

*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

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

**Рязань 2021**

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Российский государственный аграрный заочный университет» (ФГБОУ ВО РГАЗУ).

**Научный руководитель** доктор технических наук, профессор  
**Гаджиев Парвиз Имранович**

**Официальные оппоненты:** **Валиев Айрат Расимович**, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Казанский государственный аграрный университет», ректор  
**Старовойтов Виктор Иванович**, доктор технических наук, профессор, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха», главный научный сотрудник, заместитель директора по инновационной деятельности — заведующий отдела технологии и инновационных проектов

**Ведущая организация:** федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва" (ФГБОУ ВО "МГУ им. Н.П. Огарёва")

Защита диссертации состоится «19» октября 2021 года в 12.00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.057.03 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу 390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационного совета

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВО РГАТУ, на сайте: [www.rgatu.ru](http://www.rgatu.ru), с авторефератом – на сайте Высшей аттестационной комиссии Министерства науки и высшего образования Российской Федерации <https://vak.minobrnauki.gov.ru>

Автореферат разослан «   » \_\_\_\_\_ 2021 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор технических наук, доцент



Юхин И.А.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** В соответствии с Доктриной продовольственной безопасности для поддержания необходимого уровня обеспеченности Россия ежегодно должна получать не менее 26 млн. тонн картофеля.

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., А.Р. Валиев, Рембалович, И.А. Успенский, М.Н. Чаткин, В.Ф. Купряшкин, И.А. Юхин, А.С. Дорохов, М.Н.Ерохин, Н.Н.Колчин, М.Ю. Костенко, И.М. Панов, Я.П. Лобачевский, М.Б. Угланов 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.

Работа выполнена в соответствии с планами НИР ФГБОУ ВО РГАЗУ на 2016-2020 гг по теме «Совершенствование рабочих органов почвообрабатывающих фрезерных машин».

**Цель исследования** - 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 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 к 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 построении экспериментальных графиков использовались

программные продукты MS EXCEL, MathCAD, Statistica, Компас 3D. Также была использована теория планирования и анализа полнофакторного эксперимента.

**Положения, выносимые на защиту:**

1. Математическая зависимость 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 результатов исследования.** Применение поверенных средств измерений, современных методов моделирования экспериментов и обработки результатов лабораторных и производственных экспериментов обеспечило обоснованные и достоверные результаты исследования, которые соответствуют теме и общим выводам диссертации.

**Личный вклад соискателя.** Состоит в участии в формулировании цели, разработке и конкретизации задач диссертации, определении направлений теоретических и экспериментальных исследований.

**Апробация результатов исследования.** 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.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснованы актуальность диссертационной темы, сущность выполненной работы, цель и основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе «Состояние проблемы и основные задачи исследования»** описано современное состояние картофелеводства в России.

Показана необходимость использования в сельскохозяйственном производстве более совершенных рабочих органов фрез, которые позволят решить вопросы повышения эффективности работы почвообрабатывающих машин для возделывания картофеля в тяжелых почвах.

**Во второй главе «Теоретическое обоснование крошения почвенных комков техническими средствами при предпосадочной подготовке почвы»** рассмотрены теоретические вопросы обработки почвы фрезой для правильного выбора кинематических и конструктивно-технологических параметров почвообрабатывающей фрезы.

Изучена кинематика рабочего органа фрезы.

В процессе фрезерования угол резания  $\alpha$  изменяется в зависимости от угла поворота фрез барабана  $\varphi$ , значение которого можно определить с помощью расчетной зависимости:

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

где  $i$  – минимальный угол установки ножа;  $\lambda$  – кинематический показатель;  $\varphi$  – угол поворота фрез барабана.

Угол входа  $\varphi_1$  и угол выхода  $\varphi_2$  (рисунок 1) будут определяться зависимостями:

