

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ЗАОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(ФГБОУ ВО РГАЗУ)

На правах рукописи



АЛЕКСЕЕВ АЛЕКСЕЙ ИГОРЕВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗЫ
ДЛЯ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ К ПОСАДКЕ КАРТОФЕЛЯ**

Специальность 05.20.01– Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Диссертация
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Гаджиев Парвиз Имранович

Москва 2021

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Состояние проблемы и основные задачи исследования.....	8
1.1 Современное состояние картофелеводства в России.....	8
1.2 Урожайность картофеля в зависимости от основной обработки почвы.....	12
1.3 Влияние наличия почвенных комков на качество работы картофелеуборочных комбайнов.....	18
1.4 Выбор конструктивных параметров машин для подготовки почвы.....	22
1.5 Рабочие органы и параметры почвообрабатывающих фрезерных машин.....	28
1.6 Способ крошения почвенных комков битерным барабаном перед посадкой картофеля.....	33
1.7 Выводы по главе 1.....	39
1.8 Цель и задачи исследования.....	39
2 Теоретическое обоснование крошения почвенных комков техническими средствами при предпосадочной подготовке почвы	41
2.1 Теоретические исследования рыхления почвенных комков для подготовки почвы под картофель	41
2.2 Обоснование основных конструктивно-технологических параметров фрезерного рабочего органа.....	49
2.3 Уравнение движения фрезерных ножей зубцеобразной формы.....	53
Выводы по главе 2.....	60
3 Программа и методика экспериментальных исследований.....	61
3.1 Программа экспериментальных исследований.....	61
3.2 Объекты и место проведения исследований.....	61
3.3 Планы проведения экспериментов и уровни варьирования исследуемых факторов.....	63
3.4 Методика исследования агротехнических показателей рыхления почвы.....	67

3.4.1 Методика определения влажности почвы.....	68
3.4.2 Методика определения глубины обработки и крошения почвы	70
3.5 Оценка погрешностей измерений в опытах.....	71
Выводы по главе 3.....	73
4 Результаты экспериментально-полевых исследований при возделывании картофеля.....	74
4.1 Агротехнические показатели фрезерования почвы с зубцеобразной формой ножа.....	74
4.2 Анализ результатов предпосадочной подготовки почвы к посадке картофеля.....	78
Выводы по главе 4.....	82
5 Экономическая эффективность модернизированной фрезы для предпосадочной подготовки почвы к посадке картофеля.....	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	89
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	91
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	110

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности для поддержания необходимого уровня обеспеченности Россия ежегодно должна получать не менее 26 млн. тонн картофеля [51].

Чтобы выполнить поставленные задачи, нужны современные технические средства для подготовки почвы под картофель.

Выпускаемые промышленностью сельскохозяйственная техника, почвообрабатывающие фрезы отличаются большим разнообразием конструкций и технических характеристик. Но они не всегда подходят для работы на почвах с влажностью от 15% до 30%. Комки с влажностью ниже 15% обладают наибольшей прочностью.

Все это приводит к снижению эффективности функционирования технических средств, применяемых на комковатых почвах при возделывании картофеля.

В связи с этим актуальность данного исследования заключается в повышении эффективности применения технических средств за счет обоснования выбора рациональных конструктивных параметров и режимов работы фрезы на комковатых почвах.

Степень разработанности темы. По тематике исследования диссертационной работы был проведен подробный анализ работ таких ученых как: Г.Д.Петров, К.А. Пшеченков, А.А. Сорокин, В.И. Славкин, В.И.Старовойтов, П.И. Гаджиев, Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.К. Рембалович, И.А. Успенский, М.Н. Чаткин, В.Ф. Купряшкин, И.А. Юхин и многие другие.

Огромное количество исследований было сделано в области подготовки почвы под картофель, однако вопрос качественного рыхления комковатых почв в зависимости от конструкции и режима работы почвообрабатывающих машин и ее эффективного функционирования остается недостаточно изученным.

Цель работы. Повышение качества обработки почвы за счет рационального выбора параметров фрезы к посадке картофеля.

Задачи исследования:

1. Разработать математическую зависимость крошения почвенных комков при предпосадочной подготовке почвы.
2. Обосновать и определить конструктивные параметры и профиль рабочей поверхности ножа, который в соответствии с агротехническими требованиями возделывания картофеля обеспечил бы свыше 90% рыхления почвы.
3. Провести экспериментальные исследования почвообрабатывающей фрезы с зубцеобразным профилем рабочей поверхности ножей.
4. Исследовать влияние разработанного зубцеобразного профиля рабочей поверхности ножа на качественные показатели работы картофелеуборочного комбайна.
5. Рассчитать экономическую эффективность результатов исследования.

Объектом исследования является почвофреза с горизонтальной осью вращения с зубцеобразным профилем рабочей поверхности ножа.

Предметом исследования является слой почвы, подлежащий обработке и процесс его рыхления с помощью почвофрезы.

Научная новизна исследования. Математическая зависимость рыхления почвенных комков зубцеобразной формой рабочей поверхности ножа, определяющая основные конструктивно-технологические параметры почвофрезы.

Теоретическая и практическая значимость.

По полученным результатам проведенных исследований были предложены более приемлемые технические решения, которые обеспечат снижение энергоемкости процесса рыхления комковатых почв фрезой с зубцеобразным профилем ножа на 15% и повышение урожайности картофеля на 20% в сравнении с участком, подготовленным с серийной почвообрабатывающей фрезой ФН-1,2.

В ходе исследования была подтверждена необходимость совершенствования технологии предпосадочной подготовки комковатых почв с использованием почвообрабатывающей фрезы с усовершенствованным

профилем рабочей поверхности ножа, обеспечивающей улучшение качества рыхления и повышение эффективности ее использования.

Результатами исследований научно-исследовательской работы обоснования зубцеобразного профиля рабочей поверхности ножа пользуются в ООО «Рязсельмаш» при разработке почвофрезы для сплошной обработки почвы; в ООО «Белая Дача Фарминг», расположенного в селе Татаново, Тамбовского района, Тамбовской области; ФГБОУ ВО МичГАУ и ФГБОУ ВО РГАЗУ как при научно-исследовательских работах, так и в учебном процессе на кафедре «Эксплуатация и технический сервис машин».

Методология и методы исследований. При исследовании взаимодействия рабочих органов почвообрабатывающей фрезы с зубцеобразным профилем ножа с почвенными комками и обосновании режимов его работы применялись методы земледельческой механики, аналитической геометрии, дифференциальных уравнений, оптимизации и др. При проведении расчетов и при построении экспериментальных графиков использовались программные продукты MS EXCEL, MathCAD, Statistica, Компас 3D. Также была использована теория планирования и анализа полнофакторного эксперимента при обработке результатов экспериментов.

Научные положения, выносимые на защиту:

1. Математическая модель рыхления почвенных комков зубцеобразной формой рабочей поверхности ножа фрезы, определяющая основные конструктивно-технологические параметры почвообрабатывающего рабочего органа.

2. Результаты исследования конструктивно-технологических параметров зубцеобразного профиля рабочей поверхности ножа.

3. Результаты определения энергоемкости фрезы с зубцеобразным профилем рабочей поверхности ножа.

4. Результаты сравнительных хозяйственных испытаний влияния почвообрабатывающей фрезы на работу картофелеуборочного комбайна.

5. Экономическая эффективность применения почвообрабатывающей фрезы с зубцеобразной формой рабочей поверхности ножа.

Степень достоверности и апробация работы. Основные положения исследований диссертации обсуждены на следующих международных научно-практических конференциях: Российского государственного аграрного заочного университета «Ресурсосберегающие и природоохранные технологии и системы» (Балашиха, 2017), «Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии и оборудование в АПК» (Балашиха, 2019), на кафедре «Эксплуатация и технический сервис машин» РГАЗУ, на X международной научно-практической конференции «Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК» («ИнформАгро-2018»), на международной научной конференции профессорско-преподавательского состава ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», посвященной 125-летию со дня рождения В.С. Немчинова.

Публикации. По результатам исследований диссертации было опубликовано 14 печатных работ, в том числе 5 статей в изданиях, рекомендованных ВАК РФ, получен 1 патент на полезную модель.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 116 страницах машинописного текста, включая 38 рисунков, 13 таблиц, состоит из введения, 5 глав, выводов и приложения. Список использованных литературных источников включает 172 наименования, в том числе на иностранных языках. В приложениях представлены: копия патента на полезную модель, акты ведущих организаций и хозяйственных испытаний.

1 Состояние проблемы и основные задачи исследования

1.1 Современное состояние картофелеводства в России

Картофель является одним из главных продовольственных аграрных культур, выращиваемых как в нашей стране, так и за рубежом. Картофель – клубненосное многолетнее травянистое растение.

Картофель относится к семейству пасленовых (*Solanaceae*), роду *Solanum*, самое широкое распространение получил вид – солянум туберозум (*Solanum tuberosum*).

В культуре картофель выращивают как однолетнее растение, так как весь жизненный цикл его проходит в один вегетационный период, начиная от прорастания клубня и кончая образованием и формированием зрелых клубней. Как всем известно, размножают картофель вегетативным путем – клубнями [25, 26, 44, 68, 159, 166, 167].

На территории России картофель выращивают повсеместно, однако основные его массивы расположены в Нечерноземном и в Центрально-Черноземном районах.

Поэтому не существует стандартной технологии, которую можно было бы применять во всех районах, где возделывается картофель. По этой причине урожайность картофеля в Российской Федерации колеблется от 12 т/га до 60 т/га. Таким образом, средняя урожайность картофеля в России не превышает 13 т/га. А в Нидерландах, в Германии, во Франции урожайность картофеля составляет от 40 т/га до 45 т/га.

В большинстве регионов нашей страны почвенно-климатические условия позволяют получать урожай картофеля на уровне 40 т/га и выше. Невзирая на это, урожайность картофеля по стране в целом не превышает 13 т/га. Из большого количества причин низкой урожайности картофеля можно отметить следующие: несортовые посадки, некачественный семенной материал, несоблюдение севооборотов, размещение картофеля по плохим предшественникам, недостаточный уровень механизации основных процессов, нарушение технологии возделывания и т.д.

В настоящее время в нашей стране и за рубежом широко

распространена новая технология подготовки почвы под посадку картофеля, разработаны современные технические средства его возделывания.

Анализируя проведенные исследования многих ученых и учитывая разнообразие почвенно-климатических условий регионов, можно сделать вывод о необходимости дифференцированного подхода к технологиям и технологическим приемам возделывания картофеля [1, 4, 6, 13, 16, 20, 22, 25, 44, 45, 46, 54, 56, 57, 68, 70, 83, 84, 128, 134, 138, 139, 140, 141, 143, 144, 150, 153].

Исследованием теоретических основ работы почвообрабатывающих машин, разработкой новых конструкций рабочих органов и совершенствованием технологий возделывания картофеля занимались многие ученые: М.И. Белов, Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Л.А. Вергейчик, Н.И. Верещагин, П.И. Гаджиев, А.П. Дорохов, А.А. Захарченко, В.В. Зубков, М.Н. Ерохин, Н.Н. Колчин, П.Л. Максимов, И.М. Панов, Г.Д. Петров, К.А. Пшеченков, В.И. Славкин, А.А. Сорокин, В.И. Старовойтов, М.Б. Угланов, И.А. Успенский, М.И. Чаткин и др. [2, 5, 8, 9, 19, 20, 29, 31, 54, 60, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 71, 75, 76, 77, 78, 88, 89, 91, 95, 96, 97, 99, 101, 105, 106, 107, 109, 110, 111, 115, 116, 131, 136, 137, 142, 146, 147, 151, 152, 154, 155, 156, 157, 158, 160, 162, 165, 166, 167, 168, 170].

Современные отечественные технологии возделывания картофеля подразумевают подготовку тяжелых почв перед посадкой картофеля. Этими технологиями предусматривается использование машин для подготовки почвы с активными комкоразрушающими рабочими органами или же почвообрабатывающие фрезы с различными формами ножа.

Таким образом, чтобы сделать фрезерование почвы очень эффективным как при обработке почвы перед посадкой, так и при уходе за посадками, необходимо обосновать рациональный выбор параметров рабочих органов машин и режимов их работы.

Несмотря на то, что картофель - культура не очень требовательная к плодородию почвы, наибольшие урожаи она дает при комплексном подходе к выращиванию культуры, создавая оптимальные условия для развития растения и формирования клубней. Корневая система картофеля очень

чувствительна к недостатку кислорода в почве, поэтому на хорошо окультуренных и аэрированных почвах его урожайность будет выше.

В Центральной России для возделывания картофеля на продовольственные цели пригодны хорошо аэрированные дерново-подзолистые, черноземные и серые лесные почвы. Широко используют также удобренные супесчаные и суглинистые черноземы. Для возделывания картофеля, особенно при выращивании его на семенные цели, используются окультуренные торфяники. Не пригодны сильно уплотняющиеся и избыточно увлажненные, тяжелосуглинистые и глинистые, песчаные почвы.

Разрыхленная почва необходима для лучшего развития столонов и молодых клубней, в уплотненной почве они вырастают сильно деформированными и мелкими [44].

Оптимальная плотность пахотного слоя почвы при возделывании картофеля на средних и тяжелых суглинках должна находиться в пределах $-1,0... 1,2 \text{ г/см}^3$, на легких песчаных и суглинистых – $1,3...1,5 \text{ г/см}^3$, скважность аэрации – 20–30 % от общего объема пор.

Оптимальные агрохимические показатели почвы для возделывания картофеля. Наилучшие условия для роста растений создаются при pH – 5...6, содержание гумуса – не менее 1,8%, активного фосфора и обменного калия – не менее 150 – 200 мг/кг почвы. При недостатке активного фосфора наблюдается задержка цветения и созревания растения, замедляется рост побегов, листья вырастают очень мелкими и узкими, с более темной окраской. Сравнительно хорошо картофель переносит слабокислые почвы, в особенности при внесении органических удобрений. На слабокислых и щелочных почвах рост картофеля усугубляется.

Требования к влажности почвы при возделывании картофеля определяется его химическим составом (75...80 % веса клубня приходится на воду), величиной надземной части и урожаем клубней. Его транспирационный коэффициент составляет 400...550. Расход воды на гектар достигает примерно 3000 м^3 на суглинистой и 4000 м^3 на супесчаной почве при урожае 30 т/га. Несмотря на то, что картофель – растение

требовательное к влажности почвы, оно использует воду в различные периоды вегетации по-разному. Во время прорастания картофеля достаточно и влаги материнского клубня, поэтому в этот период сухая и теплая погода является наиболее благоприятной. Период в начале цветения является критическим, недостаток влаги в почве в этот период приводит к сильному снижению урожайности. В период бутонизации и цветения, а также, когда происходит образование клубней, требуется наибольшее количество воды. Для формирования хорошего урожая картофеля наиболее благоприятные условия создаются при влажности почвы от 60 до 80%. Если же почва переувлажнена, то для растений создается неблагоприятный воздушный режим. Для получения высокой урожайности картофеля в средней полосе необходимо, чтобы за вегетацию выпало более 300 мм осадков [44].

Оптимальные значения температуры при возделывании картофеля также зависят от периода вегетации. Для активного прорастания клубней необходимо, чтобы на глубине их залегания температура почвы достигала значения 7...8 °С, более интенсивный рост начинается при 12...15 °С. Рост и развитие почек на клубнях при температуре почвы ниже 3 °С и выше 31 °С задерживается, а при температуре –1 °С и 35 °С происходит повреждение почек. Наиболее благоприятная температура для цветения растений картофеля составляет 18...21 °С, при ее увеличении происходит сбрасывание листьев и бутонов. Интенсивное клубнеобразование начинается при температуре почвы 16...19 °С. Слишком повышенная температура почвы способствует большому образованию и ветвлению столонов, что приводит к усиленному росту растения в ущерб накоплению урожая клубней [44].

Картофель – растение светолюбивое. При недостаточной освещенности растение будет вытягиваться, цветение будет слабым и сформируются очень мелкие клубни, что приведет к снижению урожайности.

Убирать картофель лучше, пока температура в почве не опустится ниже 8 °С, иначе клубни будут легко травмироваться и плохо сохраняться.

1.2 Урожайность картофеля в зависимости от основной обработки почвы

Для повышения урожайности картофеля одним из важнейших факторов является основная обработка почвы. Под обработкой почвы понимается механическое воздействие на почву для обеспечения рыхлого пахотного слоя с целью создания оптимальных почвенных факторов жизни растений, уничтожение сорняков и уменьшение зараженности пахотного слоя вредителями и болезнями, а также перемешивание пожнивных остатков, органических и минеральных удобрений.

Обычно ранней весной проводят боронование или культивацию для борьбы с сорняками и сохранения запасов влаги. После этого усиливается аэрация, ускоряется прогревание почвы, уменьшается засоренность посевов и заражение вредителями и возбудителями болезней, создаются лучшие условия для накопления питательных веществ в усвояемой форме для растений.

В последнее время широко применяется обработка почвы с использованием почвообрабатывающих фрез, позволяющая произвести более качественную подготовку почвы.

Промышленностью для поверхностной обработки почвы выпускались следующие виды фрез: КФГ-3,6, КВФ-2,8(4), ФБ-2,0, ФБН-1,2, ФПН-2,8, культиватор-гребнеобразователь фрезерный (КГФ-2,8) и др. [44, 81, 127].

На сегодняшний день для тракторов МТЗ 82(80) выпускаются модели культиваторов-фрез: ПН 01, ПН 03, ПН 07 с шириной захвата от 1,4 до 3 м и глубиной обработки до 30 см. Фреза ПН-01 имеет три версии с соответствующими рабочими захватами. Благодаря усиленной конструкции применяется для основной и дополнительной обработки почв, включая и тяжёлые суглинки. Модель ПН 03 имеет четыре версии с шириной захвата от 2 до 3 м. Особенностью модели является четырёхступенчатая коробка передач, в составе культиватора, для регулировки скорости вращения фрезы в пределах 152-250 об/мин., боковой редуктор – зубатый в масляной ванной.

Дополнительно культиватор оборудован выравнивающим катком. ПН 07 отличается высокой скоростью вращения фрезы с регулировкой частоты в диапазонах 308 и 348 об/мин. Культиватор оснащён тяжёлым зубчатым катком. Обработка данным культиватором позволяет сохранить максимальное количество влаги в почве. Очень много производится импортного оборудования для обработки почвы фрезой: китайские культиваторы IGN 220, IGN 180, 1GQN 200; польские почвофрезы Akpil 2.1, Wirax U570/1, Bomet U540/2; итальянские почвообрабатывающие фрезы Falk, Agri World и Breviglieri и др. Польские компании представляют версии лёгких культиваторов с шириной захвата от 1.2 до 2.2 м. Машины предназначены для предпосевной обработки распаханых участков с возможностью частичного измельчения пожнивных остатков. Модельный ряд представляет спектр оборудования с возможностью подбора под трактор любой мощности линейки МТЗ. В условиях конкурентной борьбы производители стараются привлечь потребителя разнообразием функциональных качеств, внедрением инновационных конструктивных решений и использованием износостойких материалов в конструкции. Компания Agri World специализируется на производстве тяжёлых обрабатывающих фрез для тракторов с мощностью от 60 до 400 л.с. Конструкция и рабочие органы культиватора предназначены для работ на каменистых почвах, при обработке участков поросших древесной порослью и наличием пней. Оборудование обеспечивает измельчение и рыхление с глубиной обработки от 20 до 70 см. Фирма Breviglieri выпускает почвообрабатывающую технику соответствующую передовым технологиям возделывания овощных и ягодных культур. В перечень культиваторов входят почвофрезы для сплошной и междурядной обработки.

Подготовка почвы под посадку картофеля требует необходимости внесения в нее органических и минеральных удобрений. Для того чтобы повысить эффективность действия минеральных удобрений, необходимо 70% от их общего количества внести под основную обработку почвы, а остальные 30% - во время посадки и при уходе. Внесение органических удобрений

оказывает большое влияние на количество получаемого урожая картофеля. В зависимости от типа почвы органические удобрения можно внести как осенью, так и весной. Внесение органических удобрений под зяблевую вспашку на тяжелых суглинках дает лучший эффект. На песчаных и супесчаных почвах органические удобрения лучше внести весной под предпосевную обработку. Органические удобрения следует заделывать в течение 2 – 4 ч после разбрасывания, чтобы предотвратить потери питательных веществ от выветривания [68].

При возделывании картофеля применяют различные технологии – гребневую или гладкую посадку, в зависимости от почвенно-климатических условий региона [18, 24, 26, 33, 44, 56, 127, 148, 161, 164].

Гладкая посадка характеризуется медленным испарением влаги из почвы, а гребневая – лучшим проветриванием и прогреванием.

При повышенной влажности почвы гряды обычно нарезают осенью и с помощью машин для подготовки почвы рыхлят ее. Эта технология позволяет клубни посадить весной на две недели раньше.

При посадке картофеля ширина междурядий может отличаться большим разнообразием (70, 90, 140, 60...90, 50...90, 70...110, 110...30 см и т.д.). Наиболее распространенным способом является гребневой способ посадки с междурядьями 70 см. Увеличивая ширину междурядий можно создать наиболее благоприятные условия для развития растений, в особенности на почвах с небольшим пахотным горизонтом и при применении новых энергонасыщенных тракторов. А в фермерских хозяйствах при получении сверххранной продукции ширину междурядий часто уменьшают до 60 см.

При механизированной посадке картофеля в предварительно нарезанные гряды значительно затрудняется воздухообмен в грядках из-за уплотнения оснований гряд и дна борозд. В некоторой мере этот недостаток можно устранить, если посадить картофель по схеме $I(60+80)/2 \text{ I} \times 30 \text{ см}$, то есть там, где проходят колеса трактора ширина междурядий составляет 80 см, а где не проходят колеса – ширина междурядий 60 см. При использовании

такой схемы посадки у сажалки СН-4Б сошники сдвигают на 5 см попарно, навстречу друг другу [44].

Обработка почвы перед посадкой почвообрабатывающей фрезой обеспечивает прямолинейность рядков, равномерную глубину заделки клубней и хорошего прорастания и развития растений. Вследствие чего происходит выравнивание поля и оптимальное крошение (диаметр комков должен быть не более 5 см). В некоторых хозяйствах для предпосевной обработки почвы используют универсальные рыхлители-выравниватели типа РВК. Применение такого метода подготовки почвы дает прибавку урожая до 26% [127].

В последнее время при подготовке поля для посадки картофеля широко применяется предварительная нарезка гребней. Эту операцию выполняют за 3...4 дня до посадки картофеля культиваторами КРН-4,2Г и КОН-2,8ПМ с окучниками. Норма высадки клубней на 1 га площади определяется в зависимости от размера и назначения картофеля. Мелкие клубни на 1 гектар высаживают не менее 70...75 тыс. штук, а средние – не менее 50...55 тыс. штук. На семенных участках посадка должна быть более плотной, чем при возделывании продовольственного картофеля [68].

В соответствие с требованиями агротехники, расстояния между клубнями в рядке выдерживают от 18 до 35 см при посадке картофеля по рядовой схеме с междурядьями 70 см. На суглинистых почвах глубина посадки должна составлять 6...8 см, а на супесчаных – 8...10 см, считая от вершины гребня до верхней точки клубня. Допускается отклонение по глубине в пределах ± 2 см. Отклонение ширины не более ± 2 см, стыковых – не более ± 10 см [68].

После посадки картофеля рельеф поля должен иметь ровную или выровненную гребнистую поверхность с заделанными поворотными полосами. Посадка картофеля осуществляется навесными картофелесажалками СН-4Б или картофелепосадочными машинами СКС-4Б, КСМ-6. В последнее время при одновременном внесении гранулированных минеральных удобрений наиболее широко начали использовать

картофелесажалки СН-4Б, которые предназначены для рядовой посадки непророщенных клубней с междурядьем 70 см. В полунавесной сажалке СКС-4 предусмотрена возможность механизированной бестарной загрузки бункера автосамосвалами. КСМ-4 является более современной машиной, она для гребнистой заделки борозд комплектуется бороздо-закрывающими дисками и гидрофицированными маркерами МГ-1. Картофелесажалки агрегатируются с тракторами типа МТЗ и Т-150. Рабочие скорости составляют от 4,5 до 9 км/ч [68].

С целью поддержания почвы в разуплотненном мелкоструктурном состоянии в течение всего периода вегетации применяют предпосадочную обработку почвы почвообрабатывающими фрезами. Эффективность этой технологии основывается возможностью подбора рациональных режимов крошения почвы в зависимости от вида обработки почвы. В зарубежных технологиях часто фрезерные рабочие органы применяются для обработки почвы и ухода за посадками [44].

Анализ существующих агротехнических требований при возделывании картофеля показывает, что гребневая или слабогребневая посадка картофеля обеспечивает прибавку урожая до 25...30%, чем гладкая. Гребневая посадка обеспечивает лучшее прогревание поверхности рядков, меньшее уплотнение почвы от осадков, а также имеется возможность до появления всходов без уплотнения рядков колесами трактора проводить рыхление почвы в междурядьях. Под уходом за посадками картофеля понимается уничтожение сорняков и рыхление слоя почвы на вершине гребней и в междурядьях [44].

В последнее время в хозяйствах при осенне-весенней подготовке тяжелых суглинистых почв для создания рыхлой структуры в гребнях широко применяется Заоровская технология. Посадку осуществляют с помощью сажалок СН-4Б, СКС-4, КСМ-4, КСМ-6 калиброванными (25–50, 50–80, 80–120) клубнями. При этом уход за посадками проводят культиваторами КОН-2,8ПМ и КРН-4,2Г. Глубина посадки не должна превышать 6 см, чтобы клубни формировались выше дна борозды. Во время ухода за картофелем до всходов, наращивают гребни, насыпая почву на

вершины гребней при ее разрыхлении в междурядьях, таким образом увеличивается слой почвы над клубнями до необходимой высоты. После всходов и до смыкания ботвы ряды подокучивают рыхлой почвой, оставшейся от довсходовой обработки [44].

При междурядных обработках стандартные окучники заменяют на двух-трехъярусные лапы. В зависимости от типа и влажности почвы, применяются также односторонние двухъярусные лапы со смещением.

Предпосадочное фрезерование почвы также требуется проводить в зависимости от почвенно-климатических условий данной зоны. Почвенный покров с низкими температурами и устойчивым снежным покровом, с низким содержанием гумуса, осенняя нарезка гребней не улучшает его структурный состав. На тяжелых переувлажненных почвах предпосадочное фрезерование проводят после весенней перепахки зяби.

Гребни нарезают овальной формы высотой 14–16 см перед посадкой с одновременным внесением туков. Не рекомендуется нарезать высокие остроконечные гребни, так как в период ухода за посадками будет невозможно сформировать над рядом необходимый слой почвы при мелкой посадке.

Чтобы улучшить структуры почвы в гребнях и снизить количество примесей при комбайновой уборке урожая картофеля, рекомендуется проводить предпосадочное фрезерование в сочетании с двукратным фрезерным рыхлением до всходов [68].

В жарких, засушливых зонах эффективна фрезерная обработка почвы машинами с активными рабочими органами.

Фрезерная обработка почвы весной менее энергоемка и более производительна по сравнению с осенней нарезкой гребней.

