

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Мичуринский государственный аграрный университет»

На правах рукописи



Земляной Андрей Александрович

**РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ  
ЛЕНТОЧНОГО РЕЖУЩЕГО АППАРАТА МАШИНЫ  
ДЛЯ КОНТУРНОЙ ОБРЕЗКИ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского  
хозяйства

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
к.т.н., доцент Завражнов А.А.

Мичуринск-наукоград РФ, 2022.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ .....	12
1.1. Актуальность вопроса .....	12
Выводы по разделу 1.1 .....	14
1.2 Технологические аспекты механизированной обрезки плодовых деревьев....	15
1.2.1 Категории промышленных садов .....	15
1.2.2 Кроны плодовых деревьев .....	17
1.2.3 Определение механизированной контурной обрезки .....	20
1.2.4. Показатели механизированной контурной обрезки .....	23
Выводы по разделу 1.2.....	25
1.3. Технические аспекты механизированной контурной обрезки плодовых деревьев .....	26
1.3.1. Отечественные и зарубежные машины для контурной обрезки .....	26
1.3.2. Структурно-функциональный анализ и классификация машин для механизированной контурной обрезки плодовых деревьев .....	27
1.3.2.1. Классификация машин для контурной обрезки плодовых деревьев по типу режущего аппарата.....	31
1.3.2.2. Классификация машин для контурной обрезки плодовых деревьев по типу привода режущих аппаратов .....	33
1.3.2.3. Классификация машин для контурной обрезки плодовых деревьев по компоновке и исполнению .....	35
1.3.3. Патентные исследования машин для механизированной контурной обрезки плодовых деревьев .....	39
Выводы по разделу 1.3:.....	40
1.4 Обзор научных исследований в предметной области вопроса .....	41
1.4.1 Теория резания в деревообработке.....	41
1.4.2 Режущие аппараты для механизированной контурной обрезки плодовых деревьев .....	42
1.4.3 Физико-механические характеристики древесины и ветвей плодовых деревьев. ....	44
1.4.4 Размерные характеристики ветвей плодовых деревьев .....	45
1.4.5 Качественные показатели среза плодовых ветвей.....	46
Выводы по разделу 1.4:.....	50

1.5	Обоснование и постановка задач исследования .....	51
2	ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ВЕТВЕЙ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ .....	52
2.1.	Разработка исходных требований .....	53
2.2	Формирование концептуальной модели и разработка технического облика машины для механизированной контурной обрезки плодовых деревьев.....	54
2.2.1	Генерация и выбор технического решения (концепта) .....	54
2.2.2	Выбор режущего аппарата.....	56
2.2.3	Разработка технического облика .....	58
2.2.4	Реализация технического облика ленточного режущего аппарата .....	59
2.3.	Математическая модель процесса резания ветвей плодового дерева ленточной пилой .....	61
2.4.	Идентификация параметров математической модели .....	64
2.5.	Идентификация и определение параметров процесса резания плодовой ветви ленточной пилой .....	66
2.5.1.	Собственные характеристики плодовых ветвей .....	66
2.5.2.	Сила резания плодовой ветви ленточной пилой.....	67
2.5.3	Обобщенные характеристики процесса резания плодовой ветви ленточной пилой .....	70
2.5.4.	Характеристики поверхности среза.....	75
3	ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	78
3.1	Разработка программы проведения экспериментальных исследований.....	78
3.2	Определение статических и динамических характеристик ветвей плодовых деревьев .....	78
3.3	Определение собственных характеристик плодовой ветви в процессе ее резания на лабораторной установке.....	84
3.4	Определение шероховатости поверхности среза плодовой ветви.....	85
4.	РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	87
4.1.	Определение размерных характеристик плодовых ветвей .....	87
4.2	Определение физико-механических и собственных характеристик плодовых ветвей .....	89
4.2.1	Зависимость физико-механических и собственных характеристик плодовых ветвей от влажности древесины .....	89
	Выводы по разделу 4.2.1:.....	91

4.2.2 Определение собственных характеристик плодовых ветвей в разные возрастные периоды.....	91
Выводы по разделу 4.2.2:.....	92
4.2.3 Определение собственных характеристик плодовых ветвей в зависимости от их состояния .....	92
Выводы по разделу 4.2.3:.....	93
4.3 Результаты экспериментального исследования собственных характеристик процесса резания плодовых ветвей.....	94
Выводы по разделу 4.3:.....	96
4.4 Результаты экспериментального исследования качественных характеристик процесса резания плодовых ветвей.....	96
4.4.1 Шероховатость поверхности среза ленточной пилой .....	96
4.4.2 Шероховатость поверхности среза при использовании различных типов режущих аппаратов.....	98
Выводы по разделу 4.4:.....	100
4.5 Обобщение результатов экспериментальных исследований процесса резания плодовых ветвей ленточным режущим аппаратом .....	101
5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ.....	102
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	107
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	109
Приложения .....	109 <u>25</u>

## ВВЕДЕНИЕ

### **Актуальность темы исследования.**

Одной из основных технологических операций в садоводстве является обрезка плодовых деревьев.

По определению, обрезка – это агротехническая операция по удалению отдельных частей плодового растения для регуляции его роста и улучшения показателей урожайности.

При этом, являясь весьма важной технологической операцией в садоводстве, обрезка плодовых деревьев одновременно является наиболее трудоемкой операцией с преобладанием ручного труда. Так доля трудозатрат на проведении обрезки составляет более 80% в молодых садах и достигает 30 % в плодоносящих садах, а объем ручного труда составляет более 90% [74].

В связи с этим, механизация процесса обрезки плодовых деревьев, как технологической операции является весьма актуальной.

Под механизированной обрезкой следует понимать контурную обрезку (ограничение) периферийной части кроны – ветвей и побегов в верхней части и с боковых сторон плодового дерева, проведенную машинами с различными режущими аппаратами по заранее определенному контуру.

Специфической особенностью отечественного промышленного садоводства является наличие и одновременная эксплуатации различных категорий садов (экстенсивных, нормальных, интенсивных и высокоинтенсивных), предусматривающих особое отношение к техническому исполнению машин для проведения обрезки в общем и к режущим аппаратам в частности.

Зарубежные машины для обрезки (контурные обрезчики) в основном предназначены для работы только в интенсивных и высокоинтенсивных садах.

К сожалению в настоящее время в системе инженерного обеспечения практически отсутствуют машины для обрезки плодовых деревьев с учетом особенностей промышленного садоводства России.

### **Степень разработанности проблемы.**

При работе над диссертацией определено, что практически все предыдущие научные труды были направлены на изучение процессов и машин для проведения обрезки в садах экстенсивного типа. Это отражалось на том, что при разработке и внедрении машин для контурной обрезки использовались технические решения, которые не учитывали технологические особенности развития современного отечественного промышленного садоводства.

Данный факт значительно снижает эффективность механизации обрезки как технологической операции и качество ее выполнения.

### **Цель исследований**

Повышение эффективности и качества проведения механизированной контурной обрезки плодовых деревьев за счет использования режущего аппарата ленточного типа.

### **Объект исследования:**

Процесс бесподпорного резания плодовых ветвей ленточным режущим аппаратом.

### **Предмет исследования:**

Закономерности взаимодействия ленточного режущего аппарата с ветвями плодовых деревьев в режиме бесподпорного резания.

### **Научная новизна исследований**

1. Классификационные признаки современных контурных обрезчиков.
2. Размерные и физико-механические характеристики ветвей плодовых деревьев современных промышленных садов.
3. Концептуальная модель и технический облик машины для контурной обрезки с ленточным режущим аппаратом.
4. Математическая модель процесса взаимодействия ленточного режущего аппарата с ветвями плодовых деревьев в режиме бесподпорного резания и методы ее идентификации.
5. Техничко-технологические параметры ленточных режущих аппаратов.

### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

Результаты теоретических исследований являются основой для совершенствования режущих аппаратов ленточного типа, для обрезки плодовых деревьев. Разработаны технико-технологические требования на машину с режущим аппаратом ленточного типа для контурной обрезки плодовых деревьев в промышленном садоводстве.

Материалы исследований вошли в комплексную работу «Научное обоснование, разработка и реализация инновационных машинных технологий и технических средств в питомниководстве и садоводстве, обеспечивающих импортозамещение и продовольственную безопасность России», удостоенную премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники 2020 года. Материалы диссертационной работы представлены в проект Программа Союзного Государства «Система машин и технологий для садоводства и питомниководства».

Полученные результаты исследований и разработок рекомендуются для широкого применения в садоводческих хозяйствах, дальнейшего совершенствования конструкций машин и рабочих органов данного типа и использования в учебном процессе при подготовке специалистов сельскохозяйственного направления.

Данная работа выполнялась в рамках программы «Участник Молодежного Научно-Инновационного Конкурса» («УМНИК») по госконтрактам:

- № 8313р/13102 от 31.06.2010 «Ресурсосберегающие технологии в системе АПК», на выполнение НИОКР по теме «Разработка универсального робота манипулятора для интенсивного садоводства»,
- №10800р/16941 от 13.09.2012 «Ресурсосберегающие технологии в АПК» на выполнение НИОКР по теме «Разработка технологического модуля к роботу-манипулятору для объемной контурной обрезки плодовых деревьев»;

### **Методология и методы исследования.**

Решение комплекса задач проводилось с использованием методов системной инженерии, теоретической механики, дифференциального и

интегрального исчисления, концептуального моделирования объектов исследования. В процессе теоретических исследований использовались теории резания, подобия, сопротивления материалов, методы анализа размерностей и др.

При разработке технического облика использовались программы и графические редакторы САПР-АРМ WinMachine, и КОМПАС.

Экспериментальные исследования проводились как по общеизвестным общим и частным методикам, так и на специально разработанных экспериментальных установках в лабораториях и полевых условиях.

Обработка результатов экспериментальных исследований проводилась методами математической статистики с использованием программ Statistica, MathCad и Excel.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

1. Техничко-технологические требования на проведение контурной обрезки плодовых деревьев.
2. Концептуальная модель и технический облик машины для контурной обрезки с ленточным режущим аппаратом.
3. Математическая модель взаимодействия ленточного режущего аппарата с ветвями плодовых деревьев в режиме бесподпорного резания и методы ее идентификации;
4. Экспериментальные данные по размерным, физико-механическим, статическим и динамическим характеристикам ветвей плодовых деревьев;
5. Основные параметры и режимы работы ленточного режущего аппарата.
6. Показатели эффективности машины для контурной обрезки с ленточным режущим аппаратом.

#### **Личный вклад автора.**

Автором проведен анализ состояния вопроса, результатом которого стала постановка целей и задач исследования. Разработаны и изготовлены оригинальные экспериментальные установки. Проведены теоретические и экспериментальные исследования, определены конструктивно-режимные



параметры рабочего органа, проведена обработка результатов экспериментальных исследований.

### **Соответствие диссертации паспорту научной специальности.**

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.20.01 – «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» соответствуют пунктам:

2. Разработка теории и методов технологического воздействия на среду и объекты (почва, растения, животные, зерно, молоко и др.)

6 Исследование условий функционирования сельскохозяйственных и мелиоративных машин, агрегатов, отдельных рабочих органов и других средств механизации технологических процессов в сельскохозяйственном производстве, в т. ч. с применением альтернативных видов топлива;

7 Разработка методов оптимизации конструкционных параметров и режимов работы технических систем и средств в растениеводстве и животноводстве по критериям эффективности и ресурсосбережения технологических процессов.

### **Степень достоверности и апробация результатов.**

Достоверность научных положений подтверждена использованием известных положений фундаментальных наук, корректностью разработанных математических моделей, их адекватностью по известным критериям оценки изучаемого процесса, сходимостью полученных теоретических результатов с данными эксперимента и результатами опытно-производственной проверки технического средства.

Основные положения диссертации доложены, обсуждены и получили положительную оценку на международных, всероссийских и региональных научно-практических конференциях ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ» (г. Мичуринск 2010-2015 гг.), ГНУ ВИМ Россельхозакадемии, (г. Москва 2011 г.), ФГБОУ ВПО РГАТУ им. П.А. Костычева (г. Рязань 2011-2012 гг.), ФГБОУ ВПО СГАУ им. Н.И. Вавилова, (г. Саратов 2011-2012 г.), ФГБНУ ВИЭСХ, (г. Москва

2014 г.), ФГБНУ ВНИИС им. И.В. Мичурина, (г. Мичуринск 2016 г.).  
Приложение Л.

Теоретические и экспериментальные исследования, и проведенные разработки удостоены: **бронзовой медали** за разработку «Машина для объемной контурной обрезки деревьев» XX международного салона изобретений и инновационных технологий «Архимед 2017» (Москва 2017 г.); **кубка победителя** в номинации «Лучшее изобретение в интересах агропромышленного комплекса» за разработку «Машина для объемной контурной обрезки деревьев» XX международного салона изобретений и инновационных технологий «Архимед 2017» (Москва 2017 г.); **золотой медали** Российской агропромышленной выставки «Золотая осень 2017г.» «За разработку машины для объемной контурной обрезки деревьев», (Москва, ВДНХ, 2017 г.) приложение М.

#### **Реализация результатов работы.**

Результаты научно-исследовательской работы внедрены в учебный процесс Инженерного института ФГБОУ ВО Мичуринского ГАУ на кафедре «Транспортно-технологических машин и основ конструирования», включены в курс по дисциплине «Сельскохозяйственные машины» и «Механизация сельскохозяйственного производства» для студентов, обучающихся по направлению «Агроинженерия», «Агрономия» приложение Ж.

Результаты диссертационного исследования приняты к внедрению для их дальнейшего использования в научно-технической работе по ОКР в плане реализации серийного производства машины на базе Инженерного центра ФНЦ им. И.В. Мичурина приложение К.

Результаты диссертационной работы приняты к реализации в производственной деятельности ООО «НПП «ПитомникМаш». Принято решение изготовить опытный образец машины для контурной обрезки плодовых деревьев с ленточным режущим аппаратом с целью проведения заводских испытаний и дальнейших мероприятий по освоению мелкосерийного производства приложение З.

**Публикации.**

Основные положения диссертации опубликованы в 18 печатных работах, общим объемом 6,4 печ.л, в т.ч. 4 работы в изданиях, рекомендованных перечнем ВАК, 4 в описаниях к патентам на полезные модели.

**Структура и объем диссертационной работы.**

Диссертация состоит из введения, пяти разделов, заключения и списка литературы, включающего 149 наименований. Работа изложена на 124 страницах, включает 24 рисунка и 52 таблицы, 12 приложений на 32 страницах.

# 1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ

## 1.1. Актуальность вопроса

Одной из основных технологических операций в садоводстве является обрезка плодовых деревьев.

Обрезка – это агротехническая операция по удалению отдельных частей плодового растения, для регуляции его роста и улучшения показателей урожайности [27, 71, 74, 146, 149,150].

Обрезка плодовых деревьев проводится с учетом индивидуальности плодовых деревьев, их возраста, схемы посадки, формы кроны, наличия годичного прироста, а также степени плодоношения насаждений и является важной и необходимой составной частью возделывания сада, наряду с содержанием почвы, системой удобрения, защитой от вредителей и болезней, орошением и другими агротехническими приемами. [6, 71, 137, 141]

Изучением технологических аспектов обрезки плодовых деревьев занимались такие ученые как: Аграфонов Н.Г., Бухтояров Л.Д., Васюта В.М., Гельфандбейн П.С., Донских Н.П., Клочко П.В., Колесников В.А., Кудрявец Р.П., Кужеленко В.Г., Куренной Н.М., Мокан М.Д., Муравьева А.А., Муханин И.В., Сергеенко В.М., Ульянов А.Ф., Фисенко А.Н., Цымбал А.Р., Черепяхин В.И., Шекихачев, Ю.А. и др. [1, 3, 16, 17, 24, 134, 143-145, 148, 149].

Данными авторами определено, что обрезка, как основная операция, регулирующая продукционные процессы плодовых деревьев, решает следующие задачи:

- достижение равновесия между плодоношением и ростом плодового дерева;
- удаление непродуктивных и нежизнеспособных ветвей и побегов;
- регулирование высоты растения;
- регулирование жизненного цикла дерева;
- повышение холодоустойчивости растений;
- увеличение срока жизни и плодоношения.

Доказано, что при исключении обрезки из жизненного цикла возделывания и эксплуатации промышленного сада происходит затухание и приостановка роста побегов, плодоношение плодовых деревьев становится нерегулярным, нарастает мелкоплодность, резко снижается устойчивость растений к морозам и другим неблагоприятным факторам внешней среды [3, 22, 71, 137].

В промышленном садоводстве обрезка обеспечивает ограничение габаритов кроны дерева и создание «светового» (технологического) коридора для проведения технологических операций по возделыванию сада [92].

Следует отметить, что являясь весьма важной технологической операцией в садоводстве, обрезка плодовых деревьев одновременно является наиболее трудоемкой операцией с преобладанием ручного труда.

В таблице 1.1 представлены трудозатраты по уходу за промышленным садом интенсивного типа [71, 72, 111, 132].

Таблица 1.1 – Трудозатраты по уходу за 100 га молодых и плодоносящих интенсивных промышленных яблоневых садов.

Автор. Источник	Затраты труда, чел.-час		Доля работ по уходу за кроной, %
	Общие	Уход за кроной	
<b>Уход за молодым садом / Уход за плодоносящим садом</b>			
<b>Схема посадки – 4,5×2 м. Количество деревьев на 1 га – 1110 шт.</b>			
Потапов В.А. [111]	17006,02 / 26798,43	12658,32 / 7589,15	74,4 / 28,3
<b>Схема посадки – 4,5×1,5 м. Количество деревьев на 1 га – 1500 шт.</b>			
Трунов Ю.В. [132]	18987,76 / 121995,4	12625,2 / 31077,9	66,5 / 25,4
<b>Схема посадки – 4×1,5 м. Количество деревьев на 1 га – 1666 шт.</b>			
Куликов И.М. [72]	21158,93 / 35915,18	18643,2 / 2585,04	88,1 / 7,2

Из таблицы 1.1 видно, что доля трудозатрат на проведении обрезки составляет более 80% в молодых садах и достигает 30 % в плодоносящих садах.

Этот факт подтверждается в публикациях Н.М. Куренного [74], где указано, что на обрезку деревьев расходуется до 30 % от всей суммы годовых затрат по уходу за плодоносящим садом.

Следует отметить, что наиболее качественная и правильная обрезка осуществляется ручным инструментом, позволяющим получить высокое качество срезов. При этом, использование ручного инструмента требует приложения больших мускульных усилий [124, 125].

Мышечные усилия, прикладываемые к ручному секатору во время обрезки ветви диаметром 18-20 мм, достигают 370 Н, а за рабочий день они составляют более 1500000 Н, что в итоге приводит к перенапряжению ряда мышечных групп и развитию заболеваний [146].

При оценке условий труда в соответствии с «Руководством по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда» (Р 2.2.2006-05) ручную обрезку можно отнести к 3-4 классу по степени вредности и опасности. Это связано с проведением работ в холодное время года и чаще всего, на высоте более 1,5 м с применением тяжелого ручного труда [97, 114, 122].

На рисунке 1.1 представлены фотографии, иллюстрирующие примеры проведения ручной обрезки в промышленных садах различной категории.



Рисунок 1.1 – Примеры проведения ручной обрезки плодовых деревьев

### **Выводы по разделу 1.1**

1. Обрезка плодовых деревьев является важной и основной технологической операцией в промышленном садоводстве.
2. Выполнение обрезки занимает более 80 % в молодых садах и достигает 30 % в плодоносящих от общей суммы всех трудозатрат по уходу за промышленными садами.
3. Ручной труд при выполнении операций обрезки составляет более 90% и относится к 3-4 классу по степени вредности и опасности.
4. Данные факторы подтверждают необходимость и актуальность работ по механизации операции обрезки плодовых деревьев.

## 1.2 Технологические аспекты механизированной обрезки плодовых деревьев

### 1.2.1 Категории промышленных садов

В настоящее время в России распространены и эксплуатируются различные типы промышленных садов, условно разделенные на 4 категории и имеющие различные схемы посадки и сорто-подвойные комбинации плодовых деревьев.

Так, по классификации, обозначенной в ряде научных публикаций [1, 3, 45, 73, 111, 117, 132], отечественные промышленные сады разделяются на **экстенсивные, нормальные (полуинтенсивные), интенсивные и высокоинтенсивные.**

В таблице 1.2 представлены основные характеристики промышленных садов различных категорий.

Таблица 1.2 – Категории промышленных садов и их характеристики (фото садов АО «Сад-Гигант»)

Экстенсивные сады	Нормальные сады
	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сорты: Толерантные</li> <li>2. Подвои: Сильнорослые</li> <li>3. Плотность посадки: 310-475 деревьев/га</li> <li>4. Схемы размещения: 7-8 × 3-4 м</li> <li>5. Высота кроны без обрезки: 5-7 м</li> <li>6. Тип кроны плодового дерева: Разреженно-ярусная, чашевидная</li> <li>7. Жизненный цикл сада: 40-50 лет</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сорты: Пластичные</li> <li>2. Подвои: Среднерослые и полукарликовые</li> <li>3. Плотность посадки: 475-800 деревьев/га</li> <li>4. Схемы размещения: 5-7 × 2-4 м</li> <li>5. Высота кроны без обрезки: 4-5 м</li> <li>6. Тип кроны плодового дерева: Полуплоская, разреженно-ярусная, свободнорастущая пальметта</li> <li>7. Жизненный цикл сада: 35-40 лет</li> </ol>



Интенсивные сады	Высокоинтенсивные сады
	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сорта: Интенсивные</li> <li>2. Подвои: Слаборослые и карликовые</li> <li>3. Плотность посадки: 800-2860 деревьев/га</li> <li>4. Схемы размещения: 3,5-4,5×1-1,5 м</li> <li>5. Высота кроны без обрезки: 2-3 м</li> <li>6. Тип кроны плодового дерева: Компактная округлая, веретенообразная плоская и полуплоская, улучшенная вазообразная.</li> <li>7. Жизненный цикл сада: 20-25 лет</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сорта: С заданными параметрами</li> <li>2. Подвои: Суперкарликовые</li> <li>3. Плотность посадки: 2500-6600 деревьев/га</li> <li>4. Схемы размещения: 3-4 × 0,5-1 м</li> <li>5. Высота кроны без обрезки: 1,5-2 м</li> <li>6. Тип кроны плодового дерева: Стройное веретено, французская ось (Пиллар), кордон, Би-баум</li> <li>7. Жизненный цикл сада: 15-18 лет</li> </ol>

Следует отметить, что в категорию экстенсивных садов входят и старые (возраста 20-30 лет) плодоносящие сады, которые остаются в эксплуатации, но требуют коренной модернизации. На рисунке 1.2. приведены фотографии садов АО «Учхоз-племзавод «Комсомолец» возрастом 25-27 лет



Рисунок 1.2 – Старые плодоносящие сады, подлежащие коренной модернизации в АО «Учхоз-племзавод «Комсомолец»

Данный факт также необходимо учитывать при разработке конструкций режущих аппаратов машин для механизированной обрезки плодовых деревьев.



### 1.2.2 Кроны плодовых деревьев

По классификации [1, 3, 68, 111], плодовые деревья делятся на **сильнорослые, среднерослые и слаборослые**.

В зависимости от силы роста соответственно формируется плотность посадки, схема размещения и размерные характеристики крон.

В таблице 1.3 представлены размерные характеристики крон и схемы размещения плодовых деревьев в садах различных категорий в зависимости от силы роста деревьев.

К **сильнорослым** деревьям можно отнести такие сорта яблони как Анис алый, Анис полосатый, Антоновку, Богатырь, Макинтош и др. Сильнорослые плодовые деревья в основном имеют форму кроны объемного типа, с ограничением высоты до 4,5 м. [3, 68].

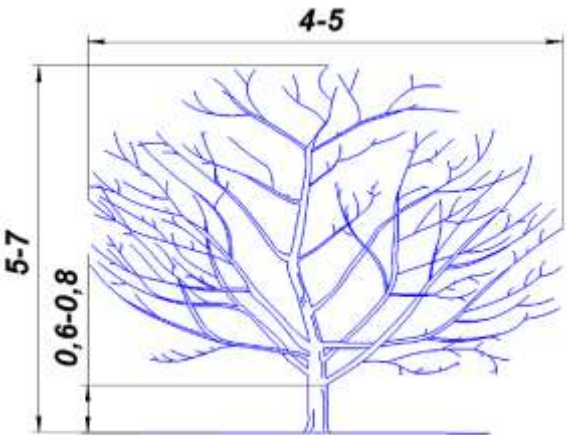
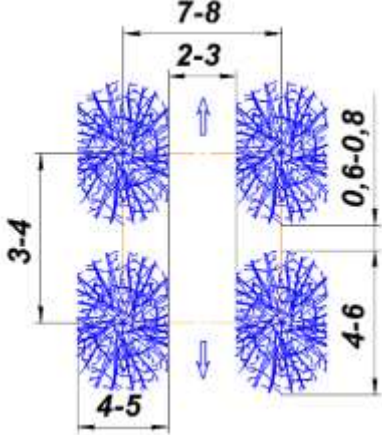
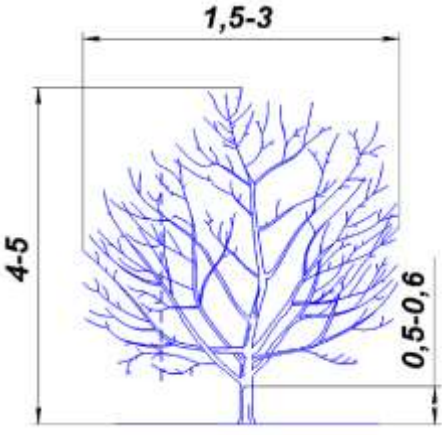
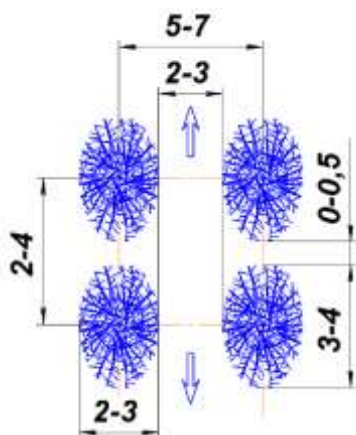
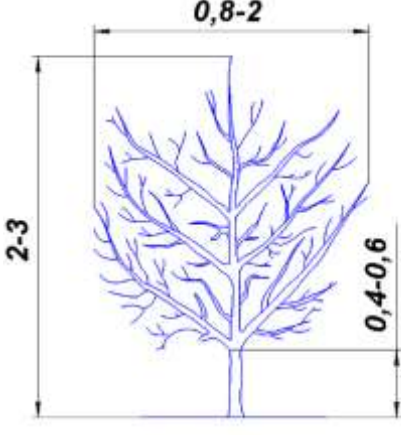
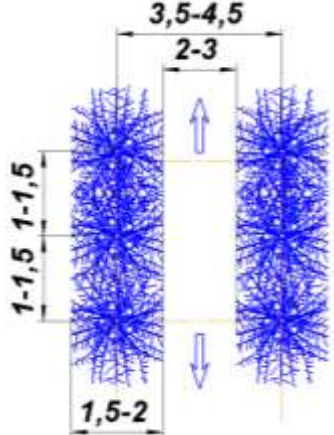
К **среднерослым** деревьям относятся сорта Боровинка, Голден, Джонатан и др. Среднерослые плодовые деревья в основном имеют форму кроны плоского и уплощенного типа, с ограничением высоты до 3,5 м [71, 137, 146].

К **слаборослым деревьям** относятся сорта Вагнера, Жигулевское, Пепин шафранный, Мелба, Оранжевое и др. Кроны слаборослых плодовых деревьев формируют таким образом, чтобы они создавали, так называемую «плодовую стену» высотой до 2-3 м, что позволяет увеличить количество деревьев в саду, тем самым повысить его урожайность. [1, 92].

Одной из особенностей деревьев, растущих в виде «плодовых стен» является размещение плодоносящих ветвей вдоль междурядья, как можно ближе к центру его оси, что позволяет проводить механизированную контурную обрезку для создания «светового» (технологического) коридора, не затрагивая скелетные ветви, тем самым не нарушая соподчинение ветвей и с минимальными повреждениями [1, 40, 67, 91, 92].

Непосредственно форму (тип) кроны плодовых деревьев формируют в зависимости от категории сада, принятой технологии возделывания и района произрастания [6, 29, 67, 71, 111, 146].

Таблица 1.3 – Основные размерные характеристики крон и схемы размещения плодовых деревьев

Размерные характеристики крон, м	Схема размещения, м
<b>Сильнорослые плодовые деревья (экстенсивный сад)</b>	
	
<b>Среднерослые плодовые деревья (нормальный сад)</b>	
	
<b>Слаборослые плодовые деревья (интенсивный сад)</b>	
	

В таблице 1.4 приведены описания основных форм (типов) крон плодовых деревьев, получивших наибольшее распространение в промышленном садоводстве.

Таблица 1.4 – Основные типы крон плодовых деревьев промышленных садов

Форма (тип) кроны. Автор	Описание
<b>Полуплоская крона.</b> Клочко П.В. [70]	Скелетные ветви размещают попарно ярусами: две из них располагают в первом ярусе супротивно, а остальные в последующих ярусах разреженно через 10 - 30 см или же одиночно. Сформированное дерево в зависимости от породы, сорта и подвоя имеет общую высоту 3 - 4 м и толщину плодовой стены у основания 2,5 - 3,5 м.
<b>Упрощенная плоская крона.</b> Кудрявец Р.П. [71]	Плоская крона, направленная длинной стороной по ряду, шириной со стороны междурядий до 3 м и высотой 3,5 - 4 м.
<b>Каналовеерная система формирования крон.</b> Куренной Н.М. [74]	Рекомендуется для строчно-уплотненных посадок 5 - 6 скелетных ветвей направляют в сторону междурядья. Проводник обрезают над верхней одиночной ветвью. Высота окончательно сформированной кроны 3 - 3,5 м. В междурядье оставляют коридор для прохода машин и орудий, а в ряду между деревьями проемы 0,5 - 0,7 м.
<b>Уп্লощенная крона.</b> Кудрявцев Р.П. [71]	Высота должна быть не более 3 м, толщина поперек ряда 2-2,5 м, ширина вдоль ряда до смыкания с соседними деревьями. Свободный от ветвей коридор между соседними рядами около 2,5 м.
<b>Кроны типа комбинированная пальметта.</b> Кудрявцев Р.П. [71]	Объемная искусственная крона, у которой все ветви размещены горизонтально. Длина ветвей до 1,5 - 2 м. Часть нижних ветвей не отгибают до горизонтального положения, а формируют из них скелетные ветки, как в обычных объемных кронах. Появляющиеся на них обрастающие ветки также переводят в горизонтальное положение.
<b>Полуплоская крона.</b> Гельфандбейн П.С. [27]	Размещение основных ветвей в одной плоскости в стороны междурядий.
<b>Округлая крона.</b> Черепяхин В. И. [146]	Ствол выше 2 м от земли укорачивают. В междурядьях поддерживают световой коридор шириной около 2 м. Побеги длиной до 60 см не укорачивают, а более длинные обрезают, оставляя 60 - 70 см однолетнего прироста.
<b>Веретенovidная крона.</b> Фисенко А.Н. [137]	Объемная искусственная крона, у которой все ветви размещены горизонтально. Длина ветвей до 1,5 - 2 м.

К сожалению, в настоящее время нет специально разработанных типов крон, адаптированных к механизированной обрезке.

Так Клочко П.В., Кудрявец Р.П., Куренной Н.М., Лучков П.Г., Майдап И.Б., Павленко В.А., Петровская Л.А., Рузин Б.Г., Фисенко А.Н., Черепяхин В.И. и др. [10, 27, 40, 68-72, 120, 146], имеют различное мнение, о том, какие формы крон наиболее подходят для применения механизированной обрезки.

### 1.2.3 Определение механизированной контурной обрезки

Обрезка, как технологическая операция направлена на удаление отдельных частей плодового растения.

Нормативное определение **обрезки** приведено только в ГОСТ Р 52681-2006 «Виноградарство. Термины и определения». Там же определен такой термин, как «**длина обрезки**», характеризующий длину плодового побега, оставляемого при обрезке.

В других источниках определены термины «**степень обрезки**» и «**вид обрезки**» [74, 92].

По определению «**степень обрезки**» характеризует зависимость обрезки от длины удаляемых частей дерева. Различают обрезку **сильную, среднюю и слабую**.

**Сильная** (короткая) обрезка – удаление  $3/4 - 4/5$  длины побега, **средняя** (умеренная) – удаление  $1/2$  длины побега, **слабая** (длинная) – удаление  $1/3-1/4$  длины побега.

Термин «**вид обрезки**» характеризует технологическую направленность данной операции.

В различных литературных источниках приводят от 4 до 6 видов обрезки в промышленных садах.

Нами выделены основные (наиболее распространенные) определения видов обрезки плодовых деревьев в промышленных садах, а именно: **формирующая, поддерживающая или регулирующая, восстановительная, ограничительная или контурная, санитарная, омолаживающая или шоковая** [27, 40, 67, 71, 74, 89, 92, 111].

В таблице 1.5 приведен перечень видов обрезки, используемых в промышленном садоводстве, с указанием технологической направленности и способы их осуществления.

Из таблицы 1.5 следует, что механизированная обрезка не исключает применение ручного труда, поэтому ее следует применять как вспомогательное средство, которое значительно сокращает затраты труда.

Таблица 1.5 – Виды обрезки плодовых деревьев, применяемые в промышленном садоводстве.

Вид обрезки. Автор	Технологическая направленность. Назначение	Способ осуществления
<b>Формирующая.</b> Гельфандбейн П.С. [27], 1965 г.	Предназначена для создания кроны с заданными параметрами и распределением многолетних и обрастающих ветвей по всему объему кроны, обеспечивающих хороший световой режим по всей ее глубине. Проводят в период роста до достижения деревом параметров, установленных для данной конструкции сада.	Вручную высококвалифицированными специалистами
<b>Поддерживающая или регулирующая.</b> Мокан М.Д. [89], 1984 г.	Сохраняют заданные параметры, структуру и световой режим кроны. Начинают проводить во время формирования кроны и продолжают в процессе жизненного цикла дерева по мере нарастания новых обрастающих ветвей и отмирания старых.	С применением машин для контурной обрезки плодовых деревьев с ручной доработкой
<b>Восстановительная.</b> Кудрявцев Р.П. [71], 2010 г.	Проводят у запущенных деревьев, а также у пострадавших от неблагоприятных погодных условий, при проведении работ в саду (поломки ветвей), вредителей и т.д.	Вручную высококвалифицированными специалистами
<b>Ограничительная или контурная.</b> Черепяхин В. И. [144] 1989 г.; Куренной Н.М. [74], 1985 г.	Проводится для сохранения параметров кроны при выходе их за установленные параметры.	С применением машин для контурной обрезки плодовых деревьев или вручную.
<b>Санитарная.</b> Муханин И.В. [92] 2011 г.	Проводится в любое время года и ставит целью своевременного удаления из кроны плодовых деревьев поломанных, больных, сухих и поврежденных ветвей для сохранения жизненных сил дерева	Исключительно вручную высококвалифицированными специалистами
<b>Омолаживающая (шоковая).</b> Григорьева Л.В. [35], 2015 г.; Муханин И.В. [93], 2001 г.	Восстанавливают способность к росту стареющих ветвей и старых деревьев, возвращают дереву состояние физиологического равновесия между ростом и плодоношением. Ее начинают проводить при уменьшении длины побегов ниже оптимальных значений. По мере старения дерева обрезка усиливается. Обрезку проводят при годичном приросте ветвей в длину не менее 25-30 см.	С применением машин для контурной обрезки плодовых деревьев или вручную.

Практически всеми авторами утверждается, что после механизированной обрезки необходима ручная доработка, при которой вырезают поломанные и сильно поврежденные ветви, поправляют отдельные срезы, разрывы коры и

древесины. Одновременно проводится обрезка внутренней зоны кроны, как это делается при обычной ручной обрезке. Так же проводится удаление срезанных ветвей застрявших в кроне после механизированной обрезки.

В связи с тем, что механизированная обрезка применяется как вспомогательное средство, в литературных источниках встречаются определения механизированной обрезки типа «технологическая обрезка» или «предобрезка» [48-50].

Также термин «технологическая обрезка» используется при механизированной обрезке плодоносящих деревьев с запущенной кроной (рисунок 1.2) для формирования «световых» (технологических) коридоров [54, 93, 122, 146].

В любом случае механизированная обрезка формирует только контур кроны плодового дерева и ее размер, не затрагивая внутренних частей, которые в дальнейшем подлежат ручной подрезке или вырезке [21, 27, 54, 57, 146].

На рисунке 1.3 представлены зоны контурной обрезки для периферийных ветвей плодовых деревьев различных категорий промышленных садов.

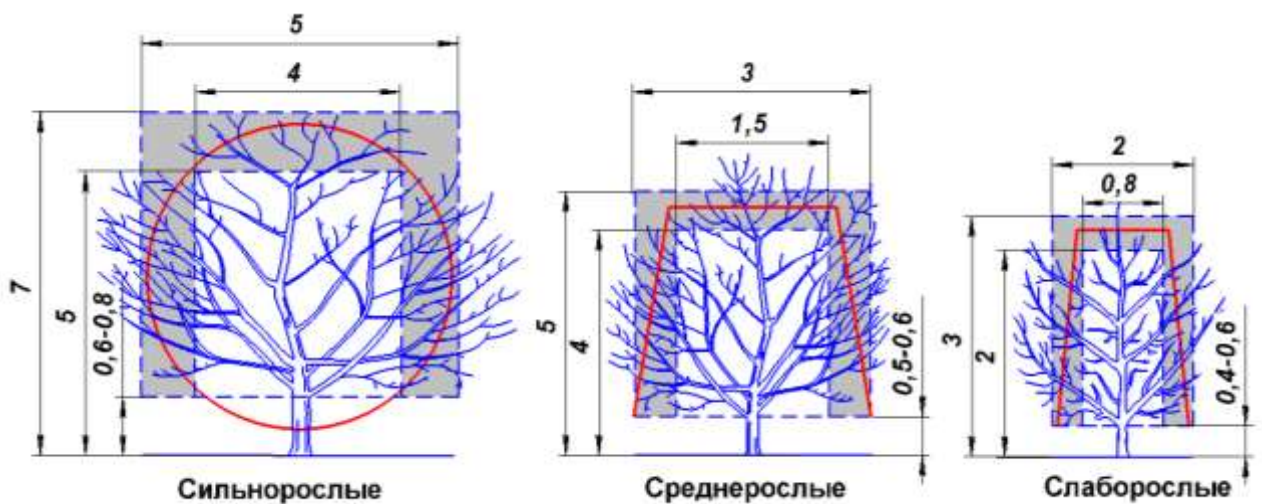


Рисунок 1.3 – Зоны контурной обрезки плодовых деревьев

В итоге, под **механизированной обрезкой** следует понимать контурную обрезку (ограничение) периферийной части кроны – ветвей и побегов в верхней части и с боковых сторон плодового дерева, проведенную машинами с

различными режущими аппаратами по заранее определенному контуру [21, 27, 146].

Несмотря на то, что механизированная обрезка рассматривается как вспомогательное средство по уходу за кроной плодового дерева – ее повсеместное использование значительно сокращает затраты труда и обеспечивает снижение вредности и опасности использования ручного труда, особенно при эксплуатации экстенсивных и нормальных промышленных садов.

#### **1.2.4. Показатели механизированной контурной обрезки**

Качественные показатели на выполнение любых работ в сельском хозяйстве регламентируются агротехническими требованиями (АТТ).

По определению, **агротехнические требования (АТТ)** – это нормативы или указания по качеству и безопасности проведения сельскохозяйственных работ, выполняемых механизированным способом [34, 38, 91, 97, 118, 128, 129].

Практически все агротехнические требования, утвержденные как нормативные документы, содержат обязательные разделы:

- **«Качественные показатели технологического процесса»**, определяющие целеполагание сельскохозяйственной машины или оборудования (данный раздел определяет, что именно и как должна делать машина);
- **«Технико-эксплуатационные требования и показатели»**, определяющие конструкционные и эксплуатационные особенности сельскохозяйственной машины или оборудования.

До настоящего времени в России исходные требования к машинам для механизированной контурной обрезке плодовых деревьев регламентировались агротехническими требованиями на проведение обрезки в садах **экстенсивного и нормального** типа, а именно:

- АТТ на машину для контурной обрезки плодовых деревьев [118];
- АТТ на машину универсальную для контурной обрезки деревьев со сменными рабочими органами (модернизация МКО-3) [129].

Первые АТТ регламентируют требования на машину для контурной обрезки МКО-3, вторые – на ее модернизацию.

Данными АТТ определены следующие условия и качественные показатели технологического процесса:

- машина предназначена для контурной вертикальной и горизонтальной обрезки плодовых деревьев;
- ширина междурядий не менее 4 м;
- расстояние от нижней ветви, подлежащей срезу, до поверхности почвы не менее 50 см;
- за один проход машиной обрезается один или два полуряда (ряда) деревьев;
- машина должна обеспечивать снижение кроны в пределах 2,5–4,0 м и прорезать световой коридор шириной 2–4 м;
- машина должна обеспечить срезание ветвей толщиной (диаметром) до 80 мм при омолаживающей обрезке и до 25 мм при обрезке прироста;
- обрезка ветвей толщиной (диаметром) до 25 мм должна производиться сегментными рабочими органами, свыше 25 мм – дисковыми рабочими органами;
- количество некачественных срезов (наличие расщеплений и сдиров коры) не должно превышать 20%;
- некачественный срез ветвей толщиной (диаметром) до 10 мм не учитывается;
- полнота обрезки ветвей должна быть не менее 95%.

С учетом исследований и рекомендаций Бычкова В.В., Варламова Г.П., Герасимова В.А., Ключко П.В., Колесникова В.А., Кудрявца Р.П., Кутейникова В.К., Черепихина В.И. и др. положения (официально утвержденных АТТ) для интенсивных и суперинтенсивных садов дополняются требованиями наклона бокового контура кроны плодовых деревьев в пределах 12 – 25° к вертикали [18, 21, 28, 62, 76, 89, 141]

Выполнение данных требований приближает контур кроны плодового дерева к форме, уменьшающей затенение от соседних деревьев и создающей оптимальное освещение плодового дерева по всему контуру кроны.



Следует отметить особые требования к качеству поверхности среза ветвей. Так, агротехническими требованиями на модернизацию МКО-3 предлагается обрезку ветвей толщиной (диаметром) до 25 мм осуществлять сегментными рабочими органами, которые обеспечивают более качественный срез ветвей, по сравнению с дисковыми рабочими органами.

Требования обеспечения качественного среза ветвей толщиной (диаметром) свыше 10 мм обусловлены условиями быстрого зарастания «раны» реза.

Доказано, что внутренняя полость одревесневшей ветви не способна регенерировать ткани, поэтому срез должен быть максимально гладким (с минимальной шероховатостью), без повреждений коры и камбия под ней и по возможности защищен от внешних воздействий специальным раствором (замазкой) [29, 68, 70, 77].

Данные мероприятия снижают степень испарения влаги с поверхности реза ветви и проникновение инфекций в ее полость, что в свою очередь ускоряет процессы заживления и зарастания.

К сожалению, в официально утвержденных АТТ не приводятся количественные характеристики показателей качества среза ветвей, что снижает точность и достоверность оценки и выявления конкурентных преимуществ различных режущих аппаратов машин для контурной обрезки.

### **Выводы по разделу 1.2.**

1. В настоящее время в России одновременно эксплуатируются промышленные сады различных категорий – экстенсивные, нормальные, интенсивные, суперинтенсивные и старые сады, подлежащие коренной модернизации.
2. Данные сады отличаются друг от друга как сорто-подвойными комбинациями (сильнорослые, среднерослые, слаборослые), плотностью посадки (от 300 до 6600 деревьев на га и выше), схемами размещения плодовых деревьев (от 8 до 3 м по ширине междурядий и от 4 до 0,5 м по расстоянию между деревьями в ряду), так и размерными характеристиками крон (от 7 до 2 м по высоте и от 5 до 0,8 по ширине).

