

На правах рукописи

Бидеева Ирина Ханджериевна

**РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ ОТВОДКОВ ОТ
МАТОЧНЫХ КУСТОВ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ**

Специальность 05.20.01 – технологии и средства
механизации сельского хозяйства (по техническим наукам)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Ставрополь 2011

Работа выполнена в ФГБОУ ВПО
«Горский государственный аграрный университет»

Научный руководитель:

Кудзаев Анатолий Бештауович
доктор технических наук, профессор

Официальные оппоненты:

Бычков Валерий Васильевич
доктор технических наук, профессор

Балкаров Руслан Асланбиевич
доктор технических наук, профессор

Ведущая организация:

Кабардино-Балкарский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства

Защита диссертации состоится «__» _____ 2011г. в __ часов на заседании объединенного диссертационного совета ДМ 220.062.05 в ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет» по адресу: 355017, г. Ставрополь, пер. Зоотехнический, 12.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО «Ставропольский государственный аграрный университет», с авторефератом – на официальном сайте университета: <http://www.stgau.ru> и ВАК Минобрнауки РФ: <http://vak.ed.dov.ru>

Автореферат разослан «__» _____ 2011 г.

Ученый секретарь объединенного
диссертационного совета
кандидат технических наук,
доцент

В.И. Марченко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Для обеспечения населения качественными плодами и ягодами принята программа «Развитие садоводства и питомниководства в Российской Федерации на 2012 – 2014 годы с продолжением мероприятий до 2020 года», разработанная на базе «Концепции и стратегии развития садоводства России на период до 2020 года». Достижение целей программы связано со значительным увеличением объемов производства качественного посадочного материала, что требует модернизации существующих и создания новых более эффективных образцов техники.

Одной из трудоемких операций из числа применяемых при возделывании посадочного материала является отделение отводков от маточных кустов. Для ее выполнения созданы средства частичной механизации и несколько типов машин, но они имеют ряд недостатков, которые снижают производительность рабочего процесса отделения, увеличивают число повреждений поверхностей маточных пней и т.д. Ввиду этого на практике операция отъема отводков чаще всего проводится вручную при помощи режущего инструмента.

В связи с изложенным актуальной задачей является поиск новых конструкторских и технологических решений, позволяющих создать устройство для отделения отводков от маточных кустов с лучшими эксплуатационно-технологическими параметрами.

Работа выполнялась в течение 2006...2010 годов в соответствии с планом научно-исследовательских работ Горского ГАУ, согласно темы «Разработка и совершенствование технологий и средств механизации и автоматизации для отраслей АПК горной и предгорной зон РСО-Алания» (№ гос. рег. 01.2.00708201).

Целью работы является разработка устройства для качественного отделения отводков от маточных кустов плодовых деревьев.

Объекты исследования – маточные кусты; технологический процесс отделения отводков; параметры и режимы работы устройства для его осуществления.

Предмет исследования – взаимозависимости конструктивно-технологических и эксплуатационных параметров устройства для отделения отводков от маточных кустов и закономерности его рабочего процесса.

Методы исследования. В ходе выполнения теоретических работ использовались положения теоретической механики, теории механизмов и машин, теории сельскохозяйственных машин.

При проведении экспериментальных исследований применялись теория математического планирования эксперимента, тензометрирование, методы математической статистики и теории вероятностей.

Место исследования. Лабораторные исследования проводились на кафедре «Тракторы и сельскохозяйственные машины» ГГАУ, полевые – в плодopитомниках Северо-Кавказского НИИ горного и предгорного сельского хозяйства (СКНИГПСХ) и Горского ГАУ.

Научная новизна исследования состоит в обосновании способа отделения отводков от маточных кустов и рациональной конструктивно-технологической схеме устройства для его осуществления; разработке аналитических зависимостей для определения рациональных значений основных параметров предложенного устрой-

ства; экспериментально установленной зависимости потребной мощности предложенного устройства от его параметров и уточнении их значений; получении зависимости интенсивности износа зубьев пильного полотна, заполняемости межзубного пространства почвой и изучения качества среза отводков от наработки полотна.

Техническая новизна предложенного способа отделения отводков подтверждена патентом РФ на изобретение №2321987 от 20.04.2008 г.

Практическую значимость представляют предложенный способ отделения отводков от маточных пней и устройство для его осуществления.

Реализация результатов исследования. Результаты исследования реализованы в устройстве для отъема отводков, прошедшем проверку в производственных условиях в 2006...2010 гг. Результаты исследования приняты к внедрению МСХ РСО-Алания, научно-производственным предприятием «Наука», Северо-Кавказским НИИ горного и предгорного сельского хозяйства и используются в учебном процессе Горского ГАУ.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались: на ежегодных научно-практических конференциях Горского ГАУ и Северо-Кавказского НИИ горного и предгорного сельского хозяйства 2005...2011 годов; на Региональной научно-практической конференции «Аграрная наука производству» (Владикавказ, 2009); на Всероссийской научно-практической конференции «Аграрная наука в XXI веке: проблемы и перспективы» (Саратов, 2009).

Положения, выносимые на защиту:

- способ отделения отводков от маточных кустов и рациональная конструктивно-технологическая схема устройства для его осуществления;
- результаты исследования основных размерных показателей маточных кустов и отводков, а также их размещение в рядах питомника;
- аналитические зависимости по определению рациональных значений основных параметров режущей части и привода устройства, подачи материала и мощности необходимой для привода устройства;
- результаты экспериментального исследования процесса отделения отводков, позволившие уточнить значения основных его параметров.

Публикация результатов исследования. Основные положения диссертационной работы изложены в 18 печатных работах, общим объемом 5,4 п.л., в том числе, четыре статьи в журналах, рекомендованных ВАКом.

Структура и объем работы. Диссертация изложена на 153 страницах и содержит 21 таблицу, 50 рисунков и состоит из введения, 5 глав и основных выводов и рекомендаций производству, списка использованной литературы из 115 наименований, в числе которых 11 иностранных источников, 11 приложений.

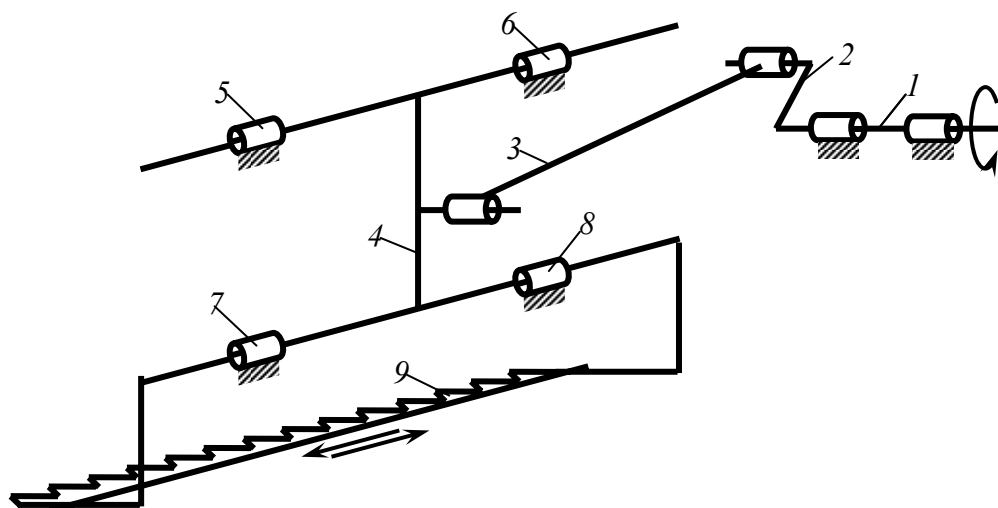
СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель и задачи, приведены сведения о научной новизне, практической значимости, объектах, методах, достоверности, реализации результатов исследований, а также положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Состояние вопроса механизации отделения отводков от маточных кустов. Обоснование объекта, цель и задачи исследования» приведен анализ способов отделения отводков от маточных кустов и применяемых технических средств.

