

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени
В.М. Кокова»

На правах рукописи



АШАБОКОВ Хачим Хазраилович

**ПАРАМЕТРЫ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ ПАХОТНО-ФРЕЗЕРНОГО
АГРЕГАТА**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства
механизации сельского хозяйства

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
Заслуженный деятель науки КБР,
доктор технических наук,
доцент А.К. Апажев

Нальчик – 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПАХОТНЫМИ АГРЕГАТАМИ С АКТИВНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ.....	10
1.1 Анализ основных требований к обработке почвы.....	10
1.2 Анализ особенностей технологического процесса основной обработки почвы и плугов с активными рабочими органами.....	13
1.3 Обзор научных исследований по изучению параметров и режимов работы почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами.....	29
1.4 Выводы по главе. Цель и задачи исследования.....	36
2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАХОТНО-ФРЕЗЕРНОГО АГРЕГАТА И ОБОСНОВАНИЕ ЕГО ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ.....	38
2.1 Исследование процесса взаимодействия плуга пахотно-фрезерного агрегата с почвой	38
2.2 Конструктивно-технологическая схема пахотно-фрезерного агрегата.....	42
2.3 Обоснование основных конструктивно-технологических параметров фрезерного рабочего органа.....	44
2.4 Исследование процесса взаимодействия фрезерного рабочего органа с почвой.....	50
2.5 Оценка энергетических затрат на обработку почвы пахотно-фрезерным агрегатом	63
2.6 Выводы по главе.....	66
3 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ.....	68
3.1 Методика экспериментального исследования и измерительные средства.....	68
3.2 Описание экспериментального пахотно-фрезерного агрегата.....	76

3.3 Методика обработки результатов экспериментальных исследований.....	78
3.4 Оптимизация основных параметров и режимов работы пахотно-фрезерного агрегата.....	80
3.5 Результаты лабораторно-полевых исследований пахотно-фрезерного агрегата.....	94
3.6 Выводы по главе	97
4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАХОТНО-ФРЕЗЕРНОГО АГРЕГАТА	98
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	108
ЛИТЕРАТУРА.....	110
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	128

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. Проблема основной и предпосевной обработки почвы особенно актуальна для фермерских и крестьянских хозяйств Северо-Кавказского региона, располагающих комплексами технических средств, в основном состоящими из малопроизводительных средств механизации. В результате их многократных проходов по полю повышаются энергетические затраты, уплотняется почва, возникают и развиваются эрозионные процессы.

Данная проблема может быть решена с использованием пахотных агрегатов с активными рабочими органами.

В настоящее время разработаны и испытаны различные пахотные агрегаты с активными рабочими органами. Однако исследования, направленные на совершенствование их конструкций проведены в недостаточном объеме. Не в полной мере изучена совместная работа лемешно-отвального плуга и фрезерного рабочего органа активного действия и их влияние на измельчение почвенных глыб, заделки растительных остатков и выравнивание поверхности почвы.

В связи с этим возникает необходимость разработки пахотно-фрезерного агрегата, обеспечивающего совмещение вспашки, рыхления почвы, измельчения и заделки растительных остатков с выравниванием поверхности почвы при снижении тягового сопротивления.

Научные исследования проводились в период с 2016 по 2019 гг. по тематике НИР ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ «Разработка и внедрение в условиях КБР экологически безопасных, энергосберегающих, противозерозионных технологий возделывания сельскохозяйственных культур и обоснование направления развития производственно-технологического обеспечения механизированных процессов в АПК» в рамках «Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и

продовольствия на 2013-2020 гг.» (Постановление Правительства РФ от 14.07.2012 г. №717), научно-исследовательской работы по заказу МСХ РФ по теме «Проведение исследований и разработка мероприятий, обеспечивающих повышение плодородия почв в условиях склоновых эродированных черноземных почв Юга России» (номер государственной регистрации ААА-А17-117120620151-1).

Степень разработанности темы исследования. Научной основой для совершенствования существующих и разработки новых почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами служат исследования В.П. Горячкина, В.А. Желиговского, Н.Г. Березина, А.Д. Далина, А.С. Добышева, Б.Д. Докина, Я.П. Лобачевского, С.И. Старовойтова, В.А. Дробота, С.И. Камбулова, В.И. Медведева, А.Ю. Несмияна, С.В. Оськина, И.М. Панова, Б.Ф. Тарасенко, Е.И. Трубилина, М.Н. Чаткина, В.В. Шарова, Ю.А. Шекихачева, А.К. Апажева, В.Н. Щирова и др.

Данная работа дополняет эти исследования с позиции обоснования пахотно-фрезерного агрегата, одновременно выполняющего вспашку, рыхление почвы, измельчение и заделку растительных остатков, а также выравнивание поверхности почвы исходя из заданных показателей по качеству работы.

Рабочая гипотеза – повышение качества предпосевной обработки почвы может быть достигнуто путем установления оптимальных параметров и режимов работы пахотно-фрезерного агрегата.

Цель исследования – обоснование конструктивно-технологических параметров и режимов работы пахотно-фрезерного агрегата, обеспечивающего повышение качества предпосевной обработки почвы и снижение тягового сопротивления.

Объекты исследования – технологический процесс обработки почвы, опытный образец пахотно-фрезерного агрегата.

Предмет исследования – закономерности процесса взаимодействия фрезерного рабочего органа с почвой.

Задачи исследования:

1. Обосновать конструктивно-технологическую схему пахотно-фрезерного агрегата.
2. Установить рациональные конструктивно-технологические параметры пахотно-фрезерного агрегата.
3. Исследовать процесс взаимодействия фрезерного рабочего органа с почвой.
4. Оптимизировать основные параметры и режимы работы пахотно-фрезерного агрегата с учетом требований к качеству работы.
5. Провести полевые испытания опытного образца пахотно-фрезерного агрегата.
6. Определить экономическую эффективность применения пахотно-фрезерного агрегата.

Методы исследования. Теоретические исследования проведены с использованием законов математического анализа и теоретической механики. При проведении экспериментальных исследований применялись методы планирования многофакторного эксперимента. Обработка результатов исследований произведена с использованием методов математической статистики.

Научную новизну работы составляют:

- конструктивно-технологическая схема пахотно-фрезерного агрегата, позволяющая совмещать вспашку с рыхлением почвы, измельчением и заделкой растительных остатков, а также выравниванием поверхности почвы;
- методика расчета конструктивно-технологических параметров фрезерного рабочего органа;
- аналитические зависимости, описывающие процесс взаимодействия фрезерного рабочего органа агрегата с почвой, позволяющие определить: угол установки ножей фрезы; силы, действующие на нож фрезы при измельчении почвенных глыб; высоту расположения барабана фрезы

относительно обрабатываемой поверхности; траекторию полета частицы почвы в зависимости от ее физико-механических свойств и параметров фрезерного рабочего органа; угол отрыва почвы от боковой поверхности ножа фрезы; рациональные параметры и режимы работы пахотно-фрезерного агрегата;

- математические модели в виде уравнений регрессии, позволяющие установить оптимальные параметры и режимы работы пахотно-фрезерного агрегата;

- зависимости качественных показателей крошения почвы и тягового сопротивления от конструктивных параметров и режимов работы пахотно-фрезерного агрегата.

Новизна технического решения подтверждена патентом РФ на полезную модель № 168218.

Теоретическая и практическая значимость работы. Теоретическую значимость работы представляют: методика определения конструктивно-технологических параметров фрезерного рабочего органа; аналитические зависимости, описывающие процесс взаимодействия фрезерного рабочего органа с почвой, позволяющие обосновать основные конструктивно-технологические параметры пахотно-фрезерного агрегата.

Практическую значимость представляют: соотношение между параметрами и режимами работы пахотно-фрезерного агрегата, обеспечивающее требуемое качество крошения почвы и минимальное тяговое сопротивление; параметры и режимы работы пахотно-фрезерного агрегата.

На защиту выносятся следующие основные положения:

- конструктивно-технологическая схема пахотно-фрезерного агрегата;
- аналитические зависимости, описывающие процесс взаимодействия фрезерного рабочего органа с почвой, позволяющие обосновать основные конструктивно-технологические параметры пахотно-фрезерного агрегата;

- результаты экспериментальных исследований по определению оптимальных параметров и режимов работы пахотно-фрезерного агрегата;
- зависимости качественных показателей крошения почвы и тягового сопротивления от конструктивных параметров и режимов работы пахотно-фрезерного агрегата.

Реализация результатов исследований.

Опытный образец пахотно-фрезерного агрегата прошел производственные испытания и внедрен в ООО НП «Шэджэм» Чегемского района КБР и учебно-производственном комплексе ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ (г. Нальчик, КБР).

Результаты исследований внедрены в учебный процесс ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ.

Апробация работы. Основные результаты исследований доложены и получили одобрение на: Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и инновационные технологии в отраслях АПК» (г. Нальчик, 2016 г.), VI межвузовской научно-практической конференции сотрудников и обучающихся аграрных вузов СКФО «Инновации в агропромышленном комплексе» ((г. Нальчик, 2017 г.), Международных научно-практических конференциях «Последние тенденции в области науки и образования» (г. Душанбе, 2017 г.), «Актуальные вопросы современных научных исследований» (г. Минск, 2017 г.), «Проблемы и перспективы развития науки и образования в XXI веке» (г. София, 2017 г.), «Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации» (г. Кишинев, 2017 г.), «Инновационное развитие современной науки: проблемы и перспективы» (г. Астана, 2017 г.), «Вопросы науки и образования: теоретические и практические аспекты», «Инновации в современной науке» (г. Прага, 2017 г.), «Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий» (г. Волгоград, 2018 г.).

Разработанный пахотно-фрезерный агрегат отмечен дипломом и золотой медалью Российской агропромышленной выставки «Золотая осень» (г. Москва, 2017 г.), дипломом I степени Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал» (г. Ставрополь, 2019 г.).

По материалам исследований опубликовано 17 печатных работ, в том числе 3 в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки РФ. Получен патент РФ на полезную модель. Общий объем публикаций составляет 28,2 п.л., из них 15,8 п. л. принадлежит автору.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложения. Общий объем работы – 127 страниц машинописного текста, 17 таблиц, 61 рисунок, 12 приложений. Библиография включает 150 наименований, из которых 8 на иностранных языках.

1. СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ ПАХОТНЫМИ АГРЕГАТАМИ С АКТИВНЫМИ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ

1.1 Анализ основных требований к обработке почвы

Состояние структуры почвы непосредственно определяет, каково строение пахотного слоя. Для того, чтобы образовалась прочная структура почвы, должны соблюдаться определенные условия: необходимое количество минеральных и органических коллоидов; содержание в почве необходимого количества щелочноземельных оснований; благоприятные гидротермические условия в почве; действие на почвенную массу корней растений; действие на почву почвенной фауны (дождевые черви, насекомые, землерои и др.) [36, 40, 73, 109].

Оптимальной относительной влажностью почвы для обработки считается 60...70%, удовлетворительной 50...60%, избыточной – свыше 80%, недостаточной – ниже 50%.

Для дерново-подзолистых суглинистых почв оптимальной влажностью считается 15...22%, для черноземов – 17...30% [36].

Согласно [112], оптимальным является наличие в почве агрегатов размером 5...10 мм. В этом случае эффективнее удерживается почвенная влага.

Обеспечить эффективный рост и развитие сельскохозяйственных культур возможно, создав оптимальные условия по таким показателям, как влажность, температура, аэрация, содержание питательных элементов. Указанными показателями можно варьировать, проводя вспашку, рыхление, крошение, уплотнение, оборачивание, перемешивание, подрезание сорной растительности, выравнивание и профилирование почвенной поверхности [6, 7, 8, 36, 40, 98, 109, 112].

Плотность рыхлой почвы составляет 0,80...1,10 т/м³, уплотненной 1,11...1,40 т/м³, плотной 1,41...1,70 т/м³ [23, 98].

Уплотнение почвы приводит к снижению ее пористости с 50...60% до 40% и менее [23].

Характеристиками макроагрегатного состава почвы являются коэффициенты структурности S , распыленности P и глыбистости G [109].

При обработке почвы следует добиваться максимума коэффициента структурности и минимума коэффициентов распыленности и глыбистости [98].

Глыбистая структура – это когда имеют место почвенные агрегаты размерами более 10 мм, макроструктура – 0,25...10 мм, микроструктура – меньше 0,25 мм.

Глыбистая структура почвы характеризуется так: крупноглыбистая – с фракциями более 100 мм и мелкоглыбистая – с фракциями 100...50 и 50...10 мм; макроструктура: крупнокомковатая – с фракциями 10...3 мм, среднекомковатая – с фракциями 3...1 мм и мелкокомковатая – с фракциями 1...0,25 мм; микроструктура: на грубая – с фракциями 0,25...0,01 мм и тонкая – с фракциями менее 0,01 мм [109].

Наиболее ценной считается мелкокомковатая и зернистая структуры с пористыми почвенными агрегатами, имеющими в среднем размеры 0,25...10 мм. Для дерново-подзолистой почвы наиболее ценны почвенные агрегаты с размерами 0,5...5 мм [40].

Для подготовленной к посеву почвы разработаны конкретные агротехнические требования. К примеру, структура почвы – мелкокомковатая, рыхление на глубину высева семян, семенное ложе – уплотненное. Сорную растительность следует подрезать [7, 8, 36, 118, 119, 120, 121, 122].

Глыбистость (доля почвенных агрегатов размером 3 см и больше) для увлажненных районов не должна быть больше 15...20%, для засушливых – 10%. Глыбы, имеющие площадь больше 10 см², в посевном слое должны быть исключены, так как они приводят к повышенному испарения почвенной влаги, увеличению неравномерности высева семян, а вследствие этого –

неравномерному созреванию сельхозкультур и увеличению потерь урожая [120, 121, 122].

В процессе подготовки почвы оценивается качество подготовленной к посеву почвы, а не отдельных технологических операций. Оценка осуществляется непосредственно перед посевом сельхозкультур.

Показатели качества предпосевной подготовки почвы определяются сроком проведения работ, глубиной обработки и ее равномерностью, глыбистостью и крошением почвы, степенью подрезания сорной растительности, отсутствием огрехов [120, 121, 122].

Время проведения предпосевной обработки определяется сроком посева. Предпосевная обработка проводится непосредственно перед началом или в день посева.

Обязательное условие при этом – тщательное рыхление почвы до глубины заделки семян и выравнивание почвенной поверхности. Для этого предпосевная культивация проводится поперек или под углом к направлению предыдущей обработки. Следующие обработки производятся поперек предшествующих для обеспечения лучшего крошения и выравнивания почвы, а на склонах – поперек склона или по горизонталям местности.

Для колосовых сельхозкультур [85] оптимальными значениями плотности почвы являются (т/м^3):

- пахотный слой – 1,1...1,2;
- надсеменная прослойка (4...5 см) – 1,2...1,3;
- подсеменной слой (до 30 см) – 1,0...1,3.

Приведенные выше параметры нашли свое подтверждение в результате исследований [6, 7], в которых, исходя из необходимости обеспечить влагонакопление и влагосбережение, установлены агротребования к верхнему 10...12 сантиметровому слою почвы: содержание верхнего слоя (4...6 см) в мелкозернистом состоянии с почвенными агрегатами 0,5...3,0 мм, а нижнего слоя почвы (до 30 см) – в уплотненном состоянии (до 1,3 т/м^3).

Общие агротехнические требования к почвообработке таковы [56, 118, 119, 120, 121, 122]:

- структура пахотного и подпахотного слоев почвы должна обеспечивать благоприятный водно-воздушный режим почвы в соответствии с требованиями возделываемых сельхозкультур;
- поверхность обработанного поля должна быть устойчива к эрозионным и дефляционным процессам;
- растительные остатки должны быть заделаны в почву и др.

В целях получения высоких урожаев следует обеспечить повышение качества подготовки почвы при условии создания благоприятных условий для роста и развития сельхозкультур.

Технологический процесс почвообработки является одним из самых энергозатратных в сельскохозяйственном производстве. Для повышения качества предпосевной подготовки почвы следует разработать рациональные энергосберегающие технологии обработки почвы и совершенствовать конструкции почвообрабатывающих агрегатов, которые бы позволили объединить такие технологические операции, как основная и предпосевная обработка почвы.

1.2 Анализ особенностей технологического процесса основной обработки почвы и плугов с активными рабочими органами

Вспашка – наиболее энергоемкая технологическая операция в системе обработки почвы и посева, на которую приходится до половины расходуемых топливо-смазочных материалов. Следовательно, ее целесообразно проводить исключительно с высоким качеством.

Вспашку следует проводить с полным оборотом пласта, обеспечивая тщательную заделку растительных остатков, семена сорной растительности, патогенные микроорганизмы в поверхностный слой [118, 119, 120, 121, 122].

Обработка почв способствует улучшению ее агрофизических характеристик, накоплению питательных веществ, созданию оптимальных условий для посева возделываемых сельхозкультур, ведению борьбы с сорняками, заделке удобрений и пожнивных остатков и пр. [5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 27, 33, 37, 38, 44, 46, 49, 50, 61, 62, 64, 67, 68, 72, 77, 78, 80, 81, 83, 84, 87, 88, 89, 97, 98, 99, 110, 113, 116, 117, 123, 124, 127, 129, 147, 148, 149, 150].

Видами обработки почвы являются основная, поверхностная и специальная [3, 45, 71, 75, 135].

Основная обработка (на глубину 0,18...0,35 м) является первой глубокой обработкой, проводимой после уборки предшествующих сельскохозяйственных культур.

Основную обработку почвы проводят навесными (ПЛН-3-35, ПЛН-4-35, ПЛН-5-35 и др.) (рисунки 1.1 и 1.2) и полунавесными плугами (ПЛ-5-35, ПЛП-6-35 и др.).



Рисунок 1.1 – Навесной плуг
ПЛН-3-35



Рисунок 1.2 – Навесной плуг
ПЛП-4-35

При подготовке почвы к посеву озимых культур пахотные агрегаты обязательно должны быть оборудованы приспособлением, обеспечивающим разрушение глыб и крупных почвенных комков.

Результаты многочисленных исследований свидетельствуют о том, что глыбы и комки почвы, остающиеся на поверхности после вспашки, в течение 7...8 ч упрочняются почти в пять и более раз [18, 19, 20, 26, 31, 49, 58, 59, 63, 139, 140]. По этой причине невозможно сформировать мелкокомковатую структуру семенного ложе. Возникает необходимость в дополнительной обработке.

Таким образом, результаты анализа конструктивных особенностей существующих пахотных агрегатов позволяют наметить пути совершенствования их конструкций в плане обеспечения полного оборота пласта, измельчения почвенных глыб, комков почвы, растительных остатков, одновременно заделывая их в почву, выравнивая и уплотняя поверхность почвы.

Одной из основных задач совершенствования конструкции пахотных агрегатов является обеспечение снижения тягового сопротивления, повышения производительности, улучшения качества предпосевной подготовки почвы.

Для решения данной задачи проведен анализ конструктивных особенностей комбинированных пахотных агрегатов, как с пассивными, так с активными рабочими органами.

В зависимости от вида движения рабочих органов современные пахотные агрегаты подразделяются на следующие группы [2, 111]:

- с пассивными рабочими органами (рабочие органы движутся поступательно);
- с активными рабочими органами (рабочие органы приводятся во вращение принудительно);
- с комбинированными рабочими органами (одни рабочие органы совершают поступательное движение, другие – вращательное).

В приведенных группах пахотных агрегатов передача мощности от двигателя трактора к рабочим органам осуществляется по-разному.

Пахотные агрегатов с пассивными рабочими органами характеризуются поступлением мощности через прицепной крюк трактора, с активными рабочими органами – через ВОМ энергетического средства и с комбинированными рабочими органами – смешанным способом (и через прицепной крюк, и через ВОМ энергетического средства [58, 111, 138, 139].

В настоящее время в сельском хозяйстве нашли применение комбинированные пахотные агрегаты, включающие, например, плуг с несколькими батареями игольчатых барон и прикатывающих катков.

Для дополнительного крошения пласта почвы и выравнивания поверхности поля на плугах предусматривается использование различных пассивных рабочих органов.

Зубовые бороны соединяются с плугами двумя способами: навеска и прицеп [3, 45, 71, 75, 135].

Устройства навески борон на пяти- и шестикорпусные плуги включают два кронштейна, на которые навешиваются две бороны. Подобный комбинированный почвообрабатывающий агрегат является более удобным в работе, так как бороны не создают помехи при повороте энергетического средства. Устройствами навески зубовых борон оборудованы также и четырехкорпусные плуги.

Прицепной способ агрегатирования характеризуется тем, что зубовая борона присоединяется к специальному поперечному брусу посредством тросов или цепей (рис. 1.3). Брус располагается посередине рамы, между вторым и третьим корпусами.

Рабочую ширину катков принимают больше ширины захвата плуга на 5...10 см. Катки присоединяются сзади плуга на расстоянии 1...1,5 м для исключения их попадания под него при осуществлении разворота.

Соединение приспособлений ПВР-2,3 и ПВР-3,5 с плугами производят по схемам, показанным рисунках 1.2 и 1.3.

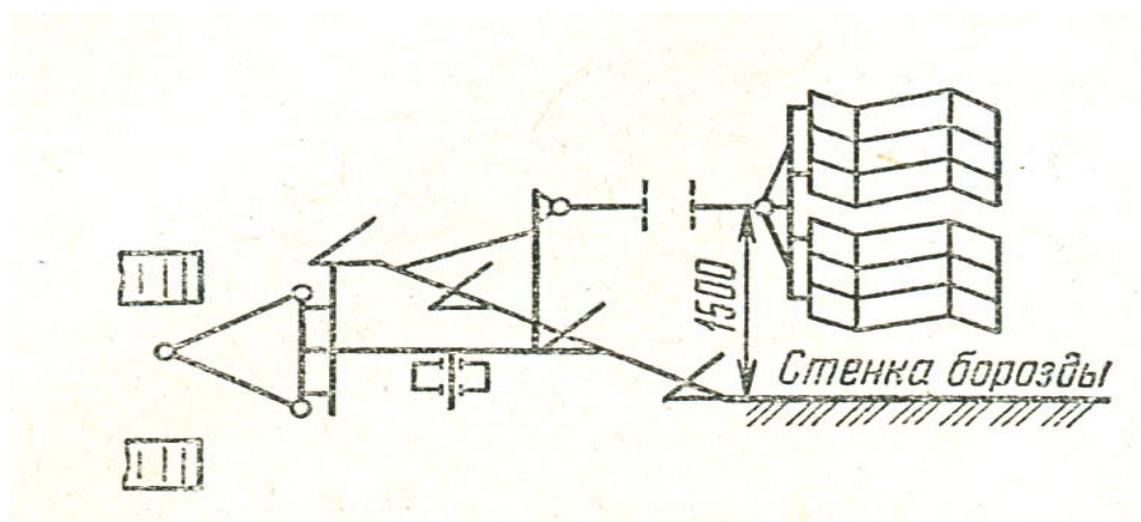
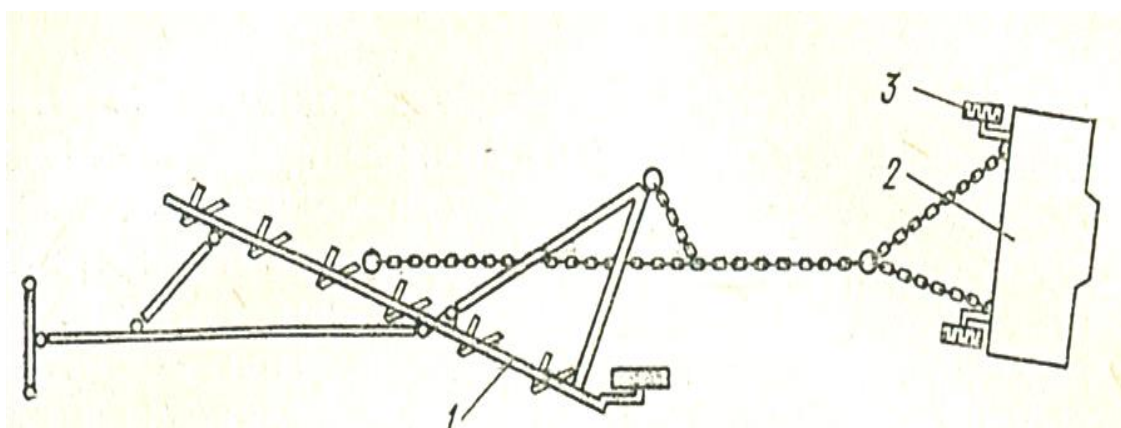
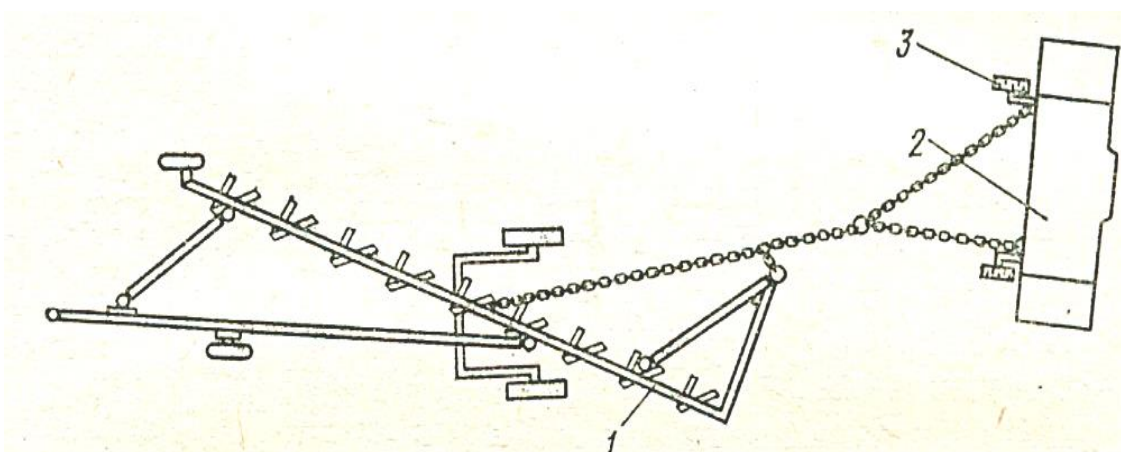


Рисунок 1.3 – Плуг в агрегате с зубовыми боронами



1 – плуг; 2 – приспособление ПВР-2,3; 3 – кольчато-шпоровый каток

Рисунок 1.2 – Схема соединения ПВР-2,3 с пяти- и шестикорпусным плугом



1 – плуг; 2 – приспособление ПВР-3,5; 3 – кольчато-шпоровый каток

Рисунок 1.3 – Схема соединения ПВР-3,5 с восьми- и девятикорпусным плугом

Применение оборотных плугов совместно с уплотняющими катками на легких по механическому составу почвах способствует обеспечению всех необходимых условий для проведения посева сразу после вспашки с исключением дополнительных операций (рис. 1.4).



Рисунок 1.4 – Плуг со специальными уплотняющими катками

Основные недостатки пахотных агрегатов с пассивными рабочими органами таковы:

- необходимость больших полос для разворота агрегата;
- низкое качество подготовки средне- и тяжелосуглинистых почв к посеву;
- наличие больших тяговых сопротивлений.

Вспашка среднетяжелых и тяжелых почв сопровождается образованием крупных почвенных глыб и на поверхности поля остаются растительные остатки. Для их измельчения и заделки в почву используются дисковые рабочие органы.

Однако исследования А.Н. Каштана показали, что при этом степень заделки растительных остатков в почву зачастую не соответствует агротехническим требованиям [74].

Проведение последующих обработок с использованием культиваторов и борон сопровождается извлечением растительных остатков на поверхность почвы, приводя к снижению качественных показателей работы и производительности посевных агрегатов и средств ухода за посевами.

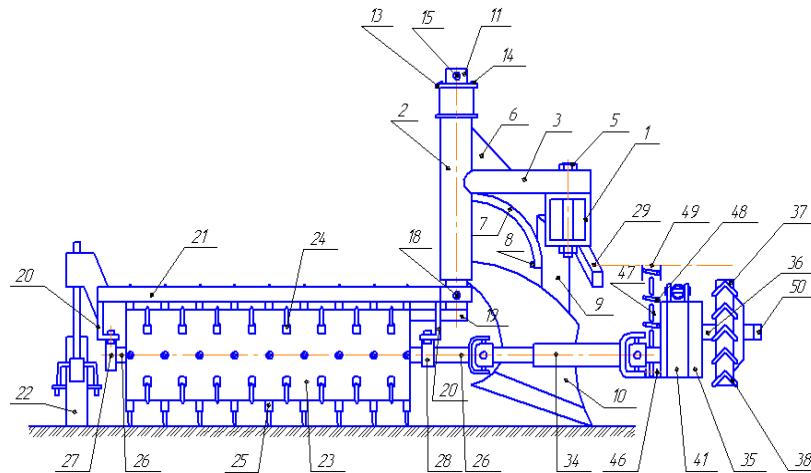
При использовании плугов с активными рабочими органами обеспечивается как крошение почвенных глыб, так и измельчение и заделка в почву растительных остатков. Кроме того, совмещаются основная и предпосевная обработки почвы.

В настоящее время исследования в области совершенствования пахотных агрегатов ведутся по принципу комбинированности, многофункциональности, многооперационности и блочномодульности [7, 8, 9, 14, 24, 27, 29, 30, 31, 32, 34, 35, 44, 46, 49, 58, 62, 63, 65, 66, 67, 87, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105, 106, 123, 124, 125, 126, 130, 131, 138, 139, 141, 143, 144, 145, 146].

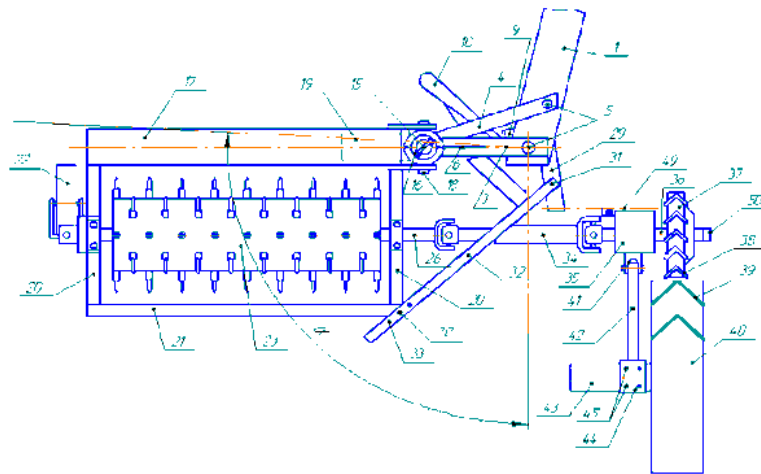
Применение активных рабочих органов в агрегате с плугом позволяет реализовать через ВОМ энергетического средства неиспользуемую мощность двигателя. В случае попутного вращения активных рабочих органов создается «подталкивающая сила». Оптимизацией основных параметров можно добиться экономии до 30% суммарного тягового сопротивления [58, 138].

Концепция совершенствования плугов путем дополнения их активными рабочими органами научно обоснована многочисленными исследованиями [7, 8, 9, 13, 15, 16, 17, 18, 31, 32, 58, 72].

ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ разработан комбинированный почвообрабатывающий агрегат [104], конструктивно-технологическая схема которого представлена на рисунке 1.5.



а.



б.

а – вид спереди; б – вид сверху

1 – рама плуга; 2 – корпус; 3 – кронштейн; 4 – раскос; 5, 8, 18, 30, 31, 45 – крепежи; 6 – ребро жесткости; 7 – упор; 9 – стойка; 10 – отвал; 11 – вал; 12 – стакан; 13 – крышка; 14 – винт; 15 – болт; 16 – гайка; 17 – балка; 19 – упор; 20 – швеллер; 21 – угольник; 22 – опорное колесо; 23 – барабан; 24 – зубья; 25 – втулка; 26 – вал барабана; 27, 28 – корпус; 29 – продольная тяга; 32, 46 – планка; 33 – отверстие; 34 – карданный вал; 35 – редуктор; 36 – вал редуктора; 37 – шкив; 38 – прутки; 39 – протектор; 40 левое заднее колесо энергосредства; 41 – платформа; 42 – продольная балка; 43 – остов энергосредства; 44 – хомут; 47 – цепь; 48 – пружина; 49 – поперечная тяга; 50 – предохранительный механизм

Рисунок 1.5 – Агрегат конструкции ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ

Агрегат состоит из плуга, механизма привода и ротационного рыхлителя с зубьями, приводящегося от заднего колеса энергосредства. Расположение ротационного рыхлителя спереди плуга улучшает качественные показатели работы [58, 105, 138, 141].

В качестве основного недостатка агрегата следует отметить пробуксовку механизма привода ротационного рыхлителя при увеличении тягового сопротивления. Кроме того, растительные остатки практически не измельчаются.

Большой интерес представляет конструкция пахотного агрегата с боковым расположением ротационного рыхлителя, разработанная в ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, которая представлена на рисунке 1.6 [105].

Рыхлитель ротационного типа устанавливается под углом $15...20^{\circ}$ относительно несущего бруса плуга. Агрегат достаточно эффективно выполняет технологический процесс предпосевной подготовки почвы [141].

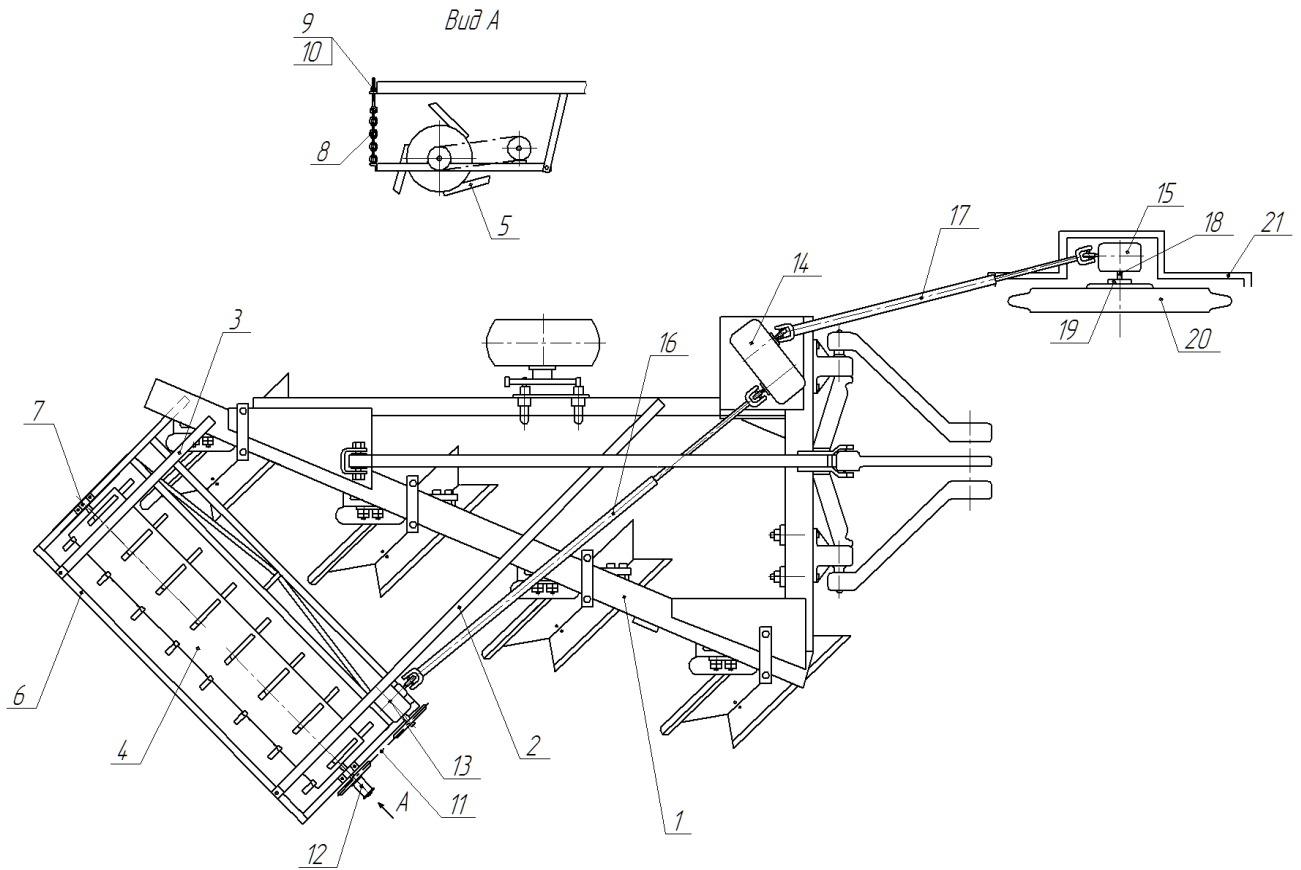
По расположению оси вращения в пространстве плуги с активными рабочими органами подразделяются на агрегаты с горизонтальной и вертикальной осью вращения.