$$\varphi_1 = 90^\circ + \arcsin \left( 1 - \frac{h}{R} \right); \quad (2)$$

$$\varphi_2 = 270^\circ - \arcsin \left( 1 - \frac{h}{R} \right); \quad (3)$$

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

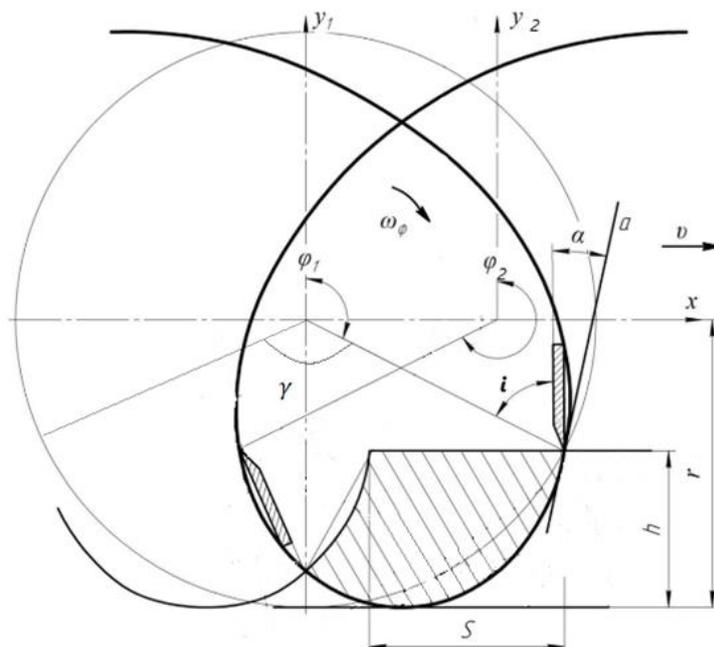


Рисунок 1 – Кинематика рабочего органа почвообрабатывающей фрезы  
Тогда угол атаки ножа фрезы можно определить следующим образом:

$$\gamma = \varphi_1 - \varphi_2 = 180^\circ - 2 \arcsin \left( 1 - \frac{h}{R} \right). \quad (4)$$

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

Из графика на рисунке 2 видно, что с увеличением глубины обработки угол атаки ножа увеличивается, при  $h = 0,12$  м и  $R = 0,24$  м, угол атаки ножа  $\gamma = 125^\circ$ .

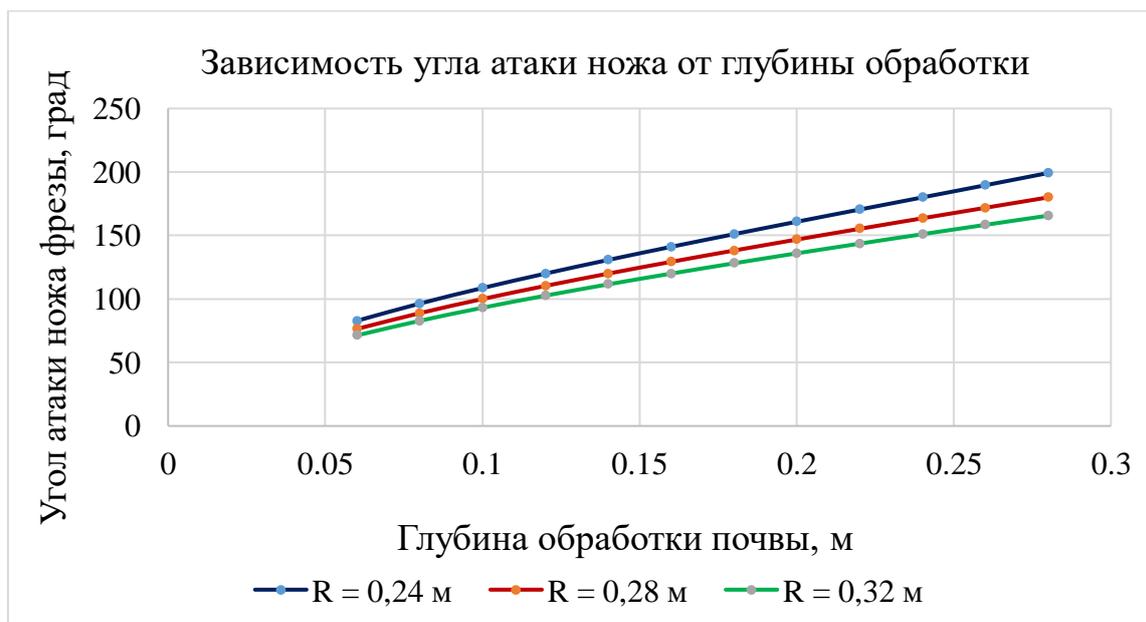


Рисунок 2 – Зависимость угла атаки ножа фрезы от глубины обработки почвы

Учитывая, что глубина заделки растительных остатков должна быть ниже глубины посадки картофеля, с учетом данного условия глубину обработки почвы принимаем равной  $h = 12$  см. Тогда диаметр барабана почвообрабатывающей фрезы можно определить по формуле Полтавцева И.С.:

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

Исходя, из выше приведенной формулы диаметр барабана фрезы для предлагаемого рабочего органа принимаем  $D = 48 \dots 63$  см.