3. Различные категории промышленных садов и типы плодовых деревьев, широта климатических зон их выращивания и технологические аспекты эксплуатации определяют достаточно разнообразные формы крон плодовых деревьев. Однако в настоящее время нет специальных типов крон адаптированных к механизированной обрезке.
4. По определению, под механизированной обрезкой следует понимать контурную обрезку (ограничение) периферийной части кроны – ветвей и побегов в верхней части и с боковых сторон плодового дерева, проведенную машинами с различными режущими аппаратами по заранее определенному контуру.
5. Машины для контурной обрезки плодовых деревьев в первую очередь должны обеспечить качественное срезание ветвей толщиной (диаметром) до 80 мм при омолаживающей обрезке и до 25 мм при обрезке прироста на всем диапазоне типоразмерных характеристик современных промышленных садов.
6. Существующие агротехнические требования (АТТ) на механизированную контурную обрезку в основном регламентируют требования к машинам для проведения контурной обрезки в экстенсивных садах.
7. С целью повышения качества среза ветвей и побегов плодового дерева существующими АТТ рекомендовано использование различных режущих аппаратов: сегментных – для обрезки ветвей толщиной (диаметром) до 25 мм и дисковых – для обрезки ветвей толщиной (диаметром) свыше 25 мм.
8. Существующими АТТ не регламентирована количественная оценка качества среза ветвей и побегов плодового дерева, что значительно снижает точность и достоверность оценки и выявления конкурентных преимуществ различных режущих аппаратов машин для контурной обрезки.

### **1.3. Технические аспекты механизированной контурной обрезки плодовых деревьев**

#### **1.3.1. Отечественные и зарубежные машины для контурной обрезки**

В настоящее время в системе инженерного обеспечения промышленного садоводства России практически отсутствуют машины для контурной обрезки плодовых деревьев отечественного производства.

Ранее отечественный парк был представлен серийными машинами для контурной обрезки плодовых деревьев МКО-3, МКО-3А, МК-1 (АО ГСКБ по комплексам машин для механизации работ в садах, виноградниках, питомниках и ягодниках, г. Кишинев), а также опытными образцами типа АМС-7 (разработчик и изготовитель ФГБНУ ВСТИСП, г. Москва) и машиной для контурной обрезки плодовых деревьев в условиях террасного садоводства МКОТС (разработчик и изготовитель ФГБНУ СЕВКАВНИИГИПС [6, 18, 19, 20, 21, 47, 60, 72, 78, 113, 141].

Зарубежные контурные обрезчики отличаются огромным разнообразием типов и моделей [63,63, 64, 128].

Здесь можно отметить контурные обрезчики фирм-изготовителей *Industrias David* (Испания), *RINIERIS R.L.* (Италия), *BMV* (Италия), *OSTRATICKÝ* (Чехия), *FA.MA. Fabbrica Macchine* (Италия), *BOMFORD* (Великобритания), *SPEARHEAD* (Германия), *TWOSE* (Швеция), *Binger Seilzug GmbH & Co. KG* (Германия) и др., которые активно позиционируются на отечественном рынке.

Описания и технические характеристики существующих моделей машин для контурной обрезки плодовых деревьев представлены в приложении А

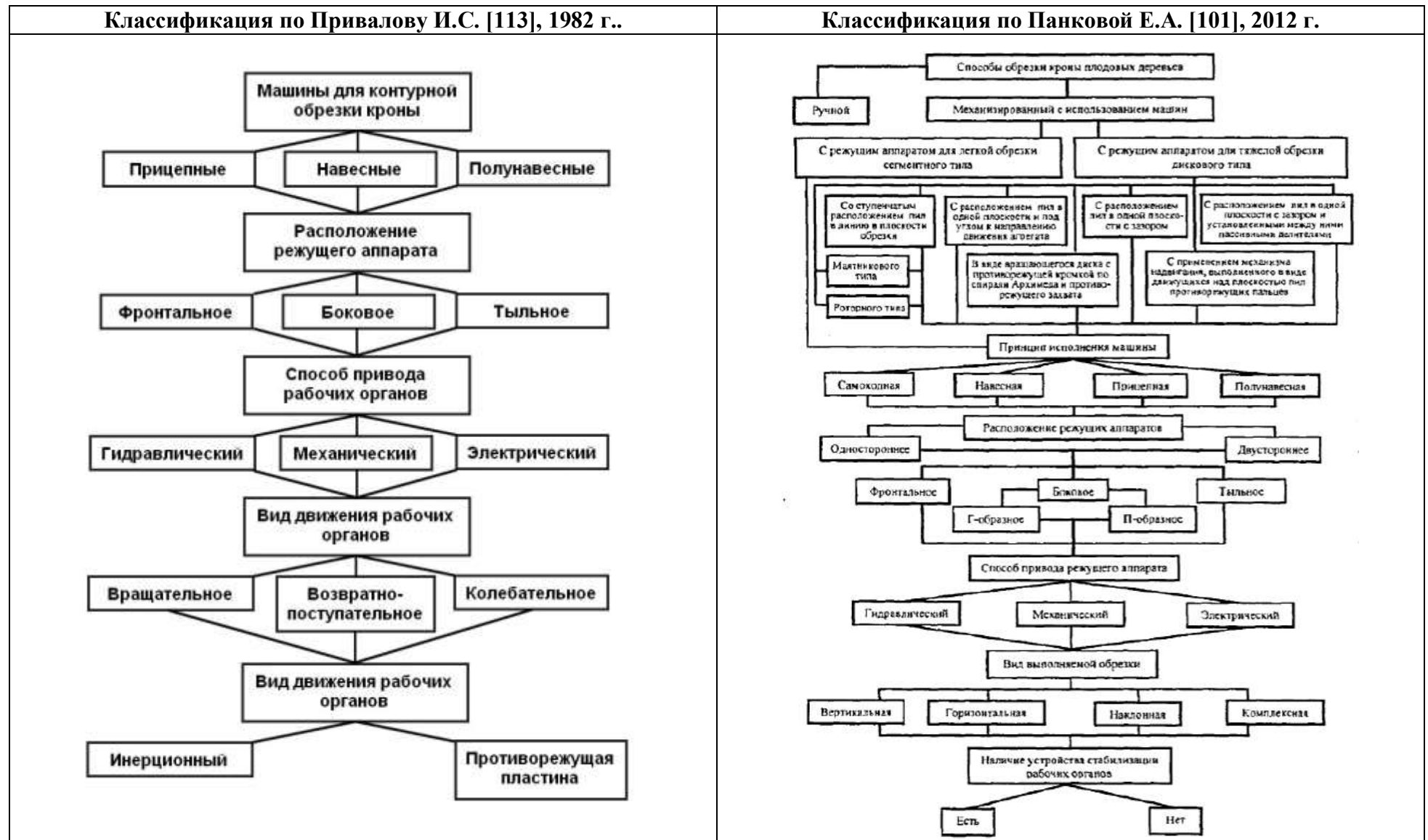
### **1.3.2. Структурно-функциональный анализ и классификация машин для механизированной контурной обрезки плодовых деревьев**

Огромное разнообразие типов и моделей контурных обрезчиков (данное утверждение относится к зарубежным машинам) предопределило различные подходы к их структурно-функциональному анализу и классификации.

В таблице 1.6 приведены примеры классификаций машин для контурной обрезки плодовых деревьев, разработанные отечественными авторами [19, 100, 101, 113].

При проведении структурно-функционального анализа и классификации машин для контурной обрезки плодовых деревьев нами были использованы классификационные признаки, определяющие только конструктивное исполнение машин и их компонентов.

Таблица 1.6 – Классификации машин для контурной обрезки плодовых деревьев



В соответствии с терминологией ПР 50.1.019-2000 «Основные положения единой системы классификации и кодирования технико-экономической и социальной информации и унифицированных систем документации в Российской Федерации», при составлении структурно-функциональной схемы компоновки и классификации машин для контурной обрезки были введены следующие ограничения:

- **объект классификации (предметная область):** машины для контурной обрезки в промышленном садоводстве;
- **признак классификации:** конструкционное исполнение машины и ее элементов;
- **классификационная группировка:** подмножество элементов машин для контурной обрезки по одному конструкционному признаку;
- **глубина (число ступеней) классификации:** первая ступень классификации, определяющая тип, расположение и конструкционное исполнение элементов машин для контурной обрезки.

В соответствии представленными выше ограничениями, тематики и предметной области диссертационного исследования нами были выделены основные классификационные признаки, разработана структурно-функциональная схема и составлена классификация современных машин для контурной обрезки плодовых деревьев.

На рисунке 1.4 представлена структурно-функциональная схема (конфигурация) машин для контурной обрезки с выделенными классификационными признаками [50-52].

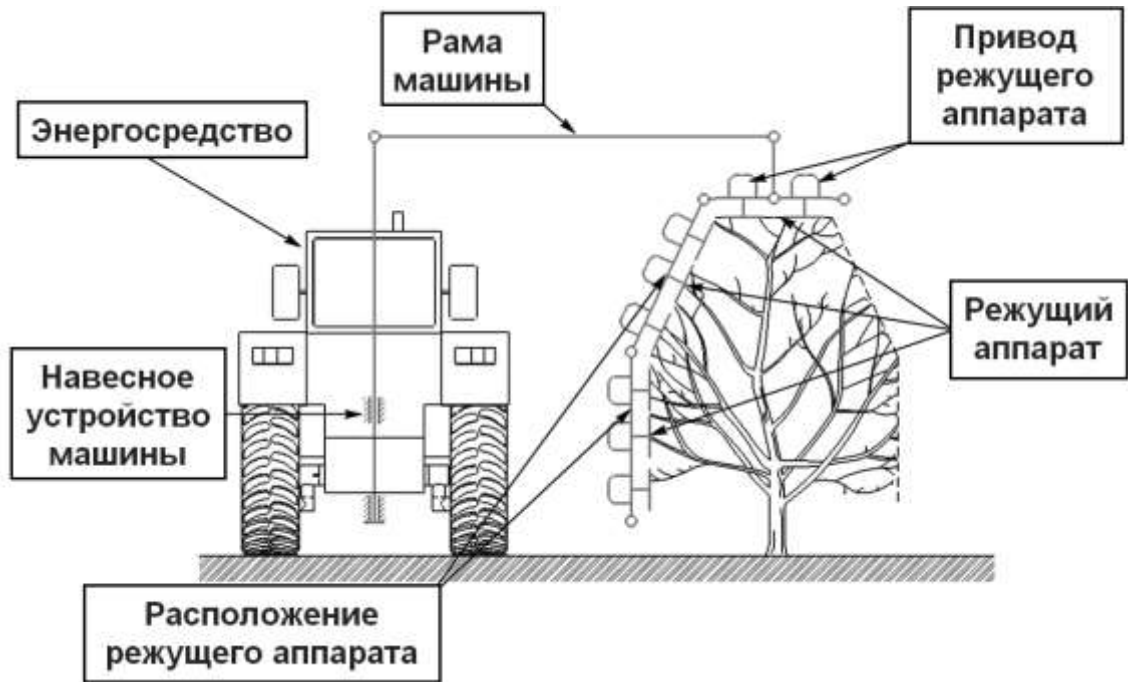


Рисунок 1.4 – Структурно-функциональная схема компоновки машины для обрезки деревьев

В таблице 1.7 приведены классификационные признаки и группировки современных машин для контурной обрезки плодовых деревьев в промышленном садоводстве.

Таблица 1.7 – Классификация машин для контурной обрезки плодовых деревьев по конструктивным признакам

<b>D0</b>	<b>Классификационный признак</b>	
	<b>D1</b>	<b>Классификационная группировка первой ступени</b>
<b>1</b>	<b>Тип машины</b>	
	1.1	Самоходные
	1.2	Навесные
	1.3	Прицепные
	1.4	Полуприцепные
<b>2</b>	<b>Установка (навешивание) режущего аппарата к энергосредству</b>	
	2.1	Передняя навеска
	2.2	Задняя навеска
	2.3	Боковая навеска
<b>3</b>	<b>Установка режущего аппарата (рама машины)</b>	
	3.1	На раме фронтального погрузчика
	3.2	На специальной раме
	3.3	На манипуляторе
	3.4	На подвижной (вращающейся) крестовине

<b>4</b>	<b>Тип привода режущего аппарата</b>	
	4.1	Механический
	4.2	Гидромеханический
	4.3	Электромеханический
	4.4	С независимым малогабаритным ДВС
<b>5</b>	<b>Расположение режущих аппаратов</b>	
	5.1	Одностороннее боковое
	5.2	Двухстороннее боковое
	5.3	Вертикальное
	5.4	Комбинированное (боковое и вертикальное)
<b>6</b>	<b>Тип режущего аппарата</b>	
	6.1	Дисковый
	6.2	Сегментный
	6.3	Ножевой
	6.4	Барабанный (цилиндрические роторы)
	6.5	Гибкий (тросовые и струнные пилы)
	6.6	Ленточный (ленточная пила)

Далее в таблицах 1.8, 1.9, 1.11, 1.12, 1.13, 1.14 представлены иллюстрации классификационных признаков современных контурных обрезчиков и их краткое описание.





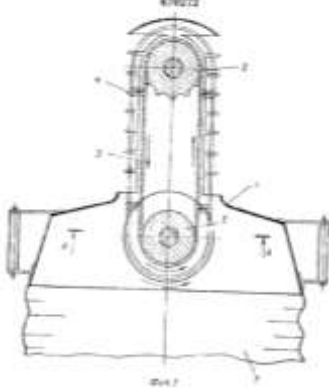
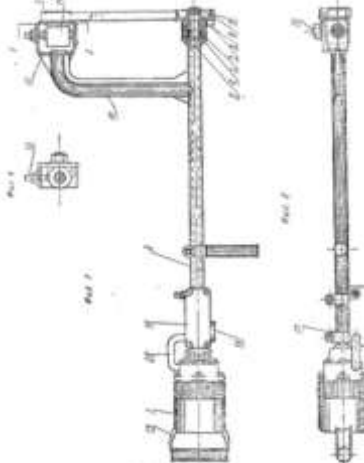
### **1.3.2.1. Классификация машин для контурной обрезки плодовых деревьев по типу режущего аппарата**

Известно, что качество обрезки плодовых деревьев в основном зависит от типа режущего аппарата.

В таблице 1.8 представлена классификация и примеры исполнения контурных обрезчиков с различными режущими аппаратами.

Анализ литературных источников и проспектов различных фирм-изготовителей показал, что наибольшее распространение получили дисковые, сегментные и ножевые режущие аппараты [6, 19-21, 38, 43, 48, 60, 61, 64, 65, 72, 97, 108, 122, 124, 125, 140].

Таблица 1.8 – Классификация контурных обрезчиков по типу режущего аппарата

Дисковый METEOR	Сегментный BMV E600S	Ножевой BMV E 600
		
Барабанный Kegel cilinder	Гибкие режущие пилы Патент № 670272	Ленточный Патент № 1727699
		

На рисунке 1.5 представлены контурные обрезчики со сменными режущими аппаратами дискового, сегментного и ножевого (чеканочного) типа.



Рисунок 1.5 – Наиболее распространенные типы режущих аппаратов



Дисковые режущие аппараты в основном применяют на операциях омолаживающей обрезки, снижения высоты кроны плодового дерева и формировании светового (технологического) коридора в старых садах, требующих коренной модернизации, где толщина (диаметр) срезаемых ветвей достигает 80 мм [54, 60, 61, 122].

Для обрезки прироста применяют сегментные режущие аппараты, которые эффективно обрезают ветви толщиной (диаметром) не более 25 мм, обеспечивая высокое качество реза [29, 113].

При проведении операций чеканки на виноградниках, летней обрезки «зеленого» прироста плодовых деревьев и в случаях, когда требования к чистоте поверхности среза не являются основными применяют ножевые (чеканочные) режущие аппараты, которые эффективно обрезают ветви толщиной (диаметром) 20-30 мм при невысоком качестве [20, 21, 54, 113].

Ротационно-барабанные режущие аппараты получили распространение в ландшафтном дизайне. При обрезке плодовых деревьев такие режущие аппараты имеют ограниченное применение [51].

Гибкие тросовые, пильные и ленточные режущие аппараты, при их высокой эффективности, в настоящее время в основном используются в ручных механизмах для обрезки плодовых деревьев.

#### **1.3.2.2. Классификация машин для контурной обрезки плодовых деревьев по типу привода режущих аппаратов**

В таблице 1.9 представлены основные типы применяемых приводов режущих аппаратов.

Машины с гидравлическим приводом режущих аппаратов получили наибольшее распространение, так как гидропривод обеспечивает наиболее простую компоновку кинематической схемы.

Использование гидропривода требует наличия гидростанции с приводом от ВОМ трактора и системы охлаждения масла.

Таблица 1.9 – Классификация контурных обрезчиков по типу по типу привода режущих аппаратов

Гидравлический	Механический	Электромеханический
BMV S 500	Optimal	УСБ-25КА
		

Машины с механическим приводом работают непосредственно от ВОМ трактора. Преимуществом механического привода является передача больших мощностей. Основным недостатком является сложность системы передачи мощности от ВОМ трактора к рабочим органам режущего аппарата.

Машины с электро-механическим приводом работают от автономного электроагрегата, связанного с ВОМ трактора через редуктор [46, 47, 56, 57, 64, 65].

У таких машин существенно упрощается кинематическая схема, повышается эксплуатационная надежность, улучшается культура производства. В настоящее время мобильные машины с электроприводом только начинают свое развитие в сельскохозяйственном машиностроении.

Одним из перспективных вариантов привода, по нашему мнению, является применение независимого привода режущих аппаратов от малогабаритных ДВС.

Современные малогабаритные ДВС имеют достаточную высокую мощность, надежность и возможность удаленного запуска и управления.

Использование независимых малогабаритных ДВС для привода режущих аппаратов позволит использовать трактора меньшей мощности для агрегатирования машин для контурной обрезки.

Основные характеристики применяемых приводов режущих аппаратов контурных обрезчиков представлены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Основные характеристики применяемых приводов режущих аппаратов.

Тип привода	Описание	Преимущества	Недостатки
Гидравлический привод	Работают от гидросистемы трактора, или независимой гидросистемы питающейся от гидрогенератора с приводом от ВОМ	Расположение режущего аппарата в любой плоскости Простая кинематическая схема машины	Низкая надежность соединений, большой расход мощности, низкий К.П.Д.
Механический привод от ВОМ трактора	Работают непосредственно от ВОМ трактора через систему дополнительных передаточных механизмов	Использование энергии двигателя трактора	Сложная конструкция, сложность передачи крутящего момента от ВОМ, расположение режущего аппарата с тыльной стороны
Электро-механический привод	Работают от автономного генератора, связанного с ВОМ трактора через редуктор	Простая кинематическая схема машины, повышенная эксплуатационная надежность, улучшена культура производства	Высокая степень опасности при работе с машиной, высокая стоимость оборудования
Независимый привод от малогабаритного ДВС	Режущий аппарат машины вместе с малогабаритным ДВС смонтирован на стреле, в виде параллелограммного механизма	Невысокая стоимость оборудования. Эффективное использование, простота конструкции	Необходимо наличие на ДВС системы удаленного запуска, незначительные затраты на ГСМ, усиление конструкции.

### 1.3.2.3. Классификация машин для контурной обрезки плодовых деревьев по компоновке и исполнению

В таблице 1.11 – представлена классификация контурных обрезчиков по расположению режущих аппаратов, которые различаются на:

- машины с двухсторонним расположением используются для обрезки двух полурядов в саду по одной линии;
- машины с односторонним расположением режущих аппаратов используют для обрезки одного полуряда;

— машины с вертикальным расположением режущего аппарата применяются для ограничения высоты и ширины одного ряда насаждений, используются в основном при обрезке винограда

Таблица 1.11 – Классификация контурных обрезчиков по расположению режущих аппаратов

<b>Одностороннее</b>	<b>Двухстороннее</b>	<b>Вертикальное</b>	<b>Комбинированное</b>
Ostratický Kompakt	АМС-7	Ostratický STS	BMV FL600P
			

По способу установки режущего аппарата относительно трактора различаются машины с передним, задним и боковым расположением [19, 21, 113].

Примеры машин с данным классификационным признаком представлены в таблице 1.12

Таблица 1.12 – Классификация контурных обрезчиков по принципу установки (навешивания) режущих аппаратов к энергосредству (трактору)

<b>Установка (навешивание) режущего аппарата к энергосредству</b>		
<b>Передняя навеска</b>	<b>Задняя навеска</b>	<b>Боковая навеска</b>
ID M027X	Ostratický SL 1.25	МКОТС
		

При переднем расположении режущий аппарат устанавливается перед трактором, что обеспечивает хороший обзор в период работы. Однако такое расположение режущего аппарата имеет существенный недостаток: срезаемые

ветви падают в междурядье впереди трактора и вминаются в почву гусеницами или колесами.

При заднем расположении режущий аппарат устанавливается сзади трактора независимо от способа агрегатирования машины. Тыльное расположение режущего аппарата позволяет исключить попадание срезанных ветвей под движители трактора, а кроме того, существует возможность одновременного сбора и вывозки срезанных ветвей в рабочий коридор. К недостаткам этого способа можно отнести плохой визуальный контроль.

При боковом расположении режущий аппарат устанавливается в средней части базы трактора. При движении режущий аппарат воспринимает колебания трактора в продольно-вертикальной плоскости из-за существующего микрорельефа в междурядьях, появляется необходимость оборудования данных машин стабилизаторами для снижения воздействия на режущий аппарат.

Классификация контурных обрезчиков по способу установки режущих аппаратов на раме машины представлены в таблице 1.13.

В современных контурных обрезчиках режущие аппараты устанавливаются на серийных фронтальных погрузчиках или специальных рамах.

Также с целью увеличения маневренности используются манипуляторные устройства трех типов с телескопическим механизмом подъема, шарнирным (рычажным) механизмом подъема и комбинированным. [64, 65]

Для повышения площади обрабатываемой поверхности иногда на механизм подъема устанавливают крестовину, имеющую независимый привод, на концах которой установлены режущие элементы, что позволяет эффективно сбрасывать срезанные ветви с периферии кроны.

По принципу исполнения машины для обрезки кроны разделяются на самоходные, прицепные, навесные [6, 19, 98].

Таблица 1.13 – Классификация контурных обрезчиков по способу установки на раме машины

Установка режущего аппарата (рама машины)		
На раме фронтального погрузчика	На специальной раме	
МКО-3	ID M027X	BMV G800
		
На манипуляторе	На подвижной (вращающейся) крестовине	
BMV FL300N	PLT-350 - GTM	PLT-280 - GTM
		

Классификация контурных обрезчиков по принципу исполнения представлены в таблице 1.14.

Таблица 1.14 – Классификация контурных обрезчиков по принципу исполнения машины

По принципу исполнения машины		
Самоходные	Навесные	Прицепные
Speedy cut	BMV DE 800	Hedging & Topping
		

Прицепные и полуприцепные контурные обрезчики достаточно громоздки, имеют ограниченную маневренность, что ограничивает их применение.



Самоходные контурные обрезчики относятся к разряду специализированных однооперационных машин и имеют повышенную стоимость. Данные машины также имеют ограниченное применение.

Наибольшее распространение получили навесные контурные обрезчики.

Определенным недостатком навесных машин является их жесткая связь с навесной системой трактора, конструкционные сложности при переднем и боковом расположении (навешивании) режущих аппаратов и проблема агрегатирования при увеличенных габаритах контурных обрезчиков.

### **1.3.3. Патентные исследования машин для механизированной контурной обрезки плодовых деревьев**

Патентные исследования проводились в соответствии ГОСТ Р 15.011-96 «Патентные исследования».

Предметная область (ПрО) патентных исследований ограничивалась классификационными рубриками МПК патентов и авторских свидетельств следующими тематиками приложение Б.

- машины для обрезки деревьев и кустарников;
- рабочие органы для обрезки деревьев и кустарников;
- режущие аппараты для среза ветвей деревьев и кустарников;
- устройства для обрезки деревьев и кустарников.

Отбор патентной информации осуществлялся на основе патентов на изобретения и полезные модели СССР и РФ, максимальный срок действия исключительного права составляет не менее 20 лет.

В результате проведения патентных исследований проведен анализ 95 патентов и авторских свидетельств глубиной поиска до 1960 г. (таблица 1.15.).

Таблица 1.15. – Распределение авторских свидетельств СССР и патентов РФ по годам публикаций

<b>Количество патентов и авторских свидетельств</b>										
1960-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2010-2015
<b>Количество патентов и авторских свидетельств</b>										
2	4	8	10	13	22	13	5	3	7	9

По данным таблицы 1.15 можно сделать вывод, что пик изобретательской активности совпадает с научной – публикационной активностью по временным рамкам, а именно 80-90 годы XX века.

Анализ технических аспектов изобретательской активности выявил приоритет дисковых, сегментных и ножевых режущих аппаратов.

На рисунке 1.6 представлена гистограмма, характеризующая изобретательскую активность по типам режущих аппаратов.

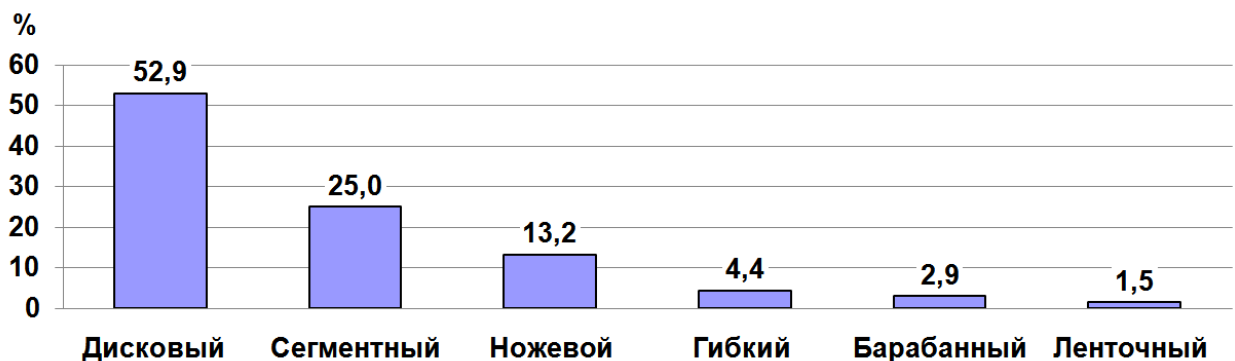


Рисунок 1.6 – Гистограмма изобретательской активности по типам режущих аппаратов

### Выводы по разделу 1.3:

1. В настоящее время контурные обрезчики отличаются огромным разнообразием конструкций и типоразмеров.
2. Наибольшее распространение получили контурные обрезчики со сменными наборами секций дисковых, сегментных и ножевых режущих аппаратов с гидравлическим приводом.
3. Перспективными направлениями в развитии конструкций контурных обрезчиков является использование независимых ДВС и электроприводов, а также установка секций режущих аппаратов на манипуляторные системы, позволяющих производить контурную обрезку для любых форм и размерных характеристик крон плодовых деревьев.



## 1.4 Обзор научных исследований в предметной области вопроса

### 1.4.1 Теория резания в деревообработке

Основоположником общей теории резания является профессор Тиме И.А., который разработал основы учения о резании [30].

Научные основы теории резания в деревообработке заложены Амалицким В.В., Бершадским А.Л., Бареяном А.Г. Бухтияровым В.П., Воскресенским С.А., Глебовым И.Т., Грубе А.Э. Ивановым С.В., Ивановским Е.Г., Резником Н.Е. и др. [9, 30, 58, 59, 84-86, 99, 110, 133, 136, 138]. Работами перечисленных и других ученых определено, что основная целеполагающая функция процесса резания древесины дисковыми, рамными и ленточными пилами имеет вид:

$$P, R = F(K_o, K_n, K_w, K_\alpha, K_\rho, K_h, K_v, b_{ui}, h_m),$$

где  $P$  и  $R$  – соответственно энергетические и качественные показатели резания;

$K_o$  – основное удельное сопротивление резания, Н/м<sup>2</sup>;

$K_n, K_w, K_\alpha, K_\rho, K_h, K_v$  – коэффициенты, учитывающие соответственно породу, влажность древесины, угол резания, тип и состояние режущего инструмента, толщину стружки, скорость резания;

$b_{ui}$  и  $h_m$  – соответственно ширина и толщина стружки, м.

Представленная целеполагающая функция является эмпирической, и коэффициенты, входящие в данную формулу, определяются экспериментальным путем.

Целевые выходные параметры  $P$  и  $R$  определяют силу резания и качество (шероховатость) поверхности реза, в основном представленную коэффициентами шероховатости  $R_{m\ max}$ .

### **1.4.2 Режущие аппараты для механизированной контурной обрезки плодовых деревьев**

Процесс резания ветвей плодовых деревьев находящихся на периферии кроны отличается от процесса резания древесины в деревообрабатывающей промышленности.

Основным отличием является то, что в деревообрабатывающей промышленности процесс резания приводится при взаимодействии режущего элемента с жестко закрепленной заготовкой, которая имеет только одну степень свободы или же вообще лишена возможности перемещения, и весь процесс резания ограничен двумя основными видами движения.

Процессы обрезки плодовых деревьев происходят в режиме, так называемого «бесподпорного» резания, где консольная плодовая ветвь имеет минимум две степени свободы.

Исследованиями механизации обрезки деревьев занимались: Агрба А.З., Балкаров Р.А., Будашов И.А., Бухтояров Л.Д., Бычков В.В., Варламов Г.П., Герасимов В.А., Завражнов А.А., Кадыкало Г.И., Кутейников В.К., Магамедов Ф.М., Панкова Е.А., Панков Р.А., Пименов Б.И., Попиков, В.П., Привалов И.С., Соловьев Д.А., Тавасиев Р.М., Темиржанов И.О., Тханев В.А., Ульянов А.Ф., Цымбал А.А., Шекихачев, Ю.А., Шомахов Л.А. и другие [2, 8, 17, 21, 46-57, 62, 75-80, 108, 110, 134, 134, 140, 143-145, 146, 148, 149].

Исследованием резания плодовой древесины дисковыми режущими аппаратами занимались Агрба А.З. Варламов Г.П., Герасимов В.А., Кутейников В.К., Пименов Б.И., Балкаров Р.А. Попиков В.П. Шомахов Л.А. и др. [2, 15, 20, 27, 60, 76, 108, 110, 121, 127, 131, 134], которыми было установлено, что основные параметры характеризующие процесс пиления ветвей плодовых деревьев дисковым режущим аппаратом являются: высота пропила, необходимые силы для среза ветви, мощность и физико-механические характеристики материала

Задачей исследований Кутейникова В.К. [75-80] являлся анализ влияния режима обрезки на отгиб ветвей и выбор на основании этого оптимального соотношения скоростей резания и подачи.

Кутейников В.К. установил, что наиболее предпочтительнее использовать пилы согласно ГОСТ 980-63, для поперечной распиловки древесины с профилем зуба – IV, шаг 11—17 мм, углом заточки 45°.

Также Кутейников В.К. установил, что основными факторами, определяющими качество срезов, являются скорости резания и подачи. Соотношение этих скоростей, обеспечивающее срез ветвей в соответствии с требованиями агротехники, должно быть не менее 125.

Агрба А.З. [2] исследовал режущий аппарат, который представляет собой три сочлененные между собой секции. На секциях закреплены дисковые пилы с установленными противорежущими пластинами. Им установлено, что наиболее оптимальными параметрами обрезчика являются: окружная скорость дисковой пилы 50...70 м/с, скорость передвижения агрегата 0,4...0,8 м/с, диаметр дисковой пилы 0,3... 0,5 м.

Пименов Б.И. [108] проводил исследования по поиску режущего аппарата обеспечивающего чистый срез ветвей диаметром от 10 до 60 мм. Он утверждал, что качественное подпорное резание плодовой ветви может происходить (в отличие от бесподпорного) с гораздо меньшей скоростью вращения пилы, что существенно снижает затраты мощности, расходуемые как на преодоление вредных сопротивлений, так и на непосредственное разрушение древесины, так как отгиб ветви до начала резания, а, следовательно, и сечение среза по площади при подпорном резании в сравнении с бесподпорным будет меньше.

В результате исследований им предложен дисковый режущий аппарат, снабженный противорежущим устройством, выполненный в виде подвижных наклонных пальцев, расположенных над плоскостью дисковых пил.

Темиржанов И.О. [127] предлагал режущий аппарат выполнить в виде механизированной пилы ножовочного типа, совершающее возвратно-поступательное движение для срезания ветвей толщиной более 30 мм.

При анализе и расчете схем ножевых режущих аппаратов большое значение придается форме режущей кромки ножей [12, 83, 97, 109, 113].

Привалов И.С. [112] установил, что кромка ножа должна быть выполнена по спирали Архимеда, а рабочая кромка пластины – по логарифмической спирали.

### 1.4.3 Физико-механические характеристики древесины и ветвей плодовых деревьев.

Исследованием физико-механических характеристик древесины и ветвей плодовых деревьев занимались Агрба А.З., Варламов Г.П., Дмитриенко В.И., Полянин В.К., Кутейников В.К., Пименов Б.И., Попиков, В.П., Привалов И.С., Тавасиев Р.М., и др. [2, 20, 21, 37, 66, 76, 79, 80, 81, 88, 109, 110, 112, 126, 131, 134].

Данные авторы относили к физико-механическим характеристикам древесины плотность  $\rho$  [106] и модуль упругости  $E$  [116], которые в свою очередь определяют статические и динамические показатели – жесткость  $C$  [76] и частоту свободных колебаний  $\omega_0$  [37, 142].

В таблице 1.16 приведены данные по физико-механическим характеристикам древесины разных пород.

Таблица 1.16 – Физико-механические характеристики древесины разных пород

Автор	Порода древесины	Плотность $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	Модуль упругости при статическом изгибе $E$ , Н/м <sup>2</sup> ×10 <sup>9</sup> (ГПа)
Варламов Г.П. [21]	Яблоня Антоновка	-	7...3,4
	Груша Южная	-	5,4...9,8
	Вишня Владимирская	-	3,7...7,3
	Слива	-	4,7...8,3
Привалов И.С. [112]	Яблоня	712...771	-
Кутейников В.К. [79, 80]	Яблоня	700-810	2,6...7
Боровиков А.М., Уголев Б.Н. [11]	Яблоня	703	8,29
	Груша	585...701	8,7...11,9
	Абрикос	772	9,27
	Персик	742	7,97
	Сосна	457...794	8,7...12,2
	Береза	607...740	13,5...16,7
Вольнский В.Н. [26]	Груша	733	11,9
	Сосна	525	14,2
	Береза	616	16,8

В таблице 1.17 приведены данные по статическим и динамическим характеристикам ветвей плодовых деревьев семечковых и косточковых культур.

Таблица 1.17 – Статические и динамические характеристики ветвей плодовых деревьев семечковых и косточковых культур

Автор	Наименование и показатели характеристик	Значение
Кутейников В.К. [79]	Обобщенный показатель жесткости $EJ$ для ветвей толщиной 10-30 мм	130 ... 1100 Н·м <sup>2</sup>
Агрба А.З. [2]	Жесткость при статическом изгибе ветвей толщиной 10-32 мм и длиной 30; 60; 80 см	33,3 ... 432 Н/м
Привалов И.С. [112]	Обобщенный показатель жесткости $EJ$ для ветвей толщиной 12-22 мм	24 ... 167 Н·м <sup>2</sup>
Пименов Б.И. [108]	Обобщенный показатель жесткости $EJ$ для ветвей толщиной 8-30 мм и длиной от 30 до 60 см	22,3 ... 279,4 Н·м <sup>2</sup>
Тавасиев Р.М. [125]	Жесткость ветвей плодовых деревьев семечковых и косточковых культур	200 ... 1050 Н/м
	Частота свободных колебаний	0,85 ... 2,5 Гц
Дмитриенко В.И., Полянин В.К. [37]	Частота свободных колебаний полускелетных и обрастающих ветвей	3,2 ... 11,2 Гц
	Частота свободных колебаний скелетных ветвей 3-го порядка	1,6 ... 2,6 Гц
	Частота свободных колебаний скелетных ветвей	0,9 ... 1,4 Гц.

#### 1.4.4 Размерные характеристики ветвей плодовых деревьев

Исследованием размерных характеристик крон плодовых деревьев и их ветвей в некоторой степени касались: Кутейников В.К., Пименов Б.И., Привалов И.С., Тавасиев Р.М., Дмитриенко В.И., Полянин В.К и т.д. [29, 37, 78, 105, 109, 125]

Так Кутейниковым В.К. [76] выявлено, что в плоскости снижения высоты плодовых деревьев сорта Антоновки обыкновенной и Пепина Шафранного количество ветвей диаметром от 10 до 25 мм в зоне среза составляет около 72%, а в плоскости боковой обрезки расположено 97% ветвей диаметром до 15 мм.

Тавасиев Р. М. [126] в своих работах отмечал, что высота плодоносящих деревьев семечковых и косточковых культур находится в пределах – 3,36...4,65 м, ширина кроны – 2,28...3,13 м, длина кроны – 3,06...3,42 м. Число скелетных ветвей

составляет от 3 до 8 на одном дереве, а число плодовых ветвей от 6 до 21. Площадь ветви с плодами у разных культур варьирует в пределах 0,3...2,2 м<sup>2</sup>, а диаметры ветвей в центре ее тяжести – 11...42 мм, наибольшие значения наблюдаются у груш и яблонь. Углы наклона ветвей находятся в диапазоне 0... 180° от вертикали.

Среднее количество ветвей, подлежащих обрезке у плодоносящих яблонь и груш составляет соответственно 286 и 220 единиц, а для кустов крыжовника и смородины соответственно 18 и 22 шт. Причем, процент срезаемых ветвей с диаметром 10...25 мм составляет для яблонь 52,8, груш – 65,3, вишни – 56,5, смородины – 34,7, винограда – 31,6.

Обобщенный результат анализа литературных источников по размерным характеристикам (таблица 1.18.) показал, что диаметр обрезаемых ветвей изменяется в пределах 10-50 мм, при длине консоли ветвей до 100 см, при угле наклона до 90°.

Таблица 1.18 – Размерные характеристики ветвей плодовых деревьев.

Автор	Сорт	Тип подвоя	Диаметр ветвей, мм	От общего кол-ва, %	Угол наклона	От общего кол-ва, %	Длина консоли, мм	От общего кол-ва, %
Агрба А.3. [2]	Айдаред	Сильно-рослый	3...32	45	40-90	70	0,1-1,5	32,4
	Джонатан	Средне-рослый	12...18	36,4	80-90	70	0,6-0,9	37,8
	Старкримсон	Слабо-рослый	5...10	40,5	75-90	65	0,5-0,9	41,1
Балкаров Р.А.[8]	-	Средне-рослые	30	60-65	-	-	-	-
			30...50	25-30	-	-	-	-
			<50	5	-	-	-	-
Ершова О.А. [40]	Папировка	Слабо-рослые	10-20	75	-	-	0,2-0,9	75
Кутейников В.К. [78]	Антоновка	Сильно-рослый	11 - 35	80%,	60-90°	73-84,	0,1-0,7	80
	Пепин шафранный	Средне-рослый	10...20	75,3	60-90	65-82	0,1-0,6	75-80

#### 1.4.5 Качественные показатели среза плодовых ветвей

Как было указано ранее качество среза оказывает значительное влияние на последующее состояние дерева.

Характеристики и признаки срезов ветвей плодовых деревьев представлены в таблице 1.19.

Таблица 1.19 – Характеристики и признаки срезов ветвей плодовых деревьев, образованные в ходе механизированной обрезки плодовых деревьев

Автор	Характеристики срезов плодовых ветвей	Признаки
Ватаманюк Г.В. [23]	Гладкий срез	Перпендикулярный срез с наименьшей площадью поверхности с чистой поверхностью.
	Рваный срез	Срезы с оборванной и измочаленной поверхностью среза
	Ступенчатый срез	Срезы, образованные при колебательном движении ветви
	Расщепленный	Срезы, имеющие трещины, расколы, обрывы коры.
Кутейников В.К. [76] Герасимов В.А. [28, 29] Варламов Г.П. [20, 21]	Чистый срез	Срезы имеющие шероховатость поверхности средняя высота максимальных неровностей которых, составляет менее 230 мкм. (эталонный срез образованный садовой ножовкой)
	Ступенчатый срез	Срезы, образованные при колебательном движении ветви
	Рваный срез	Повторное воздействие режущего аппарата на образованную поверхность
	Расщепленный срез	Следствие отгиба ветви в процессе взаимодействия режущего аппарата до момента спиливания
	Косой срез	Срез образованный при не перпендикулярном движении режущего аппарата относительно направления волокон ветви плодового дерева.
	Дробленный срез	Встречается при срезе сегментными режущими аппаратами при срезе ветви за несколько ходов ножа.
	Повреждение ниже среза	Глубокие риски на коре образованные режущим аппаратом
Кудрявец Р.П. [71]	Расщепление древесины	Рана образованная вследствие разворота секатора из-за совпадения направления волокон с направлением реза.
	Рваный срез	Срезы, образованные вследствие среза секатором ветвей больших диаметров
	Жеванный срез	
	Расщепленный срез	
Гельфанбейн П.С. [27]	Гладкий срез	Срез, зачищенный стамеской или острым ножом.
	Срез с неровной поверхностью	Срезы, образованные при колебательном движении ветви
	Срез с большой поверхностью среза	Срез образованный вследствие спиливания ветви расположенной под углом к режущему аппарату
	Ступенчатый срез	Срезы, образованные при колебательном движении ветви

Пименов [109]	Б.И.	Чистый срез	Срез с шероховатостью поверхности, менее 200 мкм
		Неровности в виде углублений	Неровности, связанные с конструктивными особенностями режущих аппаратов
		Неровности в виде рисков	Неровности, образованные вследствие отгиба ветви под влиянием силы резания
		Вибрационные неровности	Образованные при неустойчивом протекании процесса резания
		Структурные неровности	Обусловленные случайными внутренними дефектами в срезаемой ветви

Количественная оценка качества чистых срезов определялась только Кутейниковым В.К. [77] и Пименовым Б.И. [108] путем измерения высоты максимальных неровностей (шероховатостей) с использованием теневого микроскопа ТСП-4 по методике принятой в деревообрабатывающей промышленности. Количественные значения (максимальная высота неровностей), характеризующие чистый срез у данных авторов составляли 200 – 230 мкм.

Остальные характеристики определялись путем визуального определения наличия признаков.

Изучением распределения количества ветвей плодовых деревьев в зависимости от качества среза занимались Кутейников В.К. [77], Герасимов В.А. [28], Ватаманюк Г.В. [23].

Результаты исследований распределения количества ветвей плодовых деревьев в зависимости от качества среза представлены на рисунке 1.7.

Данные результаты получены при проведении контурной обрезки дисковыми режущими аппаратами.

Кутейников В.К. [77] проводил определение качества срезов ветвей, образованных дисковым режущим аппаратом в виде циркулярной дисковой пилы при скорости резания 65 м/с, и поступательной скорости 1,75 км/ч.

В своих исследованиях он утверждал, что при срезе ветви с отгибом сечение не остается перпендикулярным ее оси. Оно поворачивается относительно ее на некоторый угол.