Барабан агрегатов с горизонтальной осью вращения расположен под углом к направлению передвижения. Горизонтальному барабану придается прямое (которое совпадает с направлением вращения колес энергосредства) или обратное направление вращения, т.е. противоположное.

В агрегатах с вертикальной осью вращения ротор размещен под углом к вертикали с отклонением вперед или назад к направлению передвижения [31, 32, 58, 90, 91, 100, 101, 102, 103].

В Белоруссии создана конструкция агрегата, совмещающего основную и предпосевную обработки почвы (рис. 1.7) [58]. В нем плуг ПЛН-3-35 соединен с приспособлением, имеющим сменные Г-образные ножи и пальцы.

Испытания показали, что применение агрегата повышает качество рыхления на 12% и качество крошения на 68,5...85,5% [58].



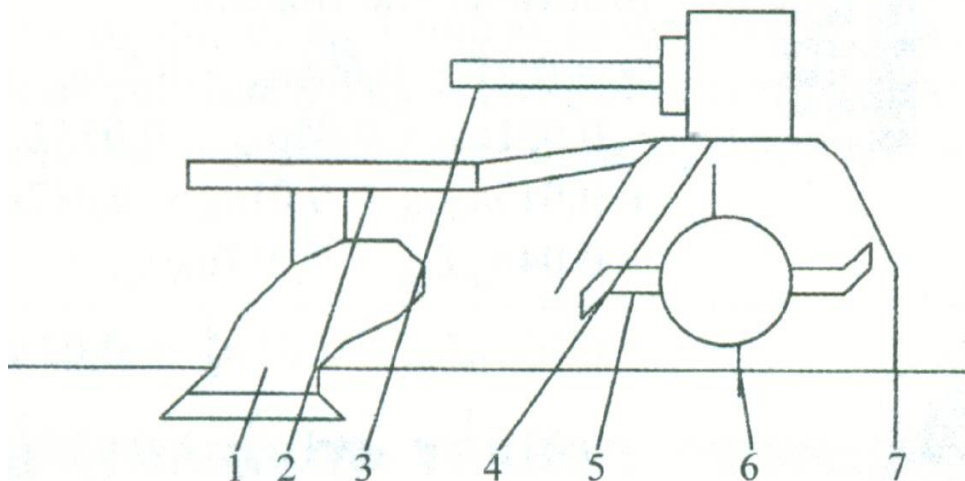
1 – несущий брус плуга; 2, 3 – кронштейны; 4 – барабан; 5 – режущие ножи; 6 – рама; 7 – подшипники качения; 8 – цепь; 9, 10 – регулировочные болты; 11 – цепная передача; 12 – предохранительная муфта; 13, 15 конические редукторы; 14 – цилиндрический редуктор; 16, 17 – карданные валы; 18 – входной вал редуктора; 19 – металлическая планка; 20 – ведущая звездочка гусеницы энергосредства; 21 – рама

Рисунок 1.6 – Конструктивно-технологическая схема пахотного агрегата с боковым расположением ротационного рыхлителя

Большого внимания заслуживают плуги с вращающимися отвалами, имеющим в основном две конструктивные схемы: укороченный лемех и укороченный отвал; лемех стандартной ширины и укороченный отвал [31, 32, 100, 101, 102, 103].

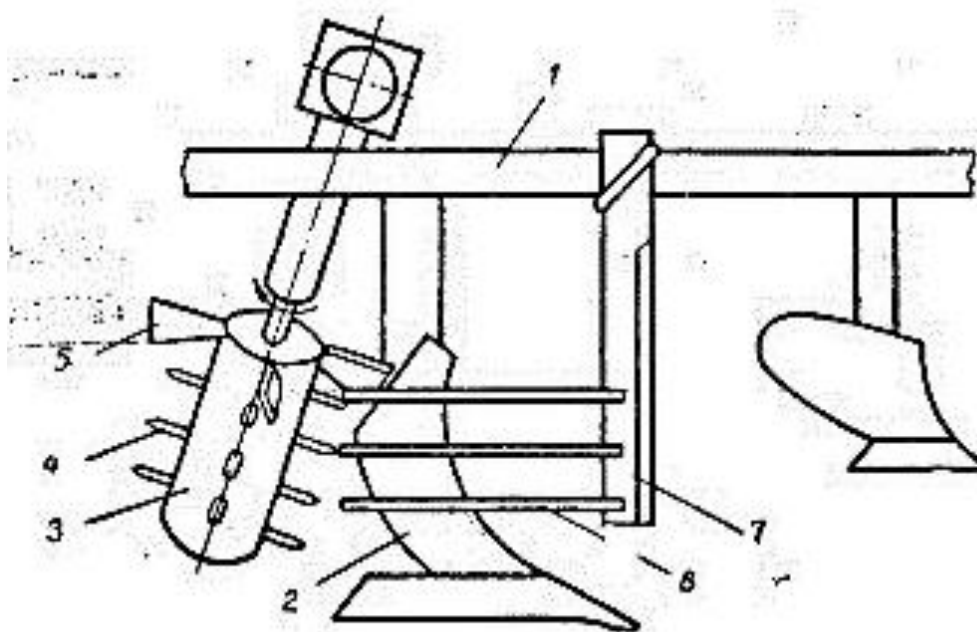
Пахотный агрегат конструкции И.М. Панова, В.А. Шмони́на и др. [31] (рис. 1.8) представляет собой плуг, на раме которого закреплен корпус. За

корпусом установлен ротационный рыхлитель, у которого рабочий элемент – зубья. Вверху рыхлителя устанавливаются лопатки. Привод рыхлителя осуществляется от ВОМ трактора.



1 – корпус плуга; 2 – рама плуга; 3 – карданный вал; 4 – редуктор; 5 – Г-образный нож; 6 – палец; 7 – корпус приспособления

Рисунок 1.7 – Размещение рабочих органов в агрегате



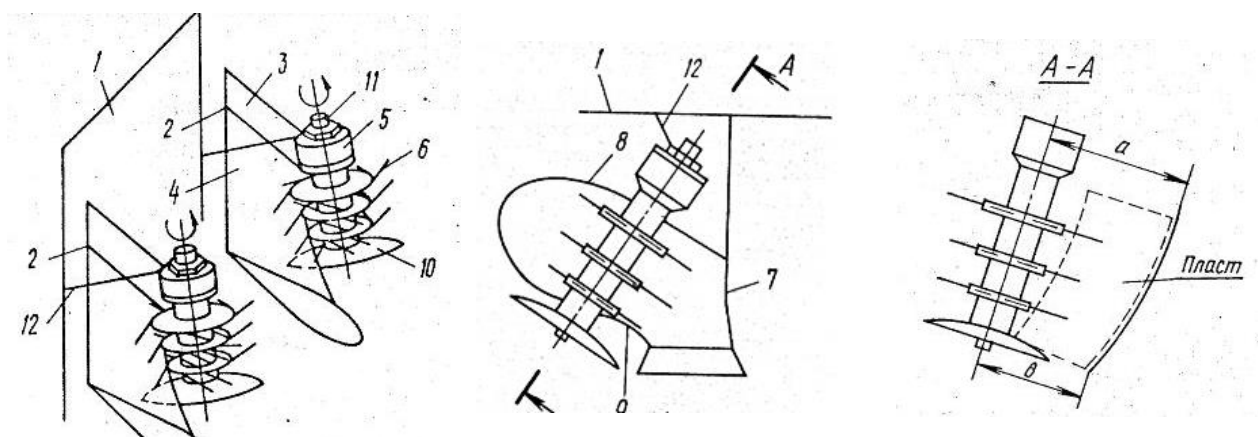
1 – рама; 2 – корпус; 3 – ротационный рыхлитель; 4 – зубья; 5 – радиальные лопатки; 6 – прутки; 7 – стойка

Рисунок 1.8 – Плуг с ротационным рыхлителем

Принцип работы плуга заключается в следующем. Пласт почвы, отрезанный лемехом по укороченному отвалу, направляется на вращающийся ротационный рыхлитель. Попадая на рыхлитель, верхняя часть пласта со стерней сбрасывается лопатками на дно борозды, а другая часть пласта рыхлителем равномерно измельчается, перемешивается и отбрасывается в соседнюю борозду.

Наклонное расположение ротационного рыхлителя на плуге усложняет механизм привода каждого рыхлителя на плуге, что является недостатком данного пахотного агрегата.

Для снижения энергоемкости процесса Б.Г. Гордиенко, А.В. Дмитриев и А.М. Бруслев предлагают лемешно-роторный плуг с самоприводом ротационного рыхлителя [32]. Принципиальная схема лемешно-роторного плуга показана на рисунке 1.9.



1 – рама; 2 – корпус; 3 – лемех; 4 – отвал; 5 – ротор; 6 – зубья; 7 – полевой
обрез; 8 – верхний обрез отвала; 9 – нижний обрез отвала; 10 – выпуклый
диск; 11 – вал; 12 - консоль

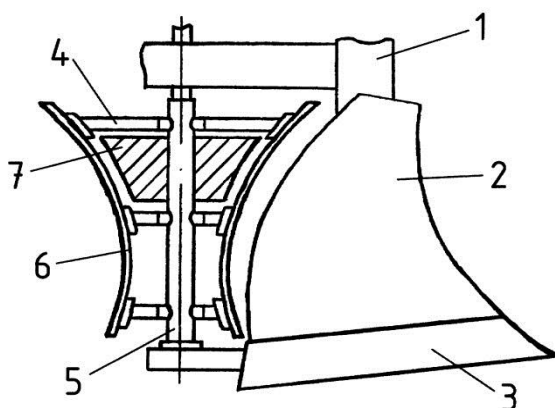
Рисунок 1.9 – Принципиальная схема лемешно-роторного плуга

Ротор установлен перед отвальной поверхностью и наклонен вперед так, что ось ротора располежана на большем расстоянии от верхнего обреза отвала, чем от его нижнего. За счет такого расположения верхняя часть пласта под действием зубьев ротора имеет большую линейную скорость, чем

нижняя часть. В нижней части установлен выпуклый диск, расположенный под бороздным обрезом отвала под углом к горизонтальной плоскости и имеет наклон в сторону плужного корпуса, что способствует поддержанию пласта, который воздействуя на диск, приводит во вращение ротор. Ротор, вращаясь, воздействует зубьями на пласт, частично разрушая его [32].

Недостатком данной конструктивно-технологической схемы лемешно-ротаторного плуга является невозможность измельчения и заделывания в почву остатков высокостебельных культур.

Представляет интерес конструкция плуга ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства» (Н.Г. Березин, П.И. Катков и др.) [103] (рис. 1.10). В процессе работы конструкции исключается перемешивание верхнего плодородного и нижнего неплодородного слоев почвы.



1 – рама; 2 – укороченный отвал; 3 – лемех; 4 – вращающийся отвал; 5 – вал;
6 – двояко-выгнутый нож; 7 – маховик

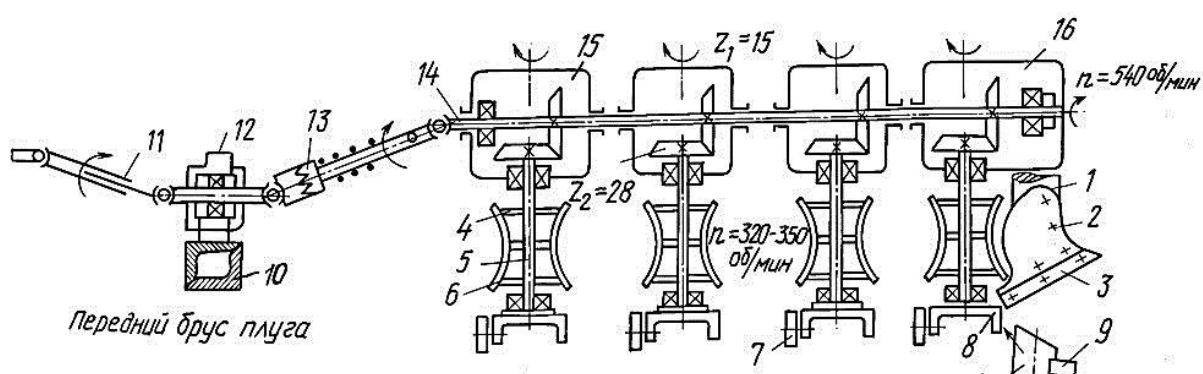
Рисунок 1.10 – Плуг с вращающимся отвалом

Проведенные теоретические и экспериментальные исследования стали основой для разработки новых плугов с комбинированными корпусами: ПВО-2-30, ПВН-3-35, ПОД-4-40 и ПОД-5-35.

На рисунке 1.11 приведен общий вид плуга с вращающимися отвалами и кинематическая схема привода отвалов плуга [72].



а)



б)

Рисунок 1.11 – Общий вид плуга с вращающимися отвалами (а) и кинематическая схема (б) привода отвалов плуга

В настоящее время учеными нашей страны и за рубежом разработаны различные по конструкции вращающиеся отвалы плугов (рис. 1.12-1.15).

Замена пассивного отвала активным вращающимся отвалом позволила обеспечить необходимое качество крошения почвы, измельчение и заделку в почву растительных остатков высокостебельных культур.

Однако недостатками плугов с вращающимися отвалами являются сложность механизма привода отвалов, невозможность работать на почвах с каменистыми включениями и на средне – и тяжелосуглистых почвах.

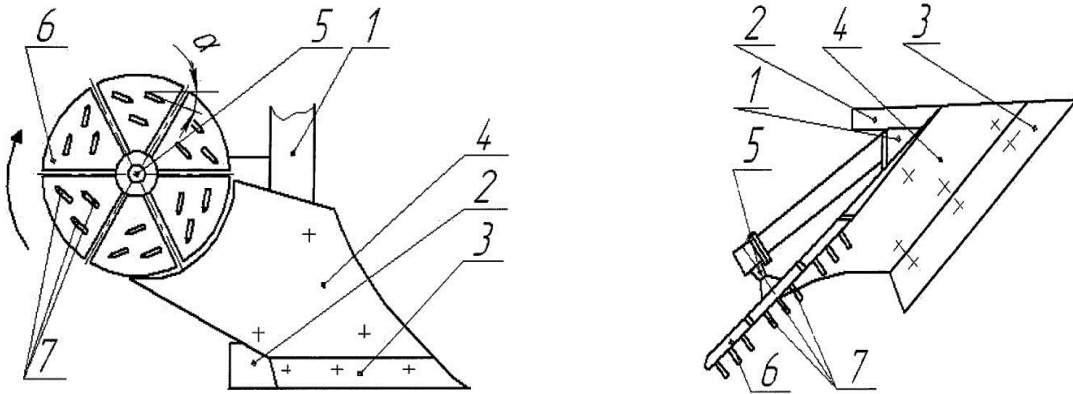


Рисунок 1.12 – Корпус плуга (авторы: А.В. Павлушин, В.А. Богатов [и др.], патент №2412570) [102]

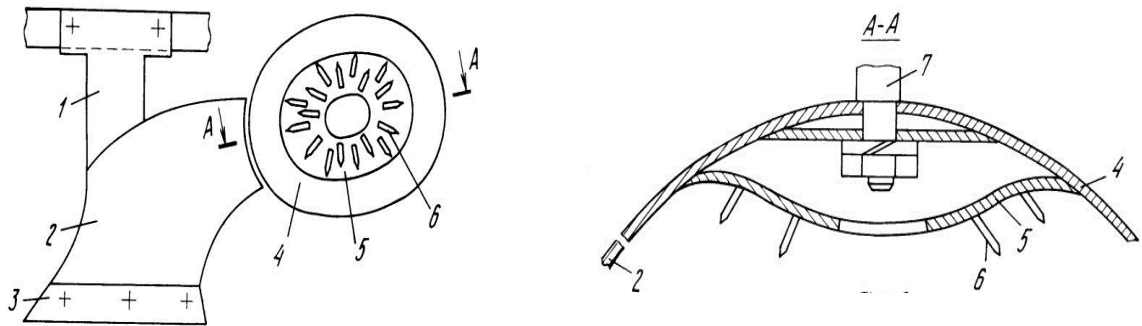


Рисунок 1.13 – Плужный корпус (авторы: П.В. Мишин, С.Г. Михайлов [и др.], патент №2075912) [100]

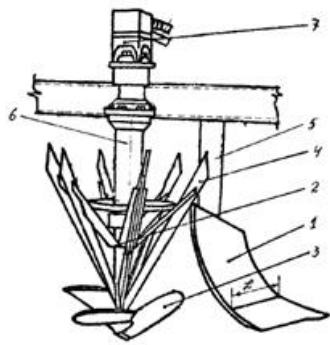


Рисунок 1.14 – Плуг с комбинированными рабочими органами (автор: М.Д. Подскребко, Белоруссия, патент ВУ 4726U) [101]

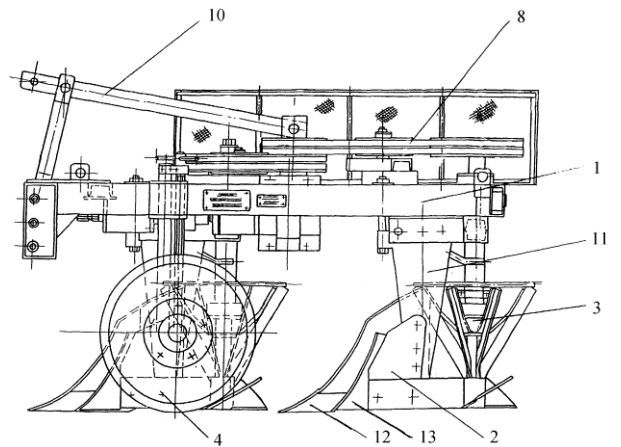
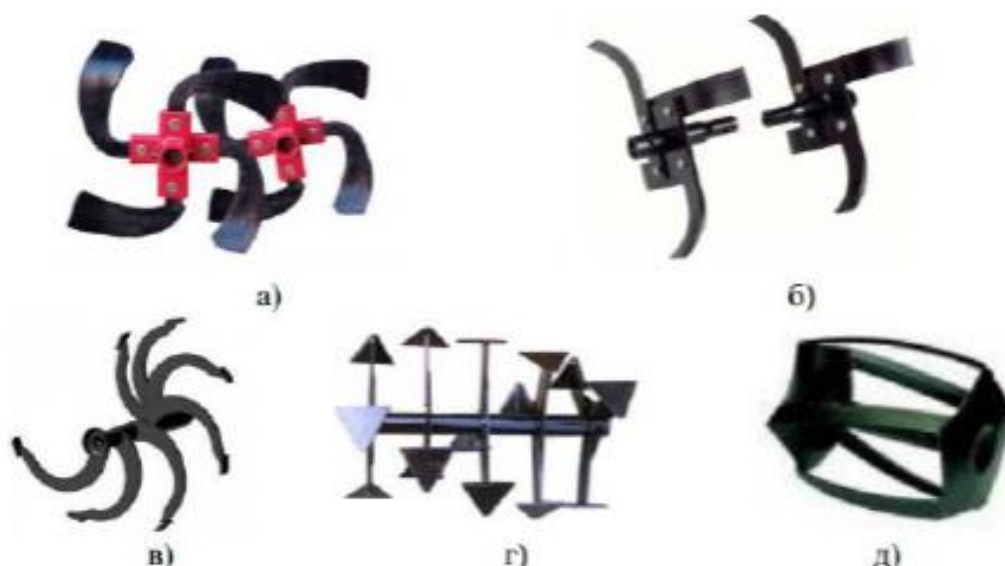


Рисунок 1.15 – Плуг с ротационным рыхлителем (авторы: С.В. Стоян, С.П. Алабагин, патент №43722)

Для упрощения механизма привода активных рабочих органов, установленных на плуге, снижения тягового сопротивления и энергетических затрат при основной обработке почвы большой интерес представляют рабочие органы почвенных фрез (рис. 1.16) [57, 69, 81, 82, 90, 91, 108, 111, 131, 132, 133, 137, 142].



а, б – секции с Г-образными ножами; в – «Целина»; г – «Гусиные лапки»; д – «Активный ротор»

Рисунок 1.16 – Фрезерные рабочие органы

Фрезы с Г-образными ножами (рис.1.16, а, б) предназначены для выполнения как глубокого рыхления почвы, так и мелкого, вследствие чего создается крупно- или мелкокомковатая структура почвы при одновременном уничтожении сорняков.

Фреза «Целина» (рис. 1.16, в) представляет собой набор небольших мотыг, которые входят в почву носками. Эта фреза обеспечивает рыхление почвы с измельчением сорной растительности и равномерным перемешиванием почвы.

Фрезы «Гусиные лапки» (рис. 1.16, г) используются в основном для целинных земель.

Фреза «Активный ротор» (рис. 1.16, д) представляет собой бочкообразную форму, на поверхности которой установлены винтовые планки, выполненные в виде ножей, расположенные не к поверхности почвы, а плашмя. Она используется при выполнении мульчирования и выравнивания поверхности почвы.

Проведенный анализ современного развития пахотных агрегатов свидетельствует о том, существует потребность в усовершенствовании существующих и разработке нового агрегата, обеспечивающего совмещение вспашки и рыхления почвы, измельчения и заделки растительных остатков, выравнивания поверхности почвы при снижении тягового сопротивления и энергетических затрат.

1.3 Обзор научных исследований по изучению параметров и режимов работы почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами

Большой вклад в исследование и разработку рабочих органов почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами внесли В.П. Горячкин, В.А. Желиговский, Н.Г. Березин, А.Д. Далин, А.С. Добышев, Б.Д. Докин, Я.П. Лобачевский, С.И. Старовойтов, В.А. Дробот, С.И. Камбулов, В.И. Медведев, А.Ю. Несмиян, С.В. Оськин, И.М. Панов, Б.Ф. Тарасенко, Е.И. Трубилин, М.Н. Чаткин, В.В. Шаров, Ю.А. Шекихачев, В.Н. Щиров и др.

Тем не менее, в этих исследованиях недостаточно изучено влияние совместной работы плуга и фрезерного рабочего органа на энергоемкость процесса измельчения почвы и тяговое сопротивление.

Для систематизации и учета последних достижений в области разработки почвообрабатывающих машин с активными рабочими органами рассмотрены результаты проведенных научных исследований.

Почвообрабатывающими машинами с активными рабочими органами одновременно выполняются основная и предпосевная обработки почвы. Следовательно, исключением дополнительных операций по обработки почвы достигается снижение удельного расхода топлива на 17...22,5%.

Качественные и энергетические показатели почвообработки определяются направлением вращения, конструктивно-технологико-кинематическими параметрами активных рабочих органов [90, 91].

Результаты исследований, приведенных в [91], свидетельствуют о том, что путем замены пассивных рабочих органов почвообрабатывающих машинах на активные рабочие органы-двигатели (АРОД), получающие привод от ВОМ энергосредства, обеспечивается уменьшение тягового сопротивления, более полная загрузка двигателя. В итоге энергоемкость почвообработки снижается примерно на 20...33%.

Кроме того, уменьшается буксования ведущих колес энергосредства на 20...30%, вследствие чего увеличивается скорость передвижения и увеличивается производительность машинно-тракторного агрегата на 48,0...68,6%.

Использование почвообрабатывающих агрегатов с активными рабочими органами АРОД обеспечивает повышение качества рыхления (крошения) почвы, растительные остатки эффективно измельчаются и заделываются в почву.

В РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева под руководством проф. Лобачевского Я.П. предложена новая концепция «гладкой» вспашки с полным оборотом пласта и укладкой его в борозду. Использование предложенного плуга обеспечивает повышение производительности в 1,5...1,6 раза [83, 84].

Согласно результатам исследования скоростных режимов фрезерования, приведенных в [62, 108], увеличение окружной или поступательной скорости приводит к возрастанию расхода энергии на фрезерование.

Диаметр барабана ротационных почвообрабатывающих машин выбирается таким образом, чтобы исключить наматывание сорняков на вал [107].

Некоторые исследователи рекомендуют диаметр барабана D_B подбирать, учитывая максимальный размер обрабатываемых почвенных комков $h_{ПК_{\max}}$ [62]:

$$D_B \geq \frac{2h_{ПК_{\max}}}{1 - \cos \tau}, \quad (1.1)$$

где τ – угол защемления комка, град, который равен:

$$\tau = \varphi_{ПК} + \varphi_{НК}, \quad (1.2)$$

где $\varphi_{ПК}$ – угол трения в системе «почва-почва», град; $\varphi_{НК}$ – угол трения в системе «почва-материал ножа», град.

Также известно выражение, учитывающее максимальную глубину обработки и диаметр барабана [142]:

$$\frac{h_{ОБ_{\max}}}{D_B} = 0,5. \quad (1.3)$$

Однако при расчетах по выражению (1.3) затруднительно разместить узлы привода.

Согласно [107], снизить энергетические затраты возможно за счет увеличения диаметра фрезы. Для почвообрабатывающих машин, которые имеют малую частоту вращения ротора, диаметр барабана рекомендуется рассчитывать по выражению:

$$\frac{2h_{ОБ_{\max}}}{D_B} = 0,38 \dots 0,5. \quad (1.4)$$

В [115] рекомендуется устанавливать размеры барабана с учетом соотношения:

$$D_B = (2,5 \dots 5)h_{ОБ_{\max}}. \quad (1.5)$$

Докин Б.Д. [59] предлагает величину диаметра барабана устанавливать согласно соотношения:

$$\frac{h_{OB \max}}{D_B} = 0,35 \dots 0,4. \quad (1.6)$$

Количество ножей на барабане рекомендуется устанавливать согласно соотношения:

$$z = \frac{60V_{\Pi}}{nS_H}, \quad (1.7)$$

где V_{Π} – скорость передвижения агрегата, м/с; n – число оборотов барабана, об/мин; S_H – подача на нож, м.

Значение числа оборотов барабана обычно рассчитывается согласно соотношения:

$$n = \frac{60V_{OKP}}{\pi D_B}, \quad (1.8)$$

где V_{OKP} – окружная скорость рабочего органа, м/с.

В [59] приведены результаты исследования, согласно которым при обработке средне- и тяжелосуглинистых почв рекомендуется устанавливать три ножа на одной стороне диска.

Согласно [57, 99, 107, 115], оптимальное количество ножей равно 2...4, причем для пропашных фрез – 2, для болотных фрез и ротационных плугов – 4.

В [80] исследована установка, укомплектованная дисками с 2-мя, 3-мя, 4-мя, 6-ю и 8-ю ножами. Установлено, что в процессе работы 6-и и 8-ми ножевых рабочих органов происходит их забивание и они выполняют технологический процесс неудовлетворительно.

Число ножей рассчитывается согласно выражения [107]:

$$z = \frac{60V_{\Pi}}{nS_H}. \quad (1.9)$$

При использовании почвообрабатывающих фрез обеспечивается качественное выполнение предпосевной подготовки почвы. Вместе с тем,

процесс обработки почвы в этом случае сопряжен большими энергозатратами, определяемыми их конструктивно-технологическими параметрами и режимами функционирования [68, 81, 82, 90, 131].

Кроме кинематического режима работы, важным технологическим параметром является величина угла резания почвы ножом. Она оказывает существенное влияние на величину энергоемкости обработки почвы [111, 132, 133].

Чаткин М.Н. установил зависимость силовых и энергетических показателей некоторых типов активных рабочих органов от их конструктивных и технологических параметров и режимов работы [137].

Согласно полученных результатов, с целью предотвратить возникновение тормозящих сил торможения рекомендуется, чтобы спинка ножа в течение времени вхождения в почвенный пласт не упиралась в почвенный слой и не создавала препятствий для поступательного движения барабана [111].

Катков П.И [72], исследовав режим работы плуга с вращающимся отвалом (рис. 1.17), установил, что при глубине вспашки почвы, равной 25 см, и числе оборотов роторов, равном 330 об/мин, поступательная скорость агрегата должна находиться в пределах 9,4...13,0 км/ч.

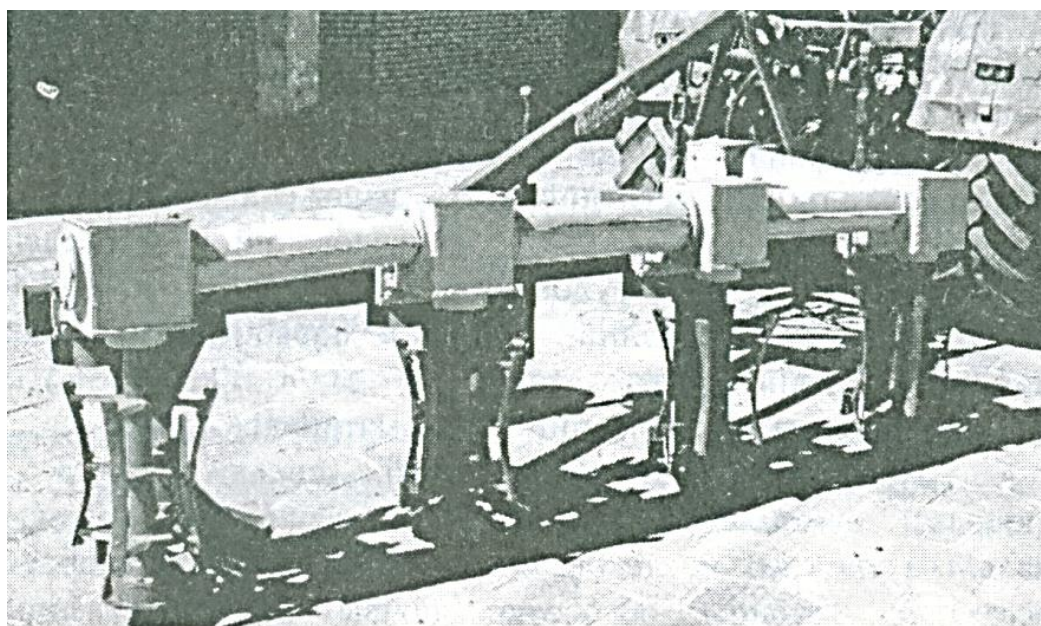


Рисунок 1.17 – Общий вид опытного образца плуга с активным отвалом

Использование плуга с активным отвалом позволяет достигнуть степени крошения 97,6%, заделки на глубину 9,2...10,4 см 85...87% растительных остатков. Гребнистость – 2,3 см. Экономический эффект от использования плуга – более 130 тыс.руб./год в сравнении с серийным комплексом машин (ПЛН-4-40, РВК-3,6 и бороновальным агрегатом).

Каноков Т.Б. [70] разработал и исследовал процесс работы комбинированного почвообрабатывающего агрегата, состоящего из плуга и ротационного рыхлителя, установленного в передней части плуга (рис. 1.18)



Рисунок 1.18 – Опытный образец комбинированного почвообрабатывающего агрегата

В ходе проведенных исследований было установлено, что для качественного выполнения диаметр барабана должен быть равен 0,3 м, диаметр приводного колес – 0,5 м, передаточное число редуктора для привода ротационного рыхлителя – 1,67. Получена зависимость тягового сопротивления агрегата от скорости его движения.

Работа Эркенова А.Н. [141] посвящена исследованию комбинированного пахотного агрегата с боковым расположением ротационного рабочего органа, приводимого в движение от левой звездочки гусеницы трактора (рис. 1.19) [105].



Рисунок 1.19 – Общий вид пахотного агрегата (а), привод ротационного рабочего органа от ведущей звездочки гусеничного трактора (б)

В результате проведенных исследований установлено, что для формирования посевного слоя длина ножа должна составлять 0,15...0,26 м, диаметр барабана ротационного рабочего органа – 40...50 см. При этом на барабане имеется 8 секций с тремя ножами на каждой.

В результаты проведенных исследований установлено, что оптимальными значениями являются: скорость передвижения 6,9...7,0 км/ч; угловая скорость вращения барабана $25,2...25,3 \text{ с}^{-1}$; угол атаки $25,9...26,6^{\circ}$. Применение предлагаемой конструкции обеспечивает качественное крошение почвы (86,7%) с минимальным тяговым сопротивлением агрегата (14,7 кН) [141].

Таким образом, для формирования посевного слоя необходимо выполнение следующих технологических операций: вспашка, рыхление, крошение, выравнивание и подуплотнение посевного слоя почвы. При этом следует исключить длительный разрыв между операциями с тем, чтобы обеспечить сохранение почвенной влаги. Для выполнения указанных операций в соответствии с традиционной технологией проводятся вспашка, несколько культиваций, боронование, выравнивание и прикатывание катками

путем 3...4 проходов агрегатов, вследствие чего имеют место повышенные затраты топливо-смазочных материалов и труда, уплотнение почвенного слоя.

1.4 Выводы по главе. Цель и задачи исследования

Основная задача совершенствования конструкций почвообрабатывающих машин – оснащение их активными рабочими органами, что обеспечит улучшение качества подготовки почвы к посеву, снижение тягового сопротивления и повышение производительности.

Основные недостатки почвообрабатывающих машин с пассивными рабочими органами: потребность в больших разворотных поло; низкое качество подготовки средне- и тяжелосуглинистых почв к посеву; повышенные энергозатраты.

Использование плугов с активными рабочими органами позволяет не только крошить почвенные глыбы, но измельчать и заделывать в почву растительные остатки, а также совмещать две технологические операции: основную и предпосевную обработку почвы.

