

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени В.М. КОКОВА»**

На правах рукописи



ПОЛИЩУК Евгений Александрович

**КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫЕ ПАРАМЕТРЫ КОСИЛКИ ДЛЯ
ОБРАБОТКИ ПРИСТВОЛЬНЫХ ПОЛОС ПЛОДОВЫХ
НАСАЖДЕНИЙ НА ТЕРРАСИРОВАННЫХ СКЛОНАХ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства
механизации сельского хозяйства

Диссертация
на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
доктор технических наук, доцент
Апажев Аслан Каральбиевич

Нальчик, 2022

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. СОСТОЯНИЕ УХОДА ЗА ПРИСТВОЛЬНЫМИ ПОЛОСАМИ ПЛОДОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ТЕРРАСИРОВАННЫХ СКЛОНАХ	10
1.1 Анализ современного состояния и перспективы развития садоводства на террасированных склонах в условиях Кабардино-Балкарской республики.....	10
1.2 Анализ технических устройств, применяемых для скашивания растительности в приствольных полосах плодовых насаждений.....	17
1.3 Обзор научных исследований по изучению процессов ухода за приствольными полосами плодовых насаждений.....	31
1.4 Выводы по главе, цель и задачи исследования.....	42
2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОСИЛКИ ДЛЯ ОБАБОТКИ ПРИСТВОЛЬНЫХ ПОЛОС НА ТЕРРАСИРОВАННЫХ СКЛОНАХ.....	44
2.1 Обоснование конструктивно-технологической схемы косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах.....	44
2.2 Исследование обхода штамба дерева поворотной секцией в статике	50
2.3 Исследование обхода штамба дерева поворотной секцией в динамике.....	63
2.4 Обоснование конструктивных параметров косилки.....	78
2.5 Исследование кинематики режущего аппарата косилки при скашивании растительности вокруг штамба дерева.....	83
2.6 Выводы по главе.....	91
3. РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ.....	92
3.1 Методика экспериментального исследования и измерительные средства.....	92

3. 2 Описание экспериментальной установки.....	95
3. 3 Методика обработки результатов экспериментальных исследований.....	98
3. 4 Оптимизация основных конструктивно-режимных параметров работы косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений.....	102
3. 5 Результаты производственных испытаний косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах.....	107
3.6 Выводы по главе.....	110
4. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	111
4.1 Экономическая эффективность результатов исследований.....	111
4.2 Выводы по главе.....	116
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	117
Рекомендации производству.....	118
Перспективы дальнейшей разработки.....	118
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	119
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	139

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Садоводство - одна из самых динамично развивающихся отраслей сельскохозяйственного производства. В последние годы в Российской Федерации отмечается ежегодный рост площадей под сады, валовой сбор и высокая урожайность. В Северо - Кавказском регионе, ввиду ограниченности площадей, пригодных к использованию для нужд сельскохозяйственного производства, перспективным направлением является освоение склоновых земель, характеризующихся благоприятными почвенно-климатическими условиями для возделывания плодовых культур.

В садах на террасированных склонах рекомендуется дерново-перегнойная система содержания почвы, предусматривающая периодическое скашивание, произрастающей в междурядьях и приствольных полосах плодовых насаждений сорной растительности, с одновременным ее измельчением и распределением на поверхности почвы в качестве мульчи.

Для скашивания травяной растительности в садах применяются косилки, имеющие различные конструктивно-технологические отличия. Однако, существующие конструкции косилок не позволяют полностью удалять растительность в приствольной полосе плодовых насаждений при однократном проходе агрегата вдоль линии ряда, что отрицательно сказывается на эффективности их применения на террасированных склонах, где подход к линии ряда возможен только с одной стороны.

В связи с вышеизложенным, разработка новой конструкции косилки, удовлетворяющей требованиям работоспособности на террасированных склонах, является актуальной.

Научные исследования проводились в период с 2017 по 2021 гг. по тематике НИР ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ «Разработка инновационных технологий и технических средств по уходу за плодовыми насаждениями в горном и предгорном садоводстве» в рамках «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяй-

ственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 гг.» (Постановление Правительства РФ от 14.07.2012 г. №717), научно-исследовательских работ по заказу МСХ РФ по теме: Разработка технологии и технических средств по уходу за плодовыми насаждениями в интенсивном садоводстве на склоновых землях юга России с целью повышения плодородия и получения экологической чистой продукции (номер государственной регистрации АААА-А19-119071290029-9).

Научная гипотеза: обеспечение качественного скашивания травяной растительности в приствольных кругах и полосах плодовых насаждений в условиях террасированных склонов может быть достигнуто за счет обхода поворотной секции с ротационными режущими органами вокруг штамба дерева, без его повреждения, при однократном проходе косилки.

Степень разработанности темы исследований. Большой вклад в разработку системы машин для механизации садоводства внесли В.В. Бычков, П.А. Догода, А.И. Завражнов, С.И. Камбулов, К.А. Манаенков, А.С. Пронь, Ю.А. Утков, А.А. Цымбал, Ю.А. Шекихачев, Л.А. Шомахов и многие другие.

Данная работа дополняет эти исследования путем обоснования конструктивно-режимных параметров косилки, обеспечивающей полное удаление травяной растительности в приствольных полосах плодовых насаждений на террасированных склонах.

Цель исследования - обоснование конструктивно-режимных параметров работы косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах, обеспечивающих полное удаление травяной растительности без вывода рабочего органа из линии ряда и повреждения штамбов деревьев.

Задачи исследований:

1. Обосновать конструктивно-технологическую схему косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах.

2. Исследовать процесс обхода поворотной секции с ротационными режущими органами вокруг штамба дерева.

3. Установить рациональные конструктивно-режимные параметры косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах.

4. Оптимизировать основные конструктивно-режимные параметры косилки по критерию степени удаления растительности.

5. Провести полевые испытания предлагаемой конструкции косилки.

6. Определить экономическую эффективность применения предлагаемой косилки на террасированных склонах.

Объект исследования – процесс обхода поворотной секцией с ротационным режущим аппаратом вокруг штамба дерева, опытный образец косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах.

Предмет исследования – закономерности процессов взаимодействия поворотной секции со штамбом дерева и скашивания растительности в зоне приствольного круга.

Методы исследования. Теоретические исследования проводились с использованием известных законов математического анализа и теоретической механики. При проведении экспериментальных исследований применялись методы планирования многофакторного эксперимента. Обработка полученных данных осуществлена с использованием методов математической статистики и пакетов программ MathCad и Microsoft Excel.

Научную новизну работы составляют:

- аналитические зависимости, позволяющие определить условия, обеспечивающие обработку всей площади приствольного круга при обходе

штамба дерева поворотной секцией, конструктивно-режимные параметры косилки (размеры и угловую скорость вращения режущих сегментов, угловую скорость вращения поворотной секции вокруг штамба дерева, диаметр отбойных колес; начальный угол установки и величину смещения поворотной секции, жесткость упругих элементов, скорость движения);

- математические модели в виде уравнений регрессии, позволяющие установить оптимальные конструктивно-режимные параметры работы предлагаемой косилки.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическую значимость работы представляют: аналитические зависимости, описывающие процессы перемещения и взаимодействия поворотной секции при контакте со штамбом дерева, а также работы ротационного режущего аппарата в зоне приствольного круга, позволяющие обосновать основные конструктивно-режимные параметры предлагаемой косилки.

Практическую значимость работы представляют:

- конструктивно-технологическая схема косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах, позволяющая выполнять полное удаление травяной растительности в приствольных полосах плодовых насаждений на террасированных склонах;

- конструктивно-режимные параметры предлагаемой конструкции косилки. Конструкция косилки подтверждена патентами РФ на полезные модели № 164780, №170119, №197070.

Реализация результатов исследований. Опытный образец косилки прошел производственные испытания в садах на террасированных склонах ООО «Племенной совхоз «Кенже» (г. о. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика). Результаты исследований приняты к использованию в ФГБНУ «Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного садоводства», ООО «Племенной совхоз Кенже», ООО «ГРИН-ПИКЪ КЕЖЕ», Автономной некоммерческой организации «Садоводство, огородничество и сельское хозяйство

«Агроном» (г. о. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика). Результаты исследований используются в учебном процессе ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ.

На защиту выносятся следующие основные положения:

- конструктивно-технологическая схема косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах;
- аналитические зависимости, описывающие процесс обхода штамба дерева поворотной секцией с ротационными режущими органами, позволяющие обосновать основные конструктивно-режимные параметры предлагаемой косилки;
- результаты экспериментальных исследований по определению оптимальных конструктивно-режимных параметров косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах.

Апробация работы. Основные положения научно-квалификационной работы докладывались на: Международной научно-практической конференции «Современные проблемы, перспективы и инновационные тенденции развития аграрной науки», посвященная 85-летию со дня рождения члена-корреспондента РАСХН, д.в.н., профессора М.М. Джамбулатова (Махачкала, 25–26 ноября 2010 г.); Международной научно-практической конференции «Научное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса регионов РФ» (Лесниково, 06 февраля 2018 г.; VIII Всероссийской научно-практической конференции «Инженерное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса России», посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ю.М. Хаширова (Нальчик, 25–26 апреля 2019 г.); VII Международной научно-практической конференции «Экономические, био-техничко-технологические аспекты устойчивого сельского развития в условиях цифровой трансформации» памяти Б.Х. Жерукова (Нальчик, 25 декабря 2019 г.).

Разработанная косилка отмечена дипломом и бронзовой медалью Российской агропромышленной выставки «Золотая осень» (г. Москва, 2019 г.), дипломом I степени Международной агропромышленной выставки «Агро-универсал» (г. Ставрополь, 2021 г.).

Публикации. По теме исследований опубликовано 24 печатных работ, в том числе 2 в изданиях, входящих в МБД «Scopus», 5 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ, 1 монография, 2 патента РФ на изобретение и 8 патентов РФ на полезную модель. Общий объем публикаций составляет 36,2 п. л., из них 19,6 п. л. принадлежит автору.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и 23 приложений, содержит 138 страниц машинописного текста, в том числе 41 рисунок и 7 таблиц. Список литературы включает 163 наименования литературных источников, в т.ч. 14 источников на иностранных языках.

1 СОСТОЯНИЕ УХОДА ЗА ПРИСТВОЛЬНЫМИ ПОЛОСАМИ ПЛОДОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ НА ТЕРРАСИРОВАННЫХ СКЛОНАХ

1.1 Анализ современного состояния и перспективы развития садоводства на террасированных склонах в условиях Кабардино-Балкарской республики

Садоводство издавна является наиболее приоритетной отраслью агропромышленного комплекса Кабардино-Балкарской Республики (КБР), располагающей благоприятными почвенно-климатическими условиями, трудовыми ресурсами, а также необходимым опытом для производства конкурентоспособной продукции.

В настоящее время, садоводство КБР представлено плодово-ягодной продукцией, но специализируется в основном на семечковых культурах, где преобладают яблони. По данным Минсельхоза РФ Кабардино-Балкария стоит на первом месте среди регионов с самым высоким уровнем самообеспеченности плодово-ягодной продукцией (220%) [83].

По информации Северо-Кавказстата в 2020 году аграрии Кабардино-Балкарии собрали 517,3 тыс. тонн плодово-ягодной продукции, что составляет 148% к урожаю 2019 года и значительно превышает запланированные «дорожной картой» показатели [23]. Достичь таких рекордных показателей удалось благодаря, в том числе, высоким темпам закладки современных интенсивных садов и внедрению инновационных технологий производства плодово-ягодных культур [101].

Согласно «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013-2020 гг.», к 2020 году в КБР площади многолетних насаждений планировалось довести до 20 тыс. гектаров, в том числе интенсивных садов до 10 тыс. гектаров [78]. В конечном итоге это должно было дать воз-

возможность довести средний годовой объем производства продукции садоводства до 400 тыс. тонн и послужить стимулом для создания более 10 тыс. новых рабочих мест в сельской местности.

Введение продовольственного эмбарго в 2014 году привело к появлению новых перспектив для наращивания производства и завоевания доли рынка, которая прежде была занята импортной продукцией.

Весной 2020 года в Кабардино-Балкарии заложено 1,25 тыс. га многолетних насаждений при плане - 1,15 тыс. га [78]. Это семечковые культуры, где в основном преобладают яблони, косточковые, а также ягодные кустарниковые насаждения. При этом на закладку и уход за многолетними насаждениями в 2020 году в КБР направлено около 640 млн. рублей господдержки, что составляет порядка 103% к уровню 2019 года.

Прогнозируя перспективы дальнейшего развития садоводства в республике следует отметить, что по состоянию на 2019 год, самообеспеченность яблоками в России составляет всего лишь 25 процентов, при дефиците внутреннего производства 1 млн. тонн [78]. С 2020 г. фрукты и ягоды внесены в «Доктрину продовольственной безопасности Российской Федерации», в соответствии с которой доля фруктов и ягод отечественного происхождения на российском рынке должна быть не менее 60% [82]. Данные факты свидетельствуют о том, что при условии дальнейшего сохранения мощной поддержки со стороны государства, а также запрета на ввоз садоводческой продукции из соседних стран, садоводство будет продолжать оставаться перспективной и инвестиционно привлекательной отраслью сельского хозяйства [83].

Рассматривая особенности географического расположения республики следует отметить, что 71% территории Кабардино-Балкарии, расположенной в северных предгорьях центральной части Кавказа и на прилегающей равнине, занято горными массивами и холмистой местностью [140].

Сохранение высоких темпов закладки современных интенсивных садов на землях пригодных для вспашки приведет к процессу вывода из экономического оборота пахотных земель, предназначенных для возделывания стратегической группы зерновых культур [110]. Поэтому, ввиду малоземелья республики, в особенности пашни, актуальным является использование под современные сады земель сельскохозяйственного назначения в горной и предгорной зонах КБР, которые считаются неудобными для возделывания зерновых и зернобобовых культур.

В Кабардино-Балкарии, как и во многих республиках Северного Кавказа, значительные площади земельных угодий, размещённых на склонах, нередко пустуют либо используются как временные пастбища и сенокосы с низкой (до 15-20 ц/га сена) продуктивностью. Площадь таких земель, потенциально пригодных для возделывания плодовых культур, в регионе составляет около 450 тыс. га, а их освоение соответствует требованиям рационального землепользования.

По развитию террасного садоводства на землях предгорной зоны с учётом рельефа, почвенных условий, крутизны склонов республика занимает одно из лидирующих мест в Российской Федерации [25].

При поддержке садоводов республики, специализирующихся на горном и предгорном садоводстве, предусматривающей серьёзные преференции из федерального и регионального бюджетов, за последние десять лет в КБР проделана большая работа по освоению склонов под плодовые насаждения. В хозяйствах заложены крупные промышленные массивы садов на горных склонах. Планируется дальнейшая закладка новых садов на склонах на площади более 4-х тысяч гектаров [104].

На основании краткого проведенного анализа можно сделать заключение, что отрасль садоводства на данный момент – одна из самых динамично развивающихся отраслей сельскохозяйственного производства, в том числе в КБР. Отмечается ежегодный рост площадей под сады, валовой сбор и

высокая урожайность. Следовательно, внимание к отрасли будет постоянно возрастать. В связи с этим, перспективными являются дальнейшие разработки, связанных с технологией возделывания и эксплуатации садов, в том числе на склонах.

Метод террасирования, включающий в себя искусственное создание на склонах площадок в виде широких ступеней, ограниченных валиками, для выращивания плодовых культур, винограда и других культур имеет многовековую историю.

Его изучению посвящены исследования таких ученых как А.П. Драгавцев, П.Г. Лучков, Н.С. Львин, М.М. Мирзоев, Е.Г. Раузин и др. [33, 61, 62, 77, 111].

В работах Ж.Х. Баккуева, Х.Ж. Балкарова, П.Г. Лучкова, Л.А. Шомахова и др. описаны типы террас, а также схемы размещения на них плодовых деревьев [11, 12, 13, 14, 16, 61, 62, 127, 138]

Одной из особенностей возделывания в садах на террасированных склонах является размещение плодовых насаждений, в основном, на насыпной части полотна (рисунок 1.1). Данное обстоятельство существенно ограничивает возможности применения, в условиях горного предгорного садоводства, выпускаемых промышленностью машин, в том числе для обработки приствольных полос, поскольку подход к линии ряда имеется только с одной стороны. Применяемым же, в современном промышленном садоводстве, машинам для полной обработки приствольной полосы необходимо два смежных прохода, что в условиях террас обеспечить невозможно.

Следующей особенностью возделывания садов на террасированных склонах являются требования, предъявляемые к системе содержания почвы в междурядьях и приствольных полосах [4, 59, 80, 105, 107, 113].

Все способы устройства террас предполагают смещение значительной части верхнего плодородного слоя почвы в откос, что приводит к обнажению в выемочной части полотна подстилающих пород, бедных элементами мине-

рального питания. Поэтому, в процессе эксплуатации садов на террасированных склонах, должно уделяться особое внимание вопросу сохранения и приумножения плодородного верхнего слоя почвы.



Рисунок 1.1 – Размещение деревьев на насыпной части полотна

Исследованиям систем содержания почвы в садах на террасированных склонах в условиях Кабардино-Балкарии посвящены работы П.Г. Лучкова, В.В. Рубцова, Б.Д. Унажокова, Л.А. Шомахова и др. [60, 61, 64, 114, 145].

Многолетними исследованиями, проведенными учеными установлено, что в плодоносящих садах на склонах наиболее эффективной системой содержания почвы является дерново-перегнойная система [63, 114, 139, 145].

Происходящее, при применении дерново-перегнойной системы, постоянное отмирание корней и частиц трав, обогащает почву органическим материалом, что способствует увеличению общего гумуса. При этом заметно улучшаются агрофизические показатели почвы: увеличивается коэффициент структурности, качество водопрочных агрегатов, уменьшается плот-

ность почвы, ее объемный и удельный вес, возрастает ее общая скважность, а также улучшается аэрация почвы. Отросшая после первого скашивания травянистая растительность (отава) создает плотный покров, который предохраняет почву от испарения влаги, поддерживает оптимальную температуру и является надежной защитой корневой системы от воздействия низких температур в зимние месяцы. Кроме того, при этой системе содержания почвы в междурядьях садов создаются благоприятные условия по уходу за насаждениями в любое время года и в любую погоду. В этих условиях имеющаяся падалица плодов сохраняет товарный вид.

В плодоносящих садах на склонах рекомендуется почву задернять по всему саду, в том числе и приствольной полосе, при этом травянистая растительность должна периодически, в течение вегетационного периода, скашиваться и оставляться на месте в качестве мульчи.



а)



б)

Рисунок 1.2 – Общий вид террасы: а) приствольная полоса, обработанная скашиванием вручную; б) необработанная приствольная полоса

Однако, вследствие отсутствия специализированной техники для обработки приствольных полос, травяную растительность приходится скашивать вручную с применением ручных бензиновых триммеров (рисунок 1.2, а). Зачастую, данную работу сложно провести своевременно и в сжатые агротехнические сроки, вследствие низкой производительности и больших материальных затрат при использовании ручного труда (рисунок 1.2, б).

Практически бесполезна прополка различных видов злостных сорняков. В условиях дождливой погоды и сильно увлажненной почвы, которая довольно часто наблюдается в предгорной зоне в конце весны, начале лета, вегетирующие части таких видов, как звездчатка средняя, яснотка пурпуровая, крапива после прополки хорошо приживаются [3].

Дерново-перегнойная система в садах на склонах обеспечивает сохранение почвы от водной эрозии [51, 65, 106, 115, 137, 139, 144].

Таким образом, отличительными особенностями ведения садоводства на склонах является большая, в сравнении с равнинным садоводством, сложность освоения склонов, связанная с повышенными требованиями к системе содержания почвы на террасах, а также отсутствием специализированной техники для их реализации.

Основные агротехнологические приемы и техника [6, 7], применяемые в садах на склонах должны быть направлены на решение следующих задач:

- улучшение состояния почвы путем сохранения и развития гумусового слоя, а также защиты террасированных склонов от водной эрозии;
- снижение трудовых, энергетических и материальных затрат на единицу продукции садоводства путем разработки машин, обеспечивающих выполнение основных технологических операций при возможности подхода к ряду многолетних насаждений только с одной стороны.

1.2 Анализ технических устройств, применяемых для скашивания растительности в приствольных полосах плодовых насаждений

При сплошном задернении сада, приствольная полоса является наиболее труднообрабатываемой частью, поскольку при расположении рабочего органа в приствольной полосе и его периодическом контакте со штамбами плодовых деревьев необходимо обеспечить качественное выполнение технологического процесса, обеспечив обход рабочим органом штамба дерева, исключив при этом вероятность взаимного повреждения орудия и объекта обработки. При этом раскидистая крона деревьев не позволяет тракторному агрегату перемещаться близко к ряду, что негативно сказывается на возможности контроля механизатором качества выполнения технологического процесса.

Для удаления сорной растительности, произрастающей в приствольных полосах плодовых насаждений, возможно применение различных методов (рисунок 1.3) [2, 3, 24, 81, 120, 121, 126, 130].

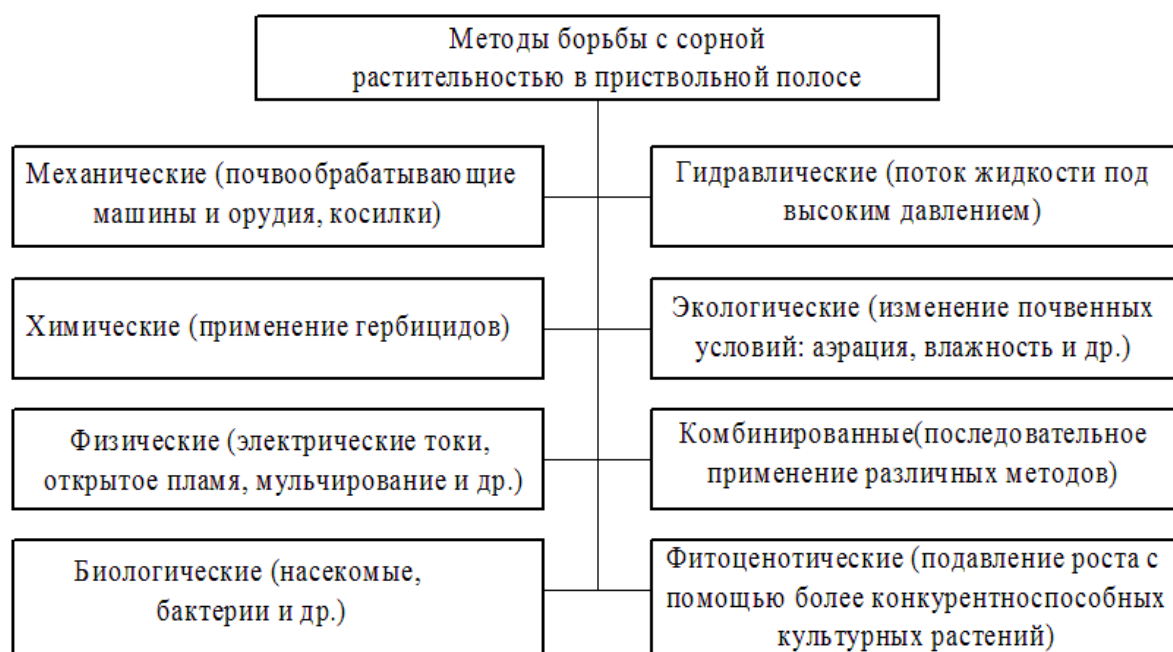


Рисунок 1.3 – Классификация методов борьбы с сорной растительностью в приствольных полосах плодовых насаждений

В силу различных причин, в условиях горного и предгорного садоводства широкое применение получил химический метод борьбы с сорной растительностью в приствольных полосах [3].

Химический метод основан на внесении гербицидов в приствольные полосы плодовых насаждений. В качестве средств внесения используются различные конструкции гербицидных штанг, широко применяемых в интенсивных и суперинтенсивных садах на равнинных землях.

Использование, широко применяемого на равнинах, механического метода борьбы с сорной растительностью с использованием почвообрабатывающих орудий [15, 17, 24, 47, 48, 49, 57, 58, 60, 73, 99, 100, 118, 121] в садах на террасированных склонах нежелательно. Это связано с тем, что приствольные полосы плодовых насаждений содержатся под сплошным задернением, обеспечивающим снижение смыва почвы и развитие эрозионных процессов на склонах.

В связи с этим, наиболее целесообразно применение механического метода борьбы с сорной растительностью, предусматривающего ее периодическое скашивание.

Рассмотрим конструктивные особенности выпускаемых промышленностью садовых косилок, позволяющие вести обработку приствольных полос.

Особенностью конструкции данных косилок является наличие дополнительной выдвигной секции, с размещенным на ней режущим рабочим органом. При работе агрегата дополнительная секция размещается в приствольной полосе, а при подходе к штамбу дерева отклоняется принудительно от него, либо перекачивается по его поверхности. Во всех случаях для дополнительной секции применяется, в основном, радиальная схема отвода, осуществляемая поворотом рабочего органа вокруг вертикальной оси назад и в сторону по дуге окружности. В качестве датчика импульса на отвод, ис-

пользуется штампб дерева, взаимодействующий с сигнальным элементом щупом [5].

Косилка садовая ИКС-3 (рисунок 1.4) предназначена для срезания и измельчения трав и сорной растительности в междурядьях и приствольных полосах [5].

Основными узлами косилки являются: рама, опирающаяся на три пневматических самоустанавливающихся колеса; режущий аппарат, состоящий из четырех секций; выдвижная секция, предназначенная для среза растений в межствольной полосе; привод рабочих органов от ВОМ трактора; гидравлическое отклоняющее устройство; выдвижная секция и ограждения. Косилка агрегируется с тракторами тягового класса 1,4. Производительность косилки составляет от 1,5 до 1,8 га/ч, поступательная скорость агрегата - до 5 км/ч, рабочая ширина захвата составляет 3 м, частота вращения роторов - 1350 об./мин., высота среза от 5 до 15 см, масса 674 кг [56].

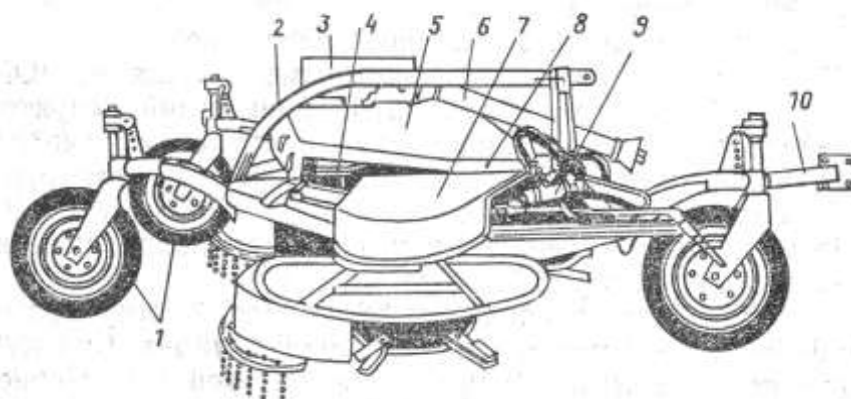


Рисунок 1.4 - Конструктивная схема измельчителя – косилки садовой ИКС-3:

- 1 – колеса; 2 – рама; 3 – редуктор; 4, 5 – приводы рабочих органов;
6 – передача карданная; 7 – выдвижная секция; 8 – механизм управления выдвижной секцией; 9 – тяга; 10 – ножи

Для скашивания с измельчением сорной растительности в садах с шириной междурядья 2,5-8 м и шагом посадки не менее 1 м, применяются косилки серии КРС различных модификаций.

Обработку приствольной полосы (рисунок 1.5, а) обеспечивает дополнительная выдвижная секция, снабженная ротором с режущими сегментами и обрезиненным защитным кожухом, позволяющим ей обкатываться вокруг штамба дерева, не повреждая его [72, 128].

Косилки серии КРС агрегируются с тракторами тягового класса 1,4. Ширина захвата с дополнительными выдвижными секциями составляет от 140 до 280 см.

Аналогичную конструкцию имеет косилка-мульчер ELITE (Италия) (рисунок 1.5, б) [79].



а)



б)



в)



г)

Рисунок 1.5 – Общий вид косилок: а) КРС-2,5А; б) фирмы ELITE (Италия);
в) КДС-1,2; г) фирмы BERTI (Италия)

Косилка садовая КДС-1,2 (рисунок 1.5, в) используется для скашивания и измельчения трав и сидератов в междурядьях и приствольных полосах в садах и виноградниках [72, 128]. Отличительной конструктивной особенностью данной косилки является наличие двух выдвижных секций, позволяющих одновременно вести обработку двух приствольных полос при однократном проходе агрегата.

Косилка-мульчер ряда BERTI (Италия) (рисунок 1. 5, г) также оснащена двумя дополнительными боковыми выносными секциями, предназначенными для обработки приствольных полос [128].

Общим недостатком применения рассмотренных выше косилок с дополнительной секцией является возможность лишь частичного удаления растительности, произрастающей в приствольной полосе, при однократном проходе агрегата вдоль линии ряда. Для полной обработки приствольной полосы требуется два смежных прохода вдоль линии ряда.

Одной из наиболее сложных задач в системе обработки приствольных полос, является обработка зоны приствольного круга [68], поскольку при выполнении технологического процесса должна быть решена задача безопасного, для штамба обрабатываемого дерева, контакта с рабочим органом. Рассмотрим отдельные конструкторские разработки, направленные на решение проблемы обработки зоны приствольного круга [91-98].

Разработанная ФГБНУ «Северо - Кавказский НИИ горного и предгорного садоводства» косилка для окашивания штамбов плодовых деревьев [87] представлена на рисунке 1.6.



Рисунок 1.6 – Косилка-измельчитель КОИ-6 конструкции Северо-Кавказского научно-исследовательского института горного и предгорного садоводства.

Косилка включает в себя выносной рукав, на котором установлена крестообразная рама. Крестообразная рама представляет собой три соединенные штанги. На свободных концах штанг установлены роторы с режущими элементами. Выносной рукав соединяется с транспортным средством при помощи параллелограммного механизма, предназначенного для обеспечения оперативного регулирования высоты среза растительности.

В конструкции косилки предусмотрено защитное ограждение, предназначенное для исключения взаимного повреждения режущего аппарата косилки и штамба окашиваемого дерева во время работы. Крестообразная рама имеет возможность свободного проворачивания вокруг вертикальной оси, проходящей через точку пересечения осей составляющих штанг.

Принцип работы косилки следующий (рисунок 1.7). При движении транспортного средства между рядами деревьев штамп плодового дерева входит в пространство между двумя соседними роторами. При дальнейшем движении крестообразная рама начинает проворачиваться вокруг вертикальной оси из-за давления штампа дерева P на защитное ограждение режущего

аппарата косилки. Режущие аппараты окашивает растительность с пространства вокруг штамба плодового дерева.

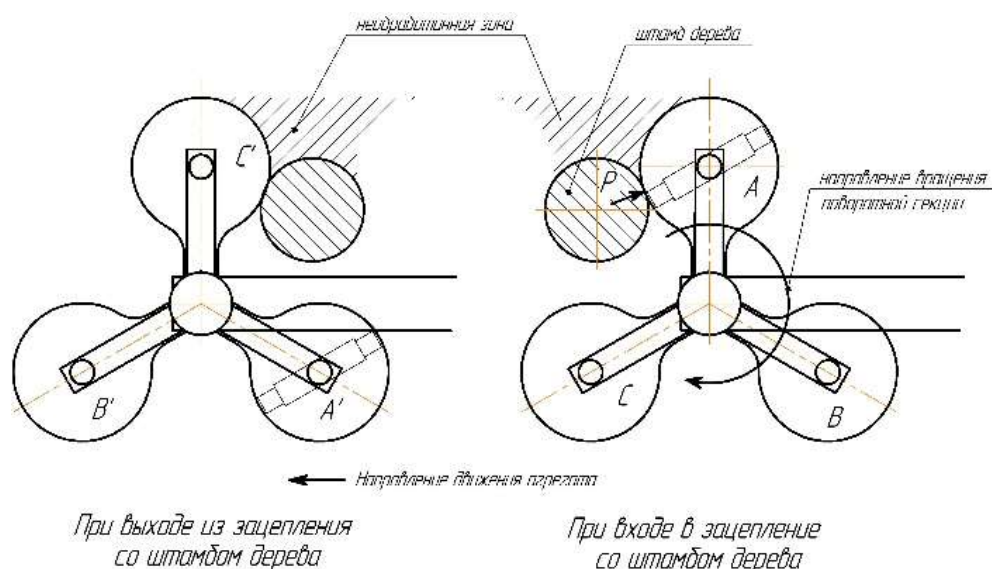


Рисунок 1.7 – Принципиальная схема работы косилки.

Проворачивание несущей рамы вокруг оси, осуществляемое под действием силы реакции штамба дерева, будет продолжаться до тех пор, пока штамп дерева не выйдет из зацепления с крестообразной рамой косилки.

При встрече со следующим штамбом описанный процесс снова повторяется, причем до этой встречи режущий аппарат окашивает растительность с пространства между плодовыми деревьями.

Косилка агрегируется с тракторами МТЗ – 80/82. Ширина захвата 0,85, боковой вынос центра крестообразной рамы относительно оси трактора 2 м. Диаметр дисков (по концам ножей) 850 мм. Частота вращения рабочих органов 1200 об/мин, рабочая скорость 4,4 – 7,1 км/ч, производительность до 1,8 га/ч, масса 50 кг [133].

Основными недостатками данной конструкции являются повышенная энергоемкость, поскольку из трех роторов двум приходится работать по уже обработанной площади, а также наличие необработанной зоны вокруг штамба дерева при проходе агрегата вдоль линии ряда.



Рисунок 1.8 – Общий вид косилки КОН -6 с усовершенствованным механизмом навески

Также в процессе эксплуатации косилки были выявлены недостатки параллелограмного механизма навески, заключающиеся в невозможности копирования им рельефа поверхности почвы, что приводило к сгуживанию почвы режущими аппаратами с последующим выходом из строя косилки. Поэтому дальнейшее развитие данной конструкции было направлено, в том числе, на совершенствование механизма навески (рисунок 1.8) [89, 90].

Косилка Zaunkönig (рисунок 1.9, а), выпускаемая немецкой фирмой Kneilmann, используется для скашивания травяной растительности вокруг столбов, ограждений, придорожных бордюров, так называемого криволинейного бруса [53].



а)



б)

Рисунок 1.9 – Общий вид косилки Zaunkönig для криволинейного бруса, а); скашивание сорной растительности вокруг бруса, б).

Агрегатируется практически со всеми классами тракторов (устанавливается как спереди, так и сзади). Также агрегатируется на фронтальные погрузчики и другие машины.

Имеет два положения: транспортное и рабочее. В рабочем положении стрела косилки выдвигается гидравликой на всю длину в труднодоступные места. В транспортном положении стрела компактно складывается гидравликой для транспортировки. Наклон стрелы регулируется. Косилка может работать с наклоном до 45 градусов вверх, окашивая склоны и до 30 градусов вниз, окашивая откосы, траншеи и т. п. Конструкция рабочего органа на конце стрелы состоит из трёх головок триммеров, расположенных по кругу. Они свободно вращаются и легко прокручиваются, натываясь на препятствия. Прокручиваясь, головка-триммер не перестаёт окашивать, а на её место становится следующая по кругу (рисунок 1.9, б). Благодаря этому окашивание не прекращается и трактор не нужно останавливать. В зависимости от диаметра растительности, которую нужно удалить, головки триммеры могут измельчать растительность ножами или нейлоновой леской.

Машина для скашивания травы вокруг штамба деревьев (рисунок 1.10, а) ZIG-ZAG 350 (ORSI, Италия) состоит из рамы 1 установленной на опорных колесах 2 и способной перемещаться гидравликой в поперечном, к направлению движения агрегата, направлении [74]. На раме шарнирно установлены рычаги 3 и 4 на консоли каждого, из которых установлена головка-триммер 5 со свободно вращающимися на оси отбойными колесами.



а)



б)

Рисунок 1.10 – Общий вид косилки ZIG-ZAG 350, (а); скашивание растительности вокруг штамба дерева, (б).

Работает косилка следующим образом (рисунок 1.10, б). При подходе к многолетнему растению агрегат останавливается, рама 1 выдвигается гидравликой в направлении штамба дерева. При этом каждая из головок-триммеров 5, перекатываясь по штамбу дерева, скашивает растительность с части приствольного круга, после чего рама возвращается в исходное положение.

Основным недостатком данной конструкции следует отнести низкую производительность поскольку, при движении вдоль линии ряда, для обработки приствольного круга необходима предварительная остановка агрегата у каждого дерева.

При обработке приствольных полос наиболее важным и трудно решаемым является вопрос обхода штамба дерева, по принципу обеспечения, которого применяемые технические средства можно разделить на две основные группы [9, 10, 42, 67, 86]:

- без вывода рабочего органа из приствольной полосы;
- с принудительным вводом-выводом рабочего органа при подходе к штамбу дерева.

В устройствах без вывода рабочего органа из приствольной полосы, обход штамба дерева осуществляется путем отклонения рабочего органа за счет реакции растения на рабочий орган либо на специальный защитный элемент.

К достоинству данной схемы следует отнести повышенную надежность, выполненных по данной схеме машин, вследствие отсутствия дополнительного механизма для ввода-вывода рабочих органов из ряда.

Недостатком является возможность травмирования штамба дерева при контакте с выдвижной секцией в случае возникновения больших усилий со стороны рабочего органа.

Проворачивание рабочего органа вокруг штамба дерева может осуществляться различными способами.

Например, в конструкции косилки для окашивания штамбов деревьев [87] проворачивание крестообразной рамы вокруг оси осуществляется под действием силы реакции штамба дерева при поступательном перемещении агрегата вдоль линии ряда.

В конструкции машины для обработки приствольных полос в саду, содержащей фрезерную секцию, соединенную с центральным валом редуктора и выполненную с возможностью поворота вокруг этого вала, а также механизм управления указанным поворотом, после контакта сигнального щупа со штамбом дерева обход штамба дерева осуществляется за счет поворота от реакции ножей с почвой [88].

В устройствах с принудительным вводом-выводом рабочего органа, обход штамба дерева осуществляется перемещением, при подходе к последнему, рабочего органа из приствольной полосы.

Механизм принудительного ввода-вывода состоит из гидроследящего устройства, включающего щуп, золотниковый плунжерный гидрораспределитель и механизма перемещения рабочего органа с гидроцилиндром, кинематическая связь между которыми осуществляется посредством тяг и рычагов. Источником энергии будет являться двигатель трактора.

Принудительный ввод-вывод рабочих органов может осуществляться, при контакте сигнального щупа со штамбом дерева, посредством следующих кинематических схем.