Большой вклад в создание технических средств для отъема отводков от маточных кустов внесли Ю.А. Утков, А.А. Цымбал, В.В. Бычков, С.Г. Фрышев, С.Б. Торнопольский, С.И. Аникин, Ю.Я. Сычев и др. Наиболее высокопроизводительными являются машины МОО-1 конструкции ГНУ ВСТИСП и МРП-1 конструкции НПО «Кодру». Однако при работе этих машин наблюдаются повреждения отводков и маточных пней, поверхность которых скрыта почвой, что обусловлено недостатками конструкции.

Нами были проведены априорные исследования и с учетом трендомнений специалистов определены принципы, которые желательно заложить в конструкцию устройства для отделения отводков. Так, например, для минимизации повреждения маточных пней и обеспечения высокого качества отделения отводков процесс отделения целесообразно осуществлять устройством с возвратно - поступательным движением режущих элементов. Было выдвинуто несколько схем устройства, реализующих данные принципы, после анализа которых нами предложена рациональная схема устройства (рис.1).



1 - ведущий вал; 2 - кривошип; 3 - шатун; 4 - каретка; 5,6,7,8 - направляющие;
9 - режущий элемент (полотно)

Рисунок 1 – Схема устройства для отъема отводков от маточных кустов

Сформулирована **научная гипотеза** о том, что существует определенное сочетание факторов и параметров, выполнение которых обеспечит высокое качество осуществления рабочего процесса отъема отводков маточных кустов плодовых деревьев.

В качестве **рабочей гипотезы** принято предположение о возможности использования возвратно-поступательного движения режущего элемента (полотна) для отделения отводков маточных кустов.

В соответствии с поставленной целью определены следующие **задачи исследования**:

- изучить размерные показатели маточных кустов и особенности их расположения в рядах питомников;
- теоретически проанализировать процесс отделения отводков от маточных кустов и обосновать рациональные конструктивно – технологические параметры предложенного устройства (длину и скорость подачи пилы, затраты мощности на отделение отводков и привод устройства и др.);
- экспериментально исследовать процесс отделения отводков от маточных кустов, определить зависимость износа зубьев пилы от времени работы и уточнить значения параметров, ранее определенных теоретическим путем;
- провести полевые наблюдения за работой устройства и дать технико-экономическую оценку его применения.

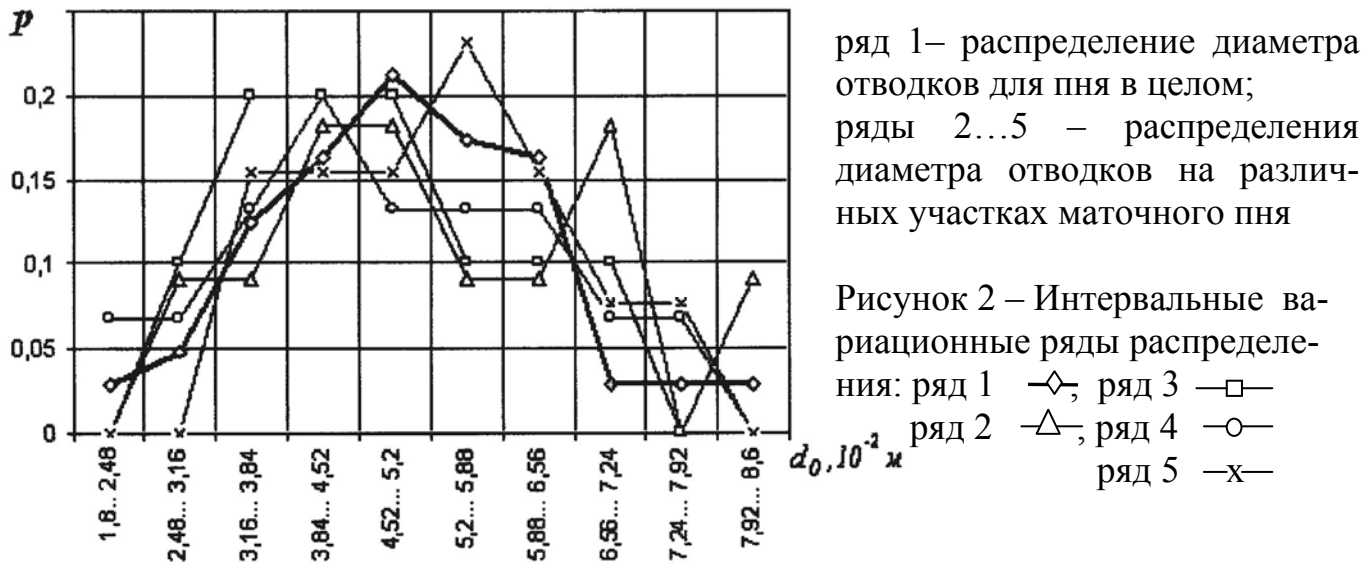
Во второй главе «Расположение маточных кустов и их размерные показатели» изучены характеристики маточных кустов, имеющие прикладное значение. Исследовались высота маточных пней различных плодовых культур, отклонения пней от оси ряда, диаметр отводков, высота отводков и корневой системы. Полученные данные обрабатывались методами математической статистики по разработанной нами программе. В ходе ее выполнения строились гистограммы распределения, рассчитывались статистические характеристики, и проверялась гипотеза о нормальном распределении исследуемого параметра по критерию согласия Пирсона.

Исследованиями отклонения маточных пней от оси ряда установлено, что для яблони среднее значение отклонения составило 0,035 м, среднеквадратичное отклонение $\bar{\sigma}=0,05$ м, максимальное значение $l_{max}=0,13$ м, минимальное $l_{min}=-0,11$ м; для айвы среднее значение отклонения составило 0,042 м, среднеквадратичное отклонение $\bar{\sigma}=0,086$ м, максимальное значение $l_{max} = 0,19$ м, минимальное $l_{min}=-0,18$ м.

На основании результатов статистической обработки данных по высоте маточных пней установлено, что для айвы среднее значение высоты составило 0,219 м, среднеквадратичное отклонение 0,02 м, максимальное значение отклонения 0,26 м; для яблони среднее значение высоты составило 0,226 м, среднеквадратичное отклонение 0,015 м, максимальное значение 0,26 м.

Изучением размерных и количественных показателей отводков маточных кустов установлено, что среднее значение высоты отводков составило $h_{om} = 0,533$ м, среднеквадратичное отклонение высоты – 0,166 м; среднее значение диаметра отводков составляет $d_{om} = 0,0049$ м, среднеквадратичное отклонение диаметра отводков 0,001 м, коэффициент вариации $v = 27,3\%$; среднее значение высоты корневой системы $h_{kom} = 0,09$ м, среднеквадратичное отклонение высоты корневой системы 0,029 м, коэффициент вариации $v = 32\%$.

Экспериментально установлено, что отводки равномерно располагаются по поверхности маточного пня. Статистической обработкой результатов измерений установлено, что все исследованные характеристики маточных пней и отводков подчиняются закону нормального распределения (рис. 2).



В третьей главе «Теоретическое исследование процесса отделения отводков от маточных кустов и обоснование параметров устройства для его осуществления» проведен анализ работ по пиленю растительных материалов; уточнены параметры пилы и определены рациональные значения подачи материала; выполнен кинематический и динамический анализы механизма привода устройства и обоснованы его основные параметры; определена энергоемкость процесса отделения отводков.

Большой вклад в разработку теории резания растительных материалов внесли акад. В.П. Горячкин, Н.Е. Резник, И.А.Тиме, А.И. Афанасьев, М.А. Дешевой, А.Л. Бершадский, С.А. Воскресенский, Ф.М. Манжос, А.Э. Грубе и др. Впоследствии многие вопросы теории резания древесины плодовых деревьев были развиты в трудах Г.П. Варламова, Л.А. Шомахова, Ю.А. Шекихачева, Р.А. Балкарова, М.Е. Демидко, И.Б. Беренштейна, В.К. Кутейникова, А.В. Четвертакова, В.Г. Брасалина.

Анализ работ данных авторов показал, что приведенные методики расчета основных параметров режущих устройств необходимо дополнить с учетом условий, в которых работает устройство для отделения отводков (попадание в пропилен почвы, количество перерезаемых отводков и т.д.).