По сравнению со средними показателями в хозяйствах Нечерноземной зоны нашей страны применение голландской технологии позволяет увеличить урожайность картофеля на 40–50%. На основе голландской технологии в условиях нашей страны на базе отечественной техники была рекомендована для широкого внедрения технология с междурядьями 70 см –

аналог голландской. Чтобы сделать эту технологию эффективной в условиях нашей страны, туда был введен технологический приём – это глубокое локальное предпосадочное рыхление почвы в зоне будущего гребня, а при уплотнении почвы в гребнях в процессе вегетации – дополнительные междурядные обработки [68].

1.3 Влияние наличия почвенных комков на качество работы картофелеуборочных комбайнов

Производство картофеля до сих пор остается очень трудоемким процессом, причем 45–60% затрат труда приходится на уборочные работы. Современные картофелеуборочные комбайны используются лишь на 50% площадей, на которых возделывается картофель, так как применить комбайны на тяжелых комковатых почвах практически невозможно [32].

Основной нерешенной проблемой при комбайновой уборке является отделение клубней от примесей – почвенных комков. В связи с тем, что комки почвы соизмеримы по форме и размерам с клубнями картофеля, возникает сложность отделения клубней от примесей. Количество посторонних примесей после отделения клубней все же остается до 16%. При этом ручной отбор примесей составляет почти половину от всех затрат труда на уборку картофеля.

При работе комбайна на тяжелых комковатых почвах с пониженной или повышенной влажностью содержание почвенных комков в убранном картофеле достигает 60% и более.

При разработке картофелеуборочных машин следует изучать физико-механические свойства почв и почвенных комков.

Вопрос о влиянии физико-механических свойств почвы на качество работы картофелеуборочных машин изучали такие ученые как:

В.С. Митрафанов, М.Е. Мацапура, В.М. Чаус, И.М. Полуночев, Г.Д. Петров, К.А. Пшеченков, А.А. Сорокин, В.И. Славкин, П.И. Гаджиев, Г.С. Алферов, Р.Р. Джапаридзе, Н.В. Бышов, И.А. Успенский и многие другие [3, 7, 17, 19,

20, 42, 67, 73, 79, 120, 134, 149, 150, 163].

В ходе анализа этих исследований было установлено, что на процесс сепарации и отделения клубней от комков при комбайновой уборке картофеля, от твердых примесей оказывают влияние находящиеся в клубненоносной массе прочные почвенные комки [42].

Физико-механические свойства почвенных комков сильно влияют на качество работы картофелеуборочных комбайнов.

Основными характеристиками почвенных комков являются их фракционный состав и прочностные свойства.

Показатели статистической прочности почвенных комков при различной влажности приведены в таблице 1.1 (данные лаборатории картофелеуборочных машин ВИСХОМа) [32, 42].

Таблица 1.1 – Прочность почвенных комков при различной влажности

Тип почвы и место испытания	Влажность, %	Разрушающее усилие, Н
Легкая глина (опытное поле ВИХОМа)	16,0	117
	19,4	118
	22,0	120
	25,5	140
	29,0	197
Легкая глина (Московская обл.)	17,5	129
	30,7	142
	23,9	163
	26,4	168
Тяжелый суглинок (Московская обл.)	9,11	206
	13,15	133
	17,19	140
	21,23	145
	25,27	245

Разрушение почвенных комков (до 80%) происходит при падении с высоты 1–1,5 м [120].

Также до 80% почвенных комков тяжелой глины влажностью 17–22% разрушаются при статическом сжатии силой 0,1– 0,2 кН.

Как показал И.М. Полуночев (таблица 1.2) [120], прочность комков почвы зависит от абсолютной влажности.

Из данных таблиц 1.1 и 1.2 можно сделать вывод, что наименьшей прочностью обладают комки почвы, у которых среднее усилие начального разрушения изменяется от 50 до 90 Н и влажность в пределах от 15,0% до 30,0%. Наибольшей прочностью обладают комки с влажностью менее 15%. Комки почвы с влажностью свыше 25% разрушаются при небольших усилиях и часто сплюсчиваются без крошения [42].

Таблица 1.2 – Изменение прочности комков почвы от абсолютной влажности (почва-тяжелый суглинок)

Влажность комков почвы, %	Средняя толщина комков почвы, мм	Усилие начального разрушения, Н			Усилие полного разрушения, Н		
		среднее	наибольшее	наименьшее	среднее	наибольшее	наименьшее
30,9	46	–	–	–	200	600	30
24,6	48	70	110	20	360	670	120
19,8	48	50	160	10	240	470	20
14,6	49	70	130	20	300	600	140
10,3	49	90	320	30	420	1050	100
7,6	49	170	510	70	410	950	140
2,9	48	330	1180	70	620	1360	250

Исследование проводили на искусственно образованных шарообразных комках.

В качестве характеристики разрушения почвенных комков рассматривалась степень дробления, определяемая по формуле

$$\lambda = \frac{D}{d},$$

где D – первоначальный диаметр комков, мм;

d – средневзвешенный диаметр частиц после разрушения, мм.

В результате установлено, что с уменьшением влажности возрастает степень дробления, а энергоёмкость снижается. С повышением скорости удара степень дробления снижается, а удельная энергоёмкость возрастает [32, 42].

Такие же исследования по ударному разрушению почвенных комков были проведены в ВИСХОМе [119, 120]. По результатам этих исследований было выявлено, что наибольшее влияние на разрушение комков оказывает их влажность. При влажности почвенных комков 2% при четырехкратном падении с высоты 1 м (при скорости соударения 4,4 м/с) оставалось нераздробленным 57,8%. С увеличением влажности до 7% этот показатель составил 10,1%, а при влажности 17% – 0.

На степень дробления почвенных комков сильное влияние оказывает их скорость соударения. По результатам данных многих исследователей скорость соударения, при которой происходит разрушение почвенного комка составляет 6–8 м/с [32, 42].

Анализ опытных данных показывает, что применение комбайнов на комковатых почвах сопровождается большими трудностями. Это связано с дополнительными затратами: увеличение числа переборщиков повышает количество повреждений клубней картофеля твердыми комками при механизированной уборке и в последствии приводит к ухудшению хранения картофеля.

Приведенные данные позволяют сделать вывод о том, что на тяжелых комковатых почвах невозможно достигнуть полной механизированной уборки картофеля с помощью комбайнов, которые основаны на принципе просеивания почвы [42].

Исследования по фракционному составу почвы [58, 61, 62], связанности и прочности почвенных комков, зависимости сепарации от объемного веса почвы и расположения в грядке и состояния клубней [97, 98] определили основные оптимальные условия функционирования комбайнов.

Из сказанного следует, что на сепарацию клубненосной массы при уборке оказывают влияние такие показатели как: пластичность и консистенция почвы, ее механический состав, фракционный состав почвы и комков.

Фракционный состав почвенных комков в значительной степени зависит от периода (весной или осенью) взятия пробы, от сроков

предшествующих обработок почвы и количества проходов тракторов и других мобильных сельскохозяйственных машин.

При ударном способе разрушения почвенных комков можно достичь наибольшей степени дробления. При влажности почвенных комков не менее 10% и скорости воздействия 6–8 м/с разрушение почвенных комков ударом будет наиболее эффективным. Степень дробления почвенных комков линейно зависит от числа воздействий ударника по комкам [42].

При прочности почвенных комков до 200 Н их можно разрушить статическим сжатием. Более прочные комки эффективнее разрушать ударным способом. На прочность почвенных комков оказывает влияние их влажность, наибольшую прочность имеют комки с влажностью менее 17% [32].

1.4 Выбор конструктивных параметров машин для подготовки почвы

Предварительная подготовка почвы имеет особое значение при возделывании картофеля, а именно качество рыхления почвы, что является залогом гарантированного урожая. В свою очередь, качество рыхления почвы зависит от рационального выбора параметров и режимов работы почвообрабатывающих машин. Поэтому вопрос выбора рациональных конструктивно-технологических параметров машин для подготовки почвы является весьма актуальным.

При предпосадочной подготовке почвы должны быть выполнены следующие технологические операции:

1. Нарезка борозд (расстояние между ними равно колее трактора и кратно ширине захвата посадочных и уборочных машин).
2. Подкоп пласта почвы между бороздами и подача почвенной массы на элеваторы.
3. Рыхление и сепарация мелких почвенных комков.
4. Крошение прочных и крупных комков.

5. Укладка неразрушенных комков и камней в борозды [32, 34].

Для осуществления данной технологии Гаджиевым П.И. предложен комплекс машин, который выполняет все эти операции (рис.1.1 и рис.1.2).



Рисунок 1.1 – Общий вид грядообразователя ГО-2



Рисунок 1.2 – Общий вид сепаратора-укладчика СУ-1,4

Рассмотрим технологический процесс работы машины для подготовки почвы под картофель (рис.1.3). Двигаясь вдоль гона, машина подкапывает лемехом 1 почвенный пласт, и передает его на основной элеватор 2, где с помощью комкоразрушающего рабочего органа 5 происходит крошение почвенных комков и одновременно осуществляется сепарация рыхлой почвы и мелких комков [32]. После этого оставшаяся почвенная масса поступает на второй элеватор 3 для повторной сепарации, а непросеянные и неразрушенные комки передаются на поперечный транспортер 4 и укладываются в предварительно открытую борозду [32, 33, 42, 117].

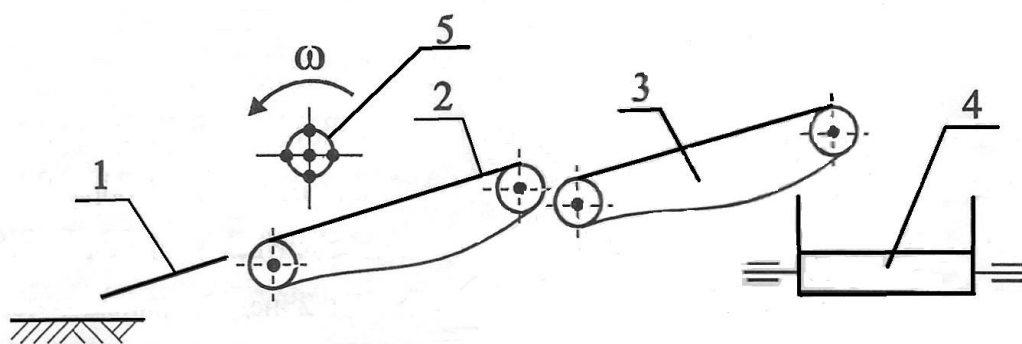


Рисунок 1.3 – Технологическая схема машины для подготовки почвы под посадку картофеля

На рисунке 1.4 показана схема подготовки тяжелых почв под посадку и уборку картофеля, где буквами обозначено состояние пахотного горизонта: *a* – до обработки; *б* – после прохода грядообразователя; *в* – после сепарации почвы и посадки картофеля; *г* – после укладки комков в борозды; *д* – перед уборкой картофеля; *е* – после уборки и поперечной обработки плугом.

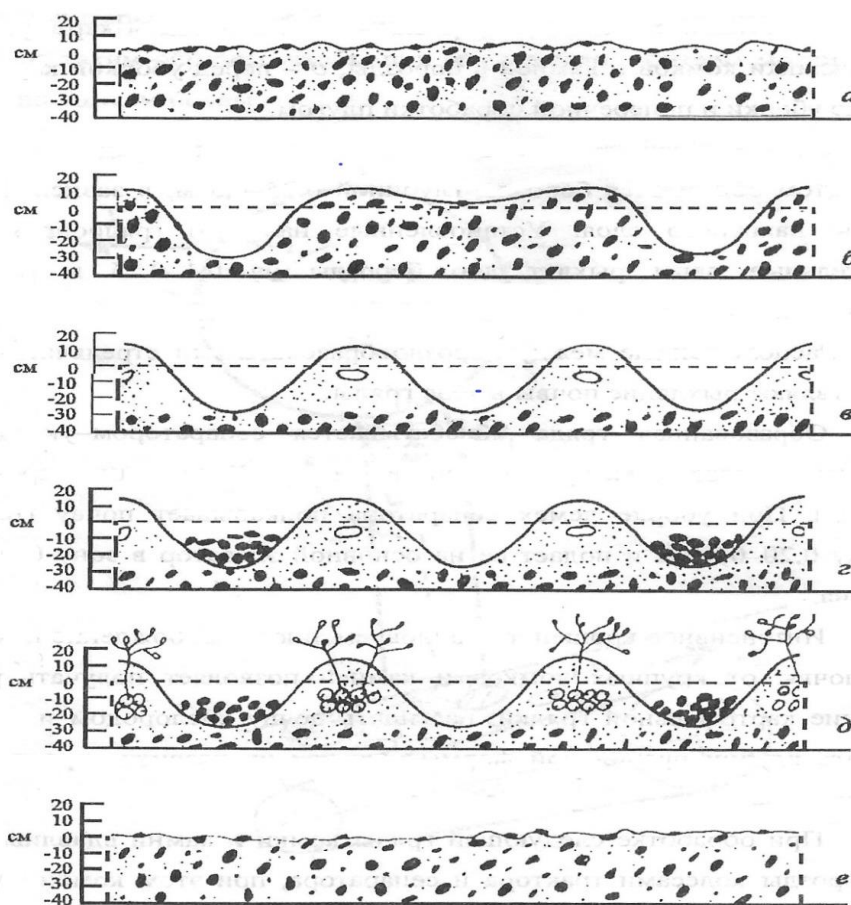


Рисунок 1.4 – Технологическая схема подготовки тяжелых почв к посадке и уборке картофеля

Такая технология лучше всех подходит при гребневой посадке картофеля.

При сплошной и предпосевной обработке почвы широко применяются машины с активными рабочими органами, такие как ротационные плуги, почвообрабатывающие фрезы.

Вопрос рационального выбора конструктивно-технологических параметров и режимов работы при конструировании почвообрабатывающих фрез является одним из главных. Агротехнические и энергетические показатели работы почвофрезы, а также размеры и масса агрегата будут зависеть от правильного выбора конструктивно-технологических параметров. Как известно, с увеличением диаметра барабана почвофрезы при одинаковой подаче на один нож увеличивается длина пути, проходимого ножом в почве, а также изменяется форма стружки.

Подобные исследования были проведены И.М. Гринчуком [52, 53, 55] по способу фрезерования «сверху-вниз». Он математически доказал, что при диаметре фрез барабана большем глубины обработки в 1,13–1,33 раза получается наименьшее отношение длины пути резания к глубине обработки [81].

По экспериментальным данным А.Д. Далина [58, 59] получено, что уменьшение диаметра фрез барабана со значения 0,950 м до 0,66 м приводит к уменьшению на 9,5 % удельной мощности фрезерования.

Вопрос о влиянии диаметра фрезы на расход энергии был изучен И.С. Полтавцевым. Установлено, что при уменьшении диаметра фрез барабана с 1,06 м до 0,86 м расход мощности на фрезерование также снижается на 10 % [121].

По исследованиям Г.Ф. Попова [122] получена зависимость (1.1)

$$R = \sqrt{r_n^2 - S + 2 \cdot S \sqrt{h \cdot (\lambda \cdot S \cdot z / \pi - h)}}, \quad (1.1)$$

где r_n – радиус окружности, описываемой выступающими деталями диска, z – число односторонних ножей на диске.

Он, чтобы уменьшить энергозатраты на величину диаметра фрез барабана рекомендует выбирать условия, чтобы выступающие части фрезы не врезались в необработанный грунт.

Обоснованием величины диаметра фрез барабана занимался также Н.Ф. Канев. Он вместе с Г.Ф. Поповым [122] в своих экспериментальных исследованиях установил, что при постоянном скоростном режиме ($S = \text{const}$, $\lambda = \text{const}$) с изменением диаметра от 0,56 м до 0,38 м расход мощности снижается на 25 %. Такое снижение мощности они объясняют уменьшением пути, проходимого ножом и длины стружки.

По исследованиям немецких ученых В. Зоне и Р. Тиль [170] следует выбирать величину радиуса барабана фрезы в зависимости от глубины обработки исходя из соотношения $h: R = 1$.

По результатам исследований А.Д. Лукьянова при выборе диаметра барабана рекомендуется исходить из условия свободной выгрузки срезанной почвы из пространства между ножами и валом барабана:

$$R = 2 \cdot a \cdot z \cdot K_p / \lambda \cdot K_z,$$

где a – глубина обработки, z – число ножей, K_p – коэффициент разрыхления почвы, K_z – коэффициент заполнения почвой объема между барабаном и поверхностью забоя [81].

Результаты экспериментальных исследований показывают, что расход энергии зависит от величины диаметра барабана фрезы (А.Д. Далин, Н.Ф. Канев, И.С. Полтавцев, Г.Ф. Попов, В. Зоне) [59, 121, 122, 169].

Анализ выше приведенных исследований показывает, что с уменьшением величины диаметра фрез барабана происходит и снижение энергозатрат на обработку почвы. Нужно отметить, что во всех проведенных экспериментах диаметр фрез барабана в 3...4 раза превышал глубину обработки. Однако эта глубина не является предельной, как следует из теоретических предположений, следовательно, энергозатраты могут увеличиваться [81].

Таким образом, оптимальное значение диаметра барабана фрезы для заданной глубины обработки почвы, определенное теоретическим путем, не

может быть реализовано при обычных схемах механизмов приводов ни в зарубежных, ни в отечественных современных фрезах.

Конструкция фрезы ФНШ-2, барабан которой выполнен из нескольких секций, крайние из которых расположены под углом к горизонтальной плоскости и соединены с соседними универсальными шарнирами, позволяет вести обработку почвы на глубину, близкую диаметру барабана фрезы. Очень немного экспериментальных исследований, которые могут подтвердить полученное теоретическое значение оптимальной величины диаметра [4, 14, 15, 41, 80, 81, 103, 114].

По исследованиям И.М. Панова [108, 112, 113] зависимость длины пути резания стружки (1.2) от радиуса барабана R , кинематического параметра λ , глубины обработки a , числа ножей z_0 и направления вращения барабана находится по следующим формулам:

$$l = R \cdot \sqrt{1 + \lambda^2} \cdot \left[(\varphi_2 - \varphi_1) \pm \frac{\lambda}{1 + \lambda^2} \cdot (\varphi_2^2 - \varphi_1^2) - \frac{\lambda^2}{6 \cdot (1 + \lambda^2)} \cdot (\varphi_2^3 - \varphi_1^3) \right], \quad (1.2)$$

где $\varphi_1 = \arcsin \left(1 - \frac{a}{R} \right)$; $\varphi_2 = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{z \cdot (\lambda - 1)}$.

При фрезеровании по способу «сверху-вниз» длина пути резания стружки l получается отрицательной величиной при $\lambda < 10$ и по абсолютному значению превышает в 2,2 раза ее фактическое значение. Для уменьшения энергетических затрат диаметр барабана при прямом вращении должен быть больше глубины обработки в 1,13...1,33 раза, а при обратном – в 1,03...1,14 раза.

Похожее уравнение (1.3) для определения длины пути резания получено Ф.М. Канаревым:

$$\lambda_p = \int_0^{wt} \sqrt{1 + \lambda^2 - 2 \cdot \lambda \cdot \cos wt \cdot d(wt)}. \quad (1.3)$$

В уравнении (1.3) интеграл не разрешен, поэтому данное уравнение не имеет окончательного вида.

Ф.М. Канаревым [76] получены также формулы для определения радиусов роторов (фрез-барабанов) с учетом направления их вращения.

Для прямого вращения ротора:

$$R_n \geq h / 1 - \cos[\varphi_1 - \arccos(\lambda \cdot \cos \varphi_1)].$$

Для обратного вращения ротора:

$$R_o \geq h/1 - \cos[\varphi_2 - \arccos(\lambda \cdot \cos\varphi_2)],$$

$$\varphi_1 = \beta_n (h < R), \varphi_2 = \beta_o; \beta_n = R - h_1; \beta_o = 0,5 \cdot \pi + \arcsin[(h - R)/R]$$

при $R < h$ и $\beta_o = \arccos[(R - h)/R]$ при $R > h$; $\varphi_2 = \pi - i - \gamma$ при $\varepsilon = 0$.

Уравнение не имеет конечного вида, так как при определении углов φ_1 и φ_2 снова участвуют R и h и отражают лишь частный случай работы фрезы.

Обобщая имеющиеся исследования, при выборе конструктивных параметров можно сказать, что в конструктивных расчетах не учитываются силовые факторы, взаимодействующие на фрезерный барабан. Это и сдерживает реализовать полученные данные на практике.

1.5 Рабочие органы и параметры почвообрабатывающих фрезерных машин

В качестве основных рабочих органов почвообрабатывающих фрез служат ножи, которые непосредственно рыхлят почву. Качество обработки почвы почвообрабатывающими фрезами зависит от конструктивных особенностей ножей.

В конструкциях почвообрабатывающих фрез очень большое разнообразие рабочих органов: г-образные ножи (они впервые были применены Ланцем на болотных фрезях), серпообразные рабочие органы (полевые крючки) и пружинные зубья (впервые разработаны Мейенбургом) (рисунок 1.5). Применяются те или иные рабочие органы в зависимости от их назначения и технологических режимов работы почвофрез [81, 127].

Основной целью почвообрабатывающих фрез является рыхление почвы, уничтожение сорняков, заделка растительных остатков, а также перемешивание удобрений.

Рабочие органы в виде пружинных зубьев не только разрыхляют почву, а также частично уничтожают сорняки. Крепления зубьев в виде пружин смягчают ударную нагрузку, предохраняя их от поломок при столкновении с препятствием. Аналогично пружинным зубьям, была предпринята попытка

поставить пружинное крепление на пропашную фрезу ВНИИГиМ, рабочие органы которой близки по форме к луцильному ножу (рисунок 1.5 д) [81].

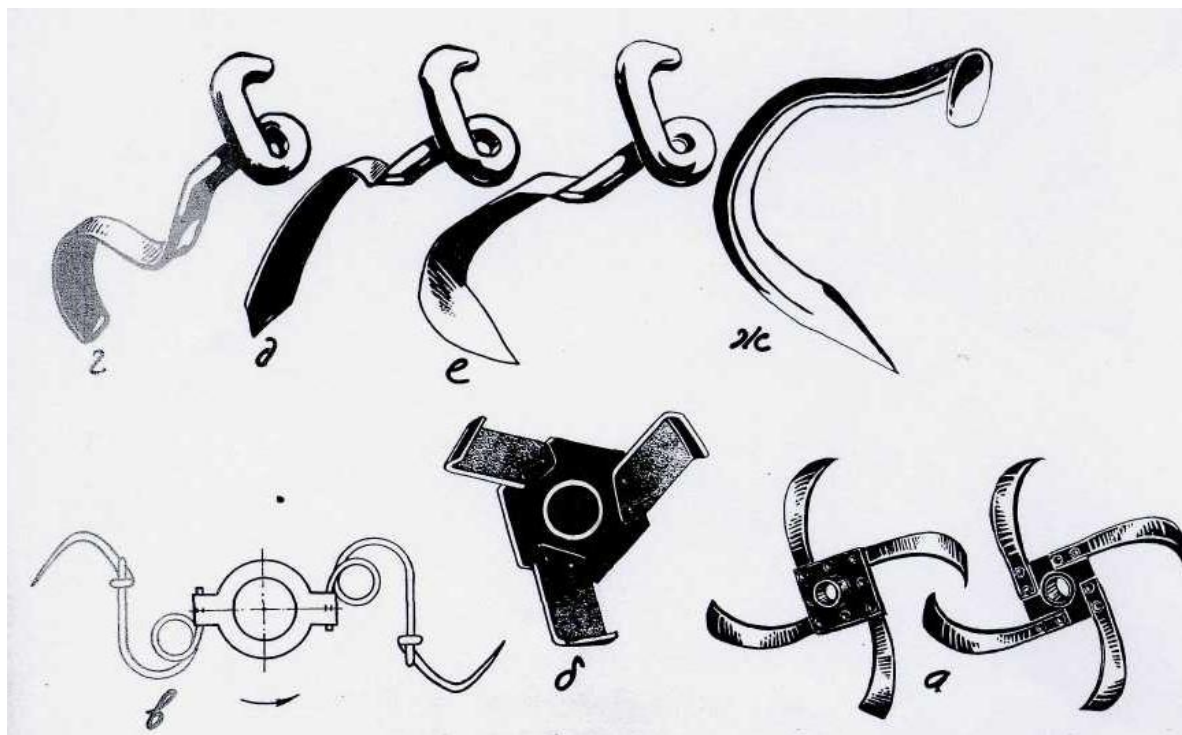


Рисунок 1.5 – Рабочие органы зарубежных почвообрабатывающих фрез:
а – японской фирмы Исеки; б – П-108 (ГДР); в – DUZ (ГДР);
з, д, е и ж – садовых фрез США

На рисунке 1.6. также представлены рабочие органы почвообрабатывающих фрез. Как видно из рисунков рабочие органы почвофрез отличаются широким многообразием, поэтому различным будет и угол установки ножей рабочих органов, а также и угол атаки [81, 127].

Таким образом, необходимо дополнительно изучить, как влияет различный угол установки ножей относительно радиуса фрез барабана на энергоемкость фрезерования и на степень крошения.

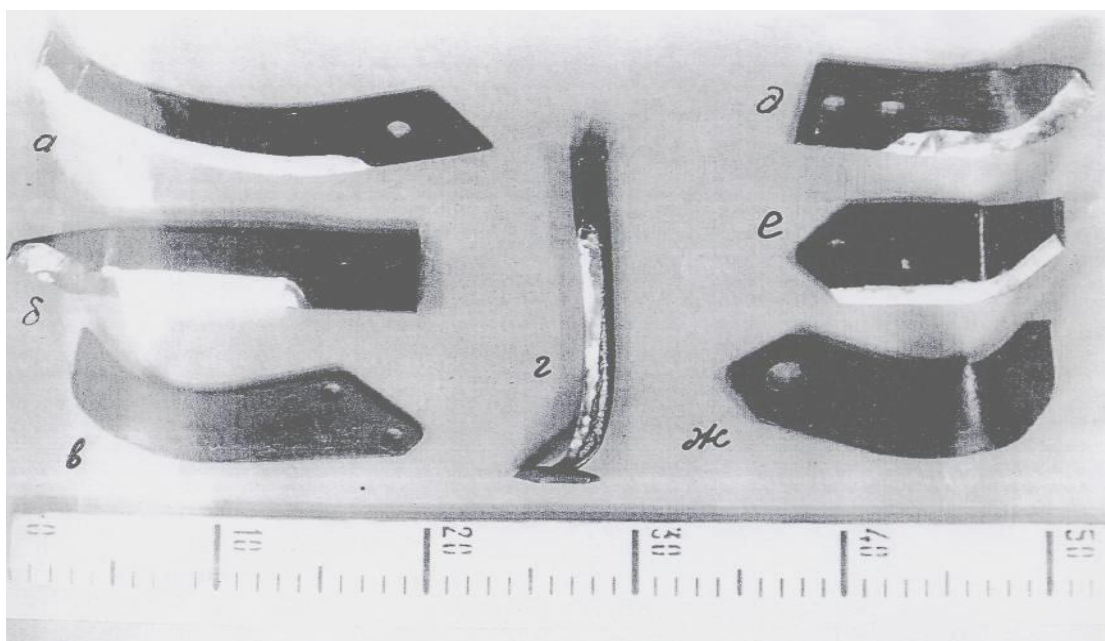


Рисунок 1.6 – Рабочие органы пропашных фрезерных культиваторов: *а* – ФБН-2,8 и ФБСП-2,8; *б* – КРН-1,4; *в* – ФКШ-2,7 (2,8); *г* – УРИБ-4; *д* – КФ-2,7; *е* – «Петер Стенден»; *ж* – ФПН-2,8 и ФПУ-4,2

Нож почвообрабатывающей фрезы, который показан на рисунке 1.7, содержит режущую кромку, стойку и отогнутую под углом к ней часть. На отогнутой части ножа со стороны ее режущей кромки выполнен клин, внешняя грань которого сопряжена с торцевой гранью отогнутой части, а его режущая кромка – с режущей кромкой ножа. Используется данный нож для обработки задернелых участков поля, в которых на поверхности имеется растительность [123, 172].