Схема линейного отвода, при котором ввод-вывод рабочего органа осуществляется в направлении, прямо перпендикулярном движению агрегата. При такой схеме подвижная часть рамы с рабочим органом перемещается с помощью силового цилиндра перпендикулярно оси ряда по неподвижной части рамы сельхозмашины.

Для ввода и вывода рабочего органа используются следующие механизмы: на штанге с раздвижным параллелограммом (рисунок 1.11, а), на телескопической штанге (рисунок 1.11, б).

Параллелограммная схема отвода (рисунок 1.11, в) представляет шарнирный параллелограмм, у которого передняя балка является неподвижной частью рамы сельхозмашины, а остальные три стороны параллелограмма, шарнирно соединенные с передней балкой, перемещаются в горизонтальной плоскости под действием силового цилиндра. Рабочий орган устанавливается на задней балке параллелограммной рамы. Рабочий орган, при отводе и вводе в ряд, описывает траекторию по дуге окружности.

Недостатками данной схемы является наличие больших инерциальных нагрузок, воздействующих на неподвижные элементы рамы сельхозма-

шины и на навеску трактора, а также значительные затраты энергии при быстрых перемещениях значительных масс.

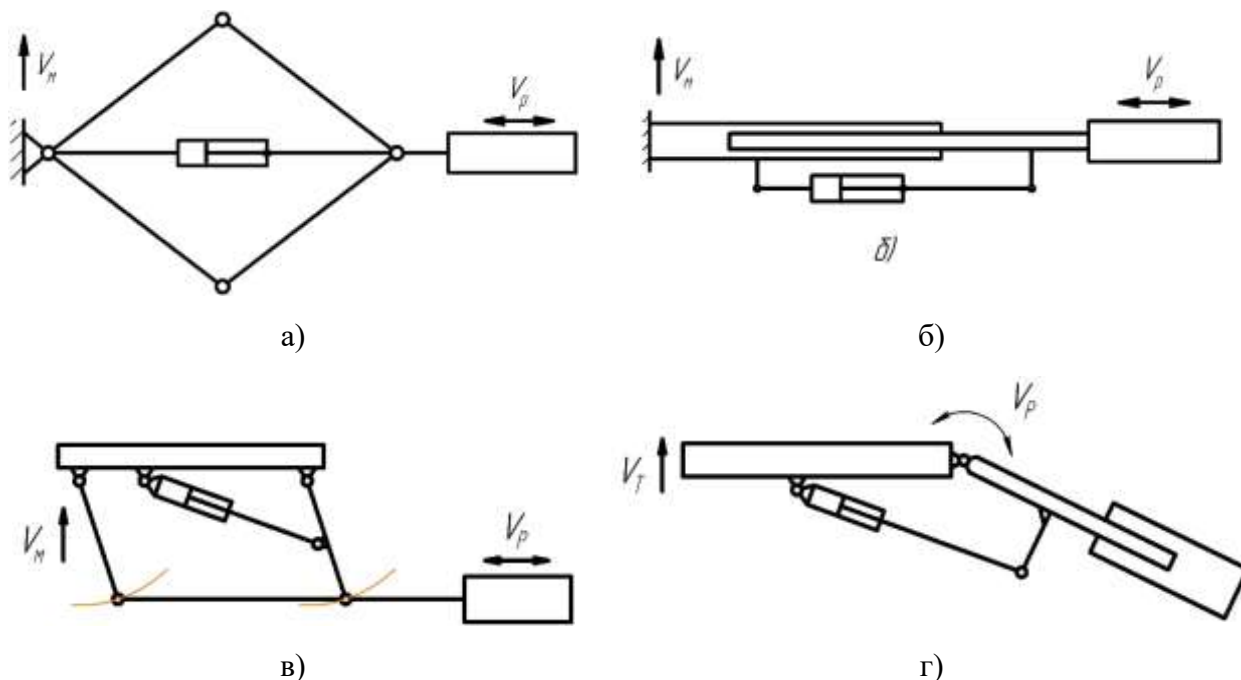


Рисунок 1.11 – Кинематическая схема ввода-вывода рабочего органа из приствольной полосы: а) линейная на штанге с раздвижным параллелограммом; б) линейная на телескопической штанге; в) параллелограмная; г) радиальная.

Радиальная схема отвода (рисунок 1.11, г) осуществляется за счет поворота рабочего органа вокруг вертикальной оси, при этом траекторией движения рабочего органа является дуга окружности. При такой схеме, направление движения рабочего органа относительно направления движения агрегата происходит назад и в сторону. Это соответствует направлению вектора силы, создаваемого силами сопротивления, что способствует ускоренному отводу рабочего органа от штамба. Ускоренный отвод рабочего органа позволяет увеличить рабочую скорость агрегата и соответственно производительность.

К недостаткам схемы с принудительным выводом рабочего органа из зоны приствольного круга следует отнести следующие:

- вследствие отвода выдвижной секции из приствольного круга вокруг штамба дерева остается необработанной его часть (защитная зона);
- наличие сложных кинематических связей между щупом и гидрораспределителем усложняет конструкцию агрегата;
- низкая эксплуатационная надежность агрегата, поскольку ввод и вывод выдвижной секции осуществляется в короткий промежуток времени, что приводит к возникновению инерционных сил вследствие мгновенного изменения скоростей;
- частое включение и выключение гидравлического привода способствует перегреву жидкости гидросистемы приводящее к нарушению работы и снижению производительности агрегата.

Достоинством является отсутствие контакта рабочего органа со штамбом дерева, что исключает возможность его травмирования.

Таким образом, проведенный анализ показал, что для обработки приствольных полос широкое применение получили косилки с дополнительной секцией.

Однако, данные косилки при однократном проходе вдоль линии ряда плодовых деревьев лишь частично удаляют травяную растительность, произрастающую в приствольной полосе. Для полной обработки приствольной полосы требуется два смежных прохода вдоль линии ряда. Учитывая это обстоятельство, конструкции данных косилок не могут быть использованы в террасном садоводстве, где подход к приствольной полосе имеется только с одной стороны.

Большой интерес представляет конструкция косилки ZIG-ZAG 350 фирмы ORSI (Италия), позволяющая скашивать травяную растительность вокруг штамба дерева. Основным недостатком данной косилки является периодичность ее работы: движение вдоль линии ряда деревьев – остановка воз-

ле каждого дерева – обработка приствольного круга, что приводит к снижению ее производительности.

Конструкции косилок КОН-6 и Zaunkönig позволяют скашивать травяную растительность вокруг дерева. Однако данным косилкам присущ ряд существенных недостатков, таких как высокая энергоемкость и наличие необработанных зон вокруг штамба дерева.

Учитывая выше изложенное, возникает необходимость разработки новой конструктивно-технологической схемы косилки, обеспечивающей полное скашивание травяной растительности в приствольных полосах плодовых насаждений на террасах за один проход агрегата вдоль линии ряда.

1.3 Обзор научных исследований по изучению процессов ухода за приствольными полосами плодовых насаждений

В теорию и практику исследований по изучению процессов ухода за приствольными полосами плодовых насаждений внесли: А.И. Завражнов, А.А. Цымбал, Л.А. Шомахов, Е.И. Трубилин, К.А. Манаенков, А.С. Пронь, Ю.А. Шекихачев, В.В. Хатунцев, В.В. Красовский и другие авторы [43, 44, 45, 46, 56, 69, 70, 71, 108, 109, 121, 129, 131, 134].

В настоящее время наиболее инновационной является, разработанная под научным руководством академика РАН профессора А.И. Завражнова, технология ухода за междурядьями и приствольными полосами плодовых насаждений, включающая в себя скашивание травяной растительности в междурядьях с дальнейшим ее перемещением в приствольную полосу, с целью создания мульчирующего слоя [71].

На основании проведенных исследований Манаенковым К.А., Хатунцевым В.В. и Ланцевым В.Ю. предложена роторная косилка [129], технологический процесс работы которой приведен на рисунке 1.12.

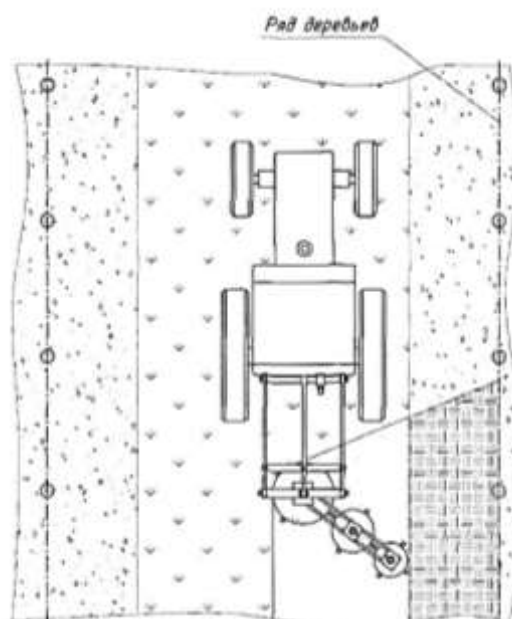


Рисунок 1.12 – Технологическая схема работы косилки

Принцип работы косилки основан на том, что при ее движении между рядами плодовых насаждений растительность, скошенная вращающимися в одну сторону ножами роторов, за счет удара лопастей отбрасывается в ряд насаждений. Другая же часть срезанной массы попадает в зону действия ножей, и процесс повторяется. Дальность отбрасывания срезанной растительности и формирование равномерного мульчирующего слоя в ряду плодовых насаждений достигается благодаря пропорционально уменьшающимся диаметрам роторов.

Автором рекомендуются следующие параметры косилки: ширина захвата 1,3 м; количество роторов 3; частота вращения $104,7 \text{ с}^{-1}$; угол поворота 30° ; диаметры роторов $d_1 = 0,4 \text{ м}$, $d_2 = 0,5 \text{ м}$, $d_3 = 0,6 \text{ м}$ [129].

Для перемещения скошенной травяной массы в приствольную полосу плодовых насаждений В.В. Красовским предложена конструкция роторной косилки-измельчителя (рисунок 1.13) [56]. Косилка состоит из рамы, присоединённой к навесному устройству 1, с установленным на ней кожухом 3 с двумя роторами 5, каждый из которых помещен в кожух 4.

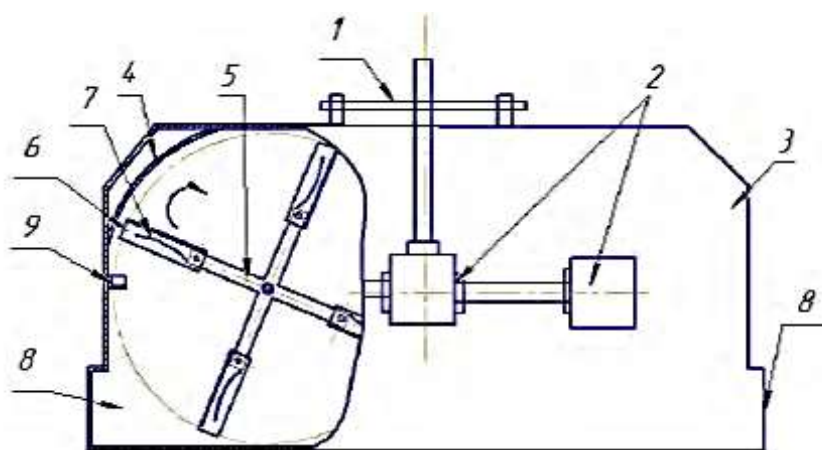


Рисунок 1.13 – Схема косилки для скашивания травостоя и мульчирования приствольных полос

Ножи 6, устанавливаемые шарнирно, имеют лопасти 7. Боковые противорезы 9 предназначены для измельчения и исключения забивания рабочих органов скошенной растительностью. Кожух имеет выходные отверстия 8. Рабочие органы приводятся в движение от ВОМ трактора посредством карданного вала и системы конических редукторов 2.

Работает косилка следующим образом. При перемещении трактора по междурядью косилка скашивает и измельчает растительность. Воздушный поток, формируемый установленными на ножах лопастями, поднимает примятый травостой, что обеспечивает улучшение качества выполнения технологического процесса. Скошенная масса благодаря центробежным силам приобретает ускорение и сходит с лопасти, после чего благодаря конструктивным особенностям кожуха обеспечивается выход потока в выходное отверстие и далее в приствольную полосу.

В своих исследованиях В.В. Красовский установил, что на характер воздушного потока и дальность вылета скошенной массы из кожуха косилки влияет форма лопастей, а кожух, выполненный в форме улитки, обеспечивает перемещение скошенной растительности в приствольную полосу.

Результаты исследований показали, что при рабочей скорости до 7 км/ч косилка обеспечивает срез растительности на высоте 0,08 м, ее перемещение

в приствольную полосу и равномерное распределение по поверхности почвы. При этом полнота скашивания составляет более 97% [56].

А.Л. Хажметовой разработана технология по уходу за междурядьями и приствольными полосами плодовых насаждений в террасном садоводстве и комбинированный агрегат для ее осуществления (рисунок 1.14) [128].

Суть предлагаемой технологии заключается в следующем: скошенная и измельченная травяная растительность транспортируется в сторону деревьев и покрывает разрыхленный участок приствольной полосы плодовых насаждений. Процесс смешивания мульчматериала с почвой начинается со второго цикла и осуществляется аналогично. Процесс гумификации перемешанного с почвой мелкоизмельченного мульчматериала происходит ускоренно, так как протекает в анаэробных условиях. Кроме этого, на разрыхленных участках приствольных полос плодовых насаждений происходит эффективное впитывание и аккумуляция выпадающих атмосферных осадков. Также покрытие почвы мульчматериалом обеспечивает угнетение процесса прорастания сорной растительности и предохранение поверхности разрыхленной почвы от излишнего испарения влаги.

В ходе проведенных исследований определены оптимальные параметры и режим работы агрегата: скорость передвижения (1,92 км/ч), угловая скорость вращения фрезы ($40,4 \text{ с}^{-1}$), угол установки ножа фрезы (63°), угловая скорость вращения ротора (202 с^{-1}) и высота планки на роторе (43 мм), обеспечивающие качество крошения почвы 92,3% при равномерности распределения мульчи травяной растительности на поверхности разрыхленного участка приствольной полосы 97,6%.



а)



б)

Рисунок 1.14 – Общий вид опытного образца агрегата для ухода за междурядьями и приствольными полосами плодовых насаждений (а) и фрезерного рабочего органа (б)

Под научным руководством профессора Шомахова Л.А. разработана система машин по уходу за междурядьями и приствольными полосами плодовых насаждений для условий горного и предгорного садоводства [142, 143, 146, 147].

Ю.А. Шекихачевым проведено исследование косилки при скашивании растительности вокруг штамба дерева [133, 136].

При этом, с учетом необходимости обеспечения бесподпорного среза растительности, были определены рациональные значения ее основных параметров: окружная скорость роторов 50...80 м/с; скорость движения агрегата 0,1...0,2 м/с; диаметр роторов 0,4...0,6 м [133].

С.В. Сальников исследовав работу выносной поворотной секции косилки, при взаимодействии со штамбом дерева, обосновал ее основные параметры [116].

Получена зависимость, позволяющая определить путь, проходимый ротором по штамбу дерева, и показывающая влияние на величину данного перемещения скорости, размеров ротора и коэффициентов трения:

$$S = \frac{R}{2g} \ln \frac{V_0^2 + \sqrt{g^2 R^2 + V_0^4}}{V^2 + \sqrt{g^2 R^2 + V^4}}, \quad (1.1)$$

где R – радиус кожуха выносного ротора, м; f – коэффициент трения; V_0 – начальная скорость ротора, м/с; V – скорость ротора при движении по штамбу дерева, м/с; g – ускорение свободного падения, м/с².

Также С.В. Сальниковым получена зависимость, позволяющая определить параметры взаимодействия защитного кожуха ротора с корой обходимого дерева.

$$N = \frac{M \cdot V^2 \cos \alpha (1+k)}{L}, \quad (1.2)$$

где N – нормальная сила, Н; M – масса выносного ротора, кг; V – скорость движения ротора, м/с; α – угол между скоростью центра масс в начале удара и нормалью n , град; k – коэффициент восстановления; L – перемещение ротора за время от 0 до t_1 , м.

Зависимость (1.2) позволяет установить максимальное давление ротора на штамп дерева, что дает возможность выбрать безопасный для коры деревьев режим работы косилки.

На основе представленных выше уравнений получены силы трения кожуха по штамбу, перемещения ротора и максимального давления ротора на штамп при условии: коэффициент трения 0,3...0,5; скорость движения агрегата 2,5...7,0 км/ч; диаметр штамба дерева 10...18 см; вес секции 39 кг, ее радиус секции 0,7 м. Установлено, что при этих условиях сила трения кожуха по штамбу дерева находится в пределах 1,2...3,2 кН; перемещение ротора составляет 12...40 см; максимальное давление ротора на штамп изменяется от 0,4 до 0,9 МПа [116].

Особенностью сельскохозяйственных орудий и машин, в том числе и косилок, применяемых в садоводстве для обработки приствольных полос яв-

ляется их возможный контакт с многолетними растениями во время выполнения технологического процесса. Поэтому машины, контактирующие с многолетними насаждениями имеют общий недостаток, заключающийся в возможном нанесении повреждений коре дерева в местах их контакта с элементами конструкции. Вместе с тем, опыт применения сельскохозяйственных машин различного назначения, снабженных рабочим органом, контактирующим с объектом обработки, показал, что наиболее трудно решаемой задачей является проблема безопасного их контакта [116].

Вероятность и степень нанесения перечисленных повреждений напрямую зависят от величины давления, передаваемого на штамп дерева со стороны контактирующего с ним рабочего органа.

Для обработки приствольных полос в садах применяются технические средства с гидравлическим следящим устройством. В работах [86, 99, 119] проведены исследования по обоснованию параметров щупа. Одним из предъявляемых к ним требований является величина допускаемого, по агро-требованиям, усилия при взаимодействии щупа со штамбом дерева [86, 119].

В работе [86] получено выражение, позволяющее аналитически оценить влияние динамических и кинематических характеристик щупа на величину ударного импульса.

$$S_{уд} = \frac{m \cdot V_a \cdot (l_{щх}^2 - 3 \cdot l_{щх} \cdot l_5 + 3l_5^2)}{3 \cdot (l_4 - l_1)^2} \quad (1.3)$$

где m - масса щупа; V_a - скорость агрегата; l_5 - расстояние от оси поворота щупа до точки крепления возвратной пружины.

В результате расчета для прямолинейного щупа (при $m=0,5$ кг, $l_5=0,1$ м, $l_4=0,71$ м, $V_a=2$ м/с, $l_1=0,05$ м) ударный импульс составляет 0,65 кг·м/с.

Данные параметры щупа позволяют, в процессе работы устройства, избежать повреждения штамбов деревьев.

В работе [87] отмечено, что согласно экспериментальным данным, предельно допустимые нагрузки на штаб в зависимости от породы и возраста дерева составляют 0,71...3,08 кг·м/с.

Исследования, проведенные в работе [20] позволили установить, что допускаемое давление на кору плодовых деревьев, при машинной уборке плодов, зависит от их диаметра, а также от направления приложенных усилий (рисунок 1.15). Касательное направление приложенных усилий приводит к резкому уменьшению допускаемого давления.

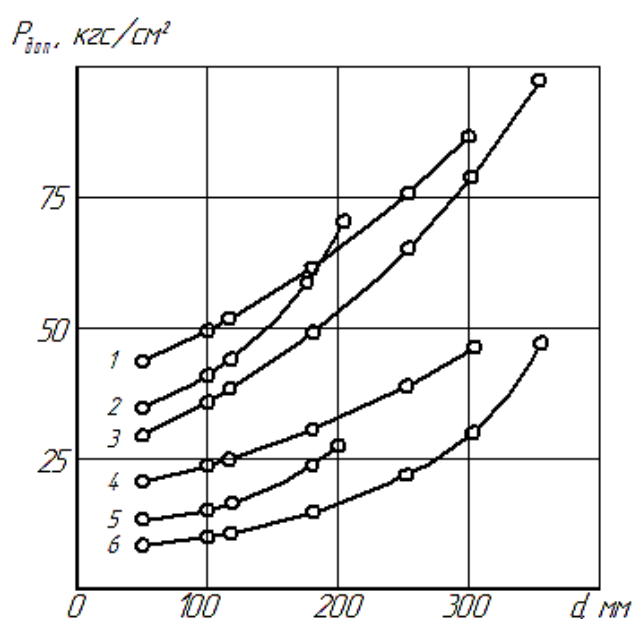


Рисунок 1.15 – Зависимость допускаемого давления $P_{доп}$ на кору плодовых деревьев от диаметра ветви (стволо): 1, 4 – вишня, черешня; 2, 5 – фундук, миндаль; 3, 6 – яблони, сливы, абрикосы, орехи; сплошная линия – радиальное направление приложенных усилий; прерывистая линия – касательное направление приложенных усилий

В работе [99] приведены данные по величине допустимого усилия на штаб дерева в зависимости от площади контактирующей поверхности (рисунок 1.16).

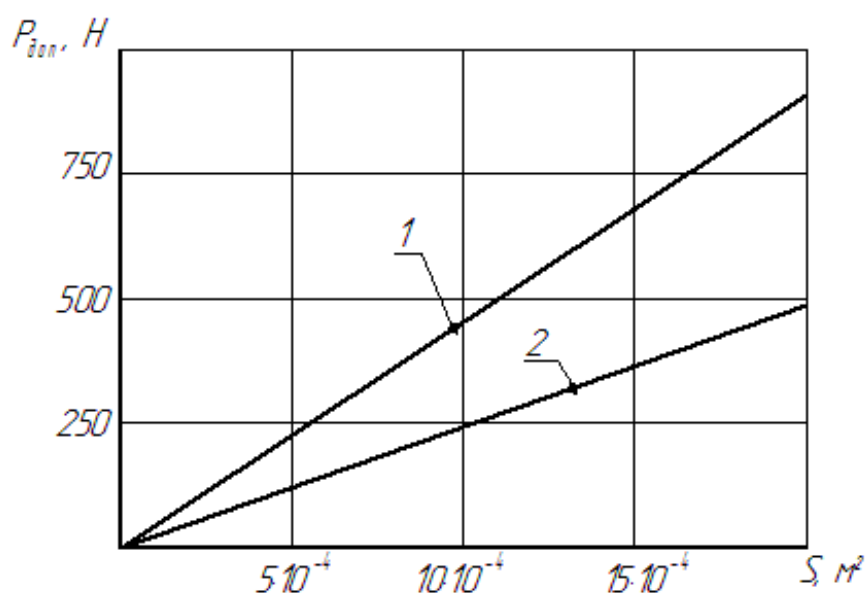


Рисунок 1.16 – Зависимость допустимого усилия на штамп дерева от площади контактирующей поверхности: 1 –полнозрелые деревья; 2 – саженцы

В работах [54, 132] штамп дерева рассматривается с учетом функционирования коры как биологического объекта. Установлены допустимые значения нормального давления захватов плодуборочных машин на кору штамбов плодовых деревьев. Результаты исследований свидетельствуют о следующем:

1. Сообщение коре штамба плодового дерева давления 1,14...1,63 МПа не приводит к появлению видимых повреждений. Незначительные повреждения поверхностного слоя коры, наблюдающиеся при 4-кратном нагружении, не влияют на дальнейший рост и плодоношение дерева.

2. Передача коре штамба дерева давления 2,12...3,10 МПа при 1-2-кратном нагружении сопровождались незначительными повреждениями; при 3-4-кратном отмечено появление трещин, отслоение поверхностного слоя коры, образование наростов, сопровождающееся потерей влажности коры, камбиального слоя и древесины.

3. Нагрузки 3,59...6,52 МПа неизбежно сопровождаются повреждениями коры, камбиального слоя и древесины, полной потерей влажности, от-

слоением коры, оголением и расслоением древесины в точках контакта индентора со штаблом.

В работе [18] проведен анализ способов и средств защиты коры деревьев от повреждений при съеме плодов стряхиванием.

Отмечено, что при передаче незначительных усилий самым простым способом снижения повреждений коры является покрытие рабочих органов, контактирующих с деревом, слоем резины или другим эластичным материалом. При длительном контакте необходимой является оптимизация режимов работы агрегата.

Исследованию процесса бесподпорного резания и разработки теории расчета конструктивно-технологических параметров ротационных режущих аппаратов посвятили свои исследования такие отечественные и зарубежные ученые как Е.С. Босой, В.А. Желиговский, М.И. Карпенко, Р.А. Корнилович, В.В. Красовский, Н.Е. Резник, В.И. Фомин, Чанселор У., Принц Р., Феллер Р., МакРендал Д. [19, 41, 50, 52, 55, 66, 84, 112, 124, 125, 152, 155, 156, 158].

Для осуществления бесподпорного среза стеблей растений одним из основных параметров рабочего органа является скорость резания, относительно значения которой мнения отечественных и зарубежных ученых сильно расходятся.

Таблица 1.1 – Рекомендуемые значения скорости резания

Автор исследований	Рекомендуемое значение скорости резания
В.И. Фомин	в пределах 45...60 м/с.
Н.Е Резник	в пределах 6...10 м/с,
П.А. Догода и В.В. Красовский	в пределах 30...60 м/с
O'Dogherty M.I.	для ножей с острозаточенной режущей кромкой - 60 м/с, для затупленных – 80 м/с
Mc. Randal	примерно 20 м/с

Другим фактором, влияющим на процесс резания и качество выполнения технологического процесса скашивания травяной растительности, является поступательная скорость агрегата.

В.Б. Попов минимальную поступательную скорость агрегата рекомендуют определять по формуле [103]:

$$V_{min} \leq \frac{n}{60} \cdot h_{min}, \quad (1.4)$$

где n – число оборотов ножей ротора, мин^{-1} ; h_{min} – минимальная подача за один оборот ножа, при которой стебель не будет соскальзывать с передней кромки ножа;

$$h_{min} \geq 2\pi \cdot r \cdot \text{tg}(\alpha - \varphi), \quad (1.5)$$

где r – вылет передней кромки ножа, м; α – угол наклона лезвия сегмента, град.; φ – угол трения стебля о лезвие сегмента, град.

В.И. Особов рекомендует принимать поступательную рабочую скорость косилок с ротационным режущим аппаратом в пределах 10...15 м/с [85].

Таким образом, проведенный обзор научных исследований по изучению процесса ухода за приствольными полосами плодовых насаждений показал, что в настоящее время разработаны новые технологии и серия машин для их осуществления, которые эффективно используются в садоводстве на равнинных землях для скашивания травяной растительности как в междурядьях, так и в приствольных полосах плодовых насаждений. Специфические особенности возделывания плодовых насаждений на террасах (подход к приствольной полосе деревьев имеется только со стороны полотна террасы) ограничивают применение серийно выпускаемых косилок в террасном садоводстве.

В связи с этим возникает необходимость разработки новой конструкции косилки, позволяющей полностью удалять травяную растительность в приствольных полосах плодовых деревьев на террасах без вывода рабочего органа из линии ряда и повреждения коры штамбов деревьев.

1.4 Выводы по главе, цель и задачи исследования

Освоение земель на склонах, с целью возделывания плодовых культур, является значительным резервом для увеличения производства плодов, отвечает требованиям рационального использования земельных и природных ресурсов, интенсификации и повышения эффективности сельского хозяйства.

В плодоносящих садах на склонах рекомендуется почву задернять по всему саду, при этом травянистая растительность должна скашиваться и оставаться на месте в качестве мульчи.

Дерново-перегнойная система в садах на склонах обеспечивает сохранение ее от водной эрозии. Ежегодное многократное скашивание травянистой растительности и использование ее в качестве мульчи в приствольных полосах и междурядьях способствуют накоплению в почве органического вещества и повышению ее водно-физических свойств и плодородия.

Для скашивания травянистой растительности в садах используются косилки, имеющие различные конструктивно-технологические отличия. Однако существующие конструкции косилок не позволяют полностью скашивать растительность в зоне приствольной полосы плодовых насаждений за один проход агрегата вдоль линии ряда, что отрицательно сказывается на эффективности их применения в условиях террасного садоводства, где подход к линии ряда возможен только со стороны полотна террасы.

Таким образом, разработка новой конструкции косилки, позволяющая качественно скашивать травянистую растительность в приствольной полосе плодовых насаждений на террасах без вывода рабочего органа из линии ряда и повреждения коры штамбов деревьев является актуальной в условиях горного и предгорного садоводства Центральной части Северного Кавказа.

В связи изложенным выдвинута **научная гипотеза**: соблюдение агротехнических требований к степени удаления травянистой растительности в приствольных полосах плодовых насаждений на террасированных склонах, мо-

жет быть достигнуто за счет обеспечения полного удаления растительности в зоне приствольного круга при обходе поворотной секцией с ротационными режущими органами вокруг штамба дерева.

Цель исследования - обоснование конструктивно-режимных параметров работы косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений, обеспечивающих полное удаление травяной растительности без вывода рабочего органа из линии ряда и повреждения коры штамбов деревьев.

Задачи исследований:

1. Обосновать конструктивно-технологическую схему косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах.

2. Исследовать процесс обхода поворотной секции с ротационными режущими органами вокруг штамба дерева.

3. Установить рациональные конструктивно-режимные параметры косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах.

4. Оптимизировать основные конструктивно-режимные параметры косилки по критерию степени удаления растительности.

5. Провести полевые испытания предлагаемой конструкции косилки.

6. Определить экономическую эффективность применения предлагаемой конструкции косилки на террасированных склонах.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОСИЛКИ ДЛЯ ОБАБОТКИ ПРИСТВОЛЬНЫХ ПОЛОС НА ТЕРРАСИРОВАННЫХ СКЛОНАХ

2.1 Обоснование конструктивно-технологической схемы косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах.

Наиболее труднообрабатываемым участком приствольной полосы является зона приствольного круга, что является следствием необходимости обеспечения обхода штамба дерева. На основании проведенного анализа различных способов обхода штамба дерева, нами предлагается способ, суть которого состоит в том, что конструктивные параметры косилки, после начала ее контакта со штамбом дерева, обеспечивают перекатывание по его поверхности, находящихся в зацеплении со штамбом дерева, предохранительных колес 1 и 2 (рисунок 2.1), что в свою очередь, позволяет выполнить поворот секции с ротационными рабочими органами вокруг штамба дерева на угол, достаточный для полной обработки приствольного круга.

На рисунке 2.1 показано положение элементов поворотной секции на начальном и конечном этапах скашивания растительности вокруг штамба дерева, в соответствии с разработанным способом обхода.

Приведенный на рисунке 2. 2 показатель качества работы косилки - степень удаления [117], при обработке зоны приствольного круга, будет складываться из следующих двух частных показателей:

- степени обработки площади приствольного круга;
- степени скашивания растительности в пределах обработанной вокруг штамба дерева площади.

Первый показатель, степень обработки площади вокруг штамба дерева, зависит от конструктивно-режимных параметров поворотной секции,

контактирующей с ним на протяжении всего времени скашивания растительности в зоне приствольного круга.

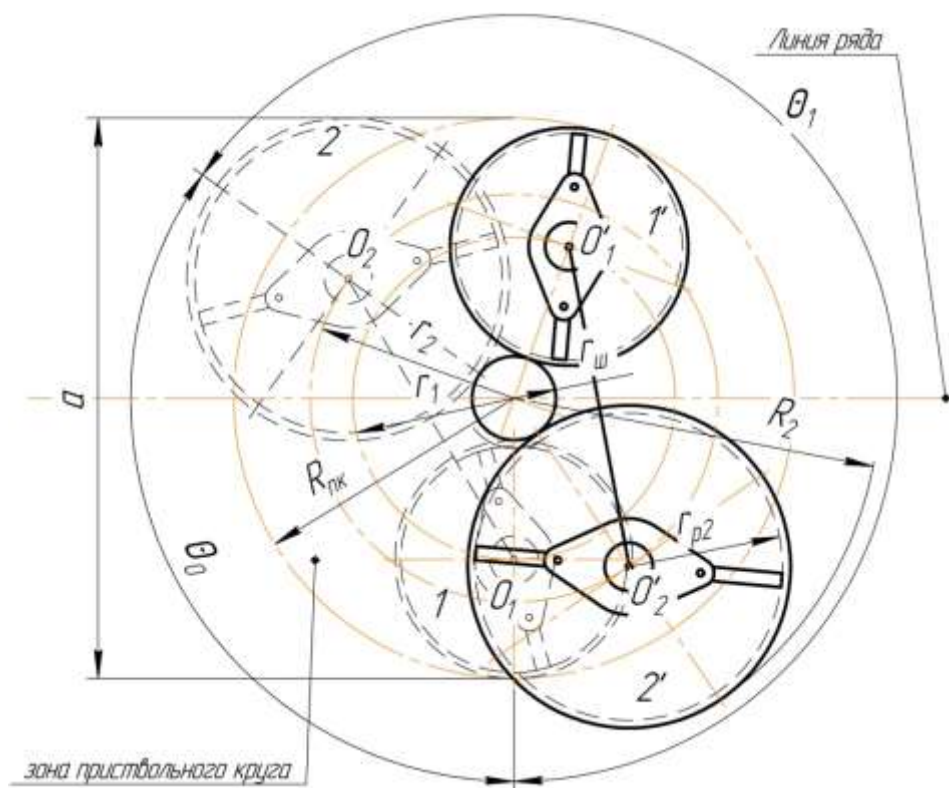


Рисунок 2. 1 – Положение поворотной секции на начальном и конечном этапах обработки зоны приствольного круга.

Данный показатель представляет собой отношение площади, обработанной вокруг штамба дерева при выполнении технологического процесса, к величине площади приствольного круга, подлежащей обработке.

$$K_1 = \frac{S_0}{S_K} \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

где S_0 – площадь приствольного круга, обработанная роторами с режущими сегментами, m^2 ; S_K – площадь приствольного круга, подлежащая обработке, m^2 .



Рисунок 2.2 – Взаимосвязь конструктивно-режимных параметров косилки и степени удаления растительности в зоне приствольного круга.

При этом полное удаление растительности с приствольного круга будет обеспечиваться при выполнении условия:

$$S_0 \geq S_K. \quad (2.2)$$

Величина площади приствольного круга, подлежащая обработке:

$$S_K = \pi(R_{ПК}^2 - r_{Ш}^2), \quad (2.3)$$

где $R_{ПК}$, $r_{Ш}$ - радиусы приствольного круга и штамба дерева соответственно, м.

Величина площади приствольного круга, обрабатываемая роторами вокруг штамба дерева:

$$S_0 = S_1 + S_2, \quad (2.4)$$

где S_1 – величина площади приствольного круга, обработанная до начала обхода штамба дерева поворотной секцией, м²; S_2 – площадь прист-

вольного круга, обрабатываемая при обходе штамба дерева поворотной секцией, м².

Из рисунка 2.2 видно, что при подходе к штамбу дерева роторы 1 и 2 с режущими сегментами срезают растительность с части приствольного круга, которая может быть рассчитана по формуле:

$$S_1 = \frac{\pi(R_{\text{ПК}}^2 - r_{\text{Ш}}^2)}{360} \cdot \theta_0, \quad (2.5)$$

где $R_{\text{ПК}}$ - радиус приствольного круга, м; $r_{\text{Ш}}$ - радиус штамба дерева, м; θ_0 - угол между линиями, проходящими через центры роторов 1, 2 и штамба дерева, град.

Величина площади приствольного круга, обработанная после контакта со штамбом дерева, может быть рассчитана по формуле:

$$S_2 = \frac{\pi(R_2^2 - r_{\text{Ш}}^2)}{360} \cdot \theta_1 + \pi r_{p_2}^2 \quad (2.6)$$

где R_2 - радиус по наружной точке режущей кромки ротора 2, м; θ_1 - угол захвата ротором 2 зоны приствольного круга при выполнении технологического процесса, град.; r_{p_2} - радиус ротора 2 с режущими сегментами, м.

Подставляя (2.5) и (2.6) в (2.4) получим:

$$S_0 = \frac{\pi(R_{\text{ПК}}^2 - r_{\text{Ш}}^2)}{360} \cdot \theta_0 + \frac{\pi(R_2^2 - r_{\text{Ш}}^2)}{360} \cdot \theta_1 + \pi r_{p_2}^2. \quad (2.7)$$

Как видно из (2.7) величина площади, обрабатываемой роторами с режущими сегментами вокруг штамба дерева, будет зависеть от геометрических параметров косилки (диаметр роторов с режущими сегментами) и величины угла захвата роторами зоны приствольного круга.

Также следует отметить, что полное удаление растительности вокруг штамба дерева будет обеспечиваться только при отсутствии огрехов, вследствие возможного отрыва предохранительных колес от штамба дерева.

Для обеспечения стабильности протекания технологического процесса скашивания растительности вокруг штамба дерева, параметры поворотной секции, контактирующей со штамбом дерева, должны обеспечивать выполнение следующих требований:

- движение центров каждого из роторов 1 и 2 с режущими сегментами вокруг штамба дерева должно осуществляться по направляющим окружностям соответствующих постоянных радиусов $r_1 = const$ и $r_2 = const$ т.е;

- предохранительные колеса должны перекатываться по поверхности штамба дерева (с целью исключения, либо минимизации повреждений коры штамба дерева).

Второй показатель, полнота скашивания растительности в пределах обработанной вокруг штамба дерева площади, зависит от конструктивно-режимных параметров ротационного режущего аппарата.

Данный показатель будет определяться отношением количества скошенных стеблей, в пределах обработанной площади, к общему количеству произрастающих стеблей, и будет зависеть от режимов работы ротационного режущего аппарата.

$$K_2 = \frac{K_c}{K_{II}} \cdot 100\%, \quad (2.8)$$

где K_c - количество скошенных стеблей, шт; K_{II} – количество стеблей, произрастающих в зоне приствольного круга, шт.

Известно, что нормальная работа ротационного режущего аппарата, зависит от скорости поступательного движения агрегата, частоты вращения роторов, длины и числа, установленных на них ножей [122]. При несоответствии указанных параметров оптимальным может наблюдаться многократное перерезание стеблей, приводящее к их чрезмерному измельчению, либо может произойти обратный эффект: повысится отгиб стеблей, появятся огрехи и недорез растений.

Отличительной особенностью, влияющей на кинематический показатель работы режущего аппарата, при скашивании растительности вокруг штамба дерева, является то, что движение точек режущего аппарата, каждого из роторов, будет состоять из переносного вращения вместе с поворотной секцией вокруг штамба дерева и относительного движения - вращения вокруг собственной оси.

Также следует учесть, что при выполнении технологического скашивания растительности вокруг штамба дерева полезную работу совершает, перемещающийся первым по направляющей окружности, больший по размеру ротор 2 с режущими сегментами. Меньший по размеру ротор 1 совершает холостую работу, перемещаясь по уже обработанной поверхности.

