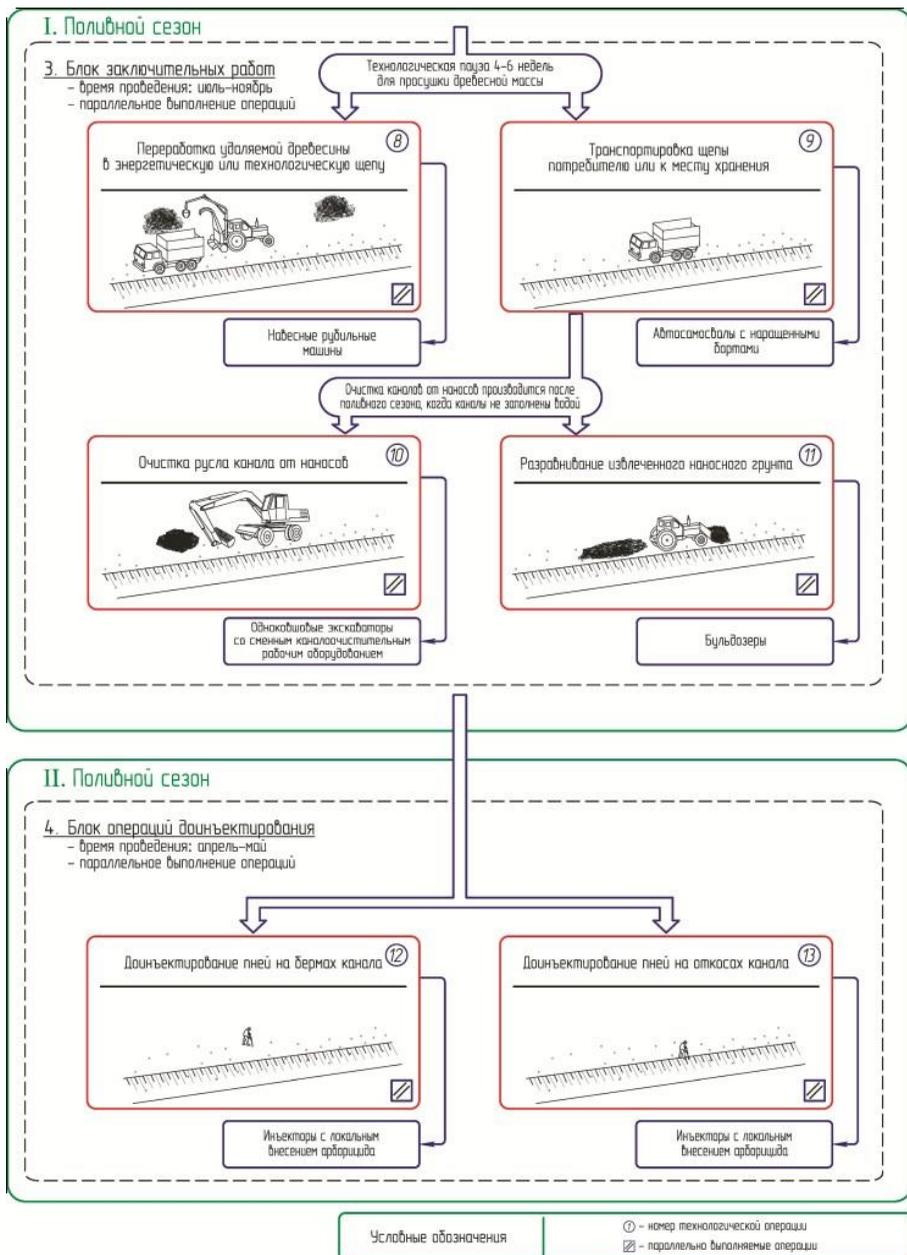


Рисунок 1 – (продолжение)

Конструктивно-технологическая схема устройства  
для локального внесения арборицидной смеси

В усовершенствованной технологии очистки оросительных каналов для проведения операции угнетения пней на бермах канала наиболее эффективной является конструкция устройства для локального внесения арборицидной смеси, сочетающая в себе механическое повреждение пня разрыхляющим рабочим органом с одновременным локальным внесением химического препарата на его поверхность. Данное сочетание позволяет более эффективно и экологически безопасно использовать химический препарат, снижая его расход благодаря улучшению впитываемости.