В настоящее время разработаны и испытаны различные пахотные агрегаты с активными рабочими органами: роторные рыхлители, установленные спереди плуга, сбоку и вдоль корпуса плуга, а также вращающиеся отвалы.

Основными их недостатками являются сложность механизма привода рабочих органов, большая металлоемкость, невозможность работать на почвах с каменистыми включениями и на тяжелосуглистых почвах.

Исследования, посвященные совместной работе плуга и фрезерного рабочего органа, обеспечивающее формирование семенного ложе в соответствии с агротехническими требованиями в результате одного прохода агрегата, проведены не в полном объеме.

Таким образом, актуально совершенствование пахотных агрегатов и разработка пахотно-фрезерного агрегата, который обеспечит выполнение основной и предпосевной обработку почвы совмещением вспашки с такими операциями, как рыхление (крошение) почвы, измельчение, заделка растительных остатков и выравнивание поверхности почвы с одновременным снижением энергозатрат.

Цель исследования – обоснование конструктивно-технологических параметров и режимов работы пахотно-фрезерного агрегата, обеспечивающего повышение качества предпосевной обработки почвы и снижение тягового сопротивления.

Задачи исследования:

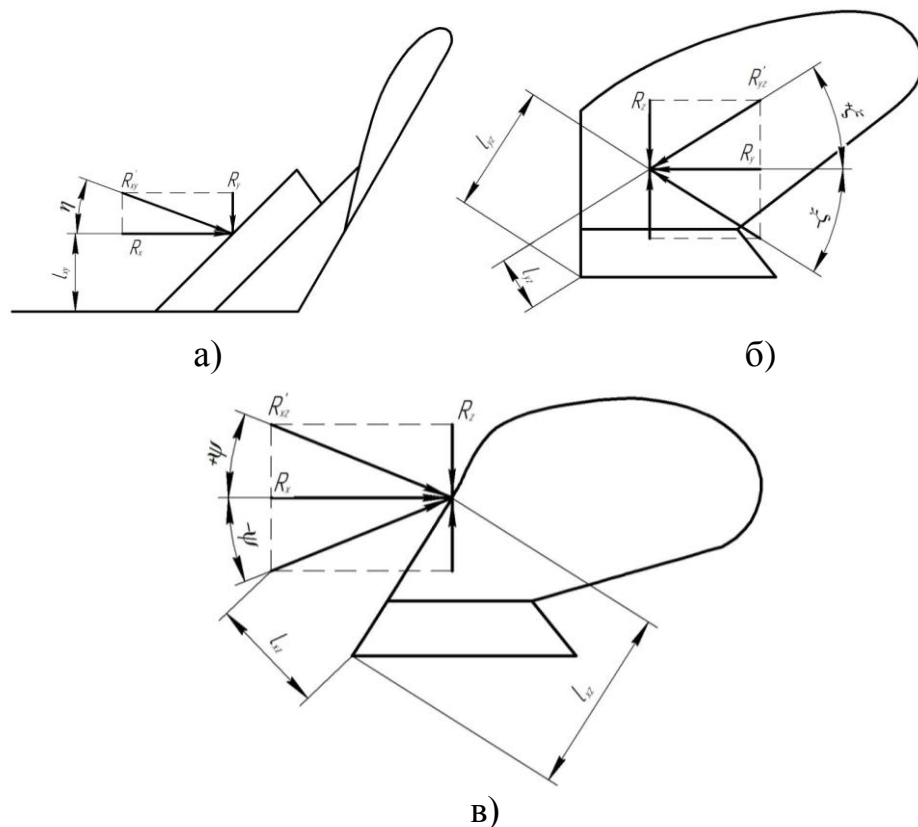
1. Обосновать конструктивно-технологическую схему пахотно-фрезерного агрегата.
2. Установить рациональные конструктивно-технологические параметры пахотно-фрезерного агрегата.
3. Исследовать процесс взаимодействия фрезерного рабочего органа с почвой.
4. Оптимизировать основные параметры и режимы работы пахотно-фрезерного агрегата с учетом требований к качеству работы.
5. Провести полевые испытания опытного образца пахотно-фрезерного агрегата.
6. Определить экономическую эффективность применения пахотно-фрезерного агрегата.

2 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАХОТНО-ФРЕЗЕРНОГО АГРЕГАТА И ОБОСНОВАНИЕ ЕГО ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ

2.1 Исследование процесса взаимодействия плуга пахотно-фрезерного агрегата с почвой

На качество обработки почвы существенное влияние оказывает расположение рабочих органов плуга. Силовыми характеристиками корпуса плуга являются силы сопротивления почвы, действующие на лемешную и отвальную поверхности, и силы, воспринимаемые лезвием лемеха [39, 53, 65, 71, 75, 114, 115, 116, 117].

На рисунке 2.1 приведены силы, действующие на корпус плуга.



а) – горизонтальная; б) – поперечно-вертикальная; в) – продольно-вертикальная

Рисунок 2.1 – Схемы сил, которые действуют на корпус плуга в различных плоскостях

$$R_x = R_{xy} \cos \eta, \quad ; \quad (2.1)$$

где $\eta = 15 \dots 25^\circ$

$$R_y = R_x \operatorname{tg} \eta, \quad (2.2)$$

или
$$R_y = (0,25 \dots 0,466) \cdot R_x, \quad (2.3)$$

$$R_z = R_x \cdot \operatorname{tg} \Psi = \pm 0,2 R_x, \quad . \quad (2.4)$$

$$\Psi = \pm 12^\circ.$$

Определить R_x можно и по формуле:

$$R_x = \eta \frac{P}{n}, \quad (2.5)$$

где P – тяговое сопротивление, Н; η – КПД (0,6...0,8); n – количество корпусов, шт.

Значение R_x зависит от технологических свойств почвы, глубины обработки, скорости движения и т.д.

Полевая доска предназначена для обеспечения устойчивого хода плужного корпуса, предохранения башмака и стойки от истирания и изгибающих моментов, которые вызваны боковым давлением пласта почвы. Неправильное расположение полевой доски относительно стенки борозды приводит к перекосу плуга. При начальном зазоре h_0 между концом полевой доски и номинальной стенкой борозды $0-0$ для вдавливания полевой доски в почву на величину h необходим поворот плуга по отношению к точке навески на угол (рис. 2.2), рассчитываемый по выражению:

$$\delta = \frac{\operatorname{arctg}(h_0 + h)}{L}, \quad (2.6)$$

где L – расстояние согласно рисунка 2.2, м.

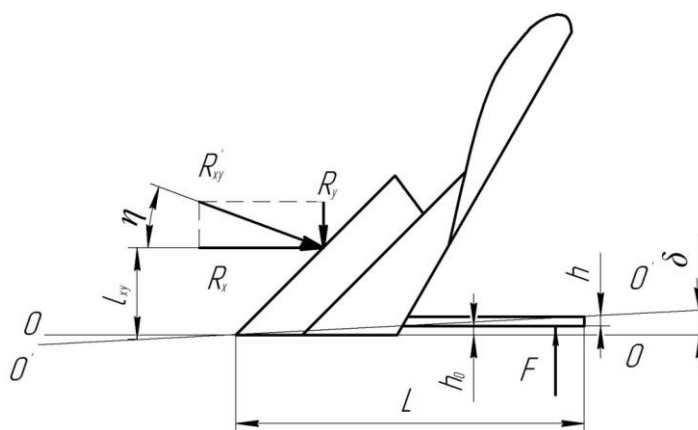


Рисунок 2.2 – Схема для установления угла δ поворота корпуса плуга относительно стенки борозды

После поворота на угол δ плуг движется в направлении, параллельном линии $O'-O'$. В результате уменьшается начальная величина угла γ_0 и все другие образующие корпуса плуга, происходит снижение качества обработки почвы, увеличение ширины захвата первого корпуса.

Особенно перекося плуга заметен при проведении весенней пахоты в результате того, что из-за высокой влажности почвы снижается ее твердость и происходит глубокое вдавливание полевой доски в стенку борозды. Обеспечить прямолинейность передвижения плуга можно посредством уравнивания величины усилия, которое воспринимается полевой доской F_y , и боковой составляющей R_y :

$$F_y = R_y. \quad (2.7)$$

Таким образом, в процессе почвообработки возникают силы R_y , смещающие плуг в сторону от направления перемещения (рис. 2.3). Это смещение – результат действия силы R_y , которая, в свою очередь, – результирующая боковых сопротивлений всех корпусов, приложенная к центру тяжести O_2 .

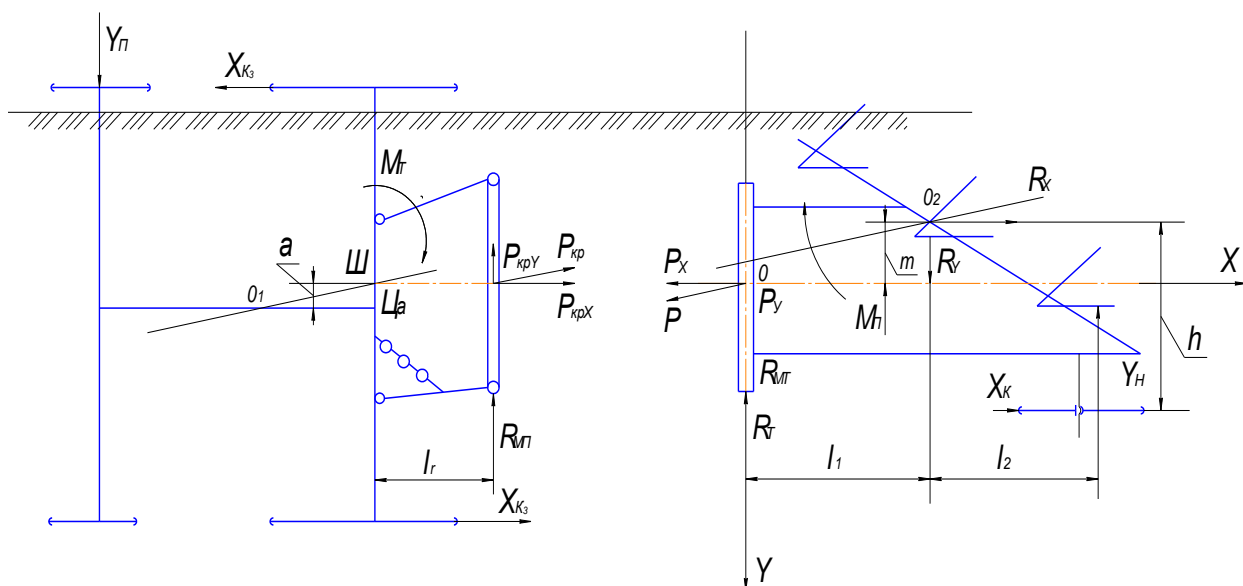


Рисунок 2.3 – Схема к исследованию бокового смещения плуга

Сила Y_n действует против смещения.

Следовательно, полевая доска последнего корпуса, которая испытывает действие большей реакции в сравнении с остальными, деформирует и уплотняет почву.

Компенсировать силу Y_n можно использованием совместно с плугом дополнительного рабочего органа активного действия, располагающегося под углом к направлению перемещения агрегата.

Установить Y_n можно с использованием уравнения равновесия:

$$\sum M_{O_2} = 0; R_T l_1 - R_{MT} l_1 - P_Y l_1 - X_K h - Y_H l_2 + P_X m = 0, \quad (2.8)$$

где R_{MT} – сила воздействия энергетического средства, Н; P_Y – сила сопротивления плуга (поперечная составляющая), Н.

Сила R_{MT} рассчитывается по выражению:

$$R_{MT} = \frac{P_{KPX} a}{l_T}. \quad (2.9)$$

Таким образом, величина Y_n определится по зависимости:

$$Y_H = \frac{1}{\ell_2} (P_X m - R_{MT} \ell_1 - P_Y \ell_1 - X_K h). \quad (2.10)$$

При $P_{KPX} = 20$ кН, $a = 0,15$ м и $\ell_T = 0,6$ м получим, что сила $R_{MT} = 5$ кН.

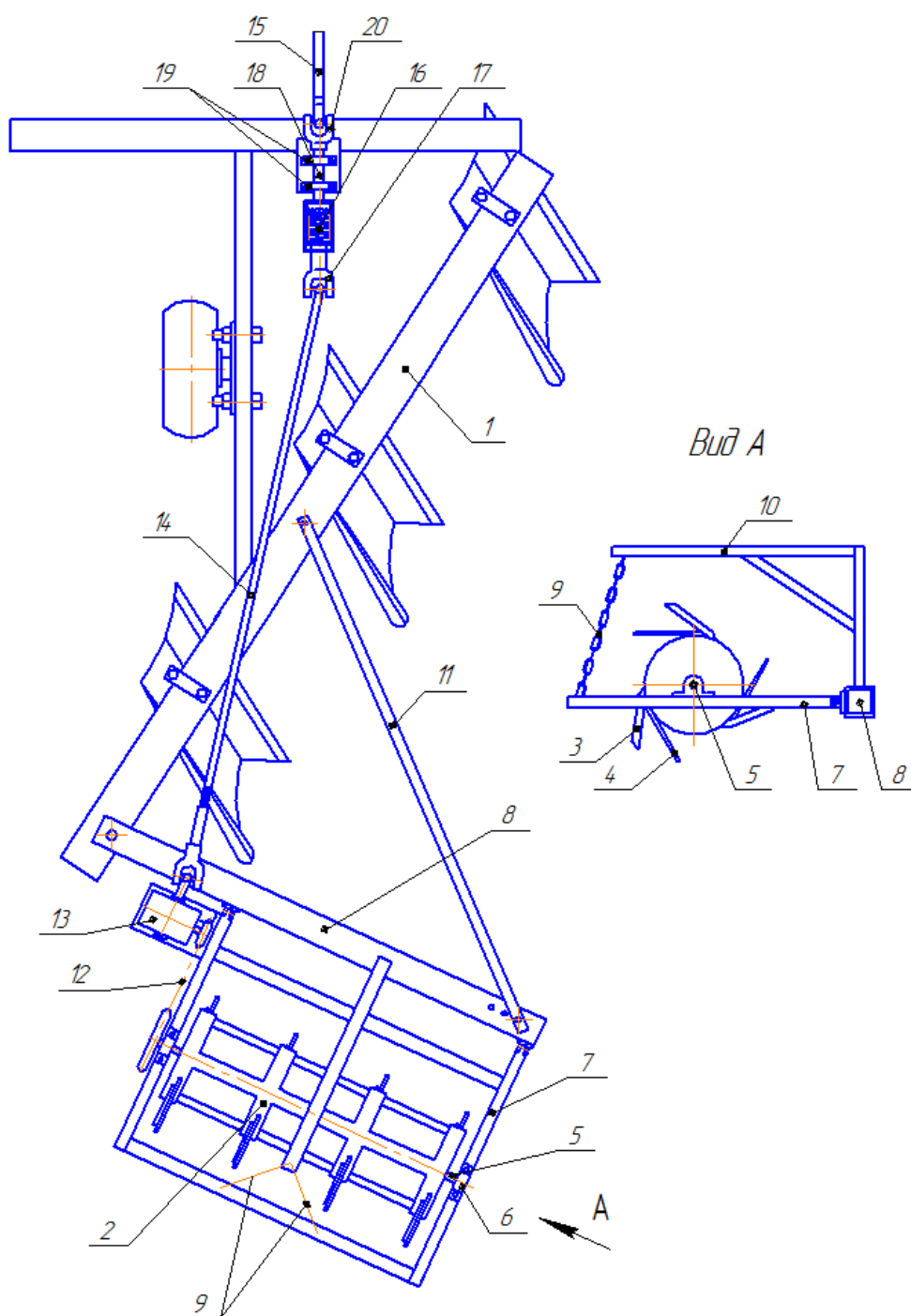
При $\ell_2 = 0,5$ м, $\ell_1 = 0,6$ м, $P_X = P_{KPX} = 20$ кН, $m = 0,25$ м, $P_Y = P_X \operatorname{tg} \alpha = 2$ кН, $\alpha = 6^\circ$, $R_{MT} X_K = 0,2$ кН, $h = 0,5$ м, получим, что $Y_H = 0,6$ кН.

2.2 Конструктивно-технологическая схема пахотно-фрезерного агрегата

Конструктивно-технологическая схема предлагаемого пахотно-фрезерного агрегата показана на рисунке 2.4 [9, 13, 14, 15, 18, 19, 106].

Процесс работы пахотно-фрезерного агрегата следующий. Процесс обработки почвы начинается с включения рабочей передачи. Режущие 3 и ударные 4 ножи внедряются во вспаханную плужной частью агрегата почву на глубину, соответствующую глубине высева семян. При этом ударные ножи 4 разрушают большие почвенные комки, а режущие ножи 3 обеспечивают измельчение почвенных комков и растительных остатков. Одновременно боковые поверхности режущих ножей 3 в результате поступательного передвижения перемещают разрыхленную почву в сторону и выравнивают борозду, образованную корпусом плуга. Тем самым осуществляется выравнивание почвенной поверхности.

Почвенные комки, которые прошли через режущие 3 и ударные 4 ножи, попадают в межсекционное пространство фрезы 2, и там, соударяясь друг с другом, дополнительно крошатся и равномерно распределяются по поверхности почвы. Благодаря этому обрабатывается исключительно посевной слой почвы.



1 – рама плуга; 2 – измельчитель; 3 – режущий нож; 4 – ударный нож; 5 – вал; 6, 19 – опорные подшипники качения; 7 – рама измельчителя; 8 – несущая балка; 9 – гибкая связь; 10 – подвеска; 11 – металлическая планка; 12 – цепная передача; 13 – конический редуктор; 14, 15 – телескопический карданный вал; 15 – ведущий карданный вал; 16 – предохранительный механизм; 17, 20 – крестовины; 18 – промежуточный вал

Рисунок 2.4 – Конструктивно-технологическая схема пахотно-фрезерного агрегата

Таким образом, обеспечивается снижение испарения почвенной влаги и сохранение ее на глубине посева семян, стимулируя быстрый всход семян.

Преодоление встречающиеся препятствий осуществляется путем срабатывания предохранительного механизма 16. При этом телескопический карданный вал 14 отсоединяется от ведущего карданного вала 15, благодаря чему фреза 2 отсоединяется от ВОМ энергетического средства. В результате срабатывания предохранительного механизма 16 рама 7 с фрезой 2, переместившись вверх, преодолевает препятствие.

В конце гона ВОМ энергетического средства отключается, агрегат через гидравлическую систему поднимается, совершается разворот, после чего технологический процесс продолжается аналогично порядку, изложенному выше.

На основании изложенного выше можно заключить, что преимуществами предлагаемого пахотно-фрезерного агрегата являются:

- подготовка почвы к посеву за один проход;
- имеется возможность регулировать угол установки фрезы и глубину обработки почвы учетом типа обрабатываемой почвы;
- снижаются энергозатраты в результате одновременного выполнения нескольких технологических операций;
- отсутствуют дорогостоящие импортные узлы и детали.

2.3 Обоснование основных конструктивно-технологических параметров фрезерного рабочего органа

В результате вспашки на поверхности почвы остаются большие глыбы. С целью их дополнительного крошения, а также измельчения и заделки растительных остатков в почву с одновременным выравниванием ее поверхности предлагается применить фрезу, выполненную в виде цилиндрического барабана с вырезами, на поверхности которого установлены режущие и ударные ножи, приводящиеся в движение от ВОМ

трактора. Правильный выбор конструктивных и технологических параметров фрезерного рабочего органа имеет большое значение для качественного выполнения технологического процесса [15].

Максимальная глубина обработки почвы зависит от оптимальной глубины посева семян: пшеницы – 2...4 см; кукурузы – 4...5 см; подсолнечника – 3...4 см. Учитывая, что глубина заделки растительных остатков должна быть ниже глубины формирования посевного слоя, то с учетом данного условия глубину обработки почвы принимаем равной $h_{OB_{max}} = 10$ см. Тогда диаметр барабана фрезы определится по формуле И.С. Полтавцева [107]:

$$\frac{2h_{OB_{max}}}{D_B} = 0,38...0,5. \quad (2.11)$$

На основании изложенного диаметр барабана для предлагаемого фрезерного рабочего органа принимаем $D_B = 40...53$ см. Для случая, когда пахотно-фрезерный агрегат агрегируется с трактором МТЗ-82 при $V_{II} = 6,0...7,0$ км/ч и $D_B = 40...53$ см, методика расчета следующая.

Кинематический коэффициент будет равен:

$$\frac{V_{OKP}}{V_{II}} = \lambda = 4...5, \quad (2.12)$$

где V_{OKP} – окружная скорость барабана, м/с; V_{II} – скорость поступательного перемещения барабана, м/с.; λ – кинематический коэффициент.

Число оборотов барабана будет равно:

$$n = \frac{60V_{OKP}}{\pi D_B} = 240...370 \text{ мин}^{-1}. \quad (2.13)$$

Величина подачи равна:

$$S_H = \frac{60V_{II}}{nz} = 1,0...1,6 \text{ см}. \quad (2.14)$$

где V_{II} – скорость передвижения, м/с; n – частота вращения, мин^{-1} ; S_H – подача на нож, м.

Затем определяем число ножей:

$$z = \frac{60V_{II}}{nS_H} = 1,9 \dots 4,9 \text{ шт.} \quad (2.15)$$

На основании произведенных расчетов количество ножей на каждой секции барабана приняли равным трем [59, 99, 107, 115].

Угол атаки агрегата устанавливается с учетом того, что с его увеличением почвенный слой перемещается на большее расстояние, происходит большее деформирование почвы, повышается интенсивность перемешивания, улучшается оборачиваемость.

Длину ножа рассчитывается по выражению (рис. 2.5):

$$\ell_H = \sqrt{|OB|^2 - |OA|^2}, \quad (2.16)$$

где

$$|OB| = R_H = R_B + h_{OB}, \quad (2.17)$$

$$|OA| = R_B, \quad (2.18)$$

где R_H – радиус крайней точки ножа фрезы, м; R_B – радиус барабана фрезы, м; h_{OB} – глубина обработки почвы, м.

С учетом (2.17) и (2.18) выражение (2.16) после некоторых преобразований примет вид:

$$\ell_H = h_{OB} \sqrt{\frac{D_B}{h_{OB}} + 1}. \quad (2.19)$$

Углы α_0 и β_0 равны (рис. 2.5):

$$\alpha_0 = \arctg\left(\frac{\ell_H}{R_B}\right), \quad (2.20)$$

$$\beta_0 = \arctg\left(\frac{R_B}{\ell_H}\right). \quad (2.21)$$

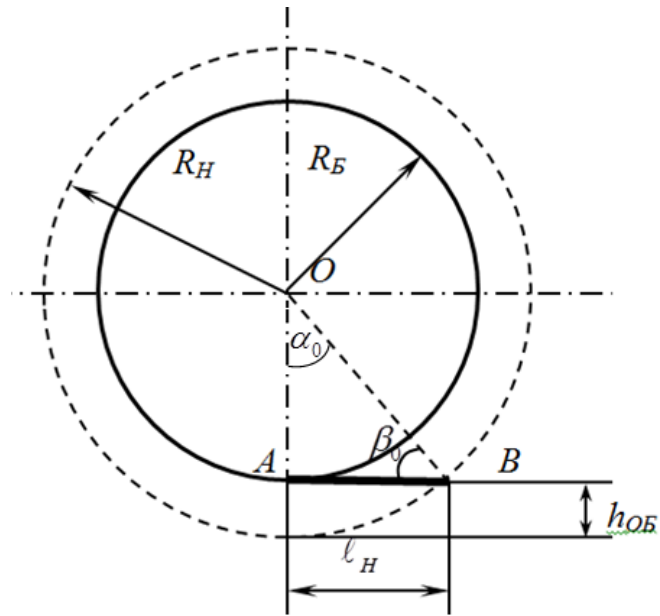


Рисунок 2.5 – Схема к установлению зависимости длины ножа фрезы от глубины обработки почвы

Графически зависимость длины ножа от глубины обработки представлена на рисунке 2.6.

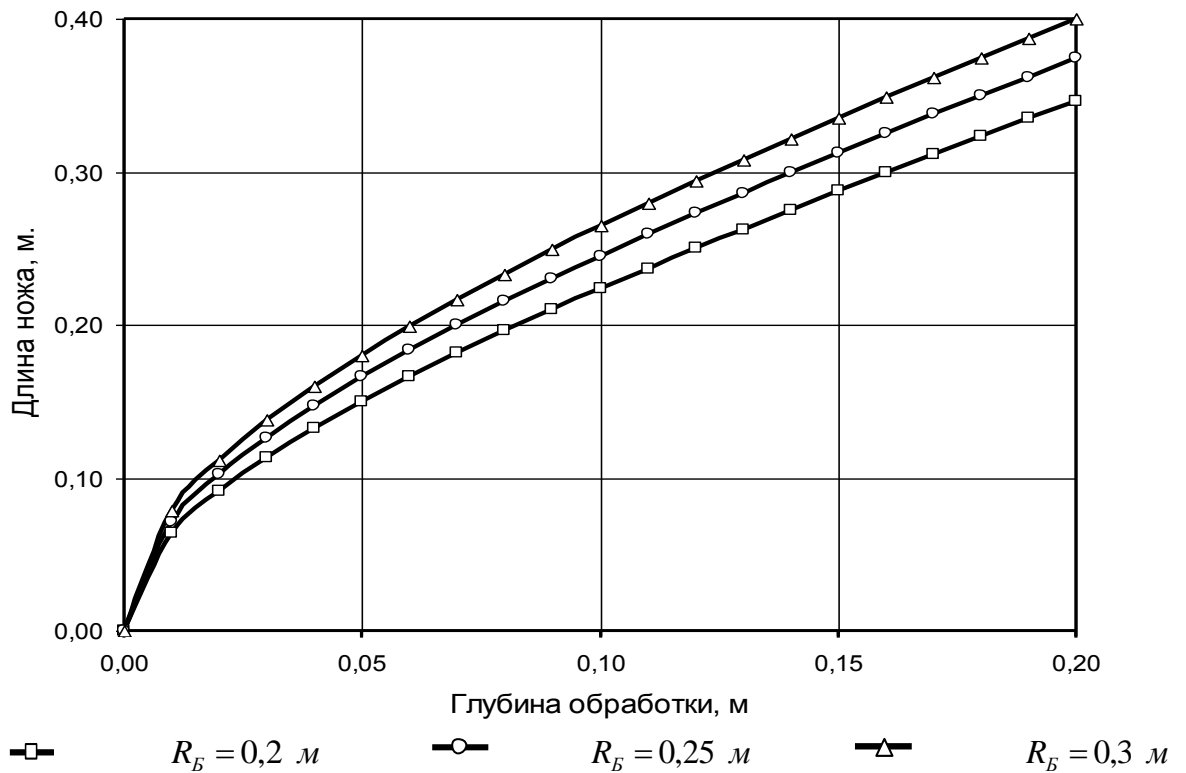


Рисунок 2.6 – Зависимость глубины обработки почвы от длины ножа

Видно, что при $h_{OB} = 5 \dots 10$ см и $R_B = 0,2 \dots 0,3$ м длина ножа составит $0,15 \dots 0,26$ м.

Согласно [142], толщина ножа выбирается из условия прочности. При превышении толщины ножа значения $12 \dots 16$ мм происходит существенное возрастание сопротивления резанию. Рекомендуемая толщина ножа 8 мм.

Ширина полосы, обрабатываемой одной секцией, устанавливается с использованием рисунка 2.7:

$$|BD| = 2|BC| = (D_B + 2h_{OB}) \cos \beta_0. \quad (2.22)$$

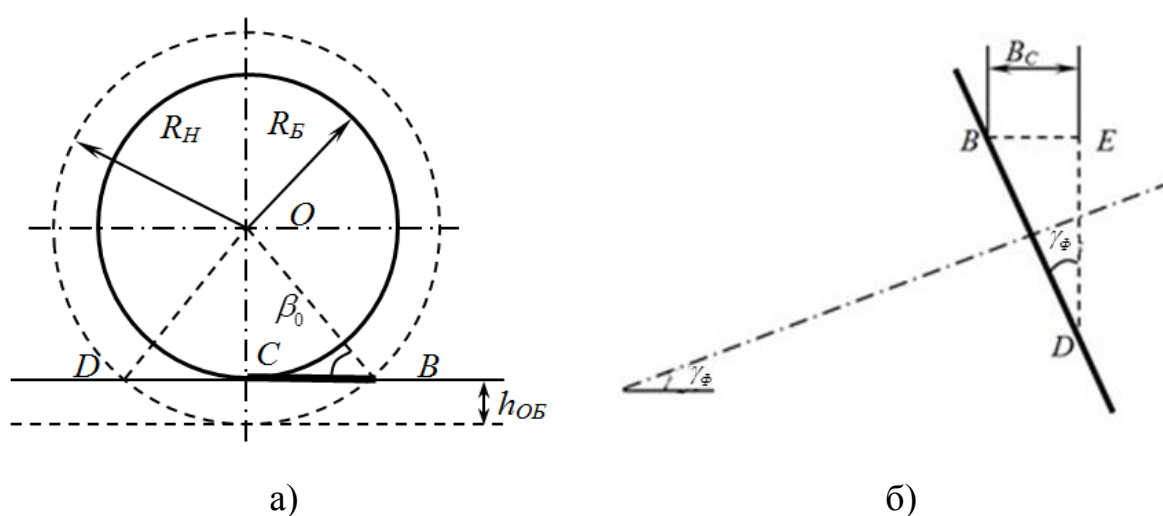


Рисунок 2.7 – Схема к установлению ширины обрабатываемой полосы одной секцией ножей

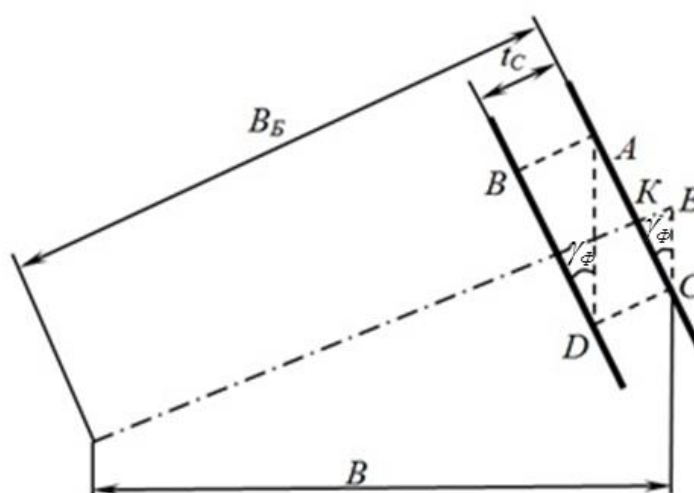


Рисунок 2.8 – Схема к определению шага секции ножей

Таким образом (рис. 2.7, б), имеем:

$$B_C = |BD| \sin \gamma_\phi = (D_B + 2h_{OB}) \cos \beta_0 \sin \gamma_\phi. \quad (2.23)$$

Из рисунка 2.8 видно, что:

$$t_C = |AB| = |BD| \operatorname{tg} \gamma_\phi. \quad (2.24)$$

Учитывая зависимость (2.22), шаг секции ножей рассчитывается по формуле:

$$t_C = (D_B + 2h_{OB}) \cos \beta_0 \operatorname{tg} \gamma_\phi. \quad (2.25)$$

Графически взаимосвязь между шагом секций барабана и глубиной обработки почвы представлена на рисунке 2.9.

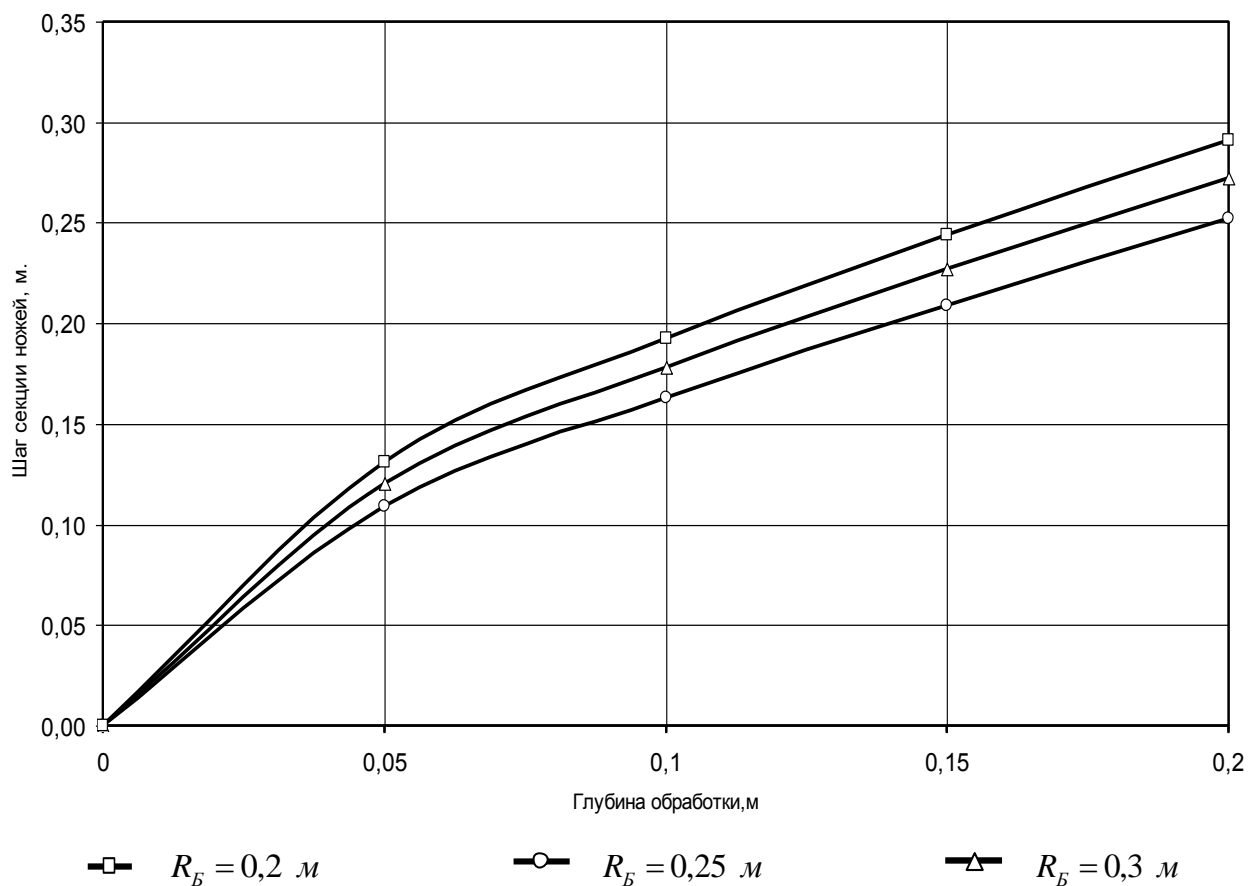


Рисунок 2.9 – Зависимость шага секции ножей фрезы от глубины обработки почвы при угле атаки 20°

Для установления количества секций можно воспользоваться зависимостью:

$$z_C = 1 + \frac{B_{пл}}{B_C} = 1 + \frac{B_{пл}}{(D_B + 2h_{об}) \cos \beta_0 \operatorname{tg} \gamma_\phi}. \quad (2.26)$$

где $B_{пл}$ – ширина захвата плуга, м; γ_ϕ – угол атаки, град.