С целью реализации, указанного выше принципа обхода штамба дерева, разработана конструктивно-технологическая схема косилки (рисунок 2.3) содержащая шарнирно соединенный с основной рамой 1 поворотный рычаг 2, на консоли которого шарнирно установлена поворотная секция.

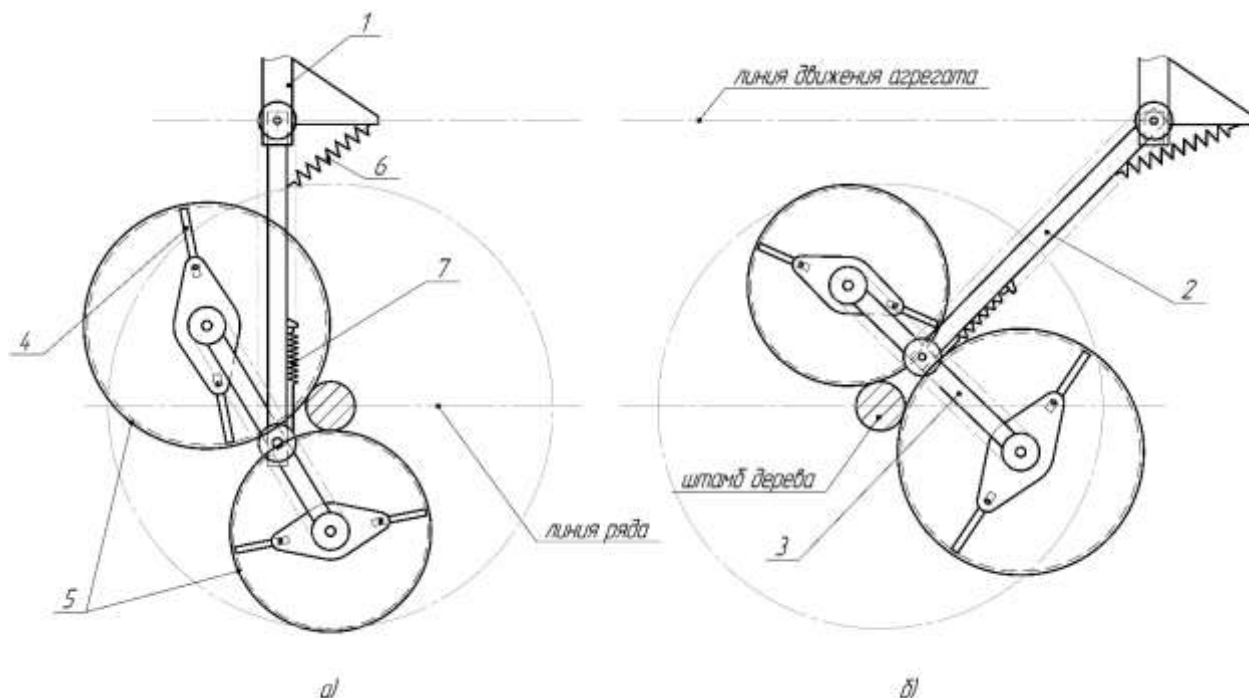


Рисунок 2.3 - Конструктивно-технологическая схема косилки для скашивания растительности в приствольных полосах плодовых насаждений в условиях горного и предгорного садоводства: а) при входе в зацепление со штамбом дерева, б) при выходе из зацепления со штамбом дерева.

Поворотная секция представляет собой поворотную балку 3 с размещенными на ее концах роторными рабочими органами с режущими сегментами 4 и, выполненными свободно вращающимися, прорезиненными предохранительными колесами 5, предназначенными также для защиты штаббов от повреждений режущими сегментами. Поворотный рычаг 3 и поворотная секция удерживаются в заданном положении пружинами 6 и 7 соответственно. Привод рабочих органов, посредством шкивов и клиноременной передачи, может осуществляться как от гидродвигателя, установленного на основной раме, так и ВОМ трактора.

Работает косилка следующим образом. При подходе агрегата к дереву отбойные колеса 3 и 4 соприкасаются с его штаббом, после чего, при поступательном перемещении вдоль линии ряда, первоначально под действием кинематических связей, а затем под действием вращающего момента, создаваемого упругим элементом 6, рычаг 1 отклоняется относительно оси А, при этом отбойные колеса 5, безотрывный контакт которых со штаббом дерева обеспечивается силами давления упругих элементов 6 и 7, перекатываются по штамбу дерева, принуждая проворачиваться вокруг штамба дерева поворотную секцию с размещенными на ней роторными рабочими органами 4, чем обеспечивается полное скашивание растительности вокруг штамба дерева при однократном проходе агрегата.

2.2 Исследование обхода штамба дерева поворотной секцией в статике

Теоретическое исследование обхода штамба дерева поворотной секции в статике позволит выявить конструктивно-режимные параметры, влияющие на стабильность протекания технологического процесса при скашивании растительности вокруг штамба дерева.

Рассмотрим силы и моменты сил, приложенные к системе «штамб дерева - поворотная секция» при обходе штамба дерева (рисунок 2.4): приложенные в точках контакта предохранительных колес со штабмом дерева нормальные силы N_1 , N_2 и силы сцепления $F_{сц1}$, $F_{сц2}$, моменты сопротивления вращению предохранительных колес M_{c1} и M_{c2} , а также моменты M_1 и M_2 , создаваемые силами F_1 и F_2 упругих элементов 1 и 2 входящих в конструкцию косилки.

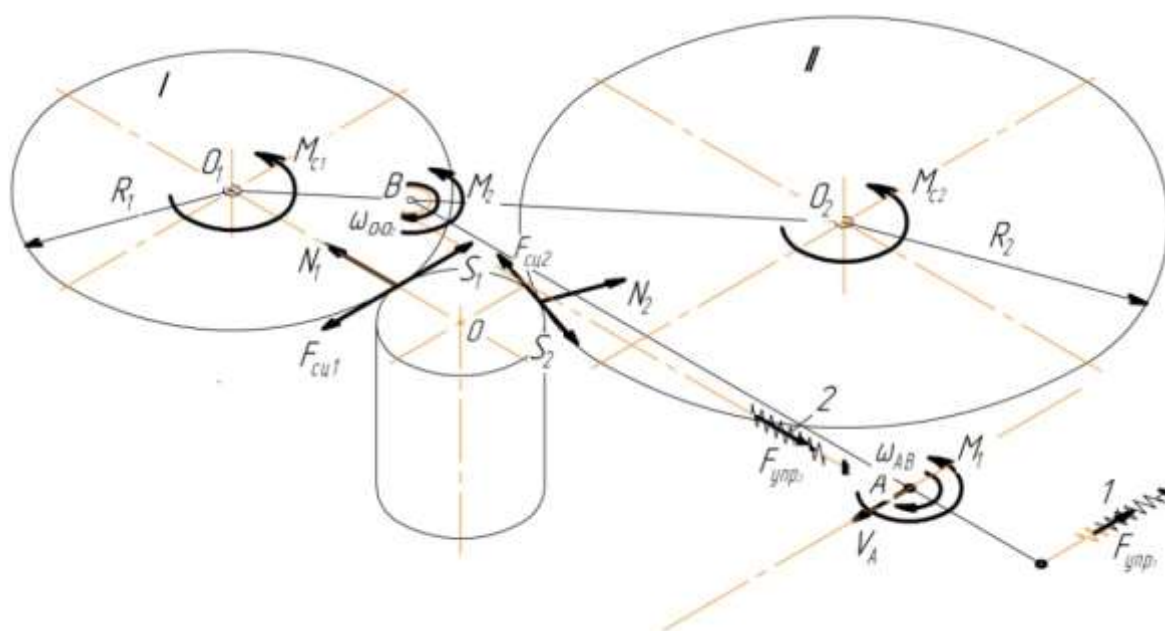


Рисунок 2.4 – Силы, действующие на систему «поворотная секция-штамб дерева»

Соблюдение условия безотрывности предохранительных колес от штамба дерева будет представлено обеспечением требования $N_i \neq 0$. При этом значение нормальной реакции штамба дерева, в течении всего времени выполнения технологического процесса скашивания растительности в зоне приствольного круга, должно быть не менее минимального значения, обеспечивающего условие качения колеса по штамбу дерева, но не превышать допустимых значений, приводящих к повреждению коры штабмов деревьев. Исходя из данного условия, значение нормальной реакции, приложенной в точках контакта, должно лежать в пределах:

$$N_{min} \leq N_i \leq N_{max}, \quad (2.9)$$

где N_{min} – минимальное значение нормальной реакции штамба дерева, необходимое для обеспечения перекатывания отбойных колес по штамбу дерева, Н; N_{max} – максимальное значение нормальной реакции штамба дерева, не приводящее к повреждениям коры штамба дерева, Н.

Перекатывание предохранительных колес по штамбу дерева станет возможным, если между ними возникает сила сцепления $F_{сц_i}$, достаточная для преодоления окружной силы S_i , равной по величине моменту сопротивления вращению на каждом из предохранительных колес M_{c_i} , деленному на радиус R_i колеса.

Как известно, модуль сил сцепления, обеспечивающих качение каждого из колес без скольжения, подчинен следующему ограничению:

$$|F_{сц_i}| \leq N_i f_{сц} \quad (2.10)$$

где $f_{сц}$ – коэффициент сцепления.

Следовательно, каждое из предохранительных колес 1 и 2 необходимо прижимать к штамбу дерева с некоторой силой N_i . Если $F_{сц_i} > S_i$, то проскальзывания не происходит.

Действие моментов сопротивления вращению M_{c_1} и M_{c_2} обусловлено наличием сил трения скольжения в подшипниках скольжения, посредством которых предохранительные колеса установлены на валах.

Величина момента M_1 , создаваемого упругим элементом 1 будет определяться из выражения (рисунок 2.5):

$$M_1 = F_{упр_1} \cdot l_2 \sin \gamma_1, \quad (2.11)$$

где $F_{упр_1}$ – сила упругости пружины 1, Н/м; l_2 – длина звена AE , отрезка, ограниченного шарниром крепления поворотного рычага на раме и точкой приложения силы $F_{упр_1}$, м; γ_1 – угол между осями поворотного рычага и пружины, град.

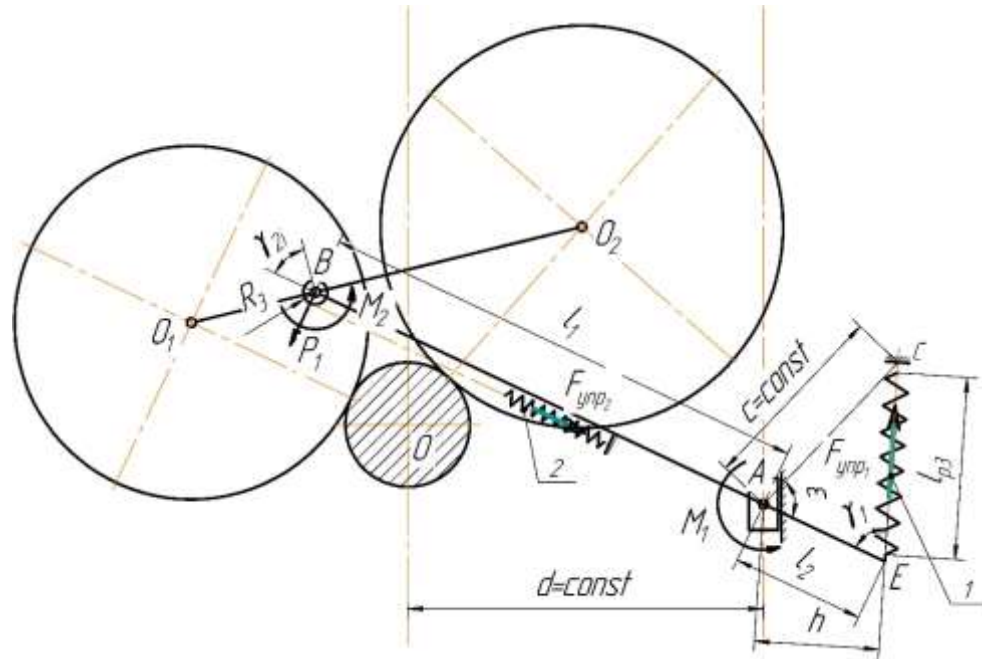


Рисунок 2.5 – Схема к определению сил и моментов сил, действующих со стороны упругих элементов косилки

Следует отметить, что в соответствии с принципом работы косилки направление момента M_1 зависит от положения механизма (изменяется при достижении поворотным рычагом угла ψ_1 с линией направления движения агрегата).

Величина силы упругости пружины $F_{упр1}$ определяется по формуле:

$$F_{упр1} = c_1 \cdot \Delta l_3, \quad (2.12)$$

где c_1 – жесткость пружины 1, Н/м; Δl_3 – удельное растяжение пружины, м.

$$\Delta l_3 = l_{p3} - l_{03}, \quad (2.13)$$

где l_{p3} , l_{03} – длины пружины 1 в деформированном и свободном состояниях соответственно, м.

Из схемы (рисунок 2. 5) следует:

$$l_{p3} = \sqrt{c^2 + l_2^2 - 2cl_2 \cos \varepsilon}, \quad (2.14)$$

где c – длина отрезка AC , ограниченного шарниром крепления поворотного рычага на раме и точкой крепления пружины к раме, м; φ – угол между осями рычага AE и линии AC , характеризующий текущее положение поворотного рычага относительно рамы косилки, рад.

Действие вращающего момента M_1 может быть также выражено, приложенной на консоли поворотной секции, силой P_1 , которая будет определяться из уравнения равновесия моментов сил относительно точки A .

$$P_1 = \frac{F_{\text{упр1}} \cdot l_2 \sin \gamma_1}{l_1}, \quad (2.15)$$

где l_1 – длина звена AB , отрезка, ограниченного шарниром крепления поворотного рычага на раме и точкой приложения силы P_1 , м.

Механизм возврата поворотной секции включает в себя упругий элемент, один конец которого жестко связан с поворотным рычагом, а второй с тросом, наматываемым на барабан, установленный на оси вращения поворотной секции. При вращении поворотной секции и наматывании троса на барабан, сила упругости $F_{\text{упр2}}$ создает вращающий момент M_2 , который возвращает поворотную секцию в исходное положение.

Его значение будет равным:

$$M_2 = F_{\text{упр2}} \cdot R_3 \quad (2.16)$$

где R_3 – радиус возвратного барабана, м;

Направление момента M_2 будет оставаться постоянным на протяжении всего времени обхода штамба дерева.

Значение силы упругости пружины 2 определяется по формуле:

$$F_{\text{упр2}} = c_2 \cdot \Delta l_4 \quad (2.17)$$

где c_2 – коэффициент жесткости пружины 2, Н/м; Δl_4 – удельное растяжение пружины, м.

$$\Delta l_4 = \frac{\pi R_3}{180} \cdot \gamma_2, \quad (2.18)$$

где γ_2 – угол поворота поворотной секции и жестко с ней связанного возвратного барабана при проворачивании вокруг штамба дерева, град;

$$\gamma_2 = \gamma_{2i} - \gamma_{2_0} \quad (2.19)$$

где γ_{2i} – угол, между поворотной секцией и поворотным рычагом в i – том положении, град; γ_{2_0} – угол между поворотной секции и поворотным рычагом, необходимый для обеспечения начального устойчивого положения косилки, град.

Подставляя значения (2.18) и (2.19) в (2.16) получаем:

$$M_2 = c_2 \cdot \frac{\pi \cdot R_3^2}{180} \cdot (\gamma_{2i} - \gamma_{2_0}) \quad (2.20)$$

Работу косилки при скашивании растительности в зоне приствольного круга можно разделить на два основных этапа, отличающихся друг от друга условиями, обеспечивающими проворачивание поворотной секции вокруг штамба дерева.

На первом этапе (рисунок 2.6), после начала контакта предохранительных колес со штамбом дерева проворачивание поворотной секции происходит под действием кинематических связей при поступательном перемещении транспортного средства вдоль линии ряда. На данном этапе, отклоняясь от штамба дерева, поворотный рычаг вращается назад, относительно направления движения агрегата, по дуге окружности. Изменение угла, составляемого поворотным рычагом с линией движения агрегата, будет находиться в пределах от $\psi_0 = 90^\circ$ до $\psi_1 = \arcsin(d - r_3)/l_1$.

Величина моментов, создаваемых силами упругости:

пружины 1 - в пределах от $M_1 = 0$ до $M_1 = \max$.

пружины 2 - в пределах от $M_2 = 0$ до M'_2 .

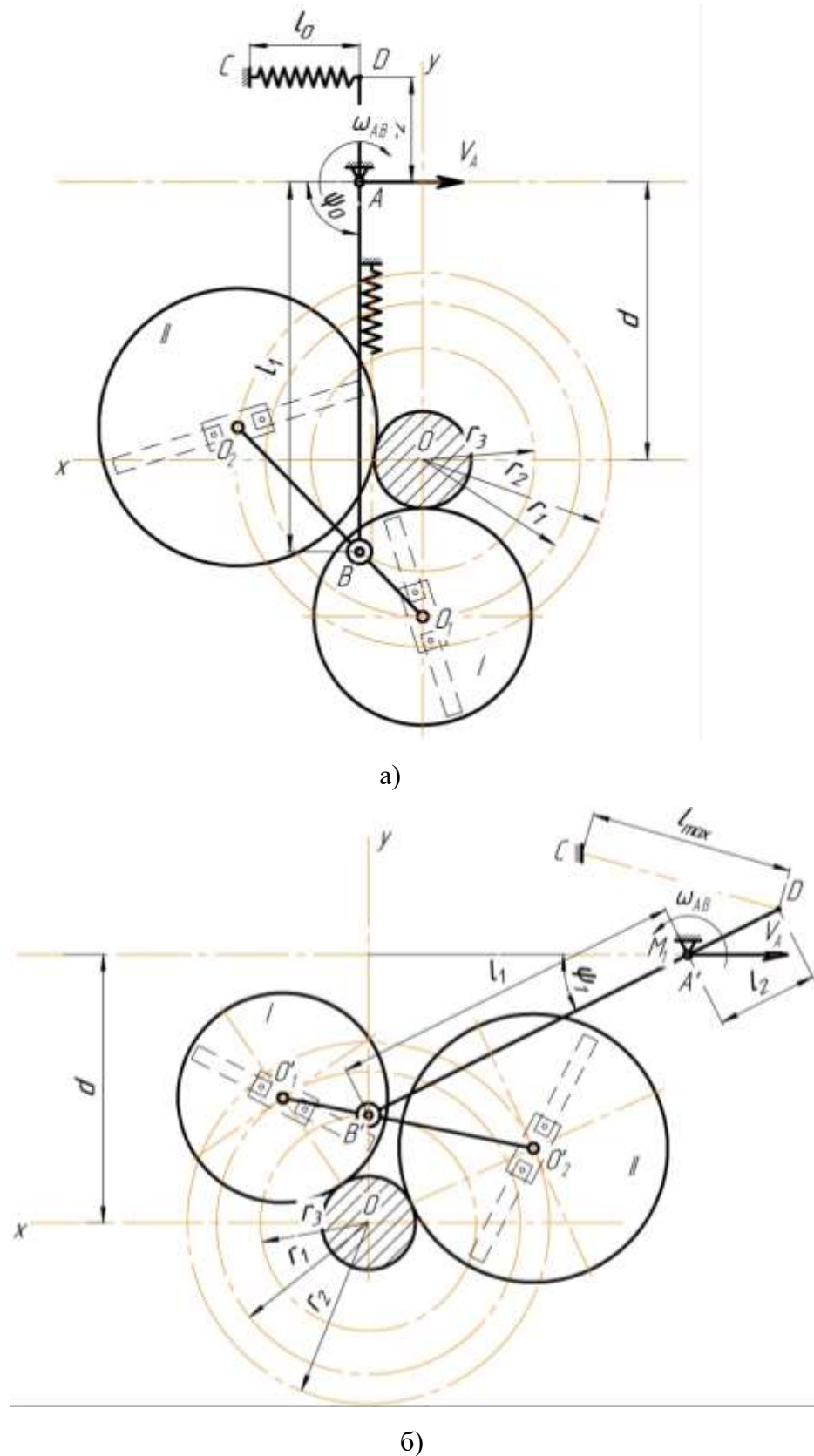


Рисунок 2.6 – Последовательные положения косилки:

а) начальное положение первого этапа; б) конечное положение первого этапа,
начальное положение второго

Рассматривая, на первом этапе, поворотную секцию как балку, закрепленную на двух опорах, для любого ее положения относительно штамба дерева, нормальные силы N_1 , N_2 могут быть определены из уравнений моментов сил относительно центров каждого из роторов в соответствии с расчетной схемой (рисунок 2.7).

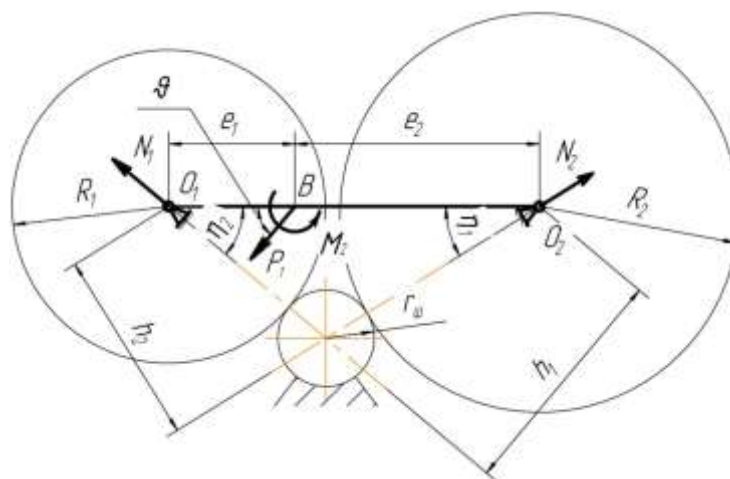


Рисунок 2.7 – Расчетная схема для определения нормальных сил N_1 и N_2 на первом этапе

Для данной схемы, при ее вращении вокруг центра O , характерно изменение направления линии действия силы P_1 и следовательно, ее положения относительно оси поворотной секции (угол ϑ).

Составив уравнения моментов сил:

$$\sum M_{i_{o1}} = 0; -P_1 \sin \vartheta \cdot e_1 + M_2 + N_2 \cdot h_2 = 0 \quad (2.21)$$

$$\sum M_{i_{o2}} = 0; P_1 \sin \vartheta \cdot e_2 + M_2 - N_1 \cdot h_1 = 0 \quad (2.22)$$

найдем что:

$$N_2 = \frac{P_1 \sin \vartheta \cdot e_1 - M_2}{h_2} \quad (2.23)$$

$$N_1 = \frac{P_1 \sin \vartheta \cdot e_2 + M_2}{h_1} \quad (2.24)$$

где ϑ – угол, составляемый линией действия силы P_1 с поворотной секцией, град; e_1, e_2 – расстояние от оси вращения каждого из роторов 1 и 2 соответственно до оси крепления поворотного рычага, м; h_1, h_2 – плечи сил N_1 и N_2 относительно центров роторов 1 и 2 соответственно, м.

$$h_1 = (e_1 + e) \sin \eta_1$$

$$h_2 = (e_1 + e_2) \sin \eta_2$$

где η_1, η_2 – углы между осью поворотной секцией и линиями соединяющими центр каждого из колес со штамбом дерева, рад.

После подстановки всех значений в выражения (2.24), (2.25) получим значения сил давления каждого из отбойных колес в следующем виде:

$$N_1 = \frac{\frac{c_1 \cdot \Delta l_3 \cdot l_2 \sin \gamma_1}{l_1} \sin \vartheta \cdot e_2 + c_2 \cdot \frac{\pi \cdot R_3^2}{180} \cdot (\gamma_{2i} - \gamma_{2o})}{h_1}, \quad (2.25)$$

$$N_2 = \frac{\frac{c_1 \cdot \Delta l_3 \cdot l_2 \sin \gamma_1}{l_1} \sin \vartheta \cdot e_1 - c_2 \cdot \frac{\pi \cdot R_3^2}{180} \cdot (\gamma_{2i} - \gamma_{2o})}{h_2}. \quad (2.26)$$

Из уравнений (2.25) и (2.26) видно, что на первом этапе:

- устойчивость контакта обоих предохранительных колес со штамбом дерева обеспечивается соблюдением требования $M_1 > M_2$;

- результатом действия момента M_2 является различие нагрузок со стороны каждого из предохранительных колес на штамп дерева, наиболее нагруженным является колесо 1.

Также уравнения (2.25) и (2.26) показывают, что величина сил давления каждого из предохранительных колес на штамп дерева зависит от коэффициентов жесткости упругих элементов, входящих в конструкцию косилки, конструктивных параметров косилки, а также от положения поворотной секции относительно штамба дерева.

В соответствии с существующими нормативами допустимое давление на кору плодового дерева составляет 0,45 МПа [100], при этом величина давления, передаваемого каждым из предохранительных колес 1 и 2, будет

зависит от величин действующих сил (N_1 , N_2) и площади контактирующей поверхности ($S = 1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$).

На рисунке 2.8 представлен график влияния положения поворотной секции относительно штамба дерева и коэффициентов жесткости упругого элемента поворотного рычага на величину давления передаваемого со стороны предохранительного колеса 1 (как наиболее нагруженного) на штамп дерева.

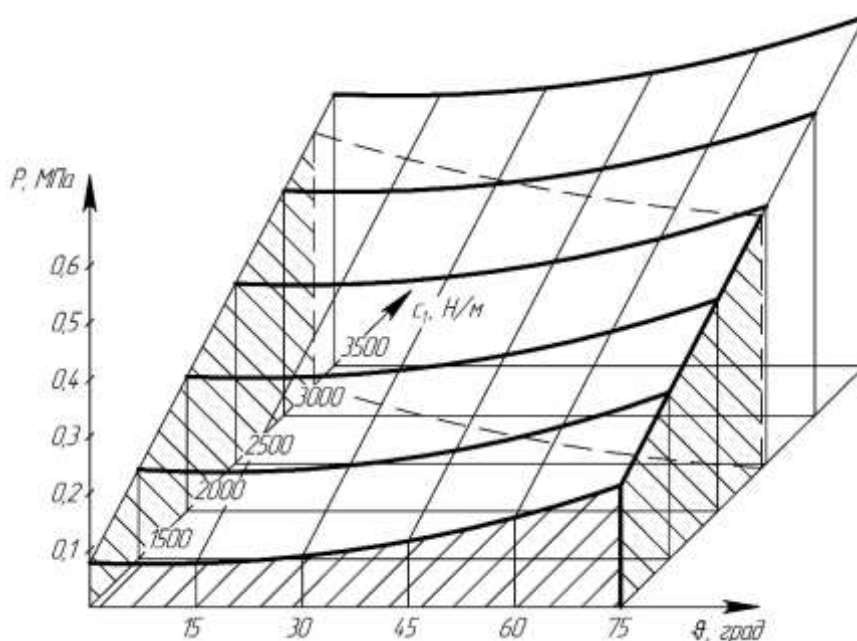


Рисунок 2. 8 Зависимость величины давления, передаваемого на штамп дерева, от угла поворота ϑ и коэффициента жесткости пружины c_1 .

Из графика видно, что при обходе поворотной секцией вокруг штамба дерева, т.е. с увеличением угла поворота относительно первоначального положения и увеличения значения коэффициента жесткости упругого элемента поворотного рычага, величина давления возрастает.

Пунктирная линия на рисунке 2. 8 делит поверхность значений P на две части: в заштрихованной области значения P удовлетворяют требованию удовлетворяют требованию $N_{min} \leq N_i \leq N_{max}$, в незаштрихованной области значения N_1 превосходят допускаемые значения.

В результате расчетов, с использованием выражения (2.26), позволяющего аналитически оценить влияние характеристик выносной поворотной секции на стабильность протекания технологического процесса, при допустимых нагрузках на штабб дерева, получены следующие допустимые значения коэффициента жесткости - $c_1 \leq 2480$ Н/м.

В конце первого, начале второго этапа (рисунок 2.6, б) происходит изменение направления вращения поворотного рычага (вперед по направлению движения агрегата по дуге окружности).

Проворачивание выносной поворотной секции вокруг штабба дерева, при дальнейшем поступательном перемещении агрегата вдоль линии ряда, будет осуществляться под действием вращающего момента M_1 , создаваемого упругим элементом 1. Изменение значения угла поворота выносного рычага будет находиться в пределах от ψ_1 до $\psi_2 = d/(r_3 + l_1)$, при котором, при дальнейшем поступательном перемещении агрегата вдоль линии ряда, начинается отрыв предохранительного колеса 2 от штабба дерева с последующим возвращением косилки в исходное положение (рисунок 2.9).

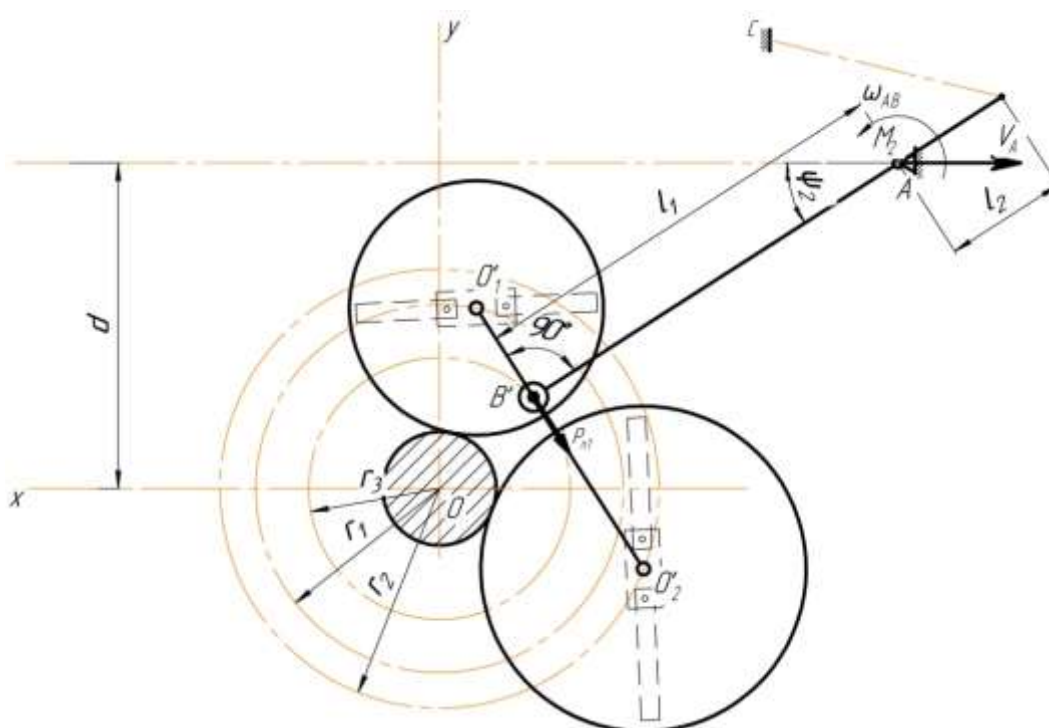


Рисунок 2.9 – Положение косилки в конце второго этапа.

Определим условие, при котором на втором этапе будет обеспечиваться стабильность протекания технологического процесса. Пользуясь принципом возможных перемещений, для схемы, изображенной на рисунке 2.10, определим значение нормальной силы N_2 .

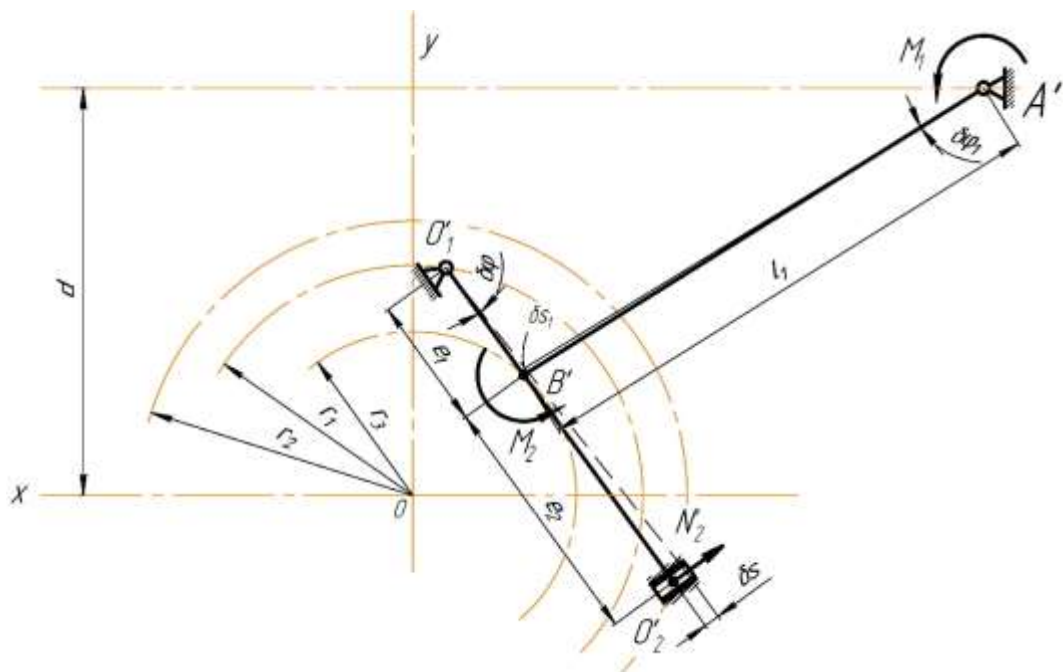


Рисунок 2.10 - Схема для определения нормальной силы N_2 на втором этапе работы косилки.

Для определения нормальной силы N_2 представим опору в точке O'_2 в виде ползуна в вертикальных направляющих, жестко скрепленного с балкой $O'_1O'_2$. Сообщим всей системе возможное перемещение – поступательное перемещение ползуна δs . Выражая элементарное перемещение δs_1 через элементарные углы поворота $\delta\varphi$ звена $O'_1O'_2$ и $\delta\varphi_1$ звена $A'B'$, найдем соотношение между ними:

$$\delta s = (e_1 + e_2)\delta\varphi; \quad (2.27)$$

$$\delta s_1 = e_1\delta\varphi = l_1 \cdot \delta\varphi_1;$$

откуда

$$\delta\varphi_1 = e_1/l_1 \cdot \delta\varphi \quad (2.28)$$

Составим уравнение работ:

$$N'_2(e_1 + e_2)\delta\varphi + M_2\delta\varphi - M_1 = 0 \quad (2.29)$$

после подстановки (2.28) и (2.29) в выражение (2.30) получим:

$$N'_2 \delta s + M_2 \delta \varphi - M_1 \frac{e_1}{l_1} \delta \varphi = 0, \quad (2.30)$$

Откуда

$$N'_2 = \frac{e_1}{l_1} M_1 - M_2. \quad (2.31)$$

Поскольку, при работе косилки в зоне приствольного круга, всегда должно соблюдаться условие $N'_2 > 0$, то для обеспечения работоспособности косилки на втором этапе должно соблюдаться требование:

$$\frac{e_1}{l_1} M_1 - M_2 > 0. \quad (2.32)$$

или с учетом выражений (2.11), (2.12) и (2.20):

$$\frac{e_1}{l_1} c_1 \cdot \Delta l_3 \cdot l_2 \sin \beta_1 - c_2 \cdot \frac{\pi R_3^2}{180} \cdot (\gamma_{2i} - \gamma_{2o}) > 0. \quad (2.33)$$

Из данного выражения следует, что, на втором этапе, устойчивость контакта поворотной секции со штаблом дерева зависит от жесткости упругих элементов, входящих в конструкцию, геометрических параметров косилки, а также от положения механизма.

На основании проведенного анализа можно заключить, что:

- на всех этапах выбор оптимальных параметров косилки, необходимых для обеспечения условий, обеспечивающих стабильность выполнения технологического процесса, обуславливается определением величины усилий, действующих со стороны элементов поворотной секции на систему «штабл дерева – поворотная секция».

- поскольку линейные параметры косилки определяются условиями работы в саду и корректировке не подлежат, добиться условий, обеспечивающих работоспособность косилки можно подбором коэффициентов жесткости упругих элементов, входящих в конструкцию.

2.3 Исследование обхода штамба дерева поворотной секцией в динамике

Косилка является сложной динамической системой, для которой также необходимо ее исследование для выявления основных параметров, влияющих на стабильность протекания технологического процесса.

Структурная схема предлагаемой косилки показана на рисунке 2.11.

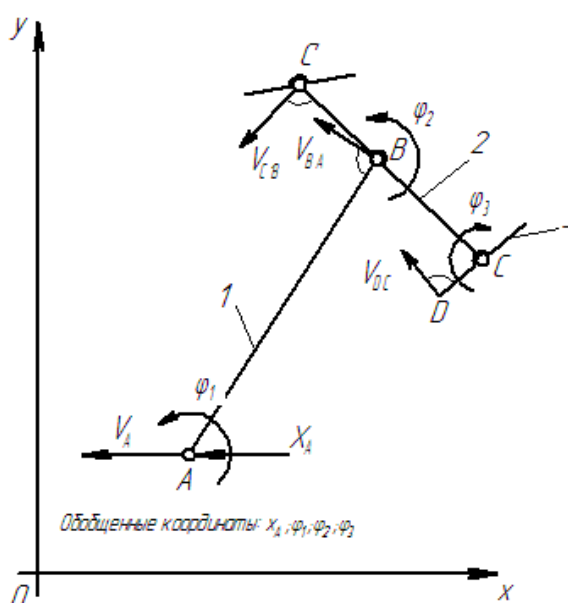


Рисунок 2.10 – Структурная схема косилки

Модель косилки может быть представлена в виде механической системы, состоящей из четырех подвижных звеньев [10]:

- звено 1 неподвижно прикрепленное к корпусу движущегося прямолинейно трактора, совершающего вращательное движение в горизонтальной плоскости (параллельно поверхности земли) относительно точки А;

- звено 2 шарнирно (в точке В) соединенное со звеном 1, совершающее вместе с ним поступательное движение и вращательное относительно точки В;

- звено 3 шарнирно (в точках C и C') соединенное со звеном 2, совершающее вместе с ним поступательное движение и вращательное относительно точек C и C' .

Положение звена 3 (нож косилки) в любой момент времени определяется четырьмя независимыми параметрами - координатами x , φ_1 , φ_2 и φ_3 . Следовательно, механическая система, в первом приближении подчиненная идеальным, удерживающим и голономным связям, имеет четыре степени свободы и для нее могут быть составлены четыре уравнения Лагранжа в следующем общем виде [156]:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{X}_A} \right) - \left(\frac{\partial T}{\partial X_A} \right) = Q; \quad (2.34)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_1} \right) - \left(\frac{\partial T}{\partial \varphi_1} \right) = Q_1; \quad (2.35)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_2} \right) - \left(\frac{\partial T}{\partial \varphi_2} \right) = Q_2; \quad (2.36)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3} \right) - \left(\frac{\partial T}{\partial \varphi_3} \right) = Q_3. \quad (2.37)$$

где: X_A , φ_{1-3} -обобщенные координаты системы; \dot{X}_A , $\dot{\varphi}_{1-3}$ -производные по времени от обобщенных координат (обобщенные скорости); T - кинетическая энергия системы, выраженная через обобщенные координаты и обобщенные скорости; Q , Q_{1-3} - обобщенные силы.