Устройство для локального внесения арборицидной смеси (рисунок 2) 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.

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.

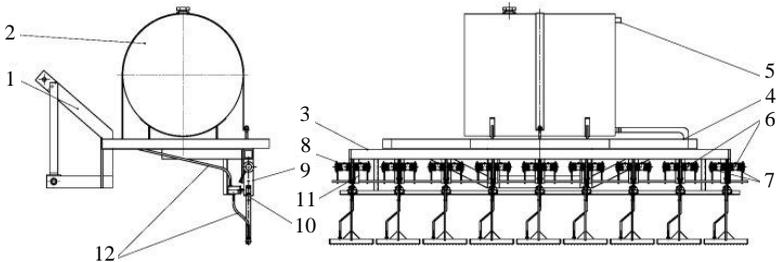


Рисунок 2 – Устройство для локального внесения арборицидной смеси:

- 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

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 3.

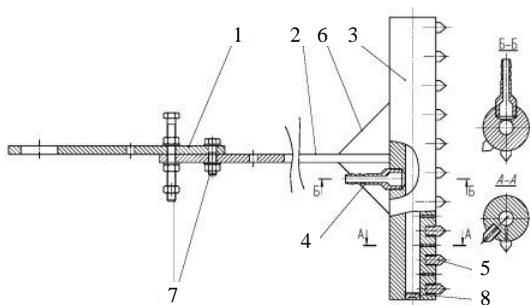


Рисунок 3 – Рабочий орган устройства:

1 – рукоять; 2 – штанга; 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 рукояти 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 штанге 2 приварен разрыхляющий элемент 3, который осуществляет одновременную подачу арборицида и нарушение (разрыхление) поверхности пня.

Для придания жесткости конструкции к рукояти 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 агрегируется вместе с опрыскивателем и навешивается на заднюю навеску трактора. Возможно осуществление как сплошной обработки пней (при большой пнистости), так и локальной (при малой пнистости).

При локальной обработке арборицидная смесь вносится непосредственно на поверхность каждого пня, благодаря чему снижается загрязнение окружающей среды химическими препаратами. Кроме того, за счет нанесения механических повреждений пням в процессе обработки предлагаемое устройство повышает эффективность биологического воздействия химических препаратов вследствие улучшения впитываемости смеси, а также позволяет сократить её расход.

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

Объектом исследования устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни принят процесс взаимодействия рабочего органа с поверхностью пня с учетом следующих технологических и конструктивных параметров, влияющих на качество работы: ширина захвата, расстояние между разрыхляющими элементами, число разрыхляющих элементов, длина и диаметр разрыхляю-

шего элемента, количество выходных отверстий и число зубьев на разрыхляющем элементе, расход жидкости.

Ширина захвата  $b_3$  устройства (рисунок 4) определяется по формуле:

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

где  $l_{po}$  – длина одного разрыхляющего элемента, м;  $z$  – число разрыхляющих элементов, шт.;  $S$  – расстояние между разрыхляющими элементами, м.

Как видно из рисунка 4 для эффективной работы устройства необходимо выполнение условия:

$$S < d_{ср.пня}, \quad (2)$$

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

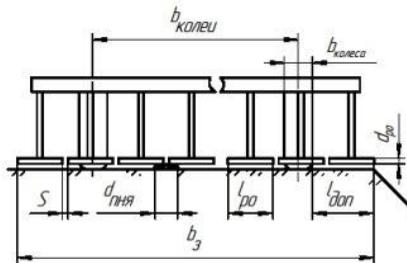


Рисунок 4 – Схема для определения основных параметров устройства для локального внесения арборицидной смеси

Число  $z$  и длина  $l_{po}$  разрыхляющих элементов определяется по системе уравнений:

$$\begin{cases} z = \frac{(b_{колеи} + b_{колеса} + 2 \cdot l_{дон}) + S}{l_{po} + S} \\ l_{po} = \frac{(b_{колеи} + b_{колеса} + 2 \cdot l_{дон}) - (z-1) \cdot S}{z} \end{cases}, \quad (3)$$

где  $b_{колеи}$  – ширина колеи базовой машины, м;  $b_{колеса}$  – ширина колеса, м;  $l_{дон}$  – минимально допустимое расстояние хода трактора до бровки канала, м.