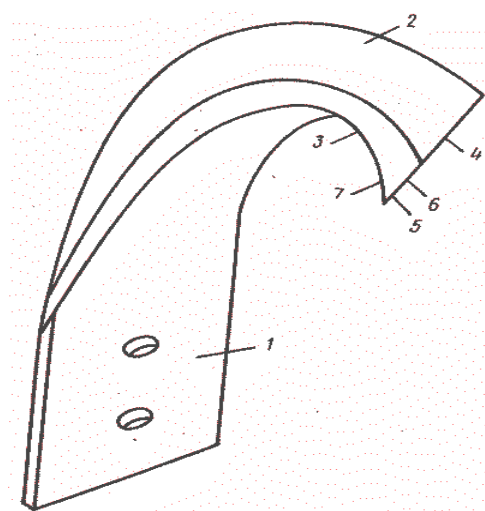


Рисунок 1.7 – Нож почвообрабатывающей фрезы

Показанный на рисунке 1.8 нож почвообрабатывающей фрезы повышает качество рыхления и снижает затраты на обработку почвы. Нож выполнен в виде изогнутой под острым углом пластины с режущими кромками 3 и 4. Стойка 1 ножа выполнена плоской, а крыло 2 – изогнутым по поверхности эллиптического конуса, наклон образующей которого к оси увеличивается к носу крыла 2. Режущие кромки ножа 3 и 4 лежат в поперечной оси сечения конуса. По ширине крыло 2 к носу уменьшается. Нож сделан в форме, обеспечивающей его вхождение в почву с минимальным сопротивлением и образованием по ширине захвата ровного дна борозды [123, 172].

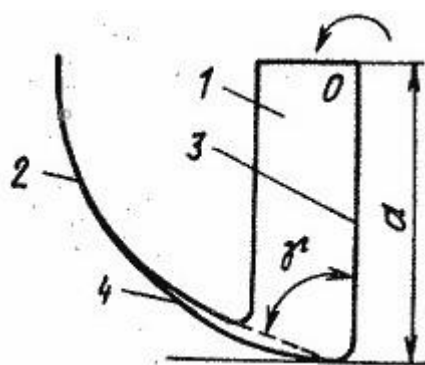


Рисунок 1.8 – Нож предлагаемой конструкции: 1 – стойка; 2 – крыло; 3, 4 – режущая кромка

На рисунке 1.9 представлен нож почвообрабатывающей фрезы, способствующий снижению энергоемкости обработки переувлажненных почв. Нож 1 фрезы имеет плоскую стойку 4 и отогнутое под тупым углом крыло 5. Крыло 5 изогнуто по конической поверхности, одна из образующих и вершина которой расположены в плоскости вращения стойки 4 ножа 1. Направление другой образующей конической поверхности совпадает с обрезом боковой кромки 7 крыла 5. Такая конструкция ножа фрезы способствует уменьшению угла установки ножа по мере удаления точек рабочей поверхности ножа от центра вращения при вращении фрезерного барабана. Таким образом, при исключении контакта тыльной стороны ножа с почвой можно обеспечить заданный угол резания [123, 172].

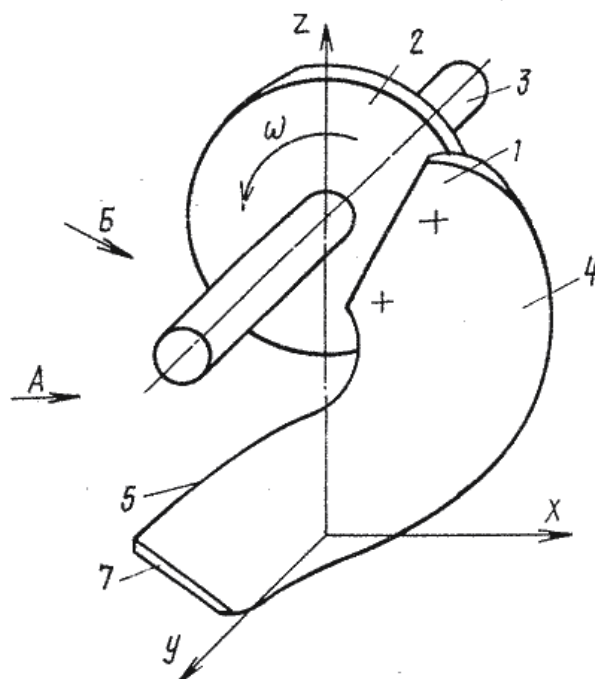


Рисунок 1.9 – Почвообрабатывающая фреза для снижения энергоемкости обработки переувлажненных почв

По экспериментальным данным Зоне Р. в работах [169, 170] следует, что при увеличении ширины захвата ножей удельная энергоемкость фрезерования снижается. Таким образом, надо стремиться к разработке ножей с большим захватом. Объяснить это можно тем, что реакция сопротивления стойки у ножей с большим захватом и ножей с малым захватом одинакова, но она распределяется на большую площадь. Однако защитная зона и размер междурядий в пропашных фрезах ограничивается конструктивными возможностями увеличения ширины захвата ножей [27, 81].

Определение толщины ножа и ширины полотна производится путем расчета на прочность. Методические основы таких расчетов приведены в работах академика П.М. Василенко [21, 22, 23].

Для улучшения рыхления почвы нами предложен нож фрезы с зубцеобразным профилем, что позволяет качественную обработку почвы (рис.1.10).



Рисунок 1.10 – Нож почвообрабатывающей фрезы зубцеобразной формы

1.6 Способ крошения почвенных комков битерным барабаном перед посадкой картофеля

Технологический процесс крошения почвы происходит в сложных условиях и зависит от влажности, типа и свойств почв, режима работы комкоразрушающего битерного барабана, а также от правильного расположения экрана для дополнительного разрушения комков.

С целью крошения прочных почвенных комков нами предложена усовершенствованная машина СУ-1,4 для предпосадочной подготовки почвы [32, 117] (рисунок 1.11).

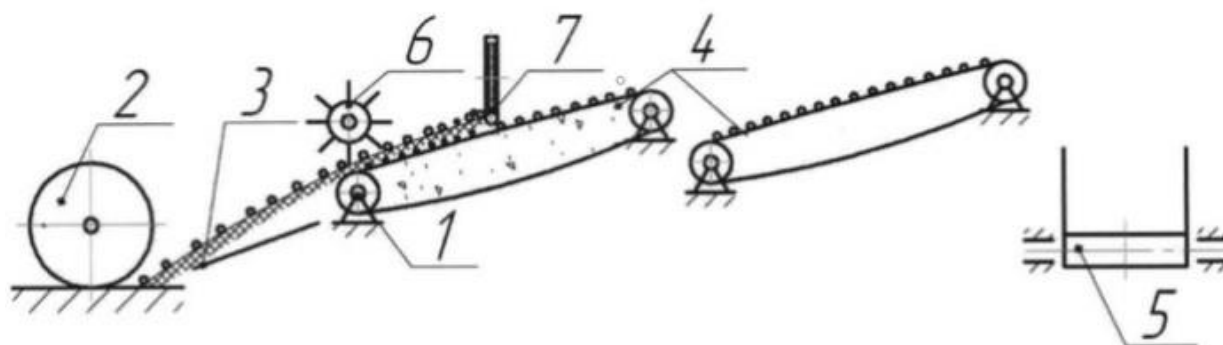


Рисунок 1.11 – Схема усовершенствованной машины для подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля

Отличие предложенной машины для предпосадочной подготовки почвы и комбайновой уборке картофеля состоит в том, что регулируемый экран позволяет более эффективное разрушение прочных комков, которые не разрушились после удара ножом битерного барабана [32, 42].

Принцип действия машины для предпосадочной подготовки почвы заключается в следующем. При движении машины подкапывающий рабочий орган 3, закрепленный на раме 1, соединенной с опорно-копирующими катками 2, подрезает почвенный пласт и передает его на элеватор 4, где осуществляется сепарация и крошение почвенных комков комкоразрушающим устройством 6 и для более интенсивного разрушения комков ставится экран 7, при ударе об него комки разрушаются до меньших размеров [32, 42].

Устройство для разрушения комков содержит экран 7 (рисунок 1.12), состоящий из стойки 8, закрепленной на оси 9; возможно регулирование угла наклона экрана в вертикальной плоскости и в нем имеются отверстия 10 диаметром $d = 25$ мм и наклонные выступы 11 для более эффективного разрушения комков [32, 42].

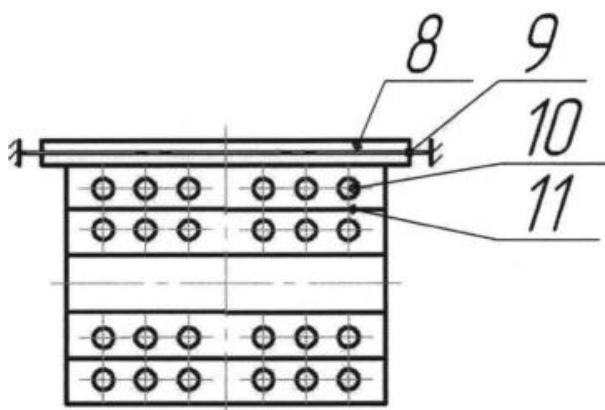


Рисунок 1.12 – Конструкция экрана

Исследовались параметры влияния усовершенствованной машины для предпосадочной подготовки почвы на степень крошения почвы по методу многофакторного планирования эксперимента. В качестве варьируемых факторов приняты следующие: угловая скорость вращения барабана ω , масса битера m , расстояние между битерами d и расстояние до экрана r [32, 42].

В таблице 1.3 представлены уровни и интервалы варьирования факторов.

Таблица 1.3 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Наименование уровней	Обозначения	Факторы			
		$\omega, (X_1),$ рад/с	$m, (X_2),$ кг	$d, (X_3),$ м	$r, (X_4)$ м
Нижний	-1	25	0,300	0,02	0,20
Центральный	0	35	0,500	0,10	0,35
Верхний	+1	45	0,700	0,18	0,50
Интерв. варьир.	ΔX	10	0,200	0,08	0,15

Переход фактических уровней к кодированным производился по формулам:

$$X_1 = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta \omega}; \quad X_2 = \frac{m - m_0}{\Delta m};$$

$$X_3 = \frac{d - d_0}{\Delta d}; \quad X_4 = \frac{r - r_0}{\Delta r}.$$

При определении коэффициентов регрессии использовали метод наименьших квадратов.

Для проверки гипотезы об однородности оценок дисперсий использовали критерий Фишера [32].

После расчета коэффициентов получена математическая модель, отражающая в закодированном виде влияние значимых факторов на величину крошения почвы:

$$K = 96,45 + 0,2X_3 + 0,189X_4 - 0,409X_1X_2 + 0,169X_1X_3 - 0,7X_2X_3 - 0,281X_2X_4 - 0,151X_3X_4 - 0,262X_1^2 - 0,193X_2^2 - 0,362X_4^2, \quad (1.5)$$

где X_1 – угловая скорость ω вращения барабана; X_2 – m масса бitera; X_3 – расстояние между бiteraми d ; X_4 – расстояние до экрана r [32].

Анализ полученного уравнения регрессии (1.5) проводили путем приведения его к каноническому виду.

Для приведения к каноническому виду уравнения (1.5) нашли его частные производные по X_1, X_2, X_3, X_4 и получили систему линейных уравнений [32, 42]:

$$\begin{cases} \frac{\partial K}{\partial X_1} = -0,409X_2 + 0,169X_3 - 0,324X_1 = 0 \\ \frac{\partial K}{\partial X_2} = -0,409X_1 - 0,7X_3 - 0,281X_4 - 0,386X_2 = 0 \\ \frac{\partial K}{\partial X_3} = 0,2 - 0,169X_1 - 0,151X_4 = 0 \\ \frac{\partial K}{\partial X_4} = 0,189 - 0,281X_2 - 0,151X_3 - 0,724X_4 = 0 \end{cases}$$

решение которой дает координаты оптимальной точки:

$$X_1 = 0,58; X_2 = -0,581; X_3 = -0,29; X_4 = 0,675.$$

Критерий оптимизации в этой точке составляет $K_5=96,3\%$.

Подробное изучение области оптимума осуществляли методом двумерных сечений. С этой целью в уравнение регрессии (1.5) подставляли значения двух факторов, превращая, таким образом, уравнение регрессии в модель двухфакторного эксперимента [32].

Изучение поверхности отклика методом двумерных сечений дает наглядное представление о влиянии основных факторов на критерий оптимизации вблизи оптимума. По рисункам 1.13 – 1.16 можно судить об изменении степени крошения почвы в зависимости от угловой скорости вращения барабана, массы битера, расстояния между битерами и расстояния до экрана [32].

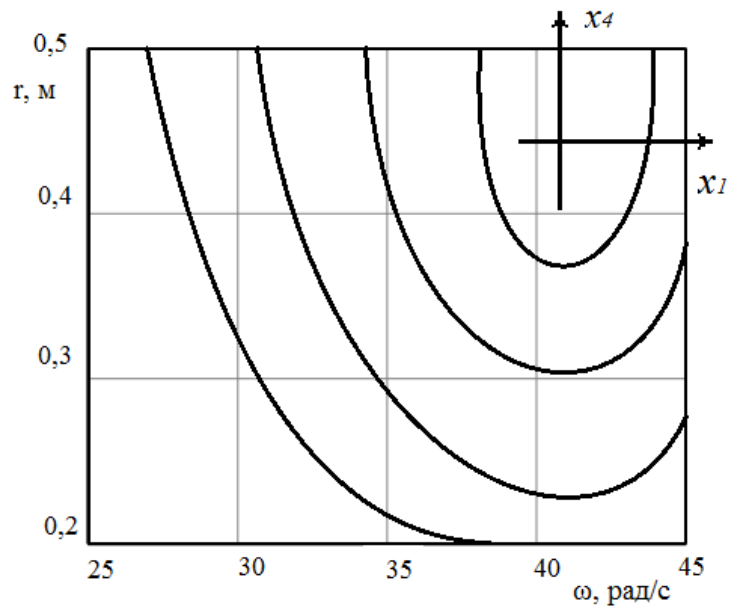


Рисунок 1.13 – Степень крошения почвы в зависимости от угловой скорости ω вращения барабана и расстояния r до экрана

Анализ рисунка 1.13 показал, что наилучший степень крошения почвы наблюдается при угловой скорости $\omega = 41$ рад/с вращения барабана фрезы и расстояния до экрана $r = 0,45$ м.

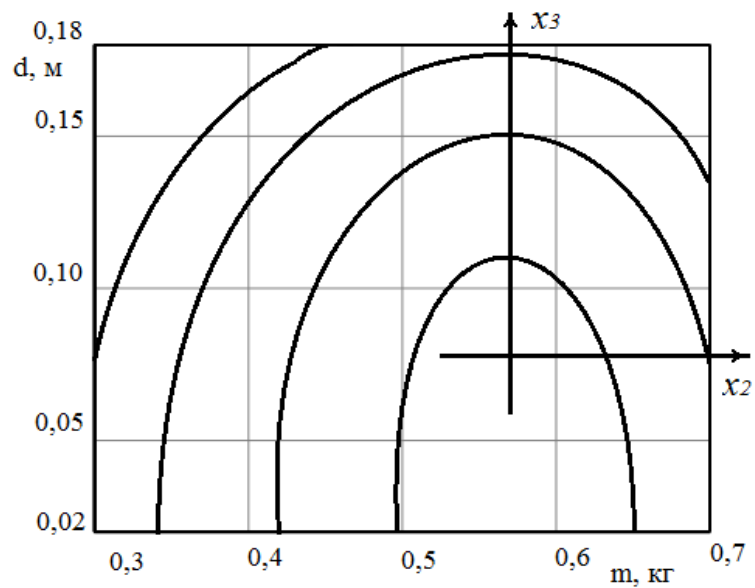


Рисунок 1.14 – Степень крошения почвы в зависимости от массы битера m и расстояния d между битерами

Анализ рисунка 1.14 показал, что наилучший степень крошения почвы наблюдается при массе битера $m = 0,575$ кг и расстояния между битерами $d=0,055$ м.

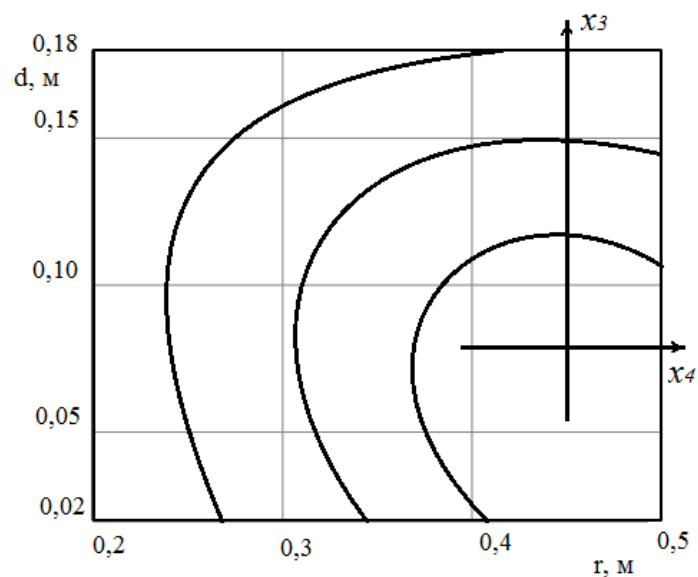


Рисунок 1.15 – Степень крошения почвы в зависимости от расстояния r до экрана и расстояния d между битерами

Анализ рисунка 1.15 показал, что наилучший степень крошения почвы наблюдается при расстоянии между битерами $d=0,055$ м и при расстоянии до экрана $r=0,45$ м.

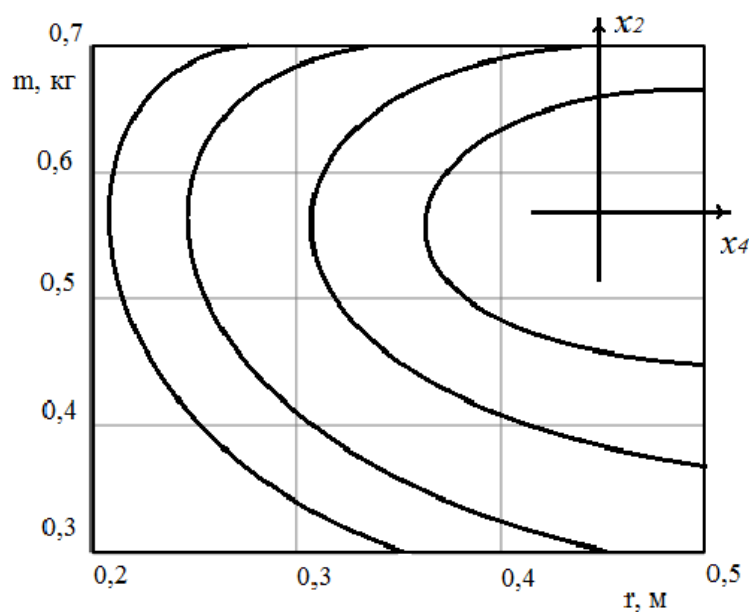


Рисунок 1.16 – Степень крошения почвы в зависимости от расстояния r до экрана и массы бitera m

Анализ рисунка 1.16 показал, что наилучший степень крошения почвы наблюдается при массе бitera $m = 0,575$ кг и расстоянии до экрана $r=0,45$ м.

1.7 Выводы по главе 1

1. Анализ результатов исследований и средств для сплошной обработки почвы показал, что для качественного крошения тяжелых почв и заделки растительных остатков необходимы высокопроизводительные и эффективные почвообрабатывающие машины.

2. Установлено, что наличие прочных комков в клубненосной массе при комбайновой уборке картофеля затрудняет процесс сепарации и отделение клубней.

3. Одним из факторов влияния на качество работы почвообрабатывающих машин является профиль рабочей поверхности ножа. Форма ножа должна обеспечивать вхождение в почву с минимальным сопротивлением и образовать ровное дно борозды по ширине захвата.

4. По результатам многофакторного эксперимента наилучшее степень крошения почвы наблюдается при следующих значениях: угловой скорости $\omega = 41$ рад/с вращения барабана фрезы, массы бitera $m = 0,575$ кг, расстояния до экрана $r=0,45$ м и расстояния между бiteraми $d=0,055$ м.

5. В настоящее время отсутствует общий метод выбора основных параметров и режимов работы почвообрабатывающих машин. С целью уменьшения энергоемкости фрезерования и улучшения качества рыхления почвы требуется новый подход в обосновании профиля рабочей поверхности ножа.

1.8 Цель и задачи исследования

Активное внедрение в сельскохозяйственное производство ресурсосберегающих технологий возделывания картофеля невозможно реализовать без высокопроизводительных почвообрабатывающих машин. К таким машинам должны быть предъявлены особые требования.

Цель работы. Повышение качества обработки почвы за счет рационального выбора параметров фрезы к посадке картофеля.

Задачи исследования:

1. Разработать математическую зависимость крошения почвенных

комков при предпосадочной подготовке почвы.

2. Обосновать конструктивные параметры и профиль рабочей поверхности ножа, обеспечивающий улучшения качества рыхления почвы в соответствии с агротехническими требованиями возделывания картофеля.

3. Провести экспериментальные исследования почвообрабатывающей фрезы с зубцеобразным профилем рабочей поверхности ножей.

4. Исследовать влияние разработанного зубцеобразного профиля рабочей поверхности ножа на качественные показатели работы картофелеуборочного комбайна.

5. Рассчитать экономический эффект результатов исследования.

2 Теоретическое обоснование крошения почвенных комков техническими средствами при предпосадочной подготовке почвы

2.1 Теоретические исследования рыхления почвенных комков для подготовки почвы под картофель

В мировой практике производство и потребление картофеля занимает одно из первых мест. Одним из важнейших факторов повышения урожайности картофеля является основная обработка почвы. С целью получения высококачественного отечественного семенного материала необходимо создать благоприятные условия для роста и развития клубней. Для создания оптимального водно-воздушного и теплового режимов при посадке картофеля необходимо соблюдать следующие требования: уменьшить зараженность пахотного слоя вредителями и болезнями, уничтожить сорняки, обеспечить рыхлый пахотный слой [5, 34, 35, 43, 47, 69, 72, 74, 85, 86, 87, 100, 124, 125, 126, 127].

Для решения этой проблемы необходимо обеспечить разрушение прочных почвенных комков динамическим способом, с помощью комкоразрушающего битерного барабана машинами для подготовки почвы. Это технология, особенно, актуальна в тяжелых почвенно-климатических условиях.

На качество крошения почвенных комков сильно влияют их свойства.

К основным характеристикам почвенных комков следует отнести их фракционный состав и прочностные свойства [34].

Разрушение почвенных комков (до 80%) происходит при падении с высоты 1–1,5 м [42].

Также до 80% почвенных комков тяжелой глины влажностью 17–22% разрушаются при статическом сжатии силой 0,1–0,2 кН.

При предпосадочной подготовке почвы должны быть выполнены следующие технологические операции:

- нарезка борозд (расстояние между ними равно колее трактора и кратно ширине захвата посадочных и уборочных машин);

- подкоп пласта почвы между бороздами и подача почвенной массы на элеваторы;
- рыхление и сепарация мелких почвенных комков;
- крошение прочных и крупных комков;
- укладка неразрушенных комков и камней в борозды [1, 32, 34, 42].

Технология ударного разрушения почвенных комков исследовалась многими учеными, такими как: Ф. Кик, В.Л. Кирпичев, П.А. Ребиндер, Н.А. Кильчевский, И.М. Панов, П.И. Гаджиев.

Разрушение комков характеризовали степенью дробления по формуле

$$i = \frac{D}{d},$$

где D – первоначальный диаметр комка; d – средневзвешенный диаметр частиц после разрушения [34].

Результаты исследований показали, что наибольшее влияние на разрушение почвенных комков оказывает их влажность и скорость соударения.

С уменьшением влажности возрастает степень дробления, а энергоёмкость снижается. С повышением скорости удара степень дробления несколько снижается, а удельная энергоёмкость возрастает. Минимальная скорость соударения, при которой происходит разрушение почвенного комка, равна 6–8 м/с [34].

Улучшения динамического разрушения прочных почвенных комков можно добиться с помощью установленного экрана после комкоразрушающего битерного барабана в машине для подготовки почвы с целью дополнительного дробления комков [10, 12, 34, 42].

Рассмотрим движение комка почвы после удара битером (рисунок 2.1) [34, 42].

Введём следующие обозначения:

R – расстояние между осью вращения барабана и осью подвеса битера, м;

L – расстояние между точкой приложения ударного импульса и осью подвеса, м;

ω – угловая скорость вращения барабана, рад/с;

t – время, с;

v_k – величина скорости поступательного движения комка после удара битером, м/с.

При разрушении комков битерным барабаном часть комков приводится битерами в поступательное движение вдоль элеватора со скоростью равной окружной скорости битеров.

Предположим, что вращающийся битер с угловой скоростью вращения ω встречает комок почвы массой M , при этом удар центральный и не вполне упругий. После удара комок почвы приобретает скорость v_k , определяемую равенством $v_k = \omega(R + l)$ и направленную под углом α к плоскости элеватора [34]. Проекция скорости $\vec{v}_k$ комка почвы задаются формулами

$$\begin{cases} v_x = v_k \cos \alpha \\ v_y = v_k \sin \alpha - gt. \end{cases} \quad (2.1)$$

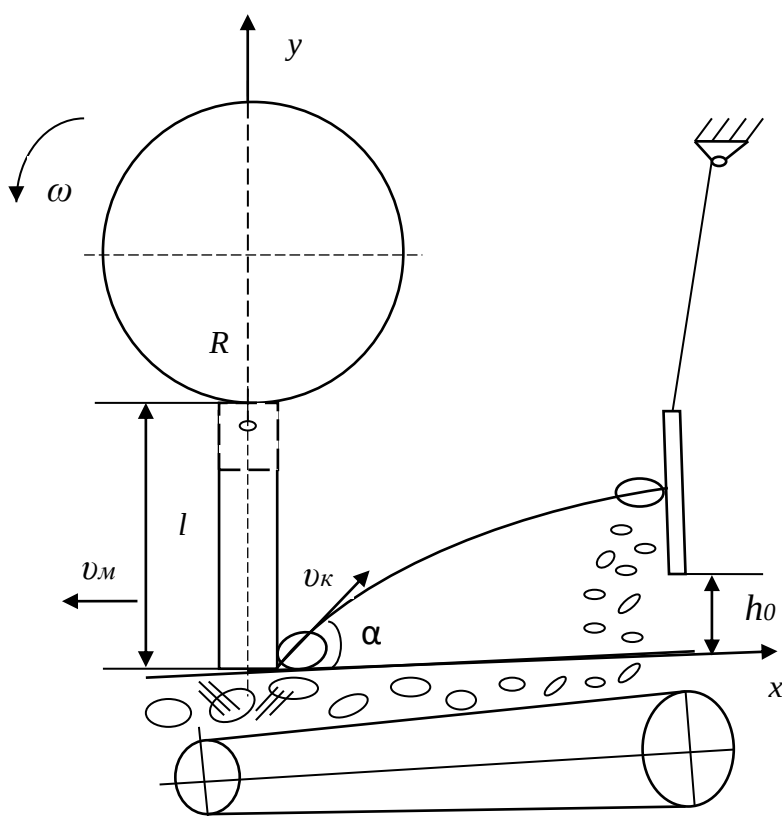


Рисунок 2.1 – Схема движения комка почвы при ударе битером

Максимальная высота h , на которую может долететь комок почвы при поступательном движении со скоростью v_k :

$$h = \frac{v_k^2 \sin^2 \alpha}{2g} ; \quad (2.2)$$

$$h = \frac{\omega^2 (R+l)^2 \sin^2 \alpha}{2g} . \quad (2.3)$$

Пусть на расстоянии r от оси вращения барабана и на высоте h_0 расположен экран с шириной $b_{\text{эк}}$, тогда для максимальной высоты h подъема комка почвы имеем [34]:

$$h = h_0 + b_{\text{эк}} . \quad (2.4)$$

При достижении комком почвы максимальной высоты подъема

$v_y = 0$, тогда из равенств (2.1) получим, что время подъема до максимальной высоты $t = \frac{v_k \sin \alpha}{g}$, а дальность полета при максимальной высоте $S_x = \frac{v_k^2 \sin 2\alpha}{2g}$ [34].