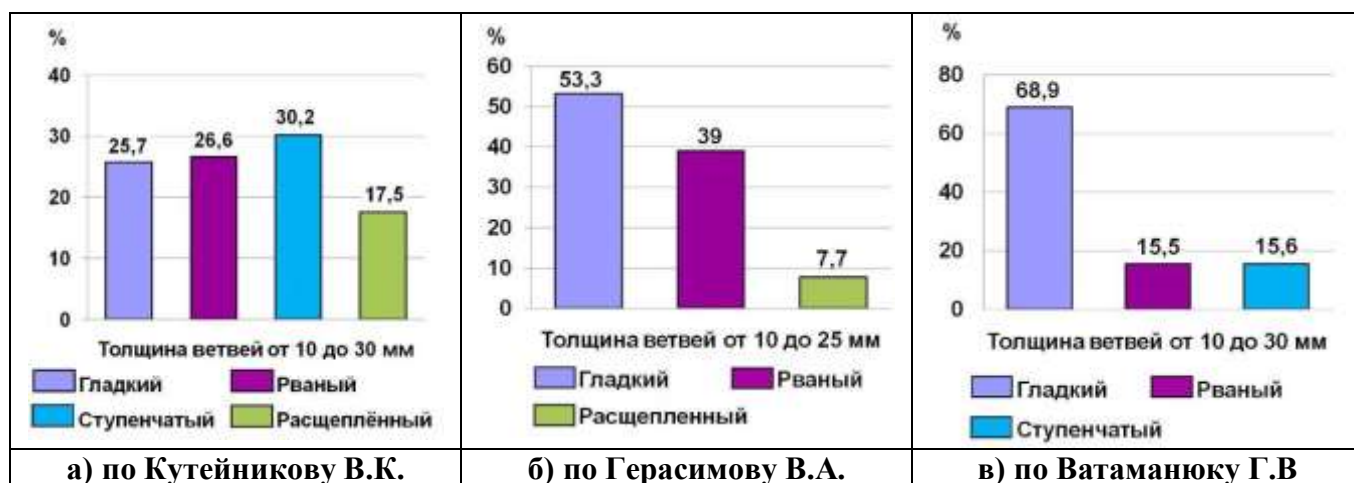


Рисунок 1.7 – Гистограмма распределение ветвей в зависимости от качества среза

Этот угол определяет качество срезов ветвей. В зависимости от его величины поверхность срезов может быть гладкой, ступенчатой или ровной [75-77]. При значительном угле отклонения ниже среза могут быть повреждения коры или древесины ветви. Обобщенные результаты исследования Кутейникова представлены в рисунке 1.7 (а).

При исследовании состояния мест срезов после механизированной обрезки по ограничению высоты кроны Герасимов В.А. [28] проводил подсчет срезанных ветвей и распределяли их по группам: гладкие, рваные и ступенчатые, расщепленные. Качество ветвей определялось после механизированной обрезки дисковым режущим аппаратом со скоростью резания 60 м/с и поступательной скоростью 0.48 м/с, различных помологических сортов яблони возрастом 12-15 лет при ограничении высоты с 4,5 – 5 м до 3,2 – 3,5 м. В зоне резания срезанные ветви имели толщину в основном 5 – 30 мм, отдельные до 50 – 60 мм. Результаты исследований представлены на рисунке 1.7 (б), из которого видно, что режущий аппарат дискового типа обеспечивает срезание до 50% ветвей с гладкой поверхностью срезов.

В своих исследованиях Ватаманюк Г.В. [23] провел подсчеты по распределению ветвей в кроне дерева в зависимости от качества поверхности среза произведенной машиной МКО-3 с дисковым режущим аппаратом. Для исследования были выбраны сорта вишни: Шпанка ранняя, Шпанка поздняя,

Подбельская, Институтская, возрастом 11 лет. Обрезка проводилась по ограничению высоты дерева до 3,5 – 4 м. Результаты подсчета представлены на рисунке 1.7 (в).

#### **Выводы по разделу 1.4:**

1. Основной специфической особенностью и главным отличием от процессов резания в деревообработке является то, что процессы обрезки плодовых деревьев происходят в режиме, так называемого «бесподпорного» резания, где консольная плодовая ветвь имеет возможность свободного перемещения как минимум в двух степенях свободы.
2. Данный факт определяет особые требования к построению теоретических положений процесса и накладывает жесткие ограничения к выбору и разработке режущих аппаратов и машин для контурной обрезки ветвей плодовых деревьев.
3. Раннее проведенными исследованиями определено, что на процессы обрезки и качественные показатели работы важное влияние оказывают собственные характеристики (статические и динамические) плодовых ветвей, которые, в свою очередь, определяются физико-механическими свойствами древесины и размерными параметрами.
4. По нашему мнению, изучению этого вопроса уделялось недостаточное внимание, а для категорий интенсивных и высокоинтенсивных садов исследования практически отсутствуют.
5. Также отсутствуют исследования по обоснованию и разработке новых режущих аппаратов, обеспечивающих эффективное выполнение процесса обрезки с учетом современных условий и особенностей развития отечественного промышленного садоводства.

### **1.5 Обоснование и постановка задач исследования**

На основании изучения состояния вопроса, аналитических исследований и поставленной цели нами сформулированы задачи исследований:

1. Провести аналитические исследования и разработать технико-технологические требования на проведение контурной обрезки плодовых деревьев с учетом специфических особенностей отечественного промышленного садоводства.
2. Сгенерировать концептуальную модель и разработать технический облик машины для контурной обрезки с ленточным режущим аппаратом.
3. Разработать математическую модель процесса взаимодействия ленточного режущего аппарата типа с ветвями плодовых деревьев в режиме бесподпорного резания и обосновать методы ее идентификации.
4. Разработать методику и средства проведения экспериментальных исследований.
5. Разработать действующий макет-демонстратор ленточного режущего аппарата.
6. Исследовать размерные и физико-механические характеристики ветвей плодовых деревьев, определить их влияние на выходные параметры процесса резания.
7. Исследовать процесс взаимодействия ветвей плодовых деревьев с ленточной пилой в режиме бесподпорного резания.
8. Обосновать технические параметры ленточного режущего аппарата для обрезки плодовых деревьев и определить эффективность машины для контурной обрезки.

Поставленная цель и сформулированные задачи определили структуру и содержание теоретических и экспериментальных исследований.

## **2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ВЕТВЕЙ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ**

В соответствие с рядом нормативных документов, определяющих порядок разработки нового изделия (ГОСТ 2.103-2013 «ЕСКД. Стадии разработки», ГОСТ Р 15.000-2016 «Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения», ГОСТ Р 15.001-2021 «Система разработки и постановки продукции на производство. Порядок выполнения НИР» и др.) первоначальными этапами являются **формирование исходных требований и разработка технического предложения (включающего обоснование концептуальной модели, формирование технического облика нового изделия и разработку математической модели).**

Данные этапы относятся к теоретическим исследованиям в общем (жизненном) цикле создания нового изделия.

С широким внедрением цифровых технологий в **системе разработки и постановки продукции на производство** стали широко использоваться технологии, так называемых **цифровых «двойников» (виртуальных прототипов)** для вновь разрабатываемых изделий. В машиностроении используют более широкое понятие – **технический облик** вновь разрабатываемого изделия. ГОСТ Р 56861-2016 «Система управления жизненным циклом. Разработка концепции изделия и технологий. Общие положения» относит этап создания полномасштабных виртуальных прототипов к 6-7 уровню готовности технологий.

**Уровни готовности технологий (УГТ)**, определяющие степень развития разрабатываемого изделия и готовности его реализации как конечного продукта, в современной мировой и отечественной практике оцениваются по 9-уровневой шкале (определяющей и регламентирующей описание и состав работ от замысла УГТ 1 до принятия решения о запуске серийного производства УГТ 9).

Работы в рамках УГТ 1-3 относятся к формату научно-исследовательских работ (НИР), в рамках УГТ 4-7 – к формату научно-исследовательских и опытно-

конструкторских работ (НИОКР), в рамках УГТ 8-9 – к формату адаптированных опытно-конструкторских работ (ОКР).

Введение в практику технологий виртуальных прототипов позволяет исключить из процесса разработки нового изделия ресурсозатратные процессы изготовления и испытаний натуральных опытных образцов для подтверждения правильности и адекватности технических решений, что значительно сокращает время на создание нового изделия.

Введение в практику шкалы УГТ позволяет четко регламентировать и структурировать процесс создания новых изделий или технологий.

### **2.1. Разработка исходных требований**

В отечественной сельхозмашиностроительной практике основными исходными требованиями создания новой машины являются агротехнические требования (АТТ), которые регламентируют технологические (функциональные, качественные и др.) и технические (конструкционные, эксплуатационные, надежности и др.) показатели и параметры.

В представленной диссертации в качестве исходных требований приняты, так называемые, технико-технологические требования (ТТТ), которые в отличие от АТТ регламентируют функциональные и технологические показатели вновь создаваемых машин, без конкретизации их конструкционного и технического исполнения.

Разработанные технико-технологические требования представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Техничко-технологические требования к машине для проведения контурной механизированной обрезки

№, пп.	Содержание
1.	Вновь создаваемая машина должна обеспечивать качественную обрезку плодовых деревьев в промышленных садах экстенсивного, нормального, интенсивного и высокоинтенсивного типа, а также в старых садах, требующих коренной модернизации
2.	Вновь создаваемая машина должна проводить контурную (ограничительную), а также регулируемую (поддерживающую), омолаживающую (шоковую), технологическую (формирование «световых» коридоров) обрезку плодовых деревьев

3.	Вновь создаваемая машина должна обеспечивать качественную обрезку при наклоне боковых контуров крон плодовых деревьев в пределах $10 - 35^\circ$ к вертикали
4.	Вновь создаваемая машина должна за один проход проводить один или два полуряда (ряда) плодовых деревьев
5.	Вновь создаваемая машина должна обеспечивать качественную обрезку плодовых деревьев при ширине междурядий от 3,5 до 8 м
6.	Вновь создаваемая машина должна обеспечивать создание «светового» коридора шириной не менее 2 м
7.	Вновь создаваемая машина должна обеспечивать снижение кроны плодовых деревьев высотой от 8 до 2 м, в зависимости от категории промышленного сада
8.	Вновь создаваемая машина должна обеспечивать качественную обрезку на высоте нижних ветвей плодовых деревьев от поверхности почвы не менее 40 см
9.	Вновь создаваемая машина должна обеспечивать качественную обрезку плодовых ветвей от 10 до 80 мм без смены режущих аппаратов
10.	Вновь создаваемая машина должна обеспечивать обрезку плодовых ветвей с гладким (чистым) срезом с шероховатостью поверхности не более $R_{m\max} 230$ мкм
11.	Полнота обрезки плодовых ветвей не менее 95% при количестве некачественных срезов не более 20%
12.	Вновь создаваемая машина должна обеспечивать ландшафтную обрезку декоративных деревьев

Технико-технологические требования разработаны на основании ранее проведенного аналитического исследования (разделы 1.2 и 1.4.2).

## **2.2 Формирование концептуальной модели и разработка технического облика машины для механизированной контурной обрезки плодовых деревьев**

### **2.2.1 Генерация и выбор технического решения (концепта)**

В общем случае **концептуальная модель** – это формализованное инфографическое описание (представление) сложных слабо структурированных технических систем [44, 69, 96, 43-45].

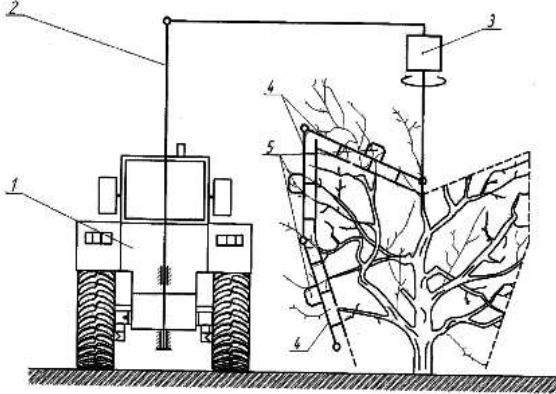
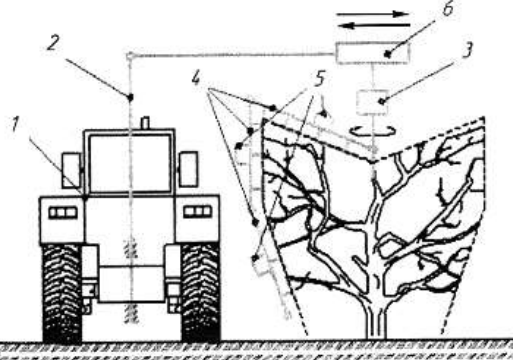
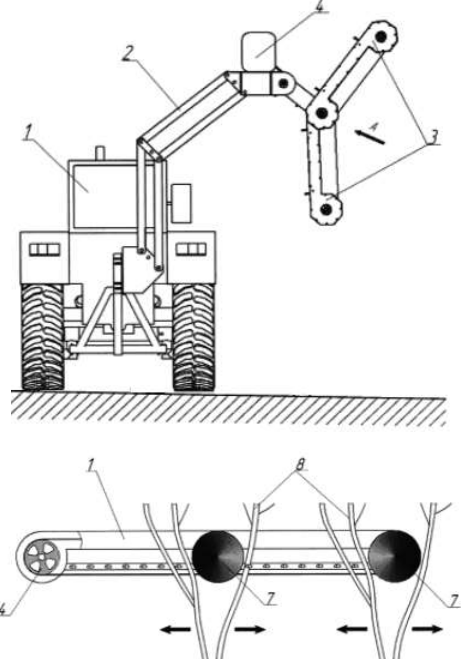
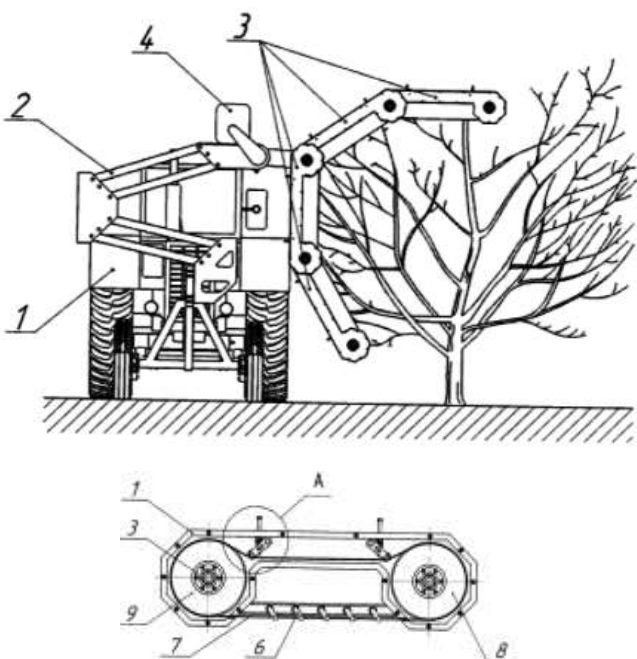
В процедурах концептуального моделирования широкое распространение получили технологии виртуального прототипирования и графического 3-D моделирования.

Обычно концептуальная модель формируется на основании анализа и выбора из множества технических решений (**концептов**) наиболее оптимального варианта [42, 45, 47, 54, 56, 57].

На практике оформление технических решений (**концептов**) производится путем подачи заявок на патенты (чаще всего на полезные модели).

В соответствии технико-технологических требований (ТТТ) нами сгенерированы технические решения (концепты), представленные в таблице 2.2 и приложении В.

Таблица 2.2 – Технические решения (концепты) машины для проведения контурной механизированной обрезки

Патент №104013 РФ 2010 г. [102]	Патент №133682 РФ 2010 г. [103]
<p align="center"><b>Машина для 3D контурной обрезки деревьев</b></p>	<p align="center"><b>Машина для объемной контурной обрезки деревьев</b></p>
	
<p align="center"><b>Патент № 159386 РФ 2016 г. [104]</b></p>	<p align="center"><b>Патент № 198816 РФ 2020 г. [105]</b></p>
<p align="center"><b>Машина для контурной обрезки плодовых деревьев</b></p>	<p align="center"><b>Машина для контурной обрезки деревьев</b></p>
	

На основании целеполагания диссертации и основных пунктов разработанных технико-технологических требований наиболее оптимальным вариантом реализации концептуальной модели являются технические решения (концепты), описанные в патентах №159386 и №198816 [104, 105].

### **2.2.2 Выбор режущего аппарата**

Режущий аппарат является ключевым элементом «сердцем» контурных обрезчиков.

В ходе аналитических исследований (разделы 1.3, 1.4.1 и 1.4.2) и выдвинутой гипотезы выявлено, что одним из высокоэффективных и низкоэнергозатратных режущих аппаратов является режущий аппарат, применяемый в деревообрабатывающей промышленности, выполненный в виде бесконечной ленточной пилы.

Ленточные пилы имеют ряд преимуществ по сравнению с существующими режущими аппаратами [48-50, 52, 54, 55], а именно: простота конструкции; возможность осуществления реза под любым углом не зависимо от направления волокон; небольшая толщина пропила; высокая чистота поверхности после обработки без дополнительных операций; обеспечение качественной поверхности распила материалов с различными физико-механических характеристик.

При работе скорость главного движения ленточной пилы (скорость резания) достигает 70 м/с, а скорость подачи – свыше 100 м/мин. При этом, на достаточно высоких кинематических режимах работы у ленточных пил отсутствует вибрация, а энергозатраты минимальны [9, 30, 82, 84, 86, 99, 107, 136].

В деревообрабатывающей промышленности для достижения более чистой поверхности применяют ленточные пилы с мелким шагом, что в значительной степени снижает кинематические неровности [85, 86, 147].

Исходя из вышеизложенного, гипотеза о применении режущих аппаратов ленточного типа при обрезке ветвей плодовых деревьев является наиболее оптимальной.



Очевидно, что переход на режущие аппараты ленточного типа определен высоким техническим уровнем, достигнутым современным машиностроением.

На сегодня рынок производства ленточнопильного оборудования насыщен различными моделями отечественного и зарубежного производства.

Для практической реализации концептуальной модели нами выбран 1 тип ленточных пил (в соответствии ГОСТ 6532-77).

Ленточные пилы 1 типа предназначены для прямолинейной и криволинейной продольной и поперечной распиловки пиломатериалов на ленточных столярных станках [136], что делает их наиболее подходящими для использования при механизированной контурной обрезки плодовых деревьев.

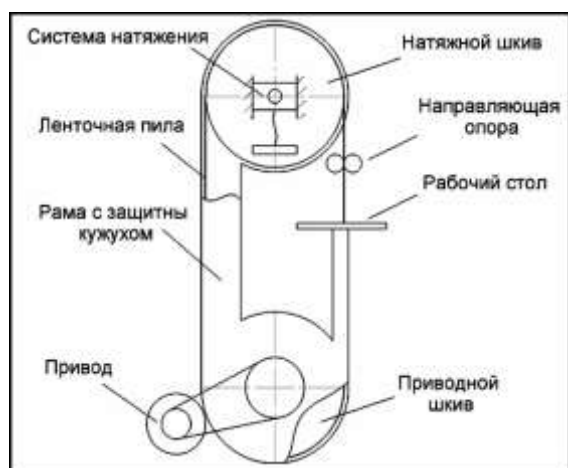


Рисунок 2.1 – Структурно-функциональная схема

Практически все ленточные станки имеют схожие структурно-функциональные схемы.

На рисунке 2.1 представлена принципиальная структурно-функциональная схема ленточного станка.

Для нашего случая определено, что режущий аппарат ленточного типа должен иметь два шкива, на которые натянута бесконечная ленточная пила 1 типа.

Основными отличиями, вновь разрабатываемого режущего аппарата, от «классических» ленточных станков, используемых в деревообрабатывающей промышленности, являются следующие моменты:

- отсутствие жесткой фиксации перерезаемой ветви;
- отсутствие жесткой рамы (стапеля) для установки шкивов;
- отсутствие натяжного устройства традиционного исполнения.

### 2.2.3 Разработка технического облика


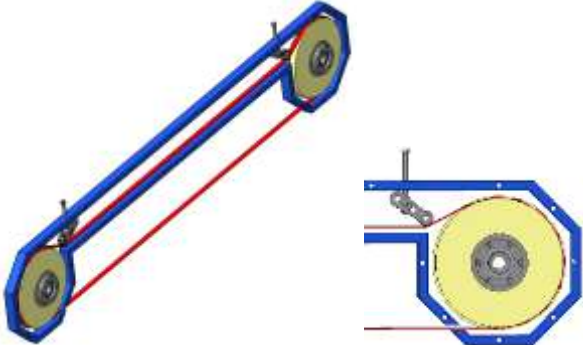
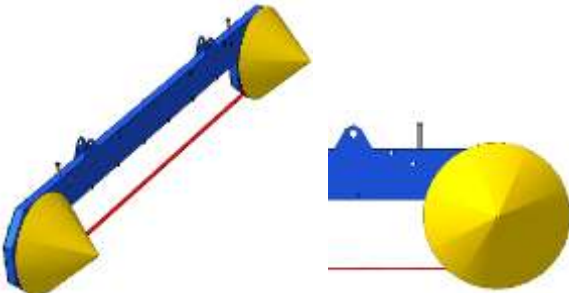
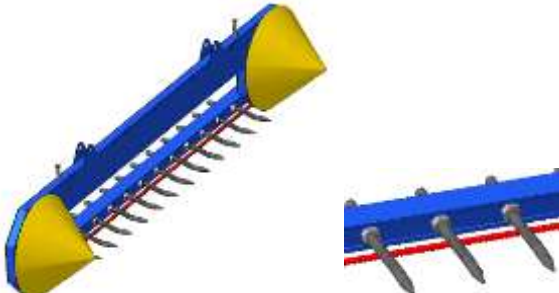
Практической реализацией концептуальной модели является разработка **технического облика**, содержащего комплексные качественные и количественные характеристики, отражающие общие и конкретные признаки, показатели и технические свойства создаваемого изделия.

Обычно технические облики оформляются в виде 3D инфографических моделей, которые в дальнейшем трансформируются в эскизную и рабочую конструкторскую документацию в формате эскизного и технического проектов.

При разработке технического облика нами использовались программы и графические редакторы САПР-АРМ WinMachine и КОМПАС.

В таблице 2.3 представлены 3D инфографические модели (технические облики) разработанного режущего аппарата и машины для контурной обрезки плодовых деревьев.

Таблица 2.3 – Инфографические модели технического облика

	
<p><b>Режущий аппарат представляет собой гибкую стальную пилу, сваренную в кольцо, натянутой на шкивах</b></p>	<p><b>Фиксация шкивов с системами натяжения обеспечивается стапелем, превращающим режущий аппарат в независимую модуль-систему</b></p>
	
<p><b>Ориентация и относительно жесткая фиксация перерезываемых ветвей обеспечивается свободно вращающимися конусами и специальной гребенкой, ограничивающей подвижность ветвей</b></p>	

	
<p>Шарнирно соединенные ленточные режущие аппараты имеют возможность фиксации угловой ориентации. Привод – от независимых мини ДВС</p>	<p>Ленточные режущие аппараты с независимыми ДВС устанавливаются на манипуляторных системах, имеющих возможность установки как спереди, так и сзади трактора. Привод звеньев манипуляторных систем обеспечивается гидросистемой трактора.</p>

Принципиальной научно-технической новизной предложенного решения является использование на режущем аппарате для контурной обрезки плодовых ветвей ленточной пилы, работающей в условиях, так называемого «бесподпорного» резания.

В научной практике отсутствуют исследования в части «бесподпорного» резания ленточной пилой.

Изучение данного вопроса является предметной областью диссертации.

Установка ленточных режущих аппаратов на манипуляторных системах с приводом от независимых малогабаритных ДВС имеет только техническую новизну и в данной диссертации не рассматривается.

#### **2.2.4 Реализация технического облика ленточного режущего аппарата**

С целью апробации технического решения был разработан эскизный проект и изготовлен макет-демонстратор опытного образца ленточного режущего аппарата для проведения исследовательских испытаний в лабораторных условиях и в условиях, близким к реальным.

На рисунке 2.2 представлен сборочный чертеж общего вида ленточного режущего аппарата.

На рисунке 2.3. представлен общий вид действующего макета-демонстратора опытного образца ленточного режущего аппарата в составе лабораторной установки.

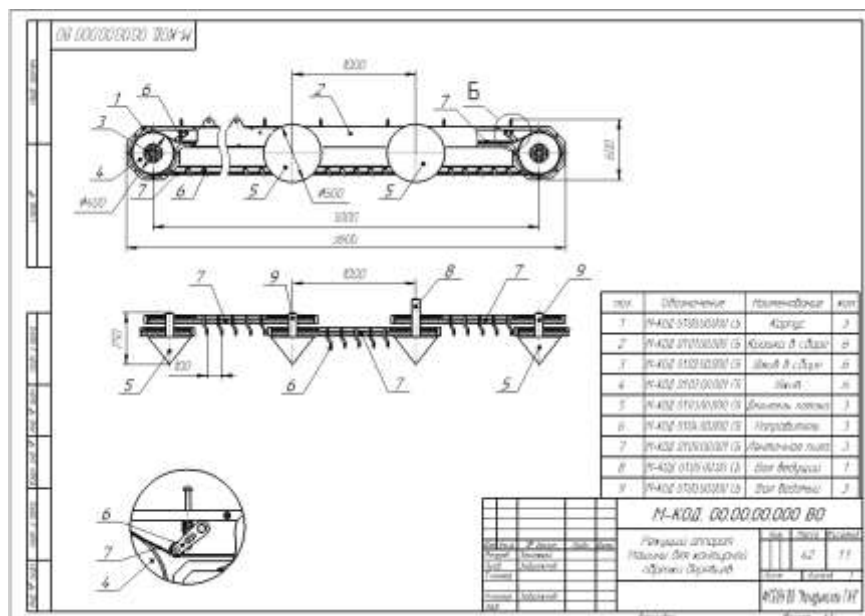


Рисунок 2.2 –Чертеж общего вида  
М-КОД 01.00.00.000 Режущий аппарат  
Машины для контурной обрезки деревьев

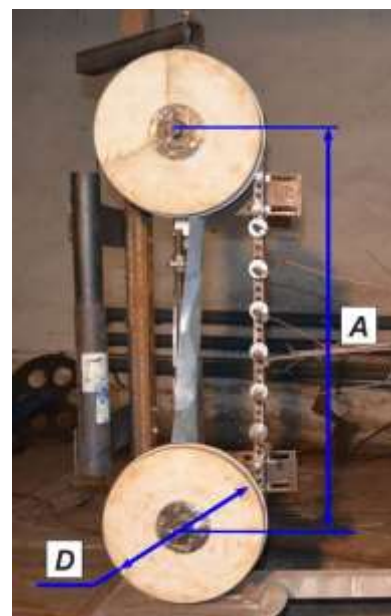


Рисунок 2.3 – Общий вид  
макета-демонстратора  
ленточного режущего  
аппарата в составе  
лабораторной установки

В таблице 2.4 представлены технические характеристики ленточного режущего аппарата.

Таблица 2.4 – Технические характеристики ленточного режущего аппарата

№	Параметры	Значение
1.	Габаритные размеры $D \times Ш \times B$ , м.	3600x600x250
2.	Угол сгиба в местах шарнира $\alpha$ , градус	60°
3.	Вес режущего аппарата $G$ , кг	42 кг.
4.	Диаметр шкива $D$ , мм	400
5.	Размер ленточной пилы $B \times m \times h$	6x0.5x3
6.	Шаг зуба ленточной пилы $t_3$ , мм	3
7.	Усилие натяжения ленточной пилы $P_H$ , МПа	25
7.	Осевое расстояние между шкивами $A$ , м.	1000
9.	Скорость резания $V_{Pmax}$ , м/с	40
10.	Мощность привода $W$ , кВт	1500

### 2.3. Математическая модель процесса резания ветвей плодового дерева ленточной пилой

Реальная система «ветвь плодового дерева – ленточная пила» образует динамическую систему, которая является пространственной с распределенными параметрами и находится под действием переменной нагрузки.

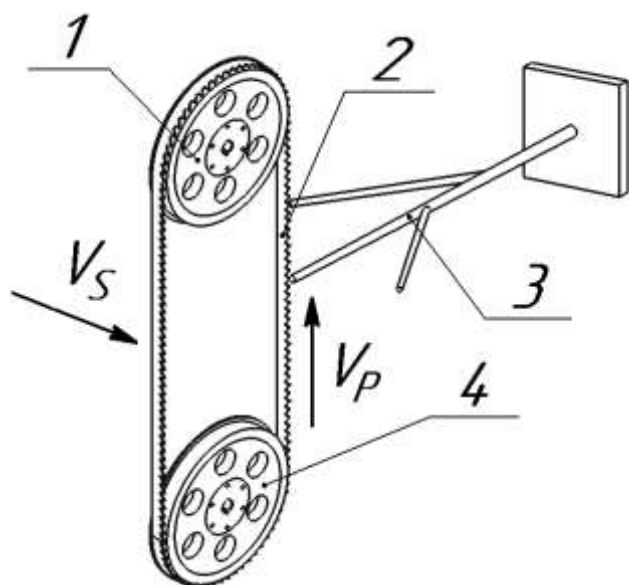


Рисунок 2.4 – Принципиальная схема реальной системы «ветвь плодового дерева – ленточная пила»

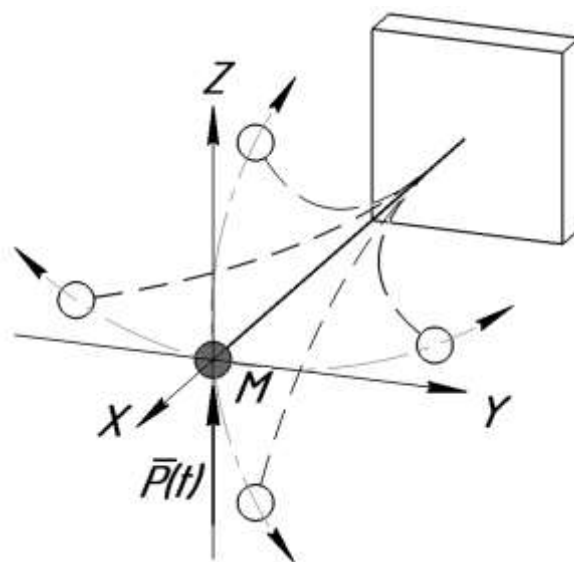


Рисунок 2.5 – Расчетная схема реальной системы «ветвь плодового дерева – ленточная пила»

На рисунках 2.4, 2.5 представлены принципиальная и расчетная схемы процесса резания, где ленточная пила 2, установленная на шкивы 1 и 4 взаимодействует с ветвью яблони 3. Обычно нижний шкив 4 является приводным и задает скорость резания  $V_P$  в зависимости от его оборотов.

В теории резания процесс взаимодействия плодовой ветви с пилой определяется как процесс бесподпорного резания [75, 134].

Такой процесс может описываться дифференциальными уравнениями в частных производных, решение и анализ которых методически сложен.

Для построения эквивалентной расчетной схемы и идентификации параметров модели нами приняты следующие допущения:

— **Допущение 1.** Основной процесс происходит на низких (первой гармоники) частотах. В этом случае все массы и силы можно привести в зону контакта ветви с

ленточной пилой, а эквивалентная расчетная схема представляет собой одномассовую упругую систему с двумя степенями свободы, представленную на рисунке 2.5.

— **Допущение 2.** При рассмотрении процесса принимается гипотеза внешнего трения. В этом случае массовые, диссипативные и жесткостные характеристики модели пропорциональны и имеют линейный характер.

— **Допущение 3.** Диссипативные характеристики незначительно влияют на процесс и при идентификации модели не учитываются.

— **Допущение 4.** Принимается, что процесс резания плодовой ветви (период взаимодействия ветви с пилой) является стационарным процессом, что позволяет сумму векторов движения ветви в каждый момент времени представить линейной комбинацией вектора  $\bar{S}$  и его производных  $\dot{\bar{S}}$  и  $\ddot{\bar{S}}$ .

На основании принятых допущений выдвигаем следующую гипотезу:

— **Гипотеза 1.** Движение ветви в период ее взаимодействия с пилой происходит в режиме автоколебаний, который характеризуется и определяется собственными значениями системы.

С учетом допущений 1-4 и выдвинутой гипотезы 1 эквивалентная схема представляет собой одномассовую упругую систему с двумя степенями свободы, нагруженную силой резания  $\bar{P}(t)$ , переменной, как по величине, так и по направлению.

Расчетная эквивалентная схема реальной системы «ветвь плодового дерева – ленточная пила» представлена на рисунке 2.5.

Под действием силы резания  $\bar{P}(t)$  ветвь получает упругие смещения  $\bar{S}$ , скорости  $\dot{\bar{S}}$  и ускорения  $\ddot{\bar{S}}$ , переменные во времени, которые искажают начальные режимы резания.

Сила резания ветви плодового дерева может быть представлена суммой:

$$\bar{P}(t) = \bar{P}_p + \bar{P}(\bar{S}, \dot{\bar{S}}, \ddot{\bar{S}}) + f(t). \quad (2.1)$$

В этом случае дифференциальное уравнение упругих смещений ветви в процессе резания может быть представлено в виде:

$$M\ddot{\bar{S}} + B\dot{\bar{S}} + C\bar{S} = \bar{P}_p + \bar{P}(\bar{S}, \dot{\bar{S}}, \ddot{\bar{S}}) + f(t), \quad (2.2)$$

где  $M$ ,  $B$ ,  $C$  – соответственно, массовые диссипативные и жесткостные (упругие) характеристики плодовой ветви;  $\bar{P}_p$  – сила резания, с первоначально установленными режимами резания (при неподвижно зафиксированной плодовой ветви);  $\bar{P}(\bar{S}, \dot{\bar{S}}, \ddot{\bar{S}})$  – детерминированная составляющая силы резания, зависящая от упругих смещений  $\bar{S}$ , скорости  $\dot{\bar{S}}$  и ускорения  $\ddot{\bar{S}}$ ;  $f(t)$  – случайная составляющая силы резания от неоднородности собственных характеристик плодовой ветви.

Воспользовавшись допущением 4 о стационарности процесса, запишем уравнение процесса (2.2) в следующей форме:

$$M\ddot{\bar{S}} + B\dot{\bar{S}} + C\bar{S} = \Delta B\dot{\bar{S}} + \Delta C\bar{S} + f(t), \quad (2.3)$$

где  $\Delta B$ ,  $\Delta C$  – коэффициенты, учитывающие собственные характеристики плодовой ветви, удельные характеристики процесса, условия и режимы резания (кинематические параметры, тип и параметры ленточной пилы), граничные условия (диапазон варьирования факторов и параметров процесса).

Объединяя уравнения (2.2) и (2.3), имеем:

$$M\ddot{\bar{S}} + \tilde{B}\dot{\bar{S}} + \tilde{C}\bar{S} = f(t), \quad (2.4)$$

где  $\tilde{B} = B - \Delta B$ ;  $\tilde{C} = C - \Delta C$

Коэффициенты  $\tilde{B}$  и  $\tilde{C}$  с учетом традиционных параметров, описывающих физико-механические свойства плодовых ветвей [2, 75, 112] и параметров, принятых в деревообработке [9, 30, 82], можно представить в виде следующих функций (2.5):

$$\begin{aligned} \tilde{B} &= bf(E, J, \rho, L, W, G) + \Delta bf(K, b, h, V_p, V_s, t, G), \\ \tilde{C} &= cf(E, J, \rho, L, W, G) + \Delta cf(K, b, h, V_p, V_s, t, G), \end{aligned} \quad (2.5)$$

где  $b$ ,  $\Delta b$ ,  $c$ ,  $\Delta c$  – независимые константы;  $E$  – модуль упругости;  $J$  – момент инерции;  $\rho$  – плотность материала;  $L$  – длина образца;  $W$  – влажность материала;  $K$  – удельная сила резания;  $b$  – ширина пропила;  $h$  – высота пропила;  $V_p$  – скорость резания;  $V_s$  – скорость подачи;  $t$  – шаг зуба ленточной пилы,  $G$  – граничные условия.

Принятая модель (2.4) относится к классу дифференциальных матричных неоднородных уравнений с позиционными силами. Она характеризуется системой коэффициентов  $M, B, C, \Delta B, \Delta C$ , которые могут допускать идентификацию модели доступными для практики методами.

#### 2.4. Идентификация параметров математической модели

С учетом принятых допущений определяем, что в перечень собственных значений динамической модели (2.4) входят параметры  $M, B, C, \Delta B, \Delta C$ , а к векторам состояния модели относятся векторы  $\bar{S}, \dot{\bar{S}}, \ddot{\bar{S}}, \bar{P}_p, f(t)$ .

Следуя классическому определению идентификации, как процедуры построения математической модели по априорной информации и экспериментальным данным [25], принимаем экспериментально-расчетный метод за основной метод идентификации и определения параметров модели.

При существующих методах измерения можно определить следующие величины:

- $\ddot{\bar{S}}$  – ускорение ветви в зоне взаимодействия с ленточной пилой, замеряется датчиками ускорений;
- $\bar{S}$  – смещения ветви в зоне взаимодействия с ленточной пилой, замеряются визуально (например – скоростной видеосъемкой);
- $M$  – масса плодовой ветви, определяется расчетным путем или взвешиванием;
- $C$  – жесткость плодовой ветви, определяется расчетным путем или на нагрузочном стенде по формуле:

$$C = \frac{\Delta P}{\Delta S}. \quad (2.6)$$

При экспериментальном определении жесткости ветви  $C$  важным моментом является метод ее определения, т.е. на стенде задается фиксированное смещение  $\Delta S$  и производится измерение  $\Delta P$ .

Принимая **гипотезу 1** об автоколебательном режиме движения ветви в процессе резания, можно обосновать расчетно-экспериментальный метод идентификации и определения параметров модели.



Известно, что автоколебательные режимы большинства механических систем характеризуются их собственными значениями [25], которые определяются на основе анализа ненагруженной системы, исследуя ее свободные колебания.

Уравнения свободных колебаний системы получаем из (2.2) при  $\bar{P}(t) = 0$ :

$$M\ddot{\bar{S}} + B\dot{\bar{S}} + C\bar{S} = 0. \quad (2.7)$$

Решение, соответствующее свободным колебаниям, ищем в виде [25]:

$$\bar{S} = \bar{A} e^{j\omega t}, \quad (2.8)$$

где  $\bar{A}$  - вектор, характеризующий форму колебаний (амплитуду) с частотой  $\omega$ , определяемой как собственная (свободная) частота колебаний системы.

Подстановка решения (2.9) в уравнение (2.8) дает:

$$M\omega^2 + Bj\omega + C \frac{\bar{A}}{2} = 0. \quad (2.9)$$

где максимальное значение по модулю  $\left| \frac{\bar{A}}{2} \right| = |\bar{S}|$ .

Решение характеристического уравнения системы представлено в виде:

$$\det[M\omega^2 + Bj\omega + C \frac{\bar{A}}{2}] = 0. \quad (2.10)$$

Непосредственное решение характеристического уравнения требует сложных вычислений.

С учетом **допущений 1-4** упрощаем решение задачи, т.е. принимаем, что система по нормальным координатам  $0Z$  и  $0Y$ , показанных на рисунке 2.5 распадается на два независимых уравнения (2.11):

$$\begin{aligned} M\omega_Z^2 + C &= 0, \\ M\omega_Y^2 + C &= 0. \end{aligned} \quad (2.11)$$

С учетом допущения о пропорциональности жесткостных характеристик по координатам  $0Z$  и  $0Y$  получаем формулу (2.12):

$$M = \frac{C}{\omega^2} \text{ или } \omega^2 = \frac{C}{M}. \quad (2.12)$$

Полученное решение (2.12) является исходным и определяет режим автоколебаний плодовой ветви в процессе ее резания.

Далее рассмотрим процедуру идентификации и определение:

- собственных характеристик плодовой ветви;
- силовых и удельных характеристик процесса резания ленточной пилой;
- выходных параметров (шероховатости) процесса.

## **2.5. Идентификация и определение параметров процесса резания плодовой ветви ленточной пилой**

### **2.5.1. Собственные характеристики плодовых ветвей**

Согласно математической модели процесса (2.4, 2.5 и 2.12) к собственным характеристикам плодовой древесины относим исходные параметры: диаметр  $d_{вет}$ , длину  $L$ , плотность древесины  $\rho$ , модуль упругости при изгибе  $E$ , которые в свою очередь определяют жесткость ветви  $C$  и частоту свободных колебаний  $\omega_0$ .

Для расчета собственных характеристик плодовой ветви принимаем следующее допущение:

- **Допущение 5.** Геометрические параметры плодовой ветви характеризуются значением  $d_{вет}$ , значение которого изменяется незначительно по всей длине консоли  $L$ .

Тогда задача определения собственных характеристик плодовой ветви сводится к классической задаче сопротивления материалов и строительной механики – определению жесткости и частоты свободных колебаний консольного стержня постоянного сечения.

Жесткость и частота свободных колебаний определяется по известным формулам (2.13) [4, 14, 41]:

$$C = \frac{3EJ}{L^3}, \quad \omega_0 = \frac{1}{2\pi} \frac{\lambda_n}{L^2} \sqrt{\frac{EJ}{m_0}} \quad (2.13)$$

где  $C$  – жесткость, Н/м;  $\omega_0$  – частота свободных колебаний, Гц;  $E$  – модуль упругости при изгибе, Н/м<sup>2</sup>;  $J$  – момент инерции сечения стержня (для плодовой

ветви  $J \approx 0.05d_{\text{ем}}^4$ ),  $\text{м}^4$ ;  $L$  – длина стержня,  $\text{м}$ ;  $m_0$  – масса единицы длины стержня (для плодовой ветви  $m_0 = \rho F \approx 0.785\rho d_{\text{ем}}^2$ ,  $\text{кг/м}$ ;  $\rho$  – плотность,  $\text{кг/м}^3$ ;  $\lambda_n$  – безразмерный коэффициент, зависящий от формы колебаний (согласно допущения 1 принимаем первую форму колебаний  $n = 1$ , что соответствует наименьшей частоте  $\lambda_1 = 3.52$ ).

Представим значения жесткости  $C$  и частоты свободных колебаний  $\omega_0$  в виде функций от диаметра плодовой ветви  $d_{\text{ем}}$ , тогда формулы (2.13) принимают следующий вид:

$$C = 0,15 \frac{E}{L^3} d^4, \quad \omega_0 = 0.141 \frac{(E/\rho)^{0.5}}{L^2} d. \quad (2.14)$$

Формулы (2.14) использованы нами при проведении расчетного моделирования собственных характеристик плодовой ветви.

### 2.5.2. Сила резания плодовой ветви ленточной пилой

При определении силовых характеристик процесса нами использовались подходы и методики А.Л. Бершадского [9] и И.Т. Глебова [30].

В качестве режущего аппарата выбраны узкие столярные ленточные пилы, так как они предназначены для прямолинейной, криволинейной, продольной и поперечной распиловки пиломатериалов и образуют высокое качество поверхности среза после распила.

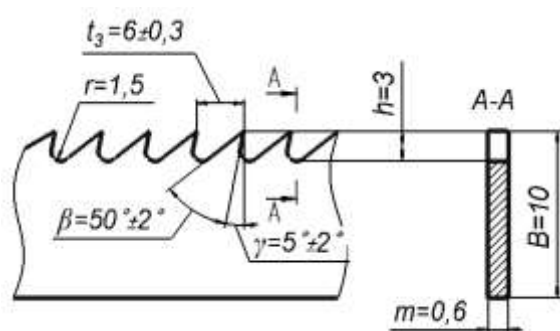


Рисунок 2.6 – Параметры ленточной пилы по ГОСТ 6532-77

В соответствии с ГОСТ 6532-77 принимаем ленточную пилу со следующими параметрами, показанными на схеме представленной на рисунке 2.6: ширина ленты  $B = 10$  мм; толщина  $m = 0,6$  мм; шаг зубьев  $t = 6 \pm 0,3$  мм; высота зубьев  $h = 3$  мм; радиус закругления впадины  $r = 1.5 \pm 0,5$  мм; угол заострения зубьев

$\beta - 50 \pm 2^\circ$ ; передний угол  $\gamma - 5 \pm 2^\circ$ ; задний угол резания или коэффициент интенсивности трения стружки о стенки пропила  $\alpha - 35^\circ$ ; угол резания  $\delta - 85^\circ$  [136].