С учетом длины разрыхляющего элемента  $l_{po}$  и его конструкции были определены количество зубьев, их расположение и геометрическая форма, количество выходных отверстий, их диаметр и расположение.

Из рисунка 5 видно, что при взаимодействии с пнем расположение зубьев разрыхляющего элемента должно быть в 2 ряда. Первый ряд должен располагаться перпендикулярно внутреннему полуму отверстию, а второй ряд находиться под углом  $\beta$  к первому. Угол расположения рядов зубьев  $\beta$ , а также угол заострения самих зубьев  $\gamma$  были определены экспериментальным путем.

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 расположение зубьев принято в шахматном порядке с шагом между зубьями одного ряда  $t_3$ . При этом второй ряд зубьев располагается посередине между зубьями первого ряда.

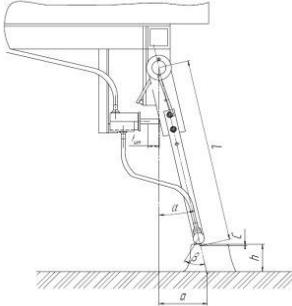


Рисунок 5 – Схема работы устройства

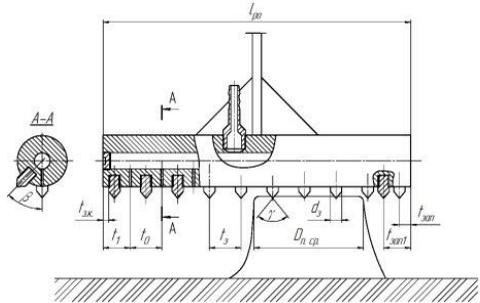


Рисунок 6 – Схема для определения основных параметров разрыхляющего элемента

Так как зубья в обоих рядах находятся на расстоянии  $t_3 / 2$  друг от друга (рисунок 6) и это расстояние должно быть меньше среднего диаметра пней на берме канала, то шаг между зубьями  $t_3$  можно определить из неравенства:

$$\frac{t_3}{2} < d_{\text{ср.пня}}, \quad (4)$$

Число зубьев первого ряда  $n_{3,1}$  определяется по формуле:

$$n_{3,1} = \frac{l_{po} - 2 \cdot \left( \frac{d_3}{2} + t_{3,к} \right)}{t_3} + 1, \quad (5)$$

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

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

Число зубьев второго ряда  $n_{3,2}$  определяется по формуле:

$$n_{3,2} = \frac{l_{po} - 2 \cdot \left( \frac{d_3}{2} + t_{3,к} + \frac{t_3}{2} \right)}{t_3} + 1. \quad (6)$$

Общее количество зубьев на одном разрыхляющем элементе  $n_3$  находится по формуле:

$$n_3 = n_{31} + n_{32}. \quad (7)$$

Отверстия, через которые арборицидная смесь будет поступать на пни, расположены в один ряд, посередине между зубьями первого ряда разрыхляющего элемента. Шаг расстановки отверстий  $t_o$  выбран таким же, как и для шага зубьев  $t_3$ .

Количество выходных отверстий  $n_o$  одного разрыхляющего элемента определяется по формуле:

$$n_o = \frac{l_{po} - d_3 - 2 \cdot l_{3.к} - t_3}{t_o} + 1. \quad (8)$$

Общее количество отверстий  $N_{оме}$  на всех разрыхляющих элементах устройства находится по формуле:

$$N_{оме} = n_o \cdot z \quad (9)$$

При встрече с пнем рабочий орган начинает его разрыхлять и отклоняется на угол  $\alpha$  (рисунок 5). Этот угол зависит от высоты пня и длины рабочего органа. Чем больше высота пня, тем на больший угол произойдет отклонение рабочего органа.