Таким образом, ширину захвата фрезы определяем по выражению:

$$B_B = t_C (z_C - 1). \quad (2.27)$$

В результате обоснования основных конструктивно-технологических параметров фрезерного рабочего органа установлено: частота вращения – 240...370 мин⁻¹; величина подачи – 0,01...0,016 м; число ножей – 3 шт.; диаметра барабана – 0,4...0,53 м; глубина обработки почвы – 0,10 м; длина ножа – 0,15...0,26 м; ширина захвата принимается равной ширине захвата трех корпусов плуга – 1,05 м.

2.4 Исследование процесса взаимодействия фрезерного рабочего органа с почвой

Способы резания, которые используются при исследовании средств механизации почвообработки, следующие: резание клином и лезвием [53, 65]. При резании клином на почву в основном оказывает действие рабочая грань. В этом случае лезвие служит для выполнения вспомогательной функции.

При резании лезвием основное воздействие на почву оказывается лезвием, а рабочая грань служит для выполнения вспомогательной функции.

Иногда один вид резания может трансформироваться в другой.

Как показывает опыт, резание лезвием имеет наибольшее распространение при работе современных средств механизации почвообработки.

Процесс углубления лезвия в толщу почвы на определенную глубину h_{OB} вызывает возникновение на режущей кромке разрушающего контактного напряжения σ_p [16, 22].

При внедрении лезвия в обрабатываемый материал на нее действуют следующие силы сопротивления (рис. 2.10): резанию (P_p); обжатия (P_o); сжатия (P_c).

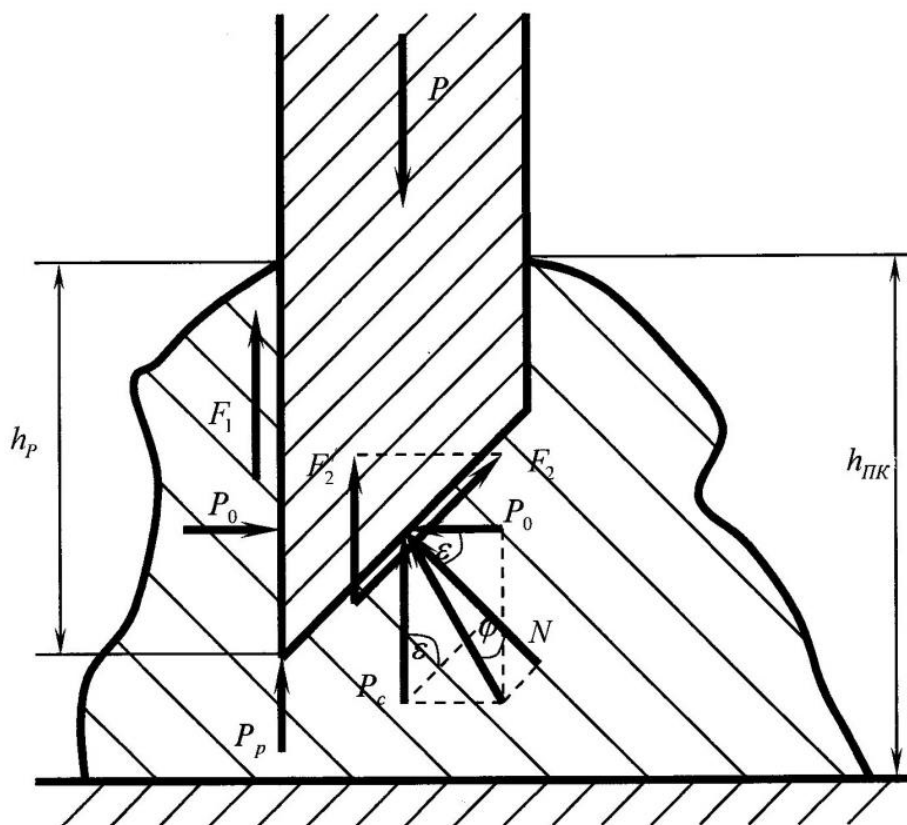


Рисунок 2.10 – Схема для исследования процесса резания почвы

На фаску лезвия действует сила:

$$N = P_c \sin \varepsilon + P_o \cos \varepsilon . \quad (2.28)$$

Силу трения, возникающую от действия нормальной реакции N , можно рассчитать по выражению:

$$F_2 = N f_{HK} . \quad (2.29)$$

где $f_{HK} = \operatorname{tg} \varphi_{HK}$ – коэффициент трения между почвой и материалом ножа.

С учетом угла трения, имеем:

$$N = \sqrt{P_O^2 + P_C^2} \cos \varphi_{HK}. \quad (2.30)$$

Действие силы P_O приводит к возникновению силы F_1 , подобной F_2 :

$$F_1 = P_O f_{HK}. \quad (2.31)$$

Вертикальная проекция силы F_2 будет равна:

$$F'_2 = F_2 \cos \varepsilon. \quad (2.32)$$

После некоторых преобразований получим:

$$F'_2 = f_{HK} (0,5P_C \sin 2\varepsilon + P_O \cos^2 \varepsilon). \quad (2.33)$$

В процессе резания критическая сила, которая приложенная к ножу, должна соответствовать сумме проекций сил, действующих в вертикальной плоскости [16, 22]:

$$P = P_p + P_C + T_1 + T'_2. \quad (2.34)$$

Отсюда:

$$P = \delta \sigma_p + \frac{E h_p^2}{2 h_{p_{\max}}} \left[\operatorname{tg} \varepsilon + f_{HK} \sin^2 \varepsilon + \mu (f_{HK} + \cos^2 \varepsilon) \right], \quad (2.35)$$

где δ – коэффициент остроты лезвия; E – модуль Юнга, Н/м²; μ – коэффициент Пуассона.

Величина угла установки ножа τ определится с учетом сил, которые приложены в т. B (рис. 2.11).

Согласно рисунку 2. 12 силы, действующие на нож фрезы в точке B проецируем на координатные оси:

$$\sum X_{F_i} = 0; P_X - F_{HK_X} - F_{HK_X} + N_X = 0, \quad (2.36)$$

$$\sum Y_{F_i} = 0; F_{HK_Y} + F_{HK_Y} - P_Y = 0, \quad (2.37)$$

$$\sum Z_{F_i} = 0; F_{HK_Z} + F_{HK_Z} - P_Z + N_Z = 0, \quad (2.38)$$

где P_X, P_Y, P_Z – силы резания, Н; $F_{HK_X}, F_{HK_Y}, F_{HK_Z}$ – силы трения между комком и поверхностью почвы, Н; $F_{HK_X}, F_{HK_Y}, F_{HK_Z}$ – силы трения между

рабочим органом и комком почвы, H ; N_x , N_y – силы нормальной реакции почвенного комка, H .

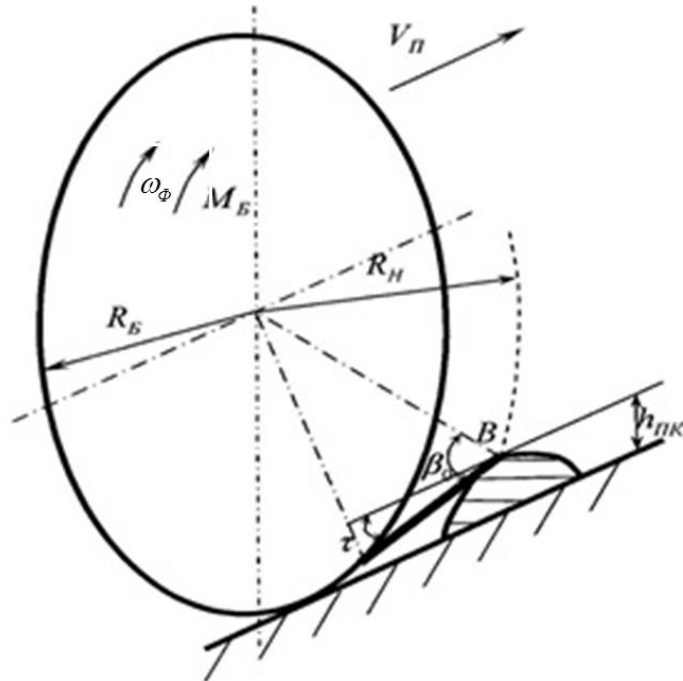


Рисунок 2.11 – Схема к определению угла τ

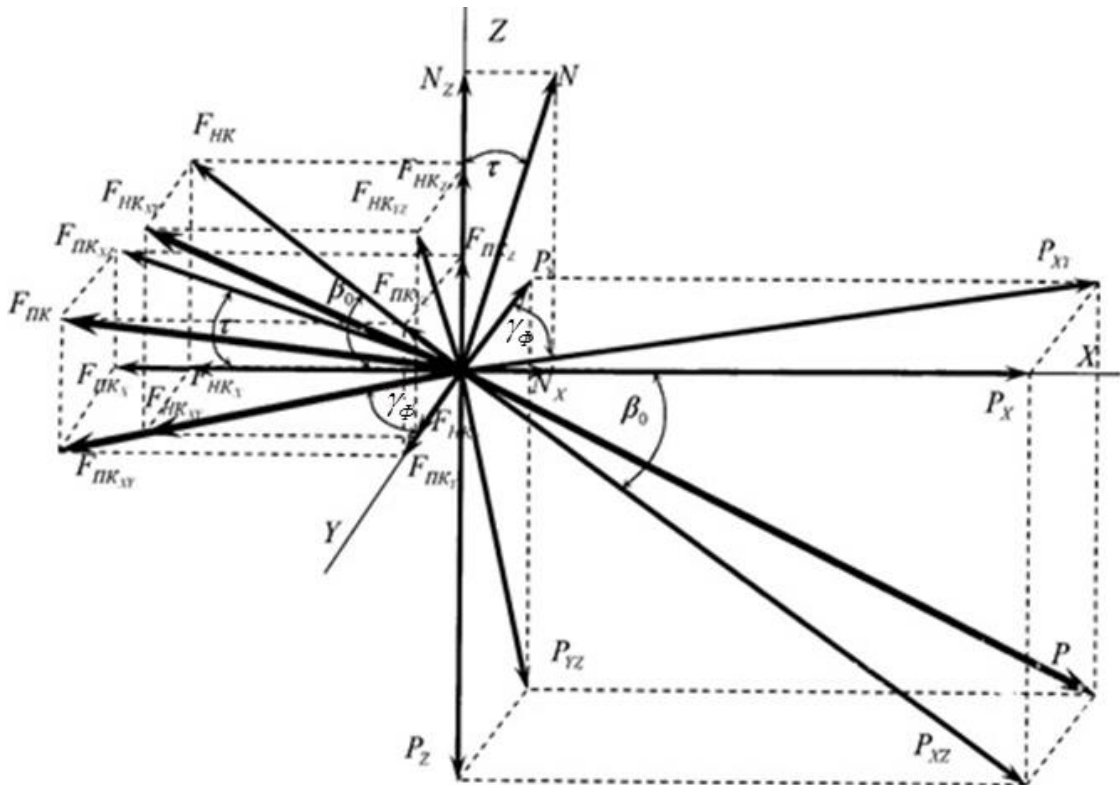


Рисунок 2.12 – Схема сил, действующих на нож фрезы

Величины составляющих сил резания определяются по зависимостям:

$$P_X = P_{XZ} \cos \beta_0 = P \cos \beta_0 \cos \gamma_\phi, \quad (2.39)$$

$$P_X = P_{XY} \sin \gamma_\phi = P \cos \beta_0 c \sin \gamma_\phi, \quad (2.40)$$

$$P_X = P_{XZ} \sin \beta_0 = P \sin \beta_0 \cos \gamma_\phi. \quad (2.41)$$

Значения сил трения на границе «комков почвы – поверхность почвы» определяются по выражениям:

$$F_{ПК_X} = F_{ПК_{XZ}} \cos \tau = F_{ПК} \cos \tau \cos \gamma_\phi = N \operatorname{tg} \varphi_{ПК} \cos \tau \cos \gamma_\phi, \quad (2.42)$$

$$F_{ПК_Y} = F_{ПК_{XY}} \sin \gamma_\phi = F_{ПК} \cos \tau \sin \gamma_\phi = N \operatorname{tg} \varphi_{ПК} \cos \tau \sin \gamma_\phi, \quad (2.43)$$

$$F_{ПК_Z} = F_{ПК_{XZ}} \sin \tau = F_{ПК} \sin \tau \cos \gamma_\phi = N \operatorname{tg} \varphi_{ПК} \sin \tau \cos \gamma_\phi, \quad (2.44)$$

где $\varphi_{ПК}$ – угол трения на границе «комков почвы – поверхность почвы», град.

Значения проекций сил трения на границе «рабочий орган – комков почвы» определяются по выражениям:

$$F_{HK_X} = F_{HK_{XY}} \cos \beta_0 = F_{HK} \cos \beta_0 \cos \gamma_\phi = N \operatorname{tg} \varphi_{HK} \cos \beta_0 \cos \gamma_\phi, \quad (2.45)$$

$$F_{HK_Y} = F_{HK_{XY}} \sin \gamma_\phi = F_{HK} \cos \beta_0 \sin \gamma_\phi = N \operatorname{tg} \varphi_{HK} \cos \beta_0 \sin \gamma_\phi, \quad (2.46)$$

$$F_{HK_Z} = F_{HK_{XZ}} \sin \beta_0 = P \operatorname{tg} \varphi_{HK} \sin \beta_0 \cos \gamma_\phi, \quad (2.47)$$

где φ_{HK} – угол трения на границе «рабочий орган – комков почвы», град.

С использованием выражения (2.36) определяются значения сил нормальной реакции почвенного комка:

$$N_X = \frac{P \cos \beta_0 \cos \gamma_\phi (1 - \operatorname{tg} \varphi_{HK})}{\operatorname{tg} \varphi_{ПК} \cos \tau \cos \gamma_\phi - \sin \tau}. \quad (2.48)$$

Из выражения (2.37) получим:

$$k_1 \sin \tau + k_2 \cos \tau = 0, \quad (2.49)$$

где

$$k_1 = \cos \beta_0 \operatorname{tg} \varphi_{ПК} \cos \gamma_\phi + \sin \beta_0, \quad k_2 = \cos \beta_0 - \operatorname{tg} \varphi_{ПК} \cos \gamma_\phi \sin \beta_0. \quad (2.50)$$

После несложных преобразований из зависимости (2.49) получим:

$$k_2 \operatorname{tg}^2 \frac{\tau}{2} - 2k_1 \operatorname{tg} \frac{\tau}{2} - k_2 = 0, \quad (2.51)$$

учитывая, что:

$$\sin \tau = \frac{2 \operatorname{tg} \frac{\tau}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\tau}{2}}, \quad (2.52)$$

$$\cos \tau = \frac{1 - \operatorname{tg}^2 \frac{\tau}{2}}{1 + \operatorname{tg}^2 \frac{\tau}{2}} \quad (2.53)$$

Решением уравнения (2.51) является выражение, которое позволяет установить значение угла установки ножа (рис. 2.13):

$$\tau = 2 \operatorname{arctg} \left(\frac{\sin \beta_0 + \cos \beta_0 \cos \gamma_\phi \operatorname{tg} \varphi_{\text{ПК}} + \sqrt{1 + \cos^2 \gamma_\phi \operatorname{tg}^2 \varphi_{\text{ПК}}}}{\cos \beta_0 - \sin \beta_0 \cos \gamma_\phi \operatorname{tg} \varphi_{\text{ПК}}} \right). \quad (2.54)$$

При $\operatorname{tg} \varphi_{\text{ПК}} = 0,7$, $R_B = 0,2$ м, $\gamma_\phi = 25^\circ$ и $h = 0,1$ м получим, что $\tau = 15^\circ$.

Высоту расположения барабана рабочего органа относительно обрабатываемой поверхности определяет угол τ (рисунки 2.14 и 2.15):

$$h_B = (R_B + h_{\text{ОБ}}) \sin(\beta_0 - \tau). \quad (2.55)$$

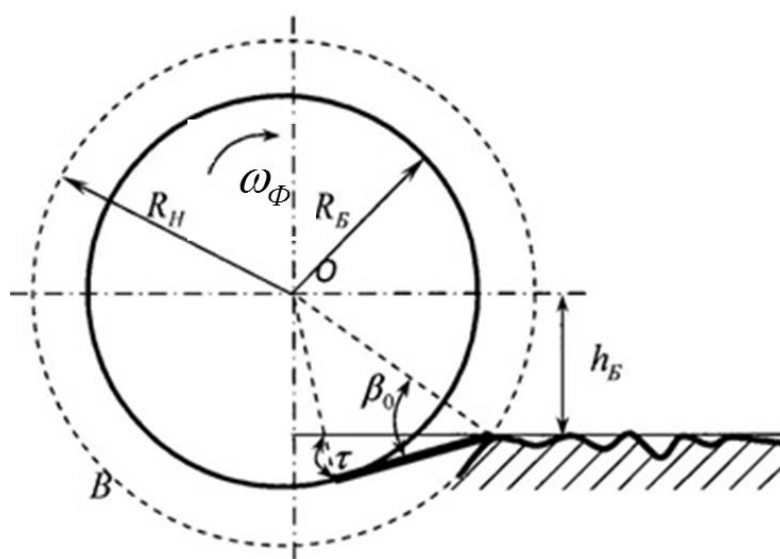


Рисунок 2.14 – Схема к установлению h_B

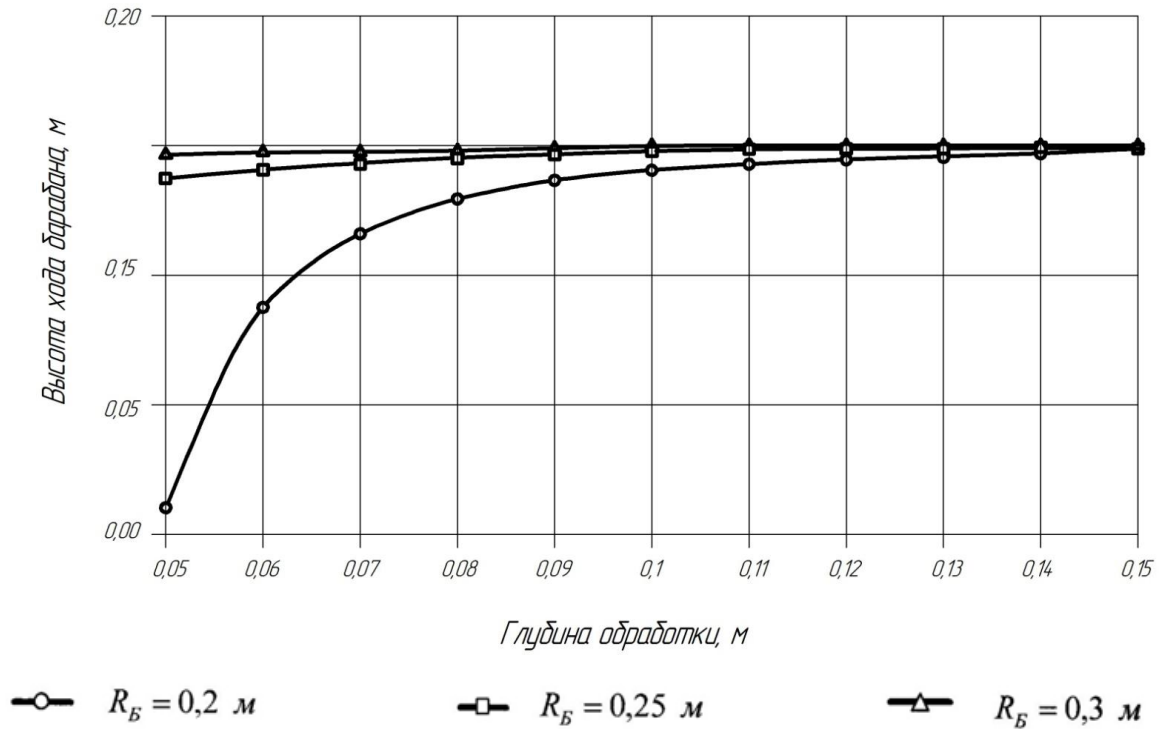


Рисунок 2.15 – Зависимость высоты расположения барабана относительно поверхности почвы от глубины обработки ($\gamma_\phi = 25^\circ$).

Некоторые ученые [52, 97, 142] при проведении исследований допускают, что абсолютная скорость частицы почвы в момент отрыва от лезвия пропорциональна сумме окружной скорости крайней точки лезвия и скорости поступательного передвижения. Также не учитывается сопротивления воздуха. Соглашаемся с этими допущениями.

Как было отмечено выше, в процессе обработки почвы ножи рабочего органа пахотно-фрезерного агрегата одновременно с погружением в слой почвы смещаются еще и в сторону. С учетом этого составим уравнения движения частиц почвы по поверхности ножа фрезерного рабочего органа с использованием рисунков 2.16, и 2.17:

$$\begin{cases} X = (V_{\Pi} - V_{Ax})t - R_H \sin \varepsilon \\ Y = V_{Ay}t + R_H \sin \gamma_\phi \\ Z = V_{Az}t - \frac{g}{2}t^2 - R_H \cos \varepsilon \end{cases}, \quad (2.56)$$

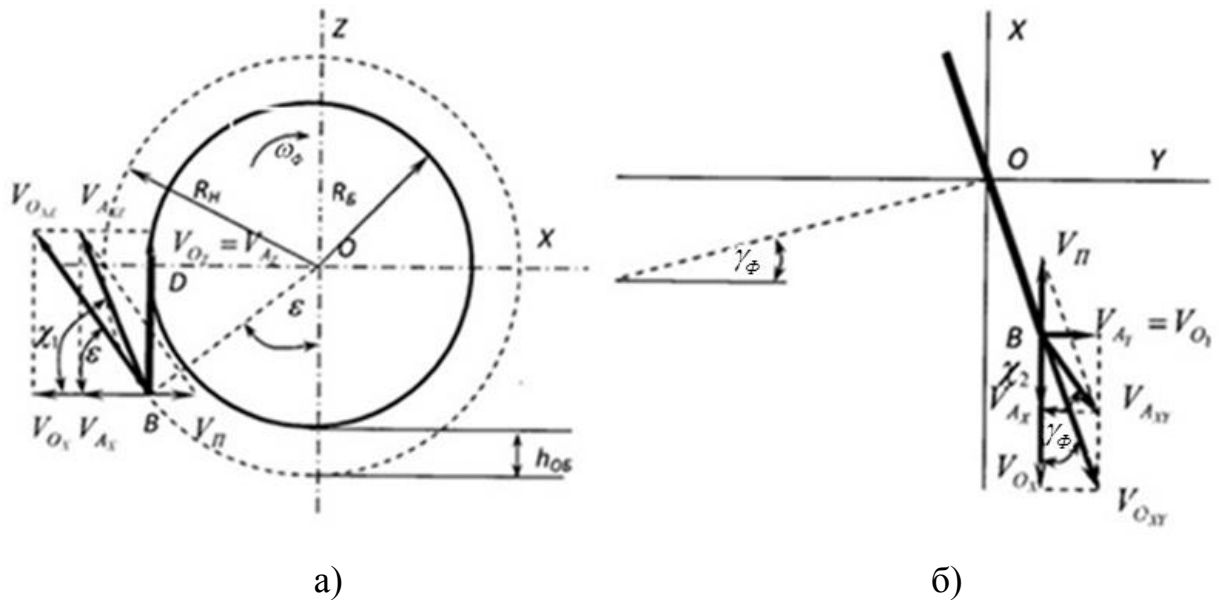


Рисунок 2.16 – Скорости в поперечной (а) и продольной (б) плоскостях фрезерного рабочего органа

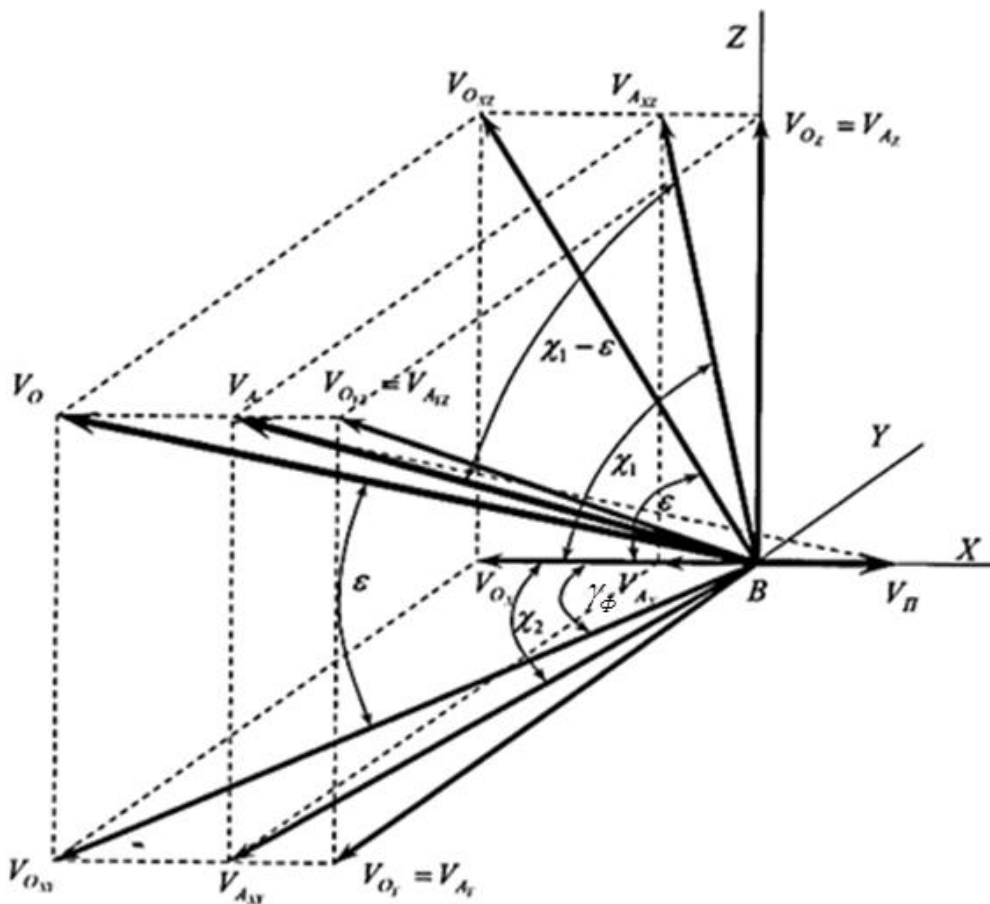


Рисунок 2.17 – Схема для исследования траектории движения почвенной частицы

где V_{Ax} , V_{Ay} и V_{Az} – составляющие абсолютной скорости, м/с.

Составляющие абсолютной скорости равны:

$$V_{Ax} = V_{Axz} \cos \chi_1 = V_A \cos \chi_1 \cos(\chi_1 - \varepsilon), \quad (2.57)$$

$$V_{Ay} = V_{Axy} \sin \chi_1 = V_A \sin \chi_1 \cos \chi_2, \quad (2.58)$$

$$V_{Az} = V_{Axz} \sin \chi_1 = V_A \sin \chi_1 \cos(\chi_1 - \varepsilon) \quad (2.59)$$

С учетом (2.57)...(2.59) из (2.56) имеем:

$$\begin{cases} X = [V_{\Pi} - V_A \cos \chi_1 (\cos \chi_1 \cos \varepsilon + \sin \chi_1 \sin \varepsilon)]t - R_H \sin \varepsilon \\ Y = V_A \sin \chi_1 \cos \chi_2 t + R_H \sin \gamma_\phi \\ Z = V_A \sin \chi_1 (\cos \chi_1 \cos \varepsilon + \sin \chi_1 \sin \varepsilon)t - \frac{g}{2}t^2 - R_H \cos \varepsilon \end{cases} \quad (2.60)$$

Согласно рисунку 2.17:

$$\sin \chi_1 = \frac{V_{Oxz}}{V_{Axz}} \sin \varepsilon, \quad (2.61)$$

$$\cos \chi_1 = \frac{V_{Ax}}{V_{Axz}} = \frac{V_{\Pi} - V_{Oxz} \cos \varepsilon}{V_{Axz}}, \quad (2.62)$$

$$\cos \chi_2 = \frac{V_{\Pi} - V_{Ox}}{V_{Axy}} = \frac{V_{\Pi} - V_{Oxy} \cos \gamma_\phi}{V_{Axy}}. \quad (2.63)$$

Абсолютные скорости можно рассчитать по выражениям:

$$V_{Axz} = \sqrt{V_{Oxz}^2 + V_{\Pi}^2} = \frac{V_{Oxz}}{\lambda} \sqrt{1 + \lambda^2}, \quad (2.64)$$

$$V_{Axy} = \sqrt{V_{Oxy}^2 + V_{\Pi}^2} = \frac{V_{Oxy}}{\lambda} \sqrt{1 + \lambda^2}, \quad (2.65)$$

где λ – кинематический параметр.

Подставляем (2.64) и (2.65) в (2.62)...(2.63) и после преобразований получим:

$$\sin \chi_1 = \frac{\lambda \sin \varepsilon}{\sqrt{1 + \lambda^2}}, \quad (2.66)$$

$$\cos \chi_1 = \frac{1 - \lambda \cos \varepsilon}{\sqrt{1 + \lambda^2}}, \quad (2.67)$$

$$\cos \chi_2 = \frac{1 - \lambda \cos \gamma_\phi}{\sqrt{1 + \lambda^2}}. \quad (2.68)$$

Учитывая зависимость

$$V_A = \sqrt{V_O^2 + V_{II}^2} = \frac{V_O}{\lambda} \sqrt{1 + \lambda^2}, \quad (2.69)$$

система уравнений (2.60) примет вид:

$$\begin{cases} X = \frac{V_O}{\lambda} \left[1 - \frac{1 - \lambda \cos \varepsilon}{\sqrt{1 + \lambda^2}} (\cos \varepsilon + \lambda \cos 2\varepsilon) \right] t - (R_B + h_{OB}) \sin \varepsilon \\ Y = \frac{V_O}{\sqrt{1 + \lambda^2}} \sin \varepsilon (1 - \lambda \cos \gamma_\phi) t + (R_B + h_{OB}) \sin \gamma_\phi \\ Z = \frac{V_O}{\sqrt{1 + \lambda^2}} \sin \varepsilon (\cos \varepsilon + \lambda \cos 2\varepsilon) t - \frac{g}{2} t^2 - (R_B + h_{OB}) \cos \varepsilon \end{cases}. \quad (2.70)$$

Система уравнений (2.70) предназначена для описания траектории полета почвенной частицы с учетом физико-механических свойств почвы и параметров пахотно-фрезерного агрегата.

Далее следует установить угол, который определяет положение ножа в момент отрыва почвенной частицы от его боковой поверхности. Используем рисунки 2.18, 2.19 и 2.20.

Составим уравнение равновесия:

$$\Sigma \vec{F} = \vec{G}_{ПЧ} + \vec{F}_{ЦБ} + \vec{F}_{ТР} + \vec{N} = 0, \quad (2.71)$$

где $G_{ПЧ}$ – сила тяжести, Н; $F_{ЦБ}$ – центробежная сила инерции, Н; $F_{ТР}$ – сила трения между почвой и поверхностью ножа, Н; N – сила нормальной реакции, Н.

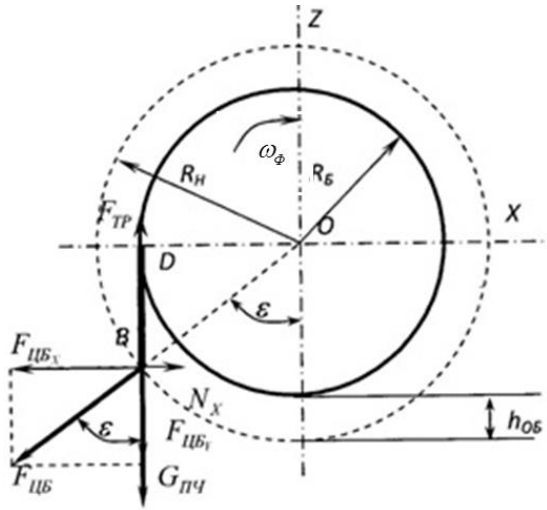


Рисунок 2.18 – Схема поперечного сечения

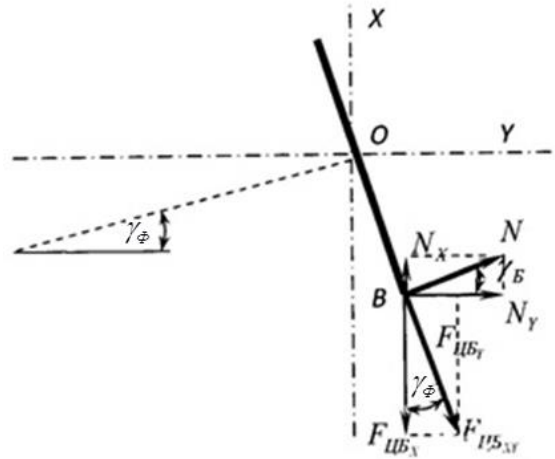


Рисунок 2.19 – Схема продольного сечения

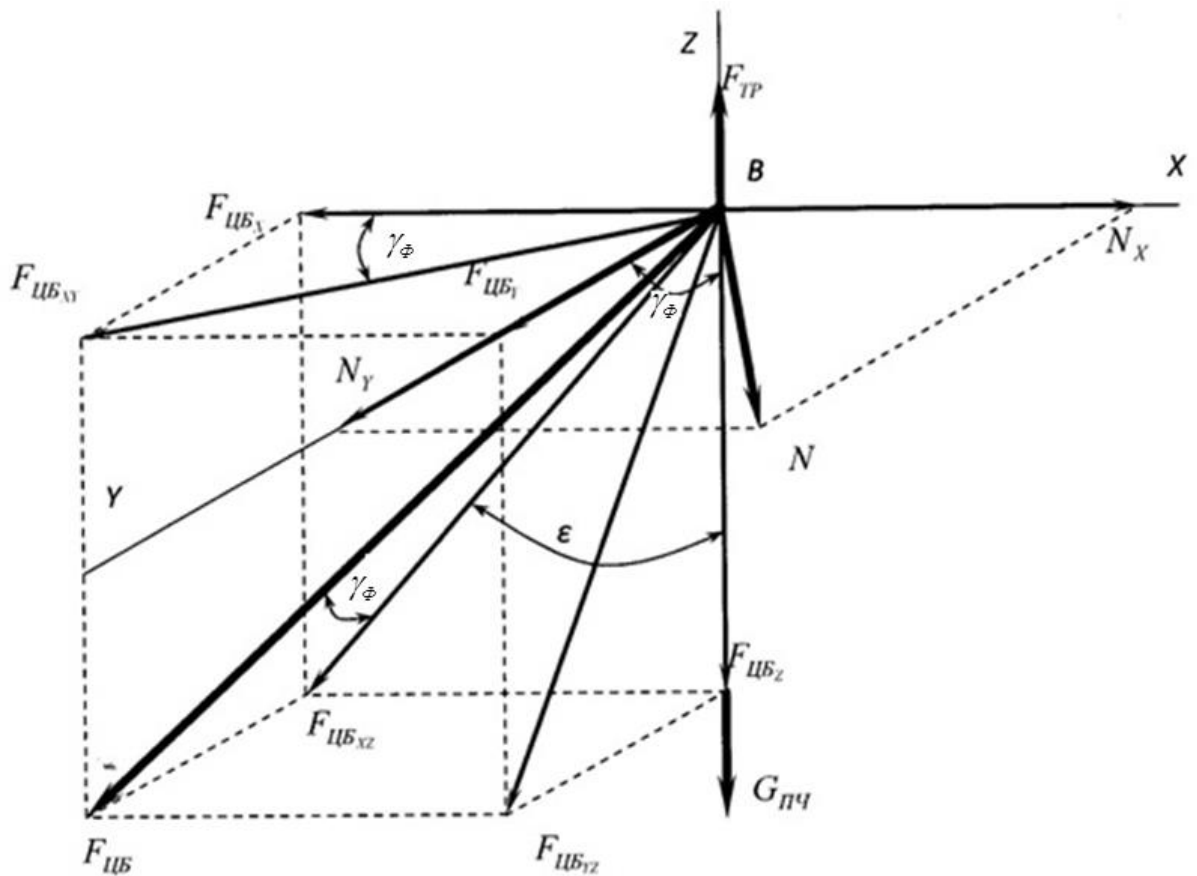


Рисунок 2.20 – Схема сил, действующих на почвенную частицу в момент ее отрыва от боковой поверхности ножа

Проекции сил на координатные оси:

$$\begin{cases} \Sigma F_{X_i} = N_X - F_{ЦБ_x} = 0 \\ \Sigma F_{Y_i} = N_Y + F_{ЦБ_y} = 0 \\ \Sigma F_{Z_i} = F_{TP} - F_{ЦБ_z} - G_{ПЧ_z} = 0 \end{cases} . \quad (2.72)$$

где F_{TP_x} , F_{TP_y} , F_{TP_z} – силы трения между частицей почвы и поверхностью ножа, Н; $F_{ЦБ_x}$, $F_{ЦБ_y}$ – центробежные силы инерции частицы почвы, Н; N_X , N_Y – силы нормальной реакции, Н; $G_{ПЧ_z}$ – сила тяжести частицы почвы, Н.