Запишем выражение для кинетической энергии системы T , выразив все входящие в него переменные величины через обобщенные координаты и обобщенные скорости. Кинетическая энергия всей системы может быть представлена соответствующей суммой [149]:

$$T_{\text{мех}} = T_1 + T_2 + T_3, \quad (2.38)$$

где: T_1 , T_2 и T_3 - кинетические энергии звеньев механической системы.

Звено 1 движется вместе с трактором со скоростью (переносной) \vec{V}_A и во время работы косилки совершает вращательное (относительное) движение в горизонтальной плоскости (с угловой скоростью ω_{BA}) относительно точки А. Следовательно звено АВ совершает плоскопараллельное движение. Тогда кинетическая энергия звена 1 в общем виде может быть представлена как:

$$T_1 = \frac{m_1 \cdot V_A^2}{2} + I_1 \cdot \frac{\omega_{BA}^2}{2}, \quad (2.39)$$

где V_A – представляет собой производную по времени от обобщенной координаты X_A и является обобщенной скоростью $\dot{X}_A = \frac{dX_A}{dt}$; ω_{BA} – соответственно производная по времени от обобщенной координаты φ_1 , следовательно, является обобщенной скоростью $\dot{\varphi}_1 = \frac{d\varphi_1}{dt}$ (угловой скоростью звена 1).

Таким образом:

$$T_1 = \frac{m_1 \cdot \dot{X}_A^2}{2} + I_1 \cdot \frac{\dot{\varphi}_1^2}{2}, \quad (2.40)$$

где $I_1 = \frac{m_1 \cdot l_1^2}{3}$.

Для целей проводимого кинематического исследования механизма звено АВ можно считать однородным стержнем, тогда с учетом известного выражения для момента его инерции, выражение (6) можно переписать в следующем виде:

$$T_1 = \frac{m_1}{2} \left(\dot{X}_A^2 + \frac{AB^2 \cdot \dot{\varphi}_1^2}{3} \right); \quad (2.41)$$

Поскольку плоскопараллельное движение твердого тела можно рассматривать как сумму двух простых его движений: поступательного вместе с полюсом и вращательного вокруг полюса [148], то, исходя из этого, звено 2 движется вместе со звеном АВ со скоростью (переносной) \vec{V}_B и во время работы косилки совершает вращательное (относительное) движение в горизонтальной плоскости (с угловой скоростью ω_{BC}) относительно точки В. Следо-

вательно, звено ВС совершает плоскопараллельное движение. Тогда кинетическая энергия звена 2 в общем виде может быть представлена как:

$$T_2 = \frac{m_2 \cdot V_B^2}{2} + I_2 \cdot \frac{\omega_{BC}^2}{2}. \quad (2.42)$$

где ω_{BC} – представляет собой производную по времени от обобщенной координаты φ_2 и соответственно является обобщенной скоростью $\dot{\varphi}_2 = \frac{d\varphi_2}{dt}$ (угловой скоростью звена 2).

Точка В, принадлежащая звену АВ, совершает сложное движение (рисунок 2.11).

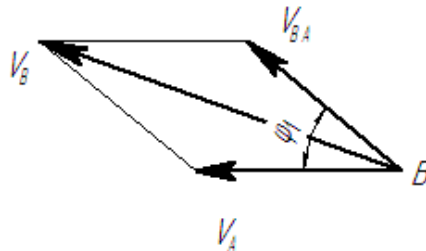


Рисунок 2.11 – Схема к определению скорости точки В.

Абсолютная скорость точки В определяется векторным выражением:

$$\vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}. \quad (2.43)$$

Величина скорости V_B находится из алгебраического уравнения:

$$V_B^2 = V_A^2 + V_{BA}^2 + 2 \cdot V_A \cdot V_{BA} \cos(90 - \varphi_1). \quad (2.44)$$

поскольку $\cos(90^\circ - \varphi) = \sin \varphi$, тогда

$$V_B^2 = V_A^2 + V_{BA}^2 + 2 \cdot V_A \cdot V_{BA} \sin \varphi_1, \quad (2.45)$$

где: φ_1 - значение обобщенной координаты в данный момент времени.

Таким образом получим, что:

$$T_2 = \frac{m_2 \cdot V_B^2}{2} + I_2 \cdot \frac{\dot{\varphi}_2^2}{2}, \quad (2.46)$$

где: $I_2 = \frac{m_2 \cdot l_2^2}{12}$;

Для целей проводимого кинематического исследования механизма звено ВС можно считать однородным стержнем, тогда с учетом известного выражения для момента его инерции, выражение (2.57) можно переписать в следующем виде:

$$T_2 = \frac{m_2}{2} \left(V_B^2 + \frac{BC^2 \cdot \dot{\varphi}_2^2}{12} \right). \quad (2.47)$$

Поставляя (2.44) в (2.47) и принимая во внимание, что $V_{BA} = \omega_{BA} \cdot BA = \dot{\varphi}_1 \cdot BA$, получаем, что:

$$T_2 = \frac{m_2}{2} \left[\dot{X}_A^2 + (\dot{\varphi}_1 \cdot BA)^2 + 2 \cdot \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot BA \cdot \sin \varphi_1 + \frac{BC^2 \cdot \dot{\varphi}_2^2}{12} \right]. \quad (2.48)$$

Аналогичным образом, рассматривая движение звена 3 в общем случае как сложное, в соответствие с можно считать, что звено 3 движется вместе со звеном ВС со скоростью (переносной) \vec{V}_C и во время работы косилки совершает вращательное (относительное) движение в горизонтальной плоскости (с угловой скоростью ω_{CD}) относительно точки С. Следовательно звено CD совершает плоскопараллельное движение. Тогда кинетическая энергия звена 3 может быть представлена как:

$$T_3 = \frac{m_3 \cdot V_C^2}{2} + I_3 \cdot \frac{\omega_{CD}^2}{2}, \quad (2.49)$$

где: $I_3 = \frac{m_3 \cdot l_3^2}{12}$.

Тогда

$$T_3 = \frac{m_3 \cdot V_C^2}{2} + \frac{m_3 \cdot l_3^2}{12} \cdot \frac{\omega_{CD}^2}{2}; \quad (2.50)$$

Точка С, принадлежащая звену СВ, совершает сложное движение (рисунок 2.12).

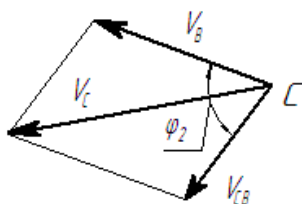


Рисунок 2.12 – Схема к определению скорости точки С

Абсолютная скорость точки C определяется векторным выражением:

$$\vec{V}_C = \vec{V}_B + \vec{V}_{CB} . \quad (2.51)$$

Величина скорости V_C находится из алгебраического уравнения:

$$V_C^2 = V_B^2 + V_{CB}^2 + 2 \cdot V_B \cdot V_{CB} \cdot \cos\varphi_2, \quad (2.52)$$

где φ_3 - значение обобщенной координаты в данный момент времени.

$$V_B^2 = V_A^2 + V_{BA}^2 + 2 \cdot V_A \cdot V_{BA} \sin\varphi_1 ; \quad V_C^2 = V_B^2 + V_{CB}^2 + 2 \cdot V_B \cdot V_{CB} \cdot \cos\varphi_2.$$

С учетом (2.45) и принимая во внимание что $V_{CB} = \omega_{BC} \cdot BC = \dot{\varphi}_2 \cdot BC$, получаем выражение для определения скорости точки C :

$$V_C^2 = \dot{X}_A^2 + \dot{\varphi}_1^2 \cdot BA^2 + 2\dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot BA \sin\varphi_1 + \dot{\varphi}_2^2 \cdot BC^2 + \\ + 2 \left(\sqrt{\dot{X}_A^2 + \dot{\varphi}_1^2 \cdot BA^2 + 2\dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot BA \cdot \sin\varphi_1} \right) \cdot \dot{\varphi}_2 \cdot BC \cdot \cos\varphi_2 . \quad (2.53)$$

Для целей проводимого кинематического исследования механизма звено CD можно считать однородным стержнем, тогда с учетом известного выражения для момента его инерции, уравнение (2.53) можно переписать в следующем виде:

$$T_3 = \frac{m_3}{2} \left(V_C^2 + \frac{CD^2 \cdot \dot{\varphi}_3^2}{12} \right). \quad (2.54)$$

Поставляя (2.53) в (2.54) и принимая во внимание, что $V_{CB} = \omega_{BC} \cdot BC = \dot{\varphi}_2 \cdot BC$, получаем, что:

$$T_3 = \frac{m_3}{2} \left[\dot{X}_A^2 + \dot{\varphi}_1^2 \cdot BA^2 + 2\dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot BA \cdot \sin\varphi_1 + \dot{\varphi}_2^2 \cdot BC^2 + \right. \\ \left. + 2 \left(\sqrt{\dot{X}_A^2 + \dot{\varphi}_1^2 \cdot BA^2 + 2\dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot BA \cdot \sin\varphi_1} \right) \cdot \dot{\varphi}_2 \cdot BC \cdot \cos\varphi_2 \frac{CD^2 \cdot \dot{\varphi}_3^2}{12} \right]. \quad (2.55)$$

С учетом полученных результатов выражение (2.49) для определения кинетической энергии механизма косилки приобретает следующий вид:

$$T_{\text{мех}} = \frac{m_1}{2} \left(\dot{X}_A^2 + \frac{AB^2 \cdot \dot{\varphi}_1^2}{3} \right) + \frac{m_2}{2} \left[\dot{X}_A^2 + (\dot{\varphi}_1 \cdot BA)^2 + 2 \cdot \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot BA \cdot \sin\varphi_1 + \frac{BC^2 \cdot \dot{\varphi}_2^2}{12} \right] + \frac{m_3}{2} \cdot \\ \left[\dot{X}_A^2 + (\dot{\varphi}_1 \cdot BA)^2 + 2 \cdot \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot BA \cdot \sin\varphi_1 + \dot{\varphi}_2^2 \cdot BC^2 + \right. \\ \left. + 2 \cdot \sqrt{(\dot{X}_A^2 + (\dot{\varphi}_1 \cdot BA)^2 + 2 \cdot \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot BA \cdot \sin\varphi_1)} \cdot \dot{\varphi}_2 \cdot BC \cdot \cos\varphi_2 + \frac{CD^2 \cdot \dot{\varphi}_3^2}{12} \right]. \quad (2.56)$$

Найдём выражения для частных производных в уравнениях (2.34...2.37):

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \dot{X}_A} &= (m_1 + m_2 + m_3) \cdot \dot{X}_A + (m_2 + m_3) \cdot BA \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot \sin\varphi_1 + \\ &+ m_3 \cdot \left(\frac{(\dot{X}_A + \dot{\varphi}_1 \cdot BA \cdot \sin\varphi_1) \cdot \dot{\varphi}_2 \cdot BC \cdot \cos\varphi_2}{\sqrt{(\dot{X}_A^2 + (\dot{\varphi}_1 \cdot BA)^2 + 2 \cdot \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot BA \cdot \sin\varphi_1)}} \right); \end{aligned} \quad (2.57)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_1} &= \left(\frac{m_1}{3} + m_2 + m_3 \right) \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot BA^2 + (m_2 + m_3) \cdot BA \cdot \dot{X}_A \cdot \sin\varphi_1 + \\ &+ m_3 \cdot \left(\frac{(\dot{\varphi}_1 \cdot BA^2 + \dot{X}_A \cdot BA \cdot \sin\varphi_1) \cdot \dot{\varphi}_2 \cdot BC \cdot \cos\varphi_2}{\sqrt{(\dot{X}_A^2 + (\dot{\varphi}_1 \cdot BA)^2 + 2 \cdot \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot BA \cdot \sin\varphi_1)}} \right); \end{aligned} \quad (2.58)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_2} &= \left(\frac{m_2}{12} + m_3 \right) \cdot \dot{\varphi}_2 \cdot BC^2 + \\ m_3 \cdot \left(\sqrt{(\dot{X}_A^2 + (\dot{\varphi}_1 \cdot BA)^2 + 2 \cdot \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot BA \cdot \sin\varphi_1)} \cdot BC \cdot \cos\varphi_2 \right); \end{aligned} \quad (2.59)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3} = \frac{m_3 \cdot CD^2 \cdot \dot{\varphi}_3}{12}; \quad (2.60)$$

$$\frac{\partial T}{\partial X_A} = 0; \quad (2.61)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi_1} = (m_2 + m_3) \cdot BA \cdot \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot \cos\varphi_1 + m_3 \cdot \left(\frac{\dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot BA \cdot \cos\varphi_1}{\sqrt{(\dot{X}_A^2 + (\dot{\varphi}_1 \cdot BA)^2 + 2 \cdot \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot BA \cdot \sin\varphi_1)}} \right) \quad (2.62)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi_2} = -m_3 \cdot \left(\sqrt{(\dot{X}_A^2 + (\dot{\varphi}_1 \cdot BA)^2 + 2 \cdot \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot BA \cdot \sin\varphi_1)} \cdot BC \cdot \sin\varphi_2 \right); \quad (2.63)$$

$$\frac{\partial T}{\partial \varphi_3} = 0; \quad (2.64)$$

Подставив значения уравнений (2.57...2.64) в уравнения (2.34...2.37) и после некоторых математических преобразований получим:

Подставив уравнения (2.65...2.71) в уравнения (2.57...2.64), получим в окончательном виде:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{X}_A} \right) - \frac{\partial T}{\partial X_A} = (m_1 + m_2 + m_3) \cdot \ddot{X}_A + (m_2 + m_3) \cdot BA \cdot (\ddot{\varphi}_1 \cdot \cos \varphi_1 - \dot{\varphi}_1^2 \cdot \sin \varphi_1) + m_3 \cdot K_1 = Q ; \quad (2.72)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_1} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_1} = \left(\frac{m_1}{12} + m_2 + m_3 \right) \cdot \ddot{\varphi}_1 \cdot BA^2 + (m_2 + m_3) \cdot BA \cdot (\ddot{X}_A \cdot \cos \varphi_1 - \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot \sin \varphi_1) + m_3 \cdot K_2 = Q_1 ; \quad (2.73)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_2} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_2} = (m_2 + m_3) \cdot \ddot{\varphi}_2 \cdot BC^2 + m_3 \cdot K_3 = Q_2 ; \quad (2.74)$$

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{\varphi}_3} \right) - \frac{\partial T}{\partial \varphi_3} = \frac{m_3 \cdot CD^2 \cdot \ddot{\varphi}_3}{3} = Q_3 ; \quad (2.75)$$

Полученные выражения (2.72...2.75) представляют собой математическую модель в форме уравнений Лагранжа II-го рода для механических систем с четырьмя степенями свободы, к которым относится разработанная конструкция косилки, в общем виде описывающую их закон движения в зависимости от положений звеньев и соответствующих основных кинематических параметров.

Для упрощения выражений (2.83...2.86) введем дополнительно обозначения:

$$m_1 + m_2 + m_3 = a; \quad (2.76)$$

$$(m_2 + m_3) \cdot BA = b; \quad (2.77)$$

$$\left(\frac{m_1}{12} + m_2 + m_3 \right) \cdot BA^2 = c; \quad (2.78)$$

$$(m_2 + m_3) \cdot BC^2 = d; \quad (2.79)$$

$$f = \frac{m_3 \cdot l_3^2}{3}; \quad (2.80)$$

Подставив (2.76...2.80) в (2.72...2.75), получим следующую систему дифференциальных уравнений:

$$a \cdot \ddot{X}_A + b \cdot (\ddot{\varphi}_1 \cdot \cos \varphi_1 - \dot{\varphi}_1^2 \cdot \sin \varphi_1) + m_3 \cdot K_1 = Q ; \quad (2.81)$$

$$c \cdot \ddot{\varphi}_1 + b \cdot (\ddot{X}_A \cdot \cos\varphi_1 - \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot \sin\varphi_1) + m_3 \cdot K_2 = Q_1; \quad (2.82)$$

$$d \cdot \ddot{\varphi}_2 + m_3 \cdot K_3 = Q_2; \quad (2.83)$$

$$f \cdot \ddot{\varphi}_3 = Q_3. \quad (2.84)$$

Для определения обобщенных сил Q (рисунок 2.13) задаём возможные и независимые друг от друга элементарные перемещения δq_i по каждой координате $\delta x_A, \delta \varphi_1, \delta \varphi_2, \delta \varphi_3$.

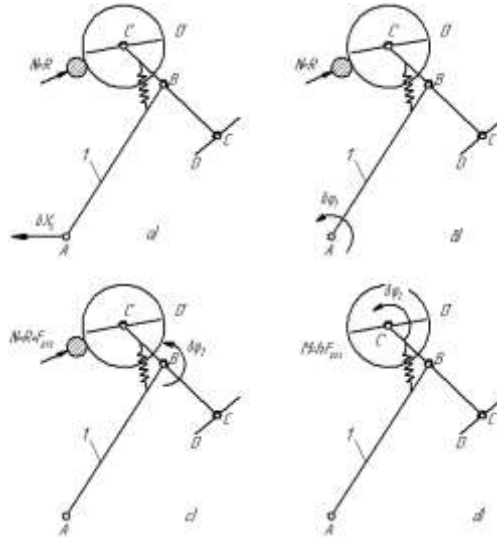


Рисунок 2.13 – Схема к определению обобщенных сил Q_i .

Сообщим системе последовательно элементарные перемещения $\delta x_A \neq 0$ при $\delta \varphi_i = 0$ и $\delta \varphi_i \neq 0$ при $\delta x_A = 0$ соответственно. В случаях *a*) и *b*) при контакте предохранительного колеса со штамбом дерева $N = R$ т.е. максимальные значения обобщенных сил Q и Q_1 равны нормальному давлению. В случае *c*) при контакте предохранительного колеса со штамбом дерева $N = R + F_{\text{упр}}$ и максимальное значение обобщенной силы $Q_2 = R + F_{\text{упр}}$.

$F_{\text{упр}} = c \cdot \Delta S$ – суммарная (приведенная) сила упругости пружин, установленных на механизме. В случае *d*) контакта предохранительного колеса со штамбом дерева не будет и максимальное значение обобщенной силы $Q_3 = M$, который приводится к силе сопротивления резанию травы $F_{\text{рез}}$ вокруг штамба дерева.

Для целей практического использования полученной системы дифференциальных уравнений (2.81...2.84) определим возможные числовые значения коэффициентов K_{1-3} . Предварительно введем новые обозначения, не оказывающие влияния на результаты исследования, но упрощающие математические выражения:

$$K_i = \frac{P-Q-G}{W}, \quad (2.85)$$

где

$$P = 2 \cdot AB \cdot BC \cdot x^2 \cdot y \cdot \cos\varphi_1 \cdot \cos\varphi_2 \cdot (z^2 + (x \cdot BA)^2 + 2 \cdot z \cdot x \cdot BA \cdot \cos\varphi_1) \quad (2.86)$$

$$Q = 2 \cdot (z + AB \cdot x \cdot \sin\varphi_1) \cdot y^2 \cdot BC \cdot \sin\varphi_2 \cdot (z^2 + (x \cdot BA)^2 + 2 \cdot z \cdot x \cdot BA \cdot \cos\varphi_1) \quad (2.87)$$

$$G = (z + AB \cdot x \cdot \sin\varphi_1) \cdot z \cdot y \cdot x^2 \cdot AB \cdot BC \cdot \cos\varphi_1 \cdot \sin\varphi_1 \quad (2.88)$$

$$W = (z^2 + (x \cdot BA)^2 + 2 \cdot z \cdot x \cdot BA \cdot \cos\varphi_1)^{1,5} \quad (2.89)$$

В выражения (2.85...2.89) подставим численные значения некоторых величин, полученные из конструктивных соображений. Результаты расчета получены размеры и кинематические характеристики предлагаемой косилки (Приложение XXI).

В результате выполненных вычислений (Приложение XXII) установлено, что ни один из коэффициентов K_i , входящих в уравнения (2.81...2.84), по абсолютному значению не превышает величину равную 0,03. Это позволяет записать полученные дифференциальные уравнения в следующем виде:

$$a \cdot \ddot{X}_A + b \cdot (\ddot{\varphi}_1 \cdot \cos\varphi_1 - \dot{\varphi}_1^2 \cdot \sin\varphi_1) = N ; \quad (2.90)$$

$$c \cdot \ddot{\varphi}_1 + b \cdot (\ddot{X}_A \cdot \cos\varphi_1 - \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot \sin\varphi_1) = N ; \quad (2.91)$$

$$d \cdot \ddot{\varphi}_2 = N + C \cdot l \cdot \varphi_2 ; \quad (2.92)$$

$$f \cdot \ddot{\varphi}_3 = F_{\text{пез}}. \quad (2.93)$$

где: N – величина нормальный силы давления отбойного колеса на штамп дерева, Н; l - приведенная длина звена 2, м; C – суммарный (приведенный) коэффициент упругости пружин, установленных на механизме, Н/м.

Введём дополнительные обозначения:

$$\frac{b}{a} = A; \quad \frac{b}{c} = B; \quad \frac{N}{a} = D; \quad \frac{N}{c} = R; \quad (2.94)$$

После подстановки уравнения (2.94) в (2.90) и (2.91) получим:

$$\begin{cases} \ddot{X}_A + A \cdot \ddot{\varphi}_1 \cdot \cos \varphi_1 - A \cdot \dot{\varphi}_1^2 \cdot \sin \varphi_1 = D \\ \ddot{\varphi}_1 + B \cdot \ddot{X}_A \cdot \cos \varphi_1 - B \cdot \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot \sin \varphi_1 = R \end{cases}, \quad (2.95)$$

Примем во внимание, что:

$$\frac{d(\dot{\varphi}_1 \cdot \cos \varphi_1)}{dt} = \ddot{\varphi}_1 \cdot \cos \varphi_1 - \dot{\varphi}_1^2 \sin \varphi_1, \quad (2.96)$$

$$\frac{d(\dot{X}_A \cdot \cos \varphi_1)}{dt} = \ddot{X}_A \cdot \cos \varphi_1 - \dot{X}_A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot \sin \varphi_1, \quad (2.97)$$

Тогда система дифференциальных уравнений (2.95) может быть переписана в следующем виде:

$$\ddot{X}_A + A \cdot \frac{d(\dot{\varphi}_1 \cdot \cos \varphi_1)}{dt} = D, \quad (2.98)$$

$$\ddot{\varphi}_1 + B \cdot \frac{d(\dot{X}_A \cdot \cos \varphi_1)}{dt} = R, \quad (2.99)$$

После интегрирования получим:

$$\dot{X}_A + A \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot \cos \varphi_1 = D \cdot t + C_1, \quad (2.100)$$

$$\dot{\varphi}_1 + B \cdot \dot{X}_A \cdot \cos \varphi_1 = R \cdot t + C_2, \quad (2.101)$$

Подстановка начальных условий даёт:

$$C_1=0 \text{ и } C_2=0;$$

Умножим (2.101) на $A \cdot \cos \varphi_1$ и результат вычтем из (2.100), в свою очередь (2.100) умножим на $B \cdot \cos \varphi_1$ и соответственно вычтем из (2.101), тогда получим:

$$\dot{X}_A - A \cdot B \cdot \dot{X}_A \cdot \cos^2 \varphi_1 = D \cdot t - R \cdot t \cdot A \cdot \cos \varphi_1 \quad (2.102)$$

$$\dot{\varphi}_1 - A \cdot B \cdot \dot{\varphi}_1 \cdot \cos^2 \varphi_1 = R \cdot t - D \cdot t \cdot B \cdot \cos \varphi_1 \quad (2.103)$$

Из уравнений (2.102 и 2.103) следует, что:

$$\dot{X}_A = \frac{(D-R \cdot A \cdot \cos \varphi_1) \cdot t}{1-A \cdot B \cdot \cos^2 \varphi_1} \quad (2.104)$$

$$\dot{\varphi}_1 = \frac{(R-D \cdot B \cdot \cos \varphi_1) \cdot t}{1-A \cdot B \cdot \cos^2 \varphi_1} \quad (2.105)$$

при этом полагаем, что $\cos^2 \varphi_1 \neq \frac{1}{A \cdot B}$ и $0 < |A \cdot B| < 1$

Очевидно, что система (2.104 2.105) имеет тривиальное решение, когда:

$$\begin{cases} \varphi_1 = 0 \\ D \cdot B = R \end{cases}$$

откуда

$$\dot{X}_A = \frac{D-R \cdot A}{1-A \cdot B} \cdot t, \quad (2.106)$$

Для нахождения точного решения системы уравнений (2.104 и 2.105) полагаем, что:

$$R - D \cdot B \cdot \cos \varphi_1 \neq 0$$

Принимаем во внимание, что система (2.106) при $t=0$, с учётом начальных условий принимает вид:

$$\ddot{X}_A(0) + A \cdot \ddot{\varphi}_1(0) = D \quad (2.107)$$

$$\ddot{\varphi}_1(0) + B \cdot \ddot{X}_A(0) = R \quad (2.108)$$

откуда при $|A \cdot B| < 1$:

$$\ddot{X}_A(0) = \frac{D-R \cdot A}{1-A \cdot B} \quad (2.109)$$

$$\ddot{\varphi}_1(0) = \frac{R-D \cdot B}{1-A \cdot B} \quad (2.110)$$

Интегрируем уравнение (2.105), разделяя переменные:

$$\int_{\varphi_0}^{\varphi_1} \frac{d\varphi_1 (1 - A \cdot B \cdot \cos^2 \varphi_1)}{R - D \cdot B \cdot \cos \varphi_1} = \frac{t^2}{2} \quad (2.111)$$

далее:

$$\int_{\varphi_0}^{\varphi_1} \frac{d\varphi_1}{R - D \cdot B \cdot \cos \varphi_1} - A \cdot B \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} \frac{(1 - \sin^2 \varphi_1) d\varphi_1}{R - D \cdot B \cdot \cos \varphi_1} = \frac{t^2}{2} \quad (2.112)$$

тогда :

$$\left(\int_{\varphi_0}^{\varphi_1} \frac{d\varphi_1}{R-D \cdot B \cdot \cos\varphi_1} \right) (1 - A \cdot B) - A \cdot B \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} \frac{\sqrt{(1-\cos^2\varphi_1)} d\cos\varphi_{11}}{R-D \cdot B \cdot \cos\varphi_1} = \frac{t^2}{2} \quad (2.113)$$

введём обозначения для интегралов:

$$I_1(\varphi_1) = \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} \frac{d\varphi_1}{R-D \cdot B \cdot \cos\varphi_1} \quad (2.114)$$

$$I_2(\varphi_1) = \int_{\varphi_0}^{\varphi_1} \frac{\sqrt{(1-\cos^2\varphi_1)} d\cos\varphi_{11}}{R-D \cdot B \cdot \cos\varphi_1} \quad (2.115)$$

Таким образом, решение уравнения (2.105) можно представить в следующем компактном виде:

$$(1 - A \cdot B) \cdot I_1(\varphi_1) - A \cdot B \cdot I_2(\varphi_1) \quad (2.116)$$

В соответствии с рекомендациями [30] можно записать:

$$I_1(\varphi_1) = \frac{t^2}{2}, \quad (2.117)$$

$$\begin{aligned} I_2(\varphi_1) &= -\frac{1}{D \cdot B} \int_1^{\cos\varphi_1} \frac{\sqrt{(1-X_A^2)} dX_A}{(X_A - \frac{R}{D \cdot B})} = -\frac{1}{D \cdot B} \int_1^{\cos\varphi_1} \frac{\sqrt{R} dX_A}{(X_A + p)} = \\ &= -\frac{1}{D \cdot B} \left[-\int_1^{\cos\varphi_1} \frac{X_A \cdot dX_A}{\sqrt{1-X_A^2}} - \frac{R}{D \cdot B} \cdot \int_1^{\cos\varphi_1} \frac{dX_A}{\sqrt{1-X_A^2}} + \left(1 - \frac{R^2}{D^2 \cdot B^2}\right) \cdot \int_1^{\cos\varphi_1} \frac{dX_A}{(X_A + p)\sqrt{1-X_A^2}} \right] = \\ &= -\frac{1}{D \cdot B} \left[|\sin\varphi_1| - \frac{R}{D \cdot B} \cdot \varphi_1 + \left(\frac{R^2}{D^2 \cdot B^2} - 1\right) \cdot I_3 \right] \quad (2.118) \end{aligned}$$

где: $p = -\frac{R}{D \cdot B}$, $|p| > 1$, $R = 1 - X_A^2$, $t = \frac{1}{X_A + p}$,

$$\begin{aligned} I_3 &= \int_{(1+p)^{-1}}^{(\cos\varphi_1 + p)^{-1}} \frac{dt}{\sqrt{-1 + 2 \cdot p \cdot t + (1 - p^2) \cdot t^2}} = \\ &= \frac{1}{\sqrt{p^2 - 1}} \cdot \arcsin((1 - p^2) \cdot t + p) \Big|_{(1+p)^{-1}}^{(\cos\varphi_1 + p)^{-1}} = \\ &= \frac{|D \cdot B|}{\sqrt{R^2 - D^2 \cdot B^2}} \cdot \left[\frac{\pi}{2} - \arcsin \cdot \left(\frac{D^2 \cdot B^2 - R^2}{D \cdot B(D \cdot B \cdot \cos\varphi_1 - R)} - \frac{R}{D \cdot B} \right) \right] = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{1}{\sqrt{p^2 - 1}} \cdot \arcsin((1 - p^2) \cdot t + p) \Big|_{(1+p)^{-1}}^{(\cos\varphi_1 + p)^{-1}} = \\
&= \frac{|D \cdot B|}{\sqrt{R^2 - D^2 \cdot B^2}} \left[\frac{\pi}{2} - \arcsin \right. \\
&\quad \left. \cdot \left(\frac{D^2 \cdot B^2 - R^2}{D \cdot B(D \cdot B \cdot \cos\varphi_1 - R)} - \frac{R}{D \cdot B} \right) \right] \quad (2.119)
\end{aligned}$$

Таким образом, уравнение (2.107) при условиях: $A \cdot B \neq 1, D \cdot B \neq 0, (\cos\varphi_1)^2 \neq \frac{1}{A \cdot B}$ (при $A \cdot B \neq 0$) и $R > D \cdot B$ принимает вид:

$$\begin{aligned}
(1 - A \cdot B) \cdot \frac{2}{\sqrt{R^2 - D^2 \cdot B^2}} \cdot \arctg \left(\sqrt{R^2 - D^2 \cdot B^2} \cdot \operatorname{tg} \cdot \frac{\varphi_1}{(R - D \cdot B)} \right) + \frac{A}{D} \cdot \left\{ |\sin\varphi_1| - \right. \\
\left. \frac{R}{D \cdot B} \cdot \varphi_1 + \frac{\sqrt{R^2 - D^2 \cdot B^2}}{|D \cdot B|} \cdot \left[\frac{\pi}{2} - \arcsin \cdot \left(\frac{D^2 \cdot B^2 - R^2}{D \cdot B(D \cdot B \cdot \cos\varphi_1 - R)} - \frac{R}{D \cdot B} \right) \right] \right\} = t^2 / 2 \quad (2.120)
\end{aligned}$$

Полученное выражение представляет собой зависимость $\varphi_1(t)$.

Делением (2.104) на (2.105) приходим к уравнению вида $X_A(\varphi_1)$:

$$X_A = \int_0^{\varphi_1} \frac{D \cdot R \cdot A \cdot \cos\varphi_1}{R - D \cdot B \cdot \cos\varphi_1} \cdot d\varphi_1 = \frac{R \cdot A}{D \cdot B} \cdot \varphi_1 + \frac{D^2 \cdot B - R^2 \cdot A}{D \cdot B} \cdot I_1 \quad (2.121)$$

Откуда с учётом (2.76-2.78), (2.94) и (2.117) получаем:

$$X_A = \varphi_1 + N \cdot t^2 \cdot \frac{\left(\frac{m_1}{12} + m_2 + m_3\right) \cdot BA^2 - m_1 + m_2 + m_3}{2 \cdot (m_1 + m_2 + m_3) \cdot \left(\frac{m_1}{12} + m_2 + m_3\right) \cdot BA^2} \quad (2.122)$$

Далее перейдём к (2.92) и перепишем это выражение в следующем виде:

$$\ddot{\varphi}_2 - \frac{c \cdot l}{d} \varphi_2 = \frac{N}{d} - \text{const} \quad \text{или} \quad \ddot{\varphi}_2 - k \cdot \varphi_2 = U \quad (2.123)$$

при начальных условиях ($\dot{\varphi}_{20} = 0; \varphi_{20} = 0$) решение уравнения имеет следующий вид:

$$\varphi_2 = \frac{U}{2 \cdot k} \cdot e^{-\sqrt{k}\tau} \cdot (e^{\sqrt{k}\tau} - 1)^2$$

или
$$\varphi_2 = \frac{N}{2 \cdot C \cdot l} \cdot e^{-\sqrt{\frac{C \cdot l}{d}} \tau} \cdot (e^{\sqrt{\frac{C \cdot l}{d}} \tau} - 1)^2 \quad (2.124)$$

Решение уравнения (2.93) можно представить как:

$$\varphi_3 = 0.5 \cdot \frac{M_{\text{рез}}}{f} \cdot \tau^2 + C_1 \cdot \tau + C_2 \quad (2.125)$$

где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования, определяемые из начальных условий ($\dot{\varphi}_{30} = 0$; $\varphi_{30} = 0$)

$$\varphi_3 = 0.5 \cdot \frac{F_{\text{рез}}}{f} \cdot \tau^2$$

после подстановки $f = \frac{m_3 \cdot l_3^2}{3}$ получаем уравнение движения звена 3:

$$\varphi_3 = 1.5 \cdot \frac{F_{\text{рез}}}{m_3 \cdot l_3^2} \cdot \tau^2 \quad (2.126)$$

Таким образом, на основе кинематического исследования плоского механизма с 4-мя степенями свободы получена математическая модель в виде его уравнений движения (2.120, 2.122, 2.124, 2.126), которые позволяют варьировать массы и размеры звеньев, анализировать, прогнозировать траектории и скорости их перемещения, а также отдельных точек этих звеньев. Кроме того, можно рассчитать суммарную жесткость всех упругих элементов, входящих в состав механизма, определить усилие на резание стеблей.

2.4 Обоснование конструктивных параметров косилки

К основным конструктивным параметрам косилки, обеспечивающим полное скашивание растительности в приствольной полосе, включающей в себя межствольное пространство и зону приствольного круга, следует отнести диаметр отбойных колес, начальный угол установки поворотной секции к направлению движения агрегата, а также величину смещения оси вращения поворотной секции относительно собственной геометрической оси.

Требуемый диаметр отбойных колес D_1 и D_2 , будет определяться необходимостью обеспечения среза растительности режущими сегментами d_{p_1} и d_{p_2} с приствольной полосы шириной a как при движении косилки между стволами деревьев так и при обработке приствольного круга диаметра D_k с учетом их взаимного перекрытия, для исключения огрехов (рисунок 2.14).

С учетом данного требования диаметр отбойного колеса 1 будет определяться как:

$$D_1 = 0,5(a - d_{ш}) \quad (2.127)$$

Требуемый диаметр отбойного колеса 2:

$$D_2 = a + c - D_1 \quad (2.128)$$

где: a – ширина приствольной полосы, м; c – перекрытие роторов необходимое для исключения огрехов, м; $d_{ш}$ – диаметр штамба дерева, м;

Поскольку одной из основных функций отбойных колес является предохранение штамба дерева от повреждений режущими сегментами в процессе выполнения технологического процесса, то диаметр каждого из роторов с режущими сегментами, имеющими общие с ними оси вращения, будет определяться:

$$d_{p_1} = D_1 - 2e ; \quad (2.129)$$

$$d_{p_2} = D_2 - 2e , \quad (2.130)$$

где e – минимально допустимое расстояние между режущим сегментом и штаблом дерева, необходимое для исключения его повреждения, м.

Начальный угол установки поворотной секции α_0 (линии проходящей через центры отбойных колес) к линии перпендикулярной направлению движения необходим для обеспечения условия, при котором ротор 1 будет двигаться первым по направлению движения, что позволит с момента контакта отбойных колес со штаблом дерева до начала проворачивания выносной поворотной секции вокруг последнего, обработать площадь приствольного кру-

га, расположенную за штамбом дерева. Данное условие будет соблюдаться если линия, проходящая центр ротора 1 (точка O_1) и штамба дерева (точка O) будут располагаться на одной линии перпендикулярной направлению движения агрегата.

Для определения начального угла установки поворотной секции α_0 к направлению движения рассмотрим выносную поворотную секцию в момент начала ее вращения вокруг штамба дерева. Считаем, что в течении всего времени, выполнения технологического процесса штамп дерева будет являться окружностью, вписанной между отбойными колесами 1 и 2 (рисунок 2.14).

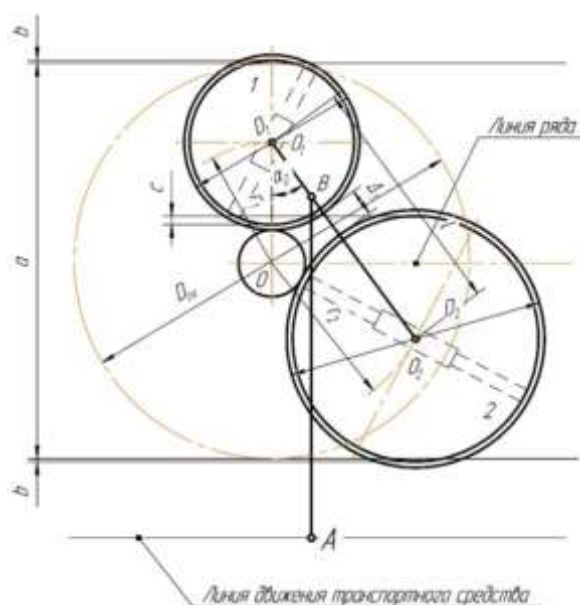


Рисунок 2.14 – Схема к определению конструктивно-технологических параметров косилки

Из равнобедренного треугольника O_1OO_2 , используя теорему косинусов, получим:

$$\alpha_0 = \arccos \frac{r_1^2 + l^2 - r_2^2}{2 \cdot l \cdot r_1}, \quad (2.131)$$

где l – расстояние между роторами, м;

$$l = 0,5(D_1 + D_2) + \Delta \quad (2.132)$$

где Δ - величина зазора между отбойными колесами назначаемая из конструктивных соображений, м.; r_1, r_2 - радиусы направляющих окружностей, по которым перемещаются центры роторов с режущими сегментами 1 и 2 при скашивании растительности вокруг штамба дерева, м.

$$r_1 = r_{ш} + R_1$$

$$r_2 = r_{ш} + R_2$$

Для определения влияния величины смещения оси вращения поворотной секции относительно собственной геометрической оси на полноту площади обработанной вокруг штамба дерева, найдем величину угла поворота ротора 2 вокруг штамба дерева, рассмотрев выносную поворотную секцию в начальном (штриховая линия) и конечном положениях.