Глубина разрыхления пня  $C$  рабочим органом определяется по формуле:

$$C = h - \left( \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} - L \right) \cdot \cos \alpha, \quad (10)$$

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, м;  $h$  – высота пня, м.

Расход жидкости через одно выходное отверстие разрыхляющего элемента определяется по формуле:

$$Q_o = 0,015 \cdot \pi \cdot d_o^2 \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (11)$$

где  $d_o$  – диаметр одного выходного отверстия разрыхляющего элемента, мм<sup>2</sup>; 0,015 – коэффициент размерности;  $\mu$  – коэффициент расхода,  $\mu = 0,2$ ;  $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup>;  $H$  – напор при входе жидкости в выходное отверстие разрыхляющего элемента, м. вод ст.

Расход рабочей жидкости разрыхляющим элементом  $Q_{po}$  рассчитывается по формуле:

$$Q_{po} = 0,015 \cdot \pi \cdot d_o^2 \cdot \mu \cdot n_o \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H}, \quad (12)$$

где  $n_o$  – количество выходных отверстий на разрыхляющем элементе, шт.

Расход рабочей жидкости устройством через все выходные отверстия всех разрыхляющих элементов  $Q_y$  определяется по формуле:

$$Q_y = 0,015 \cdot \pi \cdot d_o^2 \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \cdot \left( \frac{l_{po} - d_3 - 2 \cdot t_{3,к} - t_3}{t_o} + 1 \right) \cdot z \cdot \quad (13)$$

Расход рабочей жидкости устройством  $Q$ , л/мин, при обработке бермы канала определяется по формуле:

$$Q = 0,015 \cdot \pi \cdot d_o^2 \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \cdot \left( \frac{l_{po} - d_3 - 2 \cdot l_{3,к} - t_3}{t_o} + 1 \right) \cdot z \cdot K_{po}, \quad (14)$$

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

Норма расхода рабочей жидкости  $Q_n$ , л/га, устройством составит:

$$Q_n = \frac{9 \cdot \pi \cdot d_o^2 \cdot \mu \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot H} \cdot \left( \frac{l_{po} - d_3 - 2 \cdot l_{3,к} - t_3}{t_o} + 1 \right) \cdot z \cdot K_{po}}{b_3 \cdot v} \quad (15)$$

Эксплуатационная производительность  $\Pi_y$ , га/ч, определяется по формуле:

$$\Pi_y = 0,1 \cdot b_3 \cdot v_p \cdot K_3, \quad (16)$$

где  $K_3$  – коэффициент перехода от технической к эксплуатационной производительности,  $v_p$  – рабочая скорость движения устройства, км/ч.

Сменная производительность  $\Pi_{см}$  определяется по формуле:

$$\Pi_{см} = 0,1 \cdot b_3 \cdot v_p \cdot T_{см} \cdot K_3 \cdot K_{см}, \quad (17)$$

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

### Конструктивно-технологическая схема

#### устройства инъекционного типа для локального угнетения пней

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

Инжектор (рисунок 8) 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.

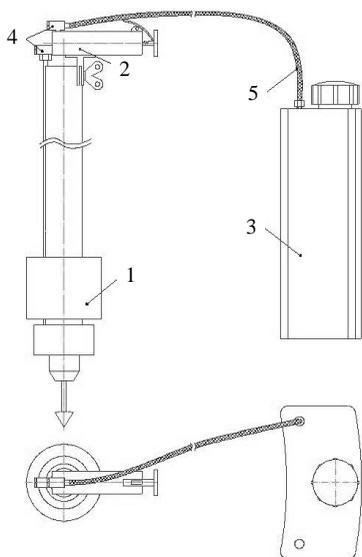


Рисунок 7 – Рабочее оборудование для локального инъецирования пней:

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

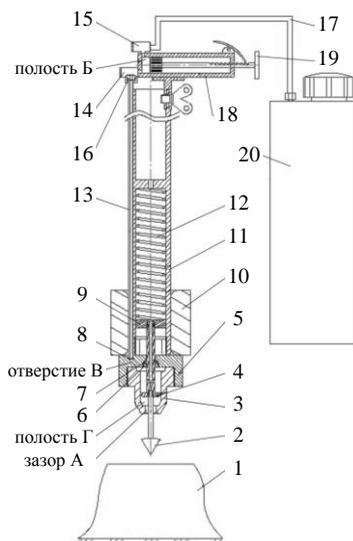


Рисунок 8 – Конструкция устройства инъекционного типа для локального угнетения пней:

- 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

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 винчены 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.