В деревообрабатывающей промышленности ленточные режущие аппараты имеют следующие режимные характеристики: скорость главного движения  $V = 30 \dots 50$  м/с, скорость подачи  $V_S = 1 \dots 120$  м/мин. Значение подачи на зуб для столярных ленточных пил принимают  $S_Z = 0,05 \dots 0,1$  мм [30, 99].

На рисунке 2.7 представлена кинематическая схема процесса резания плодовой ветви ленточной пилой.

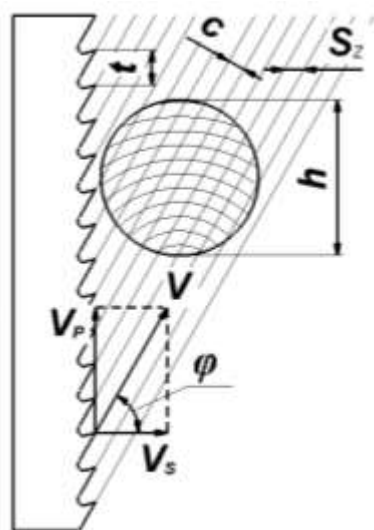


Рисунок 2.7 – Кинематика резания плодовой ветви ленточной пилой

Здесь принято следующее допущение:

— **Допущение 6.** Поперечное сечение плодовой ветви условно характеризуется описанным диаметром  $d_{вет}$ .

По И.Т. Глебову силу резания  $P_P$  определяют по формуле [30]:

$$P_P = \frac{KbhV_S}{V_P}, \quad (2.15)$$

где  $V_S$  – скорость подачи, м/с;  $V_P$  – скорость резания, м/с;  $b$  – ширина пропила, мм;  $h$  – высота пропила равная диаметру плодовой ветви  $d_{вет}$  в месте резания ( $h =$

Скорость подачи  $V_S$  ленточной пилы определяется скоростью движения агрегата, которая на практике составляет  $V_{агр} = 1,5 \dots 2,5$  км/час (0,42...0,69 м/с) [6].

Соотношение скорости резания  $V_P$  и скорости подачи  $V_S$  определяет угол наклона  $\varphi$  скорости главного движения  $V$  показанной на рисунке 2.7.

В деревообрабатывающей промышленности для оценки силовых характеристик процесса используют среднее значение силы резания.

$d_{\text{вем}}$ ), мм;  $K$  – среднее давление резания, Н/мм<sup>2</sup>.

По А.Л. Бершадскому – по формуле [9]:

$$P_p = \frac{Kbh_c}{t}, \quad (2.16)$$

где  $c$  – толщина стружки, мм;  $t$  – шаг пилы, мм;  $K$  – удельная работа резания, Дж/см<sup>3</sup> или (Н·м)/см<sup>3</sup>.

При принятых единицах измерения удельная работа резания в формуле (2.16) численно равна среднему давлению резания (удельной силы резания) в формуле (2.17), хотя физический смысл этих понятий разный:

$$K \left[ \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} \right] = K \left[ \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{см}^3} \right]. \quad (2.17)$$

На практике удельные характеристики резания древесины определяют опытным путем, используя эталонный режущий инструмент и фиксированные физико-механические характеристики древесины [58, 59, 84].

Влияние технологических факторов, относящихся к обрабатываемому материалу, параметрам режущего аппарата и режимов резания учитывают эмпирической формулой (2.18) [136]:

$$K = k_0 \cdot \alpha_{\text{П}} \cdot \alpha_{\text{В}} \cdot \alpha_{\delta} \cdot \alpha_{\text{Р}} \cdot \alpha_{\text{h}} \cdot \alpha_{\text{V}}, \quad (2.18)$$

где  $k_0$  – удельное сопротивление резанию древесины эталонным инструментом, Н/мм<sup>2</sup>;  $\alpha_{\text{П}}$  – коэффициент, учитывающий изменение удельного сопротивления резанию в зависимости от породы;  $\alpha_{\text{В}}$  – коэффициент, учитывающий влияние влажности древесины;  $\alpha_{\delta}$  – коэффициент, учитывающий влияние угла резания;  $\alpha_{\text{Р}}$  – коэффициент, учитывающий степень затупления режущей кромки инструмента;  $\alpha_{\text{h}}$  – коэффициент, учитывающий влияние толщины стружки;  $\alpha_{\text{V}}$  – коэффициент, учитывающий влияние скорости резания.

В теории деревообработки влияние скорости резания на энергетические и качественные показатели процесса однозначно не установлено и в практических расчетах принимается, что влияние скорости резания в пределах до 60 м/с на усилие резания не сказывается ( $\alpha_{\text{V}} = 1$ ) [82].

На основании изложенного и формул (2.15 и 2.16) определяем минимальную и максимальную силу резания плодовой ветви:

$$[P_p]_{\min} = \frac{Kbt}{\lambda}; \quad [P_p]_{\max} = \frac{Kbd_{\text{ем}}}{\lambda}, \quad (2.19)$$

где  $\lambda$  – кинематический параметр:

$$\lambda = \frac{V_p}{V_s} = \operatorname{tg} \varphi, \quad V_s = V_{\text{азр}}, \quad V_p = \frac{\pi D n}{60 \times 1000}, \quad (2.20)$$

где  $V_s$  – скорость подачи и  $V_p$  – скорость резания в м/с;  $D$  – диаметр шкива, мм;  $n$  – число оборотов шкива; об/мин.

Понятие минимальной и максимальной силы резания нами введено на основании принятой **гипотезы 1** о колебательном характере движения ветви при ее взаимодействии с ленточной пилой в режиме бесподпорного резания.

В этом случае абсолютное значение силы резания лежит в диапазоне от значения силы резания одним зубом при неполном контакте до значения силы резания при полном контакте зубьев пилы с плодовой ветвью.

$$\left| \frac{Kbt}{\lambda} \right| \geq |P_p| \leq \left| \frac{Kbd_{\text{ем}}}{\lambda} \right|, \quad (2.21)$$

### 2.5.3 Обобщенные характеристики процесса резания плодовой ветви ленточной пилой

Достаточно широкий диапазон варьирования и неопределенность входных параметров в расчетных моделях 2.12 – 2.21, которые построены на основе традиционных (классических) зависимостей теории деревообработки и сопротивления материалов не позволяет однозначно идентифицировать и определить параметры процесса.

Известно, что весьма эффективным методом определения назначения и влияния каждого входного параметра на исследуемый процесс являются методы теории подобия и анализа размерностей, в основе которых лежит принцип использования критериев подобия (безразмерных обобщенных переменных), численно одинаковых для подобных процессов [13, 41, 36, 119].

Также, на основании анализа формул 2.12 – 2.16 получены обобщенные зависимости 2.18 – 2.20, представленные в таблице 2.5 и характеризующие процесс резания плодовой ветви ленточной пилой.

Таблица 2.5 – Обобщенные зависимости процесса резания плодовой ветви ленточной пилой

<b>1. Собственные характеристики плодовой ветви и характеристики процесса</b>	
$C = f(d_{вет}, L, E, \rho)$ $\omega_P = f(d_{вет}, L, E, \rho)$	(2.22)
<b>2. Сила резания плодовой ветви ленточной пилой</b>	
$P_P = f(K, b, t, d_{вет}, \lambda),$	(2.23)
<b>3. Качественные характеристики процесса резания (шероховатость) поверхности реза</b>	
$R = f(K, \lambda, t, S_0, C, \omega_P, A_P),$	(2.24)

В таблице 2.6 представлены размерности параметров процесса.

Таблица 2.6 – Размерности параметров процесса резания плодовой ветви ленточной пилой

Наименование параметра	Обозначение	Ед. изм.	Размерность
<b>Параметры плодовой ветви</b>			
Диаметр плодовой ветви	$d_{вет}$	м	L
Длина плодовой ветви	$L$	м	L
Плотность древесины плодовой ветви	$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	ML <sup>-3</sup>
Масса плодовой ветви	$m$	кг	M
Модуль упругости плодовой ветви	$E$	Па = Н/м <sup>2</sup>	ML <sup>-1</sup> T <sup>-2</sup>
Жесткость плодовой ветви	$C$	Н/м	MT <sup>-2</sup>
Частота свободных колебаний плодовой ветви	$\omega_0$	Гц	T <sup>-1</sup>
Влажность древесины плодовой ветви	$W$	%	-
Порода плодовой ветви	$G$	-	-
<b>Параметры ленточной пилы</b>			
Шаг зубьев ленточной пилы	$t$	мм	L
Ширина пропила	$b$	мм	L
<b>Параметры процесса резания плодовой ветви ленточной пилой</b>			
Скорость резания	$V_P$	м/с	LT <sup>-1</sup>
Скорость подачи	$V_S$	м/с	LT <sup>-1</sup>
Кинематический параметр	$\lambda$	-	-
Сила резания плодовой ветви	$P$	Н	MLT <sup>-2</sup>
Удельная сила резания	$K$	Н/мм <sup>2</sup>	ML <sup>-1</sup> T <sup>-2</sup>
Прогиб свободного конца плодовой ветви	$S$	м	L
Частота колебаний плодовой ветви	$\nu_P$	Гц	T <sup>-1</sup>
Амплитуда колебаний плодовой ветви	$A_P$	мкм	L

Путем анализа размерностей получен основной список обобщенных переменных:

$$\frac{P_P}{Kbd_{вет}}, \frac{V_P}{V_S} = \lambda, \frac{C}{Ed_{вет}}, \frac{C}{m\omega_0^2}, \frac{Ed_{вет}}{m\omega_0^2}, \frac{\omega_0}{\sqrt{\frac{E}{pd_{вет}L}}}, \frac{m}{\rho d_{вет}^2 L}, \frac{d_{вет}}{L} \quad (2.25)$$

и определены расчетные модели, представленные в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Расчетные модели процесса резания плодовой ветви ленточной пилой

<b>1. Собственные характеристики плодовой ветви и характеристики процесса</b>	
$\frac{C}{Ed_{вет}} = f\left(\frac{d_{вет}}{L}\right)$	(2.26)
$\omega_0 = f\left(\frac{C}{m}\right)$	(2.27)
<b>2. Силовые характеристики процесса резания плодовой ветви ленточной пилой</b>	
$\frac{P_P}{Kbd_{вет}} = f(\lambda)$	(2.28)
<b>3. Качественные характеристики процесса резания (шероховатость) поверхности реза</b>	
$\frac{R_{m\max}}{t} = f(\lambda)$	(2.29)
$\frac{R_{m\max}}{t} = f(A_P)$	(2.30)

### **2.5.3 Имитационное моделирование процесса резания плодовой ветви ленточной пилой**

Имитационное (расчетное) моделирование является весьма эффективным методом идентификации и численного определения параметров любого процесса физического процесса приложение Г.

Имитационное моделирование проводилось на основе «классических» формул 2.12 – 2.16 и обобщенных зависимостей 2.25 – 2.28.



В таблицах 2.8 – 2.10 представлены входные параметры имитационных (расчетных) моделей резания плодовой ветви ленточной пилой.

Таблица 2.8– Входные параметры для расчета собственных характеристик плодовой ветви

Наименование параметра	Обозначение, размерность	Значение
Диаметр плодовой ветви	$d_{вет}$ , мм	10...80
Длина плодовой ветви	$L$ , м	0,5; 1,0; 1,5
Модуль упругости	$E$ , Н/м <sup>2</sup> ×10 <sup>9</sup> (ГПа)	10
Плотность	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	720

Таблица 2.9 – Входные параметры для расчета характеристик процесса резания плодовой ветви ленточной пилой

Наименование параметра	Обозначение, ед. изм.	Значение
Шаг зубьев ленточной пилы	$t$ , мм	6±0,3
Ширина пропила	$b = m + 2S_0$ , мм: где $m = 0,6$ мм – толщина пилы; $S_0 = 0,05$ мм – развод зубьев	0,7
Диаметр приводного шкива	$D$ , мм	400
Обороты приводного шкива	$n$ , об/мин	500, 1000, 1500
Скорость резания	$V_P$ , м/с	10,46; 20,93; 31,4
Скорость подачи	$V_S = V_{аэп}$ , м/с (км/час)	0,49 (1,76)
Высота пропила	$h = d_{вет}$ , мм	10...80

Таблица 2.10 – Удельные характеристики резания древесины различных пород

Автор	Порода древесины	Режущий инструмент	Параметры			Удельное сопротивление $K$ , Н/мм <sup>2</sup>	
			Ширина пропила $b$ , мм	Высота пропила $h$ , мм	Подача на зуб $S_z$ , мм		
Кутейников В.К. [80]	Яблоня	Дисковая пила	2,2	18	0,05...0,4	70...160	
Бершадский А.Л. [9]	Сосна		1,5	50	0,05...0,4	43...120	
Попиков В.П. [110]	Береза		-	10...25	-	54...83,6	
	Сосна		-		-	43,35...60,59	
	Липа		-		-	28,9...39,17	
	Тополь		-		-	39,62...72,21	
Амалицкий В.В. [5]	Сосна		Ленточная пила	0,9	50...200	0,04...0,33	38...218
Любченко В.И. [82]	Сосна		я пила	1.5	50...200	0,05...0,6	38...259

Результаты идентификации модели процесса резания плодовой ветви ленточной пилой путем расчетного (имитационного) моделирования приведены в приложении Г и представлены в таблице 2.11 приложение Г1, Г2, Г3, Г4.

Таблица 2.11 – Результаты расчетного (имитационного) моделирования

<p><b>Входные параметры имитационной модели:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— плотность <math>\rho = 720 \text{ кг/м}^3</math>;</li> <li>— удельная сила резания <math>K = 100 \text{ Н/мм}^2</math>;</li> <li>— диаметр ветви <math>d = 10 \dots 80 \text{ мм}</math>;</li> <li>— длина ветви <math>L = 0.5; 1.0; 1.5</math>.</li> </ul>	<p><b>Входные параметры имитационной модели:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— плотность <math>\rho = 720 \text{ кг/м}^3</math>;</li> <li>— удельная сила резания <math>K = 70 \dots 160 \text{ Н/мм}^2</math>;</li> <li>— модуль упругости <math>E = 7 \dots 12 \text{ ГПа}</math>;</li> <li>— диаметр ветви <math>d = 10 \dots 80 \text{ мм}</math>;</li> <li>— длина ветви <math>L = 0.5; 1.0; 1.5</math>.</li> </ul>
<b>Статические характеристики плодовых ветвей</b>	
<p>Жесткость ветви, <math>C \cdot 10^5</math></p> <p>Диаметр ветви <math>d</math>, мм</p> <p>1 - <math>L=0,5 \text{ м}</math> 2 - <math>L=1 \text{ м}</math> 3 - <math>L=1,5 \text{ м}</math></p>	<p>Жесткость ветви <math>C \cdot 10^{-5}</math>, Н/м</p> <p><math>y = 6108,5x^{3,742}</math> <math>R^2 = 0,9865</math></p> <p><math>d/L</math></p> <p><math>C</math> – жесткость ветви, Н/м; <math>d</math> – диаметр ветви, мм; <math>L</math> – длина консоли, мм</p>
<b>Динамические характеристики плодовых ветвей</b>	
<p>Частота свободных колебаний <math>\omega_0</math>, Гц</p> <p>Диаметр ветви <math>d</math>, мм</p> <p>1 - <math>L=0,5 \text{ м}</math> 2 - <math>L=1 \text{ м}</math> 3 - <math>L=1,5 \text{ м}</math></p>	<p>Частота свободных колебаний <math>\omega_0</math>, Гц</p> <p><math>y = x^{0,5}</math> <math>R^2 = 1</math></p> <p><math>C/m</math></p> <p><math>\omega_0</math> – частота собственных колебаний, Гц; <math>C</math> – жесткость ветви, Н/м; <math>m</math> – масса, кг</p>
<b>Силовые характеристики процесса резания плодовой ветви ленточной пилой</b>	
<p>Сила резания <math>P</math>, Н</p> <p>Диаметр ветви <math>d</math>, мм</p> <p>1 - <math>10,46 \text{ м/с}</math> 2 - <math>20,93 \text{ м/с}</math> 3 - <math>31,4 \text{ м/с}</math></p>	<p><math>P/(Kbh)</math></p> <p><math>y = 1x^{-1}</math> <math>R^2 = 1</math></p> <p>Кинематический параметр, <math>\lambda</math></p> <p><math>P</math> – сила резания, Н; <math>K</math> – удельное сопротивление резанию, Н/мм<sup>2</sup>; <math>b</math> – ширина пропила, мм; <math>h</math> – высота пропила, мм; <math>\lambda</math> – кинематический показатель</p>

В результате имитационного (расчетного) моделирования определено:

1. Значения собственных характеристик плодовой ветви с размерами поперечного сечения от 10 до 80 мм и длиной от 0,5 до 1,5 м при фиксированных значениях модуля упругости древесины ветви  $E = 10$  ГПа и плотности  $\rho = 720$  кг/м<sup>3</sup> лежат в следующих пределах: жесткость  $C = 4,4...4,8 \times 10^5$  Н/м и частота свободных колебаний  $\omega_0 = 2...170$  Гц.
2. Сила резания плодовой ветви ленточной пилой с размерами поперечного сечения ветви от 10 до 80 мм при фиксированном значении  $K = 100$  Н/мм<sup>2</sup> и диапазоне скорости резания  $V_P = 10, 46...31,4$  м/с лежит в пределах  $P_P = 10,70...256,98$  Н. Причем снижение силы резания при неизменной скорости подачи (скорости движения агрегата)  $V_S = V_{агр} = const$  пропорционально увеличению скорости резания  $V_P$  (в нашем случае в 3 раза).
3. Жесткость плодовой ветви растет при увеличении ее диаметра и падает при увеличении ее длины.
4. Частота свободных колебаний плодовой ветви увеличивается с ростом ее жесткости и уменьшается с ростом ее массы.
5. Сила резания плодовой ветви падает с увеличением кинематического параметра, т.е. увеличения скорости резания и снижения скорости подачи (рабочей скорости агрегата).

#### **2.5.4. Характеристики поверхности среза**

В теории деревообработки важным выходным параметром процесса резания является шероховатость поверхности реза, определяемая величиной и формой неровностей, которые в свою очередь делятся на структурные неровности и неровности обработки [32, 33, 39, 58, 87, 95, 115, 123, 139, 147].

Структурные неровности (полости клеток, вскрытые сердцевинные лучи, поры) не зависят от обработки.

Неровности обработки (параметры шероховатости древесины и древесных материалов) регламентируются ГОСТ 7016-2013, который одним из

количественных показателей определяет значение  $R_{m \max}$  – среднеарифметическое высот отдельных наибольших неровностей на поверхности.

Шероховатость поверхности определяется по ее профилю, который представляет собой ломаную линию пересечения поверхности плоскостью, перпендикулярной направлению неровностей.

Профиль рассматривается на базовой длине, в пределах которой оцениваются параметры шероховатости поверхности.

При исследовании влияния внешних факторов на шероховатость поверхности в деревообработке Амалицким В.В., Бершадским А.Л., Баряном А.Г. Бухтияровым В.П., Воскресенским С.А., Глебовым И.Т., Грубе А.Э. Ивановым С.В., Ивановским Е.Г., Резником Н.Е. и др. [5, 9, 30, 39, 58, 59, 82, 84-86, 99, 107, 133, 147] было выявлено, что подача на зуб пилы имеет наибольшее влияние.

На рисунке 2.8 представлен график зависимости шероховатости поверхности среза от подачи на зуб по результатам исследователей [5, 9, 82, 30, 59] для ленточных пил приложение Г.

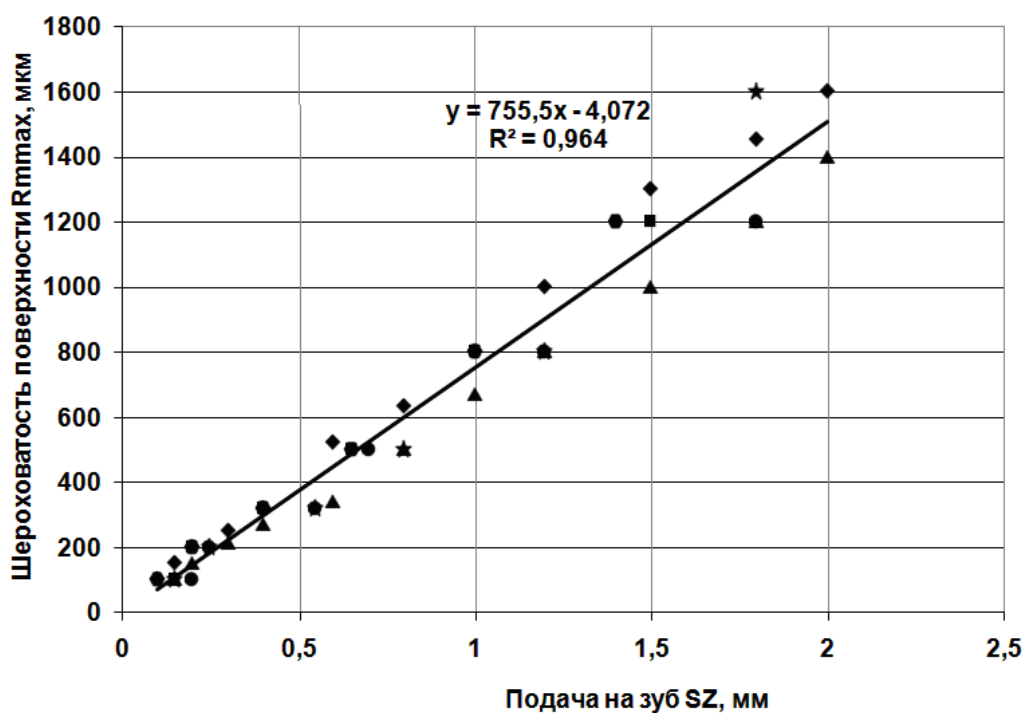


Рисунок 2.8 – Зависимость значения шероховатости среза от величины подачи на зуб ленточной пилы

При бесподпорном резании плодовой ветви на шероховатость среза влияют другие факторы.

На основании проведенного анализа, допущений 1 – 4 и выдвинутой гипотезы 1 формулируем гипотезы о качественных характеристиках (шероховатость поверхности реза) процесса бесподпорного резания плодовой ветви ленточной пилой:

- **Гипотеза 2.** Шероховатость поверхности реза плодовой ветви при бесподпорном резании определяется значениями подачи ленточной пилы и амплитудой автоколебаний ветви в процессе взаимодействия с пилой.
- **Гипотеза 3.** Амплитуда автоколебаний плодовой ветви в процессе ее взаимодействия с ленточной пилой определяется величиной максимального отклонения ветви от силы резания.

Данные гипотезы оформлены зависимостями 2.26 и 2.27, представленными в таблице 2.11.

В настоящее время теория деревообработки не определяет аналитических зависимостей показателей шероховатости от внешних факторов и зависимости 2.26 и 2.27 можно получить только экспериментальным путем.

### **3 ПРОГРАММА И МЕТОДИКИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

#### **3.1 Разработка программы проведения экспериментальных исследований**

В программу экспериментальных исследований вошли следующие вопросы:

1. Определение размерных характеристик плодовых ветвей.
2. Определение физико-механических и собственных характеристик плодовых ветвей, включающее:
  - 2.1. Определение зависимости физико-механических и собственных характеристик плодовых ветвей от влажности древесины;
  - 2.2. Определение собственных характеристик плодовых ветвей в разные возрастные периоды;
  - 2.3. Определение собственных характеристик плодовых ветвей в зависимости от их состояния (на дереве и на стенде, с листьями и без них, со второстепенными ветками и без них).
3. Проведение экспериментального исследования собственных характеристики процесса резания плодовых ветвей.
4. Проведение экспериментального исследования качественных характеристик процесса резания плодовых ветвей, включающее:
  - 4.1. Определение шероховатости поверхности среза ленточной пилой;
  - 4.2. Определение шероховатости поверхности среза различными типами режущих аппаратов.
5. Обобщение результатов экспериментальных исследований процесса резания плодовых ветвей ленточным режущим аппаратом.

#### **3.2 Определение статических и динамических характеристик ветвей плодовых деревьев**

Для выбора режущего аппарата большое значение имеет жесткость ветвей, а именно отгибание ветвей от своего первоначального положения под нагрузкой. Особенно это важно при срезе ветвей плодовых деревьев без противорежущей

опоры. Ими указывается, что именно отгиб является основной причиной низкого качества среза и повреждения коры и древесины [5, 14, 25, 79].

При исследовании процесса взаимодействия ветвей плодового дерева с режущим элементом пильного типа было отмечено, что на качество среза большое влияние оказывают создаваемые колебания ветвей в процессе пиления. При пилении ветвь отгибается на некий угол и возвращается в первоначальное положение за счет своей жесткости, вследствие этого ветвь начинает колебаться.

Для определения статических и динамических физико-механических характеристик ветвей плодового дерева нами был разработан нагрузочный стенд [79], показанный на рисунке 3.1, позволяющий провести статический и динамический анализ физико-механических характеристик.

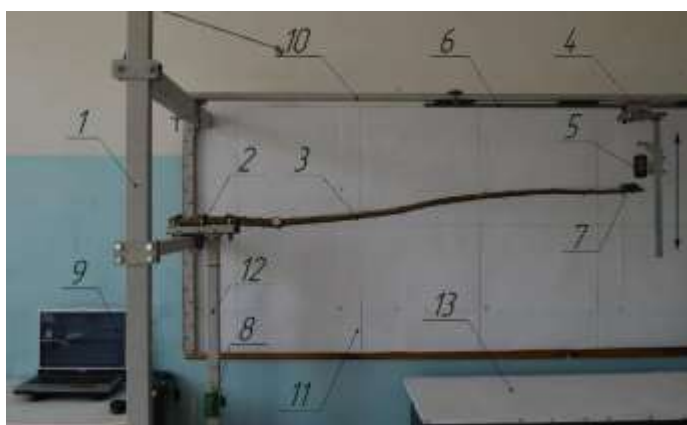


Рисунок 3.1 – Лабораторная установка для определения статических и динамических характеристик ветвей плодового дерева

- 1 – рама; 2 – зажим;
- 3 – исследуемый образец
- 4 – штангенрейсмас ШР-400-0,02 ГОСТ 164-90;
- 5 – цифровой электронный безмен WeiHeng WH-A05; 6 – рельса;
- 7 – вибродатчик (акселерометр) ZET 7152 ;
- 8 – регистратор сигнала ZET 7176,
- 9 – ПК; 10 – верхняя балка;
- 11 – полотно с разбивкой по 0,5 м.; 12 – опорная стойки зажима;
- 13 – опорный стол

Стенд состоит из основной жестко закрепленной рамы 1, на ней по средствам болтового соединения надежно установлен универсальный зажим 2, для возможности исследования физико-механических свойств образцов разного сечения. При помощи зажима 2, образец 3 консольно, в данном случае ветвь плодового дерева, закрепляется на установке без нарушения целостности в месте зажима.

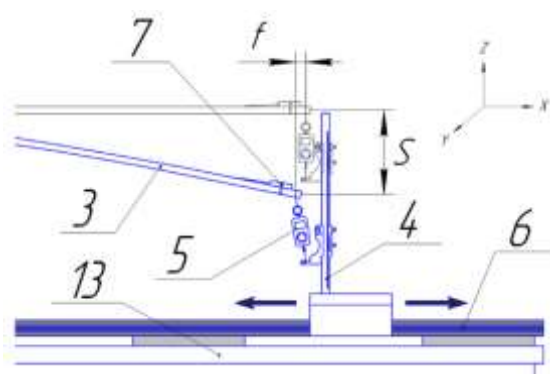


Рисунок 3.2 – Схема корректировки положения динамометра

Определение жесткости ветви производится путем нагружения свободного конца консоли. Зажим 2 имеет независимую опору 12, которая позволяет исключить нежелательные перемещения и обеспечивает жесткое закрепление образца 3. Для определения статической жесткости исследуемого образца 3 необходимо зафиксировать прогиб при определенной нагрузке.

Фиксация прогиба производится при помощи штангенрейсмаса 4 марки ШР-400 0,02 ГОСТ 164-90. Сила нагружения на образец фиксировалась при помощи цифрового электронного безмена WeiHeng WH-A05 (динамометр) 5 с точностью измерения 0,05 Н.

При проведении предварительных исследований было установлено что, при увеличении прогиба  $S$  происходит уменьшение длины плеча  $L$  на величину  $f$ , что приводит к погрешности измерения. Для исключения данной погрешности штангенрейсмас 4 установлен на рельсе 6 через подшипниковый блок, для корректировки положения динамометра 5 относительно исследуемого образца 3. На рисунке 3.2 представлена схема корректировки положения динамометра относительно исследуемого образца

Поскольку ветви плодового дерева имеют различные наросты и неровности, для исследования физико-механических свойств плодовой ветви в разных направлениях, рельса 6 с измерительными приборами имеет возможность установки на опорный стол 13 расположенный параллельно верхней балки 10 в одной вертикальной плоскости с образцом 3. Это позволяет изменить направление прилагаемой силы  $P$  и зафиксировать прогиб ветви  $S$ , тем самым исследовать статическую жесткость образца в обратном направлении. Схема



установки измерительных приборов для исследования статических характеристик в разных направлениях показана на рисунке 3.3.

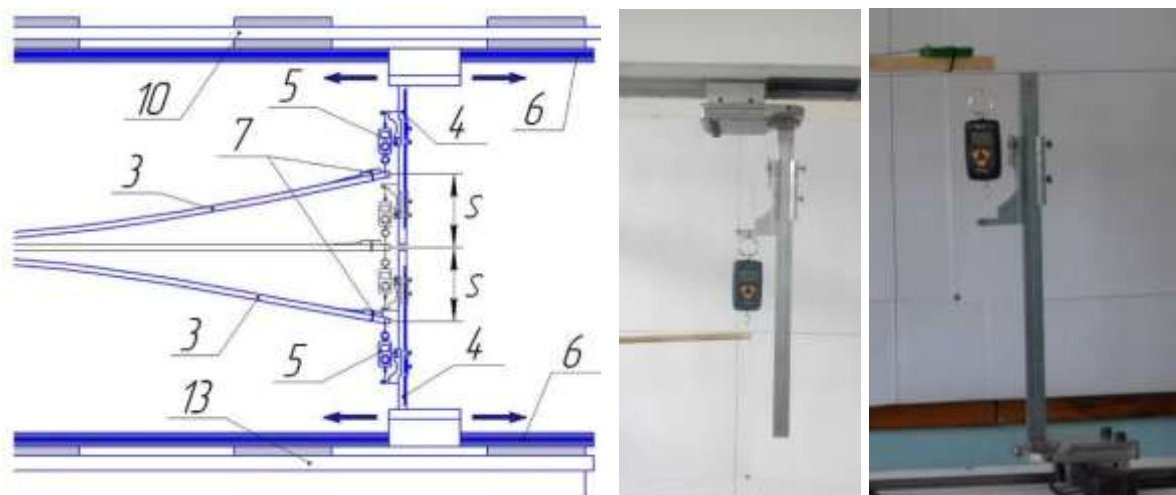


Рисунок 3.3 – Схема установки измерительных приборов для исследования статических характеристик в разных направлениях

Для динамического метода исследования и определения собственной частоты плодовой древесины на стенде используется система вибро-регистрации ZETLab. В систему вибро-регистрации ZETLab входит, регистратор данных ZET 7176 (на рисунке 1 обозначен позицией 8) с возможностью автономной записи сигнала на съемный носитель и цифровой акселерометр ZET 7152 (на рисунке 3.1 обозначен позицией 7) с возможностью регистрации сигнала в 3 плоскостях XYZ.

Преобразователь интерфейса Ethernet/Wi-Fi↔CAN ZET 7176 предназначен для подключения измерительных сетей на базе цифровых датчиков с интерфейсом CAN к персональному компьютеру (ПК) по сети Wi-Fi или Ethernet. Пропускная способность сетей Wi-Fi или Ethernet позволяет без задержек исполнять команды и передавать большие объемы данных.

Система сбора данных с применением датчиков следующая. Цифровые датчики, передающие результаты по интерфейсу CAN, подключаются к преобразователю интерфейса ZET 7176, который в свою очередь должен быть соединен с роутером, либо напрямую с ПК с помощью Ethernet кабеля. Далее, преобразователь интерфейса ZET 7176 собирает данные с цифровых датчиков по CAN и передает их на ПК Ethernet соединению.

Модуль ZET 7176 комплектуется microSD картой для записи сигналов в автономном режиме для последующей обработки, что позволяет проводить исследования в любом месте. При отсутствии подключения модуля ZET7176 к ПК осуществляется запись потока данных с CAN на microSD карту.

Цифровой акселерометр ZET 7152 представляет собой вибродатчик со встроенным трехкомпонентным чувствительным элементом, осуществляющим преобразование постоянной составляющей ускорения в цифровой код по трем взаимно перпендикулярным осям X, Y и Z. Значения виброскорости и виброперемещения вычисляются математически встроенным процессором. Расчёт усреднённого значения проводится как среднее для линейного ускорения и среднеквадратичное для всех остальных параметров.

Для определения частоты свободных гармонических колебаний на ветвь устанавливают датчик ZET 7152, далее ее оттягивают вниз или вверх на фиксированное расстояние при известной силе нагружения и закрепляют на конец консоли нитью. Отклонение консоли выбирают в пределах упругой деформации ветви. Работа установки с данной схемой заключается в следующем: ветвь отклоняют и фиксируют нитью, включают приборы и по команде оператора нить перерезают ножницами. Колебания, возникающие в ветви после перерезания нити, записываются на регистратор, сигналы которые поступают с датчика на регистратор, записываются на ПК. При помощи программного обеспечения ZETLab производится обработка сигнала с датчика ZET 7152. Так же весь процесс эксперимента фиксируется на высокоскоростную камеру, для визуального контроля в процессе обработки.

Для построения графика переходного процесса используется программа «Многоканальный осциллограф».

Для определения спектральной плотности используется программа «Узкополосный спектр»

Программа «Узкополосный спектр» предназначена для частотного анализа сигнала. По временной реализации сигнала находятся отклики по набору частотных фильтров. Центральные частоты фильтров равномерно распределены

по оси частот. С помощью данной программы определяли частоту свободных колебаний.

На рисунке 3.4 представлена фотография нагрузочного стенда, оборудованной системой вибро-регистрации. На конце консоли исследуемого образца установлен акселерометр ZET 7152. При помощи витой пары сигнал с вибродатчика передается на регистратор данных ZET 1776. После обработки сигнала информация в цифровом виде записывается на съемный носитель установленный в слот преобразователя или же сразу передается на ПК для обработки и анализа сигнала в реальном времени или записи сигнала для дальнейшего анализа.



Рисунок 3.4 – Лабораторная установка, оборудованная системой вибро-регистрации.

В процессе вибрации ветви плодового дерева совершают колебательные движения [94]. По предварительным экспериментам было установлено, что ветвь совершает колебания в трех плоскостях установленном акселерометре на ветви плодового дерева в плоскостях X, Y и Z.

### 3.3 Определение собственных характеристик плодовой ветви в процессе ее резания на лабораторной установке

Для экспериментальных исследований процесса резания плодовой ветви была разработана лабораторная установка [53], показанная на рисунке 3.5.

Лабораторная установка состоит из основной рамы 9, на которую установлен опытный образец макета-демонстратора режущего аппарата и стойки 8, с закрепленными на ней ветвями 10. Для определения частотных характеристик процесса пиления ветки на ветвь устанавливается акселерометр 11. Режущий аппарат в свою очередь состоит из рамы 4, на которую через подшипниковые узлы установлены шкивы 1. Нижний – приводной, верхний – натяжной. Привод осуществляется через электродвигатель 5. Натяжение ленточной пилы 2 осуществляется через натяжной винт 6. Для обеспечения безопасной работы пассивная сторона пилы протянута через защитный кожух 7. Со стороны резания на раму режущего аппарата 4 установлена стойка с направляющими 3.

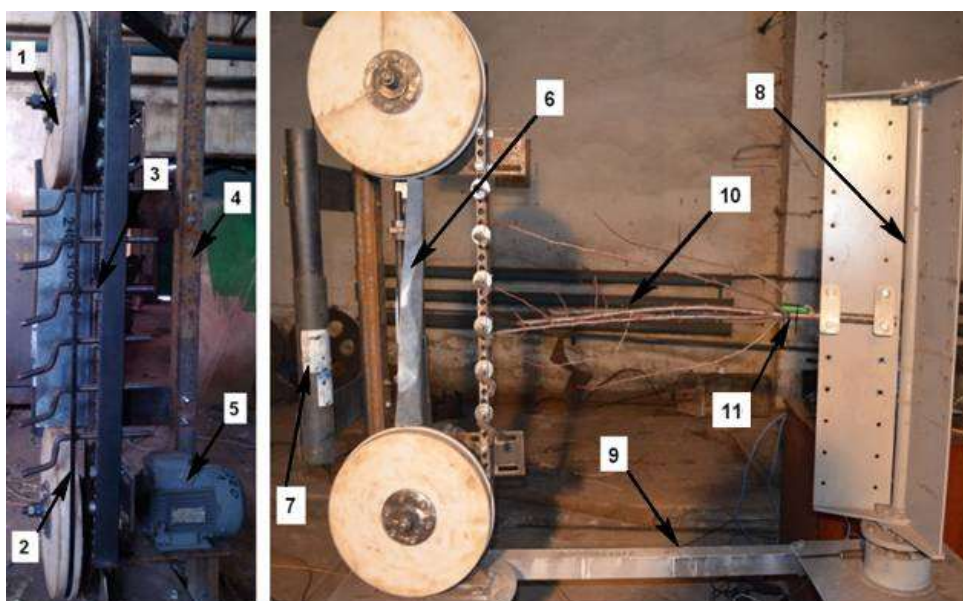


Рисунок 3.5– Лабораторная установка для экспериментальных исследований процесса резания плодовых ветвей

Собственные частотные характеристики плодовой ветви в процессе резания определялись по методике, описанной в разделе 3.2.

### 3.4 Определение шероховатости поверхности среза плодовой ветви

Одним из основных требований к обрезке плодовых деревьев, предъявляемых агротехникой, является высокая чистота поверхности срезов [77, 108].

Для реализации метода фотографирования используется окулярный 24-х кратный микроскоп МБП-2 с камерой высокого разрешения.

Для исследования параметров шероховатости был собрана установка, с помощью которого проводили измерение шероховатости после распила ветви.

Установка схематично показана на рисунке 3.6. Она состоит из штатива 1, на котором установлены окулярный микроскоп МБП-2 позиция 3 и камера высокого разрешения DVR Mini (позиция 2). На столе 5 под отверстием в подставке окулярного микроскопа 3 устанавливается образец 4, далее с помощью установочного кольца настраивается четкость изображения с последующим фотографированием рассматриваемого участка.

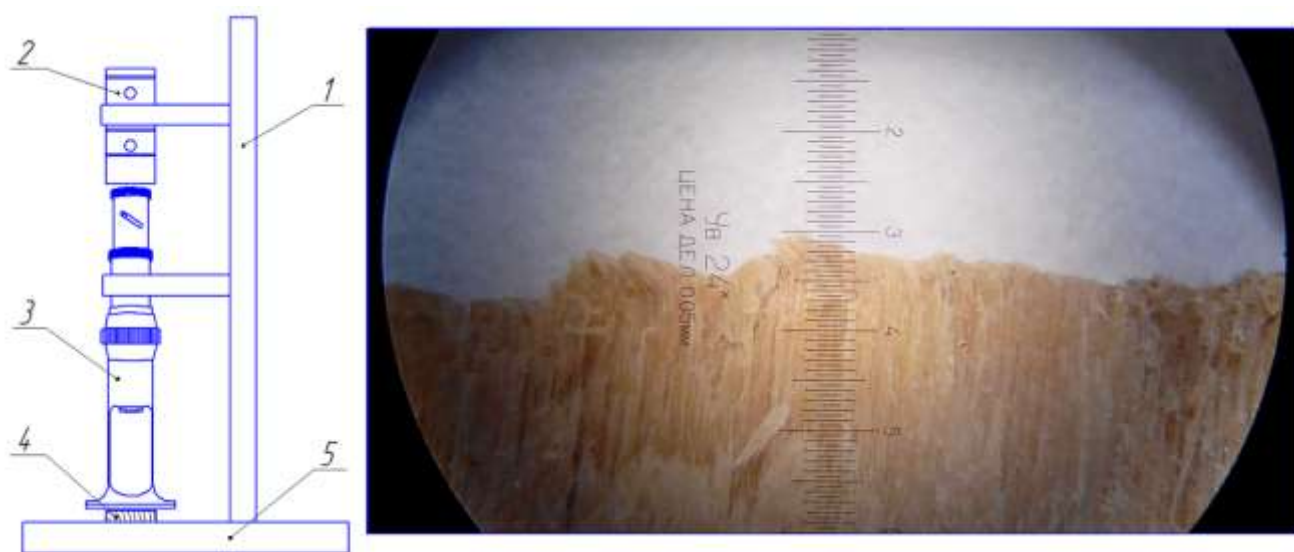


Рисунок 3.6– Установка для исследования параметров шероховатости

В случае исследования параметров шероховатости длина участка фотографирования является длиной участка измерения и выбирается согласно ГОСТ 2789-73 [32, 33, 55, 95, 123, 139].

При исследовании поверхности по методу фотографирования увеличенного участка вполне надежную оценку шероховатости поверхности можно получить,



если сфотографировать 3-4 различных участков поверхности. Фотографирование участков выполняется так, чтобы каждый следующий участок служил продолжением предыдущего

После того как все участки поверхности образца или изделия сфотографированы, вычерчиваются профилограммы. Ранее для этого использовали проектор с 10 кратным увеличением с матовым наклонным экраном. Для снятия профилограммы мы используем цифровую обработку с помощью редактора изображений на ПК, через программу КОМПАС-3D V13, которая позволяет увеличить и масштабировать изображение и получить более точную профилограмму поверхности.

На рисунке 3.7 показана последовательность выполнения профилографирования поверхности среза.



Рисунок 3.7– Последовательность измерения шероховатости поверхности

#### 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Программа проведения экспериментальных исследований предусматривала изучение вопросов, представленных в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Программа и условия проведения экспериментальных исследований

пп. программы	Содержание экспериментальных исследований	Условия проведения испытаний	
1	Определение размерных характеристик плодовых ветвей		
2	Определение физико-механических и собственных характеристик плодовых ветвей	Нагрузочный стенд	
	2.1		Зависимость физико-механических и собственных характеристик плодовых ветвей от влажности древесины
	2.2		Определение собственных характеристик плодовых ветвей в разные возрастные периоды
	2.3		Определение собственных характеристик плодовых ветвей в зависимости от их состояния
3	Результаты экспериментального исследования собственных характеристики процесса резания плодовых ветвей	Лабораторная установка	
4	Результаты экспериментального исследования качественных характеристик процесса резания плодовых ветвей		
	4.1		Шероховатость поверхности среза ленточной пилой
	4.2		Шероховатость поверхности среза различными типами режущих аппаратов
5	Обобщение результатов экспериментальных исследований процесса резания плодовых ветвей ленточным режущим аппаратом		

##### 4.1. Определение размерных характеристик плодовых ветвей

Определение размерных характеристик плодовых ветвей предусматривало изучение изменения толщины (диаметра) скелетных ветвей (проводников) по их длине.

Замер диаметров проводился через каждые 100 мм.

В таблице 4.2 представлены испытываемые образцы.

В таблице 4.3 представлены результаты измерений.