Здесь:

$$F_{ЦБ_x} = F_{ЦБ} \cos \gamma_\phi \sin \varepsilon, \quad (2.73)$$

$$F_{ЦБ_y} = F_{ЦБ} \sin \gamma_\phi, \quad (2.74)$$

$$F_{ЦБ_z} = F_{ЦБ} \cos \gamma_\phi \cos \varepsilon, \quad (2.75)$$

$$N_X = N \sin \gamma_\phi, \quad (2.76)$$

$$N_Y = N \cos \gamma_\phi, \quad (2.77)$$

$$F_{TP} = N \operatorname{tg} \varphi_{HK}. \quad (2.78)$$

Из (2.72) получим:

$$N_X = F_{ЦБ_x}. \quad (2.79)$$

С учетом выражений (2.76), (2.79) получим из выражения (2.73):

$$N \sin \gamma_\phi = F_{ЦБ} \cos \gamma_\phi \sin \varepsilon, \quad (2.80)$$

$$N = F_{ЦБ} \operatorname{ctg} \gamma_\phi \sin \varepsilon. \quad (2.81)$$

Центробежную силу инерции почвенной частицы можно рассчитать по формуле:

$$F_{ЦБ} = m_{ПЧ} \omega_\phi^2 R_H, \quad (2.82)$$

где $m_{ПЧ}$ – масса частицы почвы, кг; ω_ϕ – угловая скорость фрезы, с^{-1} .

Учитывая зависимость (2.82) имеем:

$$N = m_{\text{ПЧ}} \omega_{\phi}^2 R_H \text{ctg} \gamma_{\phi} \sin \varepsilon. \quad (2.83)$$

Используя выражение (2.78) запишем:

$$F_{\text{ТР}} = F_{\text{ЦБ}_z} + G_{\text{ПЧ}_z}. \quad (2.84)$$

Здесь

$$F_{\text{ТР}} = N \text{tg} \varphi_{\text{НК}} \text{ и } G_{\text{ПЧ}} = m_{\text{ПЧ}} g. \quad (2.85)$$

Тогда зависимость (2.84) перепишется в виде:

$$m_{\text{ПЧ}} \omega_{\phi}^2 R_H \text{tg} \varphi_{\text{НК}} \text{ctg} \gamma_{\phi} \sin \varepsilon = m_{\text{ПЧ}} \omega_{\phi}^2 R_H \cos \gamma_{\phi} \cos \varepsilon + m_{\text{ПЧ}} g. \quad (2.86)$$

После некоторых преобразований [101] имеем:

$$\left(\sin \gamma_{\phi} - \frac{g}{\omega_{\phi}^2 R_H} \text{tg} \gamma_{\phi} \right) \text{tg}^2 \frac{\varepsilon}{2} + 2 \text{tg} \frac{\varepsilon}{2} - \left(\sin \gamma_{\phi} + \frac{g}{\omega_{\phi}^2 R_H} \text{tg} \gamma_{\phi} \right) = 0. \quad (2.87)$$

Решив уравнение (2.87), получаем зависимость, по которой можно рассчитать угол отрыва почвенной почвы от боковой поверхности ножа (рис. 2.21):

$$\varepsilon = 2 \text{arctg} \left[\frac{\sqrt{\omega_{\phi}^4 R_H^2 \cos^2 \gamma_{\phi} \text{ctg}^2 \gamma_{\phi} + g^2}}{\omega_{\phi}^2 R_H \cos \gamma_{\phi} - g} \right]. \quad (2.88)$$

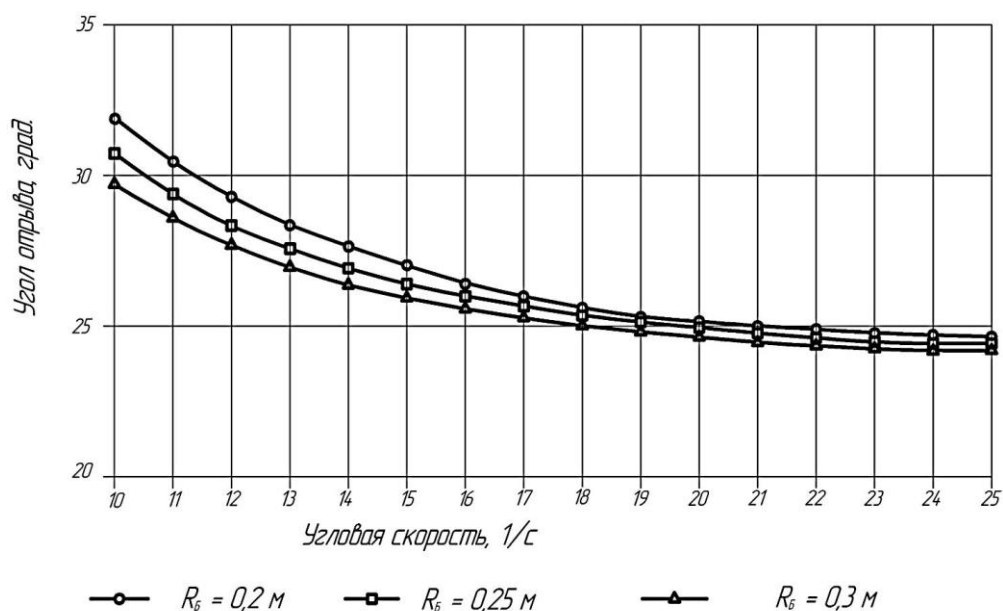


Рисунок 2.21 – Зависимость угла отрыва почвенной частицы почвы от угловой скорости вращения барабана на ($h_{\text{ОБ}} = 0,1$ м и $\gamma_{\text{Б}} = 25^{\circ}$)

Расчеты по выражению (2.88) показали, что $\varepsilon = 25 \dots 30^0$.

Проведенные теоретические исследования позволили установить рациональные значения основных параметров предлагаемого пахотно-фрезерного агрегата, которые оказывают существенное влияние на технологический процесс: $V_{II} = 1,5 \dots 2,0$ м/с; $\gamma_{\phi} = 20 \dots 30^0$; $\omega_{\phi} = 20 \dots 25$ с⁻¹.

2.5 Оценка энергетических затрат на обработку почвы пахотно-фрезерным агрегатом

Суммарное значение тягового сопротивления пахотно-фрезерного агрегата определяется: сопротивлением срезу; сопротивлением, определяемым весом пласта почвы; силами инерции; сцеплением с почвой; весом корпуса плуга; сопротивлениями поверхностей ножа [117, 140].

Тяговое сопротивление плуга можно рассчитать согласно выражения [53]:

$$P = fG + kabn + \varepsilon V^2 abn, \quad (2.89)$$

где f – коэффициент, зависящий от технологических свойств почвы и состояния поверхностей корпуса; G – сила тяжести, Н; ε – коэффициент, зависящий от формы рабочих поверхностей и состояния почвы, кПа·с²/м²; V – скорость агрегата, м/с.

Тяговое сопротивление пахотно-фрезерного агрегата рассчитывается согласно выражения [21]:

$$R_T = R_X + R_B + R_{II}, \quad (2.90)$$

где R_B – сопротивление перекачиванию барабана фрезерного рабочего органа, Н; R_{II} – сопротивление, определяемое рельефом участка, Н.

Величину R_B можно рассчитать по выражению:

$$R_B = f_M G_B, \quad (2.91)$$

где f_M – коэффициент, характеризующий сопротивление перекачивания барабана; G_B – вес технологического груза, Н.

$$R_{II} = \pm(G + G_{\text{фрО}} + 0,75G_B) \cdot \sin \alpha, \quad (2.92)$$

где G – вес трактора, Н; $G_{\text{фрО}}$ – вес фрезерного рабочего органа, Н; α – угол подъема, град.

Величина приведенного тягового сопротивления агрегата можно рассчитать по зависимости:

$$R_{np} = R_m + R_{\text{ВОМ}}, \quad (2.93)$$

где $R_{\text{ВОМ}}$ – сопротивление ВОМ (Н), равное:

$$R_{\text{ВОМ}} = 3,6(N_X + N_R) \frac{\eta_{MT}}{V_P} \eta_{\text{ВОМ}}, \quad (2.94)$$

где N_X – мощность на холостой ход, кВт; N_P – мощность на обработку почвы, кВт; V_P – скорость движения, м/с; η_{MT} – КПД с учетом механических потерь в трансмиссии; $\eta_{\text{ВОМ}}$ – КПД ВОМ энергетического средства.

Мощность, необходимую для обработки почвы пахотно-фрезерным агрегатом [25]:

$$N = N_{\text{ПЕР}} + N_{\text{ОБР}} + N_{\text{ТР}} + N_{\text{ПОД}}, \quad (2.95)$$

где $N_{\text{ПЕР}}$ – мощность на передвижение агрегата, кВт; $N_{\text{ОБР}}$ – мощность на обработку почвы, кВт; $N_{\text{ТР}}$ – мощность на преодоление трения в передачах, кВт; $N_{\text{ПОД}}$ – мощность на подталкивание агрегата.

Мощность $N_{ПЕР}$ рассчитывается по выражению:

$$N_{ПЕР} = fGV_{П}, \quad (2.96)$$

где f – коэффициент, характеризующий сопротивление качению; $V_{П}$ – скорость перемещения, м/с.

Мощность $N_{ОБР}$ рассчитывается по выражению:

$$N_{ОБР} = N_{Д} + N_{ОТБ}, \quad (2.97)$$

где $N_{Д}$ – мощность на деформацию почвы, кВт; $N_{ОТБ}$ – мощность на отбрасывание почвы, кВт.

Мощность $N_{Д}$ можно рассчитать по выражению:

$$N_{Д} = 10^3 K_{Д} X_{z} b_{H} \ell_{H} z_{H} n, \quad (2.98)$$

где $K_{Д}$ – коэффициент, определяемый сопротивлением деформации почвы, МПа; X_{z} – подача на нож, м; b_{H} , ℓ_{H} , z_{H} – соответственно, ширина (м), длина (м) и количество ножей (шт.); n – число оборотов барабана, мин⁻¹.

Величину X_{z} определим из соотношения:

$$X_{z} = 60 \frac{V_{П}}{nz_{HP}}, \quad (2.99)$$

где z_{HP} – количество рядов ножей, шт.

Мощность $N_{ОТБ}$ будет:

$$N_{ОТБ} = 0,5 K_{O} B_{P} \ell_{H} V_{П} V_{H}^2 \rho, \quad (2.100)$$

где K_o – коэффициент, характеризующий отбрасывание частиц почвы; B_p – ширина захвата рабочего органа, м; V_H – окружная скорость ножа, м/с; ρ – плотность почвы, кг/м³.

Величина V_H рассчитывается так:

$$V_H = \frac{\pi D_H n}{60} - V_{II}, \quad (2.101)$$

где D_H – наружный диаметр (по концам ножей), м.

Мощность N_{TP} определяется по выражению:

$$N_{TP} = N_{OBR} (1 - \eta_{II}), \quad (2.102)$$

где η_{II} – общий к.п.д. передач.

Мощность $N_{ПОД}$ равна:

$$N_{ПОД} = N_{OBR} \frac{V_H}{V_{OKP}}, \quad (2.103)$$

где V_{OKP} – окружная скорость рабочего органа, м/с.

2.6 Выводы по главе

1. Обоснована конструктивно-технологическая схема пахотно-фрезерного агрегата, позволяющего выполнять основную и предпосевную обработку почвы. Новизна технического решения подтверждена патентом РФ полезную модель № 168218.

2. Получены аналитические зависимости, позволяющие определить рациональные конструктивные параметры фрезерного рабочего органа: диаметр фрезы 0,40...0,53 м, частота вращения – 240...370 мин⁻¹; величина

подачи – 0,01...0,016 м; число ножей – 3; длина ножа – 0,15...0,26 м; ширина захвата – 1,05 м.

3. Получены аналитические зависимости, позволяющие определить рациональные технологические параметры пахотно-фрезерного агрегата: скорость передвижения 5,76...7,2 км/ч; угол установки фрезы $20...30^{\circ}$, угловая скорость вращения барабана $20...25\text{ с}^{-1}$. При этих значениях тяговое сопротивление предлагаемого пахотно-фрезерного агрегата составит 14 кН.

3 РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ АНАЛИЗ

3.1 Методика экспериментального исследования и измерительные средства

Целью экспериментальных исследований являлось подтверждение достоверности теоретических предпосылок и обоснование оптимальных параметров и режимов работы пахотно-фрезерного агрегата при условии выполнения агротехнических требований к качественным показателям обработки почвы.

В процессе экспериментальных исследований предусматривалось решить следующие вопросы:

- разработать опытный образец пахотно-фрезерного агрегата;
- изучить технологический процесс работы пахотно-фрезерного агрегата и разработать модель процесса почвообработки;
- оценить агротехническую и технологическую эффективность применения пахотно-фрезерного агрегата;
- составить алгоритм оптимизации параметров и режимов работы пахотно-фрезерного агрегата.

Программа экспериментальных исследований изображена на рисунке 3.1.

Лабораторные исследования проведены в лабораториях ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ, полевые – в ООО НП «Шэджем» Чегемского района КБР.

Методику экспериментальных исследований разработали с учетом действующих стандартов [54, 58, 118, 119, 120, 121, 122].

Использованные приборы и оборудование проверены в соответствии с [93].

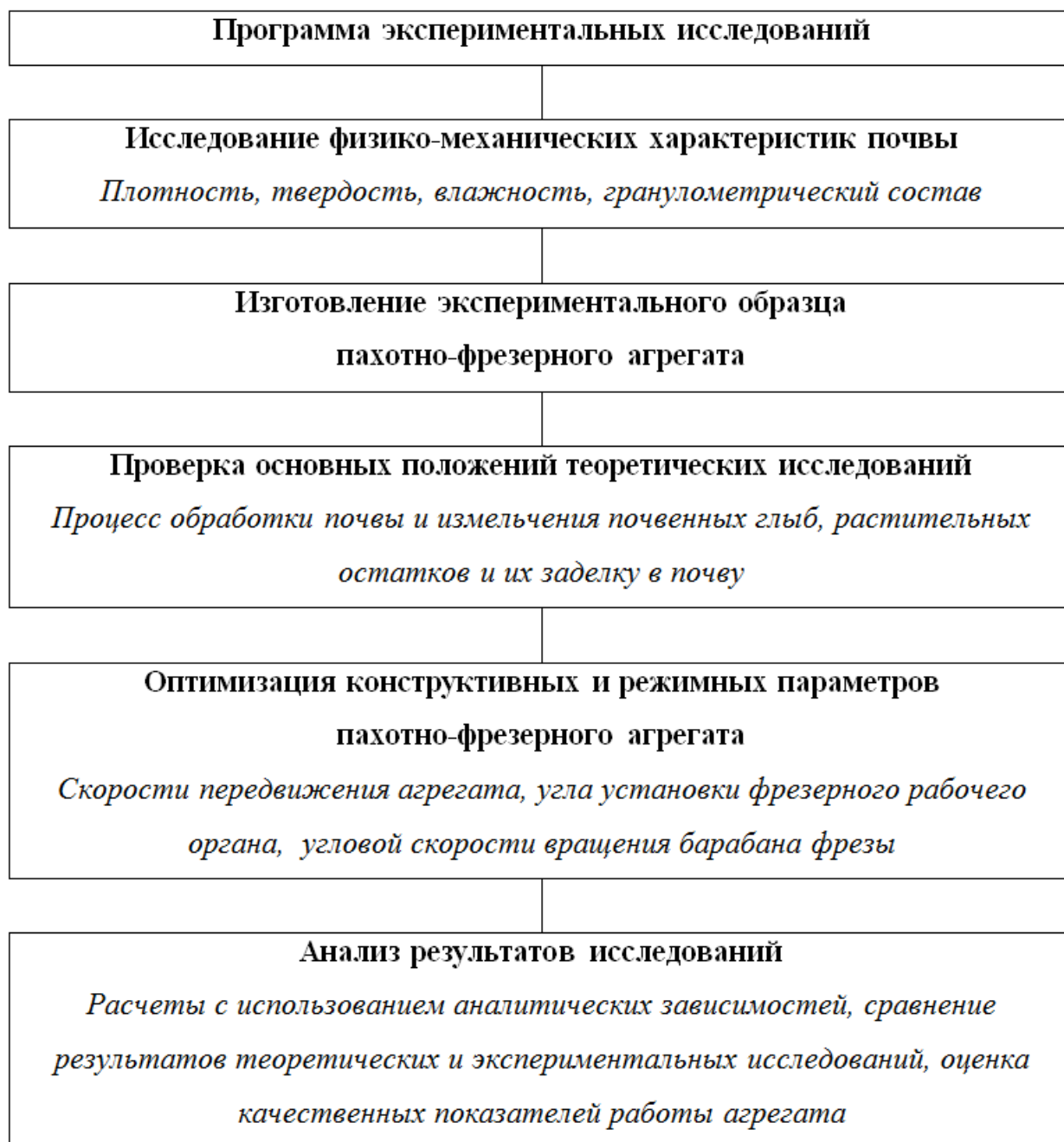


Рисунок 3.1 – Схема программы экспериментальных исследований

В начале экспериментов осуществили регулировку и настройку рабочих органов, учитывая условия проведения экспериментальных исследований.

Параметры физико-механических характеристик почвы исследованы на основании и с использованием общепринятых методик, приборов и оборудования [36, 41, 51, 73, 74, 109].

Значение плотности почвы устанавливали с использованием бура-патрона. Суть метода определения плотности почвы заключается в том, что с использованием стального цилиндра с заостренным снизу краем из почвенного слоя вырезается определенный объем ненарушенного сложения. Плотность почвы (ρ , г/см³) рассчитывается по выражению:

$$\rho = \frac{M_n}{V_b}, \quad (3.1)$$

где M_n – масса абсолютно сухой почвы, г; V_b – объем бура, см³.

Плотность определялась путем выполнения минимум 15 измерений, охватывающих всю площадь участка.

Атмосферные условия, которые подлежали установлению: атмосферное давление, температура воздуха, сила и направление ветра. Эти условия установлены согласно данных метеостанций, находящихся в районе проведения исследований.

Почва на территории проведения исследований – чернозем с содержанием гумуса 3,9...5,2%. Агрегатный состав почвы следующий: доля фракции 0,05...0,25 мм 14%, доля пылеватых фракций размером менее 0,01 мм – 67%. Количество осадков составляет 450...480 мм в год.

Исследования дисперсного агрегатного состава, физико-механических и физических свойств почвы проводили с использованием эксикатора (рис. 3.2), набора сит (рис. 3.3) и технических весов [73, 109].

Значение твердости почвы определяли по существующей методике с использованием твердомера Ревякина [73, 109] (рис. 3.4, а). Прибор, использованный для установления значения влажности почвы, представлен на рисунке 3.4, б.



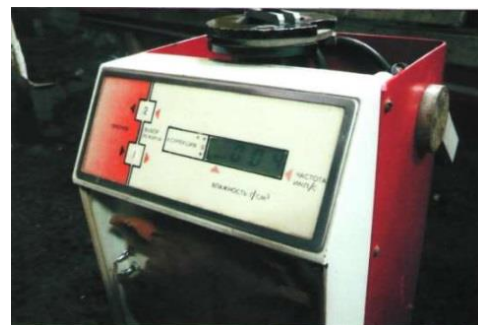
Рисунок 3.2 – Общий вид эксикатора



Рисунок 3.3 – Набор сит



а)



б)

Рисунок 3. 4 – Твердомер Ревякина (а) и прибор для установления влажности почвы (б)

Значение твердость почвы можно установить по зависимости:

$$T = \frac{h_d K_n}{F_n}, \quad (3.2)$$

где T – твердость почвы, кг/см²; h_d – средняя ординаты диаграммы, см; K_n – индекс пружины, кг/см; F_n – площадь поперечного сечения плунжера, см².

Влажность почвы устанавливалась до глубины 30 см в 5-кратной повторности. Показания твердограмм записывали в журнал наблюдений и обрабатывали на персональном компьютере с использованием стандартной методики. Затем строили графические зависимости изменения твердости почвы в зависимости от горизонта.

Величину глыбистости устанавливали с использованием рамки площадью 1 м^2 и линейки. В 5-ти местах обработанного поля в пределах рамки подсчитывалась площадь глыб крупнее 0,1 м. Величина глыбистости подсчитывалась с использованием зависимости [36]:

$$G = 100P_2, \quad (3.3)$$

где G – глыбистость, %; P_2 – средняя площадь глыб с размерами, превышающими 0,1 м по 5-ти площадкам, м^2 .

Согласно агротехнических требований, глыбистость должна быть меньше 20%.

Агрегатный состав почвы определялся разделением комков на отдельные фракции: более 25 мм; 25...1 мм и меньше 1 мм. Первую фракцию отбирали вручную, остальные фракции получали просеиванием через набор решет с определенными отверстиями. Каждую фракцию взвешивали с точностью до 50 г [36, 73, 109].

Фракционный состав устанавливался с использованием зависимости:

$$A_i = \frac{m_i}{m_{i1}} 100, \quad (3.4)$$

где A_i – содержание в почве i -ой фракции почвенных частиц, %; m_i – масса i -ой фракции почвенных частиц, г; m_{i1} – масса средней пробы i -ой анализируемой фракции, г.

Для установления величины плотности сложения в естественном состоянии использован метод Н. А. Качинского в почвенных слоях 0...20, 0...40 см перед посевом и перед уборкой сельхозкультур.

Использовали прибор БП-50, имеющий объем рабочего цилиндра 100 см³ [73]. Повторность опытов 5-кратная.

Качество крошения почвы пахотно-фрезерным агрегатом определяется преимущественным размером агрегатов почвы, а они, как известно, оказывают влияние на равномерность распределения влаги в почве. Для его установления оценивали процентное содержание по весу агрегатов с размером 0,001...0,05 м на площади 0,25x0,25 м. Отбиралась проба весом в среднем не менее 2 кг [36, 40, 41].

Строение пахотного и подпахотного слоев устанавливалось цилиндром-буром (рис. 3.5) и почвенным буром (рис. 3.6).



Рисунок 3.5 – Общий вид цилиндра-бура



Рисунок 3.6 – Общий вид почвенного бура

Полевые исследования проводились на участке, на котором возможно было осуществление всего предусмотренного программой исследований объема работ. Для того, чтобы получить экспериментальные данные, имеющие погрешность не более 5%, рассчитали необходимое количество экспериментов [60].

В начале проведения экспериментальных исследований установили скорость передвижения агрегата. С этой целью разметили контрольный участок на поле с ровным рельефом.

Алгоритм установления скорости передвижения агрегата следующий.

1. При прохождении участка разгона время не засчитывается. Для стабилизации скорости имелась возможность регулирования положения акселератора.

2. Секундомер включается в момент прохождения передними колесами энергетического средства первого и второго створов участка. После прохождения контрольного участка секундомер выключается.

Скорость агрегата устанавливается по выражению [54]:

$$v = 3,6 \frac{S}{t}. \quad (3.5)$$

где v – скорость передвижения, км/ч; S – длина контрольного участка, м; t – время, затрачиваемое на прохождение контрольного участка, с.

Экспериментальные исследования проводились с использованием следующей схемы рабочего участка. Длина контрольного участка 20 м для обеспечения получения достоверной информации о технологическом процессе почвообработки. Длина разгонного участка 15 м. Скорость передвижения агрегата 6,5...7,7 км/ч.

При проведении исследований влажность почвы составляла 17...18 %.

Длину контрольного участка приняли 100...200 м. В результате длительность опыта составляла 1...2 мин, она определялась скоростью передвижения трактора. Длину подготовительного пути определяет время, необходимое для достижения агрегатом устойчивого режима при заданной нагрузке. Тяговая характеристика представляла собой зависимость $P_{кр}$ от тяговой мощности $N_{кр}$, скорости передвижения V , часового G_m и удельного

$g_{кр}$ расходов топлива, буксования δ с учетом конкретной передачи и агротехнического фона [71]:

$$N_{кр}, v, G_m, g_{кр}, \delta = f(P_{кр}). \quad (3.6)$$

Тяговая характеристика устанавливалась в процессе тягового испытания агрегата. Количество опытов составляло 12. Нагрузка изменялась равномерно.

Алгоритм проведения испытаний следующий. По сигналу оператора, который управляет динамометрической установкой, энергетическое средство заезжает на участок. Установление тяговой нагрузки осуществляется заранее. В начале участка включаются приборы динамометрической установки. В конце опыта они выключаются, снимаются показания и установка готовится к очередному опыту.

Процедура обработки результатов опытов включала подсчет:

1. Средней тяговой мощности (кВт):

$$N_{кр} = \frac{P_{кр} v}{3,6}, \quad (3.7)$$

где $P_{кр}$ – среднее тяговое усилие, кН.

2. Расхода топлива (г):

$$G_{он} = W_{он} \rho_t, \quad (3.8)$$

где $W_{он}$ – объем израсходованного топлива, см³; ρ_t – плотность топлива, г/см³.

3. Количества израсходованного топлива (кг/ч):

$$G_m = 3,6 \frac{G_{он}}{T_{он}}. \quad (3.9)$$

4. Величины удельного расхода топлива (г/кВт·ч):

$$g_{кр} = 1000 \frac{G_m}{N_{кр}}. \quad (3.10)$$

5. Величины буксования (δ) рассчитываются с учетом числа оборотов ведущих колес энергетического средства в течении всего опыта при холостом ходе и под нагрузкой:

$$\delta = 1 - \frac{n_1}{n_2} = \frac{n_2 - n_1}{n_2}, \quad (3.11)$$

где n_1 – число оборотов ведущего колеса без буксования, об/мин; n_2 – число оборотов ведущего колеса с буксованием, об/мин.

Экспериментальные исследования проведены с использованием отраслевой нормативно-технической документации [118, 119, 120, 121, 122].

3.2 Описание экспериментального образца пахотно-фрезерного агрегата

Для проведения экспериментальных исследований был разработан экспериментальный образец пахотно-фрезерного агрегата.

Исследование процесса основной обработки почвы проводилось на экспериментальном образце пахотно-фрезерного агрегата, конструктивно-технологическая схема которого приведена на рисунке 2.4, общий вид приведен на рисунке 3.7, а, механизм привода фрезы показан на рисунке 3.7, б.

Пахотно-фрезерный агрегат состоит из плуга и фрезы в виде барабана, имеющего вырезы, образующие секции. На каждой секции установлены по три режущих и ударных ножа.

Фреза прикреплена к плугу с возможностью изменения угла ее установки в горизонтальной плоскости и возможностью регулирования глубины обработки почвы. Привод фрезы осуществляется от ВОМ трактора через телескопические карданные валы, конический редуктор и цепную передачу.

В механизме привода фрезы предусмотрен предохранительный механизм, который срабатывает при встрече с труднопреодолимым препятствием.



а)



б)

а – вид сбоку; б – механизм привода

Рисунок 3.7 – Общий вид пахотно-фрезерного рабочего органа

Экспериментальный пахотно-фрезерный агрегат позволяет варьировать значениями факторов, оказывающими влияние на процесс основной обработки почвы.

Угловую скорость вращения фрезы устанавливали в пределах 15...25 с⁻¹ посредством изменения передаточного отношения цепной передачи.

Угол установки фрезы в горизонтальной плоскости в пределах 15...30⁰ осуществлялась посредством изменения длины металлической планки, соединяющую раму фрезы с рамой плуга.

Рама фрезы подвижно соединена с рамой плуга. На поверхности рамы фрезы выполнены тарированные отверстия, куда вставляется штырь металлической планки и тем самым устанавливается необходимый угол установки фрезы. Изменением длины гибкой связи (цепи), соединяющая раму фрезерного рабочего органа с механизмом подвески регулируется глубина обработки почвы.

Разработанный пахотно-фрезерный агрегат позволяет выполнить основную и предпосевную обработку почвы за один проход. При этом совмещаются несколько технологических операций: вспашка, рыхление (крошением) почвы, измельчение и заделка растительных остатков, выравнивание поверхности почвы при снижении тяговых сопротивлений и энергетических затрат.

Исследования проводились в соответствии СТО АИСТ 4.6-2003; СТО АИСТ 4.2-2004; СТО АИСТ 4.2-2010; СТО АИСТ 4.6-2010.

3.3 Методика обработки результатов экспериментальных исследований

Обработка результатов экспериментов проведена с использованием методов планирования многофакторного эксперимента и математической статистики с применением стандартных и оригинальных компьютерных программ [1, 4, 42, 43, 47, 48, 51, 76, 79, 86, 92, 96, 128].

Основные факторы и уровни их варьирования приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Факторы и уровни их варьирования

Факторы Значение	Скорость передвижения агрегата, км/ч			Угловая скорость вращения фрезы, с ⁻¹			Угол установки фрезы, град		
	X_1			X_2			X_3		
Кодированное (безразмерное)	-1	0	+1	-1	0	+1	-1	0	+1
Натуральное	V_{II} , км/ч			ω_{ϕ} , с ⁻¹			γ_{ϕ} , град		
	6,5	7,1	7,7	15	20	25	0	15	30

При составлении матрицы планирования эксперимента определили количество опытов, определяющее количество строк в матрице эксперимента. Для трех факторов получим:

$$N = 2^k + 2k + n_0, \quad (3.12)$$

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

При выбранных значениях ядра плана, звездных точек и нулевых точек установлено, что $N = 16$.

В начале реализации плана эксперимента опыты, которые предусмотрены планом, необходимо рандомизировать, т.е. опыты следует проводить в случайной последовательности. Для этого использована таблица случайных чисел.

Исследование крошения почвы и тягового сопротивления проводили при значениях основных факторов (таб. 3.1).

Математическая модель функции отклика выбрана в форме полинома второго порядка [1, 92]:

$$Y = b_o + \sum_{i=1}^k b_i X_i + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j>1}^k b_{ij} X_i X_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} X_i^2, \quad (3.13)$$

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

При трехфакторном эксперименте уравнение регрессии таково:

$$Y = b_o + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_3 X_3 + b_{12} X_1 X_2 + b_{13} X_1 X_3 + b_{23} X_2 X_3 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{33} X_3^2 \quad (3.14)$$

Значимость коэффициентов регрессии оценивали по критерию Стьюдента [1, 92], однородность дисперсии по критерию Кохрена [2, 95]. При обработке экспериментальных данных использованы методики, изложенные в трудах Ю.П. Адлера [1] и С.В. Мельникова [95].

Адекватность математической модели оценивалась согласно критерия Фишера [1, 95] сравнением его расчетного $F_{расч}$ и табличного $F_{табл}$ значений:

$$F_{расч} < F_{табл}. \quad (3.15)$$

3.4 Оптимизация основных параметров и режимов работы пахотно-фрезерного агрегата

Полученные в ходе проведения экспериментов результаты представлены в таблицах 3.2 и 3.3.

Результаты установления значений коэффициентов регрессии сведены в таблицу 3.4.

Установлено, что расчетный критерий Кохрена меньше табличного (табл. 3.5). Следовательно, что гипотезу об однородности дисперсий можно принять.

Таблица 3.2 – Результаты экспериментальных исследований
(критерий оптимизации – качества крошения почвы $K_{кр}$, %)

i	Фактор			Отклик			
	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_{cp}
1	1	1	0	78,2	73,3	76,8	76,1
2	1	-1	0	73,9	75,2	74,2	74,43
3	-1	1	0	78,8	81,7	77,2	79,23
4	-1	-1	0	80,4	80,4	79,1	79,97
5	0	0	0	90,8	89,5	92,1	90,8
6	1	0	1	75,2	77,8	76,5	76,5
7	1	0	-1	68,7	64,8	66,1	66,53
8	-1	0	1	84,3	83	84	83,77
9	-1	0	-1	70,2	73,2	71,2	71,53
10	0	0	0	90,8	92,8	92,1	91,9
11	0	1	1	84,6	81,7	83	83,1
12	0	1	-1	73,9	72,6	73,9	73,47
13	0	-1	1	84,3	81,7	83	83
14	0	-1	-1	72,6	71,3	71,3	71,73
15	0	0	0	90,4	91,2	90,5	90,7

Значимость коэффициентов регрессии оценивается по соблюдению неравенства:

$$|b| > \Delta b, \quad (3.16)$$

где $|b|$ – модуль коэффициента регрессии; Δb – значение доверительного интервала.

Если условия (3.16) соблюдается, коэффициент регрессии значим.