Для эффективной работы иньектора необходимо обосновать требуемый угол заострения наконечника рабочего органа, а также массу падающего груза. Для этой цели проведены экспериментальные исследования.

**В третьей главе** «Программа и методика проведения экспериментальных исследований» приводятся программы и методики: полевых исследований по определению степени зарастания каналов и видового состава древесно-кустарниковой растительности, определению размерных характеристик пней, оставшихся после

срезания древесно-кустарниковой растительности (диаметр и высота пней), характера расположения пней вдоль каналов и коэффициента пнистости, определению необходимых значений концентрации и объема арборицидной смеси, вносимой на пни; лабораторных исследований по определению влияния геометрических параметров зубьев разрыхляющего элемента устройства для локального внесения арборицидной смеси на впитываемость смеси с учетом породы исследуемых образцов и их влажности; определению геометрических параметров рабочего органа устройства инъекционного типа для локального угнетения пней; полевых испытаний устройства для локального внесения арборицидной смеси и устройства инъекционного типа для локального угнетения пней. Экспериментальные исследования осуществлялись с использованием стандартных и оригинальных методик, приборов и установок, на основе действующих ГОСТ.

Лабораторные исследования проводились в специализированной лаборатории кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины», а также в УНПК «Агроцентр» ФГБОУ ВО Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова. Полевые испытания проводились на оросительных каналах Энгельсской оросительной системы Саратовской области. Полученные результаты экспериментальных исследований обрабатывались с применением информационных технологий.

**В четвертой главе** «Результаты экспериментальных исследований» представлены результаты проведенных экспериментальных исследований и полевых испытаний.

#### Результаты полевых исследований

##### зарастания каналов древесно-кустарниковой растительностью

Согласно результатам исследований 2013 и 2014 гг. по численности, встречаемости и густоте стояния преобладающими видами древесно-кустарниковой растительности на каналах являются лох узколистный, 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 пней за исследуемые годы составил 125 мм.

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

##### Результаты полевых исследований по определению концентрации и объема арборицидной смеси, вносимой на пни

По результатам исследований 2013 и 2014 гг. была определена необходимая концентрация арборицидной смеси для угнетения пней, оставшихся после срезания древесно-кустарниковой растительности, на опытных участках Энгельсской оросительной системы Саратовской области, которая составила 35-40 % (рисунок 9, 10).

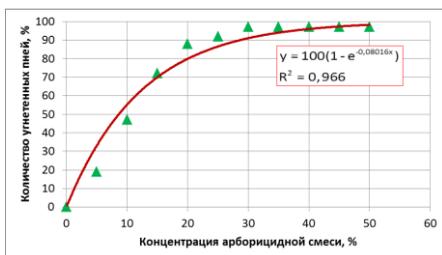


Рисунок 9 – Зависимость количества угнетенных пней от концентрации арборицидной смеси (2013 г.)

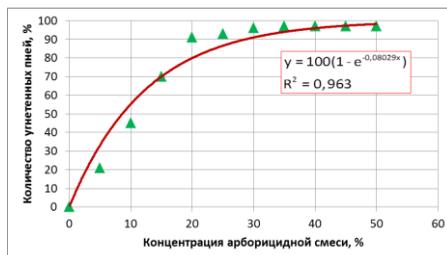


Рисунок 10 – Зависимость количества угнетенных пней от концентрации арборицидной смеси (2014 г.)

По результатам исследований 2013 и 2014 гг. был определен необходимый объем арборицидной смеси для угнетения пней на опытных участках Энгельсской оросительной системы Саратовской области, который составил 12-14 мл на поверхность одного пня (рисунок 11, 12). При этом средняя норма расхода арборицидной смеси для данных участков составила 397,7 л/га.