Угол поворота ротора 2 при перемещении из начального положения в конечное будет определяться как сумма углов:

$$\beta = \beta_0 + \beta_1 + \beta_2 \quad (2.133)$$

где: β_0 – начальный угол, составляемый осью, соединяющей центры ротора 2 и штамба дерева с линией перпендикулярной направлению движения агрегата, град; β_1 – угол, составляемый выносным рычагом с линией, перпендикулярной направлению движения агрегата, в момент начала отрыва ротора 2 от штамба дерева, град; β_2 – угол, составляемый осью проходящей через центр ротора 2 и штамп дерева с поворотным рычагом в момент начала отрыва, град.

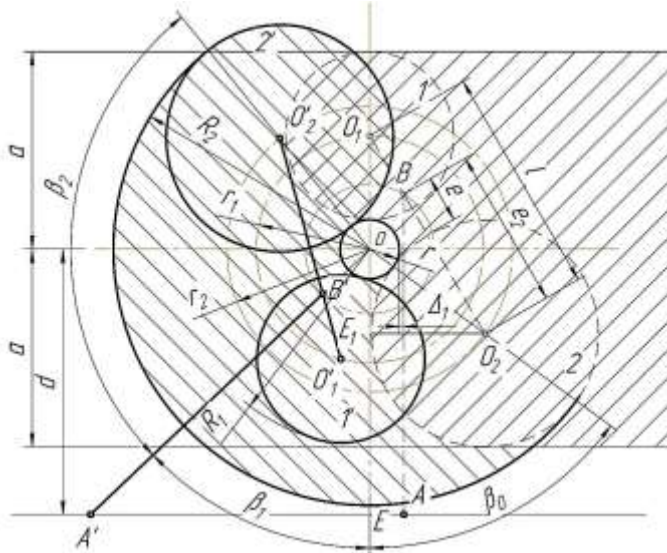


Рисунок 2.15 – Схема к определению угла поворота вокруг штамба поворотной секции

Определим значение каждого из углов, входящих в выражение (2.133).

Из прямоугольного треугольника OO_2E_1 (рисунок 2.15):

$$\beta_0 = \arccos \frac{l \cos \alpha_0 - 0,5(R_1 + d_{ш})}{r_2} \quad (2.134)$$

Для определения углов β_1 и β_2 рассмотрим косилку в положении максимального расстояния от центра штамба дерева до ползуна A , при условии сохранения контакта:

Из прямоугольного треугольника $A'OE$:

$$\beta_1 = \arccos \frac{d}{l_1 + r_3} \quad (2.135)$$

Из треугольника OO_2B' используя теорему косинусов:

$$\beta_2 = \arccos \frac{r_3^2 + r_2^2 - e_2^2}{2 \cdot r_3 \cdot r_2} \quad (2.136)$$

Подставляя значение каждого из углов в выражение (2.133) получим:

$$\beta = \arccos \frac{l \cos \alpha_0 - 0,5(R_1 + d_{\text{ш}})}{r_2} + \arccos \frac{d}{l_1 + r_3} + \arccos \frac{r_3^2 + r_2^2 - e_2^2}{2 \cdot r_3 \cdot r_2} \quad (2.137)$$

Как видно из последнего выражения, величина угла поворота ротора 2 вокруг штамба дерева будет зависеть от геометрических параметров элементов поворотной секции. Обеспечение требуемого, для полной обработки приствольного круга, угла поворота ротора 2 вокруг штамба дерева возможно за счет варьирования значением входящего в выражение (2.137) параметра e_2 – выноса режущего рабочего органа ротора 2 относительно оси вращения. Максимального значения данного параметра можно добиться смещением оси вращения поворотной секции относительно геометрической оси (величина e), при соблюдении условия нетравмирования штамба дерева (соблюдение зазора Δ_1 между поворотным рычагом и штамбом дерева).

2.5 Исследование кинематики режущего аппарата косилки при скашивании растительности вокруг штамба дерева

Кинематический анализ работы режущего аппарата предлагаемой конструкции косилки, необходим для определения конструктивно-режимных параметров, обеспечивающих качественное выполнение технологического процесса при скашивании растительности вокруг штамба дерева.

Примем, что в течении всего времени выполнения технологического процесса транспортное средство, с которым агрегируется косилка перемещается прямолинейно равномерно параллельно линии ряда, предохранительные колеса 1 и 2 находясь в постоянном контакте со штамбом дерева, обес-

печивают перемещение роторов с режущими сегментами по направляющим окружностям постоянных радиусов r_1 и r_2 .

В соответствии с принятыми допущениями косилка может быть представлена как кривошипно-ползунный механизм с осью направляющей не проходящей через ось вращения кривошипа, и отстоящей от нее на расстоянии $d = const$ (рис. 2.16), а выносная поворотная секция с предохранительными колесами 1 и 2, в частности, как эпициклический механизм, в котором подвижные колеса 1 и 2 (предохранительные колеса) перекачиваются по неподвижному колесу 3 (штамб дерева).

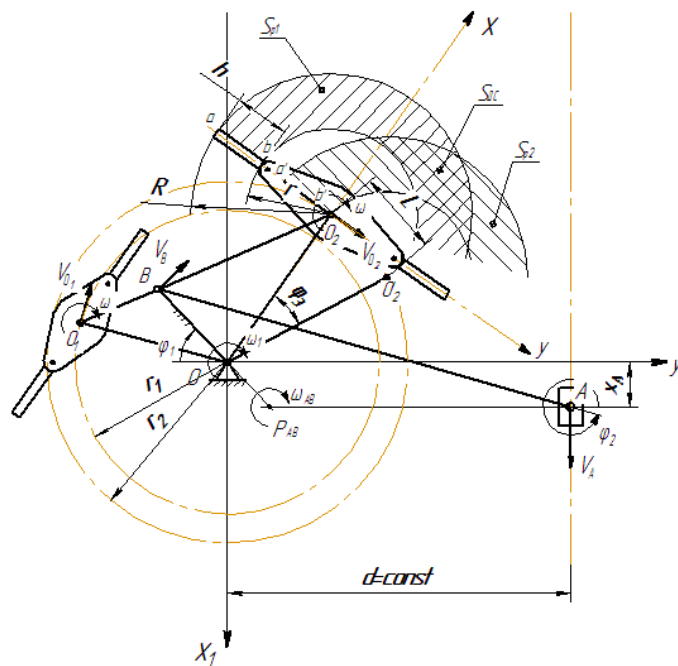


Рисунок 2.16 – Схема к исследованию кинематики режущего аппарата косилки при скашивании растительности вокруг штамба дерева

Ведущим звеном в этом механизме является ползун A (транспортное средство), ведомым звеном является жестко связанное с кривошипом OB звено 4. Поступательное перемещение ползуна A с постоянной скоростью V_A в направлении оси x , вызывает вращение кривошипа OB , а также жестко связанного с ним звена 4, с постоянной угловой скоростью ω , вынуждая при

этом, колеса 1 и 2 перекаатываются, без проскальзывания, по неподвижному колесу 3. Силы, приложенные к системе, обеспечивают безотрывный контакт отбойных колес со штаблом дерева, вследствие чего центры роторов с режущими сегментами перемещаются по направляющим окружностям радиусов r_1 и r_2 с постоянной угловой скоростью ω .

Уравнения движения ползуна А:

$$\left. \begin{aligned} x_A &= V_M \cdot t - x_H \\ y_A &= d \end{aligned} \right\} \quad (2.138)$$

где V_M – поступательная скорость транспортного средства, с которым агрегатируется косилка, м/с; t – время, с; x_H – начальная координата, м; d – расстояние от линии ряда до линии движения транспортного средства, м.

Уравнения движения роторов 1 и 2 соответственно:

$$\varphi_1 = \omega_1 \cdot t \quad (2.139)$$

$$\varphi_2 = \varphi_0 + \omega_1 \cdot t \quad (2.140)$$

где ω_1 – угловая скорость вращения центров роторов, рад/с; φ_0 – начальный угол поворота оси ротора 2, град;

Выберем неподвижную, абсолютную систему координат с центром в неподвижной точке O и обозначим ее Ox_1y_1 . Подвижную, относительную систему координат выбираем с центром в точке O_2 , ось O_1y направляем по линии связывающей центры O и O_1 , ось O_1x направляем перпендикулярно к оси O_1y . Система координат O_1xy жестко связана с диском и, следовательно, перемещается с ним по направляющей окружности радиуса r_2 с постоянной угловой скоростью ω_1 .

Движение точек режущего аппарата состоит из переносного вращения центра режущего аппарата вокруг оси O_1 с угловой скоростью ω и относительного движения – вращения вокруг оси O с угловой скоростью ω_1 .

Предварительно примем условие, что поскольку частота вращения ротора с режущими сегментами, необходимая для обеспечения условий бесподпорного среза, намного выше частоты вращения поворотной секции вокруг штамба дерева, то принимаем, что длина дуги окружности $L = O_1O_1'$. В своих трудах [84, 122] авторы расчет площадок, пробегаемых ножом, ведут как для окружности. Тогда, в соответствии с данными допущениями, лезвие ab срежет растения на площадке S_1 , следующий сегмент cd срежет растения на площадке S_2 . Верхняя заштрихованная площадка (заштрихованная крестообразно), ограниченная линиями окружности обоих сегментов, определяет площадь холостой работы второго сегмента S_x , так как растения, которые стояли на этой площадке, были срезаны сегментом ab .

Пусть в произвольный момент времени t центр диска O_1 переместится в точку O_1' при повороте кривошипа OO_1 на угол $\varphi_1 = \omega_1 t$. В то же время центр диска с сегментами повернется на угол $\varphi = \omega t$.

Нескошенной площадки не будет, если

$$x_d - x_a = h, \quad (2.141)$$

где h – длина режущего сегмента, м.

Для выполнения технологического процесса скашивания растительности вокруг штамба дерева с надлежащим качеством (отсутствие не пробегаемых ножами площадок) должно соблюдаться условие:

$$L = h, \quad (2.142)$$

где L – величина пути проходимого центром ротора с режущими сегментами по дуге направляющей окружности при его повороте на угол φ , м.

Лезвие cd пройдет через ось x при угле поворота диска:

$$\varphi = \omega \cdot t_p = \pi, \quad (2.143)$$

где t_p – время поворота ротора с режущими сегментами на требуемый угол, с.

Время поворота диска на угол φ (при установке на роторе двух режущих сегментов) составит:

$$t_p = \frac{\pi}{\omega}, \quad (2.144)$$

где ω -угловая скорость вращения ротора с режущими сегментами, c^{-1}

Величина пути, проходимого центром ротора при повороте относительно штамба дерева:

$$L = r_2 \cdot \Delta\varphi_1 = r_2 \cdot \omega_1 t_c, \quad (2.145)$$

где $\Delta\varphi_1$ – величина угла поворота поворотной секции вокруг штамба дерева, град; ω_1 – угловая скорость вращения поворотной секции вокруг штамба дерева, c^{-1} ; t_c – время поворота ротора с режущими сегментами на угол φ_1 , с.

Время, за которое точка O_1 переместится в положение O_1' :

$$t_c = \frac{L}{r_2 \omega_1}. \quad (2.146)$$

Условием качественного функционирования косилки будет являться соблюдение требования:

$$t_p = t_c. \quad (2.147)$$

Подставляя значения (2.144) и (2.146) в выражение (2.147) получаем:

$$\frac{\pi}{\omega} = \frac{h}{r_2 \omega_1} \quad (2.148)$$

Выражение (2.148) связывает между собой режимные (ω , ω_1) и конструктивные (h) параметры режущего аппарата косилки при скашивании растительности вокруг штамба дерева.

Из выражения (2.148) получим:

$$\omega_1 \leq \omega \frac{h}{\pi \cdot r_2} \quad (2.149)$$

Выражение (2.149) является условием работоспособности ротационного режущего аппарата косилки при скашивании растительности вокруг штамба дерева.

Для движущегося первым ротора 2, при $r_2 = 0,3$ м и $h = 0,15$ м должно выполняться условие:

$$\omega_1 \leq 0,15\omega$$

При несоблюдении данного требования будут наблюдаться непрокосы.

Выразим угловую скорость вращения поворотной секции вокруг штамба дерева ω_1 через скорость и перемещение транспортного средства.

Скорость точки B , принадлежащей кривошипу OB совершающему вращательное движение вокруг точки O совместно со звеном 4, будет определяться как:

$$V_B = r_1 \cdot \omega_1, \quad (2.150)$$

где $r_1 = OB$ - радиус окружности по которой перемещается точка B , м;
 ω_1 - угловая скорость вращения кривошипа OB , рад/с.

Точка B принадлежит также звену AB , совершающему плоское движение.

Мгновенный центр скоростей шатуна AB находится в точке пересечения перпендикуляров, восстановленных в точках A и B к направлениям их скоростей.

Скорость точки B

$$V_B = V_A \frac{AP_{AB}}{BP_{AB}}, \quad (2.151)$$

где AP_{AB} и BP_{AB} - расстояния от точек A и B до мгновенного центра скоростей соответственно.

Из выражения (2.150) угловая скорость вращения кривошипа OB :

$$\omega_1 = \frac{V_B}{r_1} = \frac{V_A}{r_1} \cdot \frac{AP_{AB}}{BP_{AB}} \quad (2.152)$$

Расстояния BP_{AB} и AP_{AB} в зависимости от перемещения x_A могут быть определены как:

$$AP_{AB} = d - \frac{x_A}{\tan \varphi_1}; \quad (2.153)$$

$$BP_{AB} = r_1 - \frac{x_A}{\sin \varphi_1}, \quad (2.154)$$

где φ_1 – угол поворота кривошипа OB при перемещении транспортного средства.

Тогда с учетом выражений (2.153) и (2.154) выражение (2.152) принимает вид:

$$\omega_1 = \frac{V_A}{r_1} \cdot \frac{d - \frac{x_A}{\tan \varphi_1}}{r_1 - \frac{x_A}{\sin \varphi_1}}. \quad (2.155)$$

Для определения значения угла φ_1 , в зависимости от перемещения x_A спроецируем ломанную OBA на оси OY и OX :

$$\left. \begin{aligned} r_1 \cos \varphi_1 + d - l \cos \varphi_2 &= 0 \\ r_2 \sin \varphi_1 + x_A - l \sin \varphi_2 &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (2.156)$$

где x_A – смещение точки A относительно начала системы координат (центра штамба дерева), м;

d – расстояние между линиями ряда и линией движения транспортного средства, м; φ_1 – угол поворота кривошипа OB , град; φ_2 – угол поворота шатуна AB , град.

Из второго уравнения системы (2.156) имеем

$$\sin \varphi_2 = \frac{r_2 \sin \varphi_1 + x_A}{l}. \quad (2.157)$$

Из уравнения (2.156) следует:

$$\cos \varphi_2 = \sqrt{1 - \left(\frac{r_2 \sin \varphi_1 + x_A}{l} \right)^2} = \frac{1}{l} \sqrt{l^2 - (r_2 \sin \varphi_1 + x_A)^2}. \quad (2.158)$$

Подставляя выражение (2.157) в первое уравнение системы (2.156), получаем

$$r_1 \cos \varphi_1 - \sqrt{l^2 - (r_1 \sin \varphi_1 + x_A)^2} + d = 0. \quad (2.159)$$

далее

$$r_1 \cos \varphi_1 + d = \sqrt{l^2 - (r_1 \sin \varphi_1 + x_A)^2}. \quad (2.160)$$

После возведения правой и левой частей уравнения (2.160) в квадрат и преобразований получаем

$$2r_1 d \left(\cos \varphi_1 - \frac{x_A}{d} \sin \varphi_1 \right) = l^2 - r^2 - d^2 + x_A^2. \quad (2.161)$$

Из рисунка 2.16 следует, что

$$\tan \alpha = \frac{x_A}{d}. \quad (2.162)$$

Тогда уравнение (2.161) примет вид:

$$2r_1 d (\cos \varphi_1 - \tan \alpha \sin \varphi_1) = l^2 - r^2 - d^2 + x_A^2 \quad (2.163)$$

Из уравнения (2.163) получаем:

$$\frac{2r_1 d}{\cos \alpha} \cos(\alpha + \varphi_1) = l^2 - r^2 - d^2 + x_A^2 \quad (2.164)$$

т.к.

$$\cos \alpha = \frac{1}{\sqrt{1 + \tan^2 \alpha}} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{x_A^2}{d^2}}} \quad (2.165)$$

то уравнение (2.164) примет вид:

$$\cos(\alpha + \varphi_1) = \frac{l^2 - r^2 - d^2 + x_A^2}{2r_1 d \sqrt{1 + \frac{x_A^2}{d^2}}} \quad (2.166)$$

Отсюда окончательно получаем выражение для угла φ_1 поворота кривошипа OB в функции переменного расстояния x_A .

$$\varphi_1 = \arctan \frac{x_A}{d} + \arccos \frac{l^2 - r^2 - d^2 + x_A^2}{2r_1} \quad (2.167)$$

Таким образом, проведенный анализ работы режущего аппарата косилки при скашивании растительности вокруг штамба дерева показывает, что качество выполнения технологического процесса будет зависеть от соотношения угловой скорости вращения ротора с режущими сегментами к угловой скорости вращения центра ротора относительно штамба дерева, которая в свою очередь находится в прямой зависимости от поступательной скорости агрегата.

На основании, приведенных выше, расчетных зависимостей определены конструктивно-режимные параметры предлагаемой косилки: поступательная скорость до 7,0 км/ч при угловой скорости вращения ротора 2 с режущими сегментами от 150 до 210 с⁻¹.

2.6 Выводы по главе

1. На основе предложенного принципа обхода штамба дерева, разработана конструктивно-технологическая схема косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах, позволяющая скашивать травяную растительность без вывода рабочего органа из линии ряда и повреждения коры штамбов деревьев.

2. Получены аналитические зависимости, позволяющие определить рациональные параметры поворотной секции, обеспечивающие ее обход вокруг штамба дерева; рациональные параметры ротационного режущего аппарата косилки при скашивании растительности вокруг штамба дерева (частота вращения ротора с режущими сегментами и поступательная скорость движения агрегата), пределы изменения этих параметров.

4. Определены рациональные конструктивно-режимные параметры предлагаемой косилки: поступательная скорость до 7,0 км/ч при угловой скорости вращения ротора 2 с режущими сегментами от 150 до 210 с⁻¹; допустимые значения коэффициента жесткости $c_1 \leq 2480$ Н/м.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

3.1 Методика экспериментального исследования и измерительные средства

Экспериментальные исследования технологического процесса работы косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах проводились с целью проверки теоретических выводов, определения наиболее значимых факторов и влияния каждого из них на качественные показатели скашивания травяной растительности вдоль ряда плодовых насаждений на террасах, получения достаточной информации о технологическом процессе работы косилки для установления основных зависимостей и оценки ее эффективности.

В процессе экспериментальных исследований предусматривалось решить следующие вопросы:

- разработать опытный образец предлагаемой косилки.
- исследовать процесс работы косилки и смоделировать процесс скашивания травяной растительности при обходе штамба дерева.
- провести агротехническую оценку работы косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений в террасном садоводстве.
- разработать блок-схемы и алгоритмы для решения задач по выбору оптимальных конструктивно-режимных параметров опытного образца косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений в террасном садоводстве.

В соответствии с этим осуществлена следующая программа экспериментальных исследований:

1. Подготовка экспериментальной установки для исследования рабочего процесса скашивания растительности вокруг штамба и вдоль ряда плодовых насаждений.
2. Определение зависимости степени удаления растительности от конструктивно-режимных параметров работы косилки;
3. Исследование основных конструктивно-режимных параметров работы предлагаемой косилки с использованием методики планирования многофакторного эксперимента.

Экспериментальные исследования проводились на основе: ГОСТ 28722-2018 «Техника сельскохозяйственная. Косилки и косилки-плющилки. Методы испытаний», ГОСТ Р. 54783-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Основные положения», ГОСТ 20915-2011 «Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний» [26-28].

В 2018-2019 гг. проводились лабораторные экспериментальные исследования рабочих органов предлагаемой косилки в научно-исследовательской лаборатории «Пилотные технологии и технические средства в АПК» ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, а в 2020-2021 гг. производственные испытания проводились в ООО «Племенной совхоз «Кенже» (г.о. Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика).

В начале выполнения опытов осуществлена регулировка и настройка рабочих органов в учетом РДМУ 109-77.

Общая методика испытаний рабочих органов косилки дополнена частными методиками в соответствии с программой исследований.

При проведении многофакторного эксперимента выбран классический вариант, когда одна переменная изменяется, а все остальные переменные принимают постоянное значение на одном уровне. Критериями оценки работы рабочих органов предлагаемой косилки явились их работоспособность и качественные показатели.

Лабораторные исследования проводились на естественном травостое луга на произвольно выбранном ровном участке. Высота стеблей растений на опытном участке составляла 100...300 мм, средний диаметр стеблей составлял 1 ...4 мм.

Обработанная зона разбивалась на участки площадью 1 м² каждый, после чего, на каждом из них, собирали и взвешивали срезанные растения (рис. 3.1).



Рисунок 3.1 – Контроль степени удаления растительности

Далее на каждом из разбитых участков, срезали и взвешивали несрезанные растения и все части растений, расположенные выше установленной высоты среза.

Степень удаления растительности вычисляли по формуле:

$$K_{уд} = \left(1 - \frac{q_{н.рi}}{q_{с.рi}} \right) \cdot 100 \% , \quad (3.1)$$

где $q_{н.р_i}$ – масса несрезанных растений на участке площадью 1 м² за i -ю повторность, г; $q_{с.р_i}$ – масса срезанных растений на участке площадью 1 м² за i -ю повторность, г.

После фиксирования результатов, изменялись значения факторов и эксперимент повторялся.

Для взвешивания массы несрезанных, а также частично срезанных растений при обработке приствольного круга, использованы лабораторные весы ВМ (рис. 3.2), предназначенные для статических измерений массы различных веществ и материалов в соответствии с ГОСТ 24104-01.



Рисунок 3.2 – Весы лабораторные ВМ.

Высоту среза растительности, диаметр штамба, а также геометрические параметры косилки определялись с помощью измерительных инструментов: рулетки, линейки и штангенциркуля. Ошибка измерений не превышала 3%.

3.2 Описание экспериментальной установки

Для проведения исследований были разработана экспериментальная установка, общий вид которой приведен на рисунке 3.3.



Рисунок 3.3 – Общий вид экспериментальной установки

Экспериментальная установка состоит из передвижной сварной рамы с установленным на ней электротельфером 1, предназначенным для перемещения по продольным направляющим 2 каретки 3 с закрепленной на ней косилкой 4.

Привод роторов с режущими сегментами осуществлялся от электродвигателя 5.

Частота вращения роторов с режущими сегментами регулируется путем установки на вал электродвигателя сменных шкивов различных диаметров.

Скорость перемещения косилки регулировали изменением диаметров блоков, входящих в механизм полиспаста, посредством которого приводной барабан электротельфера связывался с передвижной кареткой.

Техническая характеристика электродвигателя привода ротационного режущего аппарата приведена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Техническая характеристика электродвигателя

Типоразмер двигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Кратность пускового тока, А	КПД, %	Коэффициент мощности, $\cos \varphi$
АИР100L4	4	1500	6,5	85,5	0,81

Экспериментальная установка работает следующим образом. Для исследования процесса скашивания растительности в зоне приствольного круга, предварительно, на расстоянии d от оси симметрии передвижной рамы (предполагаемая линия ряда) вертикально в грунт устанавливалась вешка, имитирующая штамп дерева. В качестве вешек использовались поленья плодовых деревьев различных диаметров (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Вешки для проведения исследований

Экспериментальная установка предварительно устанавливалась на испытательном участке. После запуска установки электротельфер 1 (рис. 3.3) перемещает каретку 3 с закрепленной на ней косилкой 4 по продольным направляющим 2. После начала контакта отбойных колес с вешкой, имити-

рующей штабл дерева, производилось скашивание растительности вокруг каждой из вешек.

После чего, для проведения следующего эксперимента, экспериментальная установка перемещалась на новое место в пределах участка, а в обработанной зоне проводился контроль агротехнологических показателей (рис. 3.5).



Рисунок 3.5 – Скашивание растительности вокруг вешки

3.3 Методика обработки результатов экспериментальных исследований

На основе проведенного теоретического исследования работы косилки установлено, что полнота площади, обработанной роторами с режущими сегментами при их перемещении вокруг штабл дерева зависит от:

- поступательной скорости движения агрегата;
- частоты вращения ротора с режущими сегментами;

- жесткости, входящих в конструкцию косилки упругих элементов;
- линейных характеристик элементов конструкции косилки.

Линейные характеристики элементов конструкции определяются условиями работы косилки в приствольной полосе и корректировке в ходе экспериментальных исследований не подлежат. Следовательно, степень удаления растительности в зоне приствольного круга зависит от трех основных факторов: поступательной скорости движения агрегата V , м/с; частоты вращения ротора с режущими сегментами ω , с^{-1} ; жесткости входящего в конструкцию косилки упругого элемента c_1 , Н/м.

Интервалы варьирования значений указанных параметров, установленные на основании анализа состояния проблемы, приведены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Факторы и уровни их варьирования

Шаг и уровни варьирования факторов	Кодированное (безразмерное) значение факторов	Натуральное значение факторов		
		X_1 (V , км/ч)	X_2 (C_1 , Н/м)	X_3 (ω , с^{-1})
Шаг	-	1,79	600	40
Верхний	+1	1,89	1000	140
Нулевой	0	3,68	1600	180
Нижний	-1	5,47	2200	220

Для составления матрицы планирования эксперимента необходимо установить количество опытов (число строк в матрице эксперимента). При центральном композиционном планировании общее число точек плана при количестве факторов $k=3$ определяется по формуле:

$$N = 2^k + 2k + n_0, \quad (3.2)$$

где 2^k – ядро плана; $2k$ – звездные точки; n_0 – число точек в центре эксперимента.

После подстановки выбранных значений ядра плана, звездных точек и нулевых точек в выражение (3.2) получили $N = 16$.

Перед реализацией плана эксперимента опыты, предусмотренные в плане матрицы эксперимента, рандомизировались, то есть проводились в случайной последовательности. Порядок проведения опытов в случайной последовательности выбирался по таблице случайных чисел. Исследования проводились при варьировании указанных факторов, приведенных в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Матрица трехуровневого плана Бокса-Бенкина для трех факторов

i	X_0	X_1	X_2	X_3	X^2_1	X^2_2	X^2_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	Y_i
1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	Y_1
2	1	1	-1	0	1	1	0	-1	0	0	Y_2
3	1	-1	1	0	1	1	0	-1	0	0	Y_3
4	1	-1	-1	0	1	1	0	1	0	0	Y_4
5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Y_5
6	1	1	0	1	1	0	1	0	1	0	Y_6
7	1	1	0	-1	1	0	1	0	-1	0	Y_7
8	1	-1	0	1	1	0	1	0	-1	0	Y_8
9	1	-1	0	-1	1	0	1	0	1	0	Y_9
10	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Y_{10}
11	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	Y_{11}
12	1	0	1	-1	0	1	1	0	0	-1	Y_{12}
13	1	0	-1	1	0	1	1	0	0	-1	Y_{13}
14	1	0	-1	-1	0	1	1	0	0	1	Y_{14}
15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	Y_{15}

В качестве математической модели функции отклика был выбран полином второго порядка вида:

$$Y = b_o + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j>1}^k b_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2, \quad (3.3)$$

где b_o, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коэффициенты полинома; X_i, X_j – значения факторов, приведенные в кодированном виде.

Для трехфакторного эксперимента уравнение регрессии имеет вид:

$$Y = b_o + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{33} X_3^2 \quad (3.4)$$

При обработке матриц планирования эксперимента проводился дисперсионный и регрессионный анализ. Ошибку параллельных опытов одной серии оценивали по критерию Стьюдента [21, 22, 31, 32, 75, 76, 123].

Однородность дисперсии полученных результатов в каждой точке плана эксперимента проверяли по критерию Кохрена [21, 22, 32, 75, 76, 123].

Обработка результатов эксперимента проводилась по методике, изложенной в работах Ю. П. Адлера [1] и С.В. Мельникова [75].

Адекватность математической модели проверяли по критерию Фишера [1, 21, 22, 32, 75, 76, 123].

Математическая модель адекватно описывает реальный процесс в случае соблюдения условия:

$$F_{расч} < F_{табл} \cdot \quad (3.5)$$

где $F_{расч}, F_{табл}$ – соответственно расчетное и табличное значение критерия Фишера.

Критериями оценки эффективности работы косилки принят степень удаления растительности в зоне приствольного круга.

Результаты экспериментов обрабатывались в соответствии с методами планирования многофакторного эксперимента и математической статистики с использованием ЭВМ [1, 21, 22, 32, 75, 76, 123].

3.4 Оптимизация основных конструктивно-режимных параметров работы косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений

После проведения всех опытов, полученные результаты занесли в таблицы 3.4 для дальнейшего их анализа.

Таблица 3.4 – Результаты экспериментальных исследований (критерий оптимизации – степень удаления растительности $K_{уд}$, %)

i	Фактор			Отклик			
	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_{cp}
1	1	1	0	83,2	78,3	81,8	81,1
2	1	-1	0	78,9	80,2	79,2	79,43
3	-1	1	0	83,8	86,7	82,2	84,23
4	-1	-1	0	85,4	85,4	84,1	84,97
5	0	0	0	95,8	94,5	97,1	95,8
6	1	0	1	80,2	82,8	81,5	81,5
7	1	0	-1	73,7	69,8	71,1	71,53
8	-1	0	1	89,3	88	89	88,77
9	-1	0	-1	75,2	78,2	76,2	76,53
10	0	0	0	95,8	97,8	97,1	96,9
11	0	1	1	89,6	86,7	88	88,1
12	0	1	-1	78,9	77,6	78,9	78,47
13	0	-1	1	89,3	86,7	88	88
14	0	-1	-1	77,6	76,3	76,3	76,73
15	0	0	0	95,4	96,2	95,5	95,7

Коэффициенты регрессии приведены в таблице 3.5.

Таблица 3.5 – Значения коэффициентов регрессии

Расчетная формула	Значение
$b_o = a_1 \sum_{u=1}^N Y_{ucp} - a_2 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp}$	96,1333
$b_1 = a_3 \sum_{U=1}^N X_{1u} Y_{ucp} / N$	-2,6175
$b_2 = a_3 \sum_{U=1}^N X_{2u} Y_{ucp} / N$	0,3463
$b_3 = a_3 \sum_{U=1}^N X_{3u} Y_{ucp} / N$	5,3888
$b_{12} = a_4 \sum_{u=1}^N X_{1u} X_{2u} Y_{ucp}$	0,6025
$b_{13} = a_4 \sum_{u=1}^N X_{1u} X_{3u} Y_{ucp}$	-0,568
$b_{23} = a_4 \sum_{u=1}^N X_{2u} X_{3u} Y_{ucp}$	-0,41 (незначим)
$b_{11} = a_5 \sum_{u=1}^N X_{1u}^2 Y_{ucp} + a_6 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp} - a_7 \sum_{u=1}^N Y_{ucp}$	-8,4716
$b_{22} = a_5 \sum_{u=1}^N X_{2u}^2 Y_{ucp} + a_6 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp} - a_7 \sum_{u=1}^N Y_{ucp}$	-5,2291
$b_{33} = a_5 \sum_{u=1}^N X_{3u}^2 Y_{ucp} + a_6 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp} - a_7 \sum_{u=1}^N Y_{ucp}$	-8,0791

В результате проверки значимости коэффициентов регрессии по критерию Стьюдента установлено, что все коэффициенты значимы, кроме b_{23} .

На основании полученных данных для оценки влияния варьирующих факторов на критерий оптимизации (степень удаления растительности) были составлены уравнения регрессии, имеющие вид:

$$Y_{K_{уд.}} = 96,1333 - 2,6175X_1 + 0,3463X_2 + 5,3888X_3 + 0,6025X_1X_2 - 0,568X_1X_3 - 8,4736X_1^2 - 5,2291X_2^2 - 8,0791X_3^2. \quad (3.6)$$

В результате проверки адекватности уравнения по критерию Фишера установлено, что полученное уравнение регрессии адекватно ($F_{расч} = 2,1927 < F_{расч} = 2,3593$).

Уравнение регрессии (3.6) в раскодированном имеет следующий вид:

$$\begin{aligned}
 K_{\text{уд.}} = & 96,1333 - 2,6175 \left(\frac{V - 3,68}{1,79} \right) + 0,3463 \left(\frac{C_1 - 1600}{600} \right) + 5,3888 \left(\frac{\omega - 180}{40} \right) + \\
 & + 0,6025 \left(\frac{V - 3,68}{1,79} \right) \left(\frac{C_1 - 1600}{600} \right) - 0,568 \left(\frac{V - 3,68}{1,79} \right) \left(\frac{\omega - 180}{40} \right) - \\
 & - 8,4736 \left(\frac{V - 3,68}{1,79} \right)^2 - 5,2291 \left(\frac{C_1 - 1600}{600} \right)^2 - 8,0791 \left(\frac{\omega - 180}{40} \right)^2.
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

После преобразований уравнение (3.7) примет следующий вид:

$$\begin{aligned}
 K_{\text{уд.}} = & -162,2 + 18,5266V + 0,045C_1 + 1,9817\omega + 0,00056VC_1 - \\
 & - 0,0079V\omega - 2,644V^2 - 0,000015C_1^2 - 0,005\omega^2.
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

Для определения значений факторов, обеспечивающих максимальную степень удаления растительности, составлена система дифференциальных уравнений, представляющих частные производные по трем факторам (согласно уравнению (3.6)):

$$\begin{cases} \frac{dY_{K_{\text{уд.}}}}{dt} = -2,6175 + 0,3025X_2 - 0,568X_3 - 16,9472X_1 = 0 \\ \frac{dY_{K_{\text{уд.}}}}{dt} = 0,3463 + 0,6025X_1 - 10,45822X_2 = 0 \\ \frac{dY_{K_{\text{уд.}}}}{dt} = 5,3888 - 0,568X_1 - 16,1582X_3 = 0 \end{cases} . \tag{3.9}$$

В результате решения системы уравнений (3.9), определены оптимальные значения факторов в кодированном виде: $X_1 = -0,165$; $X_2 = 0,024$; $X_3 = 0,3393$. Раскодированные значения факторов: скорость передвижения косилки $V = 3,38$ км/ч; жесткость пружины $C_1 = 1614$ Н/м; угловая скорость вращения ротора $\omega = 194$ с⁻¹. Значение критерия оптимизации (степень удаления растительности) максимально и составляет 97,3%.

Проверка воспроизводимости эксперимента произведена по критерию

Кохрена: $G_{расч} = S^2(y_i)_{MAX} / \sum_{i=1}^N S^2(y_i) = 0,221$. При 5% уровне значимости,

$f_1 = 2, f_2 = 15$ табличное значение критерия Кохрена $G_{табл} = 0,335$. Так как значение расчетного критерия Кохрена меньше табличного, то гипотеза об однородности дисперсий подтверждается.

Уравнение регрессии при нулевом уровне скорости передвижения косилки имеет вид:

$$K_{уд} = -129,8282 + 0,0471C_1 + 1,9526\omega - 0,000015C_1^2 - 0,005\omega^2. \quad (3.10)$$

Поверхность отклика при изменении жесткости пружины и угловой скорости вращения ротора (при нулевом уровне скорости передвижения косилки) представлена на рисунке 3.6.

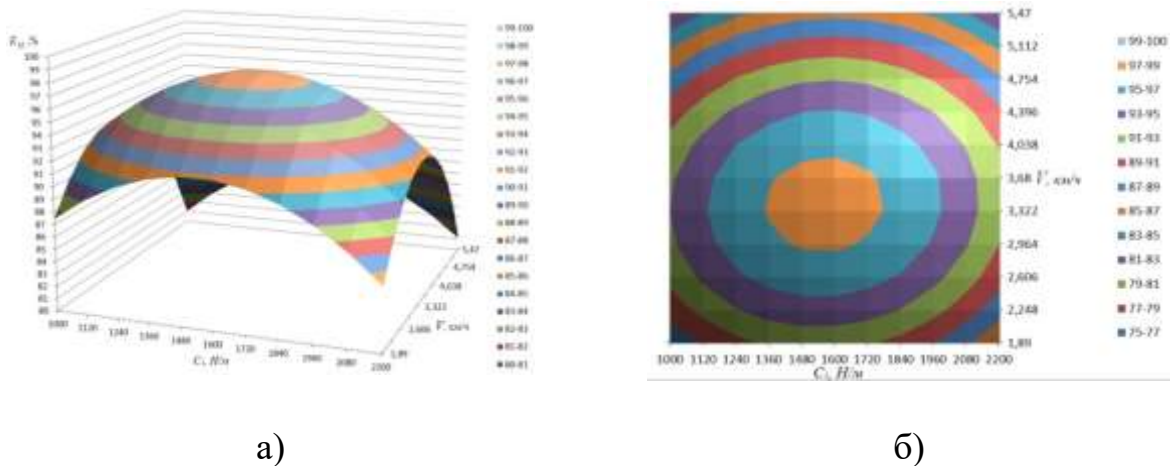


Рисунок 3.6 – Поверхность отклика (а) и двумерное сечение (б) зависимости степени удаления растительности $K_{уд}$ от скорости передвижения косилки V и жесткости пружины C_1 при угловой скорости вращения ротора $\omega = 194 \text{ с}^{-1}$

Уравнение регрессии при нулевом уровне жесткости пружины имеет вид:

$$K_{уд} = -128,6 + 19,4226V + 1,9817\omega - 0,0079V\omega - 2,644V^2 - 0,005\omega^2. \quad (3.11)$$

Поверхность отклика при изменении скорости передвижения косилки и угловой скорости вращения ротора (при нулевом уровне жесткости пружины) представлена на рисунке 3.7.