Далее с учетом результатов исследования, приведенных во второй главе диссертации, нами были уточнены некоторые параметры пильного полотна.

Длина полотна l_n должна обеспечить нормальную работу устройства при максимальном диаметре маточного куста $d_{n \max}$ т.е.

$$l_n = d_{n \max} + 2l_{\max} \quad (1)$$

где l_{\max} - максимальное значение отклонения от оси ряда, м.

По результатам расчета принимаем $l_n = 0,54$ м, полная длина полотна $l_{nn} = 0,58$ м, ширина полотна $b_n = 0,035$ м. Ввиду того, что зубья полотна работают в почве, что может приводить к значительному заполнению межзубных впадин, шаг зубьев целесообразно определить экспериментально.

Качество процесса пиления и энергозатраты на его осуществление во многом определяются значением подачи материала. В отличие от серийного оборудования подача материала в предлагаемом устройстве зависит от усилия его надвигания на объект пиления, что также необходимо учесть в расчетах.

Основные ограничения подачи, используемые в теории резания растительных материалов:

$$S_{Z1}=f(R_m); S_{Z2}=f(Q;f_3); S_{Z3}=f(N_{ycm}); S_{Z4}=f(t_i^0 C); S_{Z5}=f(P_{кр}); S_{2x\ min} \leq S_{2x\ m} \leq S_{2x\ max}$$

где $S_{Z1}, S_{Z2}, S_{Z3}, S_{Z4}, S_{Z5}$ – подача, ограниченная соответственно: по шероховатости R_m ; по полезной площади зуба; по мощности двигателя устройства; изменениями свойств древесины в зависимости от температуры; ограничения, связанные с потерей устойчивости пилы.

$S_{2x\ min}, S_{2x\ m}, S_{2x\ max}$ – соответственно выбранное, минимальное, среднее и максимальное значение подачи за двойной ход полотна.

Ввиду малых значений диаметров отводков ограничение S_{Z1} можно не учитывать. Ограничением по мощности на стадии проектирования можно пренебречь, в связи с чем S_{Z3} , также не учитываем в расчетах. Не следует учитывать и ограничения по температуре S_{Z4} , так как процесс отделения происходит при температуре 15°C и выше.

Для расчета подачи на зуб пилы предлагаемого устройства получено выражение:

$$S_{Z2} = \frac{4 \cdot r \cdot \theta \cdot t_3^2}{d_{om} \cdot n_{om}} \left(\frac{1}{[\sigma_{вн}]} - k_{Vn} \right), \quad (2)$$

где θ – коэффициент емкости межзубной впадины. Для профилей зубьев рамных пил $\theta=0,42$;

t_3 – шаг зубьев пилы, м;

d_{om}, n_{om} – диаметр (м) и количество одновременно перерезаемых отводков;

$[\sigma_{вн}]$ – допускаемое значение коэффициента напряженности впадины. По литературным данным $[\sigma_{вн}]=0,8 \dots 1,5$;

k_{Vn} – коэффициент заполнения межзубной впадины почвой, равный отношению:

$$k_{Vn} = V_n / V_3, \quad (3)$$

где V_3 – объем межзубной впадины и V_n – объем почвы в ней, мм^3 .

Значения коэффициента k_{Vn} определены нами экспериментально.

На основании зависимостей (2) и (3) получено выражение для расчета значений скорости подачи v_s

$$v_s \leq \frac{r \cdot \theta \cdot t_3 \cdot n_{кр}}{15 \cdot d_{om} \cdot n_{om}} \left(\frac{1}{[\sigma_{вн}]} - k_{Vn} \right), \text{ м / с} \quad (4)$$

где $n_{кр}$ – частота вращения вала кривошипа устройства, мин^{-1} .

Расчеты по формуле (4), показывают, что при $r=0,05 \text{ м}$, $t_3=0,003 \text{ м}$, $n_{кр}=140 \text{ мин}^{-1}$, $d_{om}=0,005 \text{ м}$, $k_{Vn}=0,5$ и числе одновременно срезаемых отводков $n_{om}=1 \dots 3$, скорость подачи $v_s=0,003 \dots 0,027 \text{ м/с}$.

Принимая во внимание, что устройство будет перерезать волокна немерзлой древесины, с учетом принятых нами ограничений и допущений выражение определения ограничения подачи по устойчивости пилы принимает вид:

$$S_{Z5} = \left[\frac{0,013 \cdot P_{кр} \cdot t_3}{\alpha_p \cdot m_n \cdot v_{нр} \cdot n_{om} \cdot d_{om}} - 0,667 \right] \cdot 10^{-3}, \text{ м} \quad (5)$$

Далее получены математические зависимости между максимально допустимой критической силой $P_{кр}$ и силой натяжения полотна T , а также между максимальными напряжениями в теле полотна σ_c и касательной силой резания P_τ :

$$P_\tau = 0,0499T + 76,5, \text{ Н} \quad (6)$$

$$\sigma_c = 0,823P_\tau - 61,8, \text{ МПа.} \quad (7)$$

Так как устройство подается к объекту пиления вручную, большую значимость представляет значение ограничения подачи S_{Z6} по допускаемому усилию $[P_H]$, для расчета которой получена следующая зависимость:

$$S_{Z6} \leq \frac{[P_H] \cdot t_3 / (0,35 \cdot v_{np} \cdot d_{om} \cdot n_{om} \cdot k_{pn} \cdot k_{вол}) - (\alpha_p - 0,8)p}{\{8p + k + \alpha \cdot d_{om} \cdot n_{om} / v_{np}\}}, \text{ м} \quad (8)$$

где k_{pn} – коэффициент, учитывающий увеличение касательной силы резания вследствие попадания в пропил почвы;

$k_{вол}$ – коэффициент, учитывающий увеличения касательной силы резания из-за перерезания волокон поперек, $k_{вол} = 2,5 \dots 3,5$;

p – фиктивная сила резания, Н/мм;

k – касательное давление стружки, МПа;

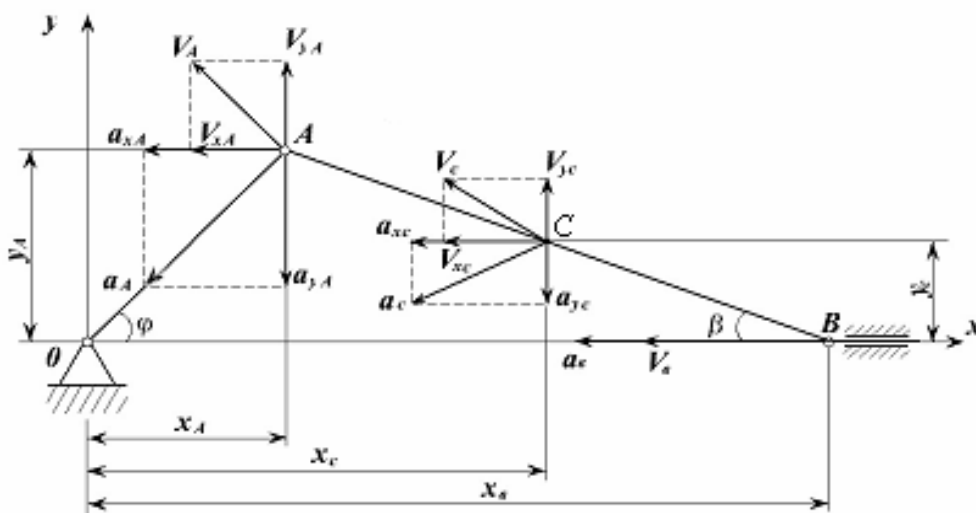
α – удельное сопротивление трения опилок в пропиле, МПа.

В формулах (5) и (8) значения t_3 , v_{np} , d_{om} представлены в мм.

По результатам проведения численных расчетов зависимостей (2), (5), (8) при $[P_H] \in [5 \dots 30]$ Н установлена подача $S_{Z6} \in [0,0075 \dots 0,058]$ м.