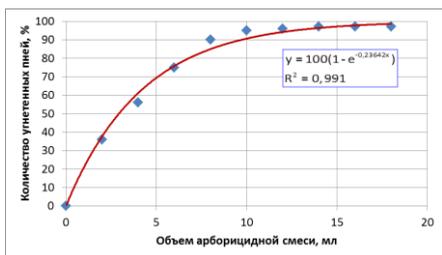


Рисунок 11 – Зависимость количества угнетенных пней от объема арборицидной смеси (2013 г.)

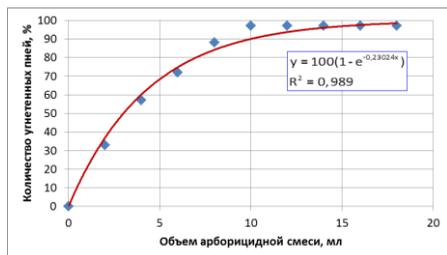


Рисунок 12 – Зависимость количества угнетенных пней от объема арборицидной смеси (2014 г.)

Результаты лабораторных исследований по определению влияния геометрических параметров зубьев разрыхляющего элемента устройства для локального внесения арборицидной смеси на впитываемость

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. Согласно графику, представленному на рисунке 13, наиболее приемлемым периодом обработки пней арборицидной смесью является 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.

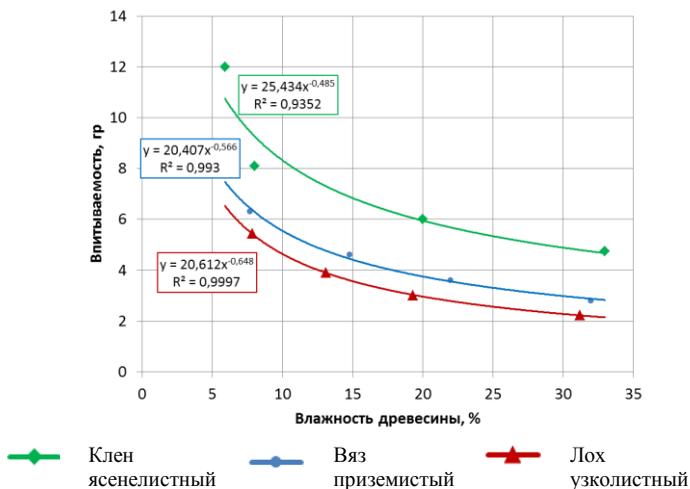


Рисунок 13 – Зависимость впитываемости арборицидной смеси образцами древесины от влажности

По результатам лабораторных исследований была установлена зависимость между впитываемостью арборицидной смеси образцами древесины различных пород и углом заострения зубьев разрыхляющих элементов (рисунок 14).

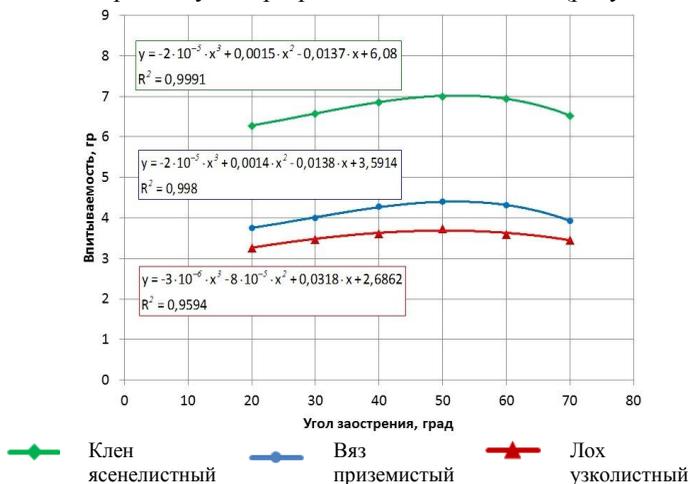


Рисунок 14 – Зависимость впитываемости арборицидной смеси образцами древесины от угла заострения зубьев разрыхляющих элементов

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

По результатам лабораторных исследований была установлена зависимость между впитываемостью арборицидной смеси образцами древесины различных пород и шагом зубьев разрыхляющих элементов. Из рисунка 15 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 разрыхляющих элементов стружкой, что в свою очередь исключает возможность дальнейшего механического воздействия зубьями на образцы, в результате чего впитываемость смеси значительно снижается.