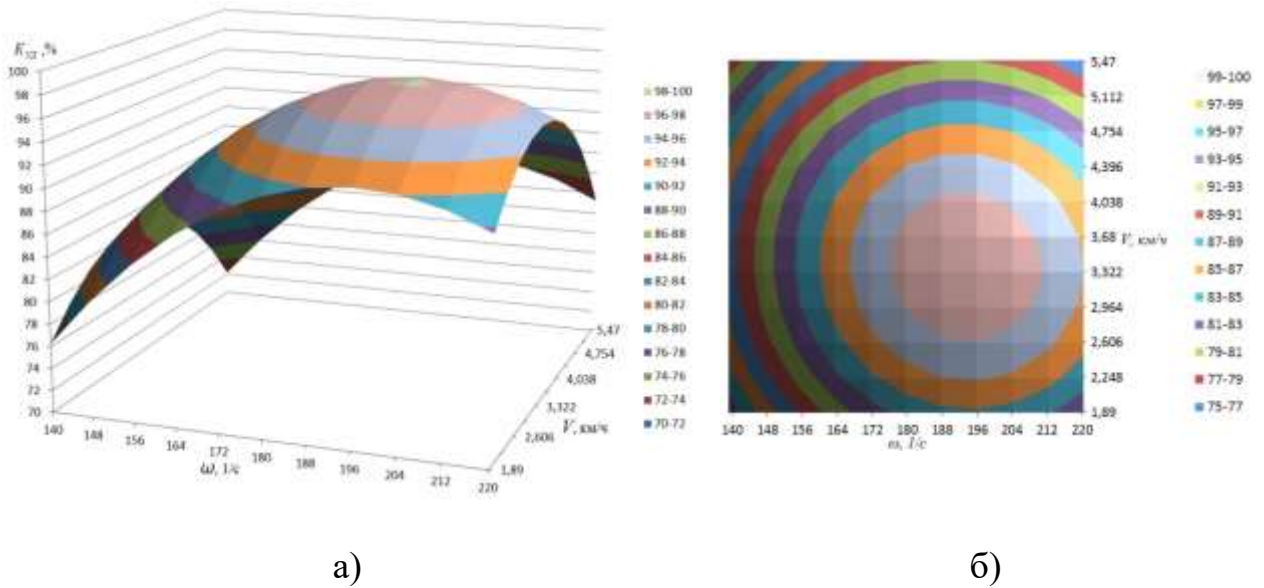


Рисунок 3.7 – Поверхность отклика (а) и двумерное сечение (б) зависимости степени удаления растительности $K_{вд}$ от скорости передвижения косилки V и угловой скорости вращения ротора ω при жесткости пружины $C_1 = 1614$ Н/м

Уравнение регрессии при нулевом уровне угловой скорости вращения ротора имеет вид:

$$K_{вд} = 2,506 + 17,1046V + 0,045C_1 + 0,00056VC_1 - 2,644V^2 - 0,000015C_1^2. \quad (3.12)$$

Поверхность отклика при изменении скорости передвижения косилки и жесткости пружины (при нулевом уровне угловой скорости вращения ротора) представлена на рисунке 3.8.

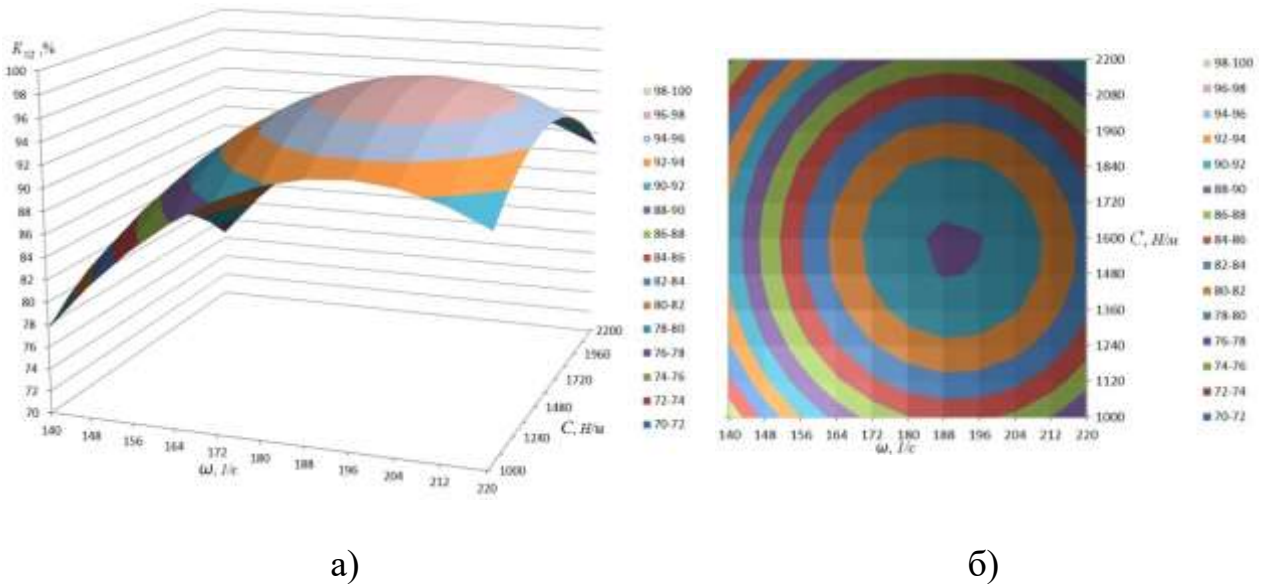


Рисунок 3.8 – Поверхность отклика (а) и двумерное сечение (б) зависимости степени удаления растительности $K_{вд}$ от жесткости пружины C_1 и угловой скорости вращения ротора ω при скорости передвижения косилки $V = 3,38$ км/ч

Анализ результатов многофакторного эксперимента показывает, что минимальное значение критерия оптимизации (степень удаления растительности) 97,3% достигается при следующих значениях варьирующих факторов: скорость передвижения косилки $V = 3,38$ км/ч; жесткость пружины $C_1 = 1614$ Н/м; угловая скорость вращения ротора $\omega = 194 \text{ с}^{-1}$.

3.5 Результаты производственных испытаний косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах

На основании проведенных теоретических и экспериментальных исследований был изготовлен опытный образец косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах (рис 3.9).



Рисунок 3.9 – Опытный образец косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах

Производственные испытания опытного образца косилки проводили в 2020-2021 гг. в садах, размещенных на террасированных склонах ООО Племенной совхоз «Кенже» (г.о. Нальчик, Кабардино-Балкарская республика).

В ходе проведенных испытаний установлены работоспособность рабочих органов предлагаемой косилки и основные технико-эксплуатационные показатели (табл. 3.6). При этом конструкция косилки обеспечивает:

- удаление сорной растительности в приствольной полосе за один проход агрегата вдоль линии ряда;

- необходимую, в соответствии с агротехническими требованиями, степень удаления растительности в пределах приствольной полосы плодовых насаждений;

- ровный срез растительности по высоте 0,07...0,08м;

- измельчение скошенной массы и распределение ее на поверхности почвы в качестве мульчирующего слоя.

Таблица 3.6 – Техничко-эксплуатационные показатели косилки для обработки приствольной полосы плодовых насаждений на террасированных склонах

Техническая характеристика	
Тип машины	Навесная
Агрегатирование	МТЗ-82
Масса косилки, кг	57
Количество роторов с режущими сегментами, шт.	2
Количество режущих сегментов на каждом роторе, шт.	2
Ширина захвата поворотной секции, м.	1
Частота вращения роторов с режущими сегментами, мин ⁻¹	2000
Рабочая скорость агрегата, км/ч.	3,6
Производительность, га/ч.	
За час основного времени, га/ч.	0,36
За час эксплуатационного времени, га/ч.	0,26
Степень удаления растительности, %	97,3
в т. ч. приствольного круга, %	97,3
Расход топлива, л/ч.	12,2

3.6 Выводы по главе

1. Получены регрессионные модели, построены поверхности отклика и двумерные сечения зависимости степени удаления растительности в приствольных полосах плодовых насаждений на террасированных склонах от скорости передвижения агрегата, угловой скорости вращения ротора с режущими сегментами, жесткость пружины и определены оптимальные значения: скорость передвижения агрегата (3,38 км/ч), жесткость пружины (1614 Н/м), угловая скорость вращения ротора (194 с^{-1}). При этих значениях максимальная степень удаления растительности в зоне приствольного круга плодовых насаждений составляет 97,3%.

2. Изготовлен опытный образец косилки для обработки приствольной полосы и проведены производственные испытания.

3. В ходе проведенных испытаний установлены работоспособность рабочих органов предлагаемой косилки и основные ее технико-эксплуатационные показатели: производительность – 0,36 га/ч (за основное время) и 0,26 га/ч (за эксплуатационное время), рабочая скорость передвижения – 3,6 км/ч, количество роторов с режущими сегментами – 2 шт., частота вращения роторов – 2000 мин^{-1} , ширина захвата поворотной секции – 1 м, степень удаления растительности – 97,3 %, масса – 57кг.

4. Установлено, что удаление сорной растительности в приствольной полосе плодовых насаждений происходит за один проход агрегата вдоль линии ряда, при этом обеспечивается ровный срез растительности по высоте 0,07...0,08м, а измельченная травяная масса распределяется на поверхности почвы в качестве мульчирующего слоя.

4. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ

4.1 Экономическая эффективность результатов исследований

Поскольку промышленностью не выпускаются косилки для скашивания растительности в приствольной полосе за один проход агрегата вдоль линии ряда, то в первом варианте рассмотрим, широко применяемый на практике, способ обработки террас, включающий в себя механическое скашивание растительности с части террасы расположенной от откоса до приствольной полосы с последующей обработкой приствольной полосы глифосат-содержащими гербицидами при условии защиты штамбов плодовых деревьев. Для гербицидной обработки приствольной полосы применяем агрегат состоящий из трактора МТЗ-82 и садового гербицидного опрыскивателя НШ 06. 31. Первоначально однократно проводится «жесткая» обработка с высокой нормой расхода гербицидов (4-6 л/га), для того чтобы уничтожить все сорняки, включая многолетние. В дальнейшем на протяжении вегетационного периода, в случае необходимости, могут быть проведены 1-2 более щадящие обработки с меньшей нормой расхода гербицидов (до 2 л/га).

Второй вариант, также включающий в себя механическое скашивание растительности со свободной части террасы, предусматривает последующее двукратное, в течение вегетационного периода, скашивание растительности в приствольной полосе, с применением агрегата, состоящего из трактора МТЗ-82 и разработанной конструкцией косилки.

Прямые эксплуатационные затраты денежных средств в расчете на 1 га рассчитываются в соответствии с выражением [29]:

$$Z_E = Z_O + Z_D + Z_R + Z_A + Z_P + Z_G \quad (4.1)$$

где Z_O – оплата труда обслуживающего персонала, руб./га;

Z_G - затраты средств на горюче-смазочные материалы, руб./га;

Z_R - отчисления на ремонт и техническое обслуживание, руб./га;

Z_A – амортизационные отчисления, руб./га;

Z_P – прочие прямые затраты, руб./га;

Z_G – затраты на приобретение агрохимикатов, руб./га.

Исходные данные для расчета экономической эффективности использования предлагаемой косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений приведены в Приложении XXI,

Затраты средств на оплату труда обслуживающего персонала вычисляются по формуле

$$Z_O = \frac{1}{W} k \cdot \tau \quad (4.2)$$

где k - число обслуживающего персонала, чел.;

W – эксплуатационная производительность агрегата, га/ч;

τ – оплата труда обслуживающего персонала, руб./чел.-ч;

Вариант А

$$Z_{O_1} = \frac{1}{1} \cdot 1 \cdot 120 \cdot 1 = 120 \text{ руб./га}$$

Вариант Б

$$Z_{O_2} = \frac{1}{0,5} \cdot 1 \cdot 120 \cdot 1 = 240 \text{ руб./га}$$

Затраты средств на горюче-смазочные материалы вычисляют по формуле:

$$Z_D = q_T S_T \quad (4.3)$$

где q_T – удельный расход топлива, кг/га;

S_T – цена 1 кг топлива, руб.

Удельный расход топлива рассчитываем по формуле:

$$q_T = \frac{Q}{W} \quad (4.4)$$

где Q - размер часового расхода топлива, кг/ч.

$$Q = 0,7gN \quad (4.5)$$

где 0,7 – коэффициент перевода единицы измерения мощности двигателя из кВт в л.с.;

g – удельный расход топлива, г·кВт/ч (для трактора МТЗ-82 принимаем 0,230 кг кВт/ч);

N – мощность двигателя, л.с.

для трактора МТЗ-82:

$$Q = 0,7 \cdot 230 \cdot 75 = 12075 \text{ г/ч или } 12 \text{ кг/ч}$$

Вариант А

$$Z_{D_1} = \frac{12}{1} \cdot 45 = 540 \text{ руб./га}$$

Вариант Б

$$Z_{D_2} = \frac{12}{0,5} \cdot 45 = 1080 \text{ руб./га}$$

Затраты средств на ремонт и техническое обслуживание вычисляют по формуле

$$Z_R = \frac{(B_M \cdot R_M + B_T \cdot R_T \cdot T_M/T_T)}{W_G \cdot 100} \quad (4.6)$$

где B_M, B_T – балансовая стоимость машины и трактора, руб.;

R_M, R_T – нормы ежегодных отчислений на ремонт и техобслуживание в процентах от балансовой стоимости машины и трактора, %;

T_M, T_T –

W_M – годовая выработка машины, га;

Вариант А

$$Z_{R_1} = \frac{140000 \cdot 11 + 870000 \cdot 9,9 \cdot 120/1095}{120 \cdot 100} = 207 \text{ руб./га}$$

Вариант Б

$$Z_{R_2} = \frac{59000 \cdot 7 + 870000 \cdot 9,9 \cdot 190/1095}{76 \cdot 100} = 251 \text{ руб./га}$$

Затраты средств на амортизационные отчисления

$$Z_A = \frac{(B_M \cdot A_M + B_T \cdot A_T \cdot T_M/T_T)}{W_G \cdot 100} \quad (4.7)$$

A_M, A_T – нормы ежегодных амортизационных отчислений в процентах от балансовой стоимости машины и трактора, %;

Вариант А

$$Z_{A_1} = \frac{140000 \cdot 16,7 + 870000 \cdot 9,1 \cdot 120/1095}{120 \cdot 100} = 267,1 \text{ руб./га}$$

Вариант Б

$$Z_{A_1} = \frac{59000 \cdot 14,3 + 870000 \cdot 9,1 \cdot 190/1095}{76 \cdot 100} = 291,8 \text{ руб./га}$$

Прочие прямые затраты (руб./га):

$$Z_P = (Z_O + Z_G + Z_R + Z_A) \cdot 0,04, \quad (4.8)$$

Вариант А

$$Z_{P_1} = (120 + 540 + 207 + 267,1) \cdot 0,04 = 45,4 \text{ руб./га}$$

Вариант Б

$$Z_{P_2} = (240 + 1080 + 251 + 291,8) \cdot 0,04 = 74,5 \text{ руб./га}$$

При обработке гербицидами приствольной полосы к прямым затратам следует также отнести затраты на приобретение агрохимикатов

$$Z_G = q_g S_g \quad (4.9)$$

где q_g – средний за сезон расход гербицидов, л/га;

S_g – цена 1 л гербицидов, руб.

$$Z_G = 6 \cdot 708 = 4248 \text{ руб./га}$$

Прямые эксплуатационные затраты:

Вариант А

$$Z_{E_2} = 120 + 540 + 207 + 267,1 + 45,4 + 4248 = 5427,5 \text{ руб./га}$$

Вариант Б

$$Z_{E_2} = 240 + 1080 + 251 + 291,8 + 74,5 = 1937,3 \text{ руб./га}$$

Удельные капиталовложения определяются по формуле

$$K_U = \frac{(B_M \cdot n + B_T \cdot T_M / T_T)}{W_G} \quad (4.10)$$

Вариант А

$$K_{U_1} = \frac{140000 + 870000 \cdot 120 / 1095}{120} = 1961,2 \text{ руб./га}$$

Вариант Б

$$K_{U_2} = \frac{59000 + 870000 \cdot 190 / 1095}{76} = 2762,6 \text{ руб./га}$$

Приведенные затраты по сравниваемым вариантам в расчете на 1 га:

$$Z_P = n \cdot (Z_E + K_U \cdot E_N), \quad (4.11)$$

где n – количество обработок приствольной полосы за сезон;

E_N – нормативный коэффициент эффективности капиталовложений

(для с.х. техники $E_N = 0,15$)

Вариант А

$$Z_{P_1} = 3 \cdot (5427,5 + 1961,2 \cdot 0,15) = 5721,7 \text{ руб./га}$$

Вариант Б

$$Z_{P_2} = 3 \cdot (1937,3 + 2762,6 \cdot 0,15) = 4703,4 \text{ руб./га}$$

Годовой экономический эффект по приведенным затратам:

$$Z_{PG} = (Z_{P_1} - Z_{P_2}) \cdot W_{G_2} = (5721,7 - 4703,4) \cdot 76 = 77390,8 \text{ руб.}$$

где годовая загрузка косилки, га:

$$W_{G_2} = W_{C_2} \cdot T_{M_2} = 0,5 \cdot 190 = 76$$

Срок окупаемости машины определяется по формуле:

$$T_O = \frac{B_M}{Z_{PG}} = \frac{59000}{77390,8} = 0,76 \text{ лет} \quad (4.12)$$

Показатели экономической эффективности использования, разработанной конструкции косилки, в системе ухода за приствольными полосами приведены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Основные технико-экономические показатели сравниваемых вариантов

Показатели	Способ обработки приствольной полосы		Разница
	Обработка гербицидами	Скашивание	
Прямые эксплуатационные затраты, руб./га	5427,5	1937,3	-3490,2
в том числе:			
- оплата труда обслуживающего персонала, руб./га;	120	240	+120
- затраты средств на горюче-смазочные материалы, руб./га;	540	1080	+540
- отчисления на ремонт и техническое обслуживание, руб./га;	207	251	+44
- амортизационные отчисления, руб./га;	267,1	291,8	+24,7
- прочие прямые затраты, руб./га;	45,4	74,5	+29,1
- затраты на приобретение гербицидов, руб./га.	4248	-	-4248
Удельные капиталовложения, руб./га	1961,2	2762,6	+801,4
Приведенные затраты за вегетационный период в соответствии с агротехническими требованиями, руб./га	5721,7	4703,4	-1018,3
Годовой экономический эффект по приведенным затратам, руб.	-	77390,8	-
Срок окупаемости машины, лет	-	0,76	-

4.2 Выводы по главе

1. Проведенный теоретический расчет показывает высокую экономическую эффективность от применения предлагаемой конструкции косилки.

2. Годовой экономический эффект применения разработанной конструкции косилки в системе ухода за приствольными полосами составляет 77390,8 рублей, срок окупаемости машины 0,76 лет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования

1. Разработана конструктивно-технологическая схема косилки для обработки приствольных полос на террасированных склонах, позволяющая полностью удалять растительность в приствольной полосе за один проход агрегата вдоль линии ряда, без повреждения штамбов деревьев.

2. Получены аналитические зависимости, позволяющие определить условия, обеспечивающие обработку всей площади приствольного круга при обходе штамба дерева поворотной секцией, конструктивно-режимные параметры косилки (размеры и угловую скорость вращения режущих сегментов, угловую скорость вращения поворотной секции вокруг штамба дерева, диаметр отбойных колес; начальный угол установки и величину смещения поворотной секции, жесткость упругих элементов, скорость движения).

3. Определены рациональные конструктивно-режимные параметры предлагаемой косилки: поступательная скорость до 7,0 км/ч при угловой скорости вращения ротора 2 с режущими сегментами от 150 до 210 с⁻¹; коэффициент жесткости упругого элемента поворотного рычага: $c_1 \leq 2480$ Н/м.

4. Получены регрессионные модели, позволяющие установить зависимость степени удаления растительности в приствольных полосах плодовых насаждений от скорости передвижения косилки, угловой скорости вращения ротора, жесткости пружины и определены оптимальные значения: скорость передвижения косилки (3,38 км/ч), жесткость пружины (1614 Н/м), угловая скорость вращения ротора (194 с⁻¹). При этих значениях максимальная степень удаления растительности в зоне приствольного круга плодовых насаждений составляет 97,3%.

5. В ходе проведенных испытаний установлены работоспособность рабочих органов предлагаемой косилки и основные ее технико-

эксплуатационные показатели: производительность – 0,36 га/ч (за основное время) и 0,26 га/ч (за эксплуатационное время), количество роторов с режущими сегментами – 2 шт., частота вращения роторов - 2000 мин⁻¹, ширина захвата поворотной секции – 1 м, масса – 57кг.

б. Реализация предлагаемой косилки в сравнении с существующей технологией позволит обеспечить годовой экономический эффект в размере 77390,8 рублей. Срок окупаемости составляет 0,76 лет.

Рекомендации производству

Предлагается использовать разработанную косилку для снижения антропогенной нагрузки на многолетние насаждения. Разработанная косилка может быть использована конструкторскими организациями при создании косилок для скашивания травостоя в приствольных полосах многолетних насаждений

Перспективы дальнейшей разработки темы

Разработка средств механизации по уходу за многолетними насаждениями для экологически безопасной технологии их возделывания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Адлер, Ю.П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
2. Алиев, Т.Г. Агробиологическое обоснование применения гербицидов в плодовых и ягодных насаждениях / Т.Г. Алиев// дисс. ... докт. с/х. наук: 06.01.07, 06.01.11. – Мичуринск-Наукоград, 2007. – 617 с.
3. Алексеева, С.А. Борьба с сорняками в приствольных полосах сливы /С.А. Алексеева, Ж.Х. Бакуев, Г.В. Быстрая/ Защита и карантин растений. - 2011. – № 4. – С. 37-38
4. Андрианова, Г.П. Влияние системы содержания почвы в саду на почвенное плодородие и урожай яблони / Андрианова Г.П. – Алма-Ата: Кайнар, 1972. – С. 84-95.
5. Аниферов, Ф.Е. Машины для садоводства / Ф.Е. Аниферов, Л.И. Ерошенко, И.З. Теплинский. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 304 с.
6. Апажев, А.К. Комплекс технологий и технических средств возделывания сельскохозяйственных культур в системе органического земледелия с использованием инновационных биологических средств защиты, методов мелиорации и экологизации / А.К. Апажев, Ю.А. Шекихачев, Л.М. Хажметов, Е.А. Полищук [и др.]. – Нальчик, 2020. – 216 с.
7. Апажев, А.К. Инновационные технологические и технические решения по повышению плодородия почв в условиях склоновых эродированных черноземных почв Юга России / А.К. Апажев, Ю.А. Шекихачев, Л.М. Хажметов, Р.Х. Кудаев, А.Л. Хажметова [и др.]. – Нальчик: КБГАУ, 2018. – 264 с.

8. Апажев, А.К. Математическое моделирование процесса скашивания растительности с приствольных полос плодовых деревьев в садах / А.К. Апажев, Ю.А. Шекихачев, Х.К. Каздохов, Е.А. Полищук // АгроЭкоИнфо. – 2020. – №3. – Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2020/3/st_312.pdf.

9. Арнаут, В. Разработка кинематической схемы для выдвигаемого рабочего органа почвообрабатывающих машин в многолетних насаждениях / В. Арнаут // [Электронный ресурс] <http://dspace.uasm.md> URL: /bitstream/handle/123456789/3694/Vol_45_128-33.pdf?sequence=1&isAllowed (дата обращения 15.06.2017 г.)

10. Артоболевский, И. И. Теория механизмов и машин / Артоболевский И. И. // - М.: Наука. 1988. – 640 с.

11. Бакуев, Ж.Х. Освоение склонов Северного Кавказа под интенсивные сады / Ж.Х. Бакуев // Матер. Всеросс. науч.конф., «Генезис, география, классификация почв и оценка почвенных ресурсов». – Архангельск, 2010. – С.247-250.

12. Бакуев, Ж.Х. Интенсификация садоводства КБР путем создания оптимальных типов и конструкций плодовых насаждений короткого цикла эксплуатации / Ж.Х. Бакуев // Сборник завершенных научных работ в области АПК, рекомендуемых для внедрения в производство. – Нальчик 2006. – С.38-40.

13. Бакуев, Ж.Х. Интенсификация возделывания груши в предгорьях КБР / Ж.Х. Бакуев, А.В. Сатибалов, А.В. Канаметов // Матер. Междунар. НПК «Новации в горном и предгорном садоводстве» - Нальчик, 2011. – С.9-12.

14. Бакуев, Ж.Х. Интенсификация садоводства в предгорьях Северного Кавказа / Бакуев Ж.Х. – Нальчик, 2012. – 369с.

15. Балкаров, Р.А. Ресурсосберегающие технологии и средства механизации механизированного ухода за плодовыми деревьями на террасированных склонах / Р.А. Балкаров // Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. – М., 2004. – 36 с.

16. Балкаров, Х.Ж. Новая технология террасирования склонов под сады / Х.Ж. Балкаров // Сб. научных трудов СКНИИГПС.– Нальчик, 1990. – Вып. 11. – С.58-69.

17. Белоусов, С.В. Анализ способов и технических средств для обработки приствольных полос в садах / Белоусов С.В., Бойко А.А., Бабенко О.С., Харченко А.А., Пасечников А.Д.// Сб. тр. VII Междунар. науч.-практ. конф. "Инновационные технологии в науке и образовании" ("ИТНО-2019"), посвящ. 90-летию ДГТУ (РИСХМ), Дон. гос. техн. ун-т. – Ростов-на-Дону, 2019. – С. 308-312

18. Бесаев, А. Н. Разработка и обоснование параметров захватывающего устройства стряхивателя плодуборочного комбайна / Бесаев А. Н. //дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Владикавказ, 2002. – 216 с.

19. Босой, Е.С. Режущие аппараты уборочных машин / Е.С. Босой. – М.: Машиностроение, 1967. – 167 с.

20. Варламов, Г.П. Машины для уборки фруктов / Г.П. Варламов. – М.: Машиностроение, 1978. – 216 с.

21. Вознесенский, В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский, Н.А. Чернова. – М.: Статистика, 1974. – 192 с.

22. Вучков, И.С. Прикладной регрессионный анализ / И.С. Вучков, Л.Д. Бояджиева, Е.Н. Солаков. – М.: Финансы и статистика, 1987. – 239 с.

23. В Кабардино-Балкарии собран рекордный урожай плодов и ягод [Электронный ресурс] /Режим доступа: <https://pravitelstvo.kbr.ru> URL:

https://pravitelstvo.kbr.ru/oigv/minselhoz/index.php?ELEMENT_ID=33204 (дата обращения: 28.01.21).

24. Гасанов, М.М. Фрезерная обработка почвы с обходом кустов в фундучных садах: дис. ... канд. техн. наук 05.20.01. – Кировабад, 1984. –178 с.

25. Горное и предгорное садоводство требует кластерного подхода [Электронный ресурс] / Режим доступа: <https://nalchik.bezformata.com/listnews/gornoe-i-predgornoe-sadovodstvo/48751567/> (дата обращения: 28.01.21).

26. ГОСТ 28722-2018 Техника сельскохозяйственная. Косилки и косилки-плющилки. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2019. – 35 с.

27. ГОСТ Р. 54783- 2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2020. – 20 с.

28. ГОСТ 20915-2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний - М.: Стандартинформ, 2020. - 24 с.

29. ГОСТ 53056-2008 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Стандартинформ, 2009. – 20 с.

30. Градштейн, И.С. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений / Градштейн И.С., Рыжик И.М. – М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1963 г. – 1100 с.

31. Джашеев, К.А.-М. Номограммный метод анализа результатов многофакторного эксперимента / К.А.–М. Джашеев, З.А.–М. Джашеева // Успехи современного естествознания. – 2008. – № 8 – С. 19–28.

32. Джонсон, Н. Статистика и планирование эксперимента в науке и технике. Методы обработки данных / Н. Джонсон, Ф. Лион. – М.: Мир, 1980. - 610 с.

33. Драгавцев, А.П. Горное плодоводство /А.П. Драгавцев. – М.: Сельхозиздат, 1958. – 431 с.

34. Егожев, А.М. Косилка для террасного садоводства / А.М. Егожев, М.Х. Мисиров, Е.А. Полищук, А.А. Егожев // Сельский механизатор. –2018. – № 9. – С. 10-13.

35. Егожев, А.М. Двухроторная косилка для террасного садоводства / А.М. Егожев, Е.А. Полищук, А.А. Егожев // Сельский механизатор. – 2019. – № 12. – С. 8-9.

36. Егожев А.М. Универсальная садовая косилка / Егожев А.М., Полищук Е.А. // В сборнике: Научное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса регионов РФ. Материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 497-499.

37. Егожев А.М., Окашивающая косилка / Егожев А.М., Полищук Е.А., Егожев А.А.// В сборнике: Инженерное обеспечение инновационного развития агропромышленного комплекса России. сборник научных трудов VIII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Ю.М. Хаширова. 2019. С. 107-109.

38. Егожев А.М. Обоснование параметров поворотной секции косилки для террасного садоводства / Егожев А.М., Полищук Е.А., Егожев А.А. // Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2020. № 2 (28). С. 126-130.

39. Егожев А.М. Обоснование динамических параметров окашивающей косилки /Егожев А.М., Полищук Е.А., Егожев А.А.// Известия Кабардино-Балкарского государственного аграрного университета им. В.М. Кокова. 2020. № 3 (29). С. 113-118.

40. Егожев А.М. Параметры и режимы работы ротационной косилки для террасного садоводства / Егожев А.М., Полищук Е.А., Егожев А.А. // В сборнике: Экономические, био-технико-технологические аспекты устойчивого сельского развития в условиях цифровой трансформации. Сборник науч-

ных трудов по итогам VII Международной научно-практической конференции памяти Б.Х. Жерукова. Нальчик, 2019. С. 48-51.

41. Желиговский, В.А. Экспериментальная теория резания лезвием / В.А. Желиговский // Труды МИМЭСХ. – М., 1940. – Вып. 9. – 27 с.

42. Жилицкий, Я.З. Выбор выдвижных секций для обработки междовольных полос в садах / Жилицкий Я.З., Герасимов Н.И. // Труды ВНИИС им. И. В. Мичурина. – 1967. – Вып. 12. – С. 183-190.

43. Завражнов, А.И. Проблемы и пути механизации обработки почвы в интенсивных садах / А.И. Завражнов, К.А. Манаенков // Интенсивное садоводство: Матер, науч.-практ. конф. – Мичуринск, 2000. – Ч. 2. – С.8-13.

44. Завражнов, А.И. Энергосберегающая технология и комплекс машин для обработки почвы в интенсивных слаборослых садах: учебное пособие / А.И. Завражнов, К.А. Манаенков. – Мичуринск, 2002. – 105 с.

45. Завражнов, А.И. Исследование равномерности распределения травы при ее отбрасывании в сторону рабочими органами косилки / А.И. Завражнов, К.А. Манаенков, В.В. Хатунцев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2006. – № 2. – С. 173–180.

46. Завражнов, А.И. Исследование процесса перемещения скошенной массы в приствольные полосы рабочими органами косилки для интенсивного садоводства / А.И. Завражнов, К.А. Манаенков, В.В. Хатунцев // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – № 8. – С.39-43.

47. Камбулов, С.И. Влагодобеспеченность обрабатываемого слоя почвы при различных технологиях возделывания / С.И. Камбулов, В.Б. Рыков, В.В. Колесник [и др.] // Инновации в сельском хозяйстве. – 2017. - №4 (25). – С.222-227.

48. Камбулов, С.И. Влияние технологии обработки почвы на влагодобеспеченность обрабатываемого слоя / С.И. Камбулов, В.Б. Рыков, Е.И. Трубилин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал

Кубанского государственного аграрного университета. – 2018. – №135. – С.50-57.

49. Камбулов, С.И. Энергетическая оценка комбинированного орудия для обработки почвы в садах / С.И. Камбулов, А.В. Пономарев // «Состояние и перспективы развития агропромышленного комплекса» сборник научных трудов XXII Международной научно-практической конференции в рамках XXII Агропромышленного форума юга России и выставки «Интерагромаш». Донской госуниверситет. Аграрный научный центр «Донской». – Ростов-на-Дону. – 2019. – С.317-320.

50. Карпенко, М.И. Обоснование оптимальных технологических параметров ротационного режущего аппарата косилок с пониженной скоростью ножей: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.01 / Карпенко М. И. – Глеваха, 1984. – 17 с.

51. Каштанов, А.Н. Почвоводоохранное земледелие / Каштанов А.Н., Заславский М.Н. М.: Россельхозиздат, 1984. – 462 с.

52. Корнилович, Р.А. Совершенствование режущего аппарата ротационной косилки / Корнилович Р.А. // дисс. к.т.н.: 05.20.01. – Рязань, 2007. – 153 с.

53. Косилка Zaunkönig для криволинейного бруса [Электронный ресурс] / URL: <http://klass-kolomna.ru/equipment/kneilmann/mower/> (дата обращения 15.07.2018 г.)

54. Котысько, В. И. Виброударный штамбовый стряхиватель плодов / Котысько В. И. // дисс. ... к.с/х.н.: Москва, 1998 – 168 с.

55. Красовский, В.В. Анализ существующих теорий работы ротационного режущего аппарата косилки для скашивания сидератов в междурядьях многолетних насаждений / В.В. Красовский, П.А. Догота // Научные труды ЮФ НУБиПУ «КАТУ». – Симферополь, 2013. – Вып. 153. – С. 164–175.

56. Красовский, В.В. Обоснование параметров и режимов работы косилки для скашивания сидератов в междурядьях садов и виноградников / Красовский В. В. // Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Симферополь, 2017. – 23с.

57. Кузнецов, Г.Я. Механизация обработки почвы многолетних насаждений [Электронный ресурс] / Плодоводство и виноградарство Юга России. 2016, № 39 - С. 68-76. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/16/03/07.pdf>. (дата обращения: 15.01.2021).

58. Кутейников, В. К. Механизация работ в садоводстве / В. К. Кутейников, Н. П. Лосев, А. В. Четвертаков и др. М.: Колос, 1983. – 319 с.

59. Куренной, Н.М. Плодоводство / Н.М. Куренной, В.Ф. Колтунов, В.И. Черепяхин. М.: Агропромиздат, 1985. – 399 с.

60. Лобачевский, Я.П. Развитие технических средств для возделывания многолетних насаждений в садоводстве России и Беларуси [Электронный ресурс] / Я.П. Лобачевский, И.Г. Смирнов, А.Н. Юрин, Д.О. Хорт, Р.А. Филиппов// - Режим доступа: <http://belagromech.by/docs/sado.pdf> (дата обращения: 25.04.2018).

61. Лучков, П.Г. Освоение склонов под промышленную культуру яблони / П.Г. Лучков. – Нальчик: Эльбрус, 1976. – 186 с.

62. Лучков, П.Г. Садоводство на склонах / П.Г. Лучков, Л.А. Шомахов. – М.: Россельхозиздат, 1985. – 150 с.

63. Лучков, П.Г. Мульчирование почвы в молодых садах на склонах / П.Г. Лучков, Г.А. Пономаренко, Р.Х. Кудаев // Садоводство и виноградарство. – 1989. – №4. – С.28-30.

64. Львин, Н.С. Технология выращивания плодовых культур на склонах Молдавии. – Кишинев: Штиница, 1986. – 125 с.

65. Майоров, Ю.И. Потери от водной эрозии почв в сельском хозяйстве и пути их снижения. – Воронеж, 1991. – 192 с.

66. Макаренко, В.А. Исследование и обоснование технологического процесса и рабочего органа для скашивания травы в задерненных садах / В.А. Макаренко // дис. канд. техн. наук: 05.20.01. – Москва, 1972. – 191 с.

67. Макаров, А.Н. Исследование и обоснование рациональных геометрических и режимных параметров рабочих органов для обработки почвы приствольных кругов/ А.Н. Макаров // Автореф. дис. канд. техн. наук . – Краснодар, 1973. – 26 с.

68. Манаенков, К.А. Защитная зона рядов яблонь при обработке почвы в интенсивных садах / К.А. Манаенков // Садоводство и виноградарство. - 2000. – № 3 . – С .7-8.

69. Манаенков, К.А. Математическое моделирование процесса скашивания травы в междурядьях слаборослых садов с одновременным мульчированием приствольных полос / К.А. Манаенков, В.В. Хатунцев // Труды ученых Мичуринского государственного аграрного университета: Сб. науч. трудов. – Воронеж: Кварта, 2005. – С.102-113.

70. Манаенков, К.А. Состояние и перспективы разработки устройств для скашивания сидератов в слаборослых садах / К.А. Манаенков, В.В. Хатунцев // Инженерное обеспечение АПК: Матер, науч.- практ. конф. 23 - 24 октября 2003 г. – Мичуринск: Изд-во МичГАУ, 2004. – С.56-60.

71. Манаенков, К.А. Ресурсосберегающие технологии и комплекс машин для ухода за почвой в интенсивных садах / Манаенков Константин Алексеевич // Автореф. дисс. доктор техн. наук: 05.20.01. – Мичуринск-наукоград, 2010. – 38с.

72. Манаенков, К.А. Машины для скашивания травы в междурядьях / К.А. Манаенков, В.В. Хатунцев, П.Н. Кузнецов // Наука и образование. – 2019. – Т. 2 (№4). – С. 265.

73. Машины для механизации работ в садоводстве: Каталог техники / Под общей ред. И.М. Куликова. – М., 2005. – 120 с.

74. Машина для скоса травы вокруг стволов деревьев ZIG-ZAG 350 [Электронный ресурс] - Режим доступа: http://selhozpostavka.com.ua/cat.shredders_residues/garden/804.html (дата обращения 22.02.2018 г.)

75. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рошин // – Л.: Колос, 1972. – 199 с.

76. Методические указания по статистической обработке экспериментальных данных в мелиорации и почвоведении / Э. А. Бишоф и др. – Л.: СКНИИГиМ, 1977. – 275 с.

77. Мирзоев, М.М. Горное садоводство Узбекистана / М.М. Мирзоев. – Ташкент, 1982. – 200 с.

78. Минсельхоз РФ: темпы закладки садов в КБР вдвое превышают показатели по стране [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tass.ru/v-strane/9342469> (дата обращения 01.10.2020 г.)

79. Мульчирователь садовый ELITE L190 + BDR. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://maximum-agro.ru/goods/Mulchirovateli-INO-ELITE-L> (дата обращения 08.06.2017 г.)

80. Насталенко, П.И. Влияние дерново-перегнойной системы содержания почвы на рост, урожайность и товарные качества плодов яблони / П.И. Насталенко // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии, №1, 1990, – С. 23-25.

81. Новоселов, Н.А. Экологически безопасные методы борьбы с сорняками // Земледелие, 1989. – №12. – С. 24-27.