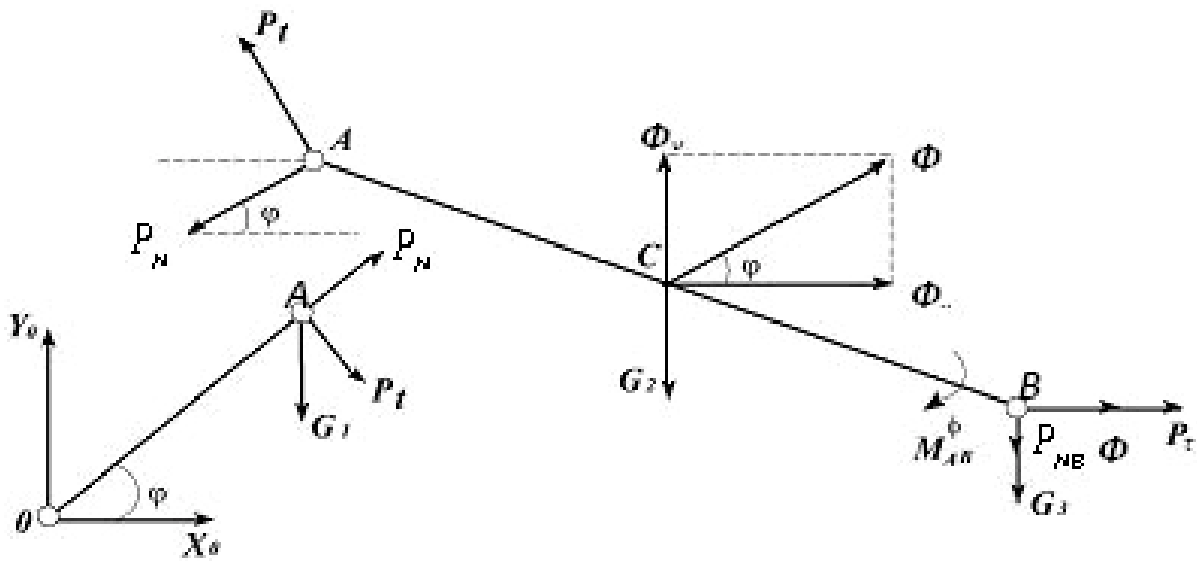
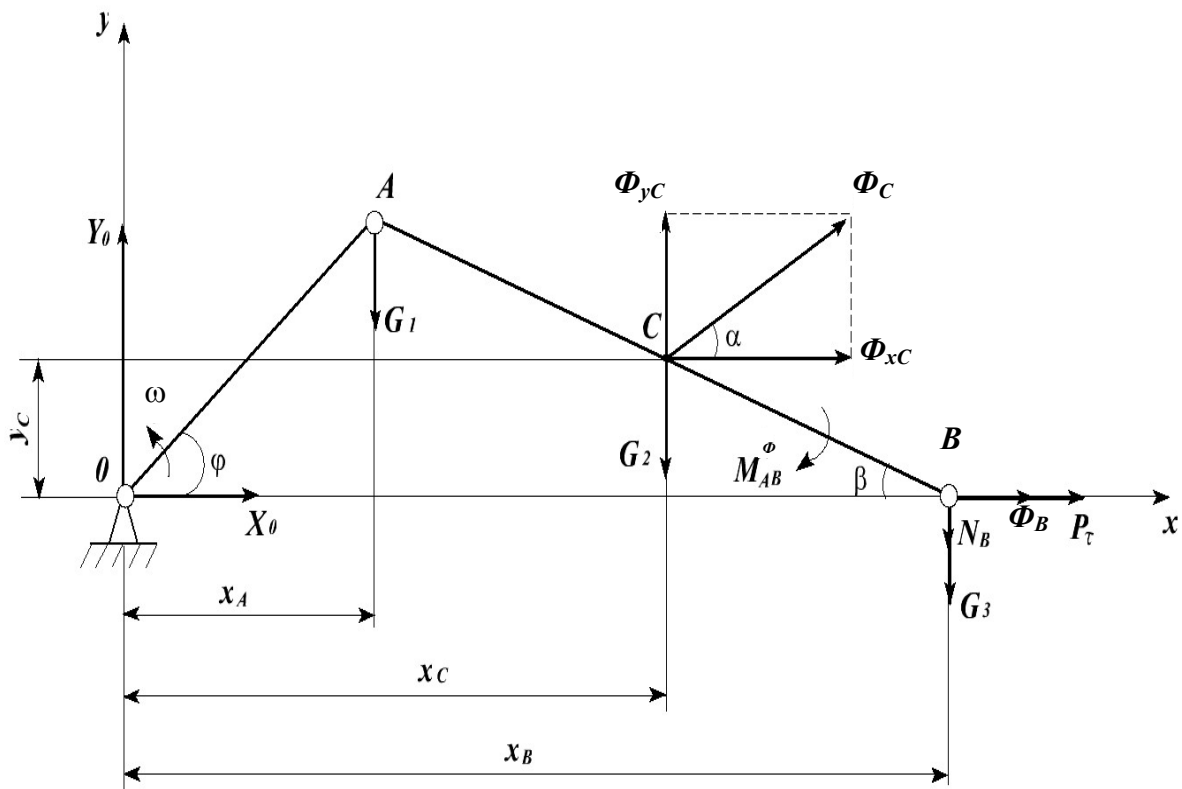
При этом $S_{Z6} < S_{Z2} < S_{Z5}$. (9)

На рис.3 приведена расчетная схема для проведения кинематического анализа механизма привода предложенного устройства, а на рис.4 – схема для динамического анализа механизма привода.



$V_A, V_B, V_C, a_A, a_B, a_C$ – проекции скоростей и ускорений точек A, B, C

Рисунок 3 – Расчетная схема для кинематического анализа механизма привода устройства для отделения отводков



X_0, Y_0 – составляющие реакции опоры O ; R_B – реакция опоры B ; Φ_c – сила инерции шатуна; α – угол наклона вектора силы Φ_c к оси X ; Φ_B – сила инерции каретки; P_τ – касательная сила, приложенная к режущему полотну; G_1 – сила тяжести кривошипа; G_2 – сила тяжести шатуна; x_A, x_B, x_C, y_C – координаты характерных точек; M_{AB}^ϕ – момент силы инерции шатуна; N_B – реакция опоры B

Рисунок 4 - Расчетные схемы для динамического анализа механизма привода устройства для отделения отводков

Установлены зависимости от угла поворота вала кривошипа φ , нормальной силы P_N , касательной силы P_τ , результирующей силы P_A и напряжений, возникающих от их действия – σ_c (рис.5).

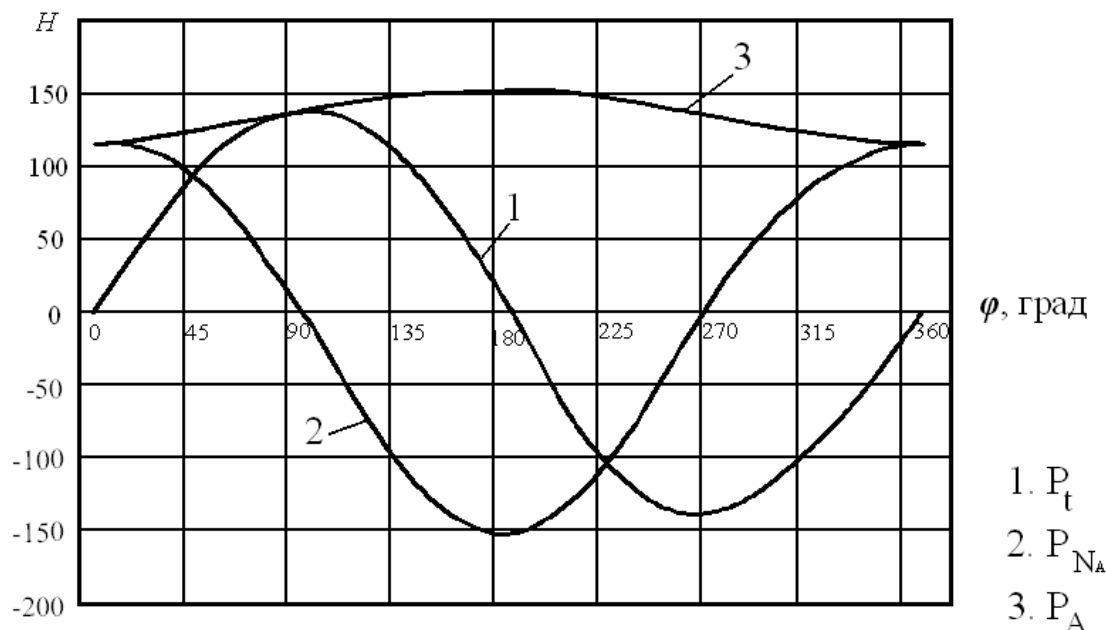


Рисунок 5 – Графики зависимости тангенциальной P_τ , нормальной P_N и суммарной P_A сил от угла поворота кривошипа φ .