Таблица 3.3 – Результаты экспериментальных исследований
(критерий оптимизации – тяговое сопротивление P_T , кН)

i	Фактор			Отклик			
	X_1	X_2	X_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_{cp}
1	1	1	0	21,3	20,8	21,8	21,3
2	1	-1	0	21,8	22,3	24,8	22,97
3	-1	1	0	18,8	21,8	20,3	20,3
4	-1	-1	0	23,8	21,3	22,8	22,63
5	0	0	0	14,3	14,8	13,3	14,13
6	1	0	1	23,8	21,8	18,3	21,3
7	1	0	-1	25,3	25,1	25,3	25,23
8	-1	0	1	18,3	21,8	20,3	20,13
9	-1	0	-1	22,3	24,3	27,3	24,63
10	0	0	0	15,3	13,3	13,3	13,97
11	0	1	1	17,3	18,8	19,8	18,63
12	0	1	-1	23,8	23,3	22,3	23,13
13	0	-1	1	20,8	22,3	18,2	20,43
14	0	-1	-1	27,8	25,3	22,8	25,3
15	0	0	0	14,3	13,3	15,3	14,3

Переход от кодированных значений факторов к натуральным осуществлен с использованием формул перехода:

$$X_1 = \frac{V_A - 7,1}{0,6}, \quad (3.17)$$

$$X_2 = \frac{\omega_\phi - 20}{5}, \quad (3.18)$$

$$X_3 = \frac{\gamma_\phi - 15}{15}. \quad (3.19)$$

Таблица 3.4 – Результаты расчета коэффициентов регрессии

Расчетная формула	Критерий оптимизации	
	K_{KP}	P_T
$b_o = a_1 \sum_{u=1}^N Y_{ucp} - a_2 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp}$	91,1333	14,1333
$b_1 = a_3 \sum_{U=1}^N X_{1u} Y_{ucp} / N$	-2,6175	0,3888
$b_2 = a_3 \sum_{U=1}^N X_{2u} Y_{ucp} / N$	0,3463	-0,9962
$b_3 = a_3 \sum_{U=1}^N X_{3u} Y_{ucp} / N$	5,3888	-2,225
$b_{12} = a_4 \sum_{u=1}^N X_{1u} X_{2u} Y_{ucp}$	0,6025	0,165
$b_{13} = a_4 \sum_{u=1}^N X_{1u} X_{3u} Y_{ucp}$	-0,568	0,143
$b_{23} = a_4 \sum_{u=1}^N X_{2u} X_{3u} Y_{ucp}$	-0,41	0,0925
$b_{11} = a_5 \sum_{u=1}^N X_{1u}^2 Y_{ucp} + a_6 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp} - a_7 \sum_{u=1}^N Y_{ucp}$	-8,4716	4,3084
$b_{22} = a_5 \sum_{u=1}^N X_{2u}^2 Y_{ucp} + a_6 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp} - a_7 \sum_{u=1}^N Y_{ucp}$	-5,2291	3,3584
$b_{33} = a_5 \sum_{u=1}^N X_{3u}^2 Y_{ucp} + a_6 \sum_{u=1}^N (X_{1u}^2 + X_{2u}^2 + X_{3u}^2) \cdot Y_{ucp} - a_7 \sum_{u=1}^N Y_{ucp}$	-8,0791	4,3809

Таблица 3.5 – Результаты расчета критерия Кохрена

Критерий оптимизации	Критерий Кохрена	
	опытный	табличный
K_{KP}	0,221	0,335
P_T	0,196	0,335

В результате подстановки в выражения (3.17), (3.18) и (3.19) значений X_1, X_2, X_3 , после несложных преобразований получены регрессионные модели [16]:

- критерий оптимизации – качество крошения $K_{кр}$:

- кодированный вид:

$$Y_{K_{кр}} = 91,133 - 2,6175X_1 + 0,3463X_2 + 5,3888X_3 + 0,6025X_1X_2 - 0,568X_1X_3 - 8,4716X_1^2 - 5,2291X_2^2 - 8,0791X_3^2. \quad (3.20)$$

- натуральный вид:

$$K_{кр} = -1140,9 + 326,724V_{II} + 7,0099\omega_{\phi} + 1,8842\gamma_{\phi} + 0,2008V_{II}\omega_{\phi} - 0,0631V_{II}\gamma_{\phi} - 23,532V_{II}^2 - 0,2092\omega_{\phi}^2 - 0,0359\gamma_{\phi}^2; \quad (3.21)$$

- критерий оптимизации – тяговое сопротивление P_T :

- кодированный вид:

$$Y_{P_T} = 14,1333 + 0,3888X_1 - 0,9962X_2 - 2,225X_3 + 0,165X_1X_2 + 0,143X_1X_3 + 4,3084X_1^2 + 3,3584X_2^2 + 4,3809X_3^2; \quad (3.22)$$

- натуральный вид:

$$P_T = 686,65 - 170,63V_{II} - 5,9632\omega_{\phi} - 0,8449\gamma_{\phi} + 0,055V_{II}\omega_{\phi} + 0,0158V_{II}\gamma_{\phi} + 11,9678V_{II}^2 + 0,1343\omega_{\phi}^2 + 0,0195\gamma_{\phi}^2; \quad (3.23)$$

Адекватность приведенных выше моделей проверена согласно критерия Фишера. Значение дисперсии адекватности установлена по выражению:

$$D_{ad}^2 = \frac{D_R - D_E}{N - k - (n - 1)}, \quad (3.24)$$

где N – количество опытов; k – количество значимых коэффициентов; n – число повторностей опытов.

Расчетное значение критерия Фишера будет:

$$F_p = \frac{D_{ad}^2}{D^2\{y_i\}}. \quad (3.25)$$

Табличное значение критерия F_p зависит от значений f_1 и f_2 , рассчитываемых по выражениям: $f_1 = N - d$, $f_2 = N(n - 1)$. С учетом доверительной вероятности и в соответствии с f_1 и f_2 установили критические значения критерия Фишера $F_{табл}$ (табл. 3.6). Видно, что условие (3.15) соблюдается. Таким образом, полученные математические модели адекватно описывают процесс почвообработки.

Таблица 3.6 – Результаты расчета критериев Фишера

Параметр оптимизации	Дисперсия адекватности $D_{ад}(y)$	Критерий Фишера	
		F_p	$F_{табл}$
K_{KP}	0,9721	2,193	2,359
P_T	0,0623	2,288	2,359

Определить значений основных факторов, обеспечивающих экстремум функций (3.20) и (3.22), можно путем нахождения частных производных по X_i и приравнивания их нулю (табл. 3.7):

Таблица 3.7 – Уравнения в частных производных

Критерий оптимизации	
Качество крошения почвы K_{KP}	Тяговое сопротивление P_T
$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dY_{K_{KP}}}{dX_1} = -2,6175 + 0,6025X_2 - 0,568X_3 - 16,9432X_1 = 0 \\ \frac{dY_{K_{KP}}}{dX_2} = 0,3463 + 0,6025X_1 - 10,4582X_2 = 0 \\ \frac{dY_{K_{KP}}}{dX_3} = 5,3888 - 0,568X_1 - 16,1582X_3 = 0 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dY_{P_T}}{dX_1} = 0,3888 + 0,165X_2 + 0,1425X_3 + 8,6168X_1 = 0 \\ \frac{dY_{P_T}}{dX_2} = -0,9962 + 0,165X_1 + 6,7168X_2 = 0 \\ \frac{dY_{P_T}}{dX_3} = -2,225 + 0,1425X_1 + 8,7618X_3 = 0 \end{array} \right.$

- для качества крошения почвы $K_{кр}$:

$$X_1 = -0,165; X_2 = 0,024; X_3 = 0,339.$$

- для тягового сопротивления P_T :

$$X_1 = -0,0522; X_2 = 0,15; X_3 = 0,2548.$$

Учитывая полученные результаты установлены оптимальные значения основных параметров пахотно-фрезерного агрегата: скорость передвижения 7,0...7,07 км/ч; угловая скорость вращения фрезы 20,1...20,7 с⁻¹; угол установки фрезы 19°...20°.

В этом случае качество крошения почвы $K_{кр}$ равно 92,3%, тяговое сопротивление – 13,8 кН.

Графическое представление зависимости критериев оптимизации от исследуемых параметров приведено на рисунках 3.8-3.13. Графики получены путем подстановки в выражения (3.20) и (3.22) по два оптимальных значения исследуемых параметров (табл. 3.8).

Таблица 3.8 – Зависимости критериев оптимизации исследуемых параметров

Критерий оптимизации	
Качество крошения почвы $K_{кр}$	Тяговое сопротивление P_T
$Y(X_1) = 92,0369 - 2,7956X_1 - 8,4716X_1^2$	$Y(X_1) = 13,7722 + 0,4499X_1 + 4,3084X_1^2$
$Y(X_2) = 92,2647 + 0,2469X_2 - 5,2291X_2^2$	$Y(X_2) = 13,8357 - 1,0048X_2 + 3,3584X_2^2$
$Y(X_3) = 91,3375 + 5,4825X_3 - 8,0791X_3^2$	$Y(X_3) = 14,0496 - 2,2324X_3 + 4,3809X_3^2$

Подставляя в полученные выражения значения исследуемого параметра с учетом интервалов варьирования, получили соответствующие графики (рис. 3.8-3.13).

Анализ полученных графических зависимостей свидетельствует о том, что определяюще влияют на критерий оптимизации скорость передвижения агрегата и угол установки фрезы.

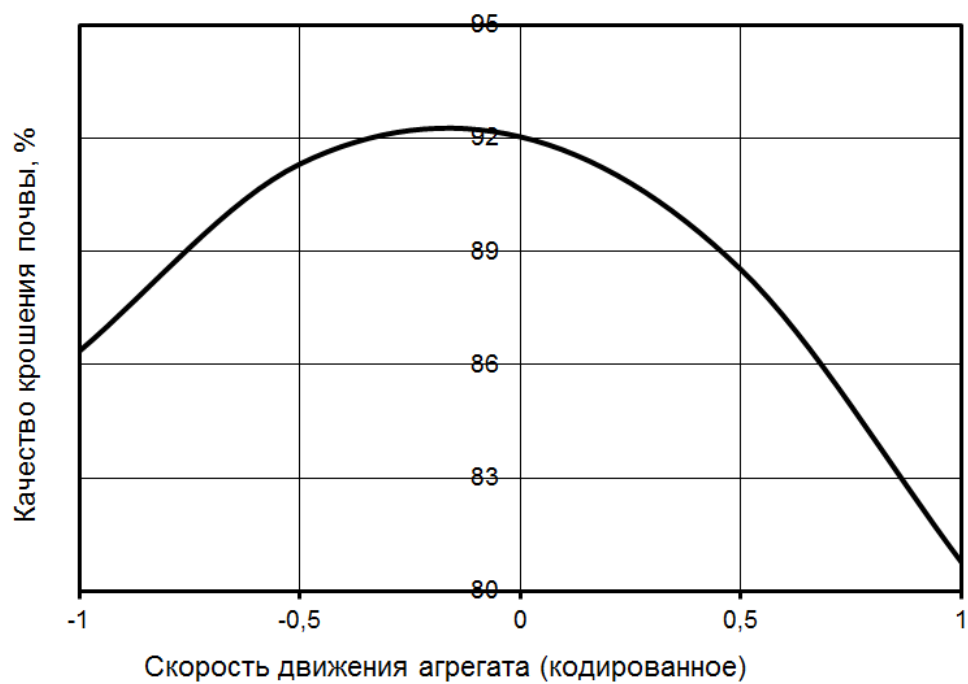


Рисунок 3.8 – График зависимости качества крошения почвы от скорости передвижения агрегата

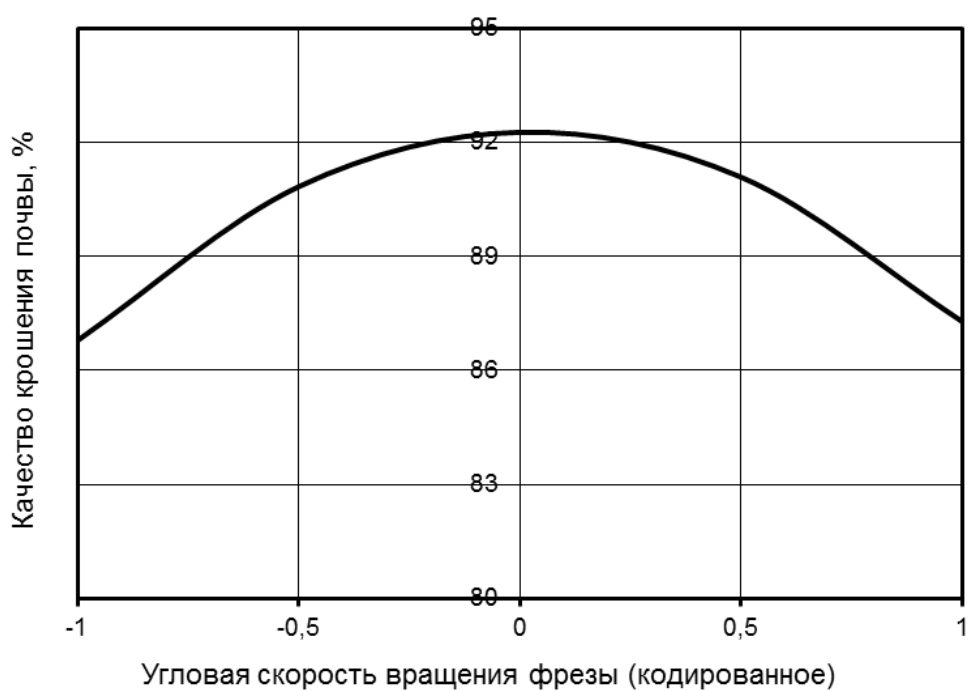


Рисунок 3.9 – График зависимости качества крошения почвы от угловой скорости вращения фрезы

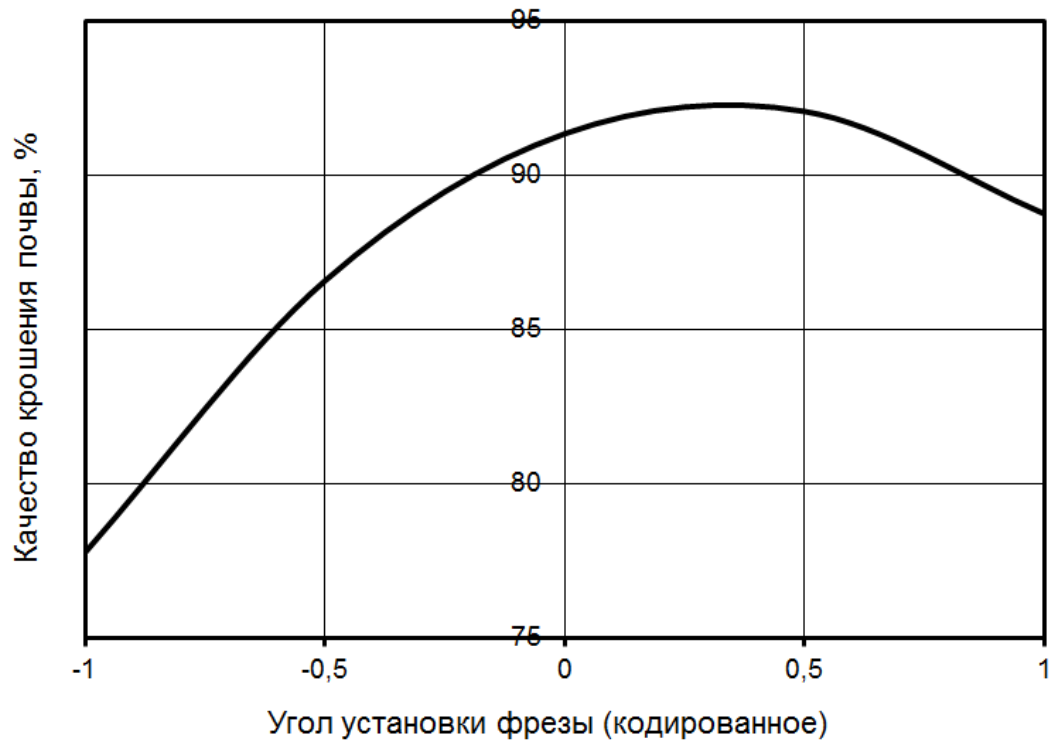


Рисунок 3.10 – График зависимости качества крошения почвы от угла установки фрезы



Рисунок 3.11 – График зависимости тягового сопротивления от скорости передвижения агрегата



Рисунок 3.12 – График зависимости тягового сопротивления от угловой скорости вращения фрезы

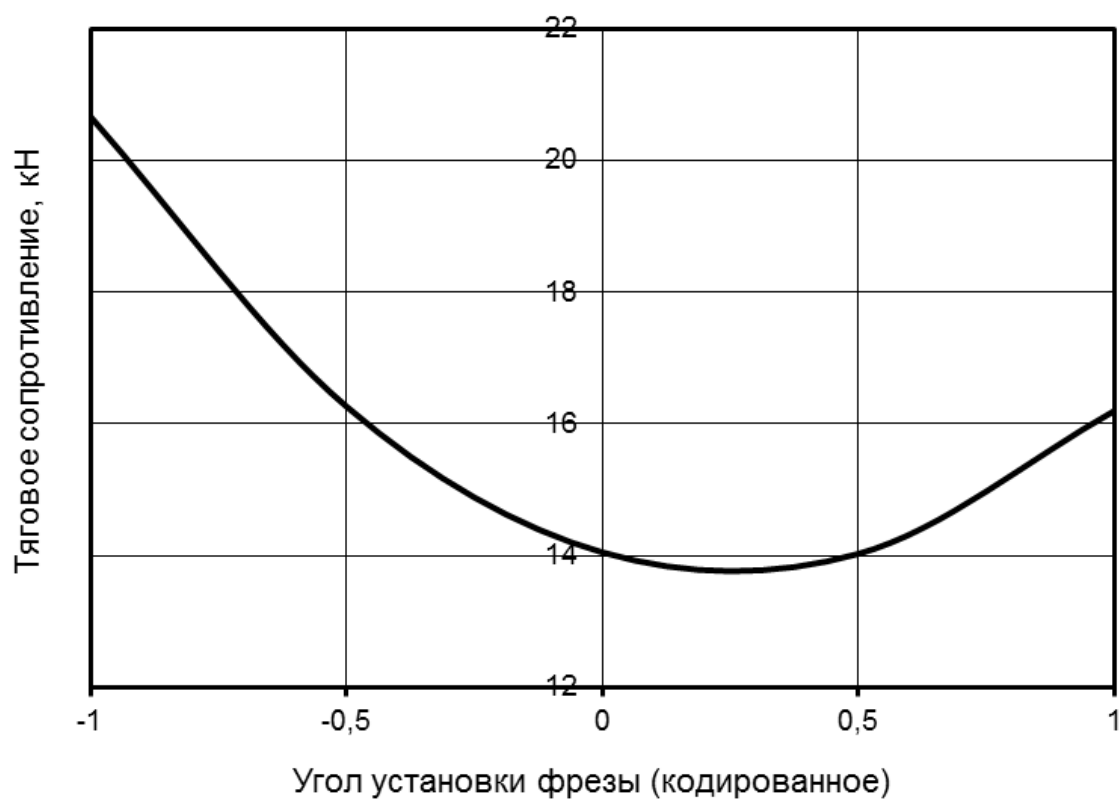


Рисунок 3.13 – График зависимости тягового сопротивления от угла установки фрезы

Основываясь на полученных результатах, составили регрессионные модели ($\gamma_\phi = 15^0$) (критерий – качество крошения):

$$K_{KP} = -1120,71 + 325,7735V_{II} + 7,0099\omega_\phi + 0,2008V_{II}\omega_\phi - 23,532V_{II}^2 - 0,2092\omega_\phi^2. \quad (3.26)$$

Зависимость $K_{KP} = f(V_{II}, \omega_\phi)$ при $\gamma_\phi = 15^0$ приведена на рисунке 3.14.

При $\omega_\phi = 20 \text{ с}^{-1}$ регрессионная зависимость примет вид:

$$K_{KP} = -1084,38 + 330,736V_{II} + 1,8842\omega_\phi - 0,0631V_{II}\omega_\phi - 23,532V_{II}^2 - 0,0359\gamma_\phi^2. \quad (3.27)$$

Зависимость $K_{KP} = f(V_{II}, \gamma_\phi)$ при $\omega_\phi = 20 \text{ с}^{-1}$ приведена на рисунке 3.15.

При $V_{II} = 7,1 \text{ км/ч}$ регрессионная зависимость примет вид:

$$K_{KP} = -7,4361 + 8,4358\omega_\phi + 1,4368\gamma_\phi - 0,2092\omega_\phi^2 - 0,0359\gamma_\phi^2. \quad (3.28)$$

Зависимость $K_{KP} = f(\omega_\phi, \gamma_\phi)$ при $V_{II} = 7,1 \text{ км/ч}$ приведена на рисунке 3.16.

Основываясь на результатах экспериментальных данных и учитывая уровни варьирования основных факторов, получили регрессионную зависимость ($\gamma_\phi = 15^0$) (критерий – тяговое сопротивление):

$$P_T = 678,364 - 170,393V_{II} - 5,9638\omega_\phi + 0,055V_{II}\omega_\phi + 11,9678V_{II}^2 + 0,1343\omega_\phi^2. \quad (3.29)$$

Зависимость $P_T = f(V_{II}, \omega_\phi)$ при $\gamma_\phi = 15^0$ приведена на рисунке 3.17.

При $\omega_\phi = 20 \text{ с}^{-1}$ регрессионная зависимость примет вид:

$$P_T = 621,106 - 169,53V_{II} - 0,8449\gamma_\phi + 0,0158V_{II}\gamma_\phi + 11,9678V_{II}^2 + 0,0195\gamma_\phi^2. \quad (3.30)$$

Зависимость $P_T = f(V_{II}, \gamma_\phi)$ при $\omega_\phi = 20 \text{ с}^{-1}$ приведена на рисунке 3.18.

При $V_{II} = 7,1 \text{ км/ч}$ регрессионная зависимость примет вид:

$$P_T = 78,4738 - 5,5727\omega_\phi - 0,7327\gamma_\phi + 0,1343\omega_\phi^2 + 0,0195\gamma_\phi^2. \quad (3.31)$$

Зависимость $P_T = f(\omega_\phi, \gamma_\phi)$ при $V_{II} = 7,1 \text{ км/ч}$ приведена на рисунке 3.19.

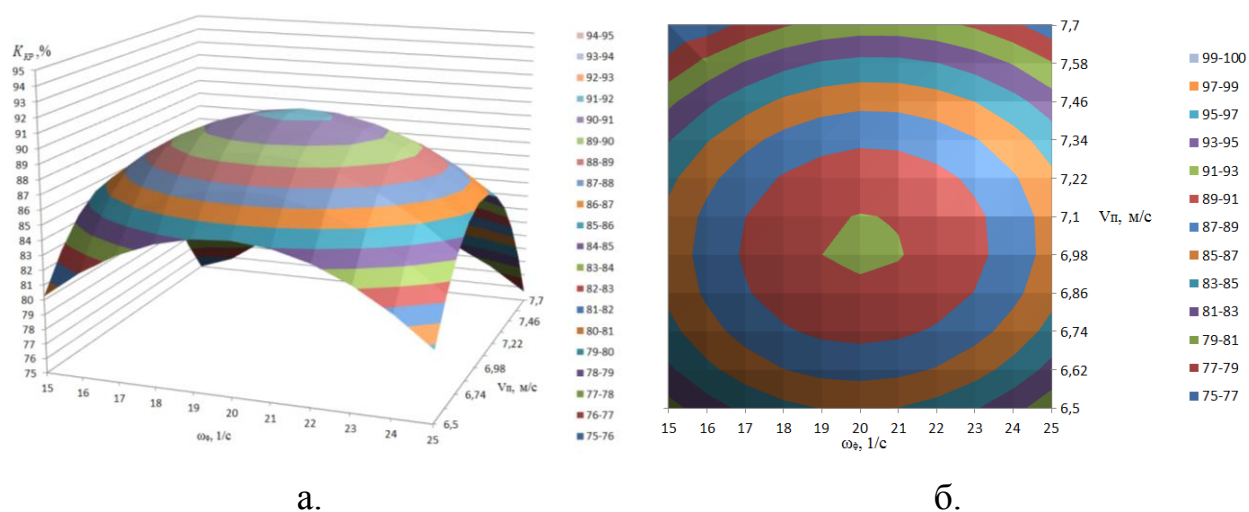


Рисунок 3.14 – Поверхность отклика (а) и двумерное сечение (б) зависимости

$$K_{KP} = f(V_{П}, \omega_{\phi})$$

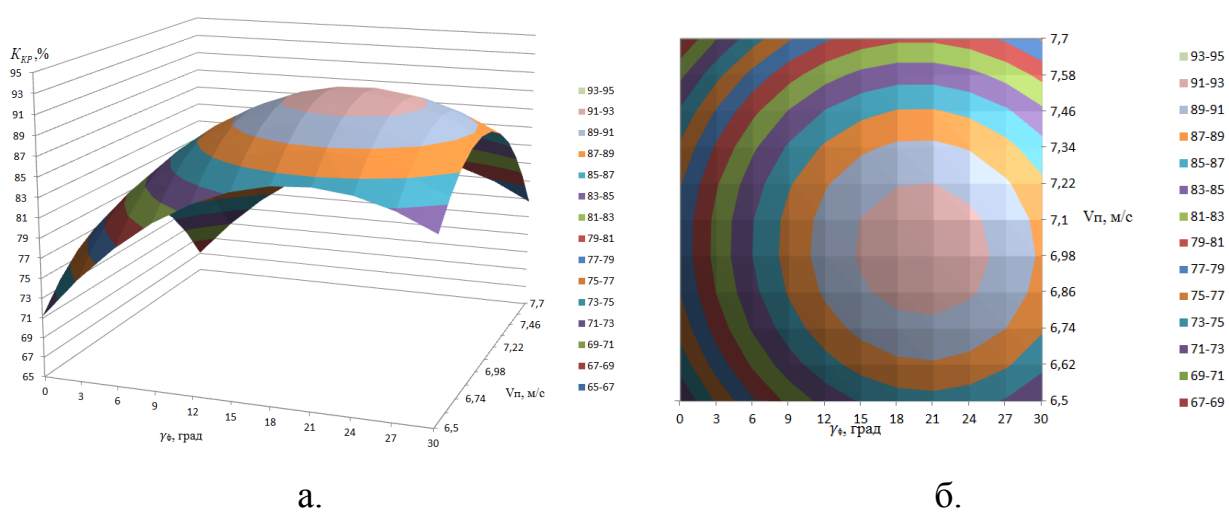


Рисунок 3.15 – Поверхность отклика (а) и двумерное сечение (б) зависимости

$$K_{KP} = f(V_{П}, \gamma_{\phi})$$

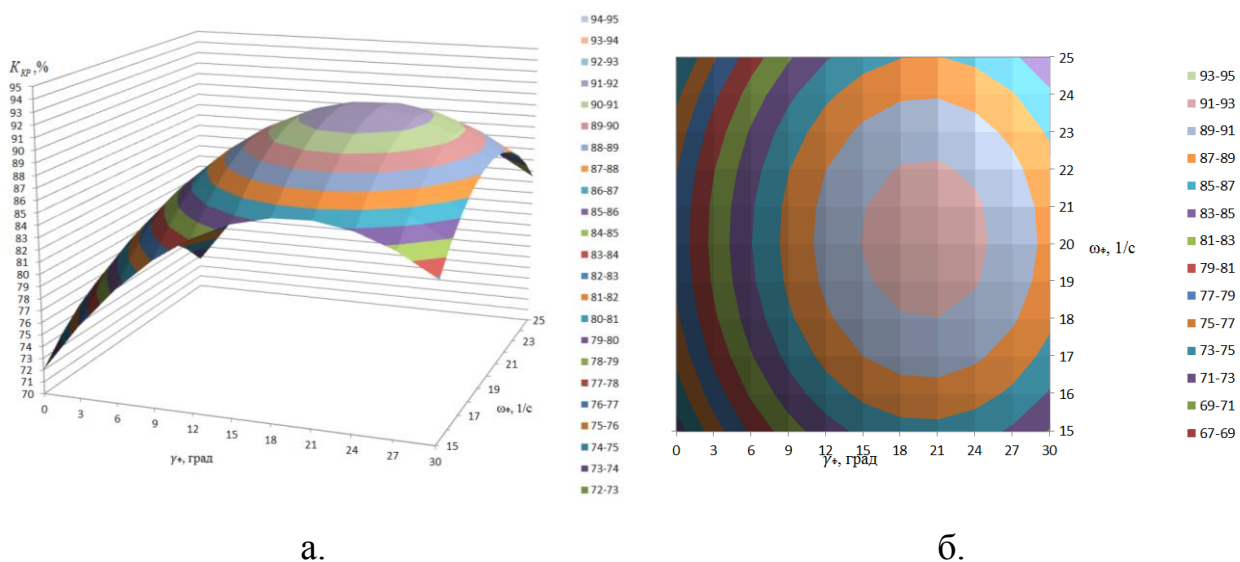


Рисунок 3.16 – Поверхность отклика (а) и двумерное сечение (б) зависимости

$$K_{KP} = f(\omega_\phi, \gamma_\phi)$$

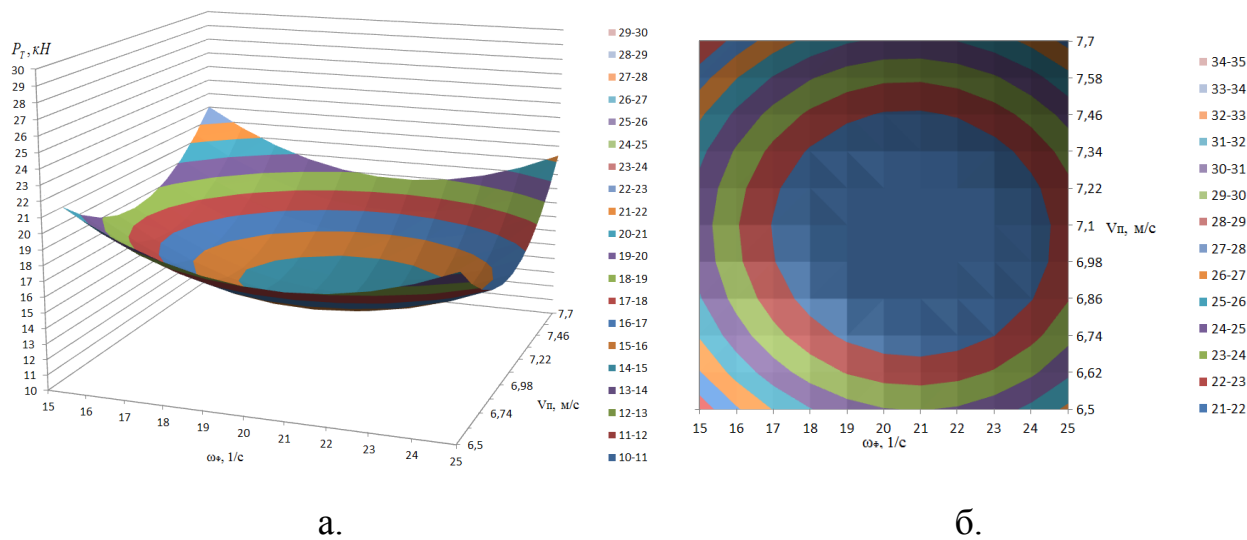


Рисунок 3.17 – Поверхность отклика (а) и двумерное сечение (б) зависимости

$$P_T = f(V_{П}, \omega_\phi)$$

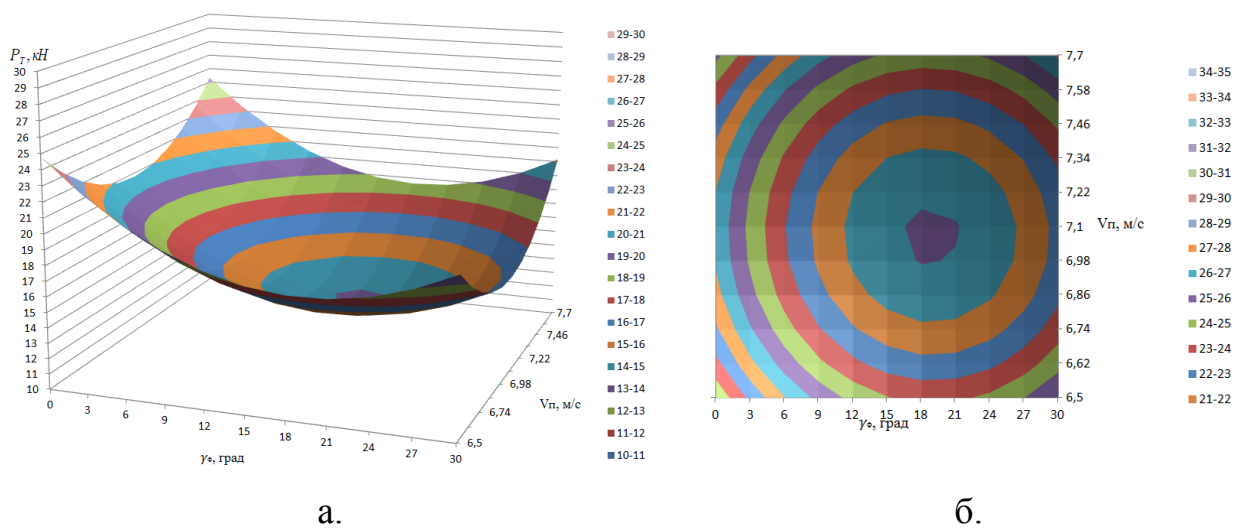


Рисунок 3.18 – Поверхность отклика (а) и двумерное сечение (б) зависимости

$$P_T = f(V_{П}, \gamma_{\Phi})$$

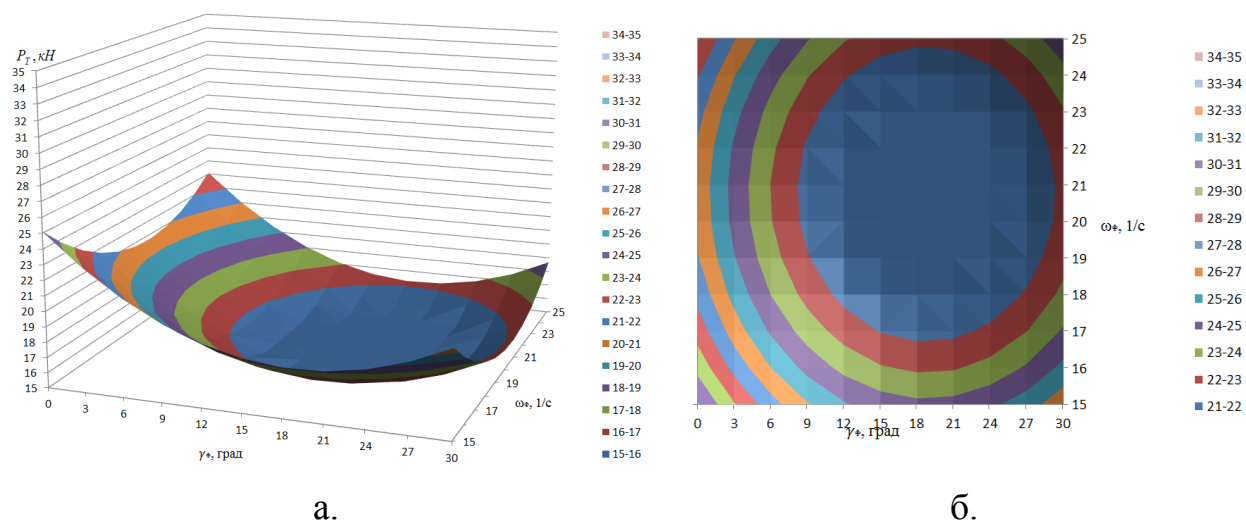


Рисунок 3.19 – Поверхность отклика (а) и двумерное сечение (б) зависимости

$$P_T = f(\omega_{\Phi}, \gamma_{\Phi})$$

Таким образом, экспериментальными исследованиями установлены оптимальные значения основных параметров и режимов работы пахотно-фрезерного агрегата, которые гарантируют максимум качества крошения почвы и минимум тягового сопротивление: $V_{II} = 7,0...7,07$ м/с, $\omega_{\phi} = 20,1...20,7$ с⁻¹ и $\gamma_{\phi} = 19^{\circ}...20^{\circ}$.