Предположим, что комок достигает максимальной высоты при ударе на экран, тогда получим равенство

$$\frac{v_k^2 \sin 2\alpha}{2g} = r . \quad (2.5)$$

Из равенства (2.5) имеем:

$$r = \frac{\omega^2 (R+l)^2 \sin 2\alpha}{2g} . \quad (2.6)$$

Считаем расстояние $R=0,138$ м и $l=0,124$ м заданными и неизменными. Тогда формула (2.6) позволяет определить угол подачи комка α , в зависимости от угловой скорости вращения барабана ω и расстояния r :

$$\alpha = \frac{1}{2} \arcsin \frac{2gr}{\omega^2 (R+l)^2} . \quad (2.7)$$

Из графика на рисунке 2.2 следует, что при $r=0,45$ м (расстояние от бitera до экрана) рациональные значения угла α подачи комка почвы изменяются в пределах $1,8^\circ - 6^\circ$.

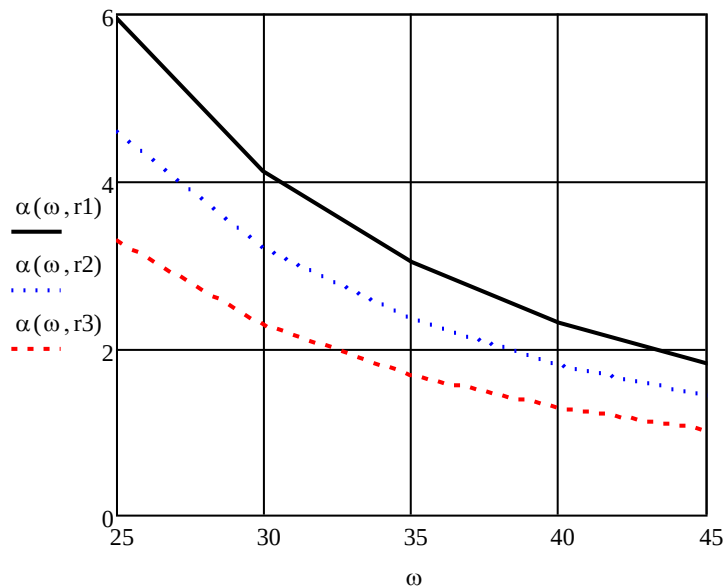


Рисунок 2.2 – Влияние угловой скорости вращения барабана ω на угол подачи комков:

1 – $r=0,45$ м; 2 – $r=0,35$ м; 3 – $r=0,25$ м

Зная угол α подачи комка почвы, можно определить высоту h_0 , на которую следует установить экран [34]

$$h_0 = rtg\alpha.$$

При изменении значения угла α подачи комка почвы, от $1,8^\circ$ до 6° , значение h_0 изменяется в пределах $1,5$ см – 5 см (рисунок 2.3).

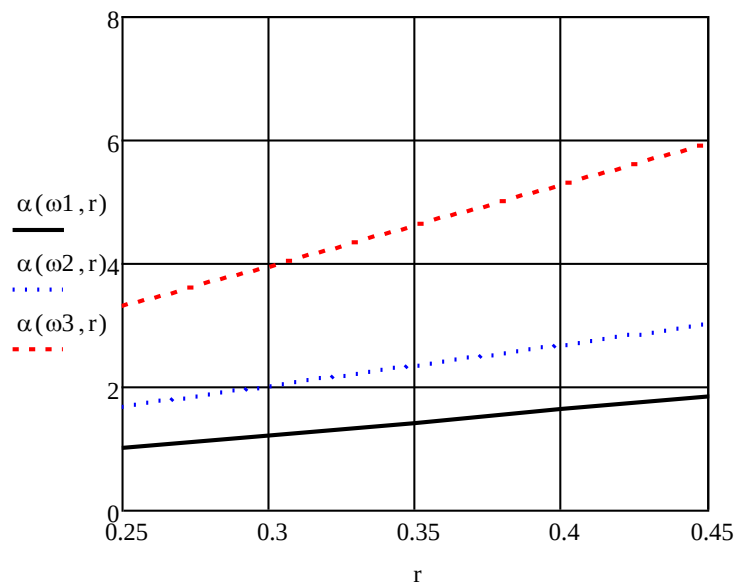


Рисунок 2.3 – Влияние расстояния r от бitera до экрана на угол подачи комков:

1 – $\omega=45$ рад/с; 2 – $\omega=35$ рад/с; 3 – $\omega=25$ рад/с

Теоретически определено, что рациональная степень крошения почвы $i = 96,3\%$ достигается при угловой скорости вращения битерного барабана $\omega = 40,8$ рад/с и расстояние от бitera до экрана $r = 0,45$ м [34].

Полученные нами теоретические предпосылки подтверждены результатами экспериментальных данных, расхождения между ними составляют $\pm 5\%$ [34].

Почвообрабатывающие фрезы по сравнению с известными почвообрабатывающими машинами и орудиями обладают рядом преимуществ. Обработка почвы фрезой заменяет сплошную культивацию и боронование, обеспечивая вместе с идеальным рыхлением выравнивание поверхности, эффективное задержание влаги в почве, измельчение пожнивных остатков предшествующей культуры, а также заделку органических удобрений, предварительно распределенных на поверхности обрабатываемого участка. Такая комплексная обработка позволяет сократить время на подготовку почвы и осуществить посев и посадку культуры в сжатые агросроки. В результате всего этого увеличивается биологическая активность почвы, повышается равномерность заделки семян по глубине, снижается водная эрозия, в следствие чего увеличивается урожайность сельскохозяйственных культур.

Несмотря на это, использование почвообрабатывающих фрез в сельскохозяйственном производстве ограничено из-за сложности конструкций и низкой надежности по сравнению с другими почвообрабатывающими орудиями, также наблюдается повышенный износ рабочих органов. При неправильно выбранных конструктивных параметрах и режимах работы наблюдается высокая энергоемкость.

Рассмотрим движение ножей фрезы (рисунок 2.4). Ножи фрезы, двигаясь в почве, совершают сложное движение: поступательное и вращательное. Каждый нож фрезы отрезает сегментообразный почвенный пласт (стружку), отрезаемый пласт перемещается и крошится рабочей поверхностью ножа на мелкие частицы, размеры которых зависят от свойств почвы и кинематического режима работы фрезы [90, 92].

При обработке почвенного пласта ножом фрезы можно выделить три фазы (рисунок 2.4):

1) нож, врезаясь в почву, расклинивает пласт, отделяя от него срезаемую стружку;

2) нож ударным воздействием поверхности взаимодействует с частицами пласта, разрыхляя их. При этом, если угол установки ножа небольшой, то нож как клин будет двигаться в разрыхленной почве, которая пересыпается через его верхнюю грань. При больших углах установки ножа увеличивается сопротивление вращению фрезы из-за почвы, сгущающейся перед ножом;

3) нож выходит из разрыхленного слоя почвы. В этой фазе также ножи с разными углами установки будут взаимодействовать с почвой по-разному. При большом угле установки нож будет выбрасывать почву из канавки. Исходя из этого, можно предположить, что нож с малым углом установки при выходе из разрыхленного слоя подача почвы уменьшится до определенного предела [93, 94].

От правильного выбора кинематических и конструктивно-технологических параметров почвообрабатывающей фрезы с зубцеобразной формой ножа зависит качество обработки почвы.

Рассмотрим кинематику рабочего органа фрезы.

В процессе фрезерования угол резания α изменяется в зависимости от угла поворота фрез барабана φ , значение которого можно определить с помощью расчетной зависимости:

$$\alpha = \frac{\pi}{2} - \varphi - i \pm \arctg \left(\frac{\sin \varphi}{\frac{1}{\lambda} \pm \cos \varphi} \right), \quad (2.8)$$

где i – минимальный угол установки ножа; λ – кинематический показатель; φ – угол поворота фрез барабана.

Одним из главных условий для того чтобы спинка ножа не упиралась в пласт для значений угла резания является

$$\frac{\pi}{2} - \varphi - i > 0.$$

Приведенное условие может быть использовано как при анализе эффективности работы существующих почвообрабатывающих фрез, так же и при проектировании новых машин [90, 91].

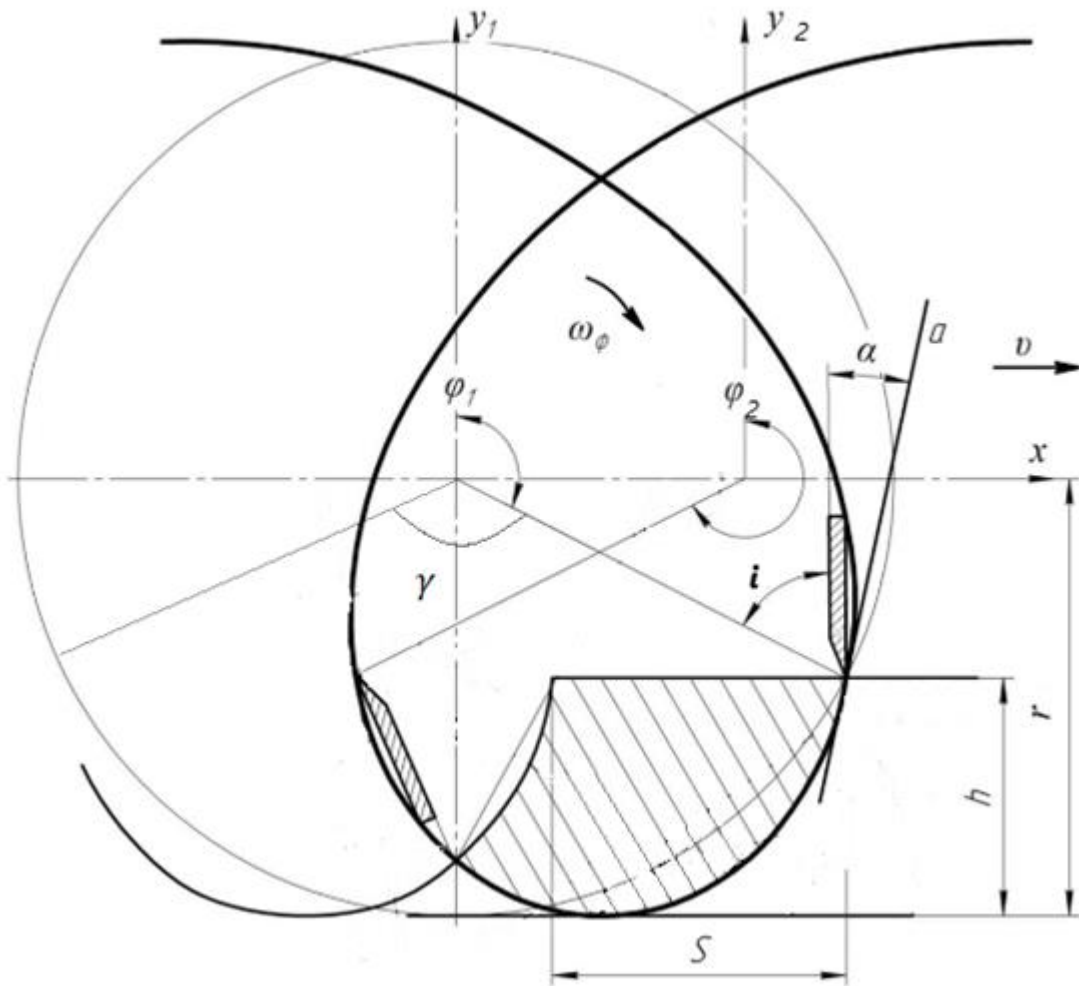


Рисунок 2.4 – Кинематика рабочего органа почвообрабатывающей фрезы

Угол входа φ_1 и угол выхода φ_2 (рисунок 2.4) будут определяться зависимостями:

$$\varphi_1 = 90^\circ + \arcsin\left(1 - \frac{h}{R}\right); \quad (2.9)$$

$$\varphi_2 = 270^\circ - \arcsin\left(1 - \frac{h}{R}\right); \quad (2.10)$$

где h – глубина обработки почвы, м; R – радиус барабана фрезы, м.

Тогда угол атаки ножа фрезы можно определить следующим образом:

$$\gamma = \varphi_1 - \varphi_2 = 180^\circ - 2 \arcsin\left(1 - \frac{h}{R}\right). \quad (2.11)$$

Из графика на рисунке 2.5 видно, что с увеличением глубины обработки угол атаки ножа увеличивается, при $h = 0,12$ м и $R = 0,24$ м, угол атаки ножа $\gamma = 125^\circ$.

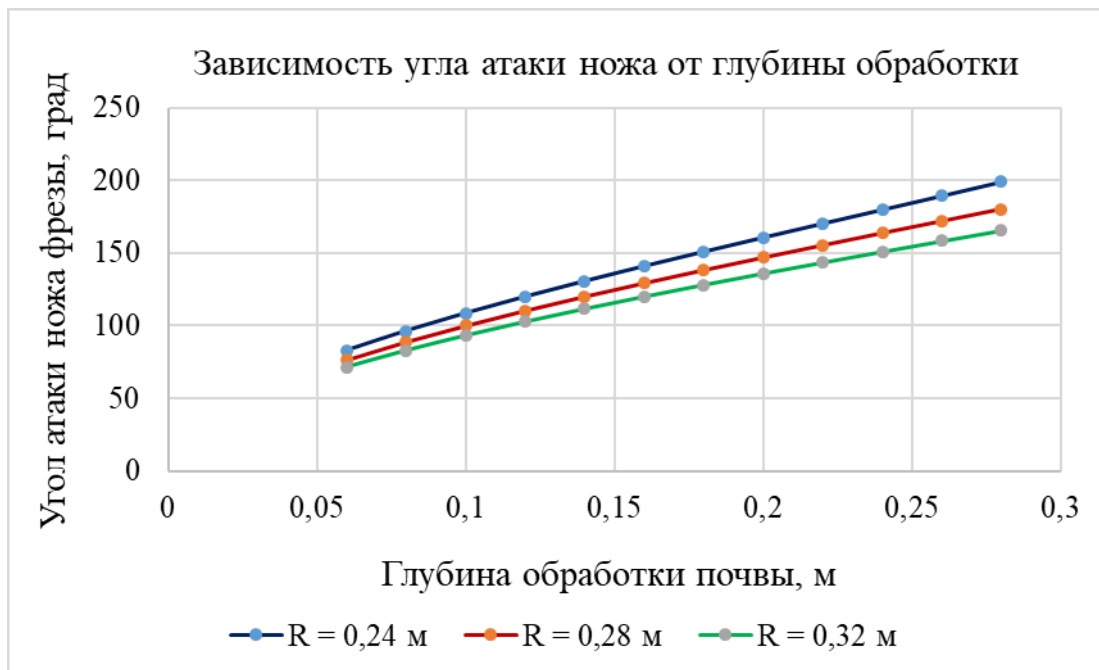


Рисунок 2.5 – Зависимость угла атаки ножа фрезы от глубины обработки почвы

При установке рационального значения угла атаки ножа почвообрабатывающей фрезы улучшается обрачиваемость, повышается интенсивность деформации и перемешивания почвы.

2.2 Обоснование основных конструктивно-технологических параметров фрезерного рабочего органа

При проведении культивации и боронования почвы на поверхностном слое могут остаться большие глыбы. Для дополнительного разрыхления почвы с одновременным выравниванием ее поверхности, а также для измельчения и заделки пожнивных остатков предшественника предлагается применить фрезу с горизонтальной осью вращения. Ножи фрезы зубцеобразным профилем рабочей поверхности закреплены на дисках, установленных на цилиндрическом барабане, который приводится в движение от ВОМ трактора.

С целью качественного выполнения технологического процесса обработки почвы необходимо правильно выбрать технологические и конструктивные параметры фрезерного рабочего органа.

С целью определения рационального значения диаметра барабана почвообрабатывающей фрезы по формуле Полтавцева И.С. [11, 121, 133, 135] выберем максимальную глубину обработки почвы. Глубина посадки картофеля зависит от типа почвы, времени и способа посадки, ее оптимальное значение составляет 6–10 см. Глубину обработки почвы определяем исходя из вышесказанного и с учетом, что заделка растительных остатков по глубине должна быть ниже глубины посадки картофеля.

Таким образом, глубина обработки почвы равна $h = 12$ см.

Тогда по формуле

$$\frac{2h}{D} = 0,38 \dots 0,5.$$

Диаметр барабана фрезы для предлагаемого рабочего органа получается $D = 48 \dots 63$ см.

Кинематические и конструктивно-технологические параметры фрезерного рабочего органа для случая, когда почвообрабатывающая фреза агрегируется с трактором МТЗ-80 при $v_n = 3,0 - 5,0$ км/ч; $v_{окр} = 35 - 45$ рад/с и $D = 48 \dots 63$ см, рассчитываются по следующей методике.

Определим кинематический показатель фрезы:

$$\frac{v_{окр}}{v_n} = \lambda = 10 \dots 11,$$

где $v_{окр}$ – окружная скорость барабана, м/с; v_n – скорость поступательного движения фрезы, м/с; λ – кинематический показатель фрезы.

Определим количество оборотов барабана:

$$n = \frac{60v_{окр}}{\pi D} = 200 \dots 265 \text{ мин}^{-1}.$$

Величина подачи для суглинистых почв равна:

$$S = \frac{60v_n}{nz} = 6 \dots 10 \text{ см},$$

где v_n – скорость поступательного движения фрезы, м/с; n – частота вращения, мин⁻¹; S – подача на нож, м.

Определим число ножей на диске барабана фрезы:

$$z = \frac{60v_n}{nS} = 1,9 \dots 2,5 \text{ шт.}$$

Исходя из полученных расчетов, число ножей на каждой секции барабана фрезы возьмем равным трем.

Из треугольника OAB на рисунке 2.6 по теореме косинусов найдем зависимость угла установки ножа фрезы от длины ножа и глубины обработки почвы:

$$OB^2 = OA^2 + AB^2 - 2OA \cdot AB \cdot \cos i. \quad (2.12)$$

OB=R_н=R+h, OA=R и AB=l, тогда из формулы (2.12) имеем

$$\cos i = \frac{R^2 + l^2 - (R+h)^2}{2Rl},$$

$$i = \arccos \left(\frac{R^2 + l^2 - (R+h)^2}{2Rl} \right),$$

где R_н – радиус крайней точки ножа фрезы, м; R – радиус барабана фрезы, м; h – глубина обработки почвы, м; l – длина ножа фрезы, м.

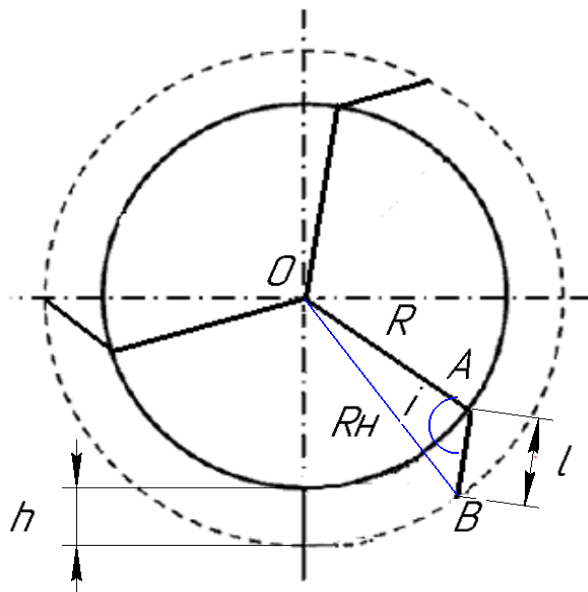


Рисунок 2.6 – Расчетная схема для определения угла установки ножа фрезы

Из графика на рисунке 2.7 зависимости угла установки ножа фрезы от глубины обработки почвы видно, что при длине ножа $l = 0,12 \dots 0,22$ м с

увеличением глубины обработки угол установки увеличивается. При глубине обработки $h = 0,12$ м, угол установки $i = 90,1^\circ$.

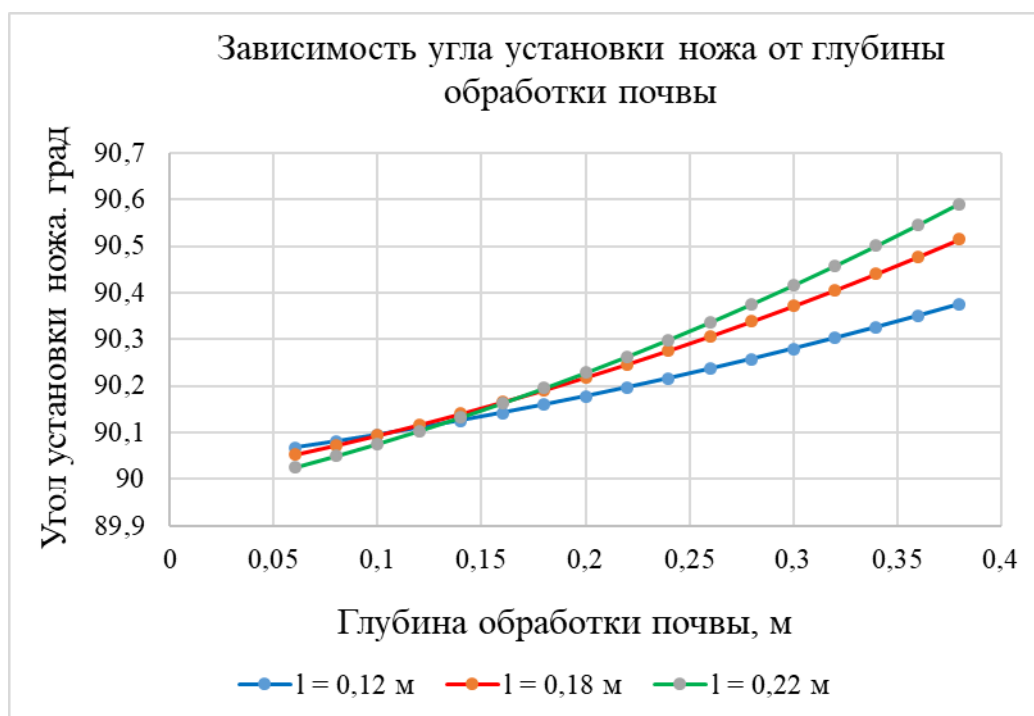


Рисунок 2.7 – Зависимость угла установки ножа фрезы от глубины обработки почвы

Из графика на рисунке 2.8 зависимости угла установки ножа фрезы от его длины видно, что при глубине обработки $h = 0,08...0,16$ м с увеличением длины ножа угол установки уменьшается. При длине ножа $l = 0,12$ м, угол установки $i = 90,1^\circ$.

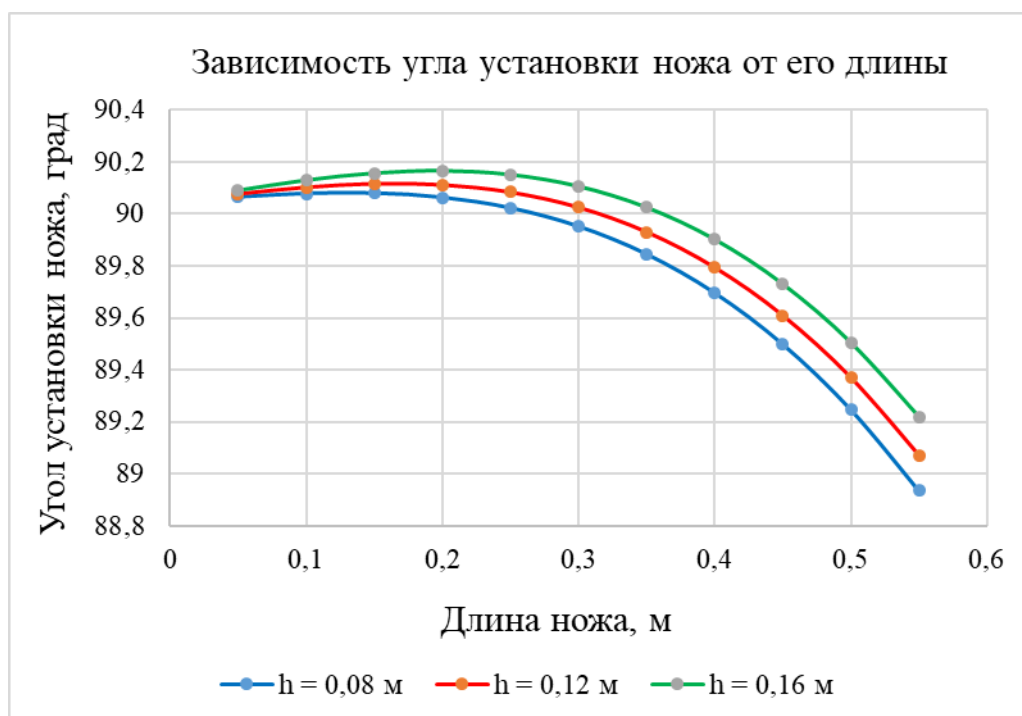


Рисунок 2.8 – Зависимость угла установки ножа фрезы от его длины

Таким образом, получены следующие кинематические и конструктивно-технологические параметры почвообрабатывающей фрезы: количество оборотов – 200...265 мин⁻¹; подача на нож – 0,06...0,10 м; число ножей – 3 шт.; диаметр барабана фрезы – 0,48...0,63 м; глубина обработки почвы – 0,12 м; длина ножа – 0,12...0,22 м; угол установки ножа – $i = 90,1^\circ$.

2.3 Уравнение движения фрезерных ножей зубцеобразной формы

Значительное влияние на качество работы почвообрабатывающей машины с активными рабочими органами оказывает профиль их рабочей поверхности [30, 104, 129].

Рассмотрим движение точек фрезерных ножей предложенной фрезы с ножами зубцеобразной формы (рисунок 2.9) [31].