Кинематический коэффициент будет равен:

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

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

Число оборотов барабана будет равно:

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

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,  $\text{мин}^{-1}$ ;  $S$  – подача на нож, м.

Определим число ножей на диске барабана фрезы:

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

На основании произведенных расчетов количество ножей на каждой секции барабана фрезы приняли равным трем.

Из треугольника OAB на рисунке 3 по теореме косинусов найдем зависимость угла установки ножа фрезы от длины ножа и глубины обработки почвы.

$$i = \arccos\left(\frac{R^2 + l^2 - (R + h)^2}{2Rl}\right), \quad (5)$$

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

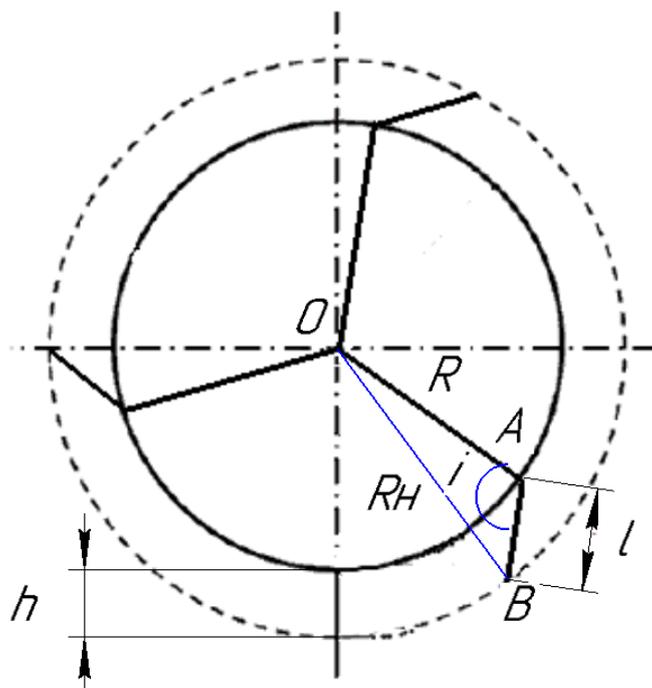


Рисунок 3 – Расчетная схема для определения угла установки ножа фрезы

В результате обоснования кинематических и основных конструктивно-технологических параметров почвообрабатывающей фрезы установлено (см. рис. 4, 5): частота вращения –  $200 \dots 265 \text{ мин}^{-1}$ ; величина подачи –  $0,06 \dots 0,10 \text{ м}$ ; число ножей – 3 шт.; диаметра 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 установки ножа –  $i = 90,1^\circ$ .

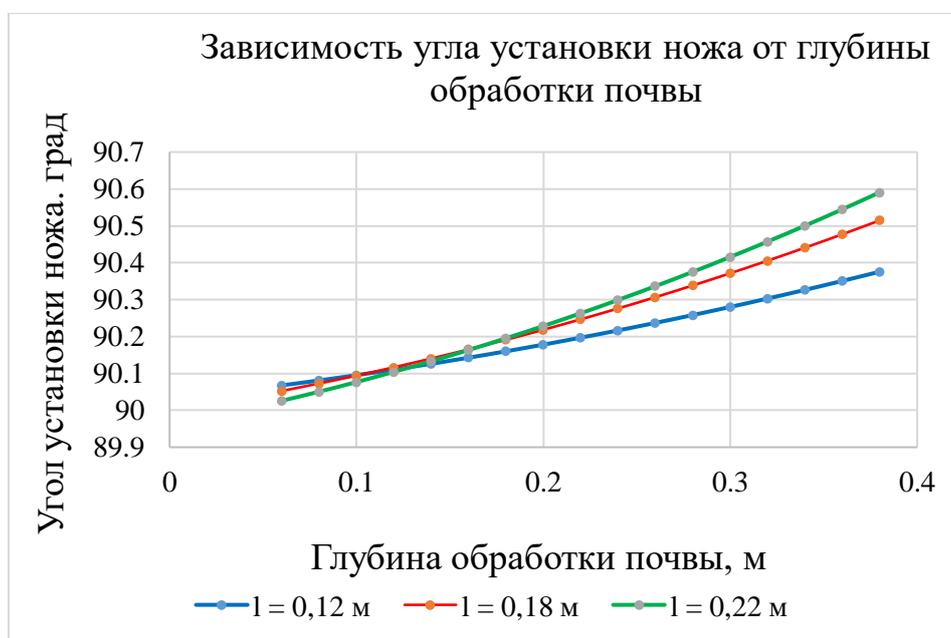


Рисунок 4 – Зависимость угла установки ножа фрезы от глубины обработки почвы