Таблица 4.2 – Исследуемые образцы плодовых ветвей (проводников)

Общий вид исследуемых образцов	Сорт Культураплодовых деревьев
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Слива (диаметр у основания 21,5 мм)</li> <li>2. Слива (диаметр у основания 27,1 мм)</li> <li>3. Слива (диаметр у основания 34,3 мм)</li> <li>4. Яблоня (диаметр у основания 29,2 мм)</li> <li>5. Яблоня (диаметр у основания 21,5 мм)</li> <li>6. Яблоня (диаметр у основания 25 мм)</li> <li>7. Яблоня (диаметр у основания 44 мм)</li> </ol>
	<p style="text-align: center;"><b>Пример проведения замеров</b></p> 

Таблица 4.3 – Результаты замера толщины ветвей плодового дерева

Интервал замера, мм	Номер исследуемого образца						
	1	2	3	4	5	6	7
0	21,5	27,1	34,3	29,2	21,5	25	44
100	22	25	34	27,7	21,5	24	43,7
200	21,7	25,3	32,7	26,9	20,6	24	42
300	21	24,9	32	26,5	19,5	24,1	41,2
400	20,9	24,3	31,5	26	19,7	23,9	40,5
500	20,7	24	31	25,3	19	23,5	38,7
600	20,1	23,7	29,3	24,7	19	23,5	38,5
700	19,3	22	29,5	23	18,9	23	37
800	19,2	23	29	23	18,3	21,9	38
900	19	21,5	29	23	17,5	21,7	36,5
1000	18	21,3	29	21,5	16,5	22	35
1100	18,1	22	27,5	21	14,5	21,3	35,5
1200	19	21	26,2	20	13,9	20	35
min/max	0,88	0,77	0,76	0,68	0,65	0,8	0,79

Анализ данных показал, что минимальная и максимальная толщина ветвей отличаются незначительно, отношение первой ко второй находится в пределах 0,7— 0,95.

Поэтому при расчетах допустимо использовать среднюю толщину (диаметр) ветви, которая определяется по формуле 4.1



$$d_B = \frac{d_{\min} + d_{\max}}{2} \quad (4.1)$$

где  $d_B$  – средний диаметр ветви,  $d_{\min}$  – минимальный диаметр ветви,  $d_{\max}$  – максимальный диаметр ветви

## 4.2 Определение физико-механических и собственных характеристик плодовых ветвей

### 4.2.1 Зависимость физико-механических и собственных характеристик плодовых ветвей от влажности древесины

В процессе экспериментов использовали прямой метод определения влажности [31, 90, 135], основанный на выделении воды из древесины. Для этого ветви плодового дерева подвергали сушке в сушильном шкафу СНОЛ-2,5.2,5.2,5/2М при температуре  $103 \pm 5^\circ\text{C}$  до полной отдачи влаги. Для определения веса образцов использовались весы лабораторные ВЛТЭ-500.

Параметры и условия проведения испытаний представлены в таблице 4.4

Таблица 4.4 – Параметры и условия проведения испытаний

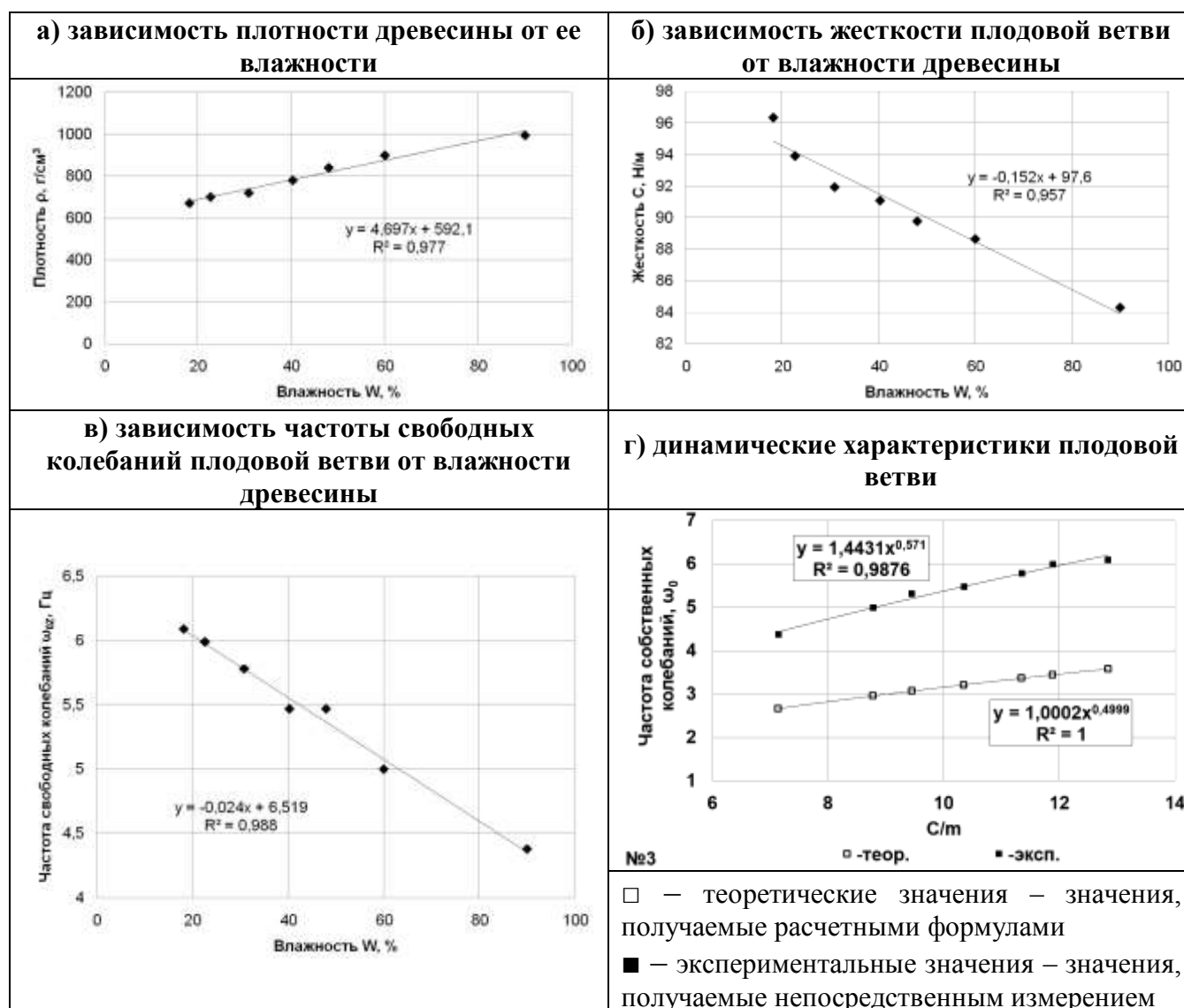
Общий вид	Параметры проведения испытаний
	<p><b>1. Сорт древесины</b> – Синап в период активной вегетации</p> <p><b>2. Размерные характеристики</b> – Длина консоли – 1,5 м – Ширина (диаметр) у основания – 0,031 мм – Ширина (диаметр) в конце – 0,015</p>
<b>Условия проведения испытаний</b>	
<p>Перед проведением экспериментального исследования с ветви удаляли листья и второстепенные ветви. Изменение влажности проводилось за счет атмосферной сушки с замером необходимых показателей через разные промежутки времени.</p>	

Результаты проведения испытаний представлены в таблицах 4.5 и 4.6

Таблица 4.5 – Результаты проведения испытаний

№ опыта	Влажность	Плотность	Масса	Жесткость	Частота свободных колебаний
	W,	$\rho$ ,	m,	C,	$\omega_0 Y \approx \omega_0 Z$
	%	кг/м <sup>3</sup>	кг	Н/м	Гц
1	90	995	1,18	84,31	4,38
2	60	899	1,01	88,66	5
3	48	840	0,95	89,79	5,31
4	40,3	779	0,88	91,10	5,47
5	30,9	719	0,81	91,95	5,78
6	22,7	700	0,79	93,9	5,99
7	18,2	670	0,75	96,33	6,09

Таблица 4.6 – Зависимости физико-механических свойств и собственных характеристик плодовой ветви от влажности древесины



### Выводы по разделу 4.2.1:

1. В результате проведения экспериментальных исследований определено, что влажность древесины оказывает существенное влияние на физико-механические свойства и собственные характеристики плодовых ветвей.
2. При уменьшении влажности сорта Синап от 90 % до 18,2% плотность древесины уменьшается от 995 кг/м<sup>3</sup> до 670 кг/м<sup>3</sup>, а жесткость плодовой ветви растет от 84,31 Н/м до 96,33 Н/м.

### 4.2.2 Определение собственных характеристик плодовых ветвей в разные возрастные периоды

Параметры и условия проведения испытаний представлены в таблице 4.7

Таблица 4.7 – Параметры и условия проведения испытаний

а) скелетная плодовая ветвь в период активного плодоношения	б) скелетная плодовая ветвь в период затухающего плодоношения
	
<b>в) засохшая ветвь</b>	
	<b>Сорт плодовых ветвей</b> — Антоновка (сад выведен из эксплуатации)

Результаты проведения испытаний представлены в таблице 4.8

Таблица 4.8 – Результаты проведения испытаний

Размерные характеристики			Влажность	Плотность	Собственные характеристики		
L	D max.	D мин			m	C	$\omega_0 Y \approx \omega_0 Z$
м	мм	мм	%	кг/м <sup>3</sup>	кг	Н/м	Гц
<b>а) скелетная плодовая ветвь в период активного плодоношения</b>							
1,3	0,028	0,018	90	990	0,81	194,6	5,94
<b>б) скелетная плодовая ветвь в период затухающего плодоношения</b>							
1,33	0,028	0,016	58	820	0,74	198,8	6,09
<b>в) засохшая ветвь</b>							
1,25	0,3	0,014	13	690	0,475	270,5	10,31

### Выводы по разделу 4.2.2:







1. Выявлено, собственные характеристики плодовых ветвей не зависят от возрастных периодов.
2. Выявлено, что основное влияние на частотные характеристики процесса резания плодовой ветви оказывают их собственные жесткостные и массовые характеристики.

### 4.2.3 Определение собственных характеристик плодовых ветвей в зависимости от их состояния

Параметры, условия и результаты проведения испытаний представлены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Параметры, условия и результаты проведения испытаний

Параметры проведения испытаний					
<b>1. Сорт плодового дерева:</b> – Синап Орловский <b>2. Размерные и физико-механические характеристики:</b> – Длина консоли – 1,4 м; – Ширина (диаметр) у основания – 0,030 мм; – Ширина (диаметр) в конце – 0,015 мм; – Плотность древесины – 955 г/см <sup>3</sup> ; – Влажность древесины – 72%			<b>1. Сорт плодового дерева:</b> – Уэлси <b>2. Размерные и физико-механические характеристики:</b> – Длина консоли – 1,25 м; – Ширина (диаметр) у основания – 0,032 мм; – Ширина (диаметр) в конце – 0,013 мм; – Плотность древесины – 9931 г/см <sup>3</sup> ; – Влажность древесины – 71%		
Результаты испытаний (измеренные параметры)					
Масса	Жесткость	Частота свободных колебаний	Масса	Жесткость	Частота свободных колебаний
а) Плодовая ветвь (замеры на дереве)					
					
m=1,2 кг	C=24 Н/м	$\omega_0=2,5$ Гц	m=0,8 кг	C=37,5 Н/м	$\omega_0=3,28$ Гц

<b>б) Плодовая ветвь с листвой (замеры на стенде)</b>					
					
m=1,03 кг	C=25 Н/м	$\omega_0=4,06$ Гц	m=0,68 кг	C=37,5 Н/м	$\omega_0=4,06$ Гц
<b>в) Плодовая ветвь без листвы (замеры на стенде)</b>					
					
m=0,9 кг	C=22,6 Н/м	$\omega_0=4,75$ Гц	m=0,53 кг	C=37,5 Н/м	$\omega_0=4,69$ Гц
<b>г) Плодовая ветвь-проводник (замеры на стенде)</b>					
					
m=0,55 кг	C=22,2 Н/м	$\omega_0=5,0$ Гц	m=0,48 кг	C=37,5 Н/м	$\omega_0=5,78$ Гц

### Выводы по разделу 4.2.3:

1. Собственные характеристики плодовых ветвей определяются жесткостными характеристиками центрального проводника и массовыми самого проводника с второстепенными ветвями и листвой.
2. Так при испытаниях плодовой ветви сорта Синап Орловский с последовательным листвы и второстепенных веток жесткость изменялась в диапазоне 22,4 ...25 Н/м, а при испытаниях плодовой ветви сорта Уэлси жесткость не изменялась и составила 37,5 Н/м.
3. При этом жесткостные характеристики имели практически одинаковые значения как при замере непосредственно на дереве, так и при стендовых испытаниях.

### 4.3 Результаты экспериментального исследования собственных характеристик процесса резания плодовых ветвей

Основной задачей данного этапа экспериментальных исследований являлось определение собственных характеристик во время процесса резания и сравнение полученных данных с результатами испытаний на нагрузочном стенде.

Испытываемые образцы представлены в таблице 4.1.

Физико-механические свойства и размерные характеристики испытываемых образцов представлены в таблице 4.9.

Общий вид проведения испытаний на нагрузочном стенде представлен на рисунке в таблице 4.3.

Общий вид и режимы проведения испытаний на лабораторной установке представлены в таблице 4.10.

Таблица 4.10 – Физико-механические свойства и параметры испытываемых образцов

Наименование	Испытываемые образцы						
	1	2	3	4	5	6	7
Длина консоли L, м	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Место установки датчика L <sub>1</sub> , м	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Масса не заземленной части m, кг	0,38	0,5	0,985	0,425	0,28	0,41	1,285
Плотность ρ, кг/м <sup>3</sup>	820	870	850	700	700	750	700
Влажность W, %	58	60	55	14	15	23	77
Диаметр у основания d <sub>вн</sub> , мм	21,5	27	34,3	29,2	21,5	25	44
Диаметр на конце d <sub>вк</sub> , мм	19	21	26,2	20	13,9	20	35

Таблица 4.11 – Исследуемые образцы и режимы проведения испытаний

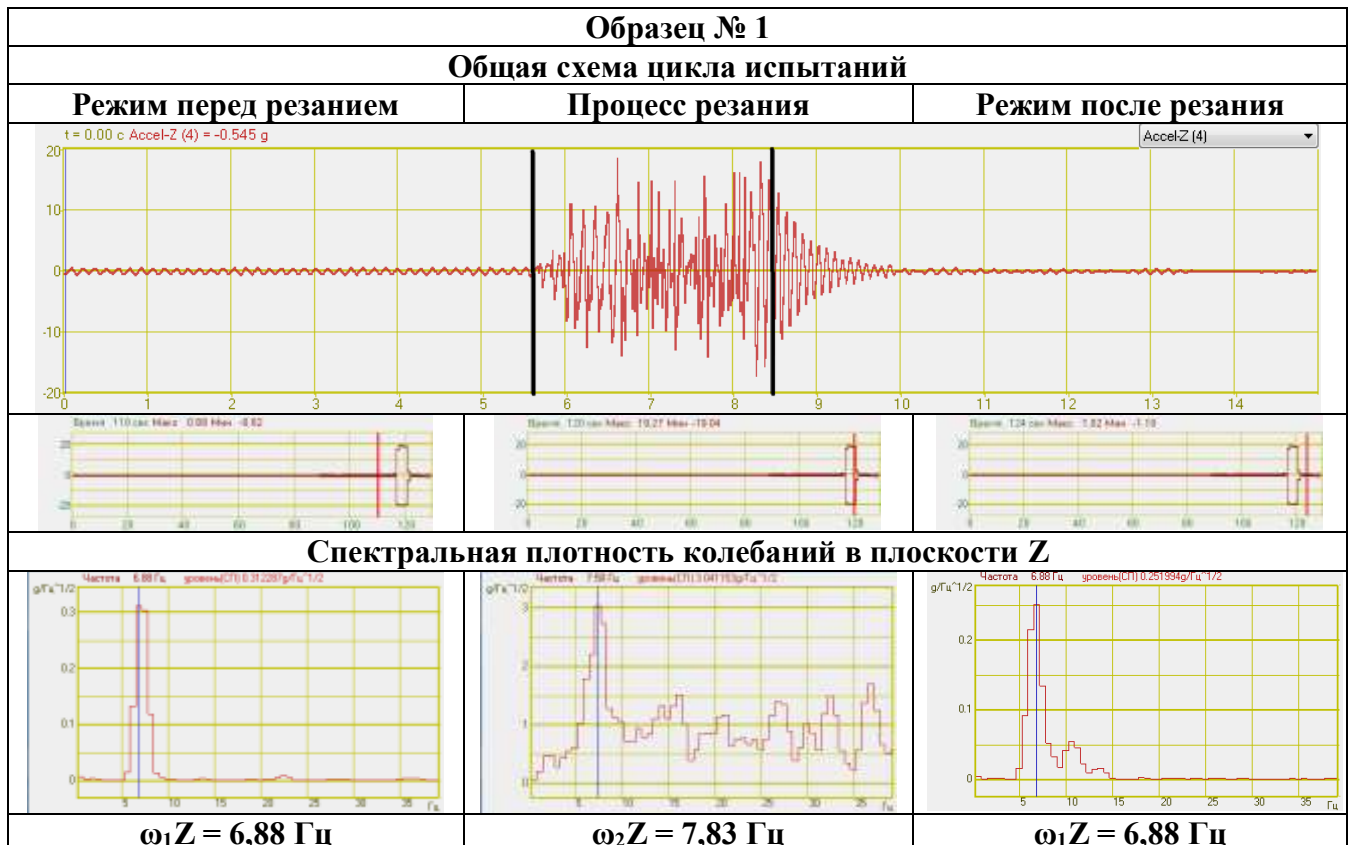
Лабораторная установка с испытываемым образцом	Режимы проведения испытаний
	<p><b>1. Кинематические режимы:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <math>n = 500, 1000, 1500</math> об/мин;</li> <li>– <math>V_p = 10,46; 20,93; 31,4</math> м/с;</li> <li>– <math>V_s = 0,48</math> м/с.</li> </ul> <p><b>2. Кинематический показатель (параметр):</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– <math>\lambda = 21,79; 43,6; 65,42</math>.</li> </ul>

Результаты проведения испытаний представлены в таблице 4.12 и рисунке 4.1

Таблица 4.12 – Результаты проведения испытаний

№ обр.	Масса	Жесткость	Скорость резания	Частота свободных колебаний	Частота собственных колебаний
	m, кг	C, Н/м	V <sub>p</sub> , м/с	$\omega_{0Z}$ , Гц	$\omega_{CZ}$ , Гц
1	0,38	183,2	10,46	7,13	7,83
2	0,5	377,72	20,93	10,63	11,74
3	0,985	1238	31,4	14,38	15,4
4	0,425	552,35	10,46	12,5	13,8
5	0,28	221,64	20,96	15,2	17,0
6	0,41	544,41	31,4	14,38	16,1
7	1,285	2030,4	20,93	21,63	21,9

Таблица 4.13 – Результаты проведения замеров при проведении испытаний образца №1 (пример)



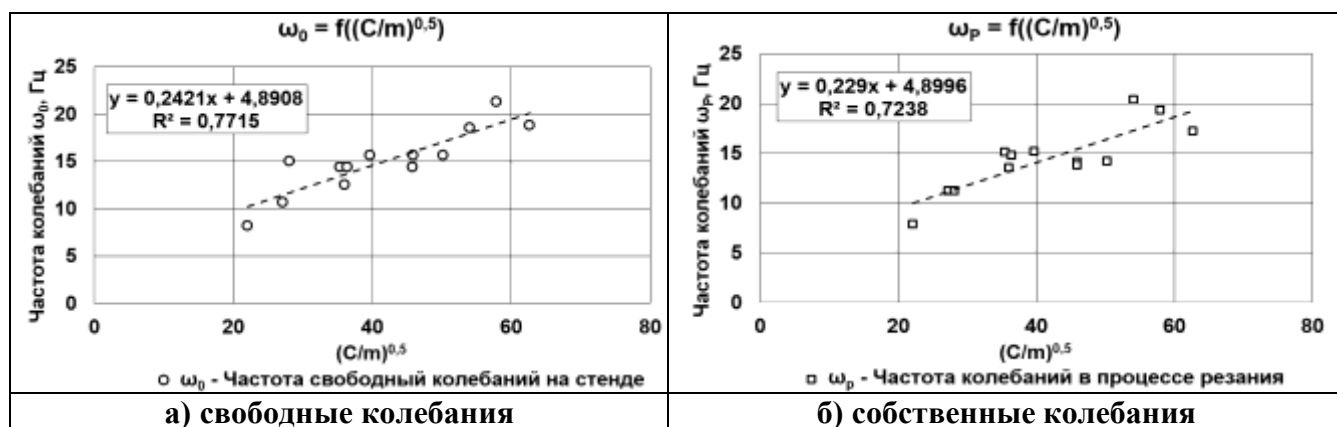


Рисунок 4.1 – Зависимость колебаний плодовой ветви от собственных характеристик

### Выводы по разделу 4.3:

1. Проведенные испытания полностью подтвердили выдвинутую гипотезу о том, что в процессе резания ленточным режущим аппаратом плодовая ветвь имеет режим движения, соответствующий ее собственным колебаниям.

## 4.4 Результаты экспериментального исследования качественных характеристик процесса резания плодовых ветвей

### 4.4.1 Шероховатость поверхности среза ленточной пилой

Основным показателем назначения, определенным технико-техническими требованиями (раздел 2.1) является качество среза плодовой ветви, которое характеризуется количественным показателем шероховатости  $R_{m\ max}$ .

Также определено, на настоящий момент отсутствуют аналитические зависимости процесса резания ленточной пилой, адекватно определяющие значение  $R_{m\ max}$  в зависимости от внешних факторов и режимов резания.

Результаты испытаний представлены и иллюстрированы в таблицах 4.14 и 4.15 приложение Д.



Таблица 4.14 – Результаты проведения испытаний







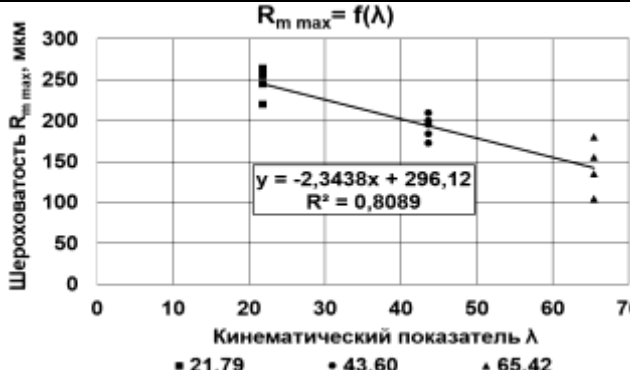
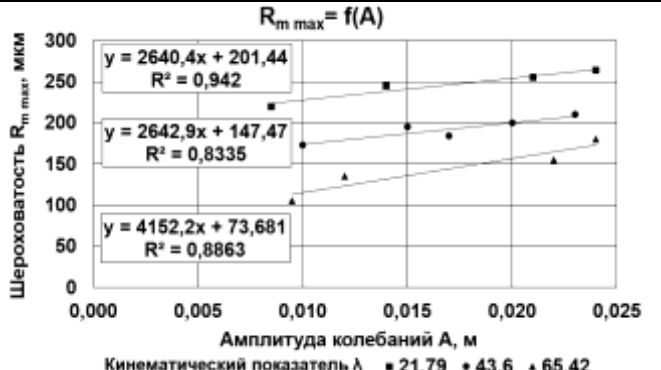
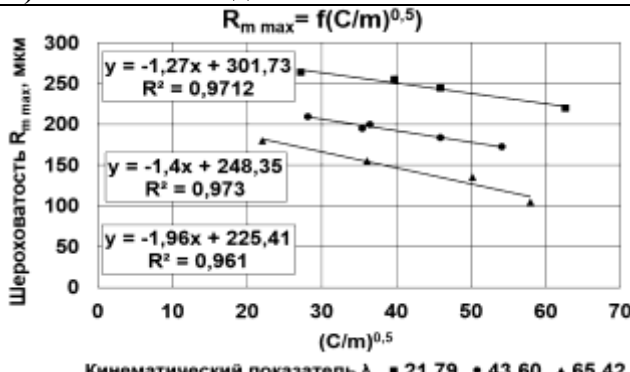
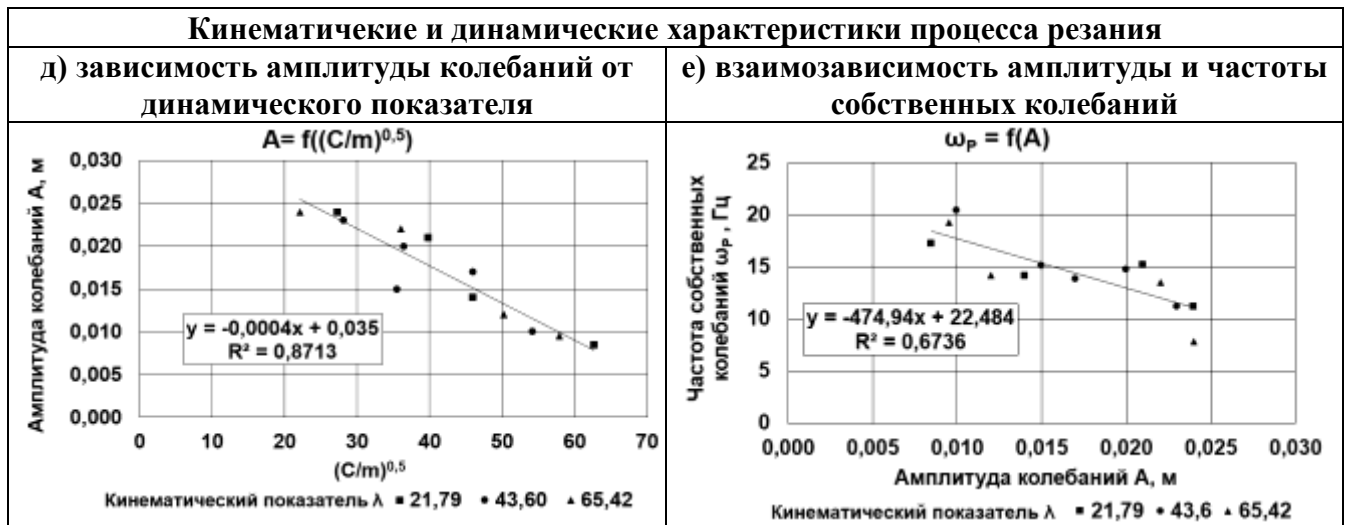
$\lambda = 21,79$	$\lambda = 43,6$	$\lambda = 65,42$
		
$R_{m\max} = 220...255$ мкм	$R_{m\max} = 160...220$ мкм	$R_{m\max} = 100...160$
		

Таблица 4.15 – Зависимости качественных показателей и характеристики процесса резания

Зависимость шероховатости поверхности среза от кинематических и динамических характеристик процесса резания	
а) зависимость от кинематического показателя	б) зависимость от амплитуды колебаний ветви
<p><math>R_{m\max} = f(\lambda)</math></p>  <p>Шероховатость <math>R_{m\max}</math>, мкм</p> <p>Кинематический показатель <math>\lambda</math></p> <p><math>y = -2,3438x + 296,12</math> <math>R^2 = 0,8089</math></p> <p>• 21,79 • 43,60 ▲ 65,42</p>	<p><math>R_{m\max} = f(A)</math></p>  <p>Шероховатость <math>R_{m\max}</math>, мкм</p> <p>Амплитуда колебаний <math>A</math>, м</p> <p>Кинематический показатель <math>\lambda</math> • 21,79 • 43,6 • 65,42</p> <p><math>y = 2640,4x + 201,44</math> <math>R^2 = 0,942</math></p> <p><math>y = 2642,9x + 147,47</math> <math>R^2 = 0,8335</math></p> <p><math>y = 4152,2x + 73,681</math> <math>R^2 = 0,8863</math></p>
в) зависимость динамического показателя	г) обобщенная степенная модель
<p><math>R_{m\max} = f(C/m)^{0,5}</math></p>  <p>Шероховатость <math>R_{m\max}</math>, мкм</p> <p>Кинематический показатель <math>\lambda</math> • 21,79 • 43,60 • 65,42</p> <p><math>y = -1,27x + 301,73</math> <math>R^2 = 0,9712</math></p> <p><math>y = -1,4x + 248,35</math> <math>R^2 = 0,973</math></p> <p><math>y = -1,96x + 225,41</math> <math>R^2 = 0,961</math></p>	<p>Логарифмирование множественной регрессии</p> $\ln R_{m\max} = 0,984 \ln \left( \frac{C}{m} \right)^{0,5} + 0,438 \ln \lambda$ <p>Степенная модель</p> $R_{m\max} = \left( \sqrt{\frac{C}{m}} \right)^{0,984} + \lambda^{0,438} \quad (4.1.1)$



#### 4.4.2 Шероховатость поверхности среза при использовании различных типов режущих аппаратов

Испытания проводились с целью определения конкурентных преимуществ ленточных режущих аппаратов.

Технические характеристики испытываемых образцов представлены в таблице 4.16.

Таблица 4.16 – Исследуемые образцы и режимы проведения испытаний

Виды режущих аппаратов	Характеристики режущих аппаратов				Общий вид
	Параметр	Обозначение	Значение	Ед. изм.	
Ножовка ГОСТ Р 53411-2009	Ширина полотна	b	10	мм	
	Толщина полотна	s	1	мм	
	Шаг зуба	t	1,8	мм	
	Длина полотна	h	300	мм	
Ножовка ГОСТ 4156-93	Ширина полотна	b	30	мм	
	Толщина полотна	s	2	мм	
	Шаг зуба	t	4	мм	
	Длина полотна	h	190	мм	
Дисковая пила ГОСТ 980-80	Диаметр пилы	D	400	мм	
	Толщина пилы	b	2,5	мм	
	Число зубьев	Z	120	шт	
	Профиль зубьев		IV		
	Угол заточки		45	град	
	Скорость резания	$V_p$	60	м/с	
	Обороты	n	2500	об/мин	
	Скорость подачи	$V_n$	0,48	м/с	

<b>Ленточный режущий аппарат ГОСТ 6532-77</b>	Ширина полотна	b	10	мм	
	Толщина полотна	s	0,6	мм	
	Шаг зуба	t	6	мм	
	Высота зуба	h	3	мм	
	Радиус впадины	r	1,5	мм	
	Скорость резания	$V_p$	см. табл. 4.8.1		
	Обороты шкива	n	см. табл. 4.8.1		
	Скорость подачи	$V_n$	см. табл. 4.8.1		
<b>Цепная пила ПЦП-15М ГОСТ Р 50692-94</b>	Шаг цепи		14	мм	
	Ширина пропила		7,7	мм	
	Разрывное усилие		0,38	кН	
	Скорость резания	$V_p$	9-17	м/с	

Результаты проведения сравнительных испытаний представлены в таблице 4.17 и рисунке 4.2.

Таблица 4.17 – Результаты сравнительных испытаний различных режущих аппаратов (усредненные показатели шероховатости поверхности среза)

№ опыта	Дисковая пила		Ручная пила		Цепная пила		Ленточная пила	
	Поперек реза	Вдоль реза	Поперек реза	Вдоль реза	Поперек реза	Вдоль реза	Поперек реза	Вдоль реза
	$R_m \text{ max, мкм}$	$R_m \text{ max, мкм}$	$R_m \text{ max, мкм}$	$R_m \text{ max, мкм}$	$R_m \text{ max, мкм}$	$R_m \text{ max, мкм}$	$R_m \text{ max, мкм}$	$R_m \text{ max, мкм}$
1	224	121	246	150	326	171	124	82
2	185	113	210	165	302	190	105	88
3	157	116	184	145	364	210	96	107
4	209	115	194	140	346	207	117	120
5	160	107	274	161	374	218	101	72
6	220	133	242	157	364	214	131	75
7	174	106	225	153	346	201	126	81
<b>Σ</b>	<b>190</b>	<b>116</b>	<b>225</b>	<b>153</b>	<b>346</b>	<b>202</b>	<b>114</b>	<b>89</b>

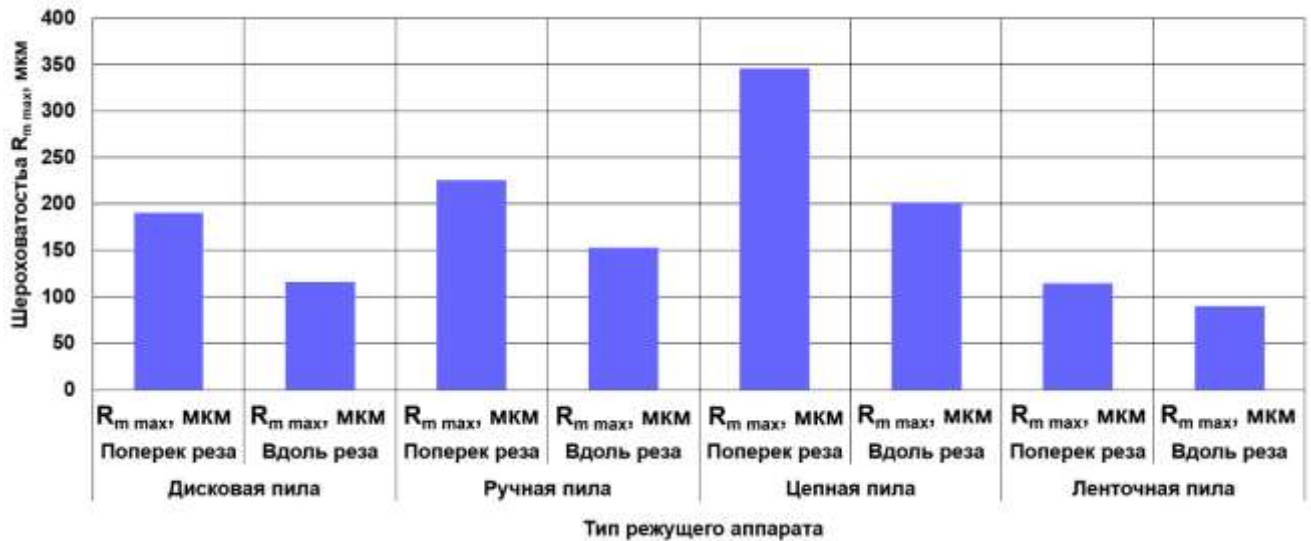


Рисунок 4.2 – Обобщенные гистограммы шероховатости поверхности среза различными режущими аппаратами

#### Выводы по разделу 4.4:

1. В результате проведения экспериментальных исследований определено, что качественные показатели назначения (шероховатость поверхности среза) ленточными режущими аппаратами в максимальной степени зависят от кинематических режимов и собственных характеристик плодовых ветвей.
2. Увеличение кинематического показателя от  $\lambda = 21,79$  ( $n = 500$  об/мин) до  $\lambda = 65,42$  ( $n = 1500$  об/мин) шероховатость уменьшается от  $Rm_{max}=220...255$  мкм до  $Rm_{max}=100...160$ . При этом амплитуда колебаний ветви уменьшается от 0,023 до 0,01 м.
3. Величину амплитуды и частоту собственных колебаний плодовой ветви в процессе резания ленточной пилой определяют ее динамические характеристики, которые формируют тесную взаимосвязь (20 Гц – 0,01 м и 10 Гц – 0,025 м).
4. Тесная взаимосвязь параметров и характеристик процесса подтверждается высокими значениями коэффициентов детерминации ( $R^2 = 0,67...0,97$ ) регрессионных зависимостей (а, б, в, г, д, е таблицы 4.8.3).

5. Тесная взаимосвязь параметров и характеристик процесса позволила впервые разработать степенную модель (4.1.1), численно определяющую качественные показатели работы ленточных режущих аппаратов.

6. Сравнительные исследования различных режущих аппаратов для механизированной обрезки показали конкурентные преимущества ленточных аппаратов по качественным показателям.

#### 4.5 Обобщение результатов экспериментальных исследований процесса резания плодовых ветвей ленточным режущим аппаратом

В результате проведения экспериментальных исследований процесса резания плодовых ветвей с различными параметрами, физико-механическими характеристиками и на различных режимах получен достаточно большой объем данных, позволяющий с высокой достоверностью провести статистический анализ и получить обобщенную регрессионную модель процесса.

На рисунке 4.3 представлена обобщенная регрессионная модель процесса резания плодовой ветви ленточным режущим аппаратом

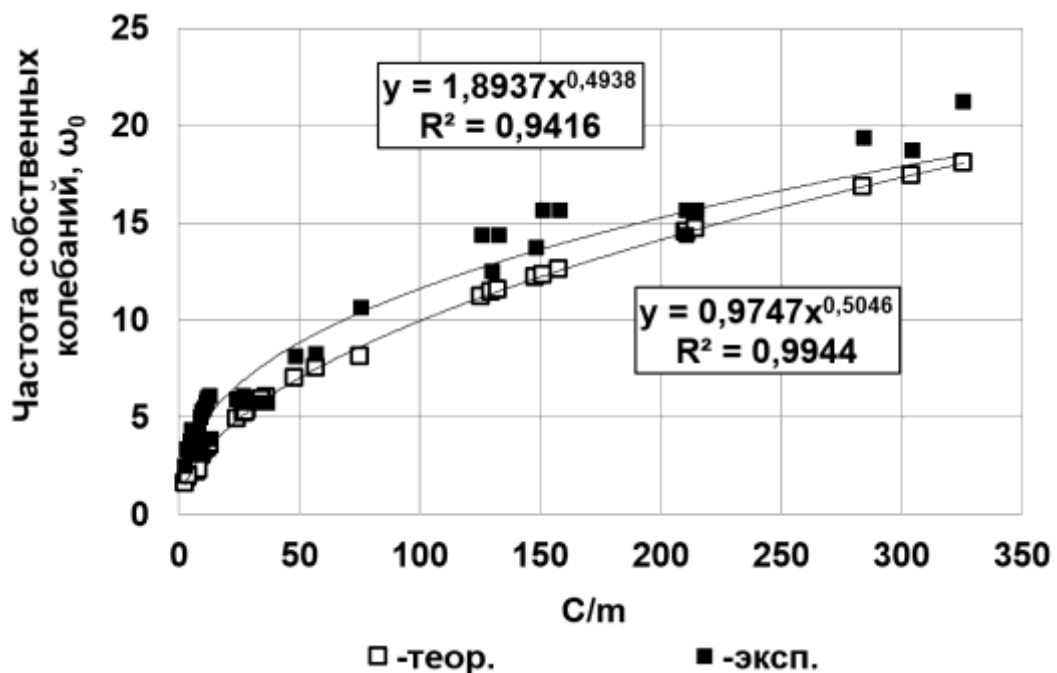


Рисунок 4.3 – Обобщенная регрессионная модель процесса резания плодовой ветви ленточным режущим аппаратом

## 5 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Экономическая эффективность проведенных исследований проводится путем сравнения стоимостных показателей (цены) вновь разработанной машины для контурной обрезки плодовых деревьев с ленточным режущим аппаратом и базовой машины.

В качестве базовой машины для определения экономической эффективности принимают серийно выпускаемые машины, имеющие общее предназначение и применяемые в идентичных агроклиматических условиях [34]

В качестве базовой машины, принята машина для обрезки деревьев ID Модель M016Q.

Технико-экономические характеристики базовой машины представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1– Базовая машина для контурной обрезки плодовых деревьев

ID Модель M016Q	Машина предназначена для
	<p>предварительной контурной обрезки многолетних насаждений</p> <p>Стоимость 24 400 € или 1 830000 руб.*</p> <p>* - машины-аналоги производятся за рубежом и имеют привязанность к европейской валюте, перерасчет стоимости аналога производим по курсу валют ЦБ, который на период 02-03.2020 г. составлял: 1€ = 70 – 80 руб (75 руб.)</p>

Для сравнения технико-экономических показателей новой и базовой машины необходимо произвести расчет себестоимости новой машины.

Расчет производим по методу поэлементного расчета затрат на изготовление опытного образца машины для контурной обрезки плодовых деревьев. [7, 24, 34, 130].

Расчет стоимости основных материалов и покупных изделий производится на основе данных анализа рынка по формулам 5.1-5.2:

$$M = \sum_{i=1}^n C_i \cdot M_i + T_p, \quad (5.1)$$

где  $C_i$  оптовая цена  $i$ -го материала;  $M_i$ - количество  $i$ -го материала;  $T_p$  - транспортные расходы (5%).

$$P = \sum_{i=1}^m C_{onm i} \cdot t_i + T_p, \quad (5.2)$$

где  $C_{onm i}$  - оптовая цена  $i$ -го изделия;  $t_i$  - число  $i$ -тых изделий;  $m$  - количество покупных изделий;  $T_p$  - транспортные расходы (5%).

Результаты расчетов сведены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2– Стоимость покупных изделий и материалов на изготовление опытного образца

№ п/п	Основные узлы	Кол-во	Цена	Оптовая цена, в руб.	Стоимость покупных изделий с учетом транспортных расходов, руб.
<b>Манипуляторное устройство</b>					
1.	Гидроцилиндр ЦГ-50.30x955.11	3 шт.	12 271 руб/шт.	36 813	38 654
2.	Заказные детали	40 шт.	1 310 руб/шт.	52 400	55 020
3.	Металлопрокат Труба 80x80x5	12 м.	438 руб/м.п.	5 256	5 519
4.	Сталь Ст3	270 кг.	40 руб/кг.	10 800	11 340
5.	Стандартные изделия и расходные материалы			17 562	18 440
<b>Режущий аппарат</b>					
6.	Шкив	2 шт.	3 860 руб/кг.	7 720	8 106
7.	Ленточная пила ARNTZ	8 м.п.	150 руб/м.п.	1 200	1 260
8.	Двигатель бензиновый MTR	1 шт.	56 119 руб/шт.	56 119	58 925
9.	Сталь Ст3	95 кг.	40 руб/кг.	3 800	3 990
10.	Стандартные изделия и расходные материалы			10 600	11 130
<b>Итого</b>				<b>202 270</b>	<b>212 384</b>

Определим основную заработную плату на изготовление опытного образца машины, рабочих занятых производством проектируемого изделия [130].

Основная заработная плата рабочих определяется из расчета тарифной ставки на операцию и рассчитывается по формуле 5.3:

$$Z_{осн} = \sum_{i=1}^m C_i \cdot t_i, \quad (5.3)$$

где  $C_i$  - тарифная ставка операции;  $t_i$  - трудоемкость операции;  $m$  - количество исполнителей.

Результаты расчета потребного количество трудочасов и расчет основной заработной платы запишем в таблицу 5.3

Таблица 5.3 – Трудоемкость и основная заработная плата на изготовления опытного образца

№ п/п	Наименование узла	Затраты труда, чел./час., по видам работ					
		Заготовка	Слесарные	Фрезерные	Токарные	Сварочные	Покраска
1.	Манипулятор	6,4	10,2	1,2	9,6	15,6	2,5
2.	Режущий аппарат	3,8	13,3	5,4	12,5	14,4	1,7
3	Итого трудочасов	10,2	23,5	6,6	22,1	30	4,2
4	Тарифная ставка, руб/час	190	216	250	270	220	190
5	$Z_{осн}$ по видам работ, руб.	1938	5076	1650	5967	6600	798
6	Итого $Z_{осн}$ , руб	22 029					

Проведем расчет стоимости изготовления опытного образца.

Начисления на заработную плату составляют 30,2% от заработной платы работников:

$$Z_{доп} = Z_{осн} \times 0,302, \quad (5.4)$$

где  $K_3=0,302$  - коэффициент начисления на з/п.