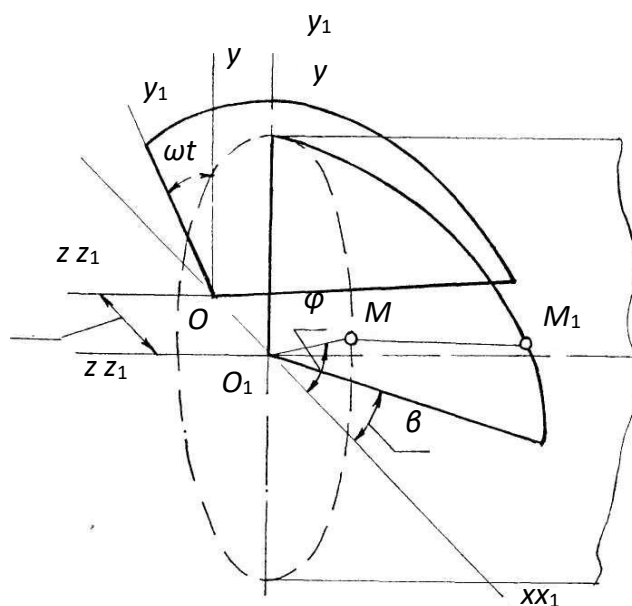


Рисунок 2.9 – Схема движения точек фрезерных ножей зубцеобразной формы

Для определения оптимальных конструктивных параметров составим уравнения движения точек фрезерных ножей зубцеобразной формы (рисунок 2.10) [31]:

$$\left. \begin{aligned} X &= X_0 + R_i \sin \Theta \sin \psi \sin(\varphi + \omega t) + R_i \cos \psi \cos(\varphi + \omega t) - R_i \operatorname{tg} \sigma \cos \Theta \sin \psi + f_1(t); \\ Y &= Y_0 + R_i \operatorname{tg} \sigma \sin \Theta + R_i \cos \Theta \sin(\varphi + \omega t) + f_2(t); \\ Z &= Z_0 + R_i \sin \psi \cos(\varphi + \omega t) + R_i \operatorname{tg} \sigma \cos \Theta \cos \psi - R_i \sin \Theta \cos \psi \sin(\varphi + \omega t) + f_3(t); \end{aligned} \right\} (2.13)$$

где R_i – текущий радиус точки ножа;

ψ – угол между осью фрезы и направлением движения, град;

Θ – угол наклона фрезы к поверхности поля, град;

φ – исходный угол поворота ножа, град;

ω – скорость вращения ножа, $\text{рад} \cdot \text{с}^{-1}$;

t – время, с;

σ – угол установки ножа, град;

X, Y, Z – неподвижная система координат;

X_0, Y_0, Z_0 – координаты подвижной системы координат в начальный момент времени;

$f_1(t), f_2(t), f_3(t)$ – законы изменения положения подвижных систем координат по осям [31, 39].



Рисунок 2.10 – Нож почвообрабатывающей фрезы с зубцеобразным профилем

Выражение (2.14) определяет траекторию движения ножей в различных координатах. Уравнение движения образующей зубцеобразного ножа получим, проведя сечение кинематической поверхности плоскостью, перпендикулярной оси вращения, отстоящей от плоскости xu на расстоянии n :

$$\left. \begin{aligned} x &= V_{\text{м}} t - u \sin\left(\frac{n}{R \operatorname{tg} \tau} - \omega t\right) + R \sin \gamma \cos\left(\frac{n}{R \operatorname{tg} \tau} - \omega t\right); \\ y &= u \cos\left(\frac{n}{R \operatorname{tg} \tau} - \omega t\right) + R \sin \gamma \sin\left(\frac{n}{R \operatorname{tg} \tau} - \omega t\right). \end{aligned} \right\} \quad (2.14)$$

При $n=0$ из (2.14) можно получить явное уравнение следа режущей кромки на поверхности почвы и размеры стружки:

$$X = \sqrt{h(2R - h)} + \frac{V_{\text{м}}}{\omega} \left(\gamma - \arccos \frac{R - h}{R} + \frac{Z}{R \operatorname{tg} \tau} \right). \quad (2.15)$$

Объем рыхления почвы при работе почвообрабатывающих фрез определяется:

$$V_c = S_c \times b_i = \frac{\left(R_d \cdot \left(\sqrt{1 - \frac{h_0^2}{R_d^2}} \right) \cdot (\lambda \cdot h_0 + 2 \cdot R_d) + (\lambda \cdot R_d + 2 \cdot h_0) \cdot \arcsin \left(\frac{h_0}{R_d} \right) \right) \times b_i}{50 \cdot \lambda \times Z_i}, \quad (2.16)$$

где R_d – радиус барабана, м; h_0 – глубина обработки почвы, м; λ – показатель кинематического режима работы фрезы; Z_i – число ножей в одной секции, шт.; b_i – ширина захвата ножа, м [31].

Проблема основной и предпосадочной обработки почвы особенно актуально для посадки картофеля на суглинистых и тяжелосуглинистых почвах. От качества обработки почвы зависит урожайность сельскохозяйственных культур. При обработке почвы под посадку картофеля необходимо создать благоприятные условия для роста и развития клубней.

Во время использования почвофрез с активными рабочими органами в процессе отрезания от почвенного пласта небольшой стружки одновременно осуществляется перемешивание верхних слоев почвы с удобрениями и равномерная заделка растительных остатков. Используются почвообрабатывающие фрезы на различных видах почв, особенно часто производят фрезерование тяжелых комковатых почв, а также целинных и залежных земель.

Существует два основных метода фрезерования – это попутное и встречное фрезерование (рисунок 2.11). Попутное фрезерование – это

фрезерование, при котором направление движения агрегата совпадает с направлением вектора скорости резания фрезы. При попутном фрезеровании поступательная скорость трактора и угловая скорость вращения фрезы направлены в одну и ту же сторону, при встречном – в разные.

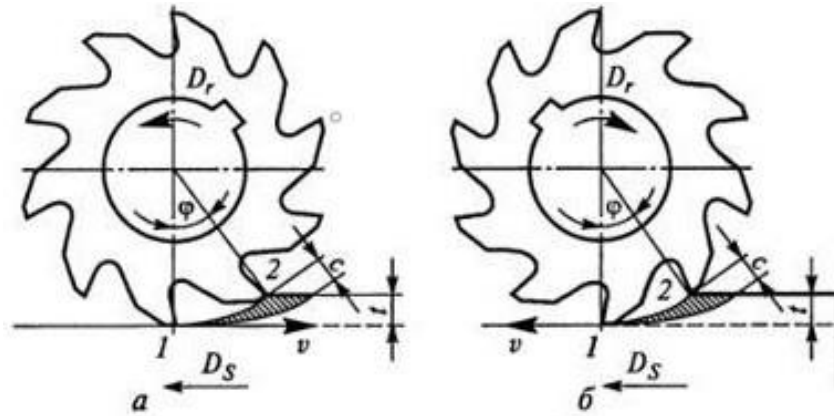


Рисунок 2.11 – Методы фрезерования: а – встречное; б – попутное

Величина абсолютной скорости фрезы составит:

$$V_a = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} = \sqrt{V_M^2 - 2V_M \cdot \omega t + R^2 \omega^2 \cos^2 \omega t} = \sqrt{V_M^2 - 2V_M \cdot \omega R \cdot \sin \omega t + R^2 \omega^2} =$$

$$= R\omega \cdot \sqrt{\frac{1}{\lambda^2} - \frac{2}{\lambda} \cdot \sin \omega t + 1} = \frac{R\omega}{\lambda} \cdot \sqrt{1 - 2\lambda \cdot \sin \omega t + \lambda^2} = V_M \cdot \sqrt{\lambda^2 - 2\lambda \cdot \sin \omega t + 1} \quad (2.17)$$

Уравнение (2.17) определяет скорость резания при прямом вращении фрезы с момента врезания ножа в почву ($\alpha \approx 30^\circ$) и до конца отрезания стружки.

Используя рациональную формулу, предложенную академиком В.П. Горячкиным [47], можно определить силы сопротивления:

$$P = P_1 + P_2 + P_3,$$

где P_1 – сопротивление, затрачиваемое для передвижения;

P_2 – сопротивление, затрачиваемое на различные деформации почвенного пласта;

P_3 – сопротивление, затрачиваемое на отбрасывание пласта в сторону.

Сопротивление холостого хода P_1 может быть подсчитано по формуле

$$P_1 = Gf,$$

где G – вес фрезы; f – коэффициент сопротивления передвижению.

P_2 – сопротивление, затрачиваемое на различные деформации почвенного пласта, относится к полезным сопротивлениям и учитывает деформации и разрушение обрабатываемого пласта:

$$P_2 = kabm,$$

где: k – коэффициент удельного сопротивления почвы, Н/см²; m – количество ножей; a , b – соответственно глубина пахоты и ширина захвата.

Удельное сопротивление почвы не является постоянным, и зависит от физико-механических свойств почвы (состава, степени твердости, влажности, засоренности и др.), от глубины обработки, от формы и состояния рабочих поверхностей, от рабочей скорости агрегата и т. п.

P_3 – учитывает то сопротивление, которое возникает при сообщении скорости почвенному пласту для его отбрасывания в сторону поля:

$$P_3 = \varepsilon abmv^2,$$

где ε – коэффициент, зависящий от формы рабочей поверхности отвала и свойств почвы; v – поступательная скорость движения фрезы.

Подставив значения составляющих в первое уравнение, получим окончательное выражение рациональной формулы силы сопротивления:

$$P = Gf + kabm + \varepsilon abmv^2.$$

Определенное по данной формуле тяговое сопротивление фрезы является средней величиной. В действительности оно, постоянно колеблется в большей или меньшей степени около среднего значения. Средняя величина тягового сопротивления позволяет определить различные параметры фрезы, которая может агрегатироваться с разными тракторами. Анализ приведенной формулы не учитывает рельеф местности, поэтому введем эмпирический коэффициент η , учитывающий рельеф местности. Тогда формула преобразуется в следующий вид:

$$P = Gf + kabm + \eta \varepsilon abmv^2.$$

Следовательно, эмпирический коэффициент, учитывающий рельеф местности η , определится:

$$\eta = (P - (Gf + kabm)) / \varepsilon abmv^2.$$

Экспериментальные исследования показали, что значение эмпирического коэффициента находится в пределах 3–5% (рисунок 2.13 и 2.14).



Рисунок 2.13 – Экспериментальные исследования по определению эмпирического коэффициента рельефа местности

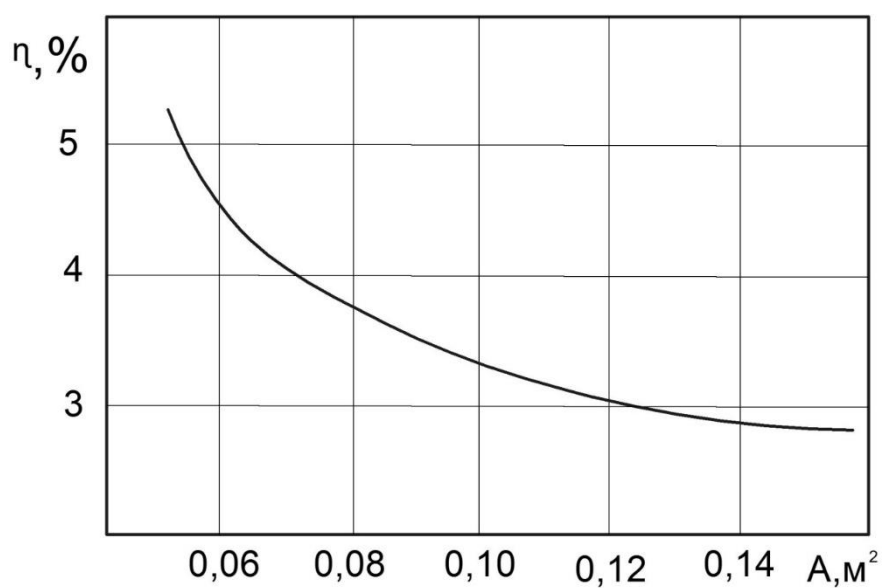


Рисунок 2.14 – Зависимость эмпирического коэффициента рельефа местности от площади обрабатываемого пласта за оборот

Вывод: с увеличением площади обрабатываемого пласта за оборот, коэффициент рельефа местности уменьшается по гиперболической зависимости и составляет в пределах $0,06...0,08 \text{ м}^2 - 1 \%$, а в пределах $0,10...0,12 \text{ м}^2 - 0,5 \%$.

Выводы по главе 2

1. Разработана математическая зависимость, отражающая влияние значимых факторов на величину крошения почвы.

2. Получено математическое уравнение, определяющее угол атаки и угол установки ножа фрезы.

3. С увеличением глубины обработки угол атаки ножа увеличивается, при $h = 0,12 \text{ м}$ и $R = 0,24 \text{ м}$, угол атаки ножа $\gamma = 125^\circ$.

4. С увеличением глубины обработки угол установки увеличивается. При глубине обработки $h = 0,12 \text{ м}$, оптимальный угол установки $i = 90,1^\circ$.

5. Определены кинематические и конструктивно-технологические параметры почвообрабатывающей фрезы: количество оборотов барабана фрезы – $200...265 \text{ мин}^{-1}$; подача на нож – $0,06...0,10 \text{ м}$; число ножей – 3 шт.; диаметр барабана – $0,48...0,63 \text{ м}$; глубина обработки почвы – $0,12 \text{ м}$; длина ножа – $0,12...0,22 \text{ м}$; угол установки ножа – $i = 90,1^\circ$.

6. Установлено, что с увеличением площади обрабатываемого пласта за оборот коэффициент рельефа местности уменьшается по гиперболической зависимости и составляет в пределах $0,06...0,08 \text{ м}^2 - 1 \%$, а в пределах $0,10...0,12 \text{ м}^2 - 0,5 \%$.

3 Программа и методика экспериментальных исследований

3.1 Программа экспериментальных исследований

Для подтверждения и дополнения теоретических исследований, определения влияния длины ножа, угловой скорости вращения фрезерного барабана и числа ножей на степень крошения почвенных комков были осуществлены экспериментальные исследования, влияющие на урожайность картофеля, снижения повреждения клубней при комбайновой уборке и увеличение скорости уборочной техники [37].

Программа исследований включала:

- разработку методики экспериментальных исследований в соответствии с ГОСТ 7057-2001;
- выбор объектов и места проведения экспериментальных исследований согласно ГОСТ 20915-2011 и СТО АИСТ 4.2.-2010;
- определение планов проведения исследований и оптимальных пределов изменения рассматриваемых факторов на основании ГОСТ 24026-80;
- подготовку приборов к работе, определение их погрешностей измерения;
- проведение экспериментальных исследований и регистрации измеряемых факторов (параметров) согласно ГОСТ 30745-2001, ГОСТ 3481-79, ГОСТ 24026-80;
- подготовку и обработку полученного экспериментального материала в соответствии с ГОСТ 8.207-76.

3.2 Объекты и место проведения исследований

В качестве объекта исследований принят процесс взаимодействия фрезы с зубцеобразной формой ножа с почвой.

Ножи изготовлены из изностойкой стали, термообработанной до высокой твердости. Расположение ножей на барабане обеспечивает равномерный вход фрезы в почву, а углы скоса – самоочищение ножей от почвы и растительности. Глубина захода почвы регулируется изменением положения опорного катка относительно рамы так, чтобы одновременно

происходило копирование рельефа поля. При этом обеспечивается постоянная, но регулируемая величина заглубления ножей в почву.

Фреза почвообрабатывающая (рисунок 3.1) предназначена для предпосевной обработки грунта различного состава, с уклоном местности и отдельными микронеровностями не более 20 см, под посадки овощных культур, без оборота пласта по фону зяби или весновспашки. Фреза за один проход выполняет следующие технологические операции: фрезерование почвы активными рабочими органами, уничтожение сорной растительности и выравнивание микрорельефа. Почвенная фреза создает оптимальную плотность почвы благодаря высокой степени крошения, повышает ее биологическую и биохимическую активность, улучшает все физические свойства почвы, что способствует повышению урожайности культур.

В соответствии с ОСТ 101.1-98, ОСТ104.2-2001 и ОСТ 70.4.2-80 проводится проверка соответствия агротехнических требований к предъявляемым почвообрабатывающим фрезерным машинам. В таблице 3.1 приведены основные технические характеристики почвообрабатывающей фрезы ФН-1,2.

Таблица 3.1 – Техническая характеристика почвообрабатывающей фрезы ФН-1,2

№ п.п.	Показатель	Значение
1	Вид фрезы	навесной
2	Агрегируется трактором	класса 1,4
3	Привод рабочего органа	ВОМ
4	Рабочая скорость, км/ч	5,0...8,0
5	Транспортная скорость, км/ч	до 20
6	Обслуживающий персонал агрегата, человек	1
7	Глубина обработки почвы, см фрез барабанами, см	14
		12
8	Масса фрезы (без запчастей), кг	700

Применяемые измерительные приборы и оборудование проверялись до начала испытаний в соответствии с требованиями ГОСТ 8.002-86 «Государственный надзор и ведомственный контроль за средствами измерений». Перед проведением испытаний проводили регулировку рабочих

органов согласно инструкции по эксплуатации в зависимости от условий проведения испытаний. При выявлении каких-либо отклонений проводилась регулировка рабочих органов в соответствии с ТУ и с учетом условий местности, где проводились исследования.

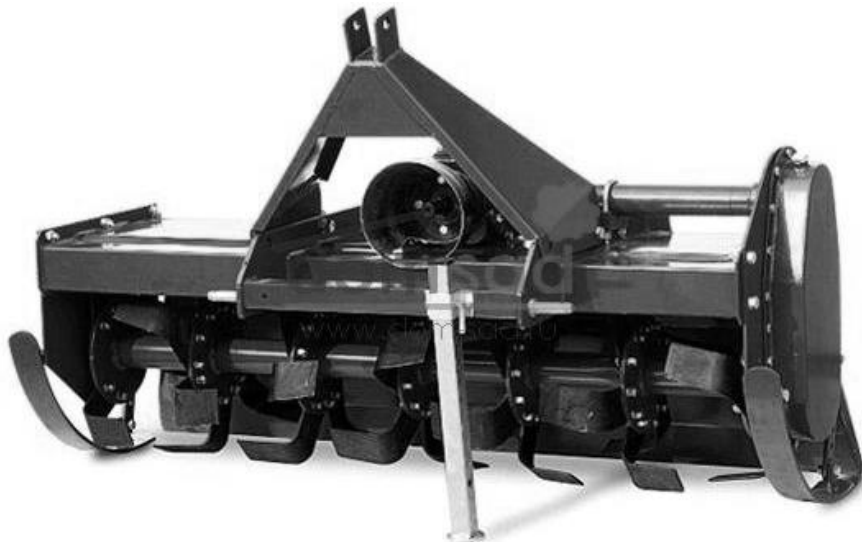


Рисунок 3.1 – Общий вид почвообрабатывающей фрезерной машины

3.3 Планы проведения экспериментов и уровни варьирования исследуемых факторов

С целью изучения влияния ряда параметров почвообрабатывающей фрезы с зубцеобразной формой ножа на величину степени крошения почвы был разработан план проведения эксперимента по методу полнофакторного эксперимента, т.е. уровни (верхний и нижний) варьирования факторов меняли, в зависимости от условий проведения каждого из опыта.

В качестве варьируемых параметров приняты следующие факторы: длина ножа l , скорость вращения фрезерного барабана ω и количество ножей m .

Интервал варьирования количества ножей m определялся конструктивными особенностями разработанной фрезы и с учетом физико-механического состава обрабатываемой почвы, число оборотов фрезы ω в зависимости от технической характеристики агрегатируемого трактора и условий работы фрезы, длина ножа определялись агротехническими требованиями качества обрабатываемой почвы в зависимости от

выращиваемой культуры. Ниже в таблице 3.2 представлены уровни и интервалы варьирования факторов [28, 36].

Таблица 3.2 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Наименование уровней	Обозначения	Факторы		
		$l, (X_1),$ см	$\omega, (X_2),$ рад/с	$m, (X_3)$
Нижний	-1	22,0	35	2
Центральный	0	22,5	45	3
Верхний	+1	23,0	55	4
Интерв. варьир.	ΔX	0,5	10	1

Переход фактических уровней к кодированным производился по формулам

$$X_1 = \frac{l - l_0}{\Delta l}; \quad X_2 = \frac{\omega - \omega_0}{\Delta \omega}; \quad X_3 = \frac{m - m_0}{\Delta m}.$$

Коэффициенты уравнения регрессии определяем с помощью метода наименьших квадратов.

Проверяем на адекватность полученное уравнение регрессии со значимыми коэффициентами по критерию Фишера.

Следовательно, после расчета коэффициентов записываем уравнение регрессии, отражающее в кодированном виде влияние значимых факторов на величину степени крошения почвы:

$$K = 91,8 + 0,32X_1 + 0,59X_2 - 0,573X_1X_3 - 0,76X_2X_3 - 0,32X_1^2 - 0,52X_3^2 \quad , \quad (3.1)$$

где X_1 – длина ножа фрезы; X_2 – угловая скорость ω вращения барабана; X_3 – число m ножей на диске барабана [36].

Регрессивный анализ выведенного уравнения (3.1) произведён путем приведения его к каноническому виду, для этого определяем его частные производные по X_1, X_2, X_3 и получаем систему линейных уравнений в следующем виде:

$$\begin{cases} \frac{\partial K}{\partial X_1} = 0,32 - 0,64X_1 - 0,573X_3 = 0 \\ \frac{\partial K}{\partial X_2} = 0,59 - 0,76X_3 = 0 \\ \frac{\partial K}{\partial X_3} = -0,573X_1 - 0,76X_2 - 1,04X_3 = 0 \end{cases},$$

решение которой дает координаты оптимальной точки [36]:

$$X_1 = -0,198; X_2 = -0,919; X_3 = 0,78.$$

Критерий оптимизации в этой точке составляет $K_s = 91,5\%$.

В результате применения метода полнофакторного планирования эксперимента мы получили в довольно простом и компактном виде математическую модель, описывающую процесс крошения почвы. Так же определены значения основных факторов, обеспечивающих оптимальные значения данного процесса [36].

Полученные значения факторов, соответствующие максимальной степени крошения почвы $K = 91,5$, имеют следующие значения для почвообрабатывающей фрезы:

- 1) длина ножа фрезы $l = 22,4$ см;
- 2) угловая скорость вращения барабана $\omega = 35,8$ с⁻¹;
- 3) число ножей на диске барабана $m = 4$.

Перечисленные показатели имеют высокую сходимость с теоретическими исследованиями.

Построенный график (рисунок 3.2) по результатам анализа регрессивного уравнения (3.1) показывает, что с увеличением угловой скорости ω степень крошения почвы увеличивается по экспоненциальной зависимости [36].

При значении длины ножа $l = 22,5$ см и с увеличением угловой скорости ω вращения барабана фрезы в пределах от 35 до 45 рад/с степень

крошения почвы увеличивается на 1%, а в пределах от 45 до 55 рад/с степень крошения почвы растет до 2% (рисунок 3.2) [36].

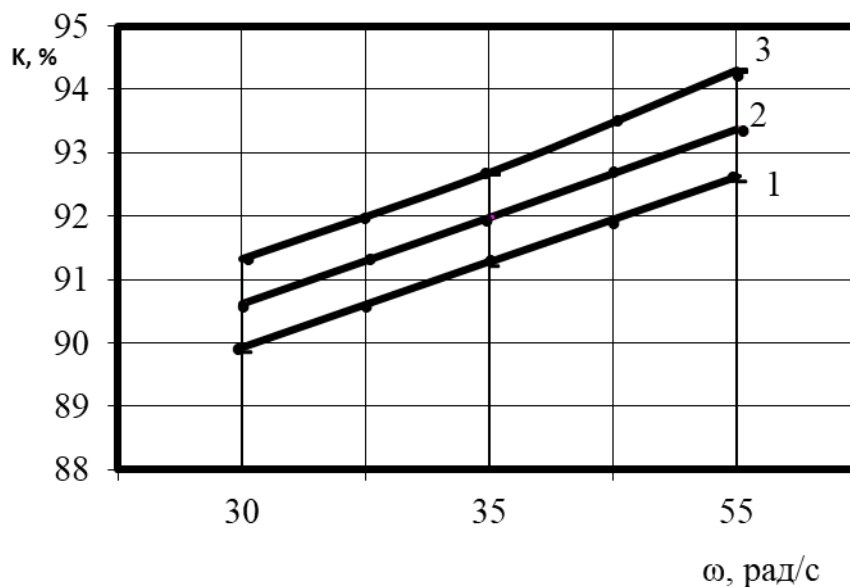


Рисунок 3.2 – Влияние скорости ω вращения барабана фрезы на крошение почвы при: 1 – $m = 2$ шт.; 2 – $m = 3$ шт.; 3 – $m = 4$ шт.

При постоянной угловой скорости $\omega = 35$ рад/с вращения барабана фрезы с увеличением количества m ножей на диске барабана на 1 шт. степень крошения почвы растет на 1,5%, а увеличение количества ножей на 2 шт., величина увеличится на 2 %, как показано на рисунке 3.3. [36].

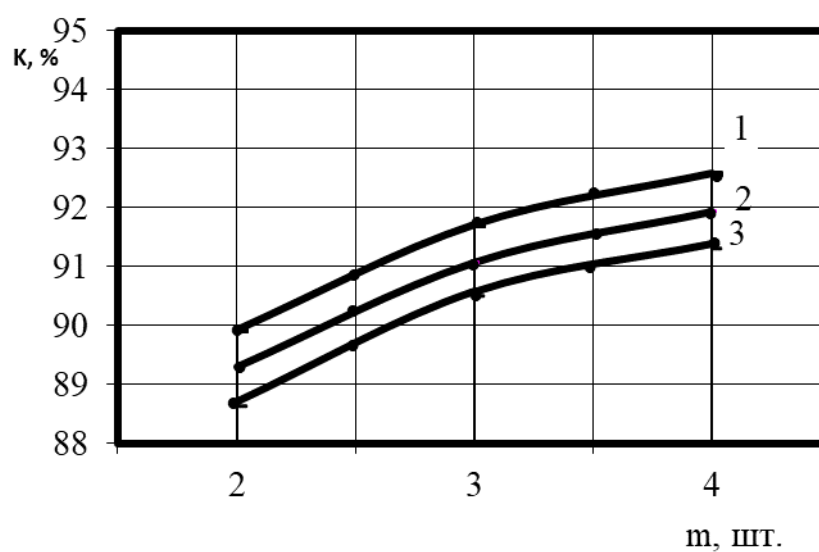


Рисунок 3.3 – Влияние числа ножей барабана m на крошение почвы:
1 – $\omega_{\min} = 35$ рад/с; 2 – $\omega_0 = 45$ рад/с; 3 – $\omega_{\max} = 55$ рад/с

Если количество ножей постоянно и $m = 4$, то с увеличением длины ножа l обработки почвенного пласта в пределах от 22 до 22,5 см степень крошения почвы увеличивается на 1,0%, в пределах от 22 до 23 см это значение уменьшается на 1,5%, как видно из рисунка 3.4. [36].