Для расчета мощности необходимой для срезания отводков N_τ получено выражение:

$$N_\tau = P_{y\partial} \cdot \epsilon_{np} \cdot d_{om} \cdot n_{om} \cdot S_Z \cdot k_{pn} \cdot k_{вол} \cdot \omega \cdot \frac{r}{t_3} \left(\sin \varphi + \frac{\lambda}{2} \sin 2\varphi \right), \text{Вт} \quad (10)$$

где λ – отношение радиуса кривошипа к длине шатуна;

$P_{y\partial}$ – удельная сила резания при пилении, Па;

ω – угловая скорость вращения кривошипа, рад/с;

S_Z – принятое значение подачи, м.

Для расчета затрат мощности на привод устройства получена формула:

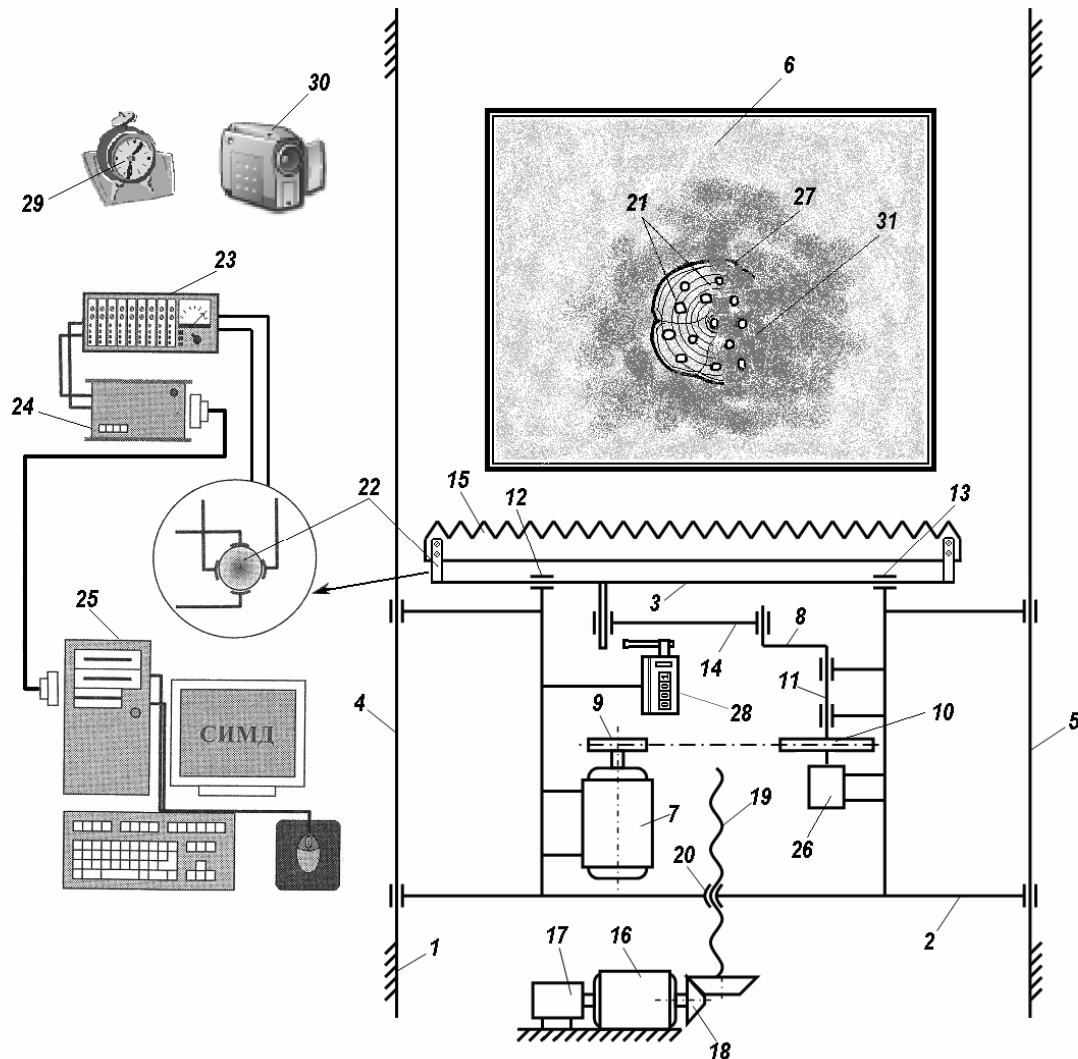
$$N_y = \left[\frac{P_{y\partial} \cdot \epsilon_{np} \cdot d_{om} \cdot n_{om} \cdot S_Z \cdot k_{pn} \cdot k_{вол}}{t_3 \cdot r_{кр} \cdot \omega^2} + m_{Bnp} \cdot (\cos \varphi + \lambda \cdot \cos 2\varphi) \right] \times \\ \times r^2 \omega^3 \left[\frac{\sin(\varphi + \arcsin(\lambda \cdot \sin \varphi))}{1 - \lambda^2 \sin^2 \frac{\varphi}{2}} \right], \text{Вт} \quad (11)$$

где m_{Bnp} – масса, приведенная к точке B , кг. (рис.4).

Расчеты по формулам (9) и (10) показали, что затраты мощности на резание отводков составляют $N_\tau = 50 \dots 197$ Вт, а затраты мощности на привод устройства $N_y = 64 \dots 212$ Вт.

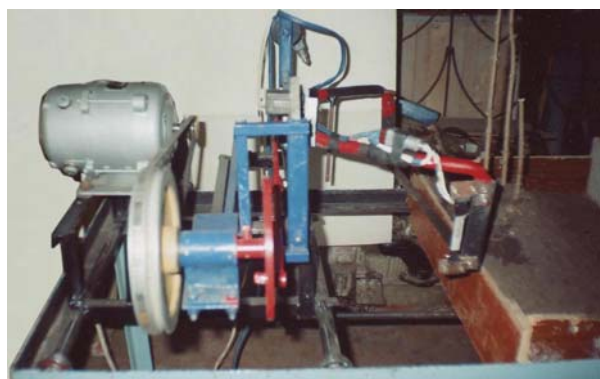
В четвертой главе «Экспериментальные исследования и анализ их результатов» проведена проверка и уточнены результаты теоретических исследований, оптимизированы основные параметры разработанного устройства для отъема отводков от маточных кустов.

Эксперименты проводили на специально созданной лабораторной установке, оснащенной тензометрическим оборудованием, схема которой приведена на рис. 6, а фото общего вида на рис.7. В качестве основных факторов исследования были выбраны частота вращения приводного вала $n_{кр}$, скорость подачи v_s , шаг зубьев пилы t_z .