3.5 Результаты лабораторно-полевых исследований пахотно-фрезерного агрегата

Лабораторно-полевые исследования пахотно-фрезерного агрегата (ПФА) проводили в 2017...2019 гг. на опытно-производственном участке ООО НП «Шэджем» Чегемского района Кабардино-Балкарской Республики (рисунки 3.20 - 3.21) [14, 17, 27, 30].

Почвенные условия представлены в таблицах 3.11 и 3.12. Метеорологические условия в период проведения экспериментальных исследований были следующими: 2017 и 2018 годы – умеренно засушливые; 2019 год – засушливый.

Оценка агрофизических свойств почвы произведена по плотности сложения и пористости. Структурный состав оценивали в соответствии с количеством почвенных агрегатов размером $> 0,025$ м, $0,025...0,001$ м и $<0,001$ м.

С использованием полученных в результате исследований данных (таблица 3.13) установлено снижение плотности почвы и повышение ее пористости при использовании предлагаемого пахотно-фрезерного агрегата.

Так, плотность сложения почвы в горизонтах $0...0,1$ м и $0,1...0,2$ м, соответственно, $1,21$ и $1,32$ т/м³, т.е. снижение на $12,6...14,8\%$ в сравнении с базовым вариантом.

Пористость почвы повысилась на $24,5...26,1\%$ [17].



Рисунок 3.20 – Общий вид пахотно-фрезерного агрегата в транспортном положении



а)

б)

Риснок 3.21 – Вспашка почвы пахотно-фрезерным агрегатом (а) и поверхность поля после вспашки (б)

Таблица 3.11 – Агрохимические свойства почвы

Слой почвы, м	Гумус, %	рН в КСl	Содержание, мг/100 г		
			NO ₃	P ₂ O ₅	K ₂ O
0...0,2	1,88	6,2	7	19	20
0,2...0,4	0,62	5,4	5	6	8
0,4...0,6	0,42	5,2	4	4	5

Таблица 3.12 – Гранулометрический состав почвы

Слой почвы, м	Физическая глина, %	Физический песок, %	Коэффициент структурности	Удельная масса, т/м ³
0...0,2	24,3	74,2	0,8	2,60
0,2...0,4	23,9	75,6	0,6	2,64
0,4...0,6	13,9	81,4	0,5	2,63

Таблица 3.13 – Плотность сложения и пористость почвы

Вариант	Агрофизические свойства почвы					
	плотность сложения, т/м ³			пористость, %		
	горизонт, м					
	0...0,1	0,1...0,2	0...0,2	0...0,1	0,1...0,2	0...0,2
Базовый	1,42	1,51	1,465	44,4	41,8	43,1
Новый	1,21	1,32	1,265	60,1	55,4	57,75

Результаты исследования, приведенные в таблице 3.14, показывают, что при использовании пахотно-фрезерного агрегата существенно улучшается структура почвы.

Таблица 3.14 – Структурный состав почвы (%)

Вариант	Слой почвы, м	Размеры частиц, м		
		>0,025	0,025...0,001	<0,001
Базовый	0...0,1	16,2	56,3	27,5
	0,1...0,2	25,1	53,6	22,3
Новый	0...0,1	8,2	86,7	5,1
	0,1...0,2	20,3	69,1	10,6

Так, количество почвенных агрегатов размером 0,025...0,001 мм увеличилось по сравнению с базовым вариантом на 22,4...35,1%. Благодаря совмещению операций заметно (в 2,1...5,4 раза) снизилось количество пылевой фракции [17].

Гребнистость почвы в результате применения предлагаемого пахотно-фрезерного агрегата удовлетворяет агротехническим требованиям (менее 0,02 м).

3.6 Выводы по главе

Качество крошения почвы, соответствующее агротехническим требованиям, и минимальное тяговое сопротивление пахотно-фрезерного агрегата обеспечиваются при следующих параметрах: рабочая скорость 7,0...7,07 км/ч, угловая скорость вращения фрезы 20,1...20,7 с⁻¹ и угол установки фрезы 19⁰...20⁰.

При использовании пахотно-фрезерного агрегата плотность сложения почвы оказалась ниже на 12,6...14,8% в сравнении с базовым вариантом. Установлено повышение пористости почвы в варианте применения пахотно-фрезерного агрегата на 24,5...26,1%.

Количество почвенных агрегатов размером 0,025...0,001 мм увеличилось на 22,4...35,1%. Благодаря совмещению операций существенно (в 2,1...5,4 раза) снизилось количество пылевой фракции.

В результате исследования гребнистости почвы в результате применения предлагаемого пахотно-фрезерного агрегата установлено, что она удовлетворяет агротехническим требованиям (менее 0,02 м).

4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАХОТНО-ФРЕЗЕРНОГО АГРЕГАТА

Для внедрения технологии предпосевной подготовки почвы с использованием предлагаемого агрегата на площади 50 га взят кредит в размере 850 тыс. руб. сроком на 3 года под 20% годовых ($E = 0,2$). Погашение долга осуществлялось равными платежами. Расчетный период $n = 5$ лет [55, 94, 95, 136].

Предлагаемая технология, основанная на агрегате МТЗ-82+ПЛН-3-35 с фрезерным рабочим органом, сравнивалась с традиционной, предполагающей применение пахотного агрегата (МТЗ-82+ПЛН-3-35), дисковой бороны (МТЗ-82 + БДМ-2,5-2) и культиватора (МТЗ-82+КПС-4У).

Размер капитальных вложений (КВ) установлен по выражению [55, 94, 95]:

$$K = K_{II} + K_C, \quad (4.1)$$

где K_{II} – прямые КВ, тыс. руб.; K_C – сопутствующие КВ, тыс. руб.

Вариант А

$$K = 654 + 74 + 170 + 227,2 = 1125,2 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант Б

$$K = 654 + 74 + 85 = 813,0 \text{ тыс. руб.}$$

Размер платежей по кредиту установлен по выражению [136]:

$$K_m = \frac{E_k (1 + E_k)^{t_k}}{(1 + E_k)^{t_r} - 1} K_э, \quad (4.2)$$

где K_m – платеж на i -ом шаге; E_k – номинальная годовая банковская процентная ставка; $K_э$ – заемная сумма; t_k – срок погашения кредита, лет.

Вариант А

$$K_m = \frac{0,2(1+0,2)^3}{(1+0,2)^3 - 1} 1125,2 = 534,16 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант Б

$$K_m = \frac{0,2(1+0,2)^3}{(1+0,2)^3 - 1} 813 = 385,95 \text{ тыс. руб.}$$

Размеры выплат по кредиту за 3 года составят:

Вариант А

$$K_{\Sigma} = \frac{534,16}{(1+0,2)^0} + \frac{534,16}{(1+0,2)} + \frac{534,16}{(1+0,2)^2} + \frac{534,16}{(1+0,2)^3} = 1659,35 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант Б

$$K_{\Sigma} = \frac{385,95}{(1+0,2)^0} + \frac{385,95}{(1+0,2)} + \frac{385,95}{(1+0,2)^2} + \frac{385,95}{(1+0,2)^3} = 1198,94 \text{ тыс. руб.}$$

Эксплуатационные затраты рассчитывают согласно выражения:

$$C_{\text{ЭКС}} = Z_{\text{ПЛ}} + Z_{\text{ТО}} + Z_{\text{ТСМ}} + Z_{\text{ПР}}, \quad (4.3)$$

где $Z_{\text{ПЛ}}$ – зарплата обслуживающего персонала, тыс. руб.; $Z_{\text{ТО}}$ – затраты на ТО и ТР, тыс. руб.; $Z_{\text{ТСМ}}$ – затраты на ТСМ, тыс. руб.; $Z_{\text{ПР}}$ – прочие затраты, тыс. руб.

Зарплата обслуживающего персонала рассчитывается согласно выражению [96, 97]:

$$Z_{\text{ПЛ}} = N_P t_O T_{\text{ТР}} \eta_D \left(1 + \frac{\eta_0}{100} \right) n, \quad (4.4)$$

где N_P – численность обслуживающего персонала; t_O – время обслуживания агрегата, ч.; $T_{\text{ТР}}$ – тарифная ставка оплаты обслуживающего персонала, руб./ч; η_D – коэффициент дополнительной заработной платы, ($\eta_D = 1,1 \dots 1,2$); η_0 – процент отчислений на социальное страхование ($\eta_0 = 35,6 \%$); n – количество обработок.

Вариант А

Вспашка

$$Z_{пл} = 1 \cdot 71,43 \cdot 105,38 \cdot 1,2 \left(1 + \frac{35,6}{100}\right) = 12,25 \text{ тыс. руб.}$$

Боронование

$$Z_{пл} = 1 \cdot 18,52 \cdot 94,08 \cdot 1,2 \left(1 + \frac{35,6}{100}\right) \cdot 2 = 5,67 \text{ тыс. руб.}$$

Культивация

$$Z_{пл} = 1 \cdot 10,4 \cdot 94,08 \cdot 1,2 \left(1 + \frac{35,6}{100}\right) \cdot 2 = 2,18 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант Б

$$Z_{пл} = 1 \cdot 71,43 \cdot 105,38 \cdot 1,2 \left(1 + \frac{35,6}{100}\right) = 12,25 \text{ тыс. руб.}$$

Размер затрат на техническое обслуживание и ремонт технических средств установлен по выражению [96, 97]:

$$Z_{ТО} = \left(\sum \frac{C_i \cdot H_i}{T_{zi} \cdot W_q \cdot 100} \right) \cdot S \quad (4.5)$$

где $Z_{ТО}$ – затраты на техническое обслуживание и ремонт, тыс. руб.; B_i – балансовая стоимость технических средств, тыс. руб.; H_i – норматив отчислений на техническое обслуживание и ремонт технических средств, % от их балансовой стоимости; T_{zi} – годовая загрузка, ч; W_q – часовая производительность, га/ч; S – площадь обслуживания, га.

По вариантам получим:

Вариант А*Вспашка*

$$Z_{ТО} = \left(\frac{654 \cdot 9,9}{1200 \cdot 0,7 \cdot 100} + \frac{74 \cdot 14}{480 \cdot 0,7 \cdot 100} \right) \cdot 50 = 5,4 \text{ тыс. руб.}$$

Боронование

$$Z_{ТО} = \left(\frac{654 \cdot 9,9}{1200 \cdot 2,7 \cdot 100} + \frac{170 \cdot 7,0}{180 \cdot 2,7 \cdot 100} \right) \cdot 50 \cdot 2 = 4,45 \text{ тыс. руб.}$$

Культивация

$$Z_{\text{то}} = \left(\frac{654 \cdot 9,9}{1200 \cdot 4,8 \cdot 100} + \frac{227,2 \cdot 12,5}{210 \cdot 4,8 \cdot 100} \right) \cdot 50 \cdot 2 = 3,9 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант Б

$$Z_{\text{то}} = \left(\frac{654 \cdot 9,9}{1200 \cdot 0,7 \cdot 100} + \frac{74 \cdot 14}{480 \cdot 0,7 \cdot 100} + \frac{85 \cdot 7}{160 \cdot 0,7 \cdot 10} \right) \cdot 50 = 8,06 \text{ тыс. руб.}$$

Размер часового расхода топлива (кг/ч) установлен по выражению [96, 97]:

$$Q = 0,7 gN, \quad (4.6)$$

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.

Определяем потребность в топливе на 1 ч работы согласно выражению (4.5):

- для трактора МТЗ-82: $G = 0,7 \cdot 230 \cdot 75 = 12075$ г/ч или 12 кг/ч;

Размер затрат на ТСМ рассчитан по формуле:

$$Z_{\text{ТСМ}} = \sum Q_{ij} \cdot t \cdot C_T, \quad (4.7)$$

где Q_{ij} – расход топлива, кг/ч; C_T – цена топлива, руб./кг.

Размер затрат на топливо-смазочные материалы:

Вариант А*Вспашка*

$$Z_{\text{ТСМ}} = 12 \cdot 71,4 \cdot 46 = 39,41 \text{ тыс. руб.}$$

Боронование

$$Z_{\text{ТСМ}} = 12 \cdot 18,52 \cdot 46 \cdot 2 = 20,45 \text{ тыс. руб.}$$

Культивация

$$Z_{\text{ТСМ}} = 12 \cdot 10,42 \cdot 46 \cdot 2 = 11,5 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант Б

$$Z_{ТСМ} = 12 \cdot 71,4 \cdot 46 = 39,41 \text{ тыс. руб.}$$

Эксплуатационные затраты рассчитываем согласно формулы (4.3):

Вариант А

$$Z_{экс} = 20,1 + 13,75 + 71,36 = 105,21 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант Б

$$Z_{экс} = 12,25 + 8,06 + 39,41 = 59,72 \text{ тыс. руб.}$$

Прочие прямые затраты рассчитываем по формуле

$$Z_{пр} = Z_{экс} \cdot (0,05 \dots 0,1), \quad (4.8)$$

Вариант А

$$Z_{пр} = 105,21 \cdot 0,05 = 5,26 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант Б

$$Z_{пр} = 59,72 \cdot 0,05 = 2,98 \text{ тыс. руб.}$$

Результаты расчета себестоимости продукции сведены в таблицу 4.1

Таблица 4.1 – Результаты расчета себестоимости продукции

Статьи затрат	Вариант	
	Базовый А	Новый Б
Оплата труда с отчислениями на социальные нужды, тыс. руб.	20,1	12,25
Расходы на содержание оборудования в том числе:		
техническое обслуживание, тыс. руб.	13,75	8,06
топливо, тыс. руб.	71,36	39,41
Прочие затраты, тыс. руб.	5,26	2,98
Полная себестоимость, тыс. руб.	110,47	62,7

Выручка рассчитывается от урожайности пшеницы на расчетной площади и ее реализацией на 100% .

Полная годовая выручка от реализации продукции приведена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – Результаты расчета полной годовой выручки от реализации продукции

Год	Валовый сбор озимой пшеницы, т		Цена реализации 1 т озимой пшеницы	Выручка за реализацию озимой пшеницы, тыс. руб.	
	Вариант А	Вариант Б		Вариант А	Вариант Б
2017	150	165	8000	1200	1320
2018	155	175	8000	1240	1400
2019	160	190	8000	1280	1520

Размер валовой прибыли от реализации продукции установлен согласно зависимости [110]:

$$П_г = B - Z, \quad (4.9)$$

где B – полная годовая выручка от реализации продукции, тыс. руб.; Z – годовые эксплуатационные затраты, тыс. руб.

Вариант А

$$П_{г1} = 1200 - 110,47 = 1089,53 \text{ тыс. руб.};$$

$$П_{г1} = 1240 - 110,47 = 1129,53 \text{ тыс. руб.};$$

$$П_{г1} = 1280 - 110,47 = 1169,53 \text{ тыс. руб.};$$

Вариант Б

$$П_{г1} = 1320 - 62,7 = 1257,3 \text{ тыс. руб.};$$

$$\Pi_{\epsilon_1} = 1400 - 62,7 = 1337,3 \text{ тыс. руб.};$$

$$\Pi_{\epsilon_1} = 1520 - 62,7 = 1457,3 \text{ тыс. руб.}$$

Размер амортизационных отчислений установлен согласно выражения:

$$A = C_{об} \frac{\alpha}{100}, \quad (4.10)$$

где $C_{об}$ – стоимость оборудования, тыс. руб.; α – норма амортизационных отчислений, %.

Вариант А

$$A = \left(654 \frac{9,1}{100} + 74 \frac{12,5}{100} + 170 \frac{14,2}{100} + 227,2 \frac{12,5}{100} \right) = 134,89 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант Б

$$A = \left(654 \frac{9,1}{100} + 74 \frac{12,5}{100} + 85 \frac{7,0}{100} \right) = 88,3 \text{ тыс. руб.}$$

Размер чистых денежных поступлений с учетом налога на прибыль (24 %) и амортизационных отчислений установлен согласно выражения [136]:

Вариант А

$$\Pi_1 = (1089,53 - 134,89) \left(1 - \frac{24}{100} \right) + 134,89 = 860,01 \text{ тыс. руб.};$$

$$\Pi_2 = (1129,53 - 134,89) \left(1 - \frac{24}{100} \right) + 134,89 = 890,82 \text{ тыс. руб.};$$

$$\Pi_3 = (1169,53 - 134,89) \left(1 - \frac{24}{100} \right) + 134,89 = 921,22 \text{ тыс. руб.};$$

$$\Pi_4 = (1169,53 - 134,89) \left(1 - \frac{24}{100} \right) + 134,89 = 921,22 \text{ тыс. руб.};$$

$$\Pi_5 = (1169,53 - 134,89) \left(1 - \frac{24}{100} \right) + 134,89 = 921,22 \text{ тыс. руб.};$$

Вариант Б

$$\Pi_1 = (1257,3 - 88,3) \left(1 - \frac{24}{100}\right) + 88,3 = 976,74 \text{ тыс. руб.};$$

$$\Pi_2 = (1337,3 - 88,3) \left(1 - \frac{24}{100}\right) + 88,3 = 1037,54 \text{ тыс. руб.};$$

$$\Pi_3 = (1457,3 - 88,3) \left(1 - \frac{24}{100}\right) + 88,3 = 1128,73 \text{ тыс. руб.};$$

$$\Pi_4 = (1457,3 - 88,3) \left(1 - \frac{24}{100}\right) + 88,3 = 1128,73 \text{ тыс. руб.};$$

$$\Pi_5 = (1457,3 - 88,3) \left(1 - \frac{24}{100}\right) + 88,3 = 1128,73 \text{ тыс. руб.}$$

Размер чистого дисконтированного дохода в течение всего периода эксплуатации устанавливается согласно выражения [136]:

$$\text{ЧДД} = -K + \frac{\Pi_1}{(1+E)} + \frac{\Pi_2}{(1+E)^2} + \dots + \frac{\Pi_n}{(1+E)^n}, \quad (4.11)$$

где K – инвестиции, необходимые для реализации проекта, тыс. руб.;
 $\Pi_1, \Pi_2, \dots, \Pi_n$ – чистые денежные поступления по отдельным годам от реализации проекта, тыс. руб.; E – норма дисконта.

Вариант А

$$\text{ЧДД} = -1659,35 + \frac{860,01}{(1+0,2)} + \frac{890,82}{(1+0,2)^2} + \frac{921,22}{(1+0,2)^3} + \frac{921,22}{(1+0,2)^4} + \frac{921,22}{(1+0,2)^5} = 1023,54 \text{ тыс. руб.}$$

Вариант Б

$$\text{ЧДД} = -1198,94 + \frac{976,74}{(1+0,2)} + \frac{1037,54}{(1+0,2)^2} + \frac{1128,73}{(1+0,2)^3} + \frac{1128,73}{(1+0,2)^4} + \frac{1128,73}{(1+0,2)^5} = 1986,62 \text{ тыс. руб.}$$

С учетом того, что размер чистых дисконтированных доходов превышает ноль, то оба проекта признаются эффективными.

Срок окупаемости технологий устанавливается по зависимости [110]:

$$T_{ок} = \frac{\Pi}{K}. \quad (4.12)$$

Вариант А

За первый год прибыль равна 860,01 тыс. руб., что меньше внесенных КВ с учетом выплат по кредиту. Исходя из этого, учитывается прибыль за второй год, равная 890,82 тыс. руб. С учетом этого, имеем:

$$T_{ок} = \frac{860,01 + 890,82}{1659,35} = 2,12 \text{ года.}$$

Вариант Б

За первый год прибыль равна 976,74 тыс. руб., что меньше внесенных КВ с учетом выплат по кредиту. Исходя из этого, учитывается прибыль за второй год, равная 1037,54 тыс. руб. С учетом этого, имеем:

$$T_{ок} = \frac{976,74 + (1198,94 - 1037,54)}{1198,94} = 1,12 \text{ года.}$$

Результаты расчета сведены в таблицу 4.3.

Результаты расчетов свидетельствуют о том, что применение предлагаемого агрегата обеспечивает:

- получение чистого дисконтированного дохода в течении периода эксплуатации (5 лет) с площади 50 га в размере 1986,62 тыс. руб., что на 963,08 тыс. руб. больше в сравнении с базовым вариантом;
- снижение себестоимости работ в 1,8 раза (с 110,47 тыс. руб. до 62,7 тыс. руб.).

Срок окупаемости КВ составил 1,1 года.

Таблица 4.3 – Показатели экономической эффективности

№	Показатели	Единица измерения	Варианты	
			Базовый МТЗ-82 + ПЛН-3-35; МТЗ-82 + БДМ-2,5-2; МТЗ-82 + КПС-4У	Предлагаемый МТЗ-82 + ПЛН-3-35 +Фрезерный рабочий орган
1.	Площадь обработки	га	50	50
2.	Чистый дисконтированный доход за 5 лет эксплуатации	тыс. руб.	1023,54	1986,62
3.	Единовременные капитальные вложения с учетом выплат по кредиту	тыс. руб.	1659,35	1198,94
4.	Себестоимость процесса, в том числе расходы на:	тыс. руб.	110,47	62,7
	- оплату труда		20,1	12,25
	- техническое обслуживание		13,75	8,06
	- ТСМ		71,36	39,41
	- прочие затраты		5,26	2,98
5	Срок окупаемости	год	2,1	1,1

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования

1. Обоснована конструктивно-технологическая схема пахотно-фрезерного агрегата, позволяющего выполнять основную и предпосевную обработку почвы путем совмещения нескольких технологических операций: вспашку с рыхлением почвы, измельчением и заделкой растительных остатков с выравниванием поверхности почвы. Новизна технического решения подтверждена патентом РФ полезную модель № 168218.

2. Получены аналитические зависимости, позволяющие определить рациональные значения диаметра фрезы (0,40...0,53 м), частоты вращения барабана (240...370 мин⁻¹), подачи на нож (0,01...0,016 м), количества и (3 шт.) длины ножей (0,15...0,26 м), ширины захвата агрегат (1,05 м).

3. Получены аналитические зависимости, позволяющие определить: угол установки ножей фрезы; силы, действующие на нож фрезы при измельчении почвенных глыб; высоту расположения барабана фрезы относительно обрабатываемой поверхности; траекторию полета частицы почвы в зависимости от ее физико-механических свойств и параметров фрезерного рабочего органа; угол отрыва почвы от боковой поверхности ножа фрезы; основные параметры и режимы работы пахотно-фрезерного агрегата. Установлены рациональные значения скорости движения агрегата (5,76...7,2 км/ч), угла установки фрезы (20...30°) и угловой скорости вращения барабана (20...25 с⁻¹).

4. Экспериментальные исследования позволили получить модели в виде адекватных уравнений регрессии, на основе которых определены оптимальные значения параметров пахотно-фрезерного агрегата, обеспечивающие качество крошения 92,3% при тяговом сопротивлении 13,8 кН: скорость движения 7,0...7,07 км/ч; угловая скорость вращения барабана 20,1...20,7 с⁻¹; угол установки фрезы 19°...20°.

5. В ходе производственных испытаний пахотно-фрезерного агрегата в ООО НП «Шэджем» Чегемского района Кабардино-Балкарской Республики подтверждены полученные результаты теоретических и экспериментальных исследований, на основе которых установлено, что применение предлагаемого агрегата обеспечивает снижение плотности почвы в горизонте 0...10 см на 12,6...14,8% и увеличение ее пористости на 24,5...26,1%.

6. Применение пахотно-фрезерного агрегата в технологическом процессе предпосевной подготовки почв позволит получить чистый дисконтированный доход за период эксплуатации (5 лет) в размере 1986,62 тыс. руб. на площади 50 га, снизить себестоимость работ в 1,8 раза и окупить инвестиции за 1,1 года.

Рекомендации производству

Сельскохозяйственным предприятиям предлагается пахотно-фрезерный агрегат для основной и предпосевной обработки почвы со следующими параметрами: ширина захвата – 1,05 м; глубина формирования посевного слоя – 7...10 см; угол установки фрезы – 19...20°; диаметр барабана фрезы – 40 см; число ножей – 3 шт.; угловая скорость вращения фрезы – 20,1...20,7 с⁻¹; скорость движения агрегата – 7,0...7,07 км/ч.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Дальнейшее совершенствование конструкции пахотно-фрезерного агрегата для использования при основной и предпосевной обработке почвы под пропашные сельскохозяйственные культуры.

ЛИТЕРАТУРА

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. Акимов, А.П. Повышение эффективности работы ротационных рабочих органов и колесных движителей мобильных машин в системе «двигатели-опорная поверхность» / Александр Павлович Акимов: автореф. дисс....д-ра техн. наук: 05.20.01. – Чебоксары, 2005. – 50с.
3. Алдошин, Н.В. Сельскохозяйственные машины. Практикум / Н.В. Алдошин, И.В. Горбачев, А.А. Золотов, С.Г. Ломакин, А.А. Манохина, А.И. Панов, В.И. Пляка, С.В. Щиголев. – М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2014. – 149 с.
4. Андреев, В.Н. Математическое планирование экспериментов / В.Н. Андреев // Методические указания.– Л.: ЛТА, 1982.– 39 с.
5. Анискин, В.И. Новые плуги с активными отвалами / В.И. Анискин, П.Н. Бурченко, Н.Г. Березин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2002. – № 2. – С. 6–8.
6. Апажев, А.К. Анализ технологий предпосевной обработки почвы / А.К. Апажев, Р.Х. Жигунов // Материалы V Межвузовской научно–практической конференции «Инновации в агропромышленном комплексе (22–23 апреля 2016 г., г. Нальчик). – Нальчик: Кабардино–Балкарский ГАУ, 2016. – С. 13–15.
7. Апажев, А.К. Основные пути повышения эффективности возделывания зерновых культур в Северо–Кавказском регионе / А.К. Апажев // NovaInfo.Ru. – 2016. – № 43. – С. 67–69.
8. Апажев, А.К. Инновационная технология и комбинированный пахотный агрегат для основной обработки почв / А.К. Апажев, С.А. Фоменко // Материалы V Межвузовской научно–практической конференции «Инновации в агропромышленном комплексе (22–23 апреля 2016 г., г. Нальчик).– Нальчик: Кабардино–Балкарский ГАУ, 2016. – С. 15–17.

9. Апажев, А.К. Комбинированные почвообрабатывающие агрегаты для основной и предпосевной подготовки почв / А.К. Апажев, М.Х. Аушев, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев. – Назрань: ООО «КЕП», 2014.– 68 с.

10. Апажев, А.К. Рациональные параметры и режимы работы комбинированного почвообрабатывающего агрегата / А.К. Апажев, Ю.А. Шекихачев, Л.М. Хажметов // Известия Горского государственного аграрного университета. – Владикавказ: Изд-во ФГБОУ ВО «Горский госагроуниверситет», 2016. – Т 53. – Ч. 2. – С. 138–143.

11. Апажев, А.К. Инновационные технологические и технические решения по повышению плодородия почв в условиях склоновых эродированных черноземных почв Юга России: монография / А.К. Апажев, Ю.А. Шекихачев, Л.М. Хажметов и др. – Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2017.- 344 с.

12. Апажев, А.К. Научно-методические рекомендации по разработке мероприятий, обеспечивающих повышение плодородия почв в условиях склоновых эродированных черноземных почв Юга России: рекомендации / А.К. Апажев, Ю.А. Шекихачев, Л.М. Хажметов и др. – Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2017.- 150 с.

13. Апажев, А.К. Комбинированные пахотные агрегаты с ротационными рабочими органами / А.К. Апажев, Ю.А. Шекихачев, Л.М. Хажметов // Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК».– М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – С. 317-320.

14. Апажев, А.К. Повышение урожайности зерновых культур на основе усовершенствованной технологии и оптимизированного комплекса машин для предпосевной подготовки почвы и посева в условиях Центральной части Северного Кавказа / Аслан Каральбиевич Апажев: автореф. дисс.... д-ра техн. наук: 05.20.01. – Нальчик, 2018. – 39с.

15. Ашабоков, Х.Х. Оптимизация параметров и режимов работы пахотно-фрезерного агрегата по критерию минимума тягового

сопротивления / Х.Х. Ашабоков, А.К. Апажев, Ю.А. Шекихачев, Л.М. Хажметов, А.Г. Фиапшев // АгроЭкоИнфо. – 2019. – №2. – Режим доступа: http://agroecoinfo.narod.ru/journal/СТАТУИ/2019/2/st_228.doc.

16. Ашабоков, Х.Х. Технологические операции обработки почвы / Х.Х. Ашабоков, А.А. Коготыжев, А.З. Хавпачев // Материалы IV Межвузовской научно-практической конференции сотрудников, студентов и магистрантов аграрных вузов Северо-Кавказского Федерального Округа (29 – 30 апреля 2015 г.)- Нальчик, 2015.- С. 18-20.

17. Ашабоков, Х.Х. Организация основной и предпосевной подготовки почвы при возделывании озимой пшеницы / Х.Х. Ашабоков, А.Р. Мурзаканов, Р.А. Каширгов // Материалы VI Межвузовской научно-практической конференции сотрудников и обучающихся аграрных вузов СКФО «Инновации в агропромышленном комплексе», посвященной 100-летию со дня рождения профессора З.Х. Шауцукова (21-22 апреля 2017 г., г. Нальчик).- Нальчик: КБГАУ, 2017.- С. 20-23.

18. Ашабоков, Х.Х. Комбинированные пахотные агрегаты и пути их совершенствования / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев // Материалы Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы и инновационные технологии в отраслях АПК», посвященной 35-летию Кабардино-Балкарского ГАУ.- Нальчик: Кабардино-Балкарский ГАУ, 2016.- С. 21-25.

19. Ашабоков, Х.Х. Разработка агрегата для предпосевной подготовки почвы / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев // Современные научные исследования и разработки.- 2017.- № 4 (12).- С. 363-365.

20. Ашабоков, Х.Х. Обоснование конструктивно-технологической схемы комбинированного пахотного агрегата / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев // Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции «Последние тенденции в области науки и

образования» (Recent developments in the field of science and education).- Душанбе: Nəşriyyat «Vüsət», 2017.- С. 35-40.

21. Ашабоков, Х.Х. Тяговое сопротивление комбинированного пахотного агрегата / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев // Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции «Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации» » (Modern scientific research: current issues, achievements and innovations). – Кишинев: Editura «Liceul», 2017. – С. 9-12.

22. Ашабоков, Х.Х. Исследование взаимодействия рабочего органа комбинированного пахотного агрегата с почвой / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев // Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции «Вопросы науки и образования: теоретические и практические аспекты» (Issues of science and education: theoretical and practical aspects).- Прага: Vydavatel «Osvícení», 2017.- С. 85-88.

23. Ашабоков, Х.Х. Влияние уплотнения почвы на ее агрофизические свойства и урожай сельскохозяйственных культур / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев // Международной (заочной) научно-практической конференции «Актуальные вопросы современных научных исследований» (Topical issues of modern scientific research).- Минск: Выдавецтва «Навуковы свет», 2017.- С. 81-84.

24. Ашабоков, Х.Х. Анализ почвозащитных систем обработки почвы / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев // Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития науки и образования в XXI веке» (Problems and prospects of development of science and education in the twenty-first century).- София: Издателска Къща «СОРОС», 2017.- С. 74-77.

25. Ашабоков, Х.Х. Расчет мощности на привод рабочего органа комбинированного пахотного агрегата / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев // Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции «Инновационное развитие современной науки: проблемы и

перспективы» (Innovative development of modern science: problems and prospects).- Астана: Баспасы «Академия», 2017.- С. 23-27.

26. Ашабоков, Х.Х. Анализ особенностей технологического процесса основной обработки почвы / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев // Международной (заочной) научно-практической конференции «Теоретические и практические аспекты научных исследований» (Theoretical and practical aspects of research).- София: Издателска Къща «СОРОС», 2017.- С. 41-44.

27. Ашабоков, Х.Х. Агроэкологическое обоснование влагоресурсосберегающей технологии обработки почвы в Кабардино-Балкарской республике / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов, Л.З. Шекихачева // Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции «Инновационное развитие современной науки: проблемы и перспективы» (Innovative development of modern science: problems and prospects). – Астана: Баспасы «Академия», 2017. – С.48-51.

28. Ашабоков, Х.Х. Повышение эффективности предпосевной подготовки почвы / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов, Л.З. Шекихачева// Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции «Достижения современной науки: от теории к практике» (Achievements of modern science: from theory to practice). – Минск: Выдавецтва «Навуковы свет», 2017. – С.78-81.

29. Ашабоков, Х.Х. Технологическое и техническое обеспечение предпосевной подготовки почвы / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов, Л.З. Шекихачева // Материалы Международной (заочной) научно-практической конференции «Инновации в современной науке» (Innovations in modern science).- Прага: Vydavatel «Osvícení», 2017. – С.133-136.

30. Ашабоков, Х.Х. Эффективность использования комбинированных пахотных агрегатов / Х.Х. Ашабоков, Л.М. Хажметов // Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 75-летию окончания Сталинградской битвы «Мировые научно-технологические

тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий» (31 января – 02 февраля 2018 г). Том 2 - Волгоград, 2018. – С. 298-302.

31. А.С. СССР № 248363, МПК А01В17/00. Плуг / И.М. Панов, В.А. Шмонин [и др.] №1210096/30-15; заявл. 08.01.1968; опубл. 10.07.1969. Бюл. №23.

32. А.С. СССР №1780602 А1, МПК А01В17/00. Лемешно-роторный плуг / Б. Г. Гордиенко, А. В. Дмитриев, А. М. Бруслев; заявитель и патентообладатель научно-производственное объединение «Нива Ставрополя» №4824954/15; заявл. 14.05.1990; опубл. 15.12.1992. Бюл. №46.

33. Байбулатов, Т. С. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат / Т. С. Байбулатов // Наука – агропромышленному производству: каталог научно-технических разработок, предлагаемых для освоения в агропромышленном производстве республики Дагестан. – Махачкала: Минсельхоз РД, 2006.– С.46.

34. Байбулатов, Т. С. Исследования дисковой и ножевой борон при предпосевной обработке почвы с внесением гербицидов / Т. С. Байбулатов, О. К. Мухуев, Ш. М. Маазов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. -№ 12. – С. 16-17.