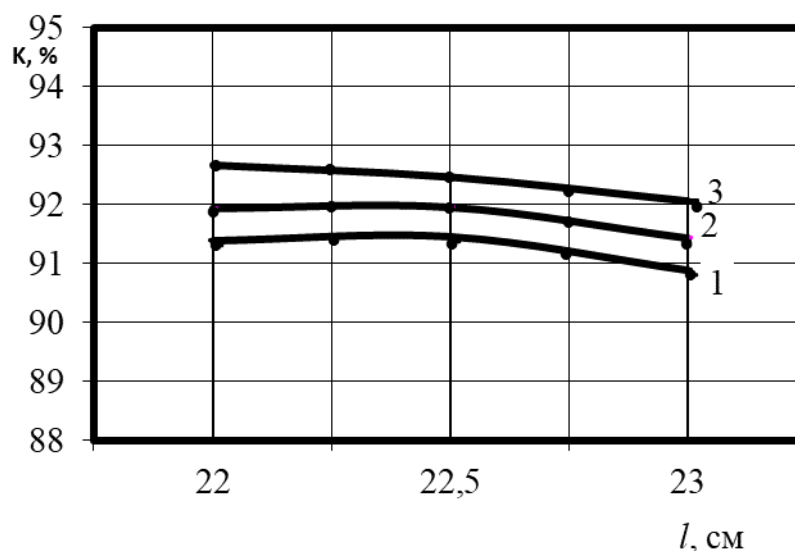


Рисунок 3.4 – Влияние длины ножа l обработки почвенного пласта на крошение почвы:
 1 – $\omega_{\min} = 35$ рад/с; 2 – $\omega_0 = 45$ рад/с; 3 – $\omega_{\max} = 55$ рад/с

Анализ уравнения регрессии (3.1) с помощью критерия Фишера ($F_t = 2,17$) гипотезы адекватности показал пригодность ее использования в качестве прогнозирования степени крошения после процесса фрезерования тяжелых почв с доверительной вероятностью 95% [36].

3.4 Методика исследования агротехнических показателей рыхления почвы

Для определения агротехнических показателей рыхления почвы фрезой были проведены полевые испытания, направленные на определение параметров работы почвообрабатывающей фрезы и обоснование его конструктивных и технологических параметров.

Урожайность сельскохозяйственных культур, в том числе урожайность картофеля, зависит от физико-механических свойств почвы. Поэтому при проведении экспериментальных полевых исследований возникает

необходимость определения показателей, которые характеризуют эти качества почвы. На физико-механические свойства почвы сильно влияют климатические условия, наличие сорняков, растительных остатков и др. С применением разного способа и технических средств эти свойства меняются в зависимости от возделываемой культуры.

Агротехнические показатели почвообрабатывающей фрезы определялись при каждом режиме работы агрегата. Параметры этих данных определялись по методикам, написанным в ГОСТ 20915-75 (СТСЭВ 5630-86), ГОСТ 33736-2016. Глубина рыхления почвы определялась по методике, основанной в РД 10.4.1-89.

Определение агротехнических показателей включало в себя нахождение следующих показателей: влажности, твердости, гребнистости, подрезания растительных остатков и глубину их заделки, а также степень крошения почвы. Для дальнейшей статистической обработки определялось название и тип почвы на основании почвенных карт страны, эти же данные систематизировались и своевременно записывались в рабочий журнал.

3.4.1 Методика определения влажности почвы

Для качественного проведения обработки почвы одним из важнейших показателей почвы, влияющим на проведение такой операции является, влажность. Как правило, она определяется по известным нам методикам, при этом определяется потеря влаги при высушивании почвы в термошкафе. В соответствии с положениями в ГОСТ 28168-89 проведен отбор проб, упаковка и транспортировка, а также выбор аппаратуры и материалов.

Как правило, для определения влажности почвы использовалось сертифицированное оборудование, к числу которого относятся алюминиевые бьюксы, бур, термошкаф HRCH-1, электронные весы M-ER 326LED, при этом в качестве контрольного прибора применяли электровлагомер «Днестр-1». Все перечисленные приборы представлены на рисунке 3.5.



а – термошкаф HRCH-1;



б-электровлагомер «Днестр-1»;



в – электронные весы M-ER 326LED

Рисунок 3.5 – Оборудование для измерения влажности почвы:

а – термошкаф HRCH-1; б-электровлагомер «Днестр-1»; в – электронные весы M-ER 326LED

Влажность почвы измерялась с использованием метода горячей сушки. По данному методу почвенные пробы помещали в специальные алюминиевые боксы, предварительно пронумерованные и высушенные, закрывали их крышкой и выдерживали в сушильном шкафу при температуре 105 °С шесть часов. Взвешивание производилось до и после сушки на

выбранных весах. По результатам полученных данных влажность рассчитывали формулой

$$w = \frac{m_{\text{в}} - m_{\text{с}}}{m_{\text{с}}} \cdot 100\%,$$

где $m_{\text{в}}$ – масса взятой пробы почвы до сушки; $m_{\text{с}}$ – масса этой же пробы почвы после сушки, кг.

В процессе проведения экспериментальных исследований влажность почвы поддерживали в пределах 17...23%.

Результаты полученных данных заносились в специально заведенный журнал регистрации наблюдений, после эти данные анализировались и статистически обрабатывались.

3.4.2 Методика определения глубины обработки и крошения почвы

При возделывании картофеля одним из важных определяющих показателей качества обработки почвы является глубина обработки почвенного пласта, которая определяется с помощью бороздомера, или же можно осуществить замеры с помощью двух линеек одинаковой длины с нанесенной на них шкалой. Для замера глубины линейку укладывают на поверхность необработанной поверхности почвенного слоя, отсчет ведут от нижней плоскости линейки. Глубину определяли в открытой борозде, предварительно очищенной от насыпи поля, делая как минимум 15 замеров в разных местах, с помощью двух линеек и высчитывали среднюю арифметическую глубину.

Основным показателем глубины обработки почвенного слоя является ее равномерность, определяемая средней глубиной обработки в отдельных участках, которая в свою очередь обусловлена коэффициентом вариации, определяемым по формуле

$$V = \frac{S}{x} \cdot 100\%,$$

где S – среднее отклонение от средней глубины вспашки, м; x – средняя арифметическая глубина вспашки, м.

Значение полученного коэффициента вариации не должно превышать $\pm 5\%$. Среднее отклонение глубины обработки почвы от установленной агротехническими требованиями не должно превышать ± 2 см.

Чтобы определить степень крошения почвы отбор был проведен в четырех точках поля (две по ходу движения агрегата и две в обратном направлении), имеющего размеры $0,5 \times 0,5$ м на глубину обработки спустя час после прохода агрегата. После чего пробы разделяли на фракции, с использованием набора сит с ячейками, соответствующими размеру фракции. Содержимое, полученное с каждой ячейки, взвешивали электронными весами М-ER 326С. Погрешность допускается в пределах ± 50 г.

По установленной методике взвешиваний вычисляли массовую долю

i -й фракции комков согласно по формуле до десятой доли процента:

$$П_{ki} = \frac{m_i}{m} \cdot 100\%,$$

где m_i и m – масса i -й фракции в пробе и общая масса пробы, кг.

3.5 Оценка погрешностей измерений в опытах

Чтобы оценить погрешности в опытах, как правило, измерения повторяются не менее трех раз и заносятся в таблицу. При обнаружении, что все время получается одинаковый результат (нет разброса), можно предположить, что это связано с ограниченными возможностями самого измерительного прибора (*систематическая погрешность*). В этом случае в качестве погрешности градуировка прибора определяется по значению класса точности этого прибора или по величине наименьшего деления шкалы.

Класс точности M – определяется следующим образом: абсолютная погрешность длины шкалы ΔL делится на длину всей шкалы L и выражается в процентах:

$$M = \frac{\Delta L}{L} \cdot 100\%.$$

Если разброс значений физической величины x превышает допустимую погрешность градуировки, тогда количество измерений n увеличивается.

Погрешность разброса (случайную погрешность), как правило, вычисляют по следующему алгоритму:

1. Определяется среднее арифметическое значение всех n измерений x_i , где i достигает все целые значения от 1 до n :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i.$$

2. Оценивается дисперсия как статистическая величина (*среднее арифметическое квадратов отклонения от среднего значения – СКО*) по формуле

$$S = \frac{1}{n(n-1)} \sum_i (x_i - \bar{x})^2.$$

3. Для определения разброса измерений находят случайную абсолютную погрешность по формуле

$$\Delta x_{\text{сл}} = t_{n,p} \cdot S,$$

где $t_{n,p}$ – коэффициент Стьюдента, который зависит от количества измерений n и вероятности p , с которой мы предполагаем указать погрешность $\Delta x_{\text{сл}}$ (половина доверительного интервала для среднего арифметического значения).

Полученные значения $\Delta x_{\text{сл}}$ сравниваются с погрешностью градуировки прибора, которые используются при измерениях. Если они различаются на порядок и более, то берется наибольшее значение из них. Если они сравнимы

по величине, то полную погрешность Δx вычисляют как корень квадратный из суммы квадратов этих погрешностей.

4. Находят относительную погрешность измерений:

$$\delta_x = \frac{\Delta x}{x}.$$

5. Результат записывают в следующем виде:

$$x = x \pm \Delta x, \delta_x.$$

По оценке погрешностей измерений регистрируемых данных можно судить на сколько качественно проведены экспериментальные исследования и достоверность полученных материалов. При оценке погрешности измерений полученных экспериментальных данных рассчитывались по известной методике, которая основывается на положениях о теории ошибок. Согласно указанной теории по характеру выявления погрешности различают систематические и случайные промахи. Если по числовому выражению, то абсолютные, а если выражены в единицах измеряемой величины и относительные, то в процентах измеряемой величины.

Предельная относительная ошибка суммы или разности по теории ошибок определяется наибольшей относительной ошибкой слагаемых. Предельная относительная ошибка произведения, или деления равна сумме относительных ошибок сомножителей или делимого и частного. Согласно теории вероятности вероятностные значения ошибки не превышают 1/3 предельной ошибки.

Проведенные нами вышеизложенные действия и используемые приборы для измерений опытных данных позволили нам точно записывать степень крошения почвы.

Выводы по главе 3

1. Приведены математические зависимости и дан сравнительный анализ коэффициентов уравнения регрессии второго порядка при

исследовании влияния значимых факторов на величину крошения почвы K после фрезерования, критерий которого составляет 91,5% .

2. При длине ножа $l = 22,5$ см и с увеличением угловой скорости ω вращения барабана фрезы в диапазоне 35...45 рад/с крошение почвы увеличивается на 1%, а в диапазоне 45...55 – на 2% .

3. При угловой скорости вращения барабана фрезы $\omega = 35$ рад/с с увеличением числа m ножей на диске барабана на 1 шт. крошение почвы K увеличивается на 1,5%, а на 2 шт. – на 2 % .

4. При числе ножей $m = 4$ и с увеличением длины ножа l обработки почвенного пласта в диапазоне 22...22,5 см крошение почвы K увеличивается на 1,0%, при 22,5...23 см – уменьшается на 1,5% .

4 Результаты экспериментально-полевых исследований при возделывании картофеля

4.1 Агротехнические показатели фрезерования почвы с зубцеобразной формой ножа

При проведении предпосадочной подготовки почвы на сегодняшний день широко используются почвообрабатывающие машины с фрезерными рабочими органами.

Исследования научных работ многих авторов дают основание утверждать, что в основном фрезерная обработка почвы обеспечивает высокое качество заделки растительных остатков, повышает степень крошения почвы и перемешивание с минеральными удобрениями. Одно из достоинств фрезерования – это возможность намного раньше начинать обработку влажной почвы. После прохода фрезы на поле не остается крупных твердых комков, что способствует лучшей аэрации почвы [29].

Используемая нами почвообрабатывающая фрезерная машина ФН-1,2 пригодна для активного крошения тяжелых и средних по твердости почв и агрегируется с тракторами МТЗ-80 [29, 37, 38, 40, 130] (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Почвообрабатывающая фреза ФН-1,2М в работе

Агротехническую оценку полевых испытаний опытного образца почвообрабатывающей фрезы ФН-1,2 с зубцеобразной формой ножа проводили на полях ООО «Белая Дача Фарминг» Тамбовского района,

Тамбовской области. Этот район по характеру почвенного покрова и агроклиматическим особенностям относится к центральной зоне, где наличие черноземов типичных составляет 19,8%, выщелоченных–65,9%, прочих–14,3% [29].

Испытания опытного образца почвообрабатывающей фрезы ФН-1,2М с зубцеобразной формой ножей проводились на рыхлении поля после уборки ячменя. Влажность почвы во время рыхления колебалась 17,3...20,9%, твердость 0,8...1,8 МПа, плотность почвы была в пределах 0,9–1,0 г/см³. Средняя высота – растительных и пожнивных остатков на опытном поле равнялась 20 см.

Испытания выполнения технологического процесса рыхления почвы фрезой проводились согласно СТО АИСТ 4.2-2010 «Машины и орудия для поверхностной и мелкой обработки почвы. Методы оценки функциональных показателей» [145].

Полученные агротехнические данные при лабораторно-полевых испытаниях показаны в таблице 4.1 [29].

Таблица 4.1 – Агротехнические показатели при лабораторно-полевых испытаниях

Показатели	Значение показателя	
	ТЗ	данные испытаний
1	2	3
Дата и место проведения оценки	–	08.10.2017 г. Тамбовская область, Тамбовский район, с. Татаново
Состав агрегата	М ТЗ - 80	МТЗ - 80 + ФН 1,2 М
Скорость движения, км/ч	3 – 5	3,9
Ширина захвата, м	1,2	1,2
Стандартное отклонение, ± см	нет данных	0,03
Глубина обработки почвы, см	18,0	11,6
Степень крошения почвы, %	не менее 80	
Размеры фракции:		
до 25 мм, % в слое до 60 мм	–	86,5
до 50 мм, % в слое до 150 мм	50... 70	67,4
в слое свыше 150 мм	не менее 90	97,5
Плотность, г/см ³	0,9 –1,2	1,0 –1,1
Гребнистость поверхности почвы, см	не более 2	1,54 –1,62
Подрезание сорняков, %		100
Заделка растительных и пожнивных остатков, %		97,3

Агротехническая оценка данных проведена по СТО АИСТ 1.1-2004, ГОСТ 20315-75 [29].

Результаты агротехнической оценки рыхления почвы подтверждают, что при обработке почвы глубиной 11,6 см качество крошения было удовлетворительным, плотность обрабатываемого слоя составила 1,10 г/см³, что отвечает агротехническим требованиям созревания клубней картофеля.

После такой обработки подрезаются на 100% сорные растения, высота гребней составила 1,54... 1,62 см.

Полученные экспериментальные данные показывают, что после фрезерования с предложенным зубцеобразным рабочим органом обработка почвы улучшается и почва становится благоприятной для посадки картофеля [29].

Технические средства проведения испытаний приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 [29] – Технические средства проведения испытаний

Наименование определяемой характеристики, параметра	Наименование, марка испытательного оборудования, прибора, его номер, ГОСТ	Дата аттестации, проверки испытательного оборудования, прибора
1	2	3
Рабочая скорость Транспортная скорость	Двухметровка, часы с центральной секундной стрелкой «Заря» № 707 ГОСТ 10-733-98	12.08.2017 г. При выпуске из производства
Габаритные размеры Минимальный радиус поворота Ширина захвата	Рулетка металлическая Р10УЗК, ГОСТ 7502 - 89	18.07.2017 г.
Дорожный просвет Глубина заделки растительных остатков Гребнистость	Линейка металлическая 0 ... 500 мм, 0... 1 000 мм, ГОСТ 427-75	18.07.2017 г.
Глубина обработки Высота пожнивных и растительных остатков	Линейка металлическая 0 ... 500 мм, ГОСТ 427-75	18.07.2017 г..
Масса	Весы автомобильные АП-10М1, № 44104; 33847; 40981; 33834, ГОСТ	III квартал 2017 г.
Масса растительных остатков	Весы медицинские ВМ-20 № 206, МРТУ 64-1-1067-69	18.07.2017 г.

4.2 Анализ результатов предпосадочной подготовки почвы к посадке картофеля

Для подтверждения эффективности применения технологии предпосадочной подготовки почвы к посадке картофеля путем фрезерования тяжелых почв осенью был проведен анализ учета урожайности картофеля и качества работы картофелеуборочного комбайна [36].

Уборка картофеля на опытном поле проводилась двухрядным картофелеуборочным комбайном Dewulf (рисунок 4.2).



Рисунок 4.2 – Картофелеуборочный комбайн Dewulf в работе

Полевые испытания проводились на тех участках ООО «Белая Дача Фарминг» Тамбовского района Тамбовской области в селе Татаново, где были заложены опыты [29, 36] (таблица 4.3).

Таблица 4.3 – Техническая характеристика картофелеуборочного комбайна Dewulf

Наименование показателей	Значение показателей
Количество рядов	2
Ширина, мм	1500 – 1700
Система подачи картофеля	2 ролика, 2 ботвоудаляющих ролика и 4 регулируемых диска
Количество транспортеров	3
Длина подкапывающего транспортера, мм	2 065
Длина первого протрясывающего транспортера, мм	3 820
Длина второго протрясывающего транспортера, мм	2 160
Нижняя и верхняя пальчиковая горка	+
Встряхиватели	2
Ширина сортировочного стола, мм для 6-ти человек	1 000
Вес, кг	10 860
Длина, мм	11 030
Ширина, мм	3 300
Высота, мм	3 995
Требуемая мощность трактора, л.с.	135
Производительность, га/час	0,75 при скорости 5 км/ч
Обороты	ВОМ

Полевые испытания проводились на тех участках ООО «Белая Дача Фарминг» Тамбовского района Тамбовской области в селе Татаново, где были заложены опыты [29, 36].

Условия проведения полевых испытаний картофелеуборочного комбайна приведены в таблице 4.4.

Таблица 4.4 [36] – Условия проведения полевых испытаний картофелеуборочного комбайна Dewulf

Наименование показателей	Значение показателей	
	Участок с предпосадочной обработкой почвы	Участок без предварительной обработки почвы
Сумма осадков, мм, многолетние данные (май–сентябрь)	317,6/18	
Средняя температура, С, многолетние данные (май–сентябрь)	15,3/14,9	

Сорт картофеля	«Инноватор»	
Схема посадки, см	70 x 30	
Типы почв и название по механическому составу	средний суглинок	
Рельеф	Ровный, выровненный	
Влажность почвы, % в слоях:		
0–5	20,9	23,0
5–10	20,6	20,7
10–15	21,0	20,8
15–20	21,8	22,1
20–25 см	21,4	23,1
Твердость почвы, Мпа, в слоях		
0–5	0,20	0,32
5–10	0,23	0,49
10–15	0,46	0,62
15–20	0,60	0,98
20–25 см	0,88	0,91
Высота гребня, см	11,3	16,7
Размеры клубней		
длина средняя, мм	49,0	47,0
среднее квадратическое отклонение, ± см	12,2	15,4
ширина средняя, см	40,0	36,0
среднее квадратическое отклонение, ± см	10,7	12,6
толщина средняя, мм	28,0	28,0
среднее квадратическое отклонение, ± см	8,3	9,3
Средняя масса клубня, г	88,0	72,0
Коэффициент формы клубней	1,18	1,23
Урожайность клубней, т/га	19,0	16,0
Ширина междурядий, см	70,3	71,2
Состав клубней в процентах по массе, г		
от 15 до 50	8,9	16,4
свыше 50 до 80	26,9	28,3
свыше 80	64,2	55,3
Полнота выкапывания клубней, %	99,7	96,8

Анализ агротехнической оценки картофелеуборочного комбайна показал эффективность предпосадочной подготовки почвы к посадке картофеля (рисунок 4.3).

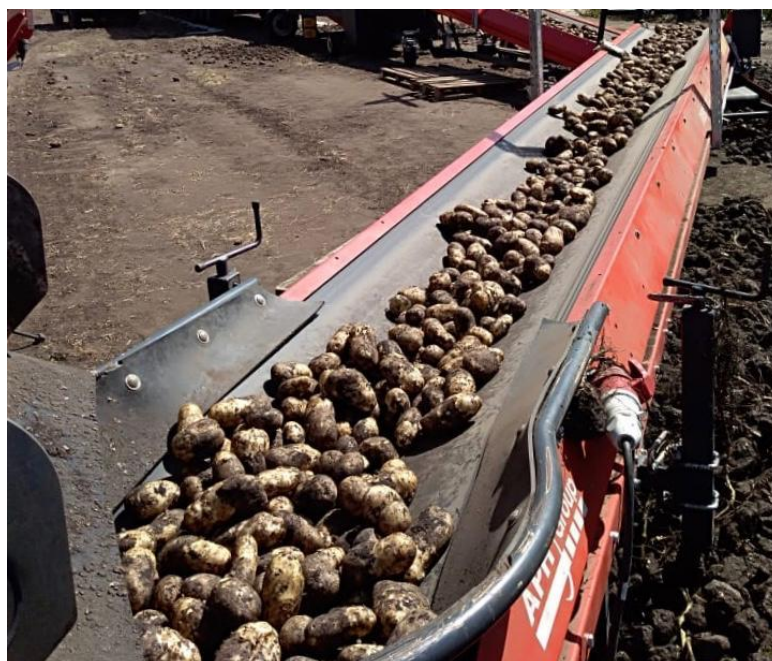


Рисунок 4.3 – Чистота вороха клубней

Во-первых, в тяжелых почвах комбайны стали работать легче, состав вороха стал чистым от комков и уменьшились повреждения клубней [36].

Показатели качества выполнения технологического процесса уборки картофеля картофелеуборочным комбайном Dewulf приведены в таблице 4.5.

Таблица 4.5 [36] – Показатели качества выполнения технологического процесса картофелеуборочным комбайном Dewulf при полевых испытаниях

Наименование показателей	Значение показателей	
	Участок с предпосадочной обработкой почвы	Участок без предварительной обработки почвы
Вид работы	Уборка картофеля	
Скорость движения, км/ч	3,2	2,8
Полнота выкапывания клубней, %	99,7	96,8
Потери при уборке, %	1,2	2,5
Чистота вороха клубней, %		
клубни	97,2	91,3
почва	3,8	5,2
растительные остатки	0,7	2,8
Повреждение клубней, всего по массе, %	7,2	8,7

Полученные результаты комбайновой уборки картофеля показывают эффективность подготовки почвы фрезерованием перед посадкой картофеля.

При этом урожайность картофеля на подготовленном участке выросла почти на 20%, а количество почвенных примесей в бункере комбайна снизилось на 35...40% [36].

На подготовленном поле во время процесса уборки скорость комбайна увеличилась, производительность комбайна также увеличилась на 13...15%, повреждения клубней из-за отсутствия комков при комбайновой уборке снизились на 20%, впоследствии расход топлива на уборку сократился на 11% [36].

Выводы по главе 4

1. Проведены полевые исследования усовершенствованного образца почвообрабатывающей фрезы ФН-1,2М с зубцеобразной формой рабочего органа для улучшения качества возделывания картофеля на тяжелых почвах.

2. Данные агротехнических показателей фрезерования подтвердили, что при обработке глубиной 11,6 см степень крошения $K = 92\%$, плотность обрабатываемого слоя составила $1,10 \text{ г/см}^3$, что отвечает агротехническим требованиям условий созревания картофеля.

3. По результатам фрезерования почвы при влажности 17,3...20,9% твердость составила 0,8...1,8 Мпа, плотность почвы $0,9...1,0 \text{ г/см}^3$, размеры фракции до 25 мм в слое до 60 мм составляют 86,5%, до 50 мм в слое до 150мм составляют 67,4%, а в слое свыше 150 мм – соответственно 97,5%.

4. Качество комбайновой уборки картофеля на подготовленном поле показало, что производительность комбайна увеличилась на 13...15%, повреждения клубней при комбайновой уборке снижены на 20% и расход топлива на уборку сократился на 11%.

5. На подготовленном поле урожайность картофеля выросла почти на 20%, количество почвенных примесей в бункере снизилось на 35...40%.

6. На участке производительность комбайна увеличилась на 13...15%, повреждения клубней при комбайновой уборке снижены на 20% и расход топлива на уборку сократился на 11%.

5 Экономическая эффективность модернизированной фрезы для предпосадочной подготовки почвы к посадке картофеля

Сравнительный анализ экономической эффективности опытного образца почвообрабатывающей фрезы ФН-1,2М на базе рабочих органов с зубцеобразным профилем поверхности ножа проводился в соответствии с ГОСТ 23729-88 [50]. Оценка проводилась с использованием необходимых справочно-нормативных материалов, на основании полученных во время эксплуатационно-технологической и агротехнической оценок данных [102].

Для экономической оценки эффективности опытного образца почвообрабатывающей фрезы ФН-1,2М на базе рабочих органов с зубцеобразным профилем поверхности ножа проводилось сравнение почвообрабатывающей фрезы ФН-1,2 с базовыми рабочими органами. Фреза агрегатировалась с трактором МТЗ-80.

Полученные результаты эксплуатационных и энергетических показателей обоих вариантов рабочих органов фрез представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Значения эксплуатационных и энергетических показателей сравниваемых вариантов рабочих органов фрез

Вариант рабочих органов	Базовый	Модернизи- рованный	Базовый по отношению к модернизированному, %
Средняя скорость движения агрегата, м/с	1,23	1,23	0
Средняя глубина обработки, м	0,12	0,12	0
Расход топлива за час основного времени, кг/ч	11,8	10,0	–15
Расход топлива на единицу площади, кг/га	12,9	10,4	–16
Производительность за час, га/ч	0,51	0,51	0
Тяговое сопротивление агрегата в среднем, кН	23,5	20,9	–11
Удельное тяговое сопротивление, кН/м ²	25,8	18,7	–26
Степень крошения почвы, %	85,3	92,6	+9

Показатели экономической эффективности подсчитаны на основе рекомендаций «Методика определения экономической эффективности

технологий и сельскохозяйственной техники. Части I и II. Нормативно-справочный материал» [48, 49, 50, 102].

Прибыль Π , которая определяется по формуле (5.1) является основным определяющим показателем экономической эффективности при внедрении новых технологий и техники, по указанной методике:

$$\Pi = \Pi_p - C_p, \quad (5.1)$$

где C_p – себестоимость произведенных работ, руб.;

Π_p – цена реализованных работ, руб.

Норма прибыли определяется по формуле

$$H_n = \frac{\Pi}{C_p} * 100\% \quad (5.2)$$

При определении себестоимости продукции растениеводства затраты, идущие на содержание и эксплуатацию машин, являются комплексной статьей затрат. Сравнительную экономическую эффективность при сравнении двух машин (базовый и экспериментальный) при неизменном объеме их производства определяют по формуле

$$\Xi = \Xi_b - \Xi_{\text{эк}} \quad (5.3)$$

где Ξ_b и $\Xi_{\text{эк}}$ – эксплуатационные затраты при использовании техники по базовому и экспериментальному вариантам, руб.

Статьи эксплуатационных затрат делятся на постоянные (не зависящие от изменения объемов выполненных работ (годовой загрузки)) и переменные (изменяющиеся пропорционально годовой загрузке). К постоянным расходам относятся амортизационные расходы, накладные расходы, налоги, страхование. К переменным расходам относятся затраты на техническое обслуживание и ремонт, оплату труда, топливо.

Чтобы определить эксплуатационные затраты нужно определить балансовую стоимость опытного образца почвообрабатывающей фрезы ФН-1,2М с новыми рабочими органами.