1 – корпус; 2 – каретка; 3 – рама пильная; 4, 5 – направляющие; 6 – платформа; 7, 16 – электродвигатели; 8 – кривошип; 9, 10 – шкивы; 11 – вал; 12, 13 – направляющие; 14 – шатун; 15 – полотно; 17, 26 – тахометр; 18 – редуктор; 19 – винт; 20 – гайка; 21 – отверстия; 22 – звено пильной рамы с тензометрическим датчиком усилия резания; 23 – усилитель сигнала; 24 – аналого-цифровой преобразователь (АЦП); 25 – компьютер с программным обеспечением «СИМД», 27 – образец пня маточного куста, 28 – счетчик возвратно-поступательных ходов пильного полотна, 29 – секундомер, 30 – видеокамера, 31 – почва

Рисунок 6 – Схема экспериментальной установки для исследования процесса механизированного отъема отводков от маточных кустов



а – вид справа



б - вид сверху

Рисунок 7 – Общий вид экспериментальной установки для исследования процесса механизированного отъема отводков от маточных кустов

Уровни и интервалы варьирования факторов, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Интервалы и уровни факторов

№ п/п	Уровень и интервалы варьирования	Факторы		
		Частота вращения вала, $n_{кр}$, мин ⁻¹	Скорость подачи пилы, V_S , м/с	Шаг зубьев пилы t_3 , мм
1	Кодовое обозначение	x_1	x_2	x_3
2	Верхний уровень (+)	180	0,006	5
3	Основной уровень (0)	160	0,005	4
4	Нижний уровень (-)	140	0,004	3
5	Интервал варьирования	20	0,001	1

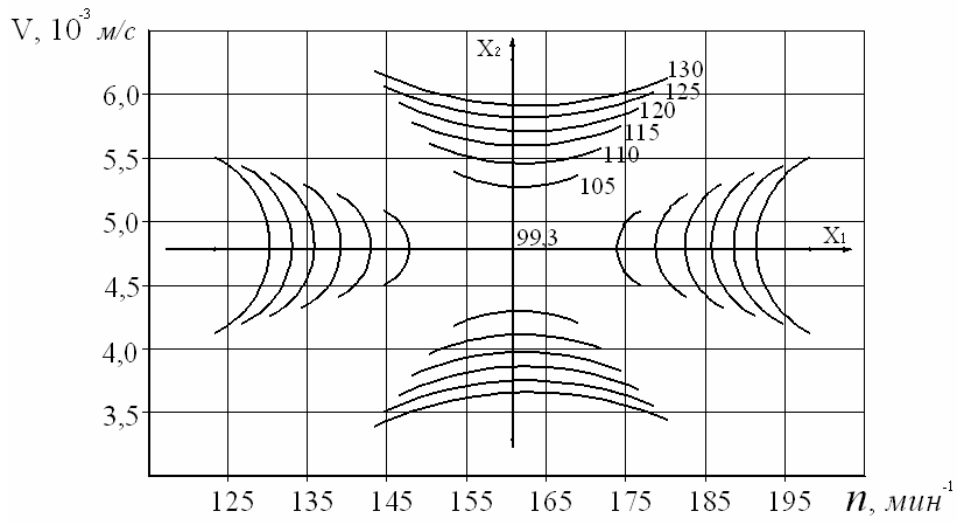
Для проведения эксперимента использовали трехуровневый план второго порядка Бокса-Бенкина, так как он предполагает варьирование факторов для описания поверхности отклика полиномом второго порядка только на трех уровнях. В результате реализации опытов по принятой методике получено уравнение регрессии в кодированном виде:

$$y = 99,89 + 1,75x_1 + 5,65x_2 - 2,45x_3 + 0,34x_1x_2 + 0,275x_1x_3 + 7,5x_2x_3 - 23,88x_1^2 + 13,18x_2^2 + 1,76x_3^2, \quad (12)$$

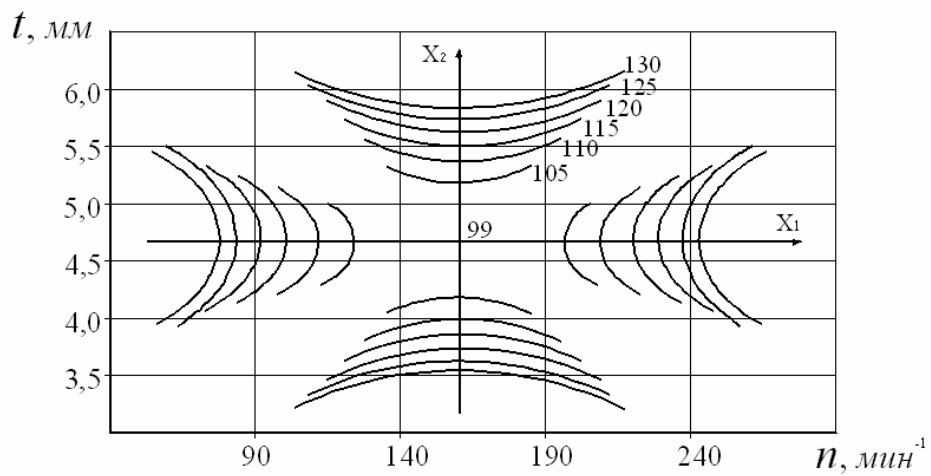
в натуральном виде:

$$N = -937 + 19,1n_{кр} - 158870V_S - 56,2t_3 - 0,0597n_{кр}^2 + 1,3 \cdot 10^7 V_S^2 + 1,76t_3^2 + 17n_{кр}V_S + 0,0137n_{кр}t_3 + 7500V_S t_3. \quad (13)$$

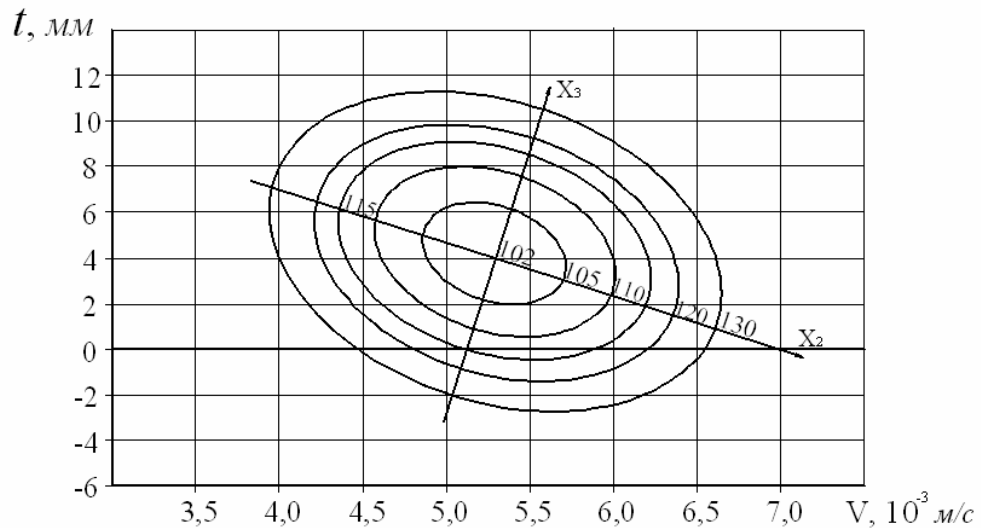
Для проверки гипотезы адекватности представления результатов эксперимента полиномом второй степени вычислен критерий Фишера. С его учетом гипотезу об адекватности описания результатов эксперимента уравнением регрессии второй степени можно считать верной с 95%-ой вероятностью. С учетом критерия Стьюдента расчет доверительных интервалов для коэффициентов регрессии показал, что все коэффициенты значимы с 95%-ой вероятностью.



а



б



в

а - зависимость скорости подачи пилы от частоты вращения вала при $t_3 = 4$ мм;
 б - зависимость шага зубьев от частоты вращения вала при $V_H = 0,005$ м/с;
 в - зависимость шага зубьев от скорости подачи пилы при $n = 160$ мин⁻¹

Рисунок 8 – Двумерные сечения поверхности отклика

Анализ двумерных сечений поверхности отклика (рис. 8) позволяет сделать вывод о том, что минимальные значения мощности необходимой для осуществления процесса отделения отводков $N_t = 99 \dots 102$ Вт наблюдаются при следующих значениях параметров: $n_{кр} = 153 \dots 172$ мин⁻¹, $V_S = 0,0047 \dots 0,0054$ м/с, $t_3 = 4,2 \dots 5,2$ мм.

При шаге зубьев стандартного размера $t_3 = 5$ мм в указанных пределах варьирования факторов, отклонения критерия оптимизации от его минимального значения не превышают 3%.