Рассчитав таким образом расходы по статьям, по формуле 5.5 находим смету затрат на разработку:

$$C_p = M + P + Z_{осн} + Z_{доп}, \quad (5.5)$$

Прочие (неучтенные) расходы составляют 5% от сметы затрат на разработку опытного образца:

$$P_{рас} = C_p \times 0,05, \quad (5.6)$$

Изготовлением опытных образцов экспериментальной техники занимаются в основном малые инновационные предприятия, учет накладных расходов



производства берут равным 60% от общей стоимости прямых затрат (формула 5.7) [71].

$$H_P = (C_p + П_{РАС}) \times 0,6, \quad (5.7)$$

Из полученных данных определяем:

Себестоимость опытного образца выражается суммой прямых затрат и накладных расходов (формула 5.8):

$$C_{ОП} = C_p + H_P, \quad (5.8)$$

Коммерческая себестоимость включает в себя затраты на хранение, обслуживание, и транспортные расходы опытного образца. Определяем коммерческую себестоимость из расчета 5% надбавки на себестоимость опытного образца по формуле 5.9:

$$C_{КОМ} = 1,05 \times C_{ОП}, \quad (5.9)$$

Проектная цена изделия будет складываться из стоимости изделия, и НДС, составляющего 18% от суммы коммерческой себестоимости опытного образца.

НДС составит (формула 5.10):

$$НДС = 0,18 \times C_{КОМ}, \quad (5.10)$$

Исходя из выше сказанного, по формуле 5.11 находим проектную цену изделия:

$$Ц_{ПР} = C_{КОМ} + НДС, \quad (5.11)$$

Прибыль от реализации новых изделий принимаем равной 20%, отсюда окончательная стоимость готовой продукции составит (формула 5.12):

$$C_{П} = Ц_{ПР} \times П_P, \quad (5.12)$$

где  $П_P = 1,2$  — прибыль от реализации.

Расчеты стоимости опытного образца сводим в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Расчета стоимости изготовления опытного образца.

№	Статья расходов	Обозначение	Затраты, руб.
1.	Материалы и покупные изделия	<i>М+Р</i>	212 384
2.	Заработная плата	<i>Зосн</i>	22 029
3.	Начисления на з/п 1(30.2% п. 1)	<i>Здоп</i>	6 652,76
4.	Смету затрат на разработку	<i>Ср</i>	241 065,76
5.	Прочие (неучтенные) расходы (5% п. 4)	<i>Прас</i>	12 053,3
6.	Итого прямых затрат	<i>Ср +Прас</i>	253 119,06
7.	Накладные расходы (60% п. 6)	<i>Нр</i>	151 871,44
8.	Всего затрат	<i>Соп</i>	404 990,5
9.	Коммерческая себестоимость (+5% к п. 8)	<i>Ском</i>	425 240,025
10.	НДС (18% п. 9)	НДС	76 543,2
11.	Проектная цена изделия	<i>Цпр</i>	501 782,23
12.	Стоимость готовой продукции (+20% к п. 11)	<i>Сп</i>	602 140

Рассчитав стоимость новой машины для контурной обрезки плодовых деревьев, можем составить сравнительную таблицу 5.5 технико-экономических показателей аналогов и новой машины.

Таблица 5.5 – Техничко-экономические показатели

Показатели	Базовая машина ID Модель M016Q	Новая машина
В вертикальном положении рамы	6	6
В горизонтальном положении рамы	3,6	4,4
Рабочий захват, м	2,75	3
Тип режущего аппарата	Дисковый	Ленточная пила
Количество режущих элементов, шт.	5	2
Диаметр дисковых пил, мм	450-500	-
Толщина режущего элемента, мм	2,5	0,6-1
Максимальный диаметр среза, мм	20-120	5-80
Вид привода		
- Грузовых звеньев манипулятора	Гидростанция от ВОМ трактора объемом 120 л.	Гидросистема трактора
- Режущего аппарата		Независимый ДВС
Мощность привода, кВт	16	15,45
Производительность, км/ч	1	1,26
Вес машины	900	420
Стоимость, руб	1 830000	602 140

Анализирую таблицу 5.5, можно сделать вывод, что новая машина имеет технические характеристики уровня зарубежной техники. Стоимость разработанной машины составляет 602 140 руб. (в 3 раза меньше стоимости базовой машины)

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенного диссертационного исследования решена научная проблема повышения эффективности механизированной контурной обрезки плодовых деревьев и качества выполняемой операции за счет использования режущего аппарата ленточного типа и получены следующие результаты.

1. На основании аналитического исследования определены условия и границы контурной механизированной обрезки плодовых деревьев старых промышленных садов, подлежащих модернизации, садов экстенсивного, нормального, интенсивного и суперинтенсивного типов. Разработаны технико-технологические требования на проведение механизированной контурной обрезки плодовых деревьев, регламентирующие качественное выполнение процесса в промышленных садах различных типов, диапазоне толщины плодовых ветвей от 10 до 80 мм и чистоте (шероховатости) поверхности среза не более  $R_{m \max}$  200...300 мкм. Определено, что наилучшим образом, данным требованиям удовлетворяет режущий аппарат ленточного типа.

2. В соответствие технико-технологических требований оформлена концептуальная модель, разработан технический облик и определены технические параметры ленточного режущего аппарата, который реализован в виде опытного образца макета-демонстратора. Вновь разработанный ленточный режущий аппарат оснащен узкой столярной ленточной пилой с шириной ленты  $B = 10$  мм; толщина  $m = 0,6$  мм; шаг зубьев  $t = 6 \pm 0,3$  мм и высотой зубьев  $h = 3$  мм. Ленточная пила режущего аппарата устанавливается на шкивы диаметром  $D = 400$  мм с межцентровым расстоянием  $A = 1000...1500$  мм и имеет скорость резания  $V_p = 10,46...31,4$  м/с, что соответствует оборотам ведущего шкива  $n = 500...1500$  об/мин. Данные режимы обеспечивают кинематический показатель резания  $\lambda = 21,79...65,42$  при рабочей скорости агрегата  $V_{\text{раб.}} = 0,48$  м/с (1,75 км/час).

3. При проведении теоретических и экспериментальных исследований определено, что процесс бесподпорного резания ленточной пилой происходит в

режиме автоколебаний, определяемых собственными жесткостными и массовыми характеристиками плодовой ветви и не зависят от кинематического показателя. Плодовые ветви, толщиной  $d = 15...30$  мм и длиной  $L = 0,5...1,5$  м имеют собственные характеристики по жесткости  $C = 84,31...270,5$  Н/м и по частоте колебаний  $\omega_0 = 4,38...10,31$  Гц.

4. Для оценки качества процесса обрезки по чистоте поверхности среза плодовых ветвей целесообразно использовать параметр шероховатости  $R_{m \max}$ , который характеризует наибольшую высоту неровностей поверхности среза и для обрезки ленточным режущим аппаратом при кинематическом показателе резания  $\lambda = 21,79$  составляет  $R_{m \max} = 200...255$  мкм при силе резания не превышающей 256,98 Н. Причем шероховатость поверхности среза и сила резания в наибольшей степени зависят от кинематического показателя резания. Увеличение кинематического показателя в 3 раза ( $\lambda =$  от 21,79 до 65,42) снижает шероховатость в 2 раза и силу резания в 3 раза.

5. Теоретические и экспериментальные исследования выявили тесную взаимосвязь собственных характеристик плодовых ветвей, режимов резания и выходных параметров процесса, которая подтверждается высокими значениями коэффициентов детерминации  $R^2 = 0,67...0,97$  регрессионных зависимостей, определенных на всех циклах исследовательских испытаний. Впервые получены достоверные регрессионные модели, определяющие количественные и качественные показатели процесса обрезки от собственных характеристик плодовых ветвей и режимов резания.

6. Сравнительные исследования режущих аппаратов для механизированной контурной обрезки различных типов показали конкурентные преимущества ленточных аппаратов по качественным показателям.

7. В результате проведенных расчетов установлено, что машина с использованием вновь разработанного ленточного режущего аппарата на базе трактора типа МТЗ имеет технические характеристики уровня зарубежной техники и ниже стоимость по сравнению с зарубежной моделью MO16Q в 3 раза.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Агафонов, Н.Г. Оптимальные параметры кроны и схемы размещения яблони для насаждений интенсивного типа: автореф. дис. ... д-ра сельск. наук – 06.01.07 / Агафонов Николай Васильевич. – М., 1982. – 44 с.
2. Агрба, А.З. Разработка и обоснование основных параметров машины для контурной обрезки плодовых деревьев в условиях горного и предгорного садоводства: автореф. дис. ... канд. тех. наук. 05.20.01 / Агрба Асган Заканович. – Нальчик, 1999. – 22 с.
3. Акишин, А.Я. Практикум по плодоводству: (Лабораторно - практические занятия) / А.Я. Акишин, Л.В. Кудряшова, Е.Г. Самощенко; Под общей редакцией профессора Акишина А.Я. – Йошкар-Ола: МарГУ, 2009. – 195 с.
4. Александров, К.С. Измерение упругих постоянных древесины импульсным ультразвуковым методом // Труды института леса и древесины: строение и физические свойства древесины. – М.: Издательство «Академия наук СССР», 1962. – С. 80-85.
5. Амалицкий, В.В. Оборудование и инструмент деревообрабатывающих предприятий / В.В. Амалицкий, В.И. Санев. – М.: Экология, 1992. – 480 с.
6. Аниферов, Ф.Е. Машины для садоводства/ Ф.Е. Аниферов, Л.И. Ерошенко, И.З. Теплинский. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 304 с.
7. Антонов, В.П. Оценка стоимости машин и оборудования: учебное пособие / В.П. Антонов, Е.В. Антонова, С.К. Шамышев, Р.Г. Шаулова; под общей редакцией В.П. Антонова. – М.: Русская оценка, 2005. – 254 с.
8. Балкаров, Р.А. Ресурсосберегающие технологии и средства механизированного ухода за плодовыми деревьями на террасированных склонах: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.20.01 / Балкаров Руслан Асланбиевич. – М., 2004. – 37 с.
9. Бершадский, А.Л. Резание древесины / А.Л. Бершадский, Н.И. Цветкова. – Минск: Высшая школа, 1975. – 303 с.
10. Бондарев, И.Е. Снижение высоты деревьев яблони в условиях средней полосы РСФСР: автореф. дис. ... канд. сельск. наук: 06.01.07 / Бондарев Иван Егорович. – Мичуринск, 1973. – 24 с.

11. Боровиков, А.М. Справочник по древесине / Под ред. Б.Н. Уголева.— М.: Лесная промышленность, 1989.— 296 с.
12. Босой, Е.С. Режущие аппараты уборочных машин. – М.: Машиностроение, 1967. – 167 с.
13. Браун, Э.Д. Моделирование трения и изнашивания в машинах/ Э.Д. Браун, Ю.А. Евдокимов, А.В. Чичинадзе. – М.: Машиностроение, 1982. – 191 с.
14. Брюквин, А.В. Динамическая модель колебаний дереворежущих ленточных пил: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.05 / Брюквин Александр Владимирович. – М., 1994. – 22 с.
15. Будашов, И.А. Обоснование параметров ротационно-дискового режущего аппарата для резания толстостебельных культур: автореф. дис. ... канд. тех. наук. 05.20.01 / Будашов Игорь Александрович. – Барнаул, 2013. – 22 с.
16. Бухтояров Л.Д. Имитационная модель обрезчика ветвей в САПР / Бартенев И.М., Бухтояров Л.Д., Попиков В.П., Придворова А.В. // Лесотехнический журнал. – Воронеж: – 2020. – Т. 10.– №1(37). С. 153-160.
17. Бухтояров Л.Д. Связь типа рабочего органа кустореза с возможностью резания древесно-кустарниковой растительности / Драпалюк М.В., Бухтояров Л.Д., Придворова А.В. // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2020. Т. 8. № 2 (49). С. 12-16.
18. Бычков, В.В. Механизация обрезки садов / В.В. Бычков, А.Р. Цымбал и др. //Сб. н.т. «Плодоводство и ягодоводство России» – М.: ВСТИСП, 1994. – С. 150-155.
19. Бышов, Н.В. Классификация машин для контурной обрезки садов /Н.В. Бышов, Е.А. Панкова, Р.А. Панков // Вестн. РГАТУ им. П. А. Костычева. – Рязань: РГАТУ им. П. А. Костычева, 2012. – № 2(14). – С. 40-41
20. Варламов, Г. П. Машины для уборки фруктов. – М.: Машиностроение, 1978. – 216 с.
21. Варламов, Г.П. Машины для формирования кроны и уборки урожая плодово-ягодных культур / Г.П. Варламов, А.И. Душкин, В.К. Кутейников и др. – М.: Машиностроение, 1975. – 206 с.
22. Васюта, В.М. Формирование яблони в интенсивных садах/ В.М. Васюта, П.В. Кондратенко и др. // «Садоводство». – М.: Колос, 1987. – № 2. – С.10-12.

23. Ватаманюк, Г.В. Влияние механизированной контурной обрезки на рост и плодоношение некоторых сортов вишни: дис. ... канд. сельс. наук: 06.01.07 / Ватаманюк Георгий Васильевич. – Кишинев, 1980. – 174 с.
24. Великанов, К.М. Расчеты экономической эффективности новой техники: Справочник / К.М. Великанов, В.Ф. Власов, Г.А. Краюхин и др.: под общ. ред. К.М. Великанова,. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1990. – 448 с.
25. Вибрация в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. Совет: В.Н. Челомей. – М.: Машиностроение, 1981. – Т.5. «Измерения и испытания». – Под ред. М.Д. Генкина. – 496 с.
26. Волынский, В.Н. Зависимость механических показателей древесины от влажности и температуры. // ЛесПромИнформ. – СПб: Росбалт, 2013. – №6 (96). – С. 100-103.
27. Гельфандбейн, П.С. Механизированная контурная обрезка плодовых деревьев / П.С. Гельфандбейн, В.А. Герасимов, В.К. Кутейников и др.// Сборник научных работ ВНИИС им. И.В. Мичурина. – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1967. – №12. – С. 196-200.
28. Герасимов, В.А. Выбор рациональной схемы дискового режущего аппарата для контурной обрезки плодовых деревьев/ В.А. Герасимов, В.К. Кутейников // Сборник научных работ ВНИИС им. И.В. Мичурина. – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1971. – № 16. – С. 226-234.
29. Герасимов, В.А. Состояние мест срезов после механизированной обрезки деревьев яблони / В.А. Герасимов, С.Г. Добросердов // Сборник научных работ ВНИИС и 2828м. И.В. Мичурина. – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1975. – №20. - С. 21-24.
30. Глебов, И.Т. Справочник по дереворежущему инструменту / И.Т. Глебов, Д.В. Неустроев. – Екатеринбург УГЛТА, 2000. – 253 с.
31. ГОСТ 16483.7-71. Древесина. Методы определения влажности. – Введ. 1973-01-01. – М.: Стандартиформ, 2006. – 4 с.
32. ГОСТ 19300-86. Средства измерений шероховатости поверхности профильным методом. Профилографы-профилометры контактные. Типы и основные параметры (с

- Изменением № 1). – Введ. 1987-01-07. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1996. – 12 с.
33. ГОСТ 7016-2013. Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности. – Введ 2014-01-01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 15 с.
34. ГОСТ Р 53056-2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – Введ. 01.01.2009. – М.: Стандартиформ, 2009. – 29 с.
35. Григорьева, Л.В. Агробиологические аспекты повышения продуктивности яблони в насаждениях ЦЧР РФ: дис... д-ра сельс. наук: 06.01.08/Григорьева Людмила Викторовна. - Мичуринск - наукоград, 2015. – 426 с.
36. Гухман, А.А. Введение в теорию подобия: изд. 2-е доп. И переработан. Учеб. Пособие для вузов. – М.: «Высшая школа», 1973. – 296 с.
37. Дмитриенко, В.И. Физико-механические свойства надземной части яблонь в связи с использованием пневматического встряхивателя для уборки плодов/ В.И. Дмитриенко, В.К. Полянин // Сборник научных работ ВНИИС им. И.В. Мичурина. «Механизация производственных процессов в садоводстве». – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1982. – С. 30-37.
38. Дроздов, Н.И. О режущих аппаратах для контурной обрезки крон плодовых деревьев // Тракторы и сельхозмашины. – М.: Редакция журнала «ТСМ» 1970. – №6. – С.40-41.
39. Дунин-Барковский, И.В. Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности / И.В. Дунин-Барковский, А.Н. Карташова. – М.: Машиностроение, 1978. – 232 с.
40. Ершова, О.А. Формирование продуктивности различных привойно-подвойных комбинаций яблони в интенсивном саду: дис. ... канд. сельс. хоз. наук: 06.01.01 / Ершова Оксана Александровна. – Мичуринск-наукоград, 2011. – 168 с.
41. Завражнов, А.А. Обоснование методов оценки и расчета параметров упругих стоек чизельных культиваторов: дис... канд. тех. наук. 05.20.04./ Завражнов Андрей Анатольевич. – Москва, 1988, 302 с.
42. Завражнов, А.А. Онтологический анализ современных машинных технологий интенсивного садоводства / А.А. Завражнов, А.И. Завражнов, В.Ю. Ланцев // Сельскохозяйственные машины и технологии. – М.: ВИМ, 2014. – № 3. – С. 11-14.



43. Завражнов, А.А. Онтология индустриальных машинных технологий интенсивного садоводства / Завражнов А.И., Завражнов А.А., Ланцев В.Ю. // Инновационная деятельность - основа повышения эффективности и модернизации садоводства и ягодоводства в современных условиях: Материалы международной дистанционной научно-практической конференции. – Мичуринск: ФГБНУ ВНИИС им. Мичурина, 2013. – С. 66-72.
44. Завражнов, А.А. Синергетический принцип формирования инновационных технологий интенсивного садоводства / А.А. Завражнов, А.И. Завражнов // Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. – Саратов: СГТУ им. Гагарина Ю.А., 2014. – Т. 7. – № 7-1 (66). – С. 95-98.
45. Завражнов, А.И. Разработка и освоение инновационных технологий и технических средств для интенсивного садоводства России // Достижения науки и техники АПК. – М.: Редакция журнала «Достижения науки и техники АПК», 2013. - №4. – С 44-46
46. Земляной, А.А. Использование электропривода в машинах для 3D контурной обрезки деревьев / А.А. Земляной, А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев, Д.А. Егоров // Вестник МичГАУ. – Мичуринск: МичГАУ. – 2012. – №3. – С. 220-225.
47. Земляной, А.А. Использование электропривода в машинах для интенсивного садоводства (на примере машины для 3D контурной обрезки плодовых деревьев / А.А. Земляной, А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев, Д.А. Курочкин // Сборник научных докладов Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии и техника нового поколения – основа модернизации сельского хозяйства» (5-6 октября 2011 г., Москва). Ч.2 – М.: ВИМ. – 2011. – С. 461-470.
48. Земляной, А.А. Машина для механизированной контурной обрезки плодовых деревьев // А.А. Земляной, А.И. Завражнов, А.А. Завражнов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – М.: МЭСХ, 2016. – № 2. – С. 2-6.
49. Земляной, А.А. Полученные результаты разработки машины для объемной контурной обрезки деревьев / А.А. Земляной, А.И. Завражнов, А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев // Инновации в сельском хозяйстве. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2014. – №5 (10). – С. 28-23.

50. Земляной, А.А. Разработка и исследование машины для объемной контурной обрезки плодовых деревьев / А.А. Земляной, А.А. Завражнов // Материалы 64-й научно-практической конференции студентов и аспирантов МичГАУ. Мичуринск – наукоград РФ, 2012. – Мичуринск: МичГАУ, 2012. – С. 152-159.
51. Земляной, А.А. Результаты исследования режущего аппарата роторного типа для механизированной контурной обрезки плодовых деревьев/ А.А. Земляной, А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев, А.С. Пятов // Материалы 66-й научно-практической конференции студентов и аспирантов МичГАУ. Мичуринск – Наукоград РФ, 2014. – Мичуринск: МичГАУ, 2014. – С 27-35.
52. Земляной, А.А. Техническое средство для объемной контурной обрезки деревьев / А.А. Земляной, А.И. Завражнов // Материалы 65-й научно-практической конференции студентов и аспирантов МичГАУ. Мичуринск – Наукоград, РФ, 2013. – Мичуринск: МичГАУ, 2013. – С. 117-122.
53. Земляной, А.А. Исследования физико-механических свойств ветвей плодового дерева / А.А. Земляной, А.И. Завражнов, А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев // Вестник Мичуринского ГАУ. – Мичуринск: Мичуринский ГАУ, 2016. – № 2 – С. 139-147.
54. Земляной, А.А. Новый режущий аппарат для контурной обрезки плодовых деревьев / А.А. Земляной, А.И. Завражнов, А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев // Наука в центральной России. – Тамбов: ГНУ ВИИТиН, 2016. - № 4
55. Земляной, А.А. Определение шероховатости поверхности срезов ветвей плодовых деревьев после механизированной обрезки / А.А. Земляной, А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев // Вестник Мичуринского ГАУ. – Мичуринск: Мичуринский ГАУ, 2016. – № 2 – С. 153-162.
56. Земляной, А.А. Разработка универсального робота-манипулятора для интенсивного садоводства/ А.А. Земляной, А.А. Завражнов // Материалы 63-й научно-практической конференции студентов и аспирантов МичГАУ. Мичуринск – наукоград РФ, 2011. – Мичуринск: МичГАУ, 2011. – С. 137-142.
57. Земляной, А.А. Разработка универсального робота-манипулятора для интенсивного садоводства/ Под ред. И.Л. Воротникова // Сборник научных трудов по материалам 3 тура Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Министерства

- сельского хозяйства России (номинации «Зоотехния», «Агроинженерия», «Технические науки»). – Саратов: КУБиК, 2011. – С. 33-37.
58. Иванов, С.В. Резание древесины: обзор, анализ и формулировка понятия / С.В. Иванов, Е.С. Шарапов // ИВУЗ «Лесной журнал». – Архангельск: САФУ им. М.В. Ломоносова, 2013. – № 6 – С. 86-90.
59. Ивановский, Е.Г. Резание древесины. – М.: Лесная промышленность, 1975. – 200 с.
60. Кадыкало, Г.И. Комплекс машин для формирования кроны плодовых деревьев / Г.И. Кадыкало, В.В. Бычков, В.Г. Селиванов // Техника и оборудование для села. – М.: Редакция журнала «ТСМ», 2013. – №3. – С. 9-11.
61. Кадыкало, Г.И. Машины для обрезки кустарников / Г.И. Кадыкало, В.В. Бычков, В.А. Шевкун, В.И. Котысько // Тракторы и сельхозмашины. – Правдинский: «Росинформагротех», 2012. – №8. – С. 6-9.
62. Кадыкало, Г.И. Экспериментальное исследование смещения режущего бруса контурного обрезчика / Г.И. Кадыкало, И.А. Успенский, Р.А. Панков, Е.А. Панкова // Сельскохозяйственные машины и технологии. – М.: ВИМ, 2012. – №1. – С. 12-15.
63. Каталог техники для обрезки деревьев фирмы В.М.V. // оф. сайт ВМV - Costruzioni Meccaniche e Applicazioni Tecnologiche. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bmv-italy.com>.
64. Каталог техники фирмы Industrias David Yecla // оф. сайт Industrias David S.L.2008. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.industriasdavid.com>.
65. Кобзарь, А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 816 с.
66. Ковбаса, В.П. Методика Определение физико-механических свойств древесных и кустарниковых энергетических растений / В.П. Ковбаса, Я.Д. Фучило, Л.М. Матюшенко // Вестник ЧГАА. – Челябинск: ЧГАА, 2013. – Т.64. – С. 25-33.
67. Кожина, А.И. Рекомендации по омолаживающей обрезке деревьев яблони в промышленных садах // Материалы международной научно-практической конференции «Садоводству России – инновационный путь развития», посвященной 80-летию со дня рождения д-ра с.-х. наук, профессора В.Г. Муханина. – Мичуринск: ОАО «Издательский дом «Мичуринск», 2010. – 204 с.

68. Колесников, В.А. Плодоводство / В.А. Колесников, В.В. Фаустов, Н.В. Агафонов и др.; под ред. В. А. Колесникова. – М.: Колос, 1979. – 415с.
69. Колосова, О.В. Управление инновационной деятельностью: учеб. пособие / О.В. Колосова, С.Н. Яшин, Н.А. Мурашова; 2-е изд., испр. – Н. Новгород.: НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2012. – 566 с.
70. Ключко П.В. Формирование и обрезка плодовых деревьев в интенсивных садах / П.В. Ключко, Н.А. Барбаш и др. – Киев: Урожай, 1985. – 120 с.
71. Кудрявец Р.П. Формирование и обрезка садовых деревьев / Р.П. Кудрявец. — М.: АСТ: Астрель, 2010. — 160 с.
72. Куликов, М.И. Новые технологии и технические средства для механизации работ в садоводстве / М.И. Куликов и др. - М.: Росинформагротех, 2012. - 164 с.
73. Куликов, М.И. Состояние и эффективность интенсификации садоводства / Куликов И.М., Минаков И.А. // АПК: экономика, управление – М.: АНО РЖ «АПК: экономика и управление, 2017. – №4. – С. 4-15.
74. Куренной, Н.М. Плодоводство/ Н.М. Куренной, В.Ф. Колтунов, В.И. Черехахи: 1-е изд. – М.: Агропромиздат, 1985. – 399 с.
75. Кутейников, В.К. Некоторые вопросы теории обрезки ветвей круглыми пилами без противорежущей опоры/ В.К. Кутейников // Сборник научных работ ВНИИС им. И.В. Мичурина. – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1973. – №17. – С. 230-236.
76. Кутейников, В.К. Исследование дискового режущего аппарата для контурной обрезки плодовых деревьев: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.185 / Кутейников Валентин Константинович. – Саратов, – 26 с.
77. Кутейников, В.К. К определению допустимой чистоты поверхности срезов при механизированной контурной обрезке плодовых деревьев / В.К. Кутейников // Сборник научных работ ВНИИС им. И.В. Мичурина. – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1973. – №18. – С. 268-271.
78. Кутейников, В.К. Механизация работ в садоводстве / В.К. Кутейников, Н.П. Лосев, А.В. Четвертаков и др.; 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1983. – 213 с.

79. Кутейников, В.К. Определение обобщающего показателя жесткости ветвей плодовых деревьев / В.К. Кутейников // Сборник научных работ ВНИИС им. И.В. Мичурина. – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1970. – №14. – С. 318-320.
80. Кутейников, В.К. Физико-механические свойства ветвей плодовых деревьев // Сборник научных работ ВНИИС им. И.В. Мичурина. – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1971. – №16. – С. 236-240.
81. Ланцев, В.Ю. Совершенствование технологии утилизации отходов обрезки в слаборослых садах с обоснованием параметров измельчителя: дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01 / Ланцев Владимир Юрьевич. – Мичуринск, 2004. – 150 с.
82. Любченко, В.И. Резание древесины и древесных материалов / В.И. Любченко. – М.:МГУЛ, 2004. – 308 с.
83. Магамедов, Ф.М. Совершенствование технологических средств для скашивания растительности на мелиоративных каналах: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01/Магамедов Фахретдин Магомедович. – Нальчик, 2011. – 38 с.
84. Макаренко, А.В. Энергоёмкость основных процессов резания древесины в лесозаготовительной промышленности [Электронный ресурс] // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – Пенза: ПГУ, 2006. – Т.2: – режим доступа <http://cyberleninka.ru/article/n/energoyomkost-osnovnyh-protsesov-rezaniya-drevesiny-v-lesozagotovitelnoy-promyshlennosti>
85. Максименков, А.И. Влияние способов развода зубьев и скорости подачи ленточных пил на шероховатость пилопродукции // ИВУЗ «Лесотехнический журнал». – Архангельск: САФУ им. М.В. Ломоносова, 2014. – №1. – С. 178-182.
86. Максименков, А.И. Разработка конструкции и обоснование параметров малогабаритного ленточнопильного станка для распиловки лесоматериалов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Максименков Алексей Иванович. – Воронеж, 2004. – 20 с.
87. Методика выполнения измерений параметров шероховатости поверхности по ГОСТ 2789-73 при помощи приборов профильного метода. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 15 с.
88. Методика изучения физико-механических свойств сельскохозяйственных растений / Под ред. И.В. Кудряшова. – М.: ВИСХОМ, 1960. – 278 с.

89. Мокан, М.Д. Влияние механизированной контурной обрезки на рост и плодоношение яблони в интенсивных садах // тез. док. научно-технической конференции «Комплексная механизация возделывания плодовых, ягодных культур и винограда» (Краснодар 11-13 сентября 1984). – М.: 1984. – С. 191-194.
90. Музалевский, В.И. Измерение влажности древесины. – М.: Лесная промышленность, 1976. – 120 с.
91. Муханин, В.Г. Технология механизированной обрезки и ее эффективность в условиях средней полосы / В.Г. Муханин, М.К. Белоусов, В.А. Герасимов // Сборник научных работ ВНИИС им. И.В. Мичурина. – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1976. – №22. – С. 118-122.
92. Муханин, И.В. Формирование и обрезка плодовых деревьев: Рекомендации / И.В. Муханин, Л.В. Григорьева, А.И. Кожина и др. – Мичуринск: МичГАУ, 2011. – 130 с.
93. Муханин, И.В. «Шоковая» омолаживающая обрезка / И. В. Муханин. – Тамбов: ТГТУ, 2001. - 102 с.
94. Мэнли, Р. Анализ и обработка записей колебаний/ Р. Мэнли. Перевод с английского – М.: Машиностроение, 1972. – 368 с.
95. Назаров, Ю.Ф. Методы исследования и контроля шероховатости поверхности металлов и сплавов / Ю.Ф. Назаров, А.М. Шкилько, В.В. Тихоненко и др.// Физическая инженерия поверхности ФИП, 2007. – Т. 5. – № 3-4. – с 207-216.
96. Никаноров, С.П. Теоретико-системные конструкты для концептуального анализа и проектирования / С.П. Никаноров. – М: Концепт, 2008.
97. ОСТ 70.15.1. - 82 Инвентарь сельскохозяйственной техники. Машины и инвентарь для обрезки плодовых деревьев и виноградных кустов удаления, измельчения обрезков лозы и веток. Программа и методы испытаний. – Введ. 01.05.1983. М.: Изд-во стандартов, 1983. – 30 с.
98. Павленко, В.А. Прицепные контурные обрезчики с механическим приводом // Садоводство, 1984. – №3. – С. 16-18.
99. Падерин, В.А. Пиление древесины ленточными пилами // ЛесПромИнформ. – С-Пб.: Редакция журнала «ЛесПромИнформ», 2011. – №6 (80). – С. 96-101.

100. Панков, Р.А. Совершенствование технологии и разработка устройства для обрезки плодовых деревьев: автореф. дис. ... канд. тех. наук. 05.20.01 / Панков Роман Александрович. - Рязань, 2008. – 25 с.
101. Панкова, Е.А. Совершенствование агрегата для машинной контурной обрезки плодовых деревьев: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Панкова Елена Анатольевна. – Рязань, 2012. – 24 с.
102. Пат. № 133682 РФ: МПК А01G 3/00. Машина для объемной контурной обрезки деревьев / А.А. Земляной, А.И. Завражнов А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев, М.Г. Гриднев; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИС им. И.В. Мичурина, ООО «НПП «ПитомникМаш». – № 2013113573/13; заяв. 26.03.2013; опуб. 26.03.13. Бюл. №30. – 3 с.
103. Пат. № 159386 РФ: МПК А01G 3/00. Машина для контурной обрезки плодовых деревьев / А.А. Земляной, А.И. Завражнов А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев, М.Г. Гриднев; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИИС им. И.В. Мичурина, ООО «НПП «ПитомникМаш». – № 2015137087/13; заяв. 31.08.2015; опуб. 10.02.2016. Бюл. №4. – 3 с.
104. Пат. №104013 РФ: МПК А01G 3/00. Машина для 3D контурной обрезки деревьев/ А.А. Земляной, А.И. Завражнов А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев, С.В. Дьячков; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО МичГАУ, ООО «Р-технологии». – № 2010116096/21; заяв. 23.04.2010; опуб. 10.05.2011. Бюл. №13. – 3 с.
105. Пат. № 198816 РФ: А01G 3/04. Машина для контурной обрезки деревьев/ А.А. Земляной, А.И. Завражнов А.А. Завражнов, В.Ю. Ланцев, Бросалин В.Г; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ. – № 2020100773; заяв. 29.07.2020; опуб. 09.01.2020. Бюл. №22 – 7 с.
106. Пауль, Э.Э. Зависимость механических свойств древесины от ее плотности / Э.Э. Пауль, В.Н. Кухта // Научно производственно-практический журнал для работников лесной отрасли «Лесное и охотничье хозяйство». – Минск: СООО «Эволайн», 2011. – №10. – С. 20-23.
107. Пижурин, А.А. Основы научных исследований в деревообработке / А.А. Пижурин, А.А. Пижурин. – М.: МГУЛ, 2005. – 305 с.

108. Пименов, Б.И. Изыскание и исследование рабочих органов для контурной обрезки плодовых деревьев в интенсивных садах: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.06.01 / Пименов Борис Иванович. – М., 1979 – 22 с.
109. Пименов, Б.И. Исследование основных размерных характеристик крон и физико-механических свойств ветвей плодовых культур в пальметтных садах / Б.И. Пименов, О. Э. Фрей // Сборник научных работ ВНИИС им. И.В. Мичурина. – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1977. – №24. – С. 97-100.
110. Попиков, В.П. Обоснование параметров технологического оборудования машины для формирования крон деревьев лесосеменных плантаций: автореф. дис. ... канд. тех. наук. 05.20.01/ Попиков Виктор Петрович. - Воронеж, 2009. – 16 с.
111. Потапов, В.А. Плодоводство / В.А. Потапов, В.В. Фаустов, Ф.Н. Пильщиков др.: под ред. В.А. Потапова, Ф.Н. Пильщикова. – М.: Колос, 2000. – 432 с.
112. Привалов, И.С. Исследование процесса контурной обрезки плодовых деревьев в интенсивных садах и обоснование параметров режущего аппарата: автореф. дис. ... канд. тех. наук. 05.20.01 / Привалов Иван Семенович. – Киев, 1982. – 20 с.
113. Привалов, И.С. Классификационные признаки и рабочих органов для контурной обрезки кроны плодовых деревьев // Состояние и перспектива развития конструкций машин для механизации обрезки кроны, уборки и товарной обработки плодов, ягод и винограда. (Материалы Всесоюзной научно-технической конференции 26-28 октября 1976г.) – М.: ВИСХОМ Отдел научно-технической информации, 1978. – С. 10-16.
114. РД 10.15.1 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и инвентарь для обрезки плодовых деревьев и виноградных кустов, удаления измельчения обрезков лозы и веток. Программа и методы испытания: ОКСТУ 47.09. - Новокубанск.: КубНИИТиМ, 1990. – 90 с.
115. Рыбин, Б.М. Стандартизация шероховатости поверхности древесины и древесных материалов. / Б.М. Рыбин, В.Г. Санаев, Д.В. Кириллов // Вестник МГУЛ «Лесной вестник». – М.: МГУЛ, 2012. – № 3. – С. 109-114.
116. Салдаева, Е.Ю. Идентификация упругих свойств древесины/ Е.Ю. Салдаева, Е.М. Цветкова, С.В Шлычков // Фундаментальные исследования. – Пенза: Издательский Дом «Академия Естествознания», 2013. – № 10–12. – С. 2625-2629.



117. Самощенко, Е.Г. Плодоводство / Е.Г.Самощенко, И.А. Пашкина. - М.: Академия, 2002. - 314 с
118. Сборник агротехнических требований на сельскохозяйственные машины. – М.: ЦНИИТЭИ Госкомсельхозтехники, 1974. – Т. 20. – 246 с.
119. Седов, Л.И. Методы подобия и размерности в механике: изд. 8-е, переработанное. – М.: Наука», 1977. – 440 с.
120. Соколов, И.И. Обрезка деревьев и кустарников плодовых и декоративных / Соколов И.И. – М.: Эксмо, 2012 – 110 с.
121. Соловьев, Д.А. Разработка эффективной технологии и технических средств для очистки оросительных каналов: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.20.01 / Соловьев Дмитрий Александрович. – Саратов, 2011. – 47 с.
122. Суханов, В.Л. Технические средства для обрезки кроны плодовых деревьев, ягодных кустарников и виноградной лозы / В.Л. Суханов, Г.П. Варламов. // Труды ВИСХОМ. – М.: ВИСХОМ, 1972. – №71. – С. 3-9.
123. Табеткин, А.Н. Шероховатость, волнистость, профиль. Международный опыт / А.Н. Табеткин, С.Б. Тарасов, С.Н. Степанов: под ред. Н.А. Табачниковой. – СПб.: Политех. ун-т, 2007. – 136 с.
124. Тавасиев, Р.М. Анализ и синтез режущих аппаратов: монография / Т.Т. Гаппоев, Р.М. Тавасиев, С.И. Бидеев. – Владикавказ: ФГОУ ВПО «Горский ГАУ», 2008. – 225 с.
125. Тавасиев, Р.М. Средства малой механизации для плодовых насаждений крестьянских (фермерских) хозяйств: дис. ... д-ра тех. наук: 05.20.01 / Тавасиев Рамазан Мусаевич. – Владикавказ, 2009. – 277 с.
126. Тавасиев, Р.М. Физико-технологические свойства ветвей плодовых деревьев / Р.М. Тавасиев, В.А. Иванченков // ФГОУ ВПО «Горского ГАУ». – Владикавказ: ГГАУ, 2003. – 30 с.
127. Темиржанов, И.О. Разработка и обоснование основных параметров веткорезного агрегата для детальной обрезки плодовых деревьев: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Темиржанов Ильяс Османович. – Нальчик, 2000. – 25 с.
128. Техника для растениеводства // Сельскохозяйственная техника: Каталог. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2007. – Т.3. – 236 с.

129. Техническое задание на машину для контурной обрезки деревьев (модернизация) МКО-3А // Министерство тракторного и сельскохозяйственного машиностроения СССР, 1985. – 63 с.
130. Тихомирова, Т. П. Организация, нормирование и оплата труда на предприятии / Т. П. Тихомирова, Е. И. Чучкалова. – Екатеринбург:РГПШУ, 2008. – 185 с..
131. Тханаев, В.А. Исследование и обоснование основных параметров режущего аппарата машины для контурной обрезки с одновременным измельчением виноградной лозы: автореф. дис. ... канд. тех. наук. 05.20.01/ Тханаев Валерий Аханович. – Владикавказ, 1992. – 24 с.
132. Трунов, Ю.В. и др. Интенсивные сады яблони средней полосы России / под ред. Ю.В. Трунова. – Мичуринск-Наукоград РФ, 2016. – 192 с.
133. Уголев, Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение: Учебник для сред. проф. образования / Б.Н. Уголев: 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр Академия, 2006. – 272 с.
134. Ульянов, А.Ф. Исследование обрезки ветвей плодовых деревьев круглыми пилами без противорежущей опоры / А.Ф. Ульянов, В.К. Кутейников // Сборник научных работ ВНИИС им. И.В. Мичурина. – Мичуринск: ВНИИС им. И.В. Мичурина, 1970. – №14. - С. 286-295.
135. Федосенко, И.Г. Влияние влажности на прочность при статическом изгибе уменьшенных образцов древесины / И.Г. Федосенко // Труды БГТУ Лесная и деревообрабатывающая промышленность. – Брянск: БГТУ, 2011. – № 2. – С. 208-211.
136. Феоктистов, А.Е. Ленточнопильные санки. – М: Лесная промышленность, 1976. – 152 с.
137. Фисенко, А.Н. Обрезка плодовых деревьев. Приемы и способы создания и ведения высокопродуктивных крон у плодовых, деревьев в промышленных и любительских садах юга. СССР. – Краснодар: Книжное издательство, 1990. – 278с.
138. Фокеев, А.К. Нормальная составляющая критической силы резания при подпорном и бесподпорном измельчении толстостебельных культур ножами дискового измельчителя / А.К. Фокеев, И.А. Будашов //Вестник ДГТУ. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2011. – Т.11. – № 6(57) С. 826-832.

139. Хусу, А.П. Шероховатость поверхности (теоретико-вероятностный подход) / А.П. Хусу, Ю.Р. Витенберг, В.А. Пальмов. – М.: Наука, 1975. – 344 с.
140. Цымбал, А.А. Механизированные технологические комплексы для интенсивного садоводства: автореф. дис. ... д-ра. сельск. наук / Цымбал Александр Андреевич. – М., 1998 – 110 с.
141. Черепяхин, В.И. Обрезка плодовых деревьев в интенсивных насаждениях / В.И.Черепяхин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 207 с.
142. Чубинский, А.Н. Физические методы испытаний древесины / А.Н. Чубинский, А.А. Тамби, Г.С. Варанкина, А.А. Федяев и др. – СПб.: СПбГЛТУ, 2015 г. – 125 с.
143. Шекихачев, Ю.А. Обрезка как способ регулирования роста и плодоношения плодовых деревьев / Апхудов Т.М., Шекихачев Ю.А., Шекихачева Л.З.// Инновации в современной науке. Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. под общей редакцией А.И. Вострецова. – Нефтекамск.: – 2017.С. 37-40.
144. Шекихачев, Ю.А. Разработка агрегата для детальной обрезки плодовых деревьев /Апхудов Т.М., Шомахов Л.А., Шекихачев Ю.А.// Современные научные исследования и разработки. – М.: Современные научные исследования и разработки. 2017. –№4 (12). – С. 358-360.
145. Шекихачев, Ю.А. Место детальной обрезки в технологическом процессе по уходу за садом / Апхудов Т.М., Шекихачев Ю.А., Шекихачева Л.З.// Актуальные научные исследования: от теории к практике. Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции. под общей редакцией А.И. Вострецова. – Нефтекамск.: – 2017. С. 32-35.
146. Шомахов, Л.А. Технологические и технические решения механизации возделывания плодовых культур на террасированных склонах: дис. ... д-ра техн. наук в форме науч. докл. 05.20.01 / Шомахов Лев Аслангериевич. – М., 1996. – 90 с.
147. Якунин, Н.К. Образование поверхности распила при пилении древесины, древесных материалов и способы ее улучшения / Н.К. Якунин // Вестник МГУЛ «Лесной вестник». – М.: МГУЛ, 2001. – № 2. – С. 158-179.

148. Bukhtoyarov, L.D. IMPROVEMENT OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT OF THE MACHINE FOR TRIMMING TREE CROWNS IN ROADSIDE FOREST BELTS. – August. – 2017. – Forestry Engineering Journal 7(1): S. – 205-210 DOI:10.12737/25212
149. Bukhtoyarov, L.D. RESEARCH UNITS OF FLEXIBLE WORKING BODY MOTION, CUTTING BRANCHES/ Bukhtoyarov, L.D., Maksimenkov, A.I., Abramov, V.V., Lysych, M.N. // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science this link is disabled, 2019, 392(1), 012073

## Приложения


**Краткое техническое описание существующих машин  
для обрезки деревьев и кустарниковой растительности**  
Компания «B.M.V.» (Италия)

BMV SpA основана в 1974 году.