Как правило, балансовая стоимость машины состоит из цены, поставленной заводом – изготовителем, торговой наценки посредников и налога на добавленную стоимость:

$$B = C \left(\frac{1 + H_{\text{дс}}}{100} \right) \cdot \left(\frac{1 + H_{\text{нац}}}{100} \right) + Z_{\text{см}} + Z_{\text{тр}}, \text{ руб.}, \quad (5.4)$$

где C – цена, поставленная заводом-изготовителем, руб;

$H_{\text{дс}}$ – налог на добавленную стоимость (НДС), %;

$H_{\text{нац}}$ – торговая наценка, %;

$Z_{\text{см}}$ – расход на подготовительные работы, руб;

$Z_{\text{тр}}$ – расход на транспортировку техники, руб.

Налог на добавленную стоимость на сельскохозяйственную технику при расчете коммерческой эффективности не учитывается, так как компенсируется из государственного бюджета. Балансовая стоимость фрезы с новыми рабочими органами определяется по формуле

$$B_3 = 1,15 \cdot B, \text{ руб.},$$

где 1,15 – коэффициент конструктивной сложности новых рабочих органов.

Вычисления эксплуатационных затрат приведены в таблице 5.2.

Статьи эксплуатационных расходов вычислялись по следующим зависимостям [83].

Заработная плата тракториста за единицу выполненной работы

$$Z_n = \frac{C_{\text{ТАР}}}{W_{\text{ч}}}, \quad (5.5)$$

где $C_{\text{ТАР}} = 90,6$ руб/ч – тарифная ставка механизатора 6 разряда;

$W_{\text{ч}}$ – производительность за час эксплуатационного времени.

Амортизационные отчисления:

$$Z_a = \frac{B \cdot H_a}{100 \cdot T_{\text{г}} \cdot W_{\text{ч}}}, \quad (5.6)$$

где H_a – норма амортизационных отчислений, %;

$T_{\text{г}}$ – годовая загрузка, ч.

Затраты на топливо:

$$Z_T = \frac{H_T \cdot C_T}{W_{\text{ч}}}, \quad (5.7)$$

где H_T – расход топлива, кг/га; $C_T = 39$ руб/кг – цена топлива.

Таблица 5.2 – Значения показателей эксплуатационных затрат

Показатели	Базовый вариант	Экспериментальный вариант	Источник
Марка орудия	ФН-1,2	ФН-1,2М	
Модель трактора	МТЗ-80	МТЗ-80	
Цена трактора на балансе	140 000	140 000	Н.с.м.
Цена орудия на балансе	60 000	69 000	расчет
Нормативы на амортизационные отчисления, %:			Н.с.м.
- на тракторы	12,5	12,5	
- на орудия	12,5	12,5	
Нормативы на отчисления тех. обслуживания и ремонт, %:			Н.с.м.
- на тракторы	14,9	14,9	
- на орудия	11,0	11,0	
Загрузка годовая, ч:			Н.с.м.
- на тракторы	950	950	
- на орудия	220	220	
Производительность за час эксплуатационного времени, га/ч	0,36	0,42	Данные испытаний
Расход топлива на единицу площади, кг/га	12,9	10,4	Данные испытаний
Заработная плата тракториста, $Z_{\text{п}}$, руб/га	251,7	215,7	Н.с.м. и расчет
Затраты на амортизацию, $Z_{\text{а}}$, руб/га:			Расчет
- тракторов	51,2	43,9	
- орудий	94,7	93	
Затраты на ГСМ, $Z_{\text{т}}$, руб/га	1 397,5	965,7	Расчет
Затраты на тех. обслуживание и ремонт, $Z_{\text{то}}$, руб/га:			Н.с.м. и расчет
- тракторов	61	52,3	
- орудий	83,3	82,1	
Суммарные эксплуатационные затраты, руб/га	1 939,4	1 452,7	Расчет

По формуле (5.8) вычислим затраты, произведенные на техническое обслуживание и ремонт:

$$Z_{\text{то}} = \frac{B \cdot H_{\text{то}}}{100 \cdot T_{\text{с}} W_{\text{с}}}, \quad (5.8)$$

где $H_{\text{то}}$ – норматив на техническое обслуживание и ремонт, %.

Прибыль или сравнительную экономическую эффективность, полученную при работе экспериментального варианта ножа фрезы в агрегате с трактором МТЗ-80, определили по формуле (5.3):

$$\mathcal{E}_{\text{ср}} = 1\,939,4 - 1\,452,7 = 486,7 \text{ руб/га.}$$

Считая себестоимость выполненных работ, равную эксплуатационным затратам фрезерования с новыми рабочими органами, найдем норму прибыли:

$$H_{np} = \frac{486,7 \cdot 100}{1452,7} = 33,5\%.$$

При загрузке агрегата 220 ч среднегодовая эффективность использования совершенствованной фрезы с новыми рабочими органами – волнистой поверхностью ножа составит:

$$\mathcal{E}_{год} = 486,7 \cdot 220 \cdot 0,42 = 44\,371,0 \text{ руб.}$$

Для подтверждения данных приводится акт из хозяйства ООО «Белая Дача Фарминг» Тамбовского района Тамбовской области (приложение 2) [29].

Экономический эффект образовался за счет уменьшения тягового сопротивления. В сравнении с имеющимся вариантом рабочих органов опытные рабочие органы при испытаниях показали меньшее тяговое сопротивление.

Значения показателей экономической эффективности фрезы с новыми рабочими органами – зубцеобразным профилем ножа приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Значения показателей экономической эффективности с новыми рабочими органами – зубцеобразным профилем ножа

Показатели	С трактором МТЗ-80
Уменьшение эксплуатационных затрат, %	33
Уменьшение трудозатрат, %	10
Уменьшение расхода топлива, %	15
Уменьшение удельного тягового сопротивления, %	11
Увеличение полноты крошения, %	9

В результате применения модернизированного образца фрезы при комплектации с рабочими органами – зубцеобразным профилем ножа были

достигнуты следующие положительные результаты экономической эффективности:

- уменьшение эксплуатационных затрат (на 33%);
- уменьшение расхода топлива (на 15%);
- уменьшение удельного тягового сопротивления (на 11%);
- увеличение полноты крошения (на 9%).

Таким образом, экономическая эффективность от внедрения новых рабочих органов будет получена за счет уменьшения расхода топлива, уменьшения затрат труда и эксплуатационных расходов, которая составила 44 371,0 руб. при годовой загрузке агрегата 220 ч.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. С целью уменьшения энергоемкости фрезерования и улучшения качества рыхления почвы получены математические зависимости процесса фрезерования, определяющие угол атаки и угол установки ножа фрезы.

2. Определены кинематические и конструктивно-технологические параметры и обоснован приемлемый профиль рабочей поверхности ножа фрезы в виде зубцеобразного: количество оборотов барабана фрезы – $200 \dots 265 \text{ мин}^{-1}$; подача на нож – $0,06 \dots 0,10 \text{ м}$; число ножей – 3 шт.; диаметр барабана – $0,48 \dots 0,63 \text{ м}$; глубина обработки почвы – $0,12 \text{ м}$; длина ножа – $0,12 \dots 0,22 \text{ м}$; угол атаки ножа $\gamma = 125^\circ$; угол установки ножа – $i = 90,1^\circ$.

3. При длине ножа $l = 22,5 \text{ см}$ и с увеличением угловой скорости ω вращения барабана фрезы в диапазоне $35 \dots 45 \text{ рад/с}$ крошение почвы увеличивается на 1%, а в диапазоне $45 \dots 55$ – на 2%. При угловой скорости вращения барабана фрезы $\omega = 35 \text{ рад/с}$ и с увеличением числа m ножей на диске барабана на 1 шт. крошение почвы K увеличивается на 1,5%, а на 2 шт. – на 2%. При числе ножей $m = 4$ и с увеличением длины ножа l обработки почвенного пласта в диапазоне $22 \dots 22,5 \text{ см}$ крошение почвы K увеличивается на 1,0%, при $22,5 \dots 23 \text{ см}$ – уменьшается на 1,5%.

4. Результаты обработки почвы к посадке картофеля показали, что урожайность на подготовленном участке выросла на 20%, количество почвенных примесей при комбайновой уборке картофеля в бункере снизилось на 35...40%. При этом производительность комбайна увеличилась на 13...15%, повреждения клубней при комбайновой уборке снижены на 20% и расход топлива на уборку сократился на 11%.

5. Экономический эффект от внедрения в производство новых рабочих органов получен за счет уменьшения: расхода топлива на 15%, затрат труда на 10% и эксплуатационных затрат на 33% и составил 44 371,0 руб. при годовой загрузке одного агрегата 220 часов.

Рекомендации производству

Применение предлагаемой почвообрабатывающей фрезы можно рекомендовать как крупным агротехническим фирмам, также отдельным фермерам, которые непосредственно занимаются возделыванием картофеля.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В дальнейшей перспективе необходимо продолжить работу над усовершенствованием почвообрабатывающей машины для подготовки тяжелых почв к посадке картофеля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Валиев, А.Р. Повышение эффективности обработки почвы в условиях среднего Поволжья путем совершенствования машин с ротационными рабочими органами / Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук: 05.20.01 / Чувашская государственная сельскохозяйственная академия. Казань, – 2018.
2. Алферов, Г.С. Концепция развития комплекса машин на базе ВЭМ для возделывания и уборки картофеля / Г.С. Алферов, Г.Д. Петров, В.И. Славкин // Тракторы и сельхозмашины. – 2003. – № 11. – С. 28 – 30.
3. Алферов, Г.С. Расчет пневматического комкодавителя картофелеуборочного комбайна / Г.С. Алферов и др. // Тракторы и сельхозмашины. – 2006. – № 6. – С. 24 – 27.
4. Гусев, А.Ю. Анализ конструкции почвообрабатывающих фрез с комбинированным вращением активных рабочих органов / А.Ю. Гусев, В.Ф. Купряшкин, С.Н. Звонов, С.С. Лоскутов // В сборнике: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и материалы Международной научно-практической конференции. – 2019. – С. 114-119.
5. Безруков, А.В. Обоснование подходов к созданию почвообрабатывающих машин на примере проектирования адаптивной самоходной малогабаритной фрезы / А.В. Безруков, Н.И. Наумкин, В.Ф. Купряшкин, А.С. Князьков, М.Г. Шляпников // Современные наукоемкие технологии. – 2019. – № 11-1. – С. 24-28.
6. Балабанов, П.Р. Технология возделывания картофеля с междурядьем в 140 см / П.Р. Балабанов и др. – М.: ЦНИИМ, 1996. – 85 с.
7. Бахтин, П.Ч. Проблемы обработки почвы / П.Ч. Бахтин. – М.: Знание, 1969. – 62 с.
8. Белов, М.И. Оценка энергоемкости фрезы с плоскими геликоидными ножами для сплошной обработки почвы / М.И. Белов, П.И. Гаджиев, К.Л. Коваль // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – № 11. – С. 27 – 33.

9. Белов, М.И. Математическая модель работы плуга с винтовым отвалом / М.И. Белов // Тракторы и сельхозмашины. – 2014. – № 6. – С. 23 – 27.
10. Белов, М.И. Компьютерная модель движения частицы в измельчающем аппарате / М.И. Белов, А.Ю. Губернский, В.Ю. Пронин // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 1. – С. 29 – 32.
11. Белов, М.И. Теоретическая механика / М.И. Белов, Б.В. Пылаев: Учеб.пособие. – М: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2011. – 296 с.
12. Белов, М.И., Математическая модель крошения почвы битерным барабаном / М.И. Белов и др. // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 3. – С. 24-29.
13. Бок, Н.Б. О кинематике почвообрабатывающих фрез / Н.Б. Бок // Материалы НТС ВИСХОМ. – М., 1965. – Вып. 20. – С. 142 – 147.
14. Бок, Н.Б. Об определении угла установки рабочих органов фрез / Н.Б. Бок // Тракторы и сельхозмашины. – 1964. – № 9. – С. 23 – 25.
15. Бок, Н.Б. Определение основных параметров почвенных фрез / Н.Б. Бок // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 1965. – № 5. – С. 30-32.
16. Бондарев, А.Г. Изменение физических свойств и плодородия почв при их уплотнении движителями сельскохозяйственной техники / А.Г. Бондарев и др. // Воздействие движителей на почву: тр. ВИМ. – 1988. – Вып. 118. – С. 46 -57.
17. Бондарев, А.Г. О нормах допустимых давлений на почву в зависимости от ее физических свойств / А.Г. Бондарева и др. // Воздействие движителей на почву: тр. ВИМ. – 1988. – Т. 118. – С. 67 -75.
18. Буланкин, В.А. Предпосадочная обработка почвы / В.А. Буланкин // Картофель и овощи. – 1992. – № 1. – С. 7-8.
19. Будзенко, И.А. Международная выставка по механизации сельского хозяйства в Париже / И.А. Будзенко, Г.И. Волков // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1961. – № 4. – С. 108.

20. Бышов, Н.В. Перспективы картофелеводства в Рязанском АПК / Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.К. Рембалович, А.А. Желтоухов // Сельский механизатор. – 2018. – № 2. – С. 17-18.

21. Купряшкин, В.Ф. Обоснование параметров самоходной малогабаритной почвообрабатывающей фрезы с вертикальными рабочими органами / В.Ф. Купряшкин, М.Г. Шляпников, М.Н. Чаткин, С.В. Глотов, К.З. Кухмазов, В.В. Купряшкин, А.Ю. Гусев // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 12 (270). – С. 13-16.

22. Василенко, П.М. Аналитические основы подбора кинематических и конструктивных параметров рабочих органов ротационных культиваторов / П.М. Василенко, П.Т. Бабый // Научные труды с.-х. Академии наук УССР. – Киев, 1965. – Вып. 3. – 47 с.

23. Яруллин, Ф.Ф., Адаптивная автоматизированная система изменения глубины обработки почвы / Ф.Ф. Яруллин, Р.Ф. Сабиров, А.Р. Валиев // Научные труды II Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Института механизации и технического сервиса и 90-летию Казанской зоотехнической школы. – 2020. – С. 222-227.

24. Ванифатьев, А.Г. Освоение энергоресурсосберегающих технологий в картофелеводстве: Учебно-практ. пособие / А. Г. Ванифатьев, В.Х. Дубинин. – Пушкино: ОНТИ ПНЦ РАН, 2001. – 44 с.

25. Воловик, А.С. Справочник мастера-картофелевода / А.С. Воловик, И.П. Тектониди. – М., 1985. – 160 с.

26. Вопросы картофелеводства: материалы выездного заседания Президиума Россельхозакадемии (ВНИИКХ, 30–31 мая 1997 г.) // Научные труды РАСХН, Всероссийской НИИ картофельного хоз.-ва; ред.кол.:

А.В. Коршунов и др. – М., 1998. – 165 с.

27. Воробьев, В.А. Рациональная расстановка ножей на фрезерном барабане / В.А. Воробьев, О.С. Марченко // Техника в сельском хозяйстве. – 1990. – № 2. – С. 19.

28. Вознесенский, В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 263 с.

29. Гаджиев, П.И. Агротехнические показатели фрезерования почвы с зубцеобразной формой ножа / П.И. Гаджиев, М.С. Шикалов, Г.Г. Рамазанова, А.И. Алексеев // Ресурсосберегающие экологически безопасные технологии и оборудование в АПК. Материалы международной научно-практической конференции. – 18–19 апреля 2019. – С. 25-29.

30. Гаджиев, П.И. Исследование волнистого профиля ножа фрезы для обработки почвы / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, А.И. Алексеев // Техника и оборудование для села. – 2018. – № 1. – С. 14-77.

31. Гаджиев, П.И. Выбор оптимальных параметров и режимов работы фрезы с ножами зубцеобразной формы / П.И. Гаджиев, К.А. Манаенков, А.И. Алексеев // Наука и образование. Научно рецензируемый электронный журнал МичГАУ. – 2019. – № 2.

32. Гаджиев, П.И. Исследование крошения почвы при её предпосадочной подготовке к последующей комбайновой уборке картофеля / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, М.С. Шикалов, А.И. Алексеев // Техника и оборудование для села. – 2019. – № 4. – С. 20 – 23.

33. Гаджиев, П.И. Машины для производства картофеля в тяжелых почвах / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, А.И. Алексеев // Материалы X Международной научно-практической конференции «Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК» («ИнформАгро-2018»). – 6–8 июня 2018.

34. Гаджиев, П.И. Обоснование параметров комкоразрушающего битерного барабана машины для предпосадочной подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля/ П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, М.С. Шикалов, А.И. Алексеев // Техника в сельском хозяйстве. – 2019. – № 8. – С. 15 – 18.

35. Гаджиев, П.И. Способ подготовки почвы под картофель / П.И. Гаджиев, М.М. Махмутов, А.И. Алексеев, Р.Л. Сахапов, М.М. Махмутов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета: научный журнал. – РГАЗУ. – М., 2018. – Вып. № 28 (33). – С. 40–45.
36. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г., Алексеев А.И. Улучшение качества обработки почвы для комбайновой уборки картофеля // Сельскохозяйственная техника: обслуживание и ремонт, 2020. № 5. С. 46–55.
37. Гаджиев, П.И. Пути снижения уплотняющего воздействия агрегатов на почву / П.И. Гаджиев, М.М. Махмутов, А.И. Алексеев // Международный технико-экономический журнал. – 2018. – № 1. – С. 28– 33.
38. Гаджиев, П.И. Анализ крошения почвы методом полнофакторного эксперимента / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, К.А. Манаенков, А.И. Алексеев // Материалы международной научно-практической конференции «Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для АПК». – 26–27 сентября 2019. – С. 35–38.
39. Гаджиев, П.И. Расчет шага почвообрабатывающей фрезы с зубцеобразной формой / П.И. Гаджиев, М.М. Махмутов, А.И. Алексеев, М.М. Махмутов // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета: научный журнал. – РГАЗУ. – М., 2018. – Вып. № 28(33). – С. 40-45.
40. Гаджиев, П.И. Экспериментальные исследования почвофрезы с зубцеобразным профилем ножа / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, А.И. Алексеев // Материалы Международная научная конференция профессорско-преподавательского состава, посвященная 125-летию со дня рождения В.С. Немчинова 3–5 декабря. – 2019. – С. 341 – 344.
41. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г. Фрезерование почвы под посадку картофеля / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова: учебн. пособие. – М: РУСАЙНС, 2021. – 94 с.

42. Гаджиев П.И., Рамазанова Г.Г. Комплекс машин для подготовки почв к комбайновой уборке картофеля / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова: учебн. пособие. – М: РУСАЙНС, 2021. – 134 с.

43. Гапоненко, В.С. О путях снижения уплотняющего воздействия машинно-тракторных агрегатов на почву / В.С. Гапоненко // Влияние с.-х. техники на почву. – Труды почвенного института им. В.В.Докучаева. М., – 1981. – С. 56 – 61.

44. Гаранин, И.В. Оценка влияния эксплуатационных факторов на эффективность возделывания картофеля: дис. ... канд. тех. наук: 20.05.01 / И.В. Гаранин. – М., 2009. – 167 с.

45. Валиев, А.Р. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация / А.Р. Валиев, Б.Г. Зиганшин, Ф.Ф. Мухамадьяров, Ф.Ф. Яруллин, Д.Т. Халиуллин, С.М. Яхин // Учебное пособие / Санкт-Петербург, – 2020. (2-е издание, стереотипное).

46. Горбачев, И.В. Предпосадочная подготовка почвы при возделывании картофеля / И.В. Горбачев, В.М. Лабух // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2013. – № 3 – С. 38 – 40.

47. Горячкин, В.П. Собрание сочинений в 3-х томах. – М.: Колос, 1965. – Т.1 – 620 с.; Т.2 – 459 с.; Т.3 – 384 с.

48. ГОСТ 20915–2011. Испытания сельскохозяйственной техники. Методы определения условий испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 2013. – 28 с.

49. ГОСТ 26025–83. Машины и тракторы сельскохозяйственные и лесные. Методы измерения конструктивных параметров. – М., 1983. – 8 с.

50. ГОСТ 23729–88. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 25 с.

51. Государственная программа развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции сырья и продовольствия на 2013–2020 годы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://gov.cap.ru/home/16/2012/gosprogramma>.

52. Гринчук, И.М. Аналитические исследования фрезерных машин / И.М. Гринчук // Материалы НТС НИСХОМ. – М., 1970. – № 27. – С. 20 – 35.
53. Гринчук, И.М. Режим работы почвофрез / И.М. Гринчук, Ю.И. Матяшин // Механизация и электрификация соц. с.-х. – 1968. – № 6. – С. 7 – 9.
54. Купряшкин, В.Ф. Теоретическое исследование условий обеспечения равномерного движения и обоснование основных параметров самоходной малогабаритной почвообрабатывающей фрезы с вертикальной осью вращения активных рабочих органов / В.Ф. Купряшкин, М.Г. Шляпников, М.Н. Чаткин, С.В. Глотов, В.В. Купряшкин, Н.А. Четверов // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2019. Т. 14. – № 4-2 (56). – С. 59-63.
55. Гринчук, И.М. Расчёт толщины стружки почвенных фрез / И.М. Гринчук, Ю.И. Матяшин // Механизация и электрификация с.-х. – 1985. – № 4. – С. 35 – 37.
56. Гуреев, И.И. Обоснование технологий и комплекса машин для возделывания основных культур в районах действия водной эрозии: автореф. дис. ... докт. тех. наук: 20.01.05 / И.И. Гуреев. – М., 1994. – 52 с.
57. Гуреев, И.И. Энергоемкость обработки почвы / И.И. Гуреев // Техника в сельском хозяйстве. – 1988. – № 3. – С. 22 – 26.
58. Далин, А.Д. Создание почвообрабатывающего и посевного комбайна / А.Д. Далин // Материалы НТС ВИСХОМ. – 1959. – № 5. – С. 95 – 118.
59. Далин, А.Д. Обоснование формы рабочих органов ротационных почвообрабатывающих машин: дис. ... докт. тех. наук: 20.01.05 / А.Д. Далин. – М.: ВИМЭСХ, 1941. – 366 с.
60. Дедаев, Г.А. Исследование технологического процесса работы машины с фрезерными рабочими органами при возделывании картофеля на тяжёлых суглинистых почвах: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 20.01.05 / Г.А. Дедаев. – М., 1970. – 29 с.

61. Демидов, В.Г. Система контроля качества обработки почвы фрезерными культиваторами / В.Г. Демидов, В.Н. Зволинский // Тракторы и сельхозмашины. – 1986. – № 3. – С. 34–36.

62. Драняев, С.Б. Оптимизация работы садовой фрезы путем снижения энергоемкости обработки тяжелых почв / С.Б. Драняев, М.Н. Чаткин, В.А. Овчинников // В сборнике: Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. Межвузовский сборник научных трудов. Саранск, – 2017. – С. 154-158.

63. Ефимов, Д.Н. Фрезерные машины в сельском хозяйстве / Д.Н. Ефимов // Механизация сельского хозяйства: КНИИ, 1962. – № 5. – С. 21 – 23.

64. Жук, Я.М. Исследование фрезерования почвы / Я.М. Жук // Труды ВИМ. – М.: ВИМ, 1952.– Т.15. – С. 18 – 39.

65. Жук, А.Ф. Изыскание типа и обоснование параметров комбинированных рабочих органов для предпосевной обработки почвы: дис. ... канд. тех. наук: 20.05.01 / А.Ф. Жук.– М., 1978. – 238 с.

66. Зарипов, С.Х. К вопросу определения скорости движения пласта по отвальной поверхности / С.Х. Зарипов // Труды Казанского СХИ. – 1970. – Вып. 63. – С. 59–61.

67. Захарченко, А.Н. Влияние ходовых систем тракторов класса 3,0 на некоторые агрофизические показатели почв / А.Н. Захарченко и др. // Труды МСХА, 1997. – Вып. №2 68. – С. 179–184.

68. Валиев, А.Р. Новый низкозатратный ротационный рабочий орган / А.Р. Валиев // Сельский механизатор.– 2017. –№ 6. – С. 10-11.

69. Захарченко, А.Н. Уплотнение почвы ходовыми системами тракторов класса 2.0 / А.Н. Захарченко, В.И. Балабанов, П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 6 – С. 33.

70. Захарченко, А.А. Методика и некоторые результаты использования тракторов МТЗ с различной колеей на возделывании картофеля / А.А.Захарченко // Труды Всероссийской научно-практической конференции.

71. Зеленский, С.А. Улучшение амплитудно-частотной характеристики системы привод ротационного культиватора КФГ-3,6-01: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 20.01.05 / С.А. Зеленский. – Краснодар, 1987. – 23 с.

72. Золотаревская, Д.И. Основы теории и методы расчета уплотняющего воздействия на почву колесных движителей мобильной сельскохозяйственной техники: дис. ... докт. техн. наук: 20.01.05 / Д.И. Золотаревская. – М., 1997. – 468 с.

73. Золотаревская, Д.И. Исследование и расчет уплотнения почвы колесными движителями / Д.И. Золотаревская // Механизация и электрификация с.-х. – 1982. – № 2. – С. 28–32.

74. Зубков, В.В. Механизированная технология возделывания картофеля с минимальным уплотнением почвы / В. В.Зубков, Н. И. Верещагин // Тракторы и сельхозмашины. – 1998. – № 5. – С. 19.

75. Имамов, И.С. Механико-технологические основы теории деформации почвы рабочими органами почвообрабатывающих и посевных машин (моделирование методом конечных элементов, оптимизация и автоматизированное проектирование): автореф. дис. ... докт. техн. наук: 20.05.01 / И.С. Имамов. – М., 1992. – 56 с.

76. Канарев, Ф.М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия / Ф.М. Канарев. – М.: Машиностроение, 1983. – 142 с.

77. Чаткин, М.Н. Обоснование эффективного использования винтовых ножей в конструкции садовой фрезы / М.Н. Чаткин, В.А. Овчинников, С.Б. Драняев, С.М. Корявин // Конструирование, использование и надежность машин сельскохозяйственного назначения. – 2017. – № 1 (16). – С. 157-164.

78. Ким, Л.Х. Исследования навесного плуга с регулируемой шириной захвата предназначенного для работы на склонах, исследование и усовершенствование почвообрабатывающих машин / Л.Х. Ким. – М.: ВИСХОМ, 1972. – Вып. 69. – С. 36 – 48.

79. Кириенко, Ю.И. Влияние условий уборки на работу картофелеуборочной машины. Картофелеуборочный комбайн. / Ю.И.Кириенко // Тракторы и сельхозмашины. – 2000. – № 4. – С. 34 –36.

80. Валиев, А.Р. Современные автоматизированные и роботизированные машины для междурядной обработки почвы / А.Р. Валиев, Н.А. Васьков, Р.Ф. Сабиров, В.М. Медведев // Техника и оборудование для села. –2020. –№ 4 (274). – С. 2-7.

81. Коваль, К.Л. Разработка почвообрабатывающей машины с энергосберегающими фрезерными рабочими органами: дис. ... канд. техн. наук.: 20.01.05 / К.Л. Коваль. – 2010. – 124 с.

82. Кокорин, А.Ф. Основы испытаний сельскохозяйственной техники: Учебное пособие / А.Ф. Кокорин, А.В. Корепанов. – Челябинск: ФГОУ ВПО «Челябинский государственный агроинженерный университет», 2008. – 73 с.

83. Колесникова, В.А. Установка для обработки клубней картофеля перед посадкой / В.А. Колесникова, П.В. Бекетов // Техника в сельском хозяйстве. – 1998. – № 5. – С. 37 – 38.