Важным показателем состояния пильного полотна, влияющим на процесс пиления, является степень заточки и интенсивность износа зубьев пилы. На интенсивность износа влияют физико-механические свойства материала пилы и обрабатываемого материала, а также наличие абразивных материалов в зоне пиления. Для проведения исследований использовалась выше описанная экспериментальная установка. Ввиду неравномерного износа зубьев по длине полотна и попадания почвы в межзубовое пространство, а также сложности измерения непосредственно величины радиуса закругления кромки зуба, измерялись абсолютные линейные значения величины износа, и по ним вычислялись значения радиуса закругления зуба. Замеры проводились через каждые 30 минут работы установки. Установлено, что повреждения отделяемых отводков наступают примерно через 3 часа работы.

На рисунке 9 представлен график интенсивности износа зубьев, построенный по средним значениям радиуса закругления $\rho_{ср}$.

Полученный график аппроксимирован (с достоверностью $R^2 = 0,996$) логарифмической линией тренда, описываемой уравнением (в условных единицах)

$$y = 0,2148 \ln x + 0,0159 \quad (14)$$

Это же уравнение после преобразования в натуральный принимает вид

$$\rho_{ср} = 0,2148 \ln(2t_i + 1) + 0,0159 \quad (15)$$

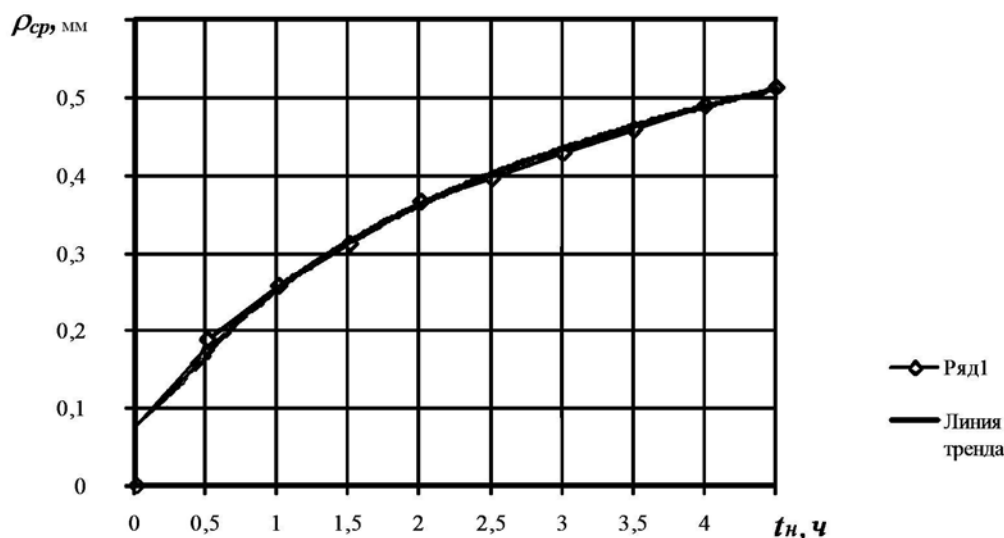


Рисунок 9 – График интенсивности износа зубьев пильного полотна, построенный по средним значениям радиуса закругления $\rho_{ср}$ при продолжительности работы $t_n = 4,5$ ч

По результатам экспериментов, приведенных по предложенной методике, определены значения коэффициента заполнения почвой межзубной впадины k_{Vn} . Процесс заполнения межзубной впадины почвой фиксировался видеокамерой с последующим вводом изображения в компьютер, где оно обрабатывалось в программе Paint в режиме пиксельной сетки.

Было установлено, что диапазон варьирования коэффициента находился в пределах $k_{Vn} \in [0,24...0,52]$ при среднем значении его $k_{Vn} \in 0,39$ и относительной ошибке среднего арифметического 4,9%.

Проверка экспериментального образца устройства для отъема отводков от маточного куста проводилась в 2006...2010 гг. в плодopитомнике производственного хозяйства «Михайловское» Северо-Кавказского НИИ горного и предгорного сельского хозяйства и плодopитомнике Горского ГАУ (рис. 10).

Доля отводков с дефектами в зоне среза не превышает 2,4%. Случаев повреждения маточных пней не наблюдалось.



Рисунок 10 – Экспериментальное устройство для отъема отводков от маточного куста в работе

В пятой главе «Технико-экономическая оценка эффективности результатов исследования» приведены исходные данные, методика и расчет технико-экономических показателей использования разработанного устройства для отъема отводков от маточных кустов путем сопоставления затрат по предлагаемой и существующей машинам.

Расчеты экономической эффективности проведены согласно методики определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники

«Методики определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники» (утв.23.07.1997 г. МСХП г. Москва), стандарта отрасли ОСТ 102.18-88-2001 «Методы экономической оценки». (Нормативно-справочный материал, ч. I, II)». Нормативные данные на выполнение уборочных работ в садоводстве, виноградарстве и питомниководстве взяты из сборников нормативно-справочных материалов.

Предлагаемое устройство для отделения отводков сравнивается с базовой машиной МОО-1, предназначенной для срезания и укладки в рядок отводков маточ-

ных кустов; обладающей производительностью – 0,2 га/ч; рабочей скоростью – 1,5÷2,5 км/ч и обслуживаемой 6 рабочими.

Экономический эффект от использования исследуемого устройства, образуемый за счет снижения себестоимости механизированных работ, составляет 64,1 тыс. рублей в год. При расчетной цене нового устройства в 14,8 тыс. руб., срок окупаемости дополнительных капиталовложений – 0,36 года (сезон).

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализ способов и технических средств для отъема отводков от маточных кустов позволил установить недостатки существующих технических средств, ограничивающих их применение. С учетом результатов анализа предложены способ (патент РФ 2321987) и рациональная конструктивно-технологическая схема устройства для качественного отделения отводков от маточных кустов, основанная на возвратно-поступательном движении режущего элемента (полотна).

2. Изучены некоторые размерные показатели маточных кустов и особенности их расположения в рядах питомников: отклонение маточных пней от оси ряда $l \in [190...180]$ мм; высота $h \in [172...260]$ мм и диаметр маточных пней $d \in [120...240]$ мм; высота $h_0 \in [220...500]$ мм и диаметр отводков на уровне среза $d_0 [2...11]$ мм; высота корневой системы отводков $h_k \in [35...100]$ мм. По критерию согласия Пирсона подтверждена гипотеза о нормальном распределении плотности рядов этих величин, на основе которой определены параметры исследуемых характеристик. Полученные данные могут быть использованы при разработке машинного устройства для отделения отводков от маточных кустов плодовых деревьев.

3. Получены аналитические зависимости и установлены расчетные значения длины полотна пилы – $l_n \geq 0,53$ м, скорости подачи ее – $v_s \in [0,003...0,027]$ м/с, а также определению значений факторов, ограничивающих процесс резания исследуемого материала (подача на зуб пилы, устойчивость пильного полотна, величина усилия подачи и др.).

Аналитическим путем установлены зависимости по расчету скоростей и ускорений звеньев механизма привода, возникающих сил инерции, напряжений в пильном полотне, затрат мощности на отделение отводков – $N_r \in [50...197]$ Вт и привод устройства – $N_p \in [64...212]$ Вт. Обоснован радиус кривошипа – $r=0,07$ м.

4. Экспериментальными исследованиями уточнены расчетные значения основных параметров устройства для отделения отводков от маточных кустов, обеспечивающие минимальную энергоемкость рабочего процесса: число оборотов вала кривошипа $n_{кр} \in [153...172]$ мин⁻¹; шаг зубьев пильного полотна $t_z \in [4,2...5,2]$ мм; ход пилы – 0,14 м; скорость подачи $v_s \in [0,0047...0,0054]$ м/с.

5. Определена зависимость износа зубьев пилы от времени работы. Установлено, что через 3 часа работы радиус закругления зубьев пильного полотна достигает $\rho=0,43...0,47$ мм против исходного $\rho=0,08...0,12$ мм и нуждается в восстановле-

нии путем заточки. Установлено среднее значение коэффициента наполнения почвой межзубной впадины $k_{vn}=0,39$.