82. Об утверждении Доктрины продовольственной безопасности Российской Федерации [Указ Президента РФ от 21 января 2020 г. № 20] :[Электронный ресурс] / Гарант – Режим доступа: : <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/73338425/> (дата обращения 22.03.2020 г.)

83. Обзор промышленного садоводства на юге России / <https://agbz.ru> / URL: <https://agbz.ru/news/obzor-promyishlennogo-sadovodstva-na-yuge-rossii/> (дата обращения: 07.08.19).

84. Овчиннико, Я.Л. К вопросу совершенствования работы ротационного режущего аппарата / Я.Л. Овчинников, И.А. Куянов // Ползуновский альманах, 2009. – Т.2(№3). – С. 260-263

85. Особов, В.И. Сеноуборочные машины и комплексы / В.И. Особов, Г.К. Васильев // - М.: Машиностроение, 1983. – 304 с.

86. Пархоменко, Г.Г. Совершенствование технологического процесса обработки почвы в рядах многолетних насаждений/ Г.Г. Пархоменко // дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – зерноград, 2000. – 192 с.

87. Пат. №1168131 SU МПК А01D 34/08 Косилка для окашивания штамбов деревьев / Шомахов Л.А., Шекихачев Ю.А.; заявл. 19.05.1987; опубл. 15.12.1988. Бюлл. № 46.

88. Пат. № 2272388 Российская Федерация МПК А01В 39/16 Машина для обработки приствольных полос в саду / Бросалин В.Г., Манаенков К.А.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Мичуринский государственный аграрный университет»; заявл. 21.06.2004; опубл. 27.03.2006. Бюлл. № 26.

89. Пат. № 2349073 Российская Федерация МПК А01D34/00. Механизм навески рабочего органа косилки для окашивания штамбов плодовых деревьев / Бугов Х.У., Полищук Е.А., Балкаров Р.А., Бербеков В.Н., Шомахов

Л.А., Шекихачев Ю.А.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия»; заявл. 16.10.2006; опубл. 20.03.2009. Бюлл. № 8.

90. Пат. № 112589 Российская Федерация МПК А01D34/00. Механизм навески режущего аппарата косилки для окашивания штамбов плодовых деревьев / Шомахов Л.А., Полищук Е.А., Апажев А.К., Каздохов Х.К.; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО «Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия имени В.М. Кокова»; заявл. 26.07.2011; опубл. 20.01.2012. Бюлл. № 2.

91. Пат. № 164780 Российская Федерация МПК А01D34/84. Косилка садовая окашивающая / Шомахов Л.А., Полищук Е.А., Апажев А.К., Егожев А.М., Егожев А.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова»; заявл. 22.03.2016; опубл. 20.09.2016. Бюлл. № 26.

92. Пат. № 170119 Российская Федерация МПК А01D34/84. Косилка окашивающая / Шомахов Л.А., Полищук Е.А., Апажев А.К., Егожев А.М., Шекихачев Ю.А., Егожев А.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова»; заявл. 17.01.2017; опубл. 14.04.2017. Бюлл. № 11.

93. Пат. № 173053 Российская Федерация МПК А01D34/84. Косилка окашивающая для молодого сада/ Шомахов Л.А., Шекихачев, Ю.А. Егожев А.М., Апажев А.К., Полищук Е.А., Заммюев А.У.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова»; заявл. 01.06.2017; опубл. 08.08.2017. Бюлл. № 22.

94. Пат. № 2650409 Российская Федерация МПК А01D 34/08 Косилка для окашивания штамбов деревьев/ Шомахов Л.А., Шекихачев Ю.А., Егожев А.М., Апажев А.К., Полищук Е.А., Заммюев А.У.; заявитель и патентообладатель

тель ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова»: заявл. 14.08.2017; опубл. 11.04.2018. Бюлл. № 11.

95. Пат. №182922 Российская Федерация МПК А01D 34/84 Косилка для приствольной полосы / Егожев А.М., Полищук Е.А., Егожев А.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова»: заявл. 16.04.2018; опубл. 06.09.2018. Бюлл. № 25.

96. Пат. №185141 Российская Федерация МПК А01D 34/84 Механизм поворота секции окашивающей косилки / Егожев А.М., Полищук Е.А., Егожев А.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова»: заявл. 19.06.2018; опубл. 22.11.2018. Бюлл. № 33.

97. Пат. №192794 Российская Федерация МПК А01D 34/84 Окашивающая косилка / Егожев А.М., Апажев А.К., Полищук Е.А., Егожев А.А.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова»; заявл. 17.06.2019; опубл. 01.10.2019. Бюлл. № 28.

98. Пат. № 197070 Российская Федерация А01D 34/84. Косилка для террасного садоводства/ А.М. Егожев, А.К. Апажев, Е.А. Полищук, А.А. Егожев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова»; заявл. 09.12.2019; опубл. 27.03.2020. Бюлл. № 9.

99. Петросян, К.Г. Обоснование технологии и рациональной схемы устройства с равномоментным ножом для обработки почвы межствольных полос в интенсивных садах / Петросян К.Г. // дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01. – Ереван, 1984. – 154 с.

100. Пилюгин, Л.М. Механизация обработки приствольных полос / Пилюгин Л.М., Денисов А.М // Садоводство. – 1966. – № 5. – С. 19-20.

101. Площадь плодово-ягодных садов в КБР шесть лет увеличилась в 1,5 раза [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://tass.ru/ekonomika/12619515> (дата обращения: 12.03.2020)

102. Полищук, Е.А. Системы содержания почвы в садах /Полищук, Е.А.// В сборнике: Современные проблемы, перспективы и инновационные тенденции развития аграрной науки. Международная научно-практическая конференция, посвященная 85-летию со дня рождения члена-корреспондента РАСХН, д.в.н., профессора М.М. Джамбулатова. 2010. С. 380-382.

103. Попов, В.Б. Анализ технологического процесса кошения растенной ротационными режущими аппаратами /Попов В.Б., Голушко П.Е., Иванов А.А., Чаус В.П.// Вестник ГТУ им. П.О. Сухого. – 2009. – № 3. – С.32-39.

104. Постановление Правительства РФ от 14 июля 2012 г. N 717 "О Государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия на 2013 - 2020 годы" / <https://www.garant.ru/> URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70110644/> (дата обращения: 21.01.15).

105. Потапов, В. А. Содержание почвы в молодых садах при уплотненной посадке плодовых деревьев / Потапов В. А.//: Автореферат дис. ... к. с/х. н. – Мичуринск, 1968. – 21 с.

106. Потапов, В. А. Борьба с эрозией почв в промышленных садах / Потапов В. А. – М.: Росагропромиздат, 1990. – 123 с.

107. Придорогин, М.В. Концепция залужения почвы в молодых плодовых садах, способы ее осуществления и оценка эффективности: Практические рекомендации / М.В. Придорогин, В.К. Придорогин. – Тамбов: Изд-во ТГУ им. Г.Р. Державина, 2005. – 385 с.

108. Пронь, А.С. Система машин для комплексной механизации садоводства и виноградарства / А.С. Пронь, В.А. Бондарев, И.М. Белянский // Си-

стема ведения сельского хозяйства в Краснодарском крае (Рекомендации). – Краснодар, 1986. – С. 218-223.

109. Пронь, А.С. Исследование и разработка технологических процессов и новых технических средств для садоводства /Пронь А. С.// Дисс. ... д-ра с./х. наук (в виде научного доклада). – Краснодар, 1996. – 53 с.

110. Райские сады на склоновых землях [Электронный ресурс] Режим доступа: <https://nalchik.bezformata.com/listnews/rajskie-sadi-na-sklonovih-zemlyah/69534582/> (дата обращения: 12.03.2020).

111. Раузин, Е.Г. Сады на террасах / Раузин Е.Г. – Алма-Ата: Кайнар, 1983. – 138 с.

112. Резник, Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н.Е. Резник. – М.: Машиностроение, 1975. – 311 с.

113. Рубин, С.С. Системы содержания почвы в садах / С.С. Рубин // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. – 1984. – №4. – С.6-11.

114. Рубцов, В.В. Содержание почвы в саду / Рубцов В.В., Рубцова Н.И. – Нальчик, 1969. – 88 с.

115. Рябов, Е.К., Орлов В.В. Эффективные способы защиты почв от эрозии // Земледелие. – 1981. – №2. – С. 32-33.

116. Сальников, С.В. Ротационная косилка для технологий залуженного содержания междурядий в многолетних насаждениях / Сальников С.В. // дисс. ...канд. техн. наук: 05.20.01. – Москва, 2000. – 111 с.

117. Сборник агротехнических требований на тракторы и сельскохозяйственные машины. – М., 1963. – Т. 2. – С. 295-297.

118. Сердечный А.П. Механизация работ в садоводстве. –М.: Россельхозиздат, 1972. – С. 3-21.

119. Сизый, В.В. Воздействие щупа следящей системы на шпалерные столбы // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1984. – №10. – С. 35-38.
120. Сухоцкий, М.И. Применение гербицидов в садоводстве // Современное садоводство. – 2015. – №2. – С. 123-125 Электронный журнал
121. Трубилин, Е.И. Совершенствование технологического процесса работы ротационного культиватора для обработки приствольных полос в садах: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Краснодар, 1985. – 20 с.
122. Турбин, Б.Г. Сельскохозяйственные машины / Б.Г. Турбин и др. – Л.: Машиностроение, 1967. – 578 с.
123. Финни, Д. Введение в теорию планирования экспериментов / Д. Финни. – М.: Наука, 1970. – 287 с.
124. Фомин, В.И. Исследование бесподпорного среза трав / В.И. Фомин // Труды ВИСХОМ. – М., 1962. – Вып. 39. – С. 3-56.
125. Фомин, В.И. К расчету ротационного режущего аппарата / В.И. Фомин // Труды ВИСХОМ, Сб. 29. – М., 1962. – С.3-55.
126. Хабаров, С.Н. Особенности биологического способа борьбы с сорной растительностью в приствольной зоне облепихи / С.Н. Хабаров, А.А. Канарский, Т.М. Нелюбова, А.В. Шишкин// Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2018. – №6. – С.28-33.
127. Хажметов, Л.М. Анализ конструкций террас и способов их размещения на склоновых землях / Л.М. Хажметов, А.К. Езаов, А.С. Сасиков // международный научный журнал «Символ науки». 2016. – №2. – С. 88-90.
128. Хажметова, А.Л. Параметры и режимы работы агрегата для ухода за междурядьями и приствольными полосами плодовых насаждений / Хажметова А.Л. // дисс. ...канд. техн. наук: 05.20.01. – Нальчик, 2019. – 149 с.

129. Хатунцев, В.В. Технология и косилка для мульчирования приствольных полос в интенсивных садах / Хатунцев В. В. // Автореф. дисс. канд. техн. наук: 05.20.01. – Мичуринск-наукоград РФ, 2009. – 23 с.

130. Худолей, А.В. Механизация обработки приствольных полос в садах // Садоводство, виноградарство и виноделие Молдавии. – 1964. – № 2. – С. 52-55.

131. Цымбал, А.А. Исследование обработки почвы в приствольных полосах сада / А.А. Цымбал, А.В. Скачков // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2016. – №3. – С.180-187.

132. Шевчук, Р. С. Процессы и средства механизации съема плодов / Шевчук Р. С. // дисс. докт. с/х. наук: 05.20.01. – Москва, 2000. – 532 с.

133. Шекихачев, Ю.А. Обоснование основных параметров и разработка конструкции косилки для окашивания штамбов плодовых деревьев/ Шекихачев Ю.А. // дисс. канд. техн. наук: 05.20.01. – Владикавказ, 1995. – 200 с.

134. Шекихачев, Ю.А. Механико-технологическое обоснование технических средств для ухода за почвой террасированных склонов в условиях горного садоводства (на примере Центральной части Северного Кавказа) / Шекихачев Юрий Ахметханович // Автореф. дисс. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. – Краснодар, 2001. – 40 с.

135. Шекихачев, Ю.А. Установка для обработки приствольных полос / Ю.А. Шекихачев, Е.А. Полищук, А.Л. Хажметова // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК: Сборник научных статей по материалам XIII Международной научно-практической конференции, в рамках XIX Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2017» (5-7 апреля 2017 г.). – Ставрополь: АГРУС, 2017. – С. 79-82.

136. Шекихачев, Ю.А. Исследование динамических процессов в системе "сельскохозяйственная машина - ствол плодового дерева" / Шекихачев Ю.А. // Механизация с/х производства: Сб. науч. тр. Ставроп. ГСХА. – Ставрополь, 1997. – С.64-66.

137. Шекихачев, Ю.А. Водная эрозия почв основной источник экологических проблем в сельском хозяйстве / Шекихачев Ю.А., Тенгизов А.Х. // Тез. докл. Северо-Кавк. регион. научн. конфер. "Перспектива – 99". – Приэльбрусье, 1999. – С. 35-39.

138. Шомахов, Л.А. Состояние и перспективы развития горного садоводства // Тез. докл. науч. конф. "Интенсификация садоводства на склонах". – Нальчик, 1994. – С. 3-6.

139. Шомахов, Л.А. Обоснование рационального способа содержания почвы в саду / Л.А. Шомахов, Ю.А. Шекихачев // Интенсификация садоводства: Сб. научных трудов СКНИИГПС. – Нальчик, 1995. – Вып. V. – С.3-11.

140. Шомахов, Л.А. Технологические и технические решения механизации возделывания плодовых культур на террасированных склонах / Шомахов Л. А. // Дисс... д-ра техн. наук (в виде научного доклада). – М., 1996. – 92с.

141. Шомахов, Л.А. Горному садоводству - современную адаптивную технологию // Тр. конф. "Экология горного садоводства". – Владикавказ, 1997. – С. 56-62.

142. Шомахов, Л.А. Машины по уходу за почвой в садах на горных склонах / Л.А. Шомахов, Р.А. Балкаров, Ю.А. Шекихачев // Садоводство и виноградарство. – 1999. – № 1. – С.7-8.

143. Шомахов, Л.А. Усовершенствование технологии и разработка машин для комплексной механизации трудоемких процессов выращивания

садов на террасах / Л.А. Шомахов, А.Н. Медовник и др. – Краснодар: Агрофирма «Центральная», 2001. – 30 с.

144. Шомахов, Л.А. Методы и средства борьбы с водной эрозией террасированных склонов в горном садоводстве / Л.А. Шомахов, Ю.А. Шекихачев, С.З. Каноков. – Нальчик: КБГСХА, 2001. – 55с.

145. Шомахов, Л.А. Агротехническая эффективность террасирования склоновых земель и мульчирования почвы в горном садоводстве / Л.А. Шомахов, Ю.А. Шекихачев, С.З. Каноков. – Нальчик: КБГСХА, 2002. – 48с.

146. Шомахов, Л.А. Косилка для окашивания штаблов плодовых деревьев/ Л.А. Шомахов, А.М. Егожев, А.К. Апажев, Е.А. Полищук// Сельский механизатор. – 2016. – № 3. – С. 17.

147. Шомахов, Л.А. Садовая косилка / Л.А. Шомахов, А.М. Егожев, А.К. Апажев, Е.А. Полищук// Сельский механизатор. 2017. – № 2. – С. 10-11.

148. Яблонский, А.А. Курс теоретической механики.– М.: Высшая школа, 1984. – Ч.1. – 289 с.

149. Яблонский, А.А. Курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 1984. – Ч.II. – 268 с.

150. Banno, T. Studies on the gutting energy of the rotary mover / T. Banno, T. Ogawa // On the quantative measurement at the Cutting Power. – J. Soc. Agr. Mach. – Japan, 1979. – №4. – 524 p.

151. Chalker, F.C Mulching of avocados / F.C. Chalker // Agr. Jaz. of Nsw. – 1966. – V. 77. – № 4. – P. 43-52.

152. Chancellov, W.I. Energy Requirement for Cutting Forage / W.I. Chancellov // Agric. Engng. – 1958. – №39. – P. 633–643.

153. Collision, R.C. Orchard cover and their relation to soil conservation Jeneva / R.C. Collision, E.A. Carleton. – New York, 1941. – 235 p.

154. Ellison, W.D. Some effects of on infiltration and surface ranoff // Agricultural Engineering, 1947. – 28(6). – p. 245-149.

155. Feller, R. Effects of knife angles and Velocities on the cutting of stoles without a caunter / R. Feller. – *Edge. «I. Agric. Engn. Res.»*, 1959. – №4. – P. 277–285.
156. Mc Randal, D.M. Mechanical and physical properties of grasses / D.M. Mc Randal, P.B. Mc Nalty. – *Trans. Asae.* – 1980. – №4. – 816 p.
157. Mc Randal, D.M. Elpakt cutting behavior of forage crops / D.M. Mc Randal, P.B. Mc Nalty // *I. of agric. engng. res.* – 1978. – №3. – P. 313–338.
158. O'Dogherty, M.I. A review of research on forage chopping / M.I. O'Dogherty // *I. of agrie, engng. res.* – 1982. – №27. – P. 268–289.
159. Polishchuk, E.A. Mathematical model of the operating process of a mower for mowing vegetation in the near-trunk strip / A.K. Apazhev, E.A. Polishchuk // *Journal of Physics: Conference Series (JPCS)*. – 2020. – Vol. 1679. – 042086. – DOI: [10.1088/1742-6596/1679/4/042086](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1679/4/042086).
160. Polishchuk, E. Mathematical model for calculating the parameters of machines for processing neartrunk strips in a terrace / A. Apazhev, A. Egozhev, M. Misirov, E. Polishchuk, A. Egozhev // *E3S Web of Conferences*. – 2021. – Vol. 262. – 01019. – DOI: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126201019>.
161. Pellizzi, G. Indagine sperimentale su zappatrici rotative per lavorazione sulle colture arboree intraceppi / Guiseppe Pellizzi // *Macchine e motori agricole*. – 1964. – 22. – №1. – P.65-74.
162. Prince, R.P. Compact Gutting of alfalfa / R.P. Prince. – University of Connecticut, Storrs, Agric, Stn. Res. Rep. – №5. – 1966.
163. Prospekt "Bernard Krone tiller" / DBR. – 1981.

УТВЕРЖДАЮ

Ректор
ФГБОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ
Нальчик, КБР

д.т.н.  А.А. Апажев
« 2022г.



УТВЕРЖДАЮ

Директор
ФГБНУ Северо-Кавказский НИИ
горного и предгорного садоводства
Нальчик, КБР

д.с.-х.н.  В.Н. Бербеков
« 2022г.



АКТ

Передачи результатов научно-исследовательской работы, выполненной в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова» в Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Северо-Кавказский научно-исследовательский институт горного и предгорного садоводства»

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ: декан факультета механизации и энергообеспечения предприятий, д.т.н. профессор Шехихачев Ю.А., д.т.н., профессор кафедры «Техническая механика и физика» Хажметов Л.М., д.т.н., профессор кафедры «Техническая механика и физика» Егожев А.М. и старший преподаватель кафедры «Техническая механика и физика» Полищук Е.А. с одной стороны, и представители ФГБНУ Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного садоводства: зам. директора по науке, д.с.-х.н., профессор Бакуев Ж.Х., зам. директора по МТС, главный инженер, к.т.н. Темиржанов И.О., заведующий отделом механизации трудоемких процессов в садоводстве к.т.н. Заммоев А.У., составили настоящий акт о том, что 2019-2021г.г. в результате проведения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ по теме «Конструктивно-режимные параметры косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений в условиях горного и предгорного садоводства» разработана, изготовлена и испытана косилка для обработки приствольных полос плодовых насаждений для террасного садоводства.

ФГБНУ Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного садоводства принял к использованию:

- аналитические зависимости, позволяющие установить кинематические, конструктивные и режимные параметры косилки при скашивании растительности в приствольной полосе плодовых насаждений;
- математические модели процесса обхода штамба дерева поворотной секцией с ротационными режущими органами, позволяющие установить рациональные значения основных параметров косилки;
- конструктивно-технологическую схему и опытный образец косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений, позволяющую

обеспечить полное удаление травяной растительности в приствольной полосе плодовых насаждений;

- основные конструктивно-режимные параметры работы косилки.

В ходе проведенных производственных испытаний выявлено:

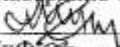



- удаление сорной растительности в приствольной полосе плодовых насаждений происходит за один проход агрегата вдоль линии ряда, при этом обеспечивается ровный срез растительности по высоте 0,07...0,08м, а измельченная травяная масса распределяется на поверхности почвы в качестве мульчирующего слоя;

- снижение себестоимости работ по уходу за приствольными полосами плодовых насаждений на 2,8 раза ;


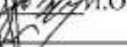

- применение предлагаемой косилки в технологическом процессе по уходу за приствольными полосами плодовых насаждений позволяет получить годовой экономический эффект по приведенным затратам в размере 77390,8 руб./га.

Таким образом, разработанная косилка является эффективной, отвечающей всем агротехническим требованиям, предъявляемым к косилочным устройствам и может быть использована в сельскохозяйственном производстве при обработке приствольных полос плодовых насаждений в условиях горного и предгорного садоводства.

Представители

ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ
 декан ФМЭП  О.А. Шехихачев
 проф. каф. ТМиФ  И.М. Хажметов
 проф. каф. ТМиФ  А.М. Егожев
 ст. пр. каф. ТМиФ  Е.А. Полищук

Представители

ФГБНУ Северо-Кавказский НИИ горного и
 предгорного садоводства
 зам. дир. по науке  Ж.Х. Бакуев
 зам. дир. по МТС  И.О. Темиржанов
 зав. отд. мех.  А.У. Заммоев



АКТ

о производственном испытании косилки для обработки приствольных полос

Настоящий акт составлен о том, что в период с 05.05.2021 г. по 15.09.2021 г. в ООО «Племенной совхоз Кенже» г.о. Нальчик профессором кафедры «Техническая механика и физика» д.т.н. А.М. Егожев, профессором кафедры «Техническая механика и физика» д.т.н. А.К. Алажеевым, старшим преподавателем кафедры «Техническая механика и физика» ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский ГАУ» Е.А. Полищук и главным инженером ООО «Племенной совхоз Кенже» А.А. Унажиковым проводились испытания, разработанной в Кабардино-Балкарском ГАУ на кафедре «Техническая механика и физика», косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений.

В ходе проведения испытаний, при скорости движения агрегата - 2,5-4 км/ч и ширине захвата косилки - 1 м производительность агрегата составляла от 0,25 до 0,4 га/ч.

Конструкция косилки обеспечивала выполнение технологического процесса скашивания растительности в приствольной полосе при однократном проходе агрегата вдоль линии ряда. Степень удаления сорной растительности в приствольной полосе находилась в пределах 96-98%, при этом отсутствовали признаки повреждения штамбов деревьев.

Применение косилки позволило полностью отказаться от использования ручного труда при обработке приствольных полос многолетних насаждений, а также вредной, в том числе, и для плодовых деревьев гербицидной обработки, способствуя тем самым, получению экологически чистой продукции. Также ее применение обеспечивало создание мульчирующего слоя на поверхности приствольной полосы, что в свою очередь благоприятно сказалось на водном и пищевом режиме плодовых насаждений в условиях засушливого лета, способствуя тем самым повышению урожайности и качества плодов.

Годовой экономический эффект по приведенным затратам, в сравнении с гербицидной обработкой, составил 77390,8 руб./га, срок окупаемости машины 0,76 лет.

Таким образом, разработанная косилка является эффективной, отвечающей всем агротехническим требованиям, предъявляемым к косилочным устройствам и может быть использована в сельскохозяйственном производстве при обработке приствольных полос в условиях горного и предгорного садоводства.

Главный инженер ООО
 «Племенной совхоз Кенже»

 А.А. Унажиков

Профессор кафедры ТМиФ
 Кабардино-Балкарского ГАУ

 А.М. Егожев

Профессор кафедры ТМиФ
 Кабардино-Балкарского ГАУ

 А.К. Алажев

Старший преподаватель кафедры
 ТМиФ Кабардино-Балкарского ГАУ

 Е.А. Полищук



АКТ

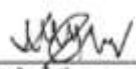



использования результатов научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ: декан факультета механизации и энергообеспечения предприятий, д.т.н. профессор Шехихачев Ю.А., д.т.н., профессор кафедры «Техническая механика и физика» Хажметов Л.М., д.т.н., профессор кафедры «Техническая механика и физика» Егожев А.М., старший преподаватель кафедры «Техническая механика и физика» Полищук Е.А. с одной стороны, и представитель ООО «Племенной совхоз «Кенже» гл. инженер Унажоков А.А., с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в результате проведения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ по теме «Конструктивно-технологические решения для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах» на участках ООО «Племсовхоз «Кенже» внедрено применение разработанной косилки для обработки приствольных полос.

Применение косилки в системе ухода за приствольными полосами позволило:

- снизить себестоимость работ по их уходу в 2,8 раза по сравнению с широко применяемой на практике гербицидной обработкой;
- улучшить водный и пищевой режим плодовых насаждений, что косвенно сказывается на увеличении урожайности;
- в результате отказа от гербицидной обработки приствольных полос получить экологически более чистую продукцию;
- применение предлагаемой косилки в технологическом процессе по уходу за приствольными полосами в условиях террасированных склонов позволило получить годовой экономический эффект по приведенным затратам в размере 77390,8 руб./га.

Представители
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ

декан ФМЭП  Ю.А. Шехихачев
проф. каф. ТМиФ  Л.М. Хажметов
проф. каф. ТМиФ  А.М. Егожев
ст. преп. каф. ТМиФ  Е.А. Полищук

Представитель
ООО «Племсовхоз «Кенже»

 А.А. Унажоков



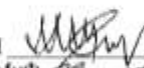

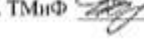

**использования результатов научно-исследовательских,
опытно-конструкторских и технологических работ**

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ: декан факультета механизации и энергообеспечения предприятий, д.т.н профессор Шехихачев Ю.А., д.т.н., профессор кафедры «Техническая механика и физика» Хажметов Л.М., д.т.н., профессор кафедры «Техническая механика и физика» Егожев А.М., старший преподаватель кафедры «Техническая механика и физика» Полищук Е.А. с одной стороны, и представитель ООО «Племенной совхоз «Кенже» гл. инженер Шагушев З.М., с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в результате проведения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ по теме «Конструктивно-технологические решения для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах» на участках ООО «ГРИН-ПИКЪ КЕНЖЕ» о применялась разработанная косилка для обработки приствольных полос плодовых насаждений.

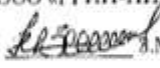
Применение косилки в системе ухода за приствольными полосами позволило:

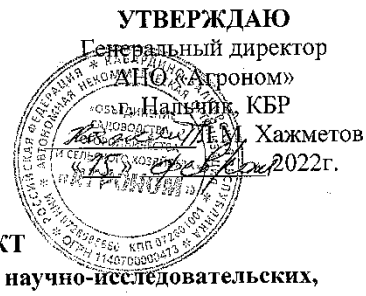
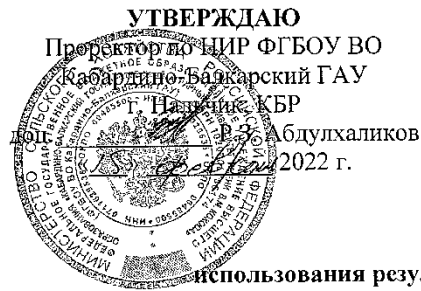
- снизить себестоимость работ по их уходу в 2,8 раза по сравнению с широко применяемой на практике гербицидной обработкой;
- улучшить водный и пищевой режим плодовых насаждений, что косвенно сказывается на увеличении урожайности;
- в результате отказа от гербицидной обработки приствольных полос получить экологически более чистую продукцию;
- применение предлагаемой косилки в технологическом процессе по уходу за приствольными полосами в условиях террасированных склонов позволило получить годовой экономический эффект по приведенным затратам в размере 77390,8 руб./га.

Представители
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ

декан ФМЭП  Ю.А. Шехихачев
проф. каф. ТМиФ  Л.М. Хажметов
проф. каф. ТМиФ  А.М. Егожев
ст. преп. каф. ТМиФ  Е.А. Полищук

Представитель
ООО «ГРИН-ПИКЪ КЕНЖЕ»

 З.М. Шагушев

**АКТ****использования результатов научно-исследовательских,
опытно-конструкторских и технологических работ**

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ: декан факультета механизации и энергообеспечения предприятий, д.т.н профессор Шехихачев Ю.А., д.т.н., профессор кафедры «Техническая механика и физика» Егожев А.М., старший преподаватель кафедры «Техническая механика и физика» Полищук Е.А. с одной стороны, и представитель Автономной некоммерческой организации «Объединение садоводства, огородничества и сельского хозяйства «Агроном» (АНО «Агроном») инженер Озроков М.М., с другой стороны, составили настоящий акт о том, что в результате проведения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ по теме «Конструктивно-технологические решения для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах» на участках АНО «Агроном» применялась разработанная косилка для обработки приствольных полос плодовых насаждений.

Применение косилки в системе ухода за приствольными полосами плодовых насаждений позволило:

- снизить себестоимость работ по их уходу в 2,8 раза по сравнению с широко применяемой на практике гербицидной обработкой;
- улучшить водный и пищевой режим плодовых насаждений, что косвенно сказывается на увеличении урожайности;
- в результате отказа от гербицидной обработки приствольных полос получить экологически более чистую продукцию;
- применение предлагаемой косилки в технологическом процессе по уходу за приствольными полосами в условиях террасированных склонов позволило получить годовой экономический эффект по приведенным затратам в размере 77390,8 руб./га.

Представители
 ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ

декан ФМЭП _____ Ю.А. Шехихачев
 проф. каф. ТМиФ _____ А.М. Егожев
 ст. преп. каф. ТМиФ _____ Е.А. Полищук

Представитель
 АНО «Агроном»

_____ М.М. Озроков

ПРИЛОЖЕНИЕ VI

Проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский
государственный аграрный университет
имени В.М. Кокова»



Р.Х. Кудаев
2022 г.

АКТ

об использовании в учебном процессе ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова» на факультете механизации и энергообеспечения предприятий результатов научно-исследовательской работы Полищука Евгения Александровича

Комиссия в составе председателя – заведующего кафедрой «Механизация сельского хозяйства» В.Х. Мишхожева; членов комиссии - профессора кафедры «Механизация сельского хозяйства» А.Ш. Тешева, профессора кафедры «Механизация сельского хозяйства» Т.Х. Пазовой рассмотрела результаты научно-исследовательской работы Полищука Е.А. выполненной на тему «Конструктивно-режимные параметры косилки для обработки приствольных полос плодовых насаждений на террасированных склонах» и оценила возможность их использования в учебном процессе.

Комиссия установила, что результаты научно-исследовательской работы Полищука Е.А. могут быть использованы в учебном процессе при изучении дисциплин «Энергосберегающие технологии в АПК» и «Инновационные технологии в механизации растениеводства» на кафедре «Механизация сельского хозяйства» при подготовке магистров по направлению 35.04.06 «Агроинженерия».

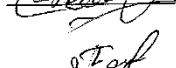
Комиссия считает, что включенные в образовательные дисциплины материалы научно-исследовательской работы соответствуют требованиям государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 35.04.06 «Агроинженерия».

Председатель комиссии:


В.Х. Мишхожев

Члены комиссии:


А.Ш. Тешев


Т.Х. Пазова

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ В.М. КОКОВА
(ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ)

УДК 634.1.1-13:634.1.1-15:634.1.055

Рег. N НИОКТР АААА-А19-119071290029-9

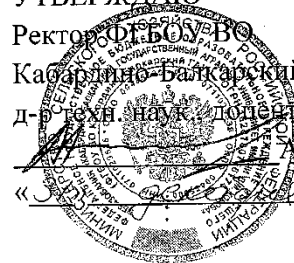
Рег. N ИКРБС

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ФГБОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ

д-р техн. наук, доцент
А.К. Апажев

« 20 / 9 г.



ОТЧЕТ

О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПО УХОДУ
ЗА ПЛОДОВЫМИ НАСАЖДЕНИЯМИ В ИНТЕНСИВНОМ
САДОВОДСТВЕ НА СКЛОНОВЫХ ЗЕМЛЯХ ЮГА РОССИИ С ЦЕЛЬЮ
ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ И ПОЛУЧЕНИЯ
ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ
(заключительный)

Руководитель НИР,

профессор кафедры технической

механики и физики, д-р техн. наук, профессор А.К. Апажев Л.М. Хажметов

Нальчик 2019


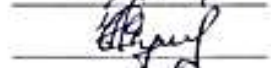

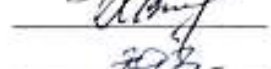
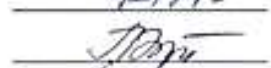
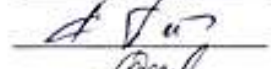


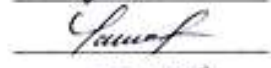
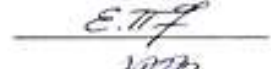
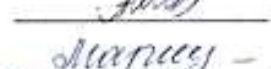



СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы,
д-р техн. наук



Л.М. Хажметов

Исполнители темы:

д-р техн. наук		Ю.А. Шекихачев
д-р с.-х. наук		Р.Х. Кудаяев
д-р техн. наук		А.М. Егожев
канд. техн. наук		В.Х. Мишхожеев
канд. техн. наук		А.Г. Фиашеев
канд. с.-х. наук		Л.З. Шекихачева
канд. техн. наук		А.Б. Балкизов
канд. техн. наук		А.С. Сасыков
канд. техн. наук		Т.М. Апхудов
канд. техн. наук		М.М. Хамоков
канд. техн. наук		А.Б. Чапаев
		Е.А. Полищук
		А.Л. Хажметова
		М.Х. Маремкулова

Соисполнитель темы:

доктор. с.-х. наук




В.Н. Бербеков,
ФГБНУ «Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного садоводства»

канд. техн. наук



И.О. Темиржанов
ФГБНУ «Северо-Кавказский НИИ горного и предгорного садоводства»







РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2349073

**МЕХАНИЗМ НАВЕСКИ РАБОЧЕГО ОРГАНА
КОСИЛКИ ДЛЯ ОКАШИВАНИЯ ШТАМБОВ
ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ**

Патентообладатель(и): *Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2006136642

Приоритет изобретения 16 октября 2006 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 марта 2009 г.

Срок действия патента истекает 16 октября 2026 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам



Б.И. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(19) **RU**⁽¹¹⁾ **2 349 073**⁽¹³⁾ **C2**
(51) МПК
A01D 34/00 (2006.01)

(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21) (22) Заявка: 2006136642/11, 16.10.2006

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.10.2006

(43) Дата публикации заявки: 27.04.2008

(45) Опубликовано: 20.03.2009 Бюл. № 8

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: SU 1655314 A1, 15.08.1991. RU 25821
U1, 27.10.2002. SU 479452 A, 27.11.1975. GB
1037151 A, 27.07.1966. GB 678575 A,
04.10.1961. SU 271390 A, 17.08.1970.

Адрес для переписки:
360004, КБР, г. Нальчик, ул. Толстого, 185,
КБГСХА, М.Х. Сотаву

(72) Автор(ы):

Бугоев Хазретали Умарович (RU),
Полищук Евгений Александрович (RU),
Балсаров Руслан Асланбиевич (RU),
Бербеков Владимир Нажмудинович (RU),
Шомахов Лая Аслангериевич (RU),
Шемиханов Юрий Ахметханович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования Кабардино-Балкарская
государственная сельскохозяйственная
академия (RU)

(54) МЕХАНИЗМ НАВЕСКИ РАБОЧЕГО ОРГАНА КОСИЛКИ ДЛЯ ОКАШИВАНИЯ ШТАМБОВ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ**(57) Формула изобретения**

Механизм навески косилки для окашивания штамбов плодовых деревьев, содержащий выносной рукав с рабочими органами и с гидроцилиндром управления, отличающийся тем, что стрела выполнена телескопической, выдвижная часть которой закреплена с неподвижной с помощью пружины, а на концах выносного рукава установлены колеса с параллельными осями, опирающимися независимо на обрабатываемую поверхность.

RU 2 349 073 C2

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

№ 2650409

КОСИЛКА ДЛЯ ОКАШИВАНИЯ ШТАМБОВ ДЕРЕВЬЕВ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова (ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Шамахов Лев Аслангериевич (RU), Шекихачев Юрий Ахметханович (RU), Егоров Артур Мухамедович (RU), Апажев Аслан Каральбиевич (RU), Полищук Евгений Александрович (RU), Бербеков Владимир Намжудинович (RU), Заммиев Аслан Узейирович (RU)*

Заявка № 2017129058

Приоритет изобретения 14 августа 2017 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре изобретений

Российской Федерации 11 апреля 2018 г.

Срок действия исключительного права на изобретение истекает 14 августа 2037 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.И. Иванова Г.И. Иванова

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ


 ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

 (19) **RU** (11) **2 650 409⁽³³⁾ C1**
 (51) МПК
 A01D 34/08 (2006.01)
(12) ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 (52) СПК
 A01D 34/08 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2017129058, 14.08.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
14.08.2017
 Дата регистрации:
11.04.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 14.08.2017

(45) Опубликовано: 11.04.2018 Бюл. № 11

Адрес для переписки:

 360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 1а, ФГБОУ ВО
 Кабардино-Балкарский ГАУ, НИС, Дударовой
 Ф.Т.

(72) Автор(ы):

 Шоматов Лев Аслангериевич (RU),
 Шехиячев Юрий Ахметханович (RU),
 Егоров Артур Мухамедович (RU),
 Алашев Аслан Каральбиевич (RU),
 Подшук Евгений Александрович (RU),
 Бербеков Владимир Нажмудинович (RU),
 Зайнов Аслан Узенирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

 Федеральное государственное бюджетное
 образовательное учреждение высшего
 образования Кабардино-Балкарский
 государственный аграрный университет им.
 В.М. Кокова (ФГБОУ ВО
 Кабардино-Балкарский ГАУ) (RU)

 (56) Список документов, цитированных в отчете
 о поиске: SU 1443842 A1, 15.12.1988 RU
 170119 U1, 14.04.2017. SU 570341 A, 15.09.1977.
 US 3979827 A1, 14.09.1976.
(54) КОСИЛКА ДЛЯ ОКАШИВАНИЯ ШТАМБОВ ДЕРЕВЬЕВ**(57) Формула изобретения**

Косилка для окашивания штамбов деревьев, содержащая несущую раму, выполненную в виде соединенных между собой в виде креста штанг, приводы с режущими органами, отличающаяся тем, что рама выполнена с возможностью поворота вокруг вертикальной оси, проходящей через точку пересечения осей штанг, при этом количество штанг несущей рамы соответствует трем для уменьшения диаметра рабочего органа, а на каждой штанге установлено по два привода.

RU 2 650 409 C 1

RU 2 650 409 C 1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 112589

**МЕХАНИЗМ НАВЕСКИ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА
КОСИЛКИ ДЛЯ ОКАШИВАНИЯ ШТАМБОВ ПЛОДОВЫХ
ДЕРЕВЬЕВ**

Патентообладатель(и): *Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия имени В.М. Кокова (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2011131201

Приоритет полезной модели 26 июля 2011 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 20 января 2012 г.