84. Колчинский, Ю.Л. Опыт применения зарубежных технологий возделывания картофеля в России / Ю.Л. Колчинский, Л.М. Колчина. – М.: Информагротех, 1997. – 44 с.

85. Кравченко, В.И. Некоторые вопросы прогнозирования уплотнения почв машинами / В.И.Кравченко // Влияние сельскохозяйственной техники на почву / Тр. Почвен. ин-та им. В.В.Докучаева. – М., 1981. – С. 10 –13.

86. Кряжков, В.М., Методы снижения уплотняющего воздействия на почву движителей энергетических средств / В.М. Кряжков, А.А. Лопарев // Техника в сельском хозяйстве. – 2003. – № 1. – С.7 – 10.

87. Ксенович, И.П. Ходовая система почва – урожай / И.П. Ксенович. – М.: Агропромиздат, 1985. – 304 с.

88. Кузнецов, Ю.Н. Изыскание рабочих органов для предпосевной обработки почвы / Ю.Н. Кузнецов. // Труды ВИМ, Т.61. – М.: 1975. С. 265 –281.

89. Купряшкин, В.Ф. Повышение эффективности функционирования самоходной малогабаритной почвообрабатывающей фрезы оптимизацией конструктивно-технологических параметров (на примере фрезы ФС-0,85): автореф. дис. ... канд. тех. наук: 20.01.05 / В.Ф. Купряшкин. – Саранск, 2011. – 20 с.

90. Купряшкин, В.Ф. Энергоемкость фрезерования почвы малогабаритными фрезами с приводными колесами / В.Ф. Купряшкин, Н.И. Наумкин, М.Н. Чаткин // Тракторы и сельхозмашины. – 2013. – № 8. – С. 39 - 41.

91. Купряшкин, В.Ф. Обоснование параметров и режимов работы самоходной почвообрабатывающей фрезы с комбинированным вращением активных рабочих органов / Гусев А.Ю., Купряшкин В.Ф. // Научное обозрение. Международный научно-практический журнал. -2020.- № 2.- С. 20

92. Купряшкин, В.Ф. Автоматизация режимов работы самоходной фрезы / А.В. Безруков, Н.И. Наумкин, В.Ф. Купряшкин // Сельский механизатор. – 2019. – № 2. – С. 6 – 7.

93. Купряшкин, В.Ф. Адаптивная почвообрабатывающая фреза / А.В. Безруков, Н.И. Наумкин, В.Ф. Купряшкин // Сельский механизатор. – 2018. – № 1. – С. 4 – 5.

94. Купряшкин, В.Ф. Анализ баланса расходуемой мощности адаптивной почвообрабатывающей фрезой / А.В. Безруков, Н.И. Наумкин, В.Ф. Купряшкин // Сборник XLVI. Огаревские чтения. Материалы научной конференции: в 3 частях. Ответственный за выпуск П.В. Сенин. – 2018. – С. 164 – 169.

95. Лещанкин, А.И. Исследование ножей с винтовой рабочей поверхностью фрезерных культиваторов: автореф. дис. ... канд. техн. наук.: 20.01.05 / А.И. Лещанкин. – 1971. – 22 с.

96. Лещанкин, А.И. Теоретические основы ротационных почвообрабатывающих рабочих органов с винтовыми поверхностями / А.И. Лещанкин. – Саратов: изд-во Саратовского ун-та, 1986. – 208 с.

97. Лещанкин, А.И. Опыт возделывания картофеля на тяжелых почвах /А.И. Лещанкин, Н.С. Колесников, М.Н. Чаткин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1992. – № 5. – С. 15 –16.

98. Липецкий, Н.П. Влияние уплотнения почвы движителями тракторов на агрофизические свойства дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы на урожайность полевых культур: автореф. дис. ... канд.с.-х. наук: 06.01.04 / Н.П. Липецкий. – М., 1982. – 24 с.

99. Лобачевский, Я.П. Современное состояние и тенденции развития почвообрабатывающих машин / Я.П. Лобачевский, Л.М. Колчина. – М.: Росинформагротех, 2005. – 116 с.

100. Махмутов, М.М. Повышение тягово-сцепных свойств колесных движителей машинно-тракторных агрегатов: дис. ... докт. тех. наук: 05.20.01 / М.М. Махмутов. – М.: Москва, 2011. – 443 с.

101. Медведев, В.И. Основы проектирования и расчета машинных агрегатов с рабочими органами-двигателями: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / В.И. Медведев. – Саратов, 1977. – 32 с.

102. Методика определения экономической эффективности технологий и сельскохозяйственной техники 2-х частях: нормативно-справочный материал / А.В. Шпилько и др. – М.: РИЦ ГОСНИТИ, 1998. – Ч.1 – 331 с; Ч.2 – 270 с.

103. Матяшин, Ю.И. Расчёт и проектирование ротационных почвообрабатывающих машин / Ю.И. Матяшин, И.М. Гринчук, Г.М. Егоров. – М.: Агропроиздат, 1988. – 176 с.

104. МАШИНОСТРОЕНИЕ: Энциклопедия. – М.: Машиностроение, 2002. –Т.1V-16. Сельскохозяйственные машины и оборудование. – 720 с.

105. Габтрахимов, И.М. Перспективы сокращения энергозатрат при обработке почвы / И.М. Габтрахимов, А.Р. Валиев // В сборнике: Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации и технического сервиса агропромышленного комплекса. – 2019. – С. 95-100.

106. Валиев, А.Р. Современные почвообрабатывающие машины: регулировка, настройка и эксплуатация / А.Р. Валиев, Б.Г. Зиганшин, Ф.Ф. Мухамадьяров, Ф.Ф. Яруллин, Д.Т. Халиуллин, С.М. Яхин -Санкт-Петербург, 2019.
107. Павлов, П.В. Исследование сил в почвенных фрезах / П.В. Павлов // Труды ВИМ. – 1952. – Т. 15. – С. 40 –73.
108. Панов, И.М. Механико-технологические основы расчета и проектирования почвообрабатывающих машин с ротационными рабочими органами: дис. ... д-ра тех. наук: 20.01.05 / И.М. Панов. –Москва, 1983. – 382 с.
109. Панов, И.М. Испытания прицепного пятикорпусного плуга с роторными отвалами / И.М. Панов, В.А. Шмонин // Тракторы и сельхозмашины. – 1967. – № 6. – С. 21 – 23.
110. Панов, И.М. Ротационные почвообрабатывающие машины и орудия / И.М. Панов, В.В. Мелихов. – М.: ЦИНТИАМ, 1963. – 31 с.
111. Панов, И.М. Испытания ротационного плуга РП-200 / И.П. Панов, В.В. Мелихов // Тракторы и сельхозмашины. – 1967. – № 7. – С. 20 – 22.
112. Панов, И.М. Ротационные плуги / И.М. Панов, В.В. Мелихов // Тракторы и сельхозмашины. – 1964. – № 10. – С. 45 – 48.
113. Панов, И.М. Физические основы механики почв / И.М. Панов, В.И. Ветехин. – Киев: Феникс, 2009. – 266 с.
114. Панов, И.М. Теория, конструкция и расчет ротационных почвообрабатывающих машин / И.М. Панов, Ж.Е. Токушев. – Кокшетау: Изд.-во Кокшетауского университета, 2005. – 314 с.
115. Панов, И.М. Энергобаланс МТА с ротационной почвообрабатывающей машиной / И.М. Панов, В.А. Юзбашев // Сб. науч. тр. ВИСХОМ. – 1975. – Вып. 85. – С. 3 – 13.

116. Папафилов, В.А. Опыт разработки конструкций пропашных фрез для высокостебельных культур / В.А. Папафилов // Материалы НТС ВИСХОМ. –1968. – № 25.

117. Патент на изобретение № 2569586 RUC2. Машина для предпосадочной подготовки почвы / П.И. Гаджиев, Е.И. Воробьев, М.М. Махмутов, В.И. Славкин В, М.М. Махмутов, Г.Г. Рамазанова. – № 2013149070/13; заявл. 10.05.2015; опубл. 27.11.2015, Бюл. № 33. – 5 с.

118. Патент на полезную модель № 2019110197(019583) RU C2. Машина для подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля / П.И. Гаджиев, М.М. Махмутов, М.С. Шикалов, А.И. Алексеев, Г.Г. Рамазанова. – № 2019110197(019583); заявл. 05.04.2019.

119. Пермин, Ю.И. Комбинированная фрезерная машина для возделывания корнеплодов и кукурузы и агротехническая оценка ее работы / Ю.И. Пермин // Материалы НТС ВИСХОМ. – 1968. – № 25. – С.

120. Петров, Г.Д. Картофелеуборочные машины / Г.Д. Петров. – М.: Машиностроение. – 1989. – 320 с.

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

122. 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.

123. Почвообрабатывающие фрезы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://adsl-modem.com.ua>.

124. Пупонин, А.И. Эффективность агротехнических приемов снижения отрицательного действия тракторов на дерново-подзолистую почву / А.И. Пупонин и др. // Сб. научных трудов ВИМ. – 1984. – Т. – С. 128 –135.

125. Пупонин, А.И. Деформация дерново-подзолистой почвы ходовыми системами тракторов и урожай / А.И. Пупонин и др. // Земледелие. – 1981. – № 3. – С. 22 – 24.

126. Рабочев, И.С. Влияние тракторов, сельскохозяйственных и транспортных машин на уплотнение почвы / И.С. Рабочев, П.У. Бахтин, В.М. Сорочкин // Труды УСХА. – 1978. – Вып. 212. – С. 50 – 54.

127. Рамазанова, Г.Г. Параметры и режимы работы фрезы для предпосадочной обработки почвы под картофель. - дис. ... канд. техн. наук.: 05.20.01 / Г.Г. Рамазанова. – 2016.

128. Рамазанова, Г.Г. Компьютерная модель обработки почвы фрезой / Г.Г. Рамазанова, М. И.Белов, П.И. Гаджиев. // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 10. – С. 31– 36.

129. 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.

130. Рамазанова, Г.Г. Результаты полевых исследований почвообрабатывающей фрезы с ножами с волнистым профилем / Г.Г. Рамазанова, П.И. Гаджиев // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета: научный журнал. – РГАЗУ. – М., 2015. – Вып. № 19(24). – С. 32–35.

131. Романенко, В.П. О работе болотных фрез и путях их улучшения / В.П. Романенко // Тракторы и сельхозмашины. –1963. – № 4.

132. Сельскохозяйственные машины: Учебник для вузов. / И.Н. Кленин, С.Н. Киселев, А.Г.Левшин. – М.: Колос С, 2008. – 816 с.

133. Сельскохозяйственные машины: Методические рекомендации по выполнению расчетно-проектной работы по теме: «Основы динамического крошения почвенных комков перед посадкой картофеля» / сост. П.И. Гаджиев. – М.: РГАЗУ, 2008. – 86 с.

134. Славкин, В.И. Управление процессом сепарации картофелеуборочного комбайна / В.И. Славкин, С.В. Белов, А.В. Журавлев и др. Тракторы и сельхозмашины. –2012. – № 5. – С. 43 – 45.

135. Синеоков, Г.Н. Теория и расчёт почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. – М.: Машиностроение, 1977. – 325 с.

136. Стародинский, Д.З. Пути снижения энергоемкости работы почвенных фрез / Д.З. Стародинский // Тракторы и сельхозмашины. –1967. – № 4. – С. 32 – 34.

137. Старовойтов, В.И. Оценка эффективности предпосадочной обработки почвы при возделывании картофеля / И.В. Старовойтов, И.П. Фирсов, О.А. Старовойтова, Х.Н. Насибов // Международный технико-экономический журнал. – 2012. – № 4. – С. 82 – 87.

138. Старовойтов, В.И. Влияние предпосадочной обработки почвы на урожайность картофеля / И.В. Старовойтов, О.А. Старовойтова, Х.Н. Насибов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ им. В. П. Горячкина – Вып. № 2 (53).– 2012– С. 47-50.

139. Старовойтов, В.И. Инновационные грядковые технологии и технические средства для возделывания картофеля и топинамбура / И.В. Старовойтов, О.А. Старовойтова // Земледелие. 2015. – № 7. – С. 40 - 42.

140. Старовойтов, В.И. Технологические основы высокоточного возделывания картофеля / В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова // Главный агроном. – 2017. – № 5–6. – С. 62 – 67.

141. Старовойтов, В.И. Механизация уборки и хранения продукции растениеводства /В.И. Башкирцев, К.Р. Гришко, О.А. Старовойтова, В.И. Старовойтов, В.В. Зуев, Н.В. Воронов // Учебно-методическое пособие. – Москва. – 2018. – Часть 1.

142. Старовойтов, В.И. The study of physical and mechanical parameters of the soil in the cultivation of tubers / О.А. Старовойтова, В.И. Старовойтов,

А.А. Манохина // Journal of Physics/ Conference Series International Conference on Applied Physics, Power and Material Science. – 2019. – С. 012083.

143. Старовойтов, В.И. технологические предпосылки выращивания картофеля по органическим технологиям В.И. Старовойтов,

М.И. Пехальский // Сборник доклады ТСХА. – 2019. – С. 411–415.

144. Старовойтов, В.И. Инновационные технологии послеуборочной доработки клубней картофеля / О.А. Старовойтова, В.И. Старовойтов,

А.А. Манохина, Ж.Ж. Аллаяров // Сборник научно информационного обеспечения инновационного развития АПК. Материалы XI Международной научно-практической интернет конференции. – 2019. – С. 416 – 420.

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

146. Габтрахимов, И.М., Обоснование параметров парно-дискового почвообрабатывающего рабочего органа / И.М. Габтрахимов, А.Р. Валиев // В сборнике: Современное состояние, проблемы и перспективы развития механизации технического сервиса агропромышленного комплекса. Материалы международной научно-практической конференции. 2019.-С.87-95.

147. Типаж фрез почвообрабатывающих сельскохозяйственных на 1966–1970 гг. и мероприятия по его внедрению. ОНТИ ВИСХОМа.– М., 1965.

148. Ткаченко, А.И. Исследование и обоснование параметров рабочих органов почвообрабатывающей фрезы для условий рисосеяния Кубани: автореф. дис. ... канд. тех. наук: 20.05.01 / А.И. Ткаченко. – Краснодар, 1974. – 22 с.

149. Третьяков, Н.Н. Об оптимальной плотности почвы для пропашных культур / Н.Н. Третьяков, В. К.Иванова // Теоретические вопросы обработки почв. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – С. 17 – 23.

150. Успенский, И.А. Повреждение картофеля во время уборки /

О.В. Филюшин, И.А. Успенский // в сборнике: Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса. Материалы Национальной научно-практической конференции. –2019. – С. 268 – 271.

151. Чаткин, М.Н. Кинематика и динамика ротационных почвообрабатывающих рабочих органов с винтовыми элементами /

М.Н. Чаткин; ред. В.И. Медведев, П.П. Лезин – Саранск: Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – 316 с.

152. Черненко, А.Д. Пропашные почвообрабатывающие фрезы /

А.Д. Черненко, В. П. Матвейчук // Механизация и электрификация соц. с. х. – 1964. – № 3. – С. 59.

153. Черненко, А.Д. Фрезерные культиваторы / А.Д. Черненко,

Г.Ф. Попов // Тракторы и сельхозмашины. – 1960. – № 10. – С. 29 – 31.

154. Черненко, А.Д. Приспособление для посева овощных культур к фрезерному культиватору ФКШ – 2,7 / А.Д. Черненко и др. // Тракторы и сельхозмашины. – 1969. – № 10.

155. Шмонин, В.А. Исследование работы и обоснование параметров комбинированных плужных корпусов: дис. ... канд. техн. наук: 20.01.05 / В.А. Шмонин. – М., 1970. – 186 с.

156. Яцук, Е.П., Ефимов Д.Н. Фрезерные почвообрабатывающие машины / Е.П. Яцук, Д.Н. Ефимов // НИИАВТОСЕЛЬХОЗМАШ.– М., 1965.

157. Bernacki, H. Teoria glebogryzarek / H. Bernacki // Biuletyn prac naukowobadawczych. – Warszawa, 1962. – № 2.

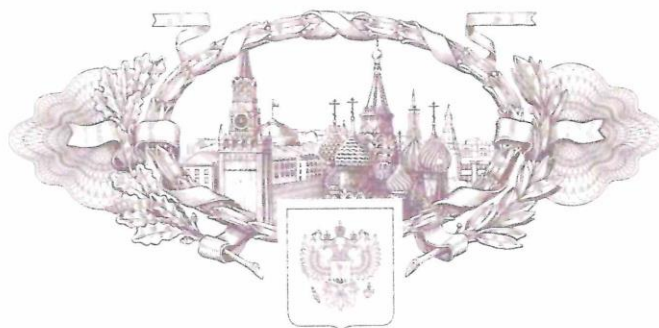
158. Bernacki, H. Bodonia zuzycia energii przez aktywne i kombinowane maszyny uprowowe / H. Bernacki // Biuletyn prac naukowobadawczych. – Warszawa. – 1975. - № 10 – P. 35 – 48.

159. Bernacki, H. Teoria i konstruacja maszyn colniryzch / H. Bernacki // PWPIL. – Warszawa, 1981. – T1, cz. I i II. – P. 417.

160. Ghosh, B.N. The Power requirement of Rotary cultivator / B.N. Ghosh // Journal of agricultural engineering research. – 1967. – № 12.
161. Gill, W. K. Soil compactation by traffic / W.K. Gill // Agricultural Engineering. – 1959. – № 7.
162. Gill, W. K. Vanderberger Glen E. Rotary tillage / W.K. Gill, G. E. Vanderberger // Agricultural Handbook. – 1967. – № 316.
163. Gill, W. K. Soil Dynamics in tillage and traction / W.K. Gill // Agricultural Handbook. – 1967. – № 316.
164. Gill, W.R. Soil dynamics in tillage and traction/ W.K. Gill // Agricultural Research US department of Agriculture. – Washington, 1976.
165. Mirowski, Z. Plugofrezarki-wyniki badan polowych / Z. Mirowski // Maszyny i ciagniki rolnicze. – 1966. – № 10. – P. 13.
166. Mursch, B. Untersuchungen an einer Bodenfräse / B. Mursch // Landtechnische forschung. – bd. 7. – 1967. – H. 4. – P. 93–98.
167. Regge, H. Der ergebnisse beschreiben untersuchungen und lichte rotoren / H. Regge // Deutsche Agrartechnik. – 1960. – № 2.
168. Renard, W. Starre oder federnde werkzeuge an bodenfräsen / W. Renard // Grundlagen der landtechnik. – 1957. – P. 9.
169. Sohne, W. Eggenmüller A. Schnellaufende bodenfräsen langsamlaufende rotorgräber / W. Sohne, A. Eggenmüller // Grundlagen der landtechnik. – H. II. – 1959.
170. Sohne, W. Technische probleme bei bodenfräsen / W. Sohne, R.Thiel // Grundlagen der landtechnik. – 1957. – P. 9.
171. Stranak, A. Vliv rotacni a pluzni technologie orby na dynamiku fyzikalnich vlastnosti pudy a její vodni režim / A. Stranak, F. Klaska // Zemědělská technika. – V.10 (XXXVII), 1964. – № 12.
172. <http://findpatent.ru>

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ПАТЕНТ

НА ПОЛЕЗНУЮ МОДЕЛЬ

№ 195822

**МАШИНА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ К
КОМБАЙНОВОЙ УБОРКЕ КАРТОФЕЛЯ**

Патентообладатель: *Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
"РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ЗАОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ" (RU)*

Авторы: *Гаджиев Парвиз Имран Оглы (RU), Махматов Мансур
Магфурович (RU), Шикалов Мирон Сергеевич (RU), Алексеев
Алексей Игоревич (RU), Рамазанова Гюльбике Гудретдиновна
(RU)*

Заявка № 2019110197

Приоритет полезной модели 05 апреля 2019 г.

Дата государственной регистрации в

Государственном реестре полезных

моделей Российской Федерации 06 февраля 2020 г.

Срок действия исключительного права

на полезную модель истекает 05 апреля 2029 г.



Руководитель Федеральной службы
по интеллектуальной собственности

Г.П. Ивлиев

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



(19) RU (11)

195 822⁽¹³⁾ U1

(51) МПК -
A01B 49/02 (2006.01)

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) **ФОРМУЛА ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

(52) СПК
A01B 49/02 (2019.08)

(21)(22) Заявка: 2019110197, 05.04.2019

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.04.2019

Дата регистрации:
06.02.2020

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 05.04.2019

(45) Опубликовано: 06.02.2020 Бюл. № 4

Адрес для переписки:
143900, Московская обл., г. Балашиха, ул.
Юлиуса Фучика, 1, ФГБОУ ВО
"РГАЗУ", Управление организации научных
исследований и подготовки научно-
педагогических кадров, заведующей сектором
УОНИ и ПНПК Ломакиной М.А.

(72) Автор(ы):

Гаджиев Парвиз Имран Оглы (RU),
Махмутов Мансур Магфурович (RU),
Шикалов Мирон Сергеевич (RU),
Алексеев Алексей Игоревич (RU),
Рамазанова Гюльбике Гудретдиновна (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "РОССИЙСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ЗАОЧНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ" (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: SU 1426483 A1, 30.09.1988. RU
2507731 C2, 27.02.2014. RU 2444170 C1,
10.03.2012. US 3604515 A1, 14.09.1971.

(54) **МАШИНА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ПОЧВЫ К КОМБАЙНОВОЙ УБОРКЕ КАРТОФЕЛЯ**

(57) **Формула полезной модели**

Машина для подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля, включающая раму с размещенными на ней опорно-копирующими катками, на которой закреплен подкапывающий рабочий орган, прутковые элеваторы, поперечный реверсивный транспортер, комкоразрушающее устройство, отличающаяся тем, что комкоразрушающее устройство, состоящее из битерного барабана с размещенными на нем битерами, выполнено с возможностью изменения угла отбрасывания комка почвы на экран, шарнирно закрепленный одной стороной на раме машины и находящийся непосредственно за битерным барабаном.

RU 195822 U1



УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «Белая Дача Фарминг»
Беляев А.А.

«_____» 2018 г.

АКТ

о внедрении научно-исследовательских разработок в 2018 г.
(ответственный исполнитель от ФГБОУ ВО РГАЗУ аспирант А.И. Алексеев)

Мы, ниже подписавшиеся представители ФГБОУ ВО РГАЗУ, Московская область г. Балашиха, ул. Юлиуса Фучика д.1, аспирант Алексеев А.И., с одной стороны и представители ООО «Белая дача фарминг», Тамбовская область, Тамбовский район с. Татаново, ул. Совхозная д. 2а, главный инженер Саюкин А.В., зам. по производству Лебедев М.В., с другой стороны, составили настоящий акт. О том что, в период с 8 октября 2017 г. по 22 октября 2017 г., аспирантом Алексеевым А.И. на участках ООО «Белая Дача Фарминг» испытана почвообрабатывающая фреза ФН-1,2 с зубцеобразной формой ножа.

1. В процессе внедрения выполнены следующие работы:

а) проведены полевые испытания опытного образца почвообрабатывающей фрезы ФН-1,2 с зубцеобразной формой ножа в почве под посадку картофеля-12 га.

б) проведена оценка крошения почвы, размеры фракции:
- до 25 мм в слое до 60 мм 86,5%;
- до 50 мм в слое до 150 мм 67,4%;
- в слое свыше 150 мм 97,5%.

В результате, урожайность картофеля повысилась на 23%, повреждения клубней в таре при комбайновой уборке уменьшились на 15%.

2. Предложения о дальнейшем внедрении работы и другие замечания.

По результатам внедрения почвообрабатывающей фрезы с зубцеобразной формой ножа на участках ООО «Белая Дача Фарминг» урожайность картофеля повысилась, следовательно, рекомендуем использовать и в дальнейшем данную фрезу при подготовке почвы под посадку картофеля. Однако необходимо усовершенствовать конструкцию ножа фрезы для снижения тяговых сопротивлений и уменьшения затрат мощности при фрезеровании.

Главный инженер

А.В. Саюкин

От кафедры «Механики и технических систем»
ФГБОУ ВО РГАЗУ:
Аспирант

А.И. Алексеев



Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Мичуринский государственный аграрный университет»
(ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ)

«УТВЕРЖДАЮ»
Проректор по учебно-воспитательной работе
ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ
С.А. Жидков
« » 2021 год

АКТ

о внедрении результатов научно-исследовательской работы
в учебный процесс

Комиссия в составе председателя – директора инженерного института доктора технических наук, профессора Манаенков К.А. и членов: заведующего кафедрой транспортно-технологических машин и основ конструирования, доктора технических наук, доцента Ланцева В.Ю.; доцента кафедры транспортно-технологических машин и основ конструирования, кандидата технических наук Алехина А.В. составили настоящий акт о следующем.

Комиссия рассмотрела материалы научно-исследовательской работы Алексеева Алексея Игоревича на тему «Обоснование параметров фрезы для обработки почвы к посадке картофеля» (специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства), включающие математическую модель крошения почвенных комков зубцеобразной формой рабочей поверхности ножа фрезы для предпосадочной обработки почвы, результаты исследования зубцеобразного профиля рабочей поверхности ножа, результаты сравнительных хозяйственных испытаний влияния почвообрабатывающей фрезы на работу картофелеуборочного комбайна.

Комиссия отмечает, что рассмотренные материалы имеют важное научно-техническое значение и были внедрены в учебный процесс на кафедре транспортно-технологических машин и основ конструирования. Аналитические и экспериментальные результаты использованы при подготовке лекций и лабораторных занятий по дисциплине «Оптимизация режимных и конструктивных параметров технологического оборудования» для обучающихся по направлению 35.04.06 Агроинженерия, направленность (профиль) - Технологии и средства механизации сельского хозяйства.

Председатель комиссии		К.А. Манаенков
Члены комиссии		В.Ю. Ланцев
		А.В. Алевин

продолжение приложения Б



УТВЕРЖДАЮ

Врио ректора ФГБОУ ВО РГАЗУ

Е.В. Шестакова

« » 2021 год

AKT

О внедрении результатов научно-исследовательской работы
в учебный процесс

Результаты диссертационной работы Алексеева А.И. на тему «Обоснование параметров фрезы для обработки почвы к посадке картофеля» были получены результаты, имеющие важное научно-техническое значение для развития сельскохозяйственной отрасли Российской Федерации.

Алексеевым А.И. применены различные методологии, которые в процессе исследования были адаптированы под учебный процесс Российского государственного аграрного заочного университета, за счет чего в течении 2019-2021 года использованы в образовательной деятельности по различным направлениям и кафедрам, а также в научно-исследовательской деятельности университета.

Материалы проведенных теоретических и экспериментальных исследований используется в учебном процессе при подготовке бакалавров по направлению 35.03.06 Агроинженерия и магистров по направлению 35.03.06 Агроинженерия.

Адаптированы и применены следующие положения:

- математическая модель крошения почвенных комков зубцеобразной формой рабочей поверхности ножа фрезы для предпосадочной обработки почвы;

- результаты исследования зубцеобразного профиля рабочей поверхности ножа;
- результаты сравнительных хозяйственных испытаний влияния почвообрабатывающей фрезы на работу картофелеуборочного комбайна;
- экономическая эффективность применения почвообрабатывающей фрезы с зубцеобразной формой рабочей поверхности ножа формы.

Декан факультета Электроэнергетики и ТС
д. т. н., профессор



Гаджиев П.И.

Заведующий кафедрой Эксплуатации и ТС
к. т. н., доцент



Горюнов С.В.