BMV s.p.a. Di Viale Valera Str. Fieschi, S. 12051 Alfa CN. Италия <http://www.bmv-italy.com/irprodotti>

<p><b>BMV FL300P</b></p>  <p>Машина создана для обрезки живых и сухих древесных пород. Рабочий орган дисковый, ножовой (зеленовый). Для сухой обрезки диски Ø 350 или 400 для ветвей до 6-7 см в диаметре. Имеет возможность переоборудования на ножи для зеленой обрезки ветви до 2-3 см в диаметре. Имеет возможность достигать высоты до 4,30 м. в горизонтальном положении. Пропускная способность гидросистемы 40 л/мин.</p>	<p><b>BMV FL200P</b></p>  <p>Машина разработана для обрезки живых и сухих древесных пород. Рабочий орган дисковый, ножовой (зеленовый). Для сухой обрезки диски Ø 350 или 400 для ветвей до 6-7 см в диаметре. Для зеленой обрезки, ножи. Пропускная способность гидросистемы 40 л/мин. Резущий блок может работать как по вертикали, так и по горизонтали. За счет установленного шпуля на пружинной станине автоматически регулирует по высоте при работе со хрупкими стеблями.</p>
<p><b>FL800PF - PUNTEFRUTTELLI</b></p>  <p>Рабочий орган дисковый, ножовой (зеленовый). Диаметр дисков Ø 400 сред ветви до 6 см в диаметре. Имеет возможность переоборудования на ножи. Независимая гидросистема. Бак гидросистемы 80л.</p>	<p><b>G 800K, K8VH</b></p>  <p>Рабочий орган дисковый, ножовой (зеленовый). Диаметр дисков Ø 400 сред ветви до 6 см в диаметре. Имеет возможность переоборудования на ножи. Независимая гидросистема. Бак гидросистемы 80л.</p>
<p><b>BMV S 800K</b></p>  <p>Рабочий орган дисковый, ножовой (зеленовый). Диаметр дисков Ø 400 сред ветви до 6 см в диаметре. Имеет возможность переоборудования на ножи. Скорость резания (2000/2500 об./мин). Независимая гидросистема. Бак гидросистемы 80л.</p>	<p><b>BMV FL500P</b></p>  <p>Рабочий орган дисковый. Диски AE 500 для садов при диаметре ветви до 15 см. Имеет возможность переоборудования на ножи для зеленой обрезки ветви до 2-3 см в диаметре. Независимая гидросистема. Бак гидросистемы 80л.</p>
<p><b>BMV FL600P</b></p>  <p>Рабочий орган дисковый, ножовой (зеленовый). Диски AE 500 для садов при диаметре ветви до 15 см. Имеет возможность переоборудования на ножи для зеленой обрезки ветви до 2-3 см в диаметре. Независимая гидросистема. Бак гидросистемы 80л.</p>	<p><b>BMV FL700P</b></p>  <p>Рабочий орган дисковый, ножовой (зеленовый). Диски AE 500 для садов при диаметре ветви до 15 см. Имеет возможность переоборудования на ножи для зеленой обрезки ветви до 2-3 см в диаметре. Независимая гидросистема. Бак гидросистемы 80л.</p>

Продолжение приложения А

<p><b>BMV FLHD 900</b></p>  <p>Рабочий орган дисковый. Диски AE 500 для садов при диаметре ветви до 15 см. Независимая гидросистема. Бак гидросистемы 80л. Резущий блок может работать как по вертикали, так и по горизонтальной плоскости. Имеет возможность достигать высоты до 4,30 м. в горизонтальном положении. Пропускная способность гидросистемы 40 л/мин.</p>	<p><b>BMV S800</b></p>  <p>Рабочий орган ножовой (зеленовый). Ножи для зеленой обрезки ветви до 2-3 см в диаметре. Агрегат включает в себя множество улучшений, как: Улучшенная конструкция Двигатель Sc 2. Новые стальные лезвия: передний Перекрывается жем Новин типа "Scabola" исключение. Увеличение ширины для достижения максимальной высоты. Знаки на нерабочей стороне.</p> <p>с повышенной тяговой</p>
<p><b>BMV S 500</b></p>  <p>Рабочий орган ножовой (зеленовый). Ножи для зеленой обрезки ветви до 2-3 см в диаметре. Обрезка машинной может удовлетворять все виды потребностей, и она подходит для любого вида оборудования. Все модели крепятся к передней части трактора. Защелочные стальные лезвия обеспечивают высокое качество обрезки с высокой скоростью резания (2000/2500 об./мин), даже когда трактор движется быстро.</p>	<p><b>BMV DE200</b></p>  <p>Рабочий орган ножовой (зеленовый). Ножи для зеленой обрезки ветви до 2-3 см в диаметре. Обрезка машинной может удовлетворять все виды потребностей, и она подходит для любого вида оборудования. Защелочные стальные лезвия обеспечивают высокое качество обрезки с высокой скоростью резания (2000/2500 об./мин), даже когда трактор движется быстро.</p> <p>иногда трактор движется быстро.</p>
<p><b>BMV DE 800</b></p>  <p>Рабочий орган ножовой (зеленовый). Ножи для зеленой обрезки ветви до 2-3 см в диаметре. Обрезка машинной может удовлетворять все виды потребностей, и она подходит для любого вида оборудования. Все модели крепятся к передней части трактора. Защелочные стальные лезвия обеспечивают высокое качество обрезки с высокой скоростью резания (2000/2500 об./мин), даже когда трактор движется быстро.</p>	<p><b>BMV DE200</b></p>  <p>Рабочий орган ножовой (зеленовый). Ножи для зеленой обрезки ветви до 2-3 см в диаметре. Обрезка машинной может удовлетворять все виды потребностей, и она подходит для любого вида оборудования. Все модели крепятся к передней части трактора. Резущие группы для 2-х точек с функцией и регулирование высоте ветвей резанной части. Объем бака гидросистемы 80 л. Вес машины 66 кг.</p>
<p><b>BMV E 440</b></p>  <p>Рабочий орган ножовой (зеленовый). Ножи для зеленой обрезки ветви до 2-3 см в диаметре. Обрезка машинной может удовлетворять все виды потребностей, и она подходит для любого вида оборудования. Все модели крепятся к передней части трактора. Защелочные стальные лезвия обеспечивают высокое качество обрезки с высокой скоростью резания (2000/2500 об./мин), даже когда трактор движется быстро.</p>	<p><b>BMV E600S</b></p>  <p>Рабочий орган осецилирующий. Обрезка машинной может удовлетворять все виды потребностей, и она подходит для любого вида оборудования. Все модели крепятся к передней части трактора. Защелочные стальные лезвия обеспечивают высокое качество обрезки с высокой скоростью резания (2000/2500 об./мин), даже когда трактор движется быстро. Имеет 4 регулируемых движущихся по высоте, наклону, коррекции наклона, вершины наклона что позволяет машине лучше адаптироваться к ветру.</p>



Продолжение приложения А	
<p><b>Модель M016Q</b></p>  <p>Тип навески – порезная навеска с опорными колесами. Ширина захвата – 2,75 м Рефлексия – PPR Количество дисков – 5 шт. Высота реза – 4 м. Вес машины – 900 кг. Независимая гидросистема Возможность работы в двух плоскостях</p>	<p><b>Модель M015Q</b></p>  <p>Тип навески – порезная навеска Ширина захвата – 2,75+2,75 м Количество дисков – 5+5 шт. Высота реза – 4 м. Вес машины – 1100 кг. Независимая гидросистема Возможность работы в двух плоскостях</p>
<p><b>Industrias David сегментного типа</b></p>  <p>Машина для кусторезной обрезки деревьев Industrias David сегментного типа. Предназначена для обрезки деревьев в высоту 4,2м. В стандартную комплектацию входит: дисковый блок управления из кабины трактора, гидравлическая станция с емкостью 150л и радиатором, соединительный брус для фронтальной навески на трактор, гидромотор от BOM. Рабочая ширина среза 2,70м. Рабочая скорость от 2 до 5 км/час Гидравлик производительность 63л/мин Диаметр среза до 5см</p>	<p><b>M024X, M025X, M026X Сегментного типа</b></p>  <p>M024X ширина вертикального среза 1500 мм, две режущих поверхности, гидравлическое управление: скорость, ширина и вверх/вниз M025X ширина вертикального среза 1500 мм, горизонтального среза 780 мм, четыре режущих поверхности, гидравлическое управление: скорость, ширина и вверх/вниз M026X ширина вертикального среза 1500 мм, горизонтального среза 1000 мм, четыре режущих поверхности, гидравлическое управление: скорость, ширина и вверх/вниз</p>
<p><b>M027X, M028X Сегментного типа</b></p>  <p>M027X ширина вертикального среза 1750 мм, две режущих поверхности, гидравлическое управление: скорость и вверх/вниз M028X ширина вертикального среза 1500 мм, две режущих поверхности, гидравлическое управление: скорость, ширина и вверх/вниз</p>	<p><b>M029X, M030X Сегментного типа</b></p>  <p>M029X ширина вертикального среза 1750 мм, горизонтального среза 750 мм, четыре режущих поверхности, гидравлическое управление: скорость, ширина и вверх/вниз M030X ширина вертикального среза 1750 мм, горизонтального среза 1000 мм, четыре режущих поверхности, гидравлическое управление: скорость, ширина и вверх/вниз</p>
<p><b>M031X, M032X, M033X, Сегментного типа</b></p>  <p>M031X ширина вертикального среза 1500 мм, горизонтального среза 750 мм, две режущих поверхности, гидравлическое управление: скорость и вверх/вниз M032X ширина вертикального среза 1500 мм, горизонтального среза 1000 мм, две режущих поверхности, гидравлическое управление: скорость и вверх/вниз M033X ширина вертикального среза 1750 мм, горизонтального среза 750 мм, две режущих поверхности, гидравлическое управление: скорость, положение в сторону и вверх/вниз</p>	<p><b>M035X Сегментного типа</b></p>  <p>M035X ширина вертикального среза 1500 мм, горизонтального среза 1000 мм, три режущих поверхности, гидравлическое управление: скорость, положение боковых режущих брусков, высота среза, расстояние между вертикальными поверхностями и вверх/вниз</p>

Продолжение приложения А	
<p><b>M036X Сегментного типа</b></p>  <p>M036X ширина вертикального среза 1500 мм, горизонтального среза 1000 мм, шесть режущих поверхностей, ширина захвата 1,7-2,7 м, гидравлическое управление: скорость, положение боковых режущих брусков, высота среза, расстояние между вертикальными поверхностями и вверх/вниз</p>	<p><b>Наборы и инструменты, навески</b></p>  <p>M040X набор для преобретения. Режущие поверхности из алюминия</p>
<p><b>Компания E.P.T. (Украина)</b> Разнообразная техника компании, специализирующаяся на разработке и производстве сельскохозяйственной техники для виноградников и фруктовых садов позволяет сэкономить ручной труд и повысить производительность труда в современных компаниях, которые занимаются выращиванием сельскохозяйственной продукции.</p>	
<p><b>Чешская машина VBC модель С4</b></p>  <p>Конструкция: - 2 вертикальных режущих бруса (правый-левый) с 4 лезвиями каждой ширины среза 1600 мм) - 2 горизонтальных бруса (правый-левый) с 2 лезвиями каждой (ширина среза 800 мм) - Привод с мощностью 4 гидравлические двигателя (рабочее давление 150 бар и производительность 30 л/мин) - Оперативная производительность 2,2-2,5 га/час при работе в нормальных условиях - Необходимая мощность трактора 50 лс</p>	<p><b>Машина для обрезки деревьев SME 300</b></p>  <p>Американское двойное лезвие (рабочая область пореза 2 м) Гидравлический расширитель с регулятором скорости Двойная система вращения – вертикальная иная Управление с трактора, позволяет регулировать 4 диска в различных плоскостях Приспособлен для работы с ветвистыми гидравлическими трубопроводами с быстрой сменкой</p>
<p><b>Канувый обрезач ротационного типа</b></p>  <p>Машина изготовлена в термометрическом корпусе и весит около 400 кг с длиной захвата 400 мм, изготовлена из закаленной стали и имеет зубья с твердосплавными пластинами для оптимизации работы. Машина оснащена 50-литровым баком, что способствует длительной работе двигателя Электрический двойной регулятор скорости, что облегчает управление скоростью</p>	<p><b>Машина для дробной обрезки ветвей и тонких стволов</b></p>  <p>Технические характеристики: Ширина, мм: 700 Угол наклона, град.: 90 Управление: Электрическое Привод: Гидравлический Масса, кг: 55 Время непрерывного использования: непрерывно Скорость работы, км/ч: 1 – 4,5</p>
<p><b>Компания OSTRATICKY (Чехия)</b> Компания OSTRATICKY основана в 1990 году. Чехия Табор у Бреслави 142a, тел 691 54 тел./факс, +420-519-342491(2) web: www.ostraticky.cz</p>	
<p><b>Sl. 1.10</b></p>  <p>Предназначена для механизированной формирования и окончательной обрезки деревьев в кустарниках Количество дисковых пил – 5 шт. Рабочий захват 0,97/1,07 м. Масс. диаметр среза 18/25 см. Дисковые пилы 450-600 мм.</p>	<p><b>Sl. 1.25</b></p>  <p>Предназначена для механизированной формирования и окончательной обрезки деревьев в кустарниках Количество дисковых пил – 5+5 шт. Рабочий захват 2,05/2,45 м. Масс. диаметр среза 18/25 см. Дисковые пилы 450-600 мм.</p>

Продолжение приложения А	
<p><b>Обрезки смородины SL2-29R</b></p>  <p>Для улучшения качества среза лезвия аэрокосилки адаптированы к особенностям строения смородины. Для настройки угла служат специальные опорные планки, которые обеспечивают плавную настройку угла, в том числе и до горизонтального положения. Агрегат предназначен для работы на скорости движения трактора. Для настройки рабочей высоты служит гидравлическое устройство, связанное со сцеплением с SL2. Обрезки смородины стандартно оснащены четырьмя роторами равной SL20 с рабочим диаметром 184 см.</p>	<p><b>КОМПАКТ PNP</b></p>  <p>Многоцелевая полка напольного типа со специальным устройством для регулировки высоты вертикальной роторной рамы гидравлическая настройка угла: двойная защита роторов от удара; возможность использования полочного стоба для вывоза других агрегатов</p>
<p><b>Металлические лезвия роторной рамы серии STS</b></p>  <p>Металлические лезвия роторной рамы изготовлены из стали, приварены к лезвию гидромотора. Производятся фирмой "Острица" (Чехия). Предназначены для качественной обрезки древесной лозы. Машини этого типа поставляются в различных комплектациях – в зависимости от назначения, с различным количеством ножей на роторных рамах и устройством вывоза в рабочем и транспортном положении. Может работать от штатной гидросистемы трактора типа МТЗ 80/82.</p>	<p><b>Standard OSTRATICKY</b> издается на итальянском языке</p>  <p>Ножи со специальными лезвиями, гидравлическая настройка угла и высоты, прочная конструкция; использование полочного стоба для других агрегатов фирмой OSTRATICKY; простое управление с кабины трактора дает возможность управлять высотой и количеством инструмента в процессе работы; возможно агрегатировать с любым типом трактора; возможность совместного использования лезвиевой машины и измельчителя для увеличения производительности.</p>
<p><b>КОМПАКТ ST</b></p>  <p>Многоцелевая полка напольного типа со специальным лезвием, гидравлическая настройка угла и высоты полки, простая настройка отклонения вертикальных роторных рам, регулируемая высота среза, регулируемая высота вершины роторной рамы, гидравлическая настройка угла; двойная защита роторов от ударов; возможность использования полочного стоба для вывоза других агрегатов</p>	<p><b>КОМПАКТ PNP 2</b></p>  <p>Предназначены для контурной обрезки лозы винограда в любом направлении. Стандартная конструкция многоцелевой полки напольного типа со специальным лезвием; настройка угла вершины и выноса роторов, гидравлическая настройка угла; предохранитель верхней роторной рамы от удара; предохранитель вертикальной роторной рамы от удара; двухстороннее управление;</p>
<p><b>Фирма ООО «БелТехника» (Беларусь)</b>                  Телефон в Москве (495)649-84-59, 8-910-116-91-19 E-mail: beltehnika@b6.ru</p>	
<p><b>Кусторезы HO-82.2L</b></p>  <p>Гидравлическое от колеса трактора ширина обрабатываемого участка – 2м наибольшее расстояние до обрабатываемого участка от продольной оси трактора – 5 м, наибольшее расстояние до обрабатываемого участка в высоту от поверхности дороги – 5м, максимальный диаметр срезаемых сучьев – 150 мм</p>	<p><b>Косилка - кусторез EM-1.3</b></p>  <p>Предназначена для скашивания трав, срезами грубостебельной и мелкостебельной растительности с уклоном от -50° до +70°, особенно стоячих зарослей толщиной до 80 мм при скорости отдельной створки лезвия до 80 км на первой пониженной передаче мех V – 1,89 км/ч при скорости отдельной створки лезвия до 80 км/ч при скорости трака на 3... 5 пониженной передаче V – 5,48... 7,97 км/ч</p>

Продолжение приложения А	
<p><b>Косилка K-78M с кусторезом</b></p>  <p>Предназначена для удаления травы и мелкого кустарника диаметром до 2 см. Рабочий орган – режущий аппарат с тремя роторами и шестью ножами. Привод рабочего органа гидравлический от ВОМ трактора.</p>	<p><b>Косилка КРД-1.5</b></p>  <p>Тип: колесная. Базовая машина: Беларусь-80, 182.1. Тип привода: рабочих органов гидравлический. Производительность за час основного времени – 1,8 га/ч. Максимальный вылет от оси трактора до конца рабочего органа – 6,4 м. Ширина захвата рабочего органа – 1500 мм, не более. Ширина захвата выноса откоса – 3900 мм, не более. Высота среза растений – 60-100 мм. Высота среза – в горизонтальной плоскости – 200 мм. Высота среза деревьев – 5300 мм, не более. Частота вращения ВОМ – 1000 об/мин. Частота вращения ротора – 2000/10 об/мин. Номинальное рабочее давление – 16 МПа. Обслуживаемый персонал – 1 чел. Масса 340 кг.</p>
<p><b>Компания BOMFORD (Бельгия/Франция)</b>                  Паровая техника для мини-трактора, которая наиболее подходит как для фермеров, так и для городских хозяйств</p>	
<p><b>Bomford MicroKlipper</b></p>  <p>Вылет стрелы – 3,4 м. Ширина среза – 950 мм. Управление – Тросовое (рычаги, джойстик (только для авто). Защита от столкновений – Механическая с присутствием Требуемая к трактору: Вес 550 кг, мощность 25 л.с.</p>	<p><b>Bomford B08</b></p>  <p>Вылет 4,5 или 5 метров. Ширина среза 950/1200 мм. Независимая гидравлическая система 70 л/мин. Блок управления: Тросовое управление (рычаги). Требуемая к трактору: мощность 30 л.с., вес 2500 кг. Крепление к трактору: преломленное лезвие. Реконструировано для трактора МТЗ 82.1. Возможно использование на мини-тракторах.</p>
<p><b>BOMFORD B015</b></p>  <p>Косилка для трактора малого тягового класса 1,4-2 кВт. Вылет стрелы 3,4 м. Ширина среза 950мм. Относительно небольшого установка стругового бруса Sheartrim 1,5м. Независимая гидравлическая система 55 л/мин. Требуемая к трактору: мощность 30-40 л.с., вес 800 кг.</p>	<p><b>BOMFORD Kite Golfmaster</b></p>  <p>Вылет стрелы: 4,5 или 5 метров, ширина среза 950 мм или 1200 мм (опция). Возможно использование стругового бруса Sheartrim 1,5м. Независимая гидравлическая система 70 л/мин. Требуемая к трактору: мощность от 45 л.с., вес от 2500 кг.</p>
<p><b>BOMFORD Hawk</b></p>  <p>Вылет стрелы: 5,4 - 6,0 - 6,5 м, режущая головка Pro-trim, ширина среза 1200мм. Опция: режущая головка Pro-trim 1,5 (1500мм). Режущая головка ISMP 1200 Выдвигается. Струговый брус 1,5м. Независимая гидравлическая система 100 л/мин, максимальный угол разворота относительно трактора 94 градуса, это позволяет косить скаты трактора в труднодоступных местах. Требуемая к трактору: мощность от 80 л.с., вес 4000 кг. Крепление к трактору – преломленное лезвие. Для Hawk 6,0 и 6,5 бесшумное управление. Возможно установка на трактор МТЗ 82.1 с дополнительными приспособлениями</p>	<p><b>Falcon Bi-way</b></p>  <p>Мощная профессиональная косилка Falcon Bi-way специально спроектирована с возможностью использования с различными тракторами, выносом обрезки травы, кустарника и лопы и отработкой истребителями, что облегчает труд и снижает возможность оператора. Косилка для тяжелых тракторов. Вылет стрелы: 5,0 - 5,5 - 6,0 - 6,5 м, режущая головка Pro-trim 1,2 м (1200мм). Опция: Pro-trim 1,5 (1500мм). Независимая гидравлическая система 125 л/мин. Блок управления на выбор: рычаги, джойстик. Требуемая к трактору: мощность от 80 л.с., вес от 4200кг.</p>



Продолжение приложения А

<p><b>BOMFORD Buzzard</b></p>  <p>Модельный ряд Buzzard специально создан для использования профессиональными операторами и способен обеспечить практически круглогодичную работу. Косилка для габрильных тракторов. Высота стрелы: 6,5 - 7,25 - 8,0 м, радиус вылета Pro-cut 1,2 м (1200мм). Опция Pro-cut 1,5 (1500мм). Независимая гидравлическая система 125 л/мин. Интеллектуальная система управления (ICS). Требования к трактору: мощность от 80 л.с., вес от 4500кг.</p>	<p><b>BOMFORD Heron</b></p>  <p>Модельный ряд Heron специально изготовлен для операторов с левым, защищающаяся оборудованием канализационных систем в защитной окружающей среде, для которых имеет особое значение увеличенный вылет стрелы и дополнительные требования в области безопасности благодаря интеллектуальному креплению устройств. Высота стрелы: 7,6 м - 8,3 м - 9,3 м. Независимая гидравлическая система 114 л/мин. Требования к трактору: Мощность 120 л.с. - 125 л.с. - 130 л.с., Вес 4750кг - 5000кг - 5500кг.</p>
<p><b>BOMFORD BB1-81</b></p>  <p>Высота стрелы 8,1 м. Радиус вылета головки Pro-Cut 1,2. Опция Pro-Cut 1,5, ISMP. Выпускатель 1,2 - 1,5. Дисковые пилы. Роторная головка. Струйный брус. Независимая гидравлическая система 114 л/мин. Требования к трактору: Мощность от 100 л.с. Вес 4750кг.</p>	<p><b>PRO-SAW 1600, 2000, 2400</b></p>  <p>Толщина ветки до 20 см (8.0in) в диаметре, что делает его идеальным для работы с древесной растительностью, кустарниками. Три версии для использования радиус вылета головки 1,6 м, 2,0 м и 2,4 м. Рабочий орган состоит из четырех дисковых пил, которые установлены в линию и гидравлическим приводом с максимальной потребляемой мощностью всего 20 кВт.</p>

<b>Косилки SPEARHEAD (Германия)</b>	
<p><b>TWIGA 470</b></p>  <p>Высота стрелы мануала трактора - 4,8 м. Ширина среза - 1200 м. Диаметр среднего материала - 60 мм. Угол поворота головки - 240°. Вес с маслом и головкой - 700 кг. Минимальная мощность трактора - 70 л.с. Минимальный вес трактора - 2250 кг.</p>	<p><b>TWIGA PRO 650T</b></p>  <p>Максимальный вылет - 6,50 м. Вес машины - 1650 кг. Транспортивная ширина - 2,50 м. Емкость масляного бака - 220 л. Гидравлика - Стандарт. Светодиодное освещение комплекта - Стандарт. Мощность трактора Обязательные поля - 120 л.с. - 150 л.с. Трактор Вес - 5000 кг.</p>
<p><b>TWIGA 420</b></p>  <p>Максимальный вылет - 4,20 м. Вес машины - 480 кг. Транспортивная ширина - 1,80 м. Емкость масляного бака - 60 л. Гидравлика - Стандарт. Система крепления - 3-х точечная. Мощность трактора Обязательные поля - 40 л.с. Трактор Вес - 2000 кг.</p>	<p><b>TWIGA 500</b></p>  <p>Максимальный вылет - 5 м. Вес машины - 1170 кг. Транспортивная ширина - 2,4 м. Емкость масляного бака - 100 л. Гидравлика - Стандарт. Система крепления - 3-х точечная. Мощность трактора Обязательные поля - 70 л.с. Трактор Вес - 2500 кг.</p>
<p><b>TWIGA 545</b></p>  <p>Максимальный вылет - 5,40 м. Вес машины - 1360 кг. Транспортивная ширина - 2,6 м. Емкость масляного бака - 240 л. Гидравлика - Стандарт. Система крепления - 3-х точечная. Мощность трактора Обязательные поля - 90 л.с. Трактор Вес - 3500 кг.</p>	<p><b>TWIGA 120</b></p>  <p>Максимальный вылет - 3,50 м. Вес машины - 180 кг. Гидравлика - Стандарт. Система крепления - 3-х точечная. Светодиодное освещение комплекта - Стандарт. Мощность трактора Обязательные поля - 15 л.с. Трактор Вес - 550 кг.</p>

Продолжение приложения А

<b>Косилки TWOSE (Швеция)</b>	
<p><b>TA320</b></p>  <p>Высота среза - 3,2 м. Ширина резания - 1,0 м. Емкость масляного бака - 80 л. Минимальная мощность трактора - 30 л.с. Вес машины - 400 кг.</p>	<p><b>TF500</b></p>  <p>Высота среза - 5 м. Ширина резания - 1,2 м. Емкость масляного бака - 90 л. Минимальная мощность трактора - 60 л.с. Вес машины - 550 кг.</p>
<p><b>TP525i - TP600</b></p>  <p>Высота среза - 5,25-6 м. Ширина резания - 1,2 м. Емкость масляного бака - 65-95 л. Минимальная мощность трактора - 60-80 л.с. Вес машины - 550-700 кг.</p>	<p><b>TP625T</b></p>  <p>Высота среза - 6,25 м. Ширина резания - 1,2 м. Емкость масляного бака - 100 л. Минимальная мощность трактора - 80-100 л.с. Вес машины - 800 кг.</p>
<p><b>АО Агротехника (Молдавия)</b> Адрес: MD-20% Молдова, г. Кишинев, ул. Уинглер 21</p> <p><b>Машина для обрезки деревьев МКО-3А</b></p>  <p>Производительность за час чистой работы - 1,5-2 га. Рабочая скорость - не более 2,5 км/ч. Прегретый коридор - 2-4 метра. Масса - 1800 кг. Габариты, мм: - длина 6700, ширина 2000-4000 и 8250-10250, высота 3900. Обслуживающий персонал - 1 человек (тракторист).</p>	<p><b>ВСТНЦ (Россия)</b> ВСТНЦ, ФГБНУ</p> <p><b>Агрегат блочно-модульный АМС-7</b></p>  <p>Тип - комбинированный. Агрегатирование - тракторы класса 1,4. Производительность за час основного резания - 1,45-2,0 га/ч. Обслуживающий персонал - 1 чел. Рабочая скорость - 1-2,5 км/ч. Транспортивная скорость - 15 км/ч. Ширина захвата - 2-4 м. Высота срезания - 2,7-5,3 м. Полнота среза - 95%. Количество неизвестных срезов - 20%, не более.</p>

## ОТЧЁТ

о патентных исследованиях по теме

«ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ЛЕНТОЧНОГО РЕЖУЩЕГО АППАРАТА  
МАШИНЫ ДЛЯ КОНТУРНОЙ ОБРЕЗКИ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ»

Таблица 1 – Патентная документация

№ п/п	Предмет поиска: (объект исследования, его составные части)	Страна выдачи, вид и номер охранного документа, классификационный индекс МПК	Заявитель, страна. Номер заявки, дата подачи заявки	Название изобретения, полезной модели.
1	2	3	4	5
1.	Машины и режущие аппараты для обрезки деревьев и кустарников	RU, патент на изобретение 2453107 A01G23/00	Федеральное агентство по образованию Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Московский государственный университет леса" (RU) 2009120447/13, 01.06.2009; 20.06.2012 Бюл. № 17	Агрегат для формирования кроны дерева
2.		RU, патент на полезную модель, 133682, A01G3/00	Государственное научное учреждение Всероссийский научно-исследовательский институт садоводства имени И.В. Мичурина Российской академии сельскохозяйственных наук (RU), Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное предприятие "ПитомникМаш" (RU), 2013113573/13, 26.03.2013; 27.10.2013	Машина для объемной контурной обрезки деревьев
3.		RU, патент на полезную модель, 104013, A01G3/00	Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Мичуринский государственный аграрный университет" (RU), Общество с ограниченной ответственностью "Р-технологии" (RU), 2010116096/21, 23.04.2010, 10.05.2011	Машина для 3D контурной обрезки деревьев
4.		RU, заявка на изобретение, 2004132736, A01G3/04	Кубанский Государственный аграрный университет (RU) 200413273,6, 10.11.2004; 20.04.2006	Режущий аппарат для контурной обрезки деревьев
5.		RU, заявка на изобретение, 96104772, A01G3/00, A01G3/02, A01G23/02	Самарцев А.Я (RU), 96104772/13, 11.03.1996, 27.06.1998	Способ горизонтальной обрезки деревьев и устройство для его осуществления а.я.сamarceva
6.		RU, патент на изобретение, 2491163, B27L1/00, A01G23/083	ЛОГ МАКС АБ (SE), 2011102565/13, 23.06.2009, 25.06.2008 SE 0801495-3, 27.08.2013 Бюл. № 24	Способ и устройство для обрезки сучьев деревьев

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
7.		RU, патент на изобретение, 2380222, B27L 1/00	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Сибирский государственный технологический университет" (RU), 2008148422/12, 08.12.2008, 27.01.2010 Бюл. № 3	Устройство сучкорезно-окорочное
8.		RU, патент на изобретение 2457668, A01G3/08,	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Саратовский государственный технический университет (RU), Гильман Александр Абрамович (RU), 2010152637/13, 22.12.2010, 10.08.2012	Устройство для обрезки ветвей деревьев
9.		RU, заявка на изобретение, 2011145169, A01G3/00	Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова" (АлГТУ) (RU), 2011145169/13, 07.11.2011, 20.05.2013	Устройство для контурной обрезки кустарников
10.		RU, патент на изобретение, 2017404, A01G23/08	Марийский политехнический институт им А.М. Горького, 4925267/15, 04.04.1991, 15.08.1994	Машина для среза кустарника и обрезки ветвей деревьев
11.		RU, патент на изобретение, 2374824, A01G 3/00	Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Воронежская государственная лесотехническая академия" (RU), 2008106730/12, 21.02.2008, 10.12.2009 Бюл. № 34	Рабочий орган машины для подрезки кроны деревьев
12.		RU, патент на изобретение, 2409931, A01G 3/00, A01G 23/00	Институт информатики и проблем регионального управления Кабардино - Балкарского научного центра РАН (RU), 2008129537/12, 17.07.2008, 27.01.2010 Бюл. № 3	Робот-обрезчик
13.		RU, патент на изобретение, 2435362, A01G 3/04	Федеральное государственное учреждение высшего профессионального образования "Горский государственный аграрный университет" (RU), 2010122525/21, 02.06.2010, 10.12.2011 Бюл. № 34	Устройство для автоматического ориентирования подвесных Режущих аппаратов
14.		RU, патент на изобретение, 2271650, A01G3/053, A01G3/04	Мичуринский государственный аграрный университет (RU), 2003121718/12, 14.07.2003, 10.01.2005	Машина для контурной обрезки плодовых деревьев
15.		RU, патент на изобретение, 2299555, A01G3/053	Ожерельев Виктор Николаевич (RU), Ожерельева Марина Викторовна (RU), Чваса Степан Васильевич (RU), 2005114578/12, 13.05.2005, 20.11.2006	Машина для среза верхушек растений
16.		RU, патент на изобретение, 2378822, A01G 3/053	ХУСКВАРНА АБ (SE), 2006136784/12, 28.04.2005, 20.01.2010 Бюл. № 2	Устройство для резака для обрезки живой изгороди или тому подобное

Продолжение таблицы 1				
1	2	3	4	5
17.		RU, патент на изобретение, 2131660, A01G3/00, A01G3/00, A01G3/00	Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства (RU), 98106130/13, 01.04.1998, 20.06.1999	Установка для многоуровневой обрезки ветвей растений
18.		RU, патент на изобретение, 2107423, A01G3/04, A01D34/84, A01D33/02	Тукнов Дмитрий Сергеевич (RU), 96119146/13, 26.09.1996, 27.03.1998	Машина для фигурной стрижки травы или кустарников (се варианты)
19.		RU, патент на изобретение, 2101926 A01G23/02, A01G23/06, A01G3/04	Акционерные общества открытого типа Центральный институт механизации и энергетики лесной промышленности, Мосавтодор и Партнеры, Челябинский машиностроительный завод (RU), 96106658/13, 03.04.1996, 20.01.1998	Устройство для среза древесины кустарниковой и стеблевой растительности
20.		SU, патент на изобретение 1657111, A01G3/04	Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (SU), 4688254/15, 24.03.89, 23.06.91. Бюл. 23	Устройство для поперечного среза стеблей хлещачника
21.		SU, патент на изобретение 1806549, A01G3/04	А.Р. Анжеев (SU), 4889408/15, 10.12.90, 07.04.93. Бюл. 13	Машина для контурной обрезки
22.		SU, Патент на изобретение, 1685305, A01G3/04	И.Ф. Игнатченко (SU), 4674026/15, 05.04.89, 23.10.91. Бюл. № 39, УДК 631.354.022 (088.8)	Устройство для обрезки растений
23.		SU, Патент на изобретение, 1625426, A01G3/04	Кабардино-Балкарский агрометеорологический институт (SU), 44638621 15, 20.07.88, 07.02.91. Бюл. № 5	Машина для контурной обрезки
24.		SU, Патент на изобретение, 1570673, A01G3/04	Грузинский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства им. К.М. Амираджби (SU), 4338815/30-15, 08.12.87, 15.06.90. Бюл. № 22	Устройство для обрезки деревьев
25.		SU, патент на изобретение, 1353356, A01G3/04	Азербайджанский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (SU) 4054416/30-15, 10.04.86, 23.11.87. Бюл. N - 43	Машина для подрезки побегов растений
26.		SU, Патент на изобретение, 1353355, A01G3/04, B27L10	Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт механизации и энергетики лесной промышленности, (SU) 3832500/29-15, 27.12.84, 23.11.87.	Машина для контурной обрезки пачки деревьев

Продолжение таблицы 1				
1	2	3	4	5
27.		SU, Патент на изобретение, 1303079, A01G 3/04	В. Е. Чухматов и В. В. Чухматов (SU), 3886200/30-15, 10.04.85, 15.04.87. Бюл. № 14	Гидравлический агрегат для обрезки ветвей деревьев и кустарников
28.		SU, Патент на изобретение, 1233836, A01G3/04	Крымская опытная станция садоводства (SU), 2617132/30-15, 16.05.78, 30.05.86. Бюл. № 20	Машина для контурной обрезки деревьев
29.		SU, Патент на изобретение, 1005721, A 01 G 3 04	Московский ордена Трудового Красного Знамени автомобильно-дорожный институт (SU), 3294865/30-15, 01.06.81, 23.03.83. Бюл. 11	Рабочий орган машины для подрезки кроны деревьев
30.		SU, Патент на изобретение, 1268131, A01G 17/02 3/08	Центр внедрения научной организации производства, труда и управления Министерства сельского хозяйства РСФСР (SU), 3938404/30-15, 20.06.85, 07.11.86	Обрезчик виноградных кустов
31.		RU, патент на изобретение, 2258354, A01G23/02, A01G23/08, B27B11/12	Абдалаков Фарид Кичоевич (RU), Соловьев Дмитрий Александрович (RU), Бахтияев Риват Натогович (RU), Егоров Владимир Семенович (RU), Горюнов Дмитрий Геннадьевич (RU), 2003135825/12, 10.12.2003, 20.08.2005	Кусторез
32.		SU, Патент на изобретение, 1630673, A01G3/04	Кабардино-Балкарский агрометеорологический институт (SU), 4644668/15, 31.01.89, 28.02.91	Машина для контурной обрезки и измельчения ветвей деревьев
33.		SU, Патент на изобретение, 1806549, A01G3/04	А.Р. Анжеев (SU), 4889408/15, 10.12.90, 07.04.93. Бюл. №13	Машина для контурной обрезки ветвей кустарников и деревьев
34.		SU, Патент на изобретение, 1676509, A01G3/04	Т. К. Кусанов (SU), 4712360/15, 23.05.89, 15.09.91. Бюл. №34	Устройство для обрезки кустарников
35.		SU, Патент на изобретение, 1604246, A01G3/04	Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства (SU), 4333942/30-15, 27.11.87, 07.11.90. Бюл. № 41	Устройство для чеканки кроны растений
36.		SU, Патент на изобретение, 1501973, A01G3/04	Научно-производственное объединение по сельскохозяйственному машиностроению «Виском» (SU), 4005014/30-15, 02.01.86, 23.08.89. Бюл. № 31	Устройство для среза ветвей деревьев и кустарников
37.		SU, Патент на изобретение, 1491402, A01G3/04	Б. Ш. Кипшевский, И. С. Аксенова, В. В. Бачков и П. В. Голдаев, 4192762/30-15, 09.02.87, 07.07.89. Бюл. № 25	Машина для контурной обрезки деревьев
38.		SU, Патент на изобретение, 1273022, A01G 3/04, 3/08	Украинский научно-исследовательский институт садоводства (SU), 3912184/30-15, 17.06.85, 30.11.86. Бюл. № 44	Машина для среза и измельчения ветвей
39.		SU, Патент на изобретение, 967390, A01G3/08	Крымская опытная станция садоводства (SU), 3296803/30-15, 21.05.81, 23.10.82. Бюл. №39	Устройство для контурной обрезки деревьев



Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
40.		SU, Патент на изобретение, 1273023, A01G3/04, 3/08	Научно-производственное объединение по сельскохозяйственному машиностроению (SU), 3929749/30-15, 17.07.85, 30.11.86. Бюл. № 44	Рабочий орган для обрезки и измельчения ветвей
41.		SU, Патент на изобретение, 444519, A01G3/04, 3/08	Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. В.П. Горюхина (SU), 192685830-15, 28.05.73, 30.09.74 Бюл. №36	Режущий аппарат для срезаания ветвей деревьев
42.		SU, Патент на изобретение, 427672, A01G3/047	Г. П. Варламов, И. С. Егоров, В. А. Герасимов, В. К. Кутейников, Е. Г. Анхаров и Н. В. Хрипунов, 1822087/30-15, 14.08.72, 15.05.74. Бюл. № 18	Дисковый режущий аппарат машины для обрезки деревьев
43.		SU, Патент на изобретение, 112683, A01G3/047	Г. О. Оганезов и В. С. Подгоричани, 28357/575587,4.10.1954,	Навесное устройство для боковой двусторонней подрезки штапелных насаждений
44.		RU, патент на изобретение, 2293464 A01G23/095 A01G23/083	ХАППОНЕН Антти (FI), 2004107087/12, 12.08.2002, 20.02.2007	Сучкорезная установка
45.		SU, Патент На Изобретение, 217120, A01G	Сибирский научно-исследовательский институт лесной промышленности (SU), 1111988/29-33, 24.10.1966, 26.4.1968	Устройство для механизированной обработки кроны растущего дерева
46.		SU, Патент на изобретение, 244769 A01d54/00 A01G3/04	Государственное специальное конструкторское бюро по погружкам и машинам для внесения удобрений и Украинский научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения(SU), 1119384/30-15, 14.12.1966, 07.10.1971	Машина для обрезки стеблей растений
47.		SU, Патент на изобретение, 244782	П. М. Комиссаров, Н. И. Дроздов, В. К. Кутейников, Н. Ф. Пчелкин, В. А. Герасимов, В. Л. Сушанов и В. Г. Кужеленко, 1210322/30-15, 08.1.1968, 28.10.1969	Машина для контурной обрезки деревьев
48.		SU, Патент на изобретение 348175 A01G 3/04	Украинский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Южного отделения Всесоюзной академии сельскохозяйственных наук им. В. И. Ленина (SU), 162103630-15, 15.2.1971, 23.8.1972	Режущий аппарат к машине для контурной обрезки деревьев
49.		SU, Патент на изобретение 171216 A01G	С. Т. Штепа, Б. А. Виноградов, В. Т. Кабачкий и М. И. 900803/30-15, 18.05.1964, 11.05.1965	Машина для контурной обрезки плодовых деревьев
50.		SU, Патент на изобретение 163833 A01G	С. Т. Штепа, Б. А. Виноградов, В. Т. Кабачкий и М. И. 755980/30-15, 12.12.1961, 22.07.1964	Машина для обрезки кустарника

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
51.		SU, патент на изобретение 1556905 B 27 L 1/00	Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт механизации и энергетики лесной промышленности (SU), 4323163/23-15, 02.11.87, 15.04.90. Бюл. № 14	Устройство для обрезки сучьев с деревьев
52.		SU, патент на изобретение 1447314 A01D55/00, A01G3/00, 23/00	Ленинградский научно-исследовательский институт лесного хозяйства (SU), 4243364/29-15, 12.05.87, 30.12.88. Бюл. № 48	Устройство для срезаания кустарника
53.		SU, патент на изобретение 1447321 A01G3/00	В.В. Перетятко (SU), 4188827/29-15, 02.02.87, 30.12.88. Бюл. № 48	Устройство для срезаания растения
54.		SU, патент на изобретение 820731 A01G3/04	Крымское научно-производственное объединение винодельческой промышленности (SU), 2843675/30-15, 27.11.79, 15.04.81. Бюл. № 14	Рабочий орган для обрезки деревьев
55.		SU, патент на изобретение 854318 A01G3/04	Крымская опытная станция садоводства (SU), 2749125/30-15, 10.04.79, 15.08.81. Бюл. № 30	Машина для контурной обрезки деревьев и измельчения срезаемых ветвей
56.		SU, патент на изобретение 628847 A01G3/03	Украинский научно-исследовательский институт садоводства, Ташкентский филиал Головного специально конструкторского бюро по машинам для садов и виноградников и Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. В.П. Горюхина (SU), 2100678/30-15, 21.01.75, 25.10.78. Бюл. № 39	Режущий аппарат для контурной обрезки деревьев
57.		SU, патент на изобретение 534201 A01G3/04	Украинский научно-исследовательский институт садоводства (SU), 214605053/15, 15.05.75, 05.11.76. Бюл. № 41	Устройство для обрезки кроны деревьев
58.		SU, патент на изобретение 701588 A01G3/04	Головное специализированное конструкторское бюро по комплексам машин для механизации работ в садах, виноградниках, питомниках и ягодниках Кишиневского научно-производственного объединения "Плодсельхозмаш", Всесоюзный Ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. В. П. Горюхина (SU), 2633345/30-15, 23.06.78, 07.12.79. Бюл. № 45.	Устройство для контурной обрезки деревьев