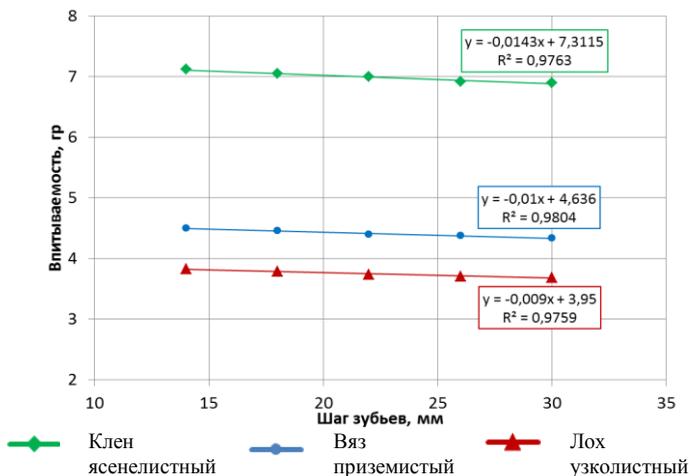


Рисунок 15 – Зависимость впитываемости арборицидной смеси образцами древесины различных пород от шага зубьев разрыхляющих элементов

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

Результаты лабораторных исследований по определению влияния геометрических параметров рабочего органа устройства инъекционного типа на объем получаемой лунки в теле пня

По результатам лабораторных исследований была установлена зависимость между объемом образуемой в теле пня лунки и углом заострения наконечника (рисунок 16). Объем образуемой лунки зависит от плотности породы исследуемой древесины. Поэтому выбор оптимального угла заострения произведен для образца породы древесины с наибольшей плотностью – клена ясенелистного, средняя плотность которого составляет  $690 \text{ кг/м}^3$ . Целесообразно угол заострения принимать равным  $55 \dots 60^\circ$ , 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. Достаточная масса падающего груза составила  $3,7 \text{ кг}$ .

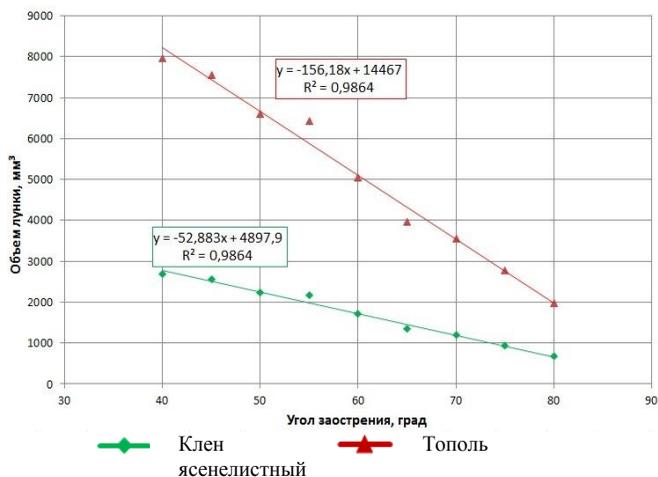


Рисунок 16 – Зависимость объема образуемой в теле пня лунки от угла заострения наконечника

Результаты полевых испытаний устройств для локального внесения арборицидной смеси на пни

В ходе проведенных полевых испытаний устройства для локального внесения арборицидной смеси на пни в 2014 и 2015 гг. были определены зависимости количества угнетенных пней от скорости движения трактора с данным устройством (рисунок 17). Наиболее приемлемый диапазон рабочей скорости трактора составляет 1-2 км/ч.