6. Полевыми наблюдениями установлено, что предложенное устройство для отделения отводков от маточных кустов обеспечивает качественное выполнение процесса и обладает высокой надежностью. Доля отводков с дефектами зоны среза не превышает 2,4%.

Экономический эффект от применения устройства, образуемый за счет снижения себестоимости механизированных работ, составляет 64,1 тыс. руб. в год. При расчетной цене устройства в 14,8 тыс.руб., срок окупаемости дополнительных капиталовложений – 0,34 года (сезон).

РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Разработана и предлагается техническая документация на устройство для отделения отводков от маточных пней с электромеханическим приводом от генератора GEKD 2500IE-S/ННВА со следующими техническими характеристиками:

1 Частота вращения кривошипа.....	153...172 мин ⁻¹
2. Радиус кривошипа.....	0,07 м
3. Длина полотна пилы.....	0,54 м
4. Шаг зубьев пилы.....	5 мм
5. Ход пилы	0,14 м
6. Скорость подачи пилы.....	4,7...5,4 мм/с
7. Масса устройства.....	9,2 кг

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах

Публикации в научно-технических журналах, рекомендованных ВАК России

1. Бидеева, И.Х. Способ отъема отводков от маточных кустов [Текст] / И.Х. Бидеева, Л.Р. Гулуева, А.Б. Кудзаев, Р.М. Тавасиев // Изв. ВУЗов Сев.-Кавк. регион. Технические науки. – Новочеркасск, 2006, №8. – С. 106-107.–ISSN 0321-2653.

2. Бидеева, И.Х. Комплекс машин для ухода за посадочным материалом в условиях горной и предгорной зон Центрального Предкавказья [Текст] / И.Х. Бидеева, С.И. Бидеев, А.Б. Кудзаев, Л.Р. Гулуева // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М., 2006, №11. – С. 10-11.– ISSN 0206 - 573X.

3. Бидеева, И.Х. Параметры устройства для отъема отводков от маточных кустов [Текст] / И.Х. Бидеева, А.Б. Кудзаев, СИ. Бидеев //Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М.,2008, №9. – С. 26-27. - ISSN 0206-573X.

4. Кудзаев, А.Б. Теоретические исследования процесса отделения отводков от маточных кустов [Текст] / А.Б. Кудзаев, И.Х. Бидеева // Известия ФГОУ ВПО «Горского ГАУ». Т.48.–Владикавказ: ГГАУ, 2011.– С.203-208. ISSN 2070 – 1047.

Патенты и авторские свидетельства на изобретения

5. Патент РФ 2321987. Способ отъема отводков от маточных кустов [Текст]/ И.Х. Бидеева, С.И. Бидеев, Л.Р. Гулуева, В.А. Техова, Т.С. Абиева; заявл. 19.07.2006; опубл. 20.04.2008, Бюл. №11. – 3 с.

Статьи в других изданиях

6. Бидеева, И.Х. Анализ конструкции режущих аппаратов и их приводов [Текст] / И.Х. Бидеева, С.И. Бидеев, А.М. Агузаров // Актуальные и новые направления сельскохозяйственной науки: Материалы 1-й Международной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов 23-24 декабря 2004 г. – Владикавказ: ГГАУ, 2005. – С. 193 - 195.

7. Бидеева, И.Х. Факторы, влияющие на работу режущих аппаратов [Текст]/ Актуальные и новые направления сельскохозяйственной науки: Материалы 1-й Международной конференции молодых ученых, аспирантов и студентов 23-24 декабря 2004г. – Владикавказ: ГГАУ, 2005. – С.195-197.

8. Бидеева, И.Х. Обзор конструкции режущих аппаратов и их приводов [Текст] / С.И. Бидеев, И.Х. Бидеева, А.М. Агузаров // Труды молодых ученых. Владикавказский научный центр РАН и Правительства РСО-Алания. – Владикавказ: Изд-во «Терек», 2006. – Вып.1. – С.54-56.

9. Кудзаев, А.Б. Разработка устройства для исследования процесса отъема отводков от маточных пней [Текст] / А.Б. Кудзаев, И.Х. Бидеева // Труды молодых ученых. Владикавказский научный центр РАН и Правительства РСО-Алания. – Владикавказ: Изд-во «Терек», 2006. – Вып. 4. – С. 54-56.

10. Кудзаев, А.Б. Результаты исследования размерных параметров отводков [Текст] / А.Б. Кудзаев, И.Х. Бидеева, С.И. Бидеев, Г.И. Мамити // Известия ФГОУ ВПО «Горского ГАУ», Т.1. – Владикавказ: ГГАУ, 2006. – С.57-58

11. Кудзаев, А.Б. Анализ технических средств для отъема отводков от маточных кустов [Текст] / А.Б. Кудзаев, И.Х. Бидеева, С.И. Бидеев, Г.И. Мамити // Известия ФГОУ ВПО «Горского ГАУ», Т.1.–Владикавказ: ГГАУ, 2006.– С.58-59.

12. Кудзаев, А.Б. Результаты экспериментальных исследований устройства для отъема отводков [Текст] / А.Б. Кудзаев, И.Х. Бидеева, И.А. Коробейник, Т.Т. Уртаев // Известия ФГОУ ВПО «Горского ГАУ», Т.44. Ч.2. –Владикавказ: ГГАУ, 2007.– С.157-159.

13. Бидеева, И.Х. Совершенствование механизации работ в плодовых питомниках горной и предгорной зонах юга России [Текст] / И.Х. Бидеева, С.И. Бидеев, Л.Р. Гулуева, З.Х. Пораева // Изв. ВУЗов Сев.-Кавк. регион. Технические науки. - Новочеркасск, 2008, №4. – С.146-147.– ISSN 0321-2653.

14. Бидеева, И.Х. Интенсивные технологии в плодовых питомниках Центрального Предкавказья [Текст] // Научные основы формирования устойчивых агроэкосистем и методы эффективного ведения агропромышленного производства в горных и предгорных регионах России на ландшафтнoй и ресурсосберегающей основе: Сб. науч. труд. – Владикавказ: РАСХ СКНИИГПСХ, 2009. – С.191-198.

15. А.Б. Кудзаев, А.Б. Состояние и проблемы механизации питомниководства [Текст] / А.Б. Кудзаев, С.М. Джибилов, И.Х. Бидеева, Л.Р. Гулуева // Научные основы формирования устойчивых агроэкосистем и методы эффективного ведения агропромышленного производства в горных и предгорных регионах России на ландшафтнoй и ресурсосберегающей основе: Сб. науч. труд. – Владикавказ: РАСХ СКНИИГПСХ, 2009. – С.191-198.

шафтной и ресурсосберегающей основе: Сб. науч. труд. – Владикавказ: РАСХ СКНИИГПСХ, 2009. – С.198-202.

16. Бидеева, И.Х. Обоснование способа отъема отводков от маточных кустов / И.Х. Бидеева, А.Б. Кудзаев, С.И.Бидеев, А.М. Агузаров, Л.Р. Гулуева //Аграрная наука в XXI веке: проблемы, перспективы. Материалы III Всероссийской научно-практической конференции. – Саратов: Изд-во «Саратовский ГАУ» 2009. – С. 41-48.

17. Бидеева, И.Х. Исследование интенсивности износа зубьев режущего инструмента устройства для отъема отводков от маточных кустов [Текст] / И.Х. Бидеева, С.И. Бидеев, А.М. Агузаров // Известия ФГОУ ВПО «Оренбургского ГАУ». – Оренбург: ОГАУ, 2009. Т.3. (23). – С. 75-78. – ISSN 2073-0853.

18. Кудзаев, А.Б. Результаты исследования устройства для отделения отводков от маточных пней [Текст] / А.Б. Кудзаев, И.Х. Бидеева // Известия ФГОУ ВПО «Горского ГАУ». Т.46.,4.1–Владикавказ: ГГАУ, 2009.– С.81-85.

Лицензия: ЛР, № 020574 от 6 мая 1998 г.

Подписано в печать 12.10.2011 г. Заказ 53.

Объем 1,25 п.л. Тираж 100. Бумага типографская. Формат 60×90

362040, Владикавказ, ул. Кирова, 37

Типография ФГБОУ ВПО «Горский государственный университет»