35. Байбулатов, Т. С. Ротационная ножевая борона / Т. С. Байбулатов, М. П. Золотарев, О. К. Мухуев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 12. – С. 20-21

36. Бахтин, П.У. Исследование физико–механических и технологических свойств основных типов почв СССР / П.У. Бахтин. – М.: Колос, 1969. – 271 с.

37. Беляев, В.И. Ресурсосберегающие технологии возделывания зерновых культур в Алтайском крае: монография / В.И. Беляев, В.В. Вольнов. – Барнаул: Алт.ГАУ, 2010. – 178 с.

38. Бледных, В.В. Совершенствование рабочих органов почвообрабатывающих машин на основе математического моделирования

технологических процессов / В.В. Бледных // Автореферат дис. ... д-ра техн. наук. – Ленинград, 1989. – 38с.

39. Босой, Е.С. Теория, конструкция и расчёт сельскохозяйственных машин / Е.С. Босой, О.В. Верняев, И.И. Смирнов, Е.Г. Султан–Шах; под. ред. Е.С. Босого. 2–е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1977. – 568 с.

40. Вадюнина, А.Ф. Методы исследования физических свойств почвы / А.Ф. Вадюнина, З.А. Корчагина. – М.: Агропромиздат, 1986. – 214 с.

41. Васильев, А.М. Основы современной методики и техники лабораторных определений физических свойств грунтов / А.М. Васильев.– М.: Машстройиздат, 1959. – С. 35–48.

42. Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. В. Веденяпин. – М.: Колос, 1973. – 426 с.

43. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей. / Е. С. Вентцель. – М.: Наука, 1964. – 572 с.

44. Вилде, А.А. Комбинированные почвообрабатывающие машины / А.А. Вилде, А.Х. Цесниекс, Ю.П. Моритис и др. – Л.: Агропромиздат. Ленинград. отд-ние, 1986. – 128 с.

45. Виньков, А.С. Обзор сельскохозяйственного машиностроения / А.С. Виньков // Эксперт. – 2002. – № 31. – С. 57–64.

46. Вишняков, А.А. Многофункциональная почвообрабатывающе-посевная машина / А.А. Вишняков. – Красноярск, 2004. – 202с.

47. Вольф, В.Г. Статистическая обработка опытных данных / В.Г. Вольф. – М.: Колос, 1967. – 230 с.

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

49. Гайфуллин, Г.З. Механико-технологические основы разработки и совершенствования рабочих органов машин для почвозащитного земледелия / Гаяз Закирович Гайфуллин: автореф. дисс... д-ра техн. наук: 05.20.01 – Челябинск, 2003. – 40 с.

50. Гильштейн, П.М. Почвообрабатывающие машины и агрегаты / П.М. Гильштейн. – М.: Машиностроение, 1969. – 192с.
51. Гоберман, В.А. Технология научных исследований методы, модели, оценки / В.А. Гоберман, Л.А. Гоберман. – М., 2002. – 96 с.
52. Горшенин, В.И. К обоснованию траектории полёта частицы почвы при сходе с ножа ротационного щелевателя / В.И. Горшенин, А.В. Алёхин // Вестник Московского государственного агроинженерного университета имени В.П. Горячкина.– 2009.– №1.– С. 44–46.
53. Горячкин, В.П. Собрание сочинений: в 6 т. / В.П. Горячкин. – М.: Колос, 1965.– Т. I – 720 с.; Т. II – 459 с.; Т. III – 384 с.; Т. IV – 512 с.; Т. V – 569 с.; Т. VI – 500 с.
54. ГОСТ 20915-2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний –М.: Стандартинформ, 2013. – 28 с.
55. ГОСТ Р 53056-2008 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М. : Стандартинформ, 2009. – 23 с.
56. ГОСТ 26244-84 Обработка почвы предпосевная. Требования к качеству и методы определения. – М.: Издательство стандартов, 1984 – 7 с
57. Далин, А.Д. Обоснование формы рабочих органов ротационных почвообрабатывающих машин / Александр Дмитриевич Далин: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01. – М.: ВИМЭСХ, 1941. – 366 с.
58. Добышев, А.С. Комбинированный агрегат для основной и предпосадочной обработки почвы А.С. Добышев // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – №12. – С.52.
59. Докин, Б.Д. Обоснование параметров и режимов работы пропашных фрез / Б.Д. Докин // Материалы НТС ВИСХОМ, вып. 20. – М., 1965. – С. 38-40
60. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – 5–е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1985. – 416 с.

61. Дробот В.А. Обоснование параметров горизонтального дискового рабочего органа / В.А. Дробот // Сельский механизатор. – 2015. – № 3. – С. 14-15.
62. Ершов, Н.Т. Тенденции развития комбинированных посевных агрегатов и их рабочих органов / Н.Т. Ершов. – М.: Госкомсельхозтехника, ЦНИИТЭИ, 1984. – 28с.
63. Жалнин, Э.В. Методологические аспекты механизации производства зерна в России / Э.В. Жалнин. – М.: Полиграфсервис, 2012. – 368с.
64. Желиговский, В.А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов / В.А. Желиговский. – Тбилиси: Грузинский СХМ, 1970. – 148с.
65. Жук, А.Ф. Изыскание типа и обоснование параметров комбинированных рабочих органов для предпосевной обработки почвы / Алексей Феодосьевич Жук: автореф. дисс...канд.техн. наук: 05.20.01 – М.1978. – 23с.
66. Жук, А.Ф. Эффективность комбинированных агрегатов / А.Ф. Жук // Сельский механизатор. – 2005. – №10. – С. 12–13.
67. Камбулов, С.И. Механико-технологические основы повышения уровня функционирования сельскохозяйственных агрегатов / С.И. Камбулов. – Ростов-на-Дону: «Терра-ПринТ», 2006. – 304с.
68. Камбулов, С.И. Снижение энергоемкости процесса почвообработки / С.И. Камбулов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – №1. – С.32-34.
69. Канаев, Н.Ф. Роторный (фрезерный) культиватор для каменистых почв с обратным направлением вращения / Ф.М. Канаев // Материалы НТС ВИСХОМ, вып. 20. – М., 1965. – С. 84-88.
70. Каноков, Т.Б. Параметры и режимы работы комбинированного почвообрабатывающего агрегата / Тимур Борисович Каноков: автореф. дисс...канд. техн. наук: 05.20.01. – Нальчик, 2007. – 23с.

71. Карпенко, А.Н. Сельскохозяйственные машины / А.Н. Карпенко, В.М. Халанский.– М.: Колос, 1983. – 495 с.
72. Катков, П.И. Обоснование параметров и разработка рабочих органов плуга с активными отвалами / П.И. Катков. // Автореф. дисс....канд. техн. наук. – М, 2008. – 19с.
73. Качинский, Н.А. Физика почв / Н.А. Качинский. – М.: Высшая школа, 1965. – 323 с.
74. Каштанов, А.Н. Агроэкология почв склонов / А.Н. Каштанов, В.Е. Явтушенко. – М.: Колос, 1997. – 240с.
75. Клёнин, Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Клёнин, С.Н. Киселев, А.Г. Левшин. – М.: Колос, 2008. – 816с.
76. Ковалев, С.Н. Вычислительная техника в инженерных и экономических расчетах / С.Н. Ковалев. – М., 1979. – 129 с.
77. Краснощеков, Н.В. Концепция развития технологии и техники для обработки почвы на период до 2010г. / Н.В. Краснощеков, Л.С. Орсики, И.В. Крюков. – М: ВИМ, 2002. – 102с.
78. Краснощеков, Н.В. Механика почвозащитного земледелия / Н.В. Краснощеков. – Новосибирск: Наука, 1984. – 200с.
79. Круг, Г.К. Статистические методы в инженерных исследованиях / Г.К. Круг. – М.: Высшая школа, 1983. – 216 с.
80. Кузнецов, Ю. Н. Изыскание рабочих органов для предпосевной обработки почвы / Ю.Н. Кузнецов // Труды ВИМ, Т. 61. – М.,1975. – С. 265-281.
81. Купряшкин, В.Ф. Повышение эффективности функционирования самоходной малогабаритной почвообрабатывающей фрезы оптимизацией конструктивно-технологических параметров (на примере фрезы ФС-0,85) / Владимир Федорович Купряшкин: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 05.20.01. – Саранск, 2011. – 20 с.
82. Купряшкин, В.Ф. Энергоемкость фрезерования почвы малогабаритными фрезами с приводными колесами / В.Ф. Купряшкин, Н.И.

Наумов, М.И. Чаткин // Тракторы и сельхозмашины. – М., 2013. - № 8. – С. 39-41.

83. Лобачевский, Я.П. Технологии и технические средства для гладкой вспашки: учебное пособие для студентов вузов / Я.П. Лобачевский. – М.: Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина, 2001. – 98с.

84. Лобачевский, Я.П. Современное состояние и тенденции развития почвообрабатывающих машин / Я.П. Лобачевский, Л.М. Колчина. – М.:ФГНУ «Росинформагротех», 2005. – 113с.

85. Любимов, А.И. Резервы интенсификации технологии, машины для интенсификации основной обработки почвы / А.И. Любимов, Р.С. Рахимов. – Челябинск, 1987. – 20с.

86. Лямец, В.И. Системный анализ / В.И. Лямец, А.Д. Тевяшев. – Харьков, 1998 – 252 с.

87. Мазитов, Н.К. Ресурсосберегающие почвообрабатывающие машины. – Казань, 2003. – 455с.

88. Мазитов, Н.К. Многофункциональные блочно-модульные культиваторы / Н.К. Мазитов. – М: Изд-во «Агрообразование», 2004. –141с.

89. Макаров, И.П. Ресурсосберегающие системы обработки почвы / И.П. Макарова. – М.: Агропромиздат, 1990. – 242 с.

90. Матюшин, Ю.И. Расчет и проектирование ротационных почвообрабатывающих машин / Ю.И. Матюшин, И.М. Гринчук, Г.М. Егоров. – М.: Агропроиздат, 1988. – 176с.

91. Медведев, В.И. Основы проектирования и расчета машинных агрегатов с рабочими органами-двигателями / В.И. Медведев: Автореф. дисс.... д-ра техн. наук. – Саратов, 1977. – 32с.

92. Мельников, С.В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рошин – Л.: Колос, 1972. – 199 с.

93. Методика выбора и оптимизации контролируемых параметров технологических процессов (РДМУ 109–77). – М.: Изд. стандартов, 1978. – 122 с.
94. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Ч. 1. – М., 1998. – 217 с.
95. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники. Ч. 2: Нормативно–справочный материал. – М., 1998. – 251 с.
96. Методические указания по статистической обработке экспериментальных данных в мелиорации и почвоведении / Э. А. Бишоф и др. – Л.: СКНИИГиМ, 1977. – 275 с.
97. Несмиян, А.Ю. Машинно-технологическое обоснование процессов обработки почвы и посева пропашных культур в условиях дефицита влаги / А.Ю. Несмиян: дисс. ... доктора технических наук: 05.20.01. - Зеленоград, 2017. - 40 с.
98. Оськин, С.В. Имитационное моделирование при формировании эффективных комплексов почвообрабатывающих агрегатов – еще один шаг к точному земледелию: монография / С.В. Оськин, Б.Ф. Тарасенко. – Краснодар: КубГАУ, 2014. – 290 с.
99. Панов, И.М. Механико-технологические основы расчета и проектирования почвообрабатывающих машин с ротационными рабочими органами / Иван Михайлович Панов: автореф. дисс....д-ра техн. наук: 05.20.01. – М, 1983. – 36с.
100. Пат. 2075912 Российская Федерация, МПК А01В15/08. Плужный корпус / П.В. Мишин, С.Г. Михайлов [и др.]; заявитель и патентообладатель Чувашский сельскохозяйственный институт; заявл. 28.06.1993; опубл. 27.03.1997. Бюл. №9.
101. Пат. 4726 U Республика Белоруссия, МПК А01В3/00. Плуг с комбинированным рабочим органом / М.Д. Подскребко; заявитель и

патентообладатель М.Д. Поскрепко; заявл. 18.10.2007; опубл. 30.10.2008. Бюл. №33.

102. Пат. 2412570 Российская Федерация, МПК А01В15/00. Корпус плуга / А.В. Павлушин, В.А. Богатов[и др.]; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Ульяновская госуниверситетская сельскохозяйственная академия; заявл. 22.09.2009; опубл. 27.02.2011. Бюл. №6.

103. Пат.2311008 Российская Федерация, МПК А01В17/00. Плуг навесной с активным отвалом / Н.Г. Березин, И.Ю. Измайлов, П.И. Катков [и др.]; заявитель и патентообладатель ГНУ ВИМ №2006118670/12; заявл. 29.05.2006; опубл. 27.11.2007. Бюл. №33.

104. Пат. 61074 Российская Федерация, МПК А01В49/02. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат / Б.Х. Жеруков, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев, Т.Б. Коноков [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия; № 2006136290/22; заявл. 12.10.2006; опубл. 27.02.2007. Бюл. №6.

105. Пат. 125014 Российская Федерация, МПК А01В49/02. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат / Б.Х. Жеруков, Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев, А.Н. Эркенов [и др.]; заявитель и патентообладатель ФГОУ ВПО Кабардино-Балкарская государственная сельскохозяйственная академия; № 2012117454/22; заявл. 26.04.2012; опубл. 27.02.2013. Бюл. №3.

106. Пат. 168218 Российская Федерация, МПК⁷ А 01 В 49/02. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат / Апажев А.К., Хажметов Л.М., Шекихачев Ю.А., Ашабоков Х.Х. и др.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ.– №2016125675; заявл. 27.06.16; опубл. 24.01.2017, Бюл. №3. – 2 с. : ил.

107. Полтавцев, И.С. Фрезерные каналокопатели / И.С. Полтавцев. – Киев: Машгиз, 1954. – 130 с.

108. Попов, Г.Ф. Исследование технологических режимов и обоснование конструктивных параметров рабочих органов пропашных фрезерных культиваторов: автореф. дис. ... канд. техн. наук.: 20.01.05 / Г.Ф. Попов. – М., 1970. – 27 с.

109. Почвоведение. – М.: Колос, 1972. – 346 с.

110. Почвообрабатывающий и посевной комплекс для энерго-, ресурсосберегающего производства продукции растениеводства. – М.: Столичная типография, 2008. – 120с.

111. Рамазанова, Г.Г. Обоснование профиля рабочей поверхности ножа фрезы для обработки почвы / Г.Г. Рамазанова, М.И. Белов, П.И. Гаджиев // Техника и оборудование для села. – 2016. - №2. – С.32-37.

112. Руденко, Н.Е. Что лучше раскрошит комок почвы? / Н.Е. Руденко, Е.В. Кулаев, А.П. Ляхов // Сельский механизатор. – 2008. – № 5. – С.25-26.

113. Саленков, С.Н. Современные энергосберегающие технологии в растениеводстве / С.Н. Саленков // Информ. бюл. МСХ РФ. – 2001. – №7.– С. 28–32.

114. Сидоров, С.А. Методика расчета рабочих органов почвообрабатывающих машин на прочность / С.А. Сидоров // Тракторы и сельхозмашины. – 2008. – №13. – С. 38–40.

115. Синеоков, Г.Н. Теория расчета почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И. М. Панов.– М.: Машиностроение, 1979.– 332 с.

116. Старовойтов, С.И. Плуг с колеблющимся режущим контуром и прутковым отвалом / С.И. Старовойтов, К.А. Храмовских, Р.Н. Довыденко // Сельский механизатор. – 2016. – № 10. – С. 6-7.

117. Старовойтов, С.И. Горизонтальная составляющая тягового сопротивления плужного корпуса / С.И. Старовойтов // В сборнике: Доклады ТСХА Материалы международной научной конференции. – 2018. – С. 138-141.

118. СТО АИСТ 10 4.6–2003 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения. Общие требования. – М.: Минсельхоз России, 2003. – 19 с.

119. СТО АИСТ 10 4.6-2003 Технический кодекс установившейся практики. Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения. Общие требования. – Новокубанск, : ФГНУ «РосНИИТиМ» : Изд-во РосНИИТиМ, 2004.– 27 с.

120. СТО АИСТ 4.2–2004 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей. – М.: Минсельхоз России, 2004. – 36 с.

121. СТО АИСТ 4.2-2010. Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы. Методы оценки функционирования показателей. – М., 2012. – 40с.

122. СТО АИСТ 4.6-2010 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины почвообрабатывающие. Показатели назначения. Общие требования. – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2011. – 27 с.

123. Тарасенко, Б.Ф. Инновационные комплексы машин для эколого-мелиоративных технологий обработки почвы при возделывании зерновых-колосовых культур / Б.Ф. Тарасенко, С.В. Оськин, В.А. Дробот, В.В. Цыбулевский // Чрезвычайные ситуации: промышленная и экологическая безопасность. – 2018. – № 4 (36). – С. 51-59.

124. Тарасенко, Б.Ф. Устройство для предпосевной обработки почвы / Б.Ф. Тарасенко, В.А. Дробот, А.Ю.Х. Мохаммед // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2018. № 138. С. 18-36.

125. Тарасенко, Б. Ф. Оптимизации количества и состава почвообрабатывающих агрегатов / С.В. Оськин, Б.Ф. Тарасенко // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2015. – №2. – С.25-27.

126. Трубилин, Е.И. Многомашинные агрегаты для основной обработки почвы / Е.И. Трубилин, В.И. Масловский, В.А. Дробот, А.С.

Брусенцов, В.В. Юриков // Техника и оборудование для села. – 2017. – № 12. – С. 10-15.

127. Федоренко, В.Ф. Повышение ресурсоэффективности агропромышленного комплекса / В.Ф. Федоренко. – М.: Росинформагротех, 2014. – 283 с.

128. Финни, Д. Введение в теорию планирования экспериментов / Д. Финни. – М.: Наука, 1970. – 287 с.

129. Фортуна, В.И. Технология механизированных сельскохозяйственных работ / В.И. Фортуна, С.К. Миронюк. – М.: Агропромиздат, 1986. – 304 с.

130. Трубилин, Е.И. Анализ обработки сухих плотных почв лемешно-отвальными плугами / Е.И. Трубилин, М. Сидаренко // Труды КГАУ. – Краснодар. – 1991. – Вып.318(346). – С. 15-20

131. Трубилин, Е.И. Расчет режимов работы почвообрабатывающей фрезы с вертикальным ротором / Е.И. Трубилин // Труды КСХИ. – Краснодар. – 1979. – Вып. 73(210). – С. 15-25.

132. Трубилин, Е.И. Расчет геометрической формы лезвия ножа фрезы с вертикальным ротором / Е.И. Трубилин // Труды КСХИ. – Краснодар. – 1980. – Вып. 188 (216). – С. 34-46.

133. Трубилин, Е.И. Результаты анализа сил, действующих на рабочий орган ротационного культиватора с вертикальной осью вращения / Е.И. Трубилин // Труды КСХИ. – Краснодар. – 1985. – Вып. 256 (284). – С. 14-21.

134. Хажметов, Л.М. Комбинированный агрегат для предпосевной подготовки почв и оптимизация параметров / Л.М. Хажметов, Ю.А. Шекихачев, М.Х. Аушев // Символ науки. – 2015. – № 7–1 (7). – С. 52–54.

135. Халанский, В.М. Сельскохозяйственные машины: учеб. пособие / В.М. Халанский, И.В. Горбачев. – М.: Колосс 2006. – 624с.

136. Хорольский, В.Я. Технико-экономическое обоснование дипломных проектов / В.Я. Хорольский, М.А. Таранов, Д.В. Петров. – Ростов-на-Дону: Терра, 2004. – 167с.

137. Чаткин, М.Н. Повышение эффективности функционирования комбинированных почвообрабатывающих машин с ротационными активными рабочими органами / Михаил Николаевич Чаткин: автореф. дисс. ... д-ра техн. наук : 05.20.01. – Саранск, 2008. – 40с.

138. Шмонин, В.А. Исследование работы и обоснование параметров комбинированных плужных корпусов / Владимир Алексеевич Шмонин: автореф. дисс....канд. техн. наук: 05.185. – М., 1970. – 23с.

139. Щириков, В.Н. Анализ комбинированных пахотных агрегатов для совмещения основной и дополнительной обработки почвы / В.Н. Щириков // В сборнике: Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения Сборник статей 9-й международной научно-практической конференции в рамках 19-й международной агропромышленной выставки "Интерагромаш-2016". – 2016. – С. 64-68.

140. Щириков, В.Н. Оценка энергетических и агротехнологических показателей глубокорыхлителя с использованием обобщённого показателя эффективности / В.Н. Щириков, Г.Г. Пархоменко // Вестник аграрной науки Дона. – 2014. – Т. 1. – № 25. – С. 4-10..

141. Эркенов, А.Н. Агротехническая эффективность комбинированного пахотного агрегата с активным рабочим органом / А.Н. Эркенов, Ю.А. Шехихачев, Л.М. Хажметов [и др.] // Политематический научный журнал КубГАУ.– Краснодар, 2012.– №76/02.– Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/02/pdf/89.pdf>.

142. Яцук, Е.П. Ротационные почвообрабатывающие машины / Е.П. Яцук, И.М. Панов, Д.Н. Ефимов.– М.: Машиностроение, 1971.– 255 с.

143. Lusas, E.W. Practical Handbook of Soybean Processing and Utilization / E.W. Lusas, K.C. Rhee. – New–York, 1995. – 97 p.

144. Panasyuk, A.N. The theoretical justification of the scheme of arrangement for the working bodies of the cultivator tillage midwater / A.N. Panasyuk, G.I. Orehov // Farm machinery. (China). – 2013. – № 3. – P. 135–137.

145. Schoen, H. Die Landwirtschaft: Lehrbuch fuer Landwirtschaftsschuhlen / H. Schoen // Landtechnik, Bauwesen. – Muenchen: BLV-Verl. – Ges., 1998. – 576S.

146. Zhao, Y. Tractor power requirement of no-tillage seeder under different cover crop residue management / Y. Zhao // Japanese Journal of Farm Work Research. – 2010. – № 45(1). P. 37–44.

147. Wiegand H., Illgner K.H. Haltbarkeit von Schraubenverbindungen mit ISO – Geuideprofil. Konstruktion.– 1967.– №3.– S. 81–91.

148. Kyul, E.V. Influence of Anthropogenic Activity on Transformation of Landscapes by Natural Hazards / E.V. Kyul, A.K. Apazhev, A.B. Kudzaev, N.A. Borisovf // Indian Journal of Ecology.– 2017.– Vol. 44 (№2).– P. 239-243.

149. Barker, N.A. Biological formation of methane / N.A. Barker // Bacterial fermentations. – New York, 1956. – P. 1–95

150. Bousfield, S. A note on anaerobic digestion of cattle and poultry wastes / S. Bousfield, P. Hobson, R. Summers // Agr. Wastes. – 1979. – Vol.1. – No.2. – P.161–164.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

**ПАТЕНТ**

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 168218

**КОМБИНИРОВАННЫЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИЙ
АГРЕГАТ**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова (ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ) (RU)*

Авторы: *см. на обороте*

Заявка № 2016125675

Приоритет полезной модели 27 июня 2016 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных моделей Российской Федерации 24 января 2017 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 27 июня 2026 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Излиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU**⁽¹¹⁾ **168 218**⁽¹³⁾ **U1**(51) МПК
A01B 49/02 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**(12) ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

(21)(22) Заявка: 2016125675, 27.06.2016

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
27.06.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 27.06.2016

(45) Опубликовано: 24.01.2017 Бюл. № 3

Адрес для переписки:

360030, г. Нальчик, пр. Ленина, 1в, Кабардино-
Балкарский ГАУ, НИС, Дударовой Ф.Т.

(72) Автор(ы):

Апажев Аслан Каральбиевич (RU),
Хажметов Луан Мухажевич (RU),
Шекихачев Юрий Ахметханович (RU),
Ашибокоев Джагафар Умарович (RU),
Ашабоков Хачим Хазраилович (RU),
Полищук Евгений Александрович (RU),
Хажметова Алина Лиуановна (RU),
Фоменко Сергей Александрович (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 125014 U1, 27.02.2013. RU
61074 U1, 27.02.2007. RU 145911 U1,
27.09.2014. RU 2301512 C1, 27.06.2007.**(54) КОМБИНИРОВАННЫЙ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИЙ АГРЕГАТ****(57) Формула полезной модели**

1. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат, содержащий плуг, раму, навеску и измельчитель, снабженный механизмом привода, отличающийся тем, что измельчитель выполнен в виде цилиндрического барабана с вырезами на его поверхности, образующими секции измельчителя, жестко соединенные между собой и расположенные с шагом 35 см относительно друг друга, при этом на цилиндрической поверхности секции измельчителя жестко установлены три режущих и три ударных ножа, причем режущие ножи изготовлены из рессорной стали длиной 30 см, а ударные ножи выполнены из металлических прутков длиной 30 см и размещены относительно друг друга под углом 70°, при этом секции измельчителя жестко соединены с валом, выходные концы которого установлены на раме с возможностью вращения по часовой стрелке вокруг своей оси, а рама прикреплена к несущей балке, которая соединена с рамой плуга с возможностью перемещения в горизонтальной плоскости, при этом измельчитель установлен на раме с возможностью регулирования глубины вхождения режущих и ударных ножей в почву и снабжен механизмом привода от ВОМ трактора.

2. Агрегат по п. 1, отличающийся тем, что механизм привода с передаточным

RU 168218 U1

СОГЛАСОВАНО

Генеральный директор
ООО НП «Шэджем»,
Чегемский район, КБР
А.Н. Шаваев
2019г.

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по НИР ФГБОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ
доц. А.К. Езаов
«29» 08 2019г.

**АКТ**



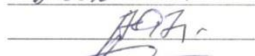


**использования результатов научно-исследовательских,
опытно-конструкторских и технологических работ**

Мы, нижеподписавшиеся, представители ФБГОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ к.т.н., доцент Апажев А.К., д.т.н., профессор Шекихачев Ю.А., д.т.н., профессор Хажметов Л.М., к.т.н., доцент Фиापшев А.Г., аспирант Ашабоков Х.Х. с одной стороны, и представитель ООО НП «Шэджем» гл. инженер Шаваев А.Н., с другой стороны, составили настоящий акт в том, что в результате проведения научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ по теме «Разработка и исследование пахотно-фрезерного агрегата» на полях ООО НП «Шэджем» Чегемского района КБР внедрен пахотно-фрезерного агрегат.


В результате полевых испытаний установлено, что применение пахотно-фрезерного агрегата обеспечило снижение плотности почвы в горизонте 0...10 см на 12,6...14,8% и увеличение ее пористости на 24,5...26,1%.

Применение пахотно-фрезерного агрегата в технологическом процессе предпосевной подготовки почв позволит получить чистый дисконтированный доход за период эксплуатации (5 лет) в размере 1986,62 тыс. руб. на площади 50 га, снизить себестоимость работ в 1,8 раза и окупить инвестиции за 1,1 года.

Представители ФБГОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ

 Апажев А.К.
 Шекихачев Ю.А.
 Хажметов Л.М.
 Фиापшев А.Г.
 Ашабоков Х.Х.

Представитель
ООО НП «Шэджем»

 А.Н. Шаваев

УТВЕРЖДАЮ
 Директор УПК ФГБОУ ВО
 Кабардино-Балкарский ГАУ
 К.Г. Магомедов
 05 2016г.

УТВЕРЖДАЮ
 Проректор по НИР ФГБОУ ВО
 Кабардино-Балкарский ГАУ
 доц. А.К. Езаов
 2016г.

АКТ

об изготовлении и испытании пахотно-фрезерного агрегата

Настоящим актом подтверждается, что в 2016 году в учебно-производственном комплексе ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет им. В.М. Кокова» был изготовлен и проведены производственные испытания пахотно-фрезерного агрегата, разработанного аспирантом кафедры «Техническая механика и физика» Ашабоковым Хачимом Хазраиловичем под научным руководством кандидата технических наук, доцента кафедры «Техническая механика и физика» Апажева А.К.

Установлено, что разработанный пахотно-фрезерный агрегат является эффективной почвообрабатывающей машиной, позволяющий совместить несколько технологических операций: вспашку с рыхлением (крошением) почвы, измельчением, заделкой растительных остатков с выравниванием поверхности почвы, отвечающий агротехническим требованиям и может быть использован в сельскохозяйственном производстве для подготовки почвы к посеву.

Доцент кафедры «Техническая
 механика и физика»
 Кабардино-Балкарского ГАУ к.т.н. А.К. Апажев

Аспирант кафедры «Техническая
 механика и физика»
 Кабардино-Балкарского ГАУ Х.Х. Ашабоков

«Утверждаю»
Проректор по учебной работе
ФГБОУ ВО Кабардино-Балкарский ГАУ
профессор Кудавев Р.Х.
«14» _____ 2019 г.



АКТ

об использовании в учебном процессе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный аграрный университет имени В.М. Кокова» результатов научно-исследовательской работы Ашабокова Х.Х.

Комиссия в составе: председателя – заведующего кафедрой «Механизация сельского хозяйства», к.т.н., доцента В.Х. Мишхожева; членов комиссии – профессора кафедры «Механизация сельского хозяйства», к.т.н. А.Ш. Тешева, профессора кафедры «Механизация сельского хозяйства», д.т.н. Т.Х. Пазовой, рассмотрела результаты научно-исследовательской работы Ашабокова Х.Х., выполненной на тему «Параметры и режимы работы пахотно-фрезерного агрегата» и возможность их использования в учебном процессе.

Комиссия установила, что результаты научно-исследовательской работы Ашабокова Х.Х. могут быть использованы при изучении дисциплины «Энергосберегающие технологии в АПК» при подготовке магистров по направлению 35.04.06 Агроинженерия на факультете «Механизация и энергообеспечение предприятий».

Комиссия считает, что включенные в дисциплину «Энергосберегающие технологии в АПК» материалы научно-исследовательской работы Ашабокова Х.Х. соответствуют требованиям федерального 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»

УДК631.452; 631.474
№ госрегистрации
№ АААА-А17-117120620151-1

«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор ФГБОУ ВО
Кабардино-Балкарский ГАУ
доцент А.К. Апажев
«29» 12 2017г.



ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ
по заказу Министерства сельского хозяйства России
за счет средств федерального бюджета на 2017 год

Тема НИР:
«ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ И РАЗРАБОТКА МЕРОПРИЯТИЙ,
ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПОВЫШЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ
В УСЛОВИЯХ СКЛОНОВЫХ ЭРОДИРОВАННЫХ ЧЕРНОЗЕМНЫХ ПОЧВ
ЮГА РОССИИ»
(заключительный)

Руководитель темы Ю.А. Шекихачев Ю.А. Шекихачев

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Руководитель темы,
д-р техн. наук

Ю.А. Шекихачев

Исполнители темы:

канд. техн. наук

А.К. Апажев

д-р техн. наук

Л.М. Хажметов

д-р с.-х. наук

Р.Х. Кудаев

д-р техн. наук

В.Б. Дзуганов

д-р с.-х. наук

В.И. Кумахов

д-р с.-х. наук

А.М. Эльмесов

канд. техн. наук

В.Х. Мишхожев

канд. с.-х. наук

Е.Н. Диданова

канд. с.-х. наук

Л.З. Шекихачева

А.Л. Хажметова

Х.Х. Ашабоков

А.Х. Лукожева

М.Х. Маремкулова

Соисполнитель темы:

канд. с.-х. наук

С.М. Бесланеев,
ФГБУ «Станция
агрохимической
службы
«Кабардино-
Балкарская»











Исходные данные для расчета экономической эффективности пахотно-
фрезерного агрегата

Наименование показателей	Ед. измер	Об-озн.	Базовый комплекс машин		Новый комплекс машин	
			значение	основание	значение	основание
1	2	3	4	5	6	7
1. Площадь обработки	га	S	50	-	50	-
1. Состав агрегата			МТЗ-82+ПЛН-3-35; МТЗ-82+БДМ2,4-2; МТЗ-82+КПС-4У	Типовая технология	МТЗ-82+ПЛН-3-35+ Фрезерный рабочий орган	Новая технология
2. Розничная цена: -трактор МТЗ-82; -дисковая борона БДМ-2,4-2; -культиватор КПС-4У; -плуг ПЛН-3-35; -фрезерный рабочий орган	тыс. руб.	Ц _т Ц _б Ц _к Ц _{пл} Ц _{фро}	654 227,2 170 74 -	Прейскурант цен https://tiu.ru/Diskovaya-borona-bdm-24-2.html https://tiu.ru/Kultivator-kps-4.html https://tiu.ru/Plug-pln-3-35.html	654 - - 74 85	Прейскурант цен https://tiu.ru/Plug-pln-3-35.html
3. Удельный расход топлива: -МТЗ-82	кг кВт/ч	g	0,234	Каталог	0,234	Каталог
4. Производительность: -пахотного агрегата; -дисковой бороны; -культиватора	га/ч	W _п W _д W _к	до 0,7 до 3,6 до 4,8	Справочник	до 0,7 - -	Справочник
5. Продолжительность смены	ч	t	8	-	8	-
6. Часовая тарифная ставка -Техника-1раз.; -Техника-2раз.	руб/ч	T _{тр.}	105,38 94,08	ФОТ по Постановлению КМРТ №1056	105,38 94,08	ФОТ по Постановлению КМРТ №1056

Продолжение Приложения 12

1	2	3	4	5	6	7
7.Годовая загрузка: -трактора МТЗ-82; -дисковой бороны БДМ-2,4-2; -культиватора КПС-4У; -плуга ПЛН-3-35	ч.	Т _{г.з.}	1200 180 210 480	ГОСТ 23728-79... ГОСТ 23730-79, Приложения к ним	1200 - - 480	ГОСТ 23728-79... ГОСТ 23730-79, Приложения к ним
8.Норма амортиз. отчисл. на реновацию и ТР и ТО: -трактора МТЗ-82; -дисковой бороны БДМ-2,4-2; -культиватора КПС-4У; -плуга ПЛН-3-35	%	А _{тр} А _{дб} А _к А _п	9.1 и 9.9 14 и 7 12,5 и 12,5 14 и 12	https://refdb.ru/look/1804747-p3.html Нормы отчислений на ремонт, ТО и амортизацию сельхозтехники	9.1 и 9.9 - - 14 и 12	https://refdb.ru/look/1804747-p3.html Нормы отчислений на ремонт, ТО и амортизацию сельхозтехники
9..Стоимость 1кг топлива	руб.	Ц _т	46	Прейскурант цен	46	Прейскурант цен
10.Кол.обслуж. персонала	чел.	-	3	-	1	-
11.Коэф.использования рабочего времени смены	-	К	0,75	Методика ВИСХОМ	0,75	Методика ВИСХОМ
13.Реализовано продукции	т.	В	160	-	190	-
12.Цена реализации	руб./т	Ц _п	8000	-	8000	-
15.Нормативный коэф.окуп. капиталовлож. (по ставке рефинансиров.)	-	К _р	-	-	0,2	-
17.Норма доходности (банковская кредитная ставка)	%	Е	20	-	20	-
18.Годовой уровень инфляции	%	-	10	-	10	-