Срок действия патента истекает 26 июля 2021 г.



Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам

Б.П. Симонов

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(39) **RU** ⁽¹¹⁾ **112 589** ⁽¹³⁾ **U1**
(51) МПК
A01D 34/00 (2006.01)

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21) (22) Заявка: 2011131201/13, 26.07.2011

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
26.07.2011

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 26.07.2011

(45) Опубликовано: 20.01.2012 Бюл. № 2

Адрес для переписки:

360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 1в, КБГСХА,
НИС, патентный отдел, А.К. Алажеву

(72) Автор(ы):

Шомахов Лев Аслангеревич (RU),
Полищук Евгений Александрович (RU),
Алажев Аслан Каральбиевич (RU),
Каздоков Хасант Карисевич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования Кабардино-
Балкарская государственная
сельскохозяйственная академия имени В.М.
Кокоев (RU)(54) МЕХАНИЗМ НАВЕСКИ РЕЖУЩЕГО АППАРАТА КОСИЛКИ ДЛЯ ОКАШИВАНИЯ
ШТАМБОВ ПЛОДОВЫХ ДЕРЕВЬЕВ

(57) Формула полезной модели

Механизм навески, содержащий раму, двусенную наклонную стрелу, выносной рукав с установленной на нем крестообразной рамой с режущим аппаратом, отличающийся тем, что самоустанавливающиеся опорные колеса смонтированы на продольной балке, жестко связанной с поперечным рукавом и проходящей через центр крестообразной рамы, опорный башмак установлен у противоположной от консоли части выносного рукава, а система шарнирно соединенных звеньев связана с рамой косилки посредством силового гидроцилиндра и телескопической тяги с упором.

RU 112589 U1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ
НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 164780

КОСИЛКА САДОВАЯ ОКАШИВАЮЩАЯ

Патентообладатель(и): *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова" (ФГБОУ ВО КБГАУ) (RU)*

Автор(ы): *см. на обороте*

Заявка № 2016110633

Приоритет полезной модели 22 марта 2016 г.

Зарегистрировано в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 29 августа 2016 г.

Срок действия патента истекает 22 марта 2026 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.И. Исаев Г.И. Исаев



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU⁽¹¹⁾ 164 780⁽¹³⁾ U1(51) МПК
A01D 34/84 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ТИТУЛЬНЫЙ ЛИСТ ОПИСАНИЯ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2016110633/13, 22.03.2016

(24) Дата вступления в силу срока действия патента:
22.03.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 22.03.2016

(45) Опубликовано: 20.09.2016 Бюл. № 26

Адрес для переписки:
360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 1а, КБГАУ,
НИС. Дуларовой Ф.Т.

(72) Автор(ы):

Шомадов Лев Аслангериевич (RU),
Полещук Евгений Александрович (RU),
Апажев Аслан Каральбиевич (RU),
Егожев Артур Мухамедович (RU),
Егожев Аскер Артурович (RU)

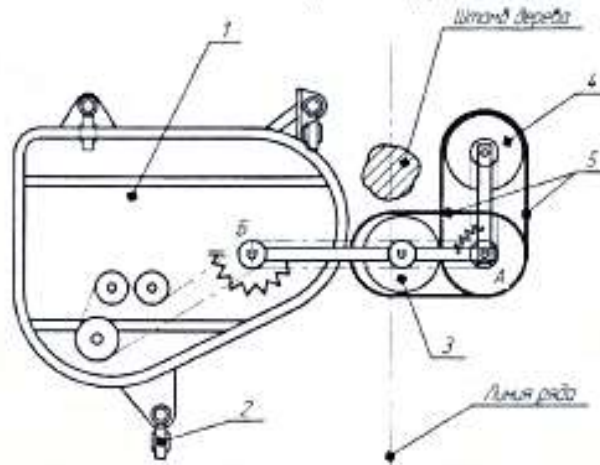
(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Кабардино-Балкарский
государственный аграрный университет им.
В.М. Кокова" (ФГБОУ ВО КБГАУ) (RU)

(54) КОСИЛКА САДОВАЯ ОКАШИВАЮЩАЯ

(57) Формула полезной модели

Косилка, содержащая раму, опирающуюся на три пневматических самоустанавливающихся колеса, роторные рабочие органы с ножами, шарнирно соединенную с основной рамой выдвигающую секцию для работы в межствольной полосе, отличающаяся тем, что выдвигающая секция выполнена в виде двулучевого рычага, шарнирно соединенные звенья которого расположены друг к другу под прямым углом и удерживаются в данном положении возвратными пружинами.



Стр. 1

RU 164780 U1

RU 164780 U1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 173053

КОСИЛКА ОКАШИВАЮЩАЯ ДЛЯ МОЛОДОГО САДА

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова" (ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Шамахов Лев Аслангериевич (RU), Шехихачев Юрий Ахметханович (RU), Егояев Артур Мухамедович (RU), Апажеев Аслан Каральбиевич (RU), Полищук Евгений Александрович (RU), Заммиев Аслан Узеирович (RU)*

Заявка № 2017119262

Приоритет полезной модели 01 июня 2017 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 08 августа 2017 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 01 июня 2027 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Назиев Г.П. Назиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(19) **RU** (11) **173 053**⁽¹³⁾ **U1**
(51) МПК
A01D 34/84 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(21) (22) Заявка: 2017119262, 01.06.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
01.06.2017Дата регистрации:
08.08.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 01.06.2017

(45) Опубликовано: 08.08.2017 Бюл. № 22

Адрес для переписки:

360000, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, 1а, ФГБОУ
ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, НИС
(патентный отдел) Дударовой Ф.Т.

(72) Автор(ы):

Шомахов Лев Аслангериевич (RU),
Шекаччев Юрий Ахметжанович (RU),
Егожев Артур Мухамедович (RU),
Алажев Аслан Каральбиевич (RU),
Полещук Евгений Александрович (RU),
Замоев Аслан Узенирович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Кабардино-Балкарский
государственный аграрный университет им.
В.М. Кокоев" (ФГБОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: SU 1443842 A1, 15.12.1988, RU
164780 U1, 20.09.2016, RU 112589 U1,
20.01.2012, RU 170119 U1, 14.04.2017.

(54) КОСИЛКА ОКАШИВАЮЩАЯ ДЛЯ МОЛОДОГО САДА

(57) Резюме:

Полезная модель относится к области
сельскохозяйственного машиностроения, и
в частности к косилкам.Целью полезной модели является обеспечение
полного окашивания штамба молодых деревьев
без повреждения в условиях террасного горного
и предгорного садоводства.Поставленная цель достигается тем, что в
центре крестообразной несущей рамы установленмеханизм привода в виде гидромотора,
управляемый через гидрораспределитель
контррующим шупом.Установка в центре крестообразной несущей
рамы механизма привода в виде гидромотора,
управляемого через гидрораспределитель
контррующим шупом, позволяет рабочим органам
полностью обойти штамб молодого дерева без
его повреждения.

RU 173053 U1

RU 173053 U1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 170119

КОСИЛКА ОКАШИВАЮЩАЯ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова" (ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Шамахов Лев Аслангериевич (RU), Полищук Евгений Александрович (RU), Анашев Аслан Каральбиевич (RU), Егожев Артур Мухамедович (RU), Шекихачев Юрий Ахметханович (RU), Егожев Аскер Артурович (RU)*

Заявка № 2017101469

Приоритет полезной модели 17 января 2017 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 14 апреля 2017 г.

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает 17 января 2027 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Назиев Г.П. Назиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU**⁽¹¹⁾ **170 119**⁽¹³⁾ **U1**
(51) МПК
A61D 34/84 (2006.01)

**(12) ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2017101469, 17.01.2017

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
17.01.2017

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.01.2017

(45) Опубликовано: 14.04.2017 Бюл. № 11

Адрес для переписки:

360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 1а, ФГБОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ, НИС, патентный
отдел, Дударовой Ф.Т.

(72) Автор(ы):

Шомаков Лев Аслангериевич (RU),
Полищук Евгений Александрович (RU),
Алажев Аслан Каральбиевич (RU),
Егожев Артур Мухамедович (RU),
Шеихачев Юрий Ахметханович (RU),
Егожев Аскер Артурович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Кабардино-Балкарский
государственный аграрный университет им.
В.М. Козова" (ФГБОУ ВО Кабардино-
Балкарский ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: SU 312571 А1, 31.08.1971, SU
1443842 А1, 15.12.1988, RU 164780 U1,
20.09.2016, RU 157023 U1, 20.11.2015, RU
2265984 С2, 20.12.2005

(54) КОСИЛКА ОКАШИВАЮЩАЯ

(57) Формула полезной модели

Косилка, содержащая раму, опирающуюся на три пневматических самоустанавливающихся колеса, роторные рабочие органы с ножами, шарнирно соединенную с основной рамой выдвижную секцию для работы в межствольной полосе, отличающаяся тем, что выдвижная секция выполнена в виде шарнирно соединенного с основной рамой косилки рычага, на консоли которого шарнирно установлена поворотная планка с размещенными на ней отбойными колесами и рабочими органами.

RU 170119 U1

RU 170119 U1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 182922

КОСИЛКА ДЛЯ ПРИСТВОЛЬНОЙ ПОЛОСЫ

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова" (ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Егожев Артур Мухамедович (RU), Полищук Евгений Александрович (RU), Егожев Аскер Артурович (RU)*

Заявка № 2018113839

Приоритет полезной модели 16 апреля 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 06 сентября 2018 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 16 апреля 2028 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Назиев Г.П. Назиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(19) **RU** (11) **182 922⁽¹³⁾ U1**(51) МПК
A01D 34/04 (2006.01)**(12) ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**(32) СПК
A01D 34/04 (2006.01)

(21)(22) Заявка: 2018113839, 16.04.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
16.04.2018Дата регистрации:
06.09.2018

Приоритеты:

(22) Дата подачи заявки: 16.04.2018

(45) Опубликовано: 06.09.2018 Бюл. № 25

Адрес для переписки:

360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 1а, ФГБОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ, НИС, патентный
отдел, Дуаэровой Ф.Т.

(72) Авторы:

Егошев Артур Мухамедович (RU),
Полещук Евгений Александрович (RU),
Егошев Аскер Артурович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Кабардино-Балкарский
государственный аграрный университет им.
В.М. Ковалева" (ФГБОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 173053 U1, 08.08.2017, US
20170118913 A1, 04.05.2017, WO 2013025680
A1, 21.02.2013, US 20160366820 A1, 22.12.2016.

RU 182922 U1

(54) КОСИЛКА ДЛЯ ПРИСТВОЛЬНОЙ ПОЛОСЫ

(57) Формула полезной модели

Косилка для приствольной полосы, содержащая механизм навески с выносным рукавом, поворотную секцию, выполненную в виде ломаного бруса, и механизм управления поворотом секции при обходе штабеля, отличающаяся тем, что поворотная секция выполнена в виде ломаного бруса с возможностью поворота на 180° вокруг центральной оси посредством механизма привода в виде гидромотора, установленного на центральной оси.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 185141

**МЕХАНИЗМ ПОВОРОТА СЕКЦИИ ОКАШИВАЮЩЕЙ
КОСИЛКИ**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова" (ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Егожев Артур Мухамедович (RU), Полищук Евгений Александрович (RU), Егожев Аскер Артурович (RU)*

Заявка № 2018122535

Приоритет полезной модели 19 июня 2018 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 22 ноября 2018 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 19 июня 2028 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Волков Г.П. Волков

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(15) **RU** (11) **185 141⁽¹³⁾ U1**(51) МПК
A01D 34/84 (2006.01)(12) **ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**(52) СПК
A01D 34/84 (2006.01)

(21) (22) Заявка: 2018122535, 19.06.2018

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
19.06.2018Дата регистрации:
22.11.2018

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 19.06.2018

(45) Опубликовано: 22.11.2018 Бюл. № 33

Адрес для переписки:

360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 1а, ФГБОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ, НИС, патентный
отдел, Дударовой Ф.Т.

(72) Автор(ы):

Егожев Артур Мухамедович (RU),
Полышук Евгений Александрович (RU),
Егожев Аскер Артурович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Кабардино-Балкарский
государственный аграрный университет им.
В.М. Кокова" (ФГБОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете

о поиске: RU 170119 U1, 14.04.2017, RU
164780 U1, 20.09.2016, RU 2265984 C1,
20.12.2005, RU 2349073 C2, 20.03.2009.(54) **МЕХАНИЗМ ПОВОРОТА СЕКЦИИ ОКАШИВАЮЩЕЙ КОСИЛКИ**(57) **Формула полезной модели**

Косилка окашивающая, содержащая выдвигающую секцию, состоящую из шарнирно соединенного с основной рамой рычага, на консоли которого шарнирно установлена поворотная секция с размещенными на ней отбойными колесами, предназначенными для защиты штамбов от повреждений ножами и выполненными свободно вращающимися, а также роторными рабочими органами с ножами, отличающаяся тем, что косилка снабжена механизмом контролирующего принудительного поворачивания поворотной секции при обходе штамба дерева, выполненным в виде фрикционной передачи, элементы которой установлены на центральной оси.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 192794

ОКАШИВАЮЩАЯ КОСИЛКА

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова" (ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Егожев Артур Мухамедович (RU), Апажеев Аслап Каральбиевич (RU), Полищук Евгений Александрович (RU), Егожев Аскер Артурович (RU)*

Заявка № 2019118861

Приоритет полезной модели 17 июня 2019 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 01 октября 2019 г.

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает 17 июня 2029 г.



Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной собственности

Г.П. Изюев Г.П. Изюев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) RU⁽¹¹⁾192 794⁽¹³⁾ U1

(51) МПК
A01D 34/84 (2006.01)

(12) **ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

(52) СПК
A01D 34/84 (2009.05)

(21)(22) Заявка: 2019118861, 17.06.2019

(24) Дата начала отчета срока действия патента:
17.06.2019

Дата регистрации:
01.10.2019

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 17.06.2019

(45) Опубликовано: 01.10.2019 Бюл. № 28

Адрес для переписки:

360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 1а, ФГБОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ, НИС, патентный
отдел, Дударовой Ф.Т.

(72) Авторы:

Егожев Артур Мухамедович (RU),
Апажев Аслам Каральбиевич (RU),
Полышук Евгений Александрович (RU),
Егожев Аскер Артурович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Кабардино-Балкарский
государственный аграрный университет им.
В.М. Кокоев" (ФГБОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ) (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 170119 U1, 14.04.2017; RU 164780
U1, 20.09.2016; RU 2650409 C1, 11.04.2018; SU
1443842 A1, 15.12.1988.

(54) **ОКАШИВАЮЩАЯ КОСИЛКА**(57) **Формула полезной модели**

Косилка, содержащая раму, опирающуюся на три пневматических самоустанавливающихся колеса, с размещенными на ней роторными рабочими органами с ножами и их приводом, соединенный с основной рамой косилки рычаг, на консоли которого шарнирно установлена поворотная планка с размещенными на ней отбойными колесами и рабочими органами, отличающаяся тем, что рычаг выполнен телескопическим и снабжен гидроцилиндром для принудительного изменения длины.

RU 192794 U1

RU 192794 U1

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 197070

КОСИЛКА ДЛЯ ТЕРРАСНОГО САДОВОДСТВА

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова" (ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ) (RU)*

Авторы: *Егожев Артур Мухамедович (RU), Анажев Аслан Каральбиевич (RU), Полищук Евгений Александрович (RU), Егожев Аскер Артурович (RU)*

Заявка № 2019140720

Приоритет полезной модели 09 декабря 2019 г.

Дата государственной регистрации в Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 27 марта 2020 г.

Срок действия исключительного права на полезную модель истекает 09 декабря 2029 г.

Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности


 Г.П. Низиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ(19) RU (11) 197 070⁽¹³⁾ U1(51) МПК
A01D 34/84 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A01D 34/84 (2020.02)

(21)(22) Заявка: 2019140720, 09.12.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
09.12.2019Дата регистрации:
27.03.2020

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 09.12.2019

(45) Опубликовано: 27.03.2020 Бюл. № 9

Адрес для переписки:
360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 1а, ФГБОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ, НИС, патентный
отдел, Дударовой Ф.Т.

(72) Автор(ы):

Егожен Артур Музаевич (RU),
Алажев Аслан Каральбиевич (RU),
Полищук Евгений Александрович (RU),
Егожен Аскер Артурович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Кабардино-Балкарский
государственный аграрный университет им.
В.М. Козова" (ФГБОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 170119 U1, 14.04.2017. RU 164780
U1, 20.09.2016. RU 2265984 C1, 20.12.2005. SU
1443842 A1, 15.12.1988.

(54) КОСИЛКА ДЛЯ ТЕРРАСНОГО САДОВОДСТВА

(57) Реферат:

Полезная модель относится к области сельскохозяйственного машиностроения, в частности к косилкам, и может быть использована для скашивания сорной растительности вокруг штамбов плодовых деревьев в условиях горного и предгорного садоводства, где подход к линии ряда имеется только с одной стороны.

Целью полезной модели является повышение качественных показателей работы косилки путем совершенствования процесса проворачивания поворотной планки с установленными на ней отбойными колесами и роторными рабочими органами с ножами вокруг штамба дерева.

Поставленная цель достигается тем, что ось вращения поворотной планки с размещенными на ней отбойными колесами и роторными рабочими органами с ножами, проходит через линию, соединяющую центры роторов, причем

ось вращения, исключая возможность травмирования штамба дерева, максимально смещена к оси ротора, движущегося первым по направлению движения энергетического транспортного средства.

Выполнение оси вращения поворотной планки, проходящей через линию, соединяющую центры роторов со смещением, позволяет расположенной на консоли рычага поворотной планки с установленными на ней отбойными колесами и рабочими органами повернуться на больший угол вокруг штамба дерева (в сравнении с прототипом) в момент начала отрыва планки от штамба дерева, чем обеспечивается увеличение пути, проходимого роторными рабочими органами с ножами вокруг штамба дерева при выполнении технологического процесса скашивания растительности вокруг штамба дерева.

RU 197070 U1

RU 197070 U1

Размеры и кинематические характеристики косилки

Параметры	Численное значение	Ед. измерения	Примечание
размер BA	$0,8 \div 0,95$	м	Размер принят из конструктивных соображений: габариты трактора, агротехнические требования к выращиванию и содержанию плодовых деревьев
размер BC	$0,35 \div 0,45$	м	Размер принят из конструктивных соображений: габариты трактора, агротехнические требования к выращиванию и содержанию плодовых деревьев
размер CD	$0,2 \div 0,25$	м	Агротехнические требования к выращиванию и содержанию плодовых деревьев
\dot{X}_A	$2,3 \div 3,4$	м/с	В соответствии с технологией обработки садовых культур
φ_1	$0 \div 0,26$	радиан	Значение принято в соответствии с техническими характеристиками трактора и технологическими требованиями
$\dot{\varphi}_1$	$0,2 \div 0,3$	1/с	Значение принято в соответствии с техническими характеристиками трактора и технологическими требованиями
φ_2	$0 \div 6,2$	радиан	Значение принято в соответствии с техническими характеристиками трактора и технологическими требованиями
$\dot{\varphi}_2$	$0,4 \div 0,6$	1/с	Значение принято в соответствии с техническими характеристиками трактора и технологическими требованиями
\ddot{X}_A	0	м/с ²	Трактор движется равномерно и прямолинейно
$\ddot{\varphi}_1$	0	1/с ⁻²	Поворот секции косилки относительно трактора происходит равномерно
m_1	16	кг	Момент инерции $I_{1x} = 6,7 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
m_2	20	кг	Момент инерции $I_{2x} = 2,1 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$
m_3	1.5	кг	Момент инерции $I_{3x} = 0,03 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

Результаты вычислений коэффициентов K_i

phi1	cos	sin	phi2	cos	sin	xi	phi1	phi2	P	Q	G	W	K1
0,1	1	0	0,3	1	0	0,3	0	0	0,0022	0	0	0,216	0,01
0,2	1	0	0,3	1	0	0,3	0	0	0,0118	0	0	0,343	0,0343
0,1	1	0,34	0,3	1	0	0,3	0	0	0,0022	0	0,0004	0,216	0,008
0,2	1	0,34	0,3	1	0	0,3	0	0	0,0118	0	0,0017	0,343	0,0293
0,1	1	0,64	0,3	1	0	0,3	0	0	0,0022	0	0,0011	0,216	0,0049
0,2	1	0,64	0,3	1	0	0,3	0	0	0,0118	0	0,0044	0,343	0,0213
0,1	1	0,87	0,3	1	0	0,3	0	0	0,0022	0	0,0018	0,216	0,0017
0,2	1	0,87	0,3	1	0	0,3	0	0	0,0118	0	0,0072	0,343	0,0134
0,1	1	0,98	0,3	1	0	0,3	0	0	0,0022	0	0,0022	0,216	-1E-04
0,2	1	0,98	0,3	1	0	0,3	0	0	0,0118	0	0,0087	0,343	0,0089
0,1	1	0,98	0,3	1	0	0,3	0	0	0,0022	0	0,0022	0,216	-1E-04
0,2	1	0,98	0,3	1	0	0,3	0	0	0,0118	0	0,0087	0,343	0,0089
0,1	1	0	0,6	1	0	0,3	0	0	0,0043	0	0	0,216	0,02
0,2	1	0	0,6	1	0	0,3	0	0	0,0233	0	0	0,343	0,0686
0,1	1	0,34	0,6	1	0	0,3	0	0	0,0043	0	0,0009	0,216	0,016
0,2	1	0,34	0,6	1	0	0,3	0	0	0,0233	0	0,0034	0,343	0,0386
0,1	1	0,64	0,6	1	0	0,3	0	0	0,0043	0	0,0022	0,216	0,0099
0,2	1	0,64	0,6	1	0	0,3	0	0	0,0233	0	0,0088	0,343	0,043
0,1	1	0,87	0,6	1	0	0,3	0	0	0,0043	0	0,0036	0,216	0,0084
0,2	1	0,87	0,6	1	0	0,3	0	0	0,0233	0	0,0143	0,343	0,0269
0,1	1	0,98	0,6	1	0	0,3	0	0	0,0043	0	0,0044	0,216	-1E-04
0,2	1	0,98	0,6	1	0	0,3	0	0	0,0233	0	0,0174	0,343	0,0178
0,1	1	0,98	0,6	1	0	0,3	0	0	0,0043	0	0,0044	0,216	-1E-04
0,2	1	0,98	0,6	1	0	0,3	0	0	0,0233	0	0,0174	0,343	0,0178
0,1	1	0	0,9	1	0	0,3	0	0	0,0063	0	0	0,216	0,08
0,2	1	0	0,9	1	0	0,3	0	0	0,0333	0	0	0,343	0,1029
0,1	1	0,34	0,9	1	0	0,3	0	0	0,0063	0	0,0013	0,216	0,0241
0,2	1	0,34	0,9	1	0	0,3	0	0	0,0333	0	0,0051	0,343	0,0879
0,1	1	0,64	0,9	1	0	0,3	0	0	0,0063	0	0,0033	0,216	0,0148
0,2	1	0,64	0,9	1	0	0,3	0	0	0,0333	0	0,0131	0,343	0,0646
0,1	1	0,87	0,9	1	0	0,3	0	0	0,0063	0	0,0054	0,216	0,0052
0,2	1	0,87	0,9	1	0	0,3	0	0	0,0333	0	0,0213	0,343	0,0403
0,1	1	0,98	0,9	1	0	0,3	0	0	0,0063	0	0,0063	0,216	-2E-04
0,2	1	0,98	0,9	1	0	0,3	0	0	0,0333	0	0,0261	0,343	0,0267
0,1	1	0,98	0,9	1	0	0,3	0	0	0,0063	0	0,0063	0,216	-2E-04
0,2	1	0,98	0,9	1	0	0,3	0	0	0,0333	0	0,0261	0,343	0,0267
0,1	1	0	1,2	1	0	0,3	0	0	0,0086	0	0	0,216	0,04
0,2	1	0	1,2	1	0	0,3	0	0	0,047	0	0	0,343	0,1371
0,1	1	0,34	1,2	1	0	0,3	0	0	0,0086	0	0,0017	0,216	0,0321
0,2	1	0,34	1,2	1	0	0,3	0	0	0,047	0	0,0069	0,343	0,1172
0,1	1	0,64	1,2	1	0	0,3	0	0	0,0086	0	0,0044	0,216	0,0197
0,2	1	0,64	1,2	1	0	0,3	0	0	0,047	0	0,0173	0,343	0,0861
0,1	1	0,87	1,2	1	0	0,3	0	0	0,0086	0	0,0072	0,216	0,0069
0,2	1	0,87	1,2	1	0	0,3	0	0	0,047	0	0,0286	0,343	0,0937
0,1	1	0,98	1,2	1	0	0,3	0	0	0,0086	0	0,0087	0,216	-3E-04
0,2	1	0,98	1,2	1	0	0,3	0	0	0,047	0	0,0348	0,343	0,0957
0,1	1	0,98	1,2	1	0	0,3	0	0	0,0086	0	0,0087	0,216	-3E-04

0,2	1	0,98	1,2	1	0	0,5	0	0	0,047	0	0,0348	0,343	0,0357
0,1	1	0	1,5	1	0	0,5	0	0	0,0108	0	0	0,216	0,09
0,2	1	0	1,5	1	0	0,5	0	0	0,0588	0	0	0,343	0,1714
0,1	1	0,34	1,5	1	0	0,5	0	0	0,0108	0	0,0021	0,216	0,0401
0,2	1	0,34	1,5	1	0	0,5	0	0	0,0588	0	0,0086	0,343	0,1464
0,1	1	0,64	1,5	1	0	0,5	0	0	0,0108	0	0,0055	0,216	0,0247
0,2	1	0,64	1,5	1	0	0,5	0	0	0,0588	0	0,0219	0,343	0,1076
0,1	1	0,87	1,5	1	0	0,5	0	0	0,0108	0	0,0089	0,216	0,0086
0,2	1	0,87	1,5	1	0	0,5	0	0	0,0588	0	0,0358	0,343	0,0672
0,1	1	0,98	1,5	1	0	0,5	0	0	0,0108	0	0,0109	0,216	-4E-04
0,2	1	0,98	1,5	1	0	0,5	0	0	0,0588	0	0,0435	0,343	0,0446
0,1	1	0,98	1,5	1	0	0,5	0	0	0,0108	0	0,0109	0,216	-4E-04
0,2	1	0,98	1,5	1	0	0,5	0	0	0,0588	0	0,0435	0,343	0,0446
0,1	1	0	0,3	0,81	0	0,5	0	36	0,0022	0	0	0,216	0,01
0,2	1	0	0,3	0,81	0	0,5	0	36	0,0118	0	0	0,343	0,0343
0,1	1	0,34	0,3	0,81	0	0,5	0	36	0,0022	0	0,0004	0,216	0,008
0,2	1	0,34	0,3	0,81	0	0,5	0	36	0,0118	0	0,0017	0,343	0,0293
0,1	1	0,64	0,3	0,81	0	0,5	0	36	0,0022	0	0,0011	0,216	0,0049
0,2	1	0,64	0,3	0,81	0	0,5	0	36	0,0118	0	0,0044	0,343	0,0215
0,1	1	0,87	0,3	0,81	0	0,5	0	36	0,0022	0	0,0018	0,216	0,0017
0,2	1	0,87	0,3	0,81	0	0,5	0	36	0,0118	0	0,0072	0,343	0,0134
0,1	1	0,98	0,3	0,81	0	0,5	0	36	0,0022	0	0,0022	0,216	-1E-04
0,2	1	0,98	0,3	0,81	0	0,5	0	36	0,0118	0	0,0087	0,343	0,0089
0,1	1	0,98	0,3	0,81	0	0,5	0	36	0,0022	0	0,0022	0,216	-1E-04
0,2	1	0,98	0,3	0,81	0	0,5	0	36	0,0118	0	0,0087	0,343	0,0089
0,1	1	0	0,6	0,81	0	0,5	0	36	0,0043	0	0	0,216	0,02
0,2	1	0	0,6	0,81	0	0,5	0	36	0,0235	0	0	0,343	0,0686
0,1	1	0,34	0,6	0,81	0	0,5	0	36	0,0043	0	0,0009	0,216	0,016
0,2	1	0,34	0,6	0,81	0	0,5	0	36	0,0235	0	0,0034	0,343	0,0586
0,1	1	0,64	0,6	0,81	0	0,5	0	36	0,0043	0	0,0022	0,216	0,0099
0,2	1	0,64	0,6	0,81	0	0,5	0	36	0,0235	0	0,0088	0,343	0,043
0,1	1	0,87	0,6	0,81	0	0,5	0	36	0,0043	0	0,0036	0,216	0,0034
0,2	1	0,87	0,6	0,81	0	0,5	0	36	0,0235	0	0,0143	0,343	0,0269
0,1	1	0,98	0,6	0,81	0	0,5	0	36	0,0043	0	0,0044	0,216	-1E-04
0,2	1	0,98	0,6	0,81	0	0,5	0	36	0,0235	0	0,0174	0,343	0,0178
0,1	1	0,98	0,6	0,81	0	0,5	0	36	0,0043	0	0,0044	0,216	-1E-04
0,2	1	0,98	0,6	0,81	0	0,5	0	36	0,0235	0	0,0174	0,343	0,0178
0,1	1	0	0,9	0,81	0	0,5	0	36	0,0065	0	0	0,216	0,09
0,2	1	0	0,9	0,81	0	0,5	0	36	0,0353	0	0	0,343	0,1029
0,1	1	0,34	0,9	0,81	0	0,5	0	36	0,0065	0	0,0013	0,216	0,0241
0,2	1	0,34	0,9	0,81	0	0,5	0	36	0,0353	0	0,0051	0,343	0,0879
0,1	1	0,64	0,9	0,81	0	0,5	0	36	0,0065	0	0,0033	0,216	0,0148
0,2	1	0,64	0,9	0,81	0	0,5	0	36	0,0353	0	0,0131	0,343	0,0646
0,1	1	0,87	0,9	0,81	0	0,5	0	36	0,0065	0	0,0054	0,216	0,0052
0,2	1	0,87	0,9	0,81	0	0,5	0	36	0,0353	0	0,0215	0,343	0,0403
0,1	1	0,98	0,9	0,81	0	0,5	0	36	0,0065	0	0,0065	0,216	-2E-04
0,2	1	0,98	0,9	0,81	0	0,5	0	36	0,0353	0	0,0261	0,343	0,0267
0,1	1	0,98	0,9	0,81	0	0,5	0	36	0,0065	0	0,0065	0,216	-2E-04

0,2	1	0,98	0,9	0,81	0	0,5	0	36	0,0353	0	0,0261	0,343	0,0267
0,1	1	0	1,2	0,81	0	0,5	0	36	0,0086	0	0	0,216	0,04
0,2	1	0	1,2	0,81	0	0,5	0	36	0,047	0	0	0,343	0,1371
0,1	1	0,34	1,2	0,81	0	0,5	0	36	0,0086	0	0,0017	0,216	0,0321
0,2	1	0,34	1,2	0,81	0	0,5	0	36	0,047	0	0,0069	0,343	0,1172
0,1	1	0,64	1,2	0,81	0	0,5	0	36	0,0086	0	0,0044	0,216	0,0197
0,2	1	0,64	1,2	0,81	0	0,5	0	36	0,047	0	0,0175	0,343	0,0861
0,1	1	0,87	1,2	0,81	0	0,5	0	36	0,0086	0	0,0072	0,216	0,0069
0,2	1	0,87	1,2	0,81	0	0,5	0	36	0,047	0	0,0286	0,343	0,0937
0,1	1	0,98	1,2	0,81	0	0,5	0	36	0,0086	0	0,0087	0,216	-3E-04
0,2	1	0,98	1,2	0,81	0	0,5	0	36	0,047	0	0,0348	0,343	0,0357
0,1	1	0,98	1,2	0,81	0	0,5	0	36	0,0086	0	0,0087	0,216	-3E-04
0,2	1	0,98	1,2	0,81	0	0,5	0	36	0,047	0	0,0348	0,343	0,0357
0,1	1	0	1,5	0,81	0	0,5	0	36	0,0108	0	0	0,216	0,03
0,2	1	0	1,5	0,81	0	0,5	0	36	0,0388	0	0	0,343	0,1714
0,1	1	0,34	1,5	0,81	0	0,5	0	36	0,0108	0	0,0021	0,216	0,0401
0,2	1	0,34	1,5	0,81	0	0,5	0	36	0,0388	0	0,0086	0,343	0,1464
0,1	1	0,64	1,5	0,81	0	0,5	0	36	0,0108	0	0,0055	0,216	0,0247
0,2	1	0,64	1,5	0,81	0	0,5	0	36	0,0388	0	0,0219	0,343	0,1076
0,1	1	0,87	1,5	0,81	0	0,5	0	36	0,0108	0	0,0089	0,216	0,0086
0,2	1	0,87	1,5	0,81	0	0,5	0	36	0,0388	0	0,0358	0,343	0,0672
0,1	1	0,98	1,5	0,81	0	0,5	0	36	0,0108	0	0,0109	0,216	-4E-04
0,2	1	0,98	1,5	0,81	0	0,5	0	36	0,0388	0	0,0435	0,343	0,0446
0,1	1	0,98	1,5	0,81	0	0,5	0	36	0,0108	0	0,0109	0,216	-4E-04
0,2	1	0,98	1,5	0,81	0	0,5	0	36	0,0388	0	0,0435	0,343	0,0446
0,1	1	0	0,3	0,31	0	0,5	0	72	0,0022	0	0	0,216	0,01
0,2	1	0	0,3	0,31	0	0,5	0	72	0,0118	0	0	0,343	0,0343
0,1	1	0,34	0,3	0,31	0	0,5	0	72	0,0022	0	0,0004	0,216	0,008
0,2	1	0,34	0,3	0,31	0	0,5	0	72	0,0118	0	0,0017	0,343	0,0293
0,1	1	0,64	0,3	0,31	0	0,5	0	72	0,0022	0	0,0011	0,216	0,0049
0,2	1	0,64	0,3	0,31	0	0,5	0	72	0,0118	0	0,0044	0,343	0,0215
0,1	1	0,87	0,3	0,31	0	0,5	0	72	0,0022	0	0,0018	0,216	0,0017
0,2	1	0,87	0,3	0,31	0	0,5	0	72	0,0118	0	0,0072	0,343	0,0134
0,1	1	0,98	0,3	0,31	0	0,5	0	72	0,0022	0	0,0022	0,216	-1E-04
0,2	1	0,98	0,3	0,31	0	0,5	0	72	0,0118	0	0,0087	0,343	0,0089
0,1	1	0,98	0,3	0,31	0	0,5	0	72	0,0022	0	0,0022	0,216	-1E-04
0,2	1	0,98	0,3	0,31	0	0,5	0	72	0,0118	0	0,0087	0,343	0,0089
0,1	1	0	0,6	0,31	0	0,5	0	72	0,0043	0	0	0,216	0,02
0,2	1	0	0,6	0,31	0	0,5	0	72	0,0235	0	0	0,343	0,0686
0,1	1	0,34	0,6	0,31	0	0,5	0	72	0,0043	0	0,0009	0,216	0,016
0,2	1	0,34	0,6	0,31	0	0,5	0	72	0,0235	0	0,0034	0,343	0,0386
0,1	1	0,64	0,6	0,31	0	0,5	0	72	0,0043	0	0,0022	0,216	0,0099
0,2	1	0,64	0,6	0,31	0	0,5	0	72	0,0235	0	0,0088	0,343	0,043
0,1	1	0,87	0,6	0,31	0	0,5	0	72	0,0043	0	0,0036	0,216	0,0034
0,2	1	0,87	0,6	0,31	0	0,5	0	72	0,0235	0	0,0143	0,343	0,0269
0,1	1	0,98	0,6	0,31	0	0,5	0	72	0,0043	0	0,0044	0,216	-1E-04
0,2	1	0,98	0,6	0,31	0	0,5	0	72	0,0235	0	0,0174	0,343	0,0178
0,1	1	0,98	0,6	0,31	0	0,5	0	72	0,0043	0	0,0044	0,216	-1E-04
0,2	1	0,98	0,6	0,31	0	0,5	0	72	0,0235	0	0,0174	0,343	0,0178
0,1	1	0	0,9	0,31	0	0,5	0	72	0,0063	0	0	0,216	0,03

ПРИЛОЖЕНИЕ XXIII

Исходные данные для расчета экономической эффективности косилки
обработки приствольных полос плодовых насаждений

№	Наименование показателей	Единица измерения	Обозначение	Способ обработки приствольной полосы	
				Гербицидная	Скашивание
1	Состав агрегата			МТЗ-82 + садовый гербицидный опрыскиватель НШ 06. 31.	МТЗ-82 + разработанная конструкция косилки
2	Требуемое количество обработок за вегетационный период		n	3	3
3	Количество обслуживающего персонала	чел.	k	1	1
4	Балансовая стоимость: - трактор МТЗ-82 - садовый гербицидный опрыскиватель НШ 06. 31. - разработанная конструкция косилки	тыс. руб.	B_T B_{M_1} B_{M_2}	870 140 -	870 - 57
5	Производительность агрегата за час чистого рабочего времени: - МТЗ-82 + садовый гербицидный опрыскиватель НШ 06. 31. - МТЗ-82 + разработанная конструкция косилки	га/ч	W_1 W_2	0,8 -	- 0,35
6	Коэффициент использования рабочего времени смены		E	0,67	0,75
7	Производительность агрегата за час сменного времени: - МТЗ-82 + садовый гербицидный опрыскиватель НШ 06. 31. - МТЗ-82 + разработанная конструкция косилки	га/ч	W_{c_1} W_{c_2}	0,54 -	- 0,26
8	Часовая тарифная ставка	руб./ч	τ	120	120

9	Годовая загрузка: -трактор МТЗ-82; - садовый гербицидный опрыскиватель НШ 06. 31. - разработанная конструк- ция косилки	ч.	T_T T_{M_1} T_{M_2}	1095 120 -	1095 - 190
10	Норма амортизационных отчислений: -трактор МТЗ-82; - садовый гербицидный опрыскиватель НШ 06. 31. - разработанная конструк- ция косилки	%	A_T A_{M_1} A_{M_2}	9,1 16,7 -	9,1 - 14,3
11	Норма отчислений на ре- монт и плановое техниче- ское обслуживание -трактор МТЗ-82; - садовый гербицидный опрыскиватель НШ 06. 31 - разработанная конструк- ция косилки	%	R_T R_{M_1} R_{M_2}	9,9 11 -	9,9 - 7
12	Стоимость 1кг дизельного топлива	руб.	S_T	45	45
13	Стоимость 1 л гербицидов	руб.	S_g	708	-