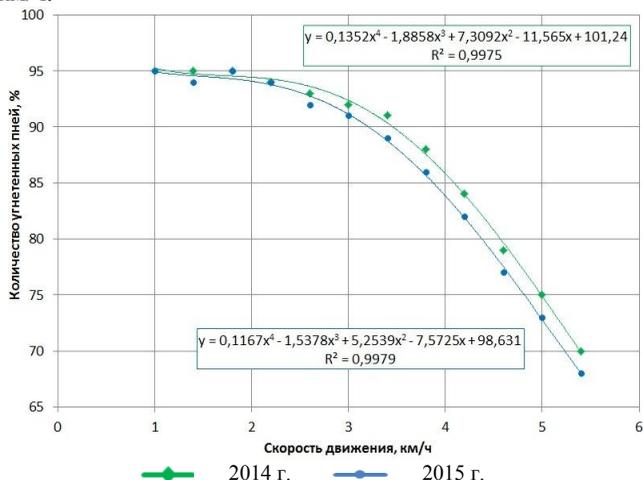


Рисунок 17 – Зависимость количества угнетенных пней от скорости движения трактора с устройством для локального внесения арборицидной смеси

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 %.

При проведении операции срезания древесно-кустарниковой растительности кусторезами по усовершенствованной технологии (см. рисунок 1) 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.

**В пятой главе** «Экономическая эффективность результатов исследований» приведена методика и результаты экономико-энергетической оценки эффективности усовершенствованной технологии очистки оросительных каналов от древесно-кустарниковой растительности с угнетением пней, остающихся после срезания кустарника и мелкоколосья (таблица 1). Энергетическая оценка усовершенствованной технологии производилась в сравнении с традиционной технологией очистки каналов.

Таблица 1 – Экономико-энергетическая оценка эффективности усовершенствованной технологии очистки оросительных каналов

Наименование мероприятия	Энергозатраты, МДж/га		Коэффициенты эффективности энергозатрат, К <sub>э</sub>	Показатели интенсификации, И <sub>э</sub> , %	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

## 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 мелкоколосья.

Полевые исследования зарастания оросительных каналов показали, что наиболее распространенными видами древесно-кустарниковой растительности на них являются лох узколистный, вяз приземистый и клен ясенелистный.

Средняя густота стояния всех видов кустарника и мелкокося 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 мелкокося.

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 мелкокося. 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 Энгельской 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 РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

#### **В рецензируемых научных изданиях**

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

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

3. Анисимов, С. А. Полевые исследования машин для очистки мелиоративных каналов и водоемов противопожарного назначения от древесно-кустарниковой

растительности [статья] / Ф. К. Абдразаков, Д. А. Соловьев, Д. Г. Горюнов, С. А. Анисимов // Аграрный научный журнал. – 2014. – № 12. – С. 51-55.

#### **В сборниках научно-практических конференций**

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

5. Анисимов, С. А. Конструктивно-технологическая схема устройства для угнетения пней на оросительных каналах [статья] / С. А. Анисимов, Д. Г. Горюнов, Д. А. Соловьев // Сельскохозяйственные науки: от вопросов к решениям : Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. – Томск, 2016. №1 – С. 10-15.

6. Анисимов, С. А. Устройство инъекционного типа для локального угнетения пней на бермах и откосах оросительных каналов [статья] / С. А. Анисимов, Д. Г. Горюнов, Д. А. Соловьев // Сельскохозяйственные науки: от вопросов к решениям : Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. – Томск, 2016. №1 – С. 15-20.

7. Анисимов, С. А. Состояние оросительных каналов и пути повышения качества их содержания на примере Саратовской области [статья] / 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.

8. Анисимов, С. А. Конструкция ручного иньектора для угнетения пней на оросительных каналах и водоемах противопожарного назначения [статья] / Д. А. Соловьев, Д. Г. Горюнов, С. А. Анисимов, Д. Н. Ермаков // Техногенная и природная безопасность : Материалы IV Всероссийской научно-практической конференции – Саратов, 2017 – С. 111-113.

---

Подписано в печать ...10.17. Формат 60×84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офсетная. Гарнитура Times.

Печ. л. 1,0. Тираж 100. Заказ № 495/456.

---