Продолжение таблицы 1					Продолжение таблицы 1				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
59.		SU, патент на изобретение 865213 A01G3/03	Украинский научно-исследовательский институт садоводства и Крымский проектно-конструкторский технологический институт Главплоддипрома (SU), 2362262/30-15, 19.05.76, 23.09.81, Бюл. № 35	Режущий аппарат, преимущественно для обрезки кроны деревьев и кустарников	69.		SU, патент на изобретение № 1664159 A01D 46/04	Научно-производственное объединение «Грузсельхозмаш», (SU), 4603492/15, 16.08.88, 23.07.91, Бюл. № 27	Аппарат для подрезки кустарника
60.		SU, патент на изобретение 1045860 A01G3/04	Ташкентской ордена Трудового Красного Знамени институт инженеров железнодорожного транспорта (SU), 3450405/30-15, 04.06.82, 07.10.82, Бюл. № 37.	Машина для обрезки кустов	70.		SU, патент на изобретение № 1371587 A01D 46/04, A 01G 3/00	Научно-производственное объединение «Грузсельхозмаш» (SU), 4049844/30-15, 07.04.86, 07.02.88 бюл. № 5	Аппарат для подрезки кустов
61.		SU, патент на изобретение 190123 A 01d	Главное специальное конструкторское бюро по сельскохозяйственной технике (SU), 1049260/30-15, 11.01.1966, 16.12.1966, Бюл. № 1.	Машина для обрезки кустарника	71.		SU, патент на изобретение 1063328 A01G 3/03	Главное Специализированное Конструкторское Бюро По Комплексам Машин Для Механизации Работ В Садах, Виноградниках, Питомниках И Ягодниках Кишиневского Научно Производственного Объединения "Плодсельхозмаш", Всесоюзный Орден Трудового Красного Знамени Научно Исследовательский Институт Сельскохозяйственного Машиностроения Им. В. П. Горюхина И Всесоюзный Научно-Исследовательский Институт Садоводства Им. И.В. Мичурина, (SU), 3272308/30-15, 13.04.81, 30.12.83, бюл. № 48	Машина для контурной обрезки деревьев
62.		SU, патент на изобретение 444519 A01G3/04	Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. В.П. Горюхина (SU), 1926858/30-15, 28.05.73, 30.09.74, Бюл. № 36	Режущий аппарат для срезаания ветвей деревьев	72.		SU, патент на изобретение 1546013 A01G 3/03	Кабардино-Балкарский агрометеорологический институт, (SU), 4383914/31-15, 18.01.88, 28.02.90, Бюл. № 9	Машина для контурной обрезки деревьев
63.		SU, патент на изобретение 938829 A01G3/04	Горский сельскохозяйственный институт (SU), 3247396/30-15, 13.02.81, 30.06.82, Бюл. № 24.	Режущий аппарат для стрижки живых изгородей	73.		SU, патент на изобретение 1479268 B27L 1/00	Центральный научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт механизации и энергетики лесной промышленности (SU), 3749322/29-63, 16.05.84, 15.05.89, Бюл. № 18	Машина для обрезки сучьев
64.		SU, патент на изобретение 1419584 A01D55/00, A01G3/00	Украинский научно-исследовательский институт орошаемого садоводства (SU), 4133373/29-15, 14.10.86, 30.08.88, Бюл. № 32.	Режущий аппарат для подпорной срезаки растений	74.		SU, патент на изобретение 942630 A01G 3/04	Кабардино-Балкарский государственный университет (SU), 2844901/30-15, 23.11.79, 15.07.82, Бюл. № 26	Рабочий орган для обрезки кустарника
65.		SU, патент на изобретение 192541 A01G	Центральный научно-исследовательский, проектно-конструкторский институт механизации, энергетики лесной промышленности (SU), 1017691/30-15, 14.07.1965, 06.2.1967, Бюл. № 5.	Нож для машинного срезаания деревьев	75.		SU, патент на изобретение 730325 A01D 55/18	Крымская опытная станция садоводства, (SU), 2670504/30-15, 03.10.78, 30.04.80, Бюл. № 16	Режущий аппарат для подрезки ветвей
66.		SU, патент на изобретение № 670272 A01D 46/04	Д. Е. Силагадзе, Л.Д. Ломтадзе и С.Д. Силагадзе (SU), 2592193/30-15, 15.03.78, 30.06.79, Бюл. № 24.	Устройство для обрезки растений	76.		SU, патент на изобретение 370341 A01D 55/18	Всесоюзный научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт по машинам для горного земледелия и возделывания субтропических культур (SU), 2111139/15, 02.01.75, 30.08.77, Бюл. № 32	Режущий аппарат сельскохозяйственных машин
67.		SU, патент на изобретение 704529 A01G 3/08	Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. В. П. Горюхина, Главное специализированное конструкторское бюро по машинам для садов и виноградников (SU), 2637582/30-15, 04.07.78, 25.12.79, Бюл. № 47	Аппарат для подрезки ветвей	77.		SU, патент на изобретение 634712 A01G 3/02	Северный научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации 2377051/30-15, 14.06.76, (SU), 30.11.78, Бюл. № 44	Режущий аппарат Соколова для обрезки кустарников
68.		SU, патент на изобретение 1014513 A01D 46/04	Всесоюзный научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт по машинам для горного земледелия и возделывания субтропических культур (SU), 2652388/30-15; 05.07.78; 30.04.83, Бюл. № 16	Аппарат для подрезки и измельчения кустов	78.		SU, патент на изобретение 886833 A01G 3/00 B26D 1/00	Н.П. Пивени, 2612596/30-15, 06.05.78, 07.12.81, Бюл. № 45	Режущий инструмент

Продолжение таблицы 1					Продолжение таблицы 1				
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
79.		SU, патент на изобретение 301121 A01D 45/12 A01D 55/00	Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт чая и субтропических культур (SU), 1191884/30-15, 13.10.1967, 21.04.1971, Бюл. № 14	Режущий аппарат к уборочным сельскохозяйственным машинам	89.		SU, патент на изобретение 1395207 A01G 3/00, A01G 23/08	Ленинградский научно-исследовательский институт лесного хозяйства, (SU), 3987510/29-15, 09.12.85, 15.05.88, Бюл. № 18	Устройство для среза кустарника
80.		SU, патент на изобретение 479458 A01G 3/04	Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. В.П. Горячина (SU), 1972287/30-15, 28.11.73, 05.08.75 № 29	Устройство для контурной обрезки деревьев	90.		SU, патент на изобретение 1140703 A 01 D 34/73	Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. В.П. Горячина (SU), 358905/30-15, 10.05.83, 23.02.85, Бюл. № 7	Режущий аппарат
81.		SU, патент на изобретение 665837 A01 G 3/04	Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. В.П. Горячина (SU), 2496961/30-15, 16/06/77, 05.06.79 Бюл. № 21	Устройство для контурной обрезки деревьев	91.		SU, патент на изобретение 704528 A 01 G 3/04	Всесоюзный ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. В.П. Горячина, Головное специализированное конструкторское бюро по машинам для садов и виноградников (SU), 2637583/30-15, 04.07.78, 25.12.79, Бюл. № 47	Дисковый режущий аппарат машины для обрезки деревьев
82.		SU, патент на изобретение 682179 A01Q 3/04	Крымское научно-производственное объединение винодельческой промышленности (SU), 2576748/30-15, 08.02.78, 30.08.79, Бюл. № 32	Устройство для контурной обрезки деревьев	92.		SU, патент на изобретение 869671 A 01 G 3/04	Головное специализированное конструкторское бюро по комплексам машин для механизации работ в садах, виноградниках, питомниках и ядовниках Кишиневского научно-производственного объединения "Плодосельхозмаш", Всесоюзный Орден Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт сельскохозяйственного машиностроения им. В.П. Горячина (SU), 2760335/30-15, 27.04.79, 07.10.81, Бюл. № 37	Дисковый режущий аппарат для обрезки ветвей
83.		SU, патент на изобретение 1389721 A01G3/03	Аксенова И.С., Спивак А.В., Бычков В.В. (SU), 4126954/30-15, 20.10.86, 23.04.88, Бюл. № 15	Устройство для контурной обрезки деревьев	93.		SU патент на изобретение 969202 A01G 3/04	Крымская опытная станция садоводства, Ф.А. Карташев, А.Р. Анисев, 3260958/30-15, 13.03.81, Оуб. 30.10.82 Бюл. № 40	Устройство для обрезки деревьев
84.		SU, патент на изобретение 1470233 A 01 G 3/08	Опытное конструкторское технологическое бюро с экспериментальным производством Украинского научно-исследовательского института механизации и электрификации сельского хозяйства (SU), 4307249/30-15, 03.08.87, 07.04.89, Бюл. № 13	Устройство для обрезки ветвей	94.		SU патент на изобретение № 90795 A01G 3/08, B27G 1/00, B27B 19/09	Кузнецов С. В., Мурзинкин И. И Заявка 417767, 17.04.1950 Опубликовано: 01.01.1950	Сучкорез с ленточной пилой
85.		SU, патент на изобретение 1711717 A01G23/00, 3/08	Рябчинский Н.И., Рябчинский Л.П. 4727705/15, 26.06.89, 15.02.92, Бюл. № 6	Устройство для обрезки кустарников	95.		SU патент на изобретение № 1306520 A01G 3/08, A01G 3/04	Центральное опытно-конструкторское бюро лесохозяйственного машиностроения, Терехин С. В., Корпушов С. А., Сиддаев А. М., Кудрявцев В. А., Метальников М. С., 4022717/30-15, 25.12.85, Оуб. 30.04.87 Бюл. № 16	Устройство для обрезки деревьев
86.		SU, патент на изобретение 13442734 B27 L1/00, B 25 C 1/14	Старостин В.А., Сперанский М.В. 4051087/29-15, 07.04.86, 07.10.87, бюл. № 17	Устройство для обрезки сучьев					
87.		SU, патент на изобретение 829023 A01D 4/04	Всесоюзный научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт по машинам для горного земледелия и возделывания субтропических культур (SU), 2711496/30-15, 11.01.79, 15.05.81, Бюл. № 18	Устройство для подрезки кустарников					
88.		SU, патент на изобретение 426621 A01G 3/053, A 01 D 46/12	Всесоюзный научно-исследовательский, конструкторско-технологический институт машин горного земледелия и возделывания субтропических культур (SU), 1779950/30-15, 30.05.72, 05.05.74, Бюл. № 17	Устройство для подрезки кустов сельскохозяйственных культур					



## Распределение патентов РФ по годам публикации патентов

Таблица 2 – Оценка количества выданных патентов по теме исследования за рассматриваемый период

Года	1960-1965	1966-1970	1971-1975	1976-1980	1981-1985	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010	2010-2015
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Кол-во патентов	2	4	8	10	13	22	13	5	3	7	9

Исследования режущих аппаратов для обрезки плодовых деревьев показали, что вопросы механизации контурной обрезки плодовых деревьев начали заниматься с 70х годов, а развитие данной проблемы не прекращается до сегодняшнего дня.

По данной таблице построены кумулятивная кривая, характеризующая нарастание и спад числа охранных документов за исследуемый период. Эти кривые позволяют определить динамику изобретательской деятельности (активности) и оценить перспективы развития.

## Динамика изобретательской активности

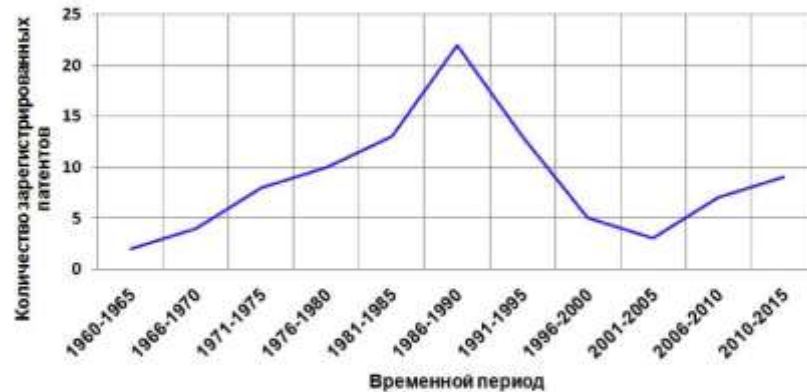


Рисунок 1 – Динамика изобретательской активности

Анализируя данные таблицы можно сделать вывод, что пик изобретательской активности приходится 90-е годы. На сегодняшний день данной области уделяется мало внимания в виду появления более современных задач и направлений в науке. Хотя до сих пор нет совершенного режущего аппарата, позволяющего удовлетворить агропробования на проведение контурной обрезки плодовых деревьев.

На основе таблиц 2 и 3 построена гистограмма процентного соотношения опубликованных патентных решений на территории РФ за рассматриваемый период по признаку «тип режущих аппаратов», представленная на рисунке 2. По результатам исследования видно, что особое внимание уделялось дисковым, сегментным и ножевым режущим аппаратам. Режущие аппараты других типов изучены недостаточно. Из проведенного анализа можно сделать вывод, что с учетом того, что современный уровень технологий и техники достиг высокого значения, при разработке машин для контурной обрезки деревьев, следует уделить внимание, мало исследованным режущим аппаратам.

Таблица 3 – Распределения патентов по типу режущего аппарата

	Вид режущего аппарата					
	Дисковый режущий аппарат	Сегментный	Ножевой	Гибкий	Барабанный	Ленточный
2004132736	534201	96104772	2011145169	2457668	1657111	1727699
2271650	865213	2378822	2107423	670272	1685305	
2299555	1045860	1625426	2101926	1727699		
1806549	444519	1570673	1604246			
1625426	938829	1353355	217120			
1233836	1419584	1501973	1447314			
1353356	1063328	163833	628847			
1233836	1546013	1556905	886833			
1005721	942630	190123	1140703			
1005721	479458	1419584				
1630673	665837	1664159				
2258354	682179	1371587				
1491402	829023	730325				
1273022	1395207	886833				
967390	704528	301121				
444519	869671	1342734				
820731	1306520	426621				
854318	969202					

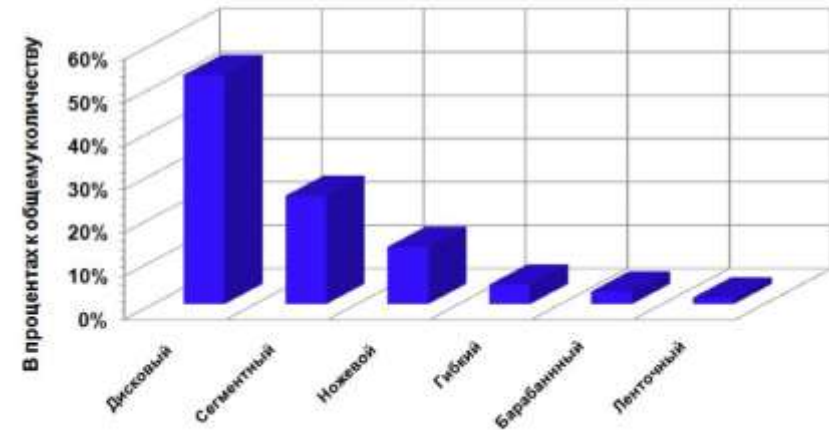


Рисунок 2 – Гистограмма процентного соотношения патентных решений по типам режущих аппаратов зарегистрированных на территории РФ за рассматриваемый период.

Патент №104013 РФ 2010 г.



Патент №133682 РФ 2013 г.





## Патент № 159386 РФ 2016 г.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**  
НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ  
№ 159386

**МАШИНА ДЛЯ КОНТУРНОЙ ОБРЕЗКИ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ**

Патентообладатель(и): *Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Всероссийский научно-исследовательский институт садоводства имени Н.В. Мичурин" (RU), Общество с ограниченной ответственностью "Научно-производственное предприятие "ПамятникМаш" (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2015137087  
Приоритет полезной модели 31 августа 2015 г.  
Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 15 января 2016 г.  
Срок действия патента истекает 31 августа 2025 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности



*Г.П. Иванов*

## Патент № 198816 РФ 2020 г.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



**ПАТЕНТ**  
НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ  
№ 198816

**МАШИНА ДЛЯ КОНТУРНОЙ ОБРЕЗКИ ДЕРЕВЬЕВ**

Патентообладатель: *федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Мичуринский государственный аграрный университет" (RU)*

Авторы: *Бросалин Василий Григорьевич (RU), Забражнов Андрей Анатольевич (RU), Забражнов Анатолий Иванович (RU), Земляной Андрей Александрович (RU), Ланцев Владимир Юрьевич (RU)*

Заявка № 2020100773  
Приоритет полезной модели 09 января 2020 г.  
Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 29 июля 2020 г.  
Срок действия исключительного права на полезную модель истекает 09 января 2030 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности



*Г.П. Иванов*

Таблица рисунка 2.8 – Шероховатость поверхности от подачи на зуб по экспериментальным исследованиям авторов

Подача на зуб Sz	Ленточные пилы						Дисковые пилы				
	Бершадский А.Л., Цветкова Н.И.		Глебов И.Т.		Любченко В.И.		Бершадский А.Л., Цветкова Н.И.	Глебов И.Т.	Амалицкий В.В.	Любченко В.И.	Якунин Н.К. Любченко В.И.
	Мягкие породы	Твердые породы	Мерзлая древесина	Свежесрубленная древесина	Мягкие породы	Твердые породы	Продольное пиление Угол выхода 20 град.				
	R <sub>m max</sub>	R <sub>mmax</sub>	R <sub>mmax</sub>	R <sub>m max</sub>	R <sub>m max</sub>	R <sub>mmax</sub>	R <sub>m max</sub>	R <sub>mmax</sub>	R <sub>m max</sub>	R <sub>m max</sub>	R <sub>m max</sub>
0,1			100		100		100		100	100	
0,15	100		150	100		100	200	100			
0,2	200	100	200	150	200			100	200		
0,25		200				200					
0,3			250	210			320		320	320	
0,4	320		320	270	320						
0,55		320				320					
0,6			520	340							
0,65	500				500						
0,7		500									
0,8			630	500		500			500	500	
1	800		800	670	800				800	800	560
1,2		800	1000	800		800		500	1200	1200	
1,4					1600						
1,5	1200		1300	1000			800	800			710
1,8		1200	1450	1200		1600	1200	1200			
2			1600	1400							750



К таблице 2.11 Результаты расчетного моделирования (Динамических характеристик плодовых ветвей)

Продолжение Г3

L, м	двн, м	m, кг	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	E, Па (табл.)	C, Н/м	$\omega_0$ , Гц	C/m	d/L	C, Н/м	C/(Ed)	$\frac{\omega_0}{\sqrt{\frac{E}{\rho d L}}}$
0,5	0,01	0,02826	720	7000000000	84	17	297	0,02	0,0084	0,000001	0,000391
0,5	0,02	0,11304	720	7000000000	1344	34	1189	0,04	0,01344	0,000010	0,0011059
0,5	0,03	0,25434	720	7000000000	6804	52	2675	0,06	0,06804	0,000032	0,0020316
0,5	0,04	0,45216	720	7000000000	21504	69	4756	0,08	0,21504	0,000077	0,0031278
0,5	0,05	0,7065	720	7000000000	52500	86	7431	0,1	0,525	0,000150	0,0043713
0,5	0,06	1,01736	720	7000000000	108864	103	10701	0,12	1,08864	0,000259	0,0057462
0,5	0,07	1,38474	720	7000000000	201684	121	14565	0,14	2,01684	0,000412	0,0072411
0,5	0,08	1,80864	720	7000000000	344064	138	19023	0,16	3,44064	0,000614	0,0088469
0,75	0,01	0,04239	720	7000000000	24,89	8	59	0,013	0,0002489	0,000000	0,0002128
0,75	0,02	0,16956	720	7000000000	398,22	15	235	0,026	0,0039822	0,000003	0,000602
0,75	0,03	0,38151	720	7000000000	2016	23	528	0,04	0,02016	0,000010	0,0011059
0,75	0,04	0,67824	720	7000000000	6371,55	31	939	0,053	0,0637156	0,000023	0,0017026
0,75	0,05	1,05975	720	7000000000	15555,5	38	1468	0,066	0,1555556	0,000044	0,0023794
0,75	0,06	1,52604	720	7000000000	32256	46	2114	0,08	0,32256	0,000077	0,0031278
0,75	0,07	2,07711	720	7000000000	59758,22	54	2877	0,093	0,5975822	0,000122	0,0039415
0,75	0,08	2,71296	720	7000000000	101944,89	61	3758	0,106	1,0194489	0,000182	0,0048156
1	0,01	0,05652	720	7000000000	10,5	4	19	0,01	0,000105	0,000000	0,0001382
1	0,02	0,22608	720	7000000000	168	9	74	0,02	0,00168	0,000001	0,000391
1	0,03	0,50868	720	7000000000	850,5	13	167	0,03	0,008505	0,000004	0,0007183
1	0,04	0,90432	720	7000000000	2688	17	297	0,04	0,02688	0,000010	0,0011059
1	0,05	1,413	720	7000000000	6562,5	22	464	0,05	0,065625	0,000019	0,0015455
1	0,06	2,03472	720	7000000000	13608	26	669	0,06	0,13608	0,000032	0,0020316
1	0,07	2,76948	720	7000000000	25210,5	30	910	0,07	0,252105	0,000051	0,0025601
1	0,08	3,61728	720	7000000000	43008	34	1189	0,08	0,43008	0,000077	0,0031278
1,25	0,01	0,07065	720	7000000000	5,376	3	8	0,008	5,376E-05	0,000000	9,891E-05
1,25	0,02	0,2826	720	7000000000	86,016	6	30	0,016	0,0008602	0,000001	0,0002798
1,25	0,03	0,63585	720	7000000000	435,456	8	68	0,024	0,0043546	0,000002	0,000514
1,25	0,04	1,1304	720	7000000000	1376,256	11	122	0,032	0,0137626	0,000005	0,0007913
1,25	0,05	1,76625	720	7000000000	3360	14	190	0,04	0,0336	0,000010	0,0011059
1,25	0,06	2,5434	720	7000000000	6967,296	17	274	0,048	0,069673	0,000017	0,0014537
1,25	0,07	3,46185	720	7000000000	12907,776	19	373	0,056	0,1290778	0,000026	0,0018319
1,25	0,08	4,5216	720	7000000000	22020,096	22	487	0,064	0,220201	0,000039	0,0022381
1,5	0,01	0,08478	720	7000000000	3,11	2	4	0,0066	3,111E-05	0,000000	7,524E-05
1,5	0,02	0,33912	720	7000000000	49,77	4	15	0,013	0,0004978	0,000000	0,0002128
1,5	0,03	0,76302	720	7000000000	252	6	33	0,02	0,00252	0,000001	0,000391
1,5	0,04	1,35648	720	7000000000	796,44	8	59	0,026	0,0079644	0,000003	0,000602
1,5	0,05	2,1195	720	7000000000	1944,44	10	92	0,033	0,0194444	0,000006	0,0008413
1,5	0,06	3,05208	720	7000000000	4032	11	132	0,04	0,04032	0,000010	0,0011059
1,5	0,07	4,15422	720	7000000000	7469,77	13	180	0,046	0,0746978	0,000015	0,0013935
1,5	0,08	5,42592	720	7000000000	12743,11	15	235	0,053	0,1274311	0,000023	0,0017026

К таблице 2.11 результаты расчетного моделирования процесса резания (Силовые характеристики)

Приложение Г4

$K = 100 \text{ Н/мм}^2$ ,  $b = 0,7 \text{ мм}$ ,  $V_S = V_{azp} = 0,48$

$d=h$ , мм	$K$ , Н/мм <sup>2</sup>	Значения силы резания $P_r$ , Н при кинематическом показателе					$P/(Kbh)$				
		$\lambda I=20$	$\lambda=31,25$	$\lambda=45$	$\lambda=56,25$	$\lambda=70$	$\lambda I=20$	$\lambda=31,25$	$\lambda=45$	$\lambda=56,25$	$\lambda=70$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
10	70	24,50	15,68	10,89	8,71	7,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
20	70	49,00	31,36	21,78	17,42	14,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
30	70	73,50	47,04	32,67	26,13	21,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
40	70	98,00	62,72	43,56	34,84	28,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
50	70	122,50	78,40	54,44	43,56	35,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
60	70	147,00	94,08	65,33	52,27	42,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
70	70	171,50	109,76	76,22	60,98	49,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
80	70	196,00	125,44	87,11	69,69	56,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
10	92,5	32,38	20,72	14,39	11,51	9,25	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
20	92,5	64,75	41,44	28,78	23,02	18,50	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
30	92,5	97,13	62,16	43,17	34,53	27,75	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
40	92,5	129,50	82,88	57,56	46,04	37,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
50	92,5	161,88	103,60	71,94	57,56	46,25	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
60	92,5	194,25	124,32	86,33	69,07	55,50	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
70	92,5	226,63	145,04	100,72	80,58	64,75	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
80	92,5	259,00	165,76	115,11	92,09	74,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
10	115	40,25	25,76	17,89	14,31	11,50	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
20	115	80,50	51,52	35,78	28,62	23,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
30	115	120,75	77,28	53,67	42,93	34,50	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
40	115	161,00	103,04	71,56	57,24	46,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
50	115	201,25	128,80	89,44	71,56	57,50	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
60	115	241,50	154,56	107,33	85,87	69,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
70	115	281,75	180,32	125,22	100,18	80,50	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
80	115	322,00	206,08	143,11	114,49	92,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
10	137,5	48,13	30,80	21,39	17,11	13,75	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
20	137,5	96,25	61,60	42,78	34,22	27,50	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
30	137,5	144,38	92,40	64,17	51,33	41,25	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
40	137,5	192,50	123,20	85,56	68,44	55,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
50	137,5	240,63	154,00	106,94	85,56	68,75	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
60	137,5	288,75	184,80	128,33	102,67	82,50	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
70	137,5	336,88	215,60	149,72	119,78	96,25	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
80	137,5	385,00	246,40	171,11	136,89	110,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
10	160	56,00	35,84	24,89	19,91	16,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
20	160	112,00	71,68	49,78	39,82	32,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
30	160	168,00	107,52	74,67	59,73	48,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
40	160	224,00	143,36	99,56	79,64	64,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
50	160	280,00	179,20	124,44	99,56	80,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
60	160	336,00	215,04	149,33	119,47	96,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014
70	160	392,00	250,88	174,22	139,38	112,00	0,050	0,032	0,022	0,018	0,014

Результаты Зависимости качественных показателей и характеристики процесса резания таблицы 4.15

Приложение Д

L, м	a, мм	b, мм	d ср	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	m, кг	W, %	C <sub>э</sub> , Н/м	$\omega$ <sub>э</sub> , Гц	V <sub>р</sub> , м/с	V <sub>S</sub> , м/с	n, об/мин	R <sub>max</sub> , мкм	A <sub>э</sub> ,м	v <sub>э</sub> , Гц	(C/m) <sup>0,5</sup>	$\lambda$
1	0,0232	0,02465	0,023	600	0,31	14,2	1217	18,75	10,46	0,48	500	220	0,0085	17,2	62,65	21,79
1	0,0195	0,0187	0,019	610	0,2	15,8	421,2	14,38	10,46	0,48	500	245	0,014	14,1	45,89	21,79
1	0,0271	0,021	0,024	610	0,51	60,7	377,7	10,63	10,46	0,48	500	264	0,024	11,2	27,21	21,79
1	0,044	0,035	0,039	760	1,285	76,6	2030	15,63	10,46	0,48	500	255	0,021	15,2	39,74	21,79
1	0,0244	0,02575	0,025	640	0,32	13,8	937,4	18,5	20,93	0,48	1000	173	0,015	20,4	54,12	43,60
1	0,01925	0,01955	0,019	600	0,22	15,2	463,8	15,63	20,93	0,48	1000	184	0,017	13,8	45,91	43,60
1	0,0343	0,0263	0,030	640	0,985	58,19	1238	14,38	20,93	0,48	1000	195	0,022	15,1	35,45	43,60
1	0,0215	0,0139	0,017	660	0,28	29,01	221,6	15	20,93	0,48	1000	210	0,023	11,2	28,13	43,60
1	0,025	0,02	0,022	670	0,41	14,05	544,4	14,38	20,93	0,48	1000	200	0,02	14,75	36,43	43,60
1	0,0242	0,0242	0,024	570	0,33	14,3	1107	21,25	31,4	0,48	1500	105	0,0095	19,3	57,91	65,41
1	0,0196	0,0195	0,019	610	0,2	15,1	504,9	15,63	31,4	0,48	1500	135	0,012	14,2	50,24	65,41
1	0,0292	0,02	0,024	650	0,425	14,67	552,3	12,5	31,4	0,48	1500	155	0,022	13,5	36,05	65,41
1	0,0215	0,019	0,020	650	0,375	53,03	183,1	8,13	31,4	0,48	1500	180	0,024	7,85	22,09	65,41

Таблица рисунка 4.3 Обобщенная регрессионная модель процесса резания плодовой ветви ленточным РА

Приложение Е

Порядок проведения	Место установки датчика		Параметры									
			L, м	m, кг	$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	W, %	d <sub>вн</sub> , мм	d <sub>вк</sub> , мм	C, Н/м	$\omega\omega_3$ , Гц	C/m	$\omega\omega T$
Результаты по разделу 4.5												
С листвой	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	1,59	990	80	34	11,5	55,87	3,36	3,51	1,87
Без листвы	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	1,098	990	80	34	11,5	57,74	4,37	5,26	2,29
С удалением 1 второстепенной ветви	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	1,066	990	80	34	11,5	57,56	4,37	5,40	2,26
С удалением 2 второстепенной ветви	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	1,055	990	80	34	11,5	57,35	4,37	5,44	2,35
С удалением 3 второстепенной ветви	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	0,941	990	80	34	11,5	57,13	3,75	6,07	2,46
С удалением 4 второстепенной ветви (проводник)	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	0,584	990	80	34	11,5	56,34	3,42	9,65	3,11
Результаты по разделу 4.5												
С листвой	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	1,77	995	90	31	15	85,5	3,75	4,83	2,20
Без листвы	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	1,27	995	90	31	15	85,49	4,38	6,73	2,52
Проводник	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	1,18	995	80	31	15	96,33	4,38	8,16	3,25
Результаты по разделу 4.2.1 таблицы 4.6												
День 1	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	1,18	995	90	31	15	84,31	4,38	7,14	2,67
День 5	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	1,01	899	60	31	15	88,66	5	8,78	2,96
День 10	L <sub>1</sub> , м	1,5	0,9	0,95	840	48	15	15	89,79	5,31	9,45	3,07
День 15	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	0,88	779	40,3	31	15	91,1	5,47	10,35	3,22
День 20	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	0,81	719	30,9	31	15	91,95	5,78	11,35	3,37
День 25	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	0,79	700	22,7	31	15	93,9	5,99	11,89	3,45
День 30	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	0,75	670	18,2	31	15	96,33	6,09	12,84	3,58
Результаты по разделу 4.2.2												
Ветвь период плодоношения	L <sub>1</sub> , м	1,3	1,3	0,81	990	90	28	18	194,6	5,94	24,02	4,90
Ветвь период затухающего плодоношения	L <sub>1</sub> , м	1,3	1,3	0,74	820	58	28	16	198,8	6,09	26,86	5,18
Засохшая ветвь	L <sub>1</sub> , м	1,3	1,3	0,475	690	13	30	14	270,5	8,28	56,95	7,55
Результаты по разделу 4.5												
В саду	L <sub>1</sub> , м	1,25	1,25	0,8	931	71	30	15	59	3,59	7,38	2,17
С листвой	L <sub>1</sub> , м	1,25	1,25	0,68	931	71	30	15	50	3,6	7,8	2,23
Без листвы	L <sub>1</sub> , м	1,25	1,25	0,53	931	71	30	15	45	3,75	8,49	2,27
Проводник	L <sub>1</sub> , м	1,25	1,25	0,48	931	71	30	15	37,5	4,1	9	2,5
Результаты по разделу 4.5												
В саду	L <sub>1</sub> , м	1,4	1,4	1,2	955	72	32	13	24	2,1	2,05	1,2

Продолжение прил. Е

С листвою	L <sub>1</sub> , м	1,4	1,4	1,03	955	72	32	13	25	2,5	2,43	1,56
Без листвы	L <sub>1</sub> , м	1,4	1,4	0,9	955	72	32	13	22,2	3	3,5	1,7
Проводник	L <sub>1</sub> , м	1,4	1,4	0,55	955	72	32	13	22,68	3,25	4,12	2,02
Результаты по разделу 4.4												
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	0,38	820	58	21	19	183,2	8,13	48,21	6,99
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	0,5	870	60	27	21	377,72	10,63	75,54	8,14
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	0,985	850	55	34,3	26,2	1238	14,38	125,69	11,21
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	0,425	700	14	29,2	20	552,35	12,5	129,96	11,40
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	0,28	700	15	21,5	13,9	221,64	7,6	38,3	7,6
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	0,41	750	23	25	20	544,41	14,38	132,78	11,52
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	1,285	700	77	44	35	2030,4	15,63	158,01	12,57
Результаты по разделу 4.4												
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	0,37	570	14,7	15,7	42	580,84	14,37	215,5	14,21
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	0,39	560	14,5	16,5	42,6	577,88	13,75	148,17	12,17
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	0,47	580	14,7	18,8	43,3	711,23	15,63	151,33	12,30
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	0,4	550	14,2	25,75	24,4	1217,4	18,75	304,35	17,45
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	0,33	570	13,8	24,2	24,2	937,45	19,38	284,08	16,85
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	0,34	600	14,2	24,65	23,2	1107,6	21,25	325,76	18,05
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	0,2	610	15,2	18,7	19,5	421,29	14,38	210,65	14,51
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	0,22	600	15,2	19,55	19,25	463,86	15,63	210,85	14,52
Проводник	L <sub>1</sub> , м	0,7	1	0,235	610	15,2	19,5	19,6	504,9	15,63	214,85	14,66
Результаты по разделу 4.4												
Проводник	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	0,312	520	21	20	20	113,7	5,78	36,44	6,04
Проводник	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	0,312	520	21	20	20	107,5	5,78	34,46	5,87
Проводник	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	3,01	7520		16	16	862,5	5,78	28,65	5,35
Проводник	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	3,01	7520		16	16	835	5,78	27,74	5,27
Проводник	L <sub>1</sub> , м	1,5	1,5	2,215	7520		14	14	291,1	3,91	13,14	3,63





Министерство сельского хозяйства Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
**«МИЧУРИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ)

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебно-воспитательной  
работе ФГБОУ ВО Мичуринского ГАУ

Г.В. Короткова

«*22*» *сентября* 2016 г.

**АКТ**

внедрения результатов научно-исследовательской работы в учебный процесс  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования «Мичуринский государственный аграрный  
университет»

Комиссия Инженерного института Мичуринского ГАУ в составе  
председателя – директора инженерного института доктора технических наук  
Манаенкова К.А. и членов: заведующего кафедрой «Транспортно-  
технологических машин и основ конструирования», кандидата технических  
наук Михеева Н.В., доцента, кандидат технических наук Дьячкова С.В.,  
доцента, кандидат технических наук Бахарева А.А., составила настоящий акт  
о следующем.

Комиссия рассмотрела материалы научно-исследовательской работы  
соискателя ученой степени кандидата технических наук по специальности  
05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»  
Земляного Андрея Александровича, включающие: обоснование  
технологической схемы и варианта конструктивного исполнения машины  
для контурной обрезки плодовых деревьев с ленточным режущим аппаратом,

основные результаты теоретических и экспериментальных исследований ленточного режущего аппарата машины для контурной обрезки плодовых деревьев.

Комиссия отмечает, что рассмотренные материалы имеют существенное прикладное значение и приняты для внедрения в учебный процесс на кафедре «Транспортно-технологических машин и основ конструирования», включены в курс лекций по дисциплине «Сельскохозяйственные машины» и «Механизация сельскохозяйственного производства» для студентов, обучающихся по направлению «Агроинженерия», «Агрономия».

Председатель комиссии

Члены комиссии



К.А. Манаенков

Н.В. Михеев

С.В. Дьячков

А.А. Бахарев

Общество с ограниченной ответственностью  
**«Научно-производственное предприятие «ПитомникМаш»**  
 ООО «НПП «ПитомникМаш» ИНН/КПП 6827021375 / 682701001  
 Р/с 40702810661260003197 в Отделение №8594 Сбербанка России г. Тамбов  
 К/с 30101810800000000649 БИК 046850649

Россия, 393760, Тамбовская область, г. Мичуринск, ул. Лаврова, 21, Тел/факс (47545) 5-30-96, E-mail: Noc-inteh@yandex.ru

**УТВЕРЖДАЮ:**

Зам. директора по производству  
 ООО «НПП «ПитомникМаш»



М.Г. Гриднев  
 2016 г.

### АКТ

#### внедрения научно-технической разработки

Общество с ограниченной ответственностью «Научно-производственное предприятие «ПитомникМаш», рассмотрев материалы, полученные от Земляного Андрея Александровича по теме «Исследование и разработка ленточного режущего аппарата машины для контурной обрезки плодовых деревьев», приняло к реализации в своей производственной деятельности следующие материалы:

1. результаты теоретического и экспериментального исследования ленточного режущего аппарата машины для контурной обрезки плодовых деревьев;
2. техническое задание на разработку и изготовление машины для контурной обрезки с ленточным режущим аппаратом;
3. чертежно-конструкторскую документацию на машину для контурной обрезки с ленточным режущим аппаратом.

Приняло решение изготовить опытный образец машины для контурной обрезки плодовых деревьев с ленточным режущим аппаратом с целью проведения заводских испытаний и дальнейших мероприятий по освоению мелкосерийного производства.

Ведущий специалист

В.Ю. Ланцев

Ведущий конструктор

Г.В. Гриднев



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
(ФАНО России)**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение  
«Всероссийский научно-исследовательский  
институт садоводства имени И.В. Мичурина»  
ФГБНУ «ВНИИС им. И.В. Мичурина»

Federal State Budget Scientific Institution  
I.V. Michurin All-Russia Research Institute  
for Horticulture



393774, Тамбовская область,  
г. Мичуринск,  
ул. Мичурина, 30  
Тел.: (47545) 2-07-61, 2-03-21  
Факс: (47545) 2-07-61  
E-mail: info@vniismich.ru  
Сайт: www.vniismich.ru

30, Michurin St.,  
Michurinsk, Tambov Region,  
Russia, 393774  
Tel.: (47545) 2-07-61, 2-03-21  
Fax: (47545) 2-07-61  
E-mail: info@vniismich.ru  
Site: www.vniismich.ru

**УТВЕРЖДАЮ:**

Директор ФГБНУ «ВНИИС им.  
И.В. Мичурина

*Ю.В. Трунов* Ю.В. Трунов

2016 г.

**АКТ**

**Приемки результатов НИР**

Комиссия федерального государственного научно-исследовательского института садоводства им. И.В. Мичурина в составе председателя Каширской Н.Я. и членов Соловьева А.В., Бросалина В.Г., составила настоящий акт о следующем:

1. Комиссия рассмотрела результаты НИР, полученные Земляным А.А. по теме «Исследование и разработка ленточного режущего аппарата машины для контурной обрезки плодовых деревьев»;
2. Результаты НИР включают: обоснование технологических схем, теоретические разработки и экспериментальные исследования ленточного режущего аппарата для обрезки деревьев.



3. Комиссия решила принять результаты НИР для их дальнейшего использования в научно-технической работе Инженерного центра ФГБНУ «ВНИИС им. И.В. Мичурина».

4. Комиссия отмечает, что предложенные материалы, подготовленные по результатам исследовательской работы, имеют существенное прикладное значение и могут быть использованы и приняты для продолжения по ним опытно-конструкторских работ в плане реализации серийного производства машины на базе Инженерного центра ФГБНУ «ВНИИС им. И.В. Мичурина».

Председатель комиссии

Члены комиссии

Каширская Н.Я.

Соловьев А.В.

Бросалин В.Г.

Перечень свидетельств, сертификатов и дипломов, подтверждающих участие в научно-практических конференциях, конкурсах и т.д. Земляного Андрея Александровича

1. Почетная грамота победитель программы «Участник Молодежного Научно-Инновационного Конкурса» («У.М.Н.И.К.»), (Мичуринск 2010 г.).
2. Грамота за активное участие по программе «Участник Молодежного Научно-Инновационного Конкурса» («У.М.Н.И.К.»), проводимого в рамках 9 международного научно-методической конференции «Интродукция нетрадиционных и редких растений», аккредитованной Фондом содействия малых форм предприятий в научно-технической сфере, (Мичуринск 2010 г.).
3. Сертификат участника 63-й научно-практической конференции студентов и аспирантов МичГАУ, (Мичуринск 2011 г.).
4. Благодарственное письмо за активное участие в 63-й научно-практической конференции студентов и аспирантов Мичуринского государственного аграрного университета, (Мичуринск 2011 г.).
5. Диплом за V место во II этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых Высших учебных заведений Минсельхоза РФ по центральному территориальному округу а номинации «Агроинженерия», (Рязань 2011 г.).
6. Почетная грамота за участие во Всероссийской конференции III этапа Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза РФ, (Саратов 2011 г.).
7. Свидетельство о присуждении ежегодной стипендии некоммерческой организации «Фонд развития и поддержки садоводства» имени И.В. Казакова за достижение в области разработки средств механизации в садоводстве, (Мичуринск 2011 г.).
8. Диплом за участие во XI Всероссийской выставки «Научно-технического творчества молодежи» за проект Разработка машины для объемной контурной обрезки плодовых деревьев, (Москва 2011 г.).
9. Сертификат участника XI Всероссийской выставки «Научно-технического творчества молодежи» объемной контурной обрезки плодовых деревьев, (Москва 2011 г.).
10. Сертификат участника 64-й научно-практической конференции студентов и аспирантов МичГАУ, (Мичуринск 2012 г.).
11. Диплом за I место в секции механизация технологических и производственных процессов в АПК 64-й научно-практической конференции студентов и аспирантов МичГАУ, (Мичуринск 2012 г.).
12. Почетная грамота за I место во II этапе Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, Высших учебных заведений Минсельхоза РФ по центральному территориальному округу а номинации «Агроинженерия», (Рязань 2012 г.).

Продолжение приложения

13. Грамота за активное участие в III туре Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых вузов МСХ РФ, (Саратов 2012 г.).
14. Диплом за V место в номинации «Агроинженерия» в III туре Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых вузов Минсельхоза РФ, (Саратов 2012 г.).
15. Диплом за V место Всероссийского конкурса на лучшую научную работу среди студентов, Высших учебных заведений Минсельхоза РФ в номинации «Агроинженерия», (Москва 2012 г.).
16. Диплом XIII Всероссийской выставки «Научно-технического творчества молодежи» за проект Разработка машины для объемной контурной обрезки плодовых деревьев Мичуринский государственный аграрный университет Тамбовской области, (Москва 2013 г.).

## Продолжение прил. Л

17. Сертификат участника XIII Всероссийской выставки научно-технического творчества молодежи ФГБОУ ВПО «Мичуринский государственный аграрный университет», (Москва 2013 г.).
18. Благодарственное письмо от администрации Тамбовской области за высокие результаты в проектно-исследовательской деятельности в рамках с 10-летия присвоения городу Мичуринску статуса НАУКОГРАДА Российской Федерации, (Тамбов 2013 г.).
19. Диплом за 2 место в секции Технические науки 66-й научно-практической конференции студентов и аспирантов МичГАУ, (Мичуринск 2014 г.).
20. Диплом за II место в конкурсе проектов инновационного форума молодых ученых «АГРОПЕРСПЕКТИВА», (Мичуринск 2014 г.).
21. Диплом за участие в работе инновационного форума молодых ученых «АГРОПЕРСПЕКТИВА», (Мичуринск 2014 г.).
22. Диплом за активное участие в научно-исследовательской работе университета, (Мичуринск 2014 г.).
23. Сертификат участника выставки-презентации инновационных проектов молодых ученых и специалистов центрального федерального округа и диалога с экспертами «Идеи молодых на службе человека» а рамках III Среднерусского экономического форума, (Курск 2014 г.).
24. Диплом участника конкурса инновационных работ в области механизации на выставке «АГРОСАЛОН», (Москва 2014 г.).
25. Сертификат участника Всероссийского молодежного научно-инновационного форума «Проблемы модернизации аграрного сектора», (Мичуринск 2014 г.).
26. Сертификат участника 67-й научно-практической конференции студентов и аспирантов МичГАУ, (Мичуринск 2015 г.).
27. Диплом за активное участие и высокие достижения в научной и общественной деятельности в связи с 15-летием инженерного института Мичуринского ГАУ, (Мичуринск 2015 г.).
28. Диплом лауреата в номинации «Лучший молодой ученый» (Мичуринск-наукоград 2015 г.).

## Продолжение приложения

29. Диплом за активную подготовку и демонстрацию на Дне садовода-2017 перспективных образцов техники для механизации работ в садоводстве, (Мичуринск-наукоград 2017 г.).
30. Диплом и бронзовая медаль за разработку «Машина для объемной контурной обрезки деревьев» XX международного салона изобретений и инновационных технологий «Архимед 2017» (Москва 2017 г.).
31. Диплом и кубок в номинации «Лучшее изобретение в интересах агропромышленного комплекса» за разработку «Машина для объемной контурной обрезки деревьев» XX международного салона изобретений и инновационных технологий «Архимед 2017» (Москва 2017 г.).
32. Диплом и золотая медаль Российской агропромышленной выставке «Золотая осень 2017г.» «За разработку машины для объемной контурной обрезки деревьев», (Москва, ВДНХ, 2017г.)
33. Почетный знак «Отличник качества» Удостоверение № 27600 награжден Советом организаторов программы «100 ЛУШИХ ТОВАРОВ РОССИИ» (Москва 2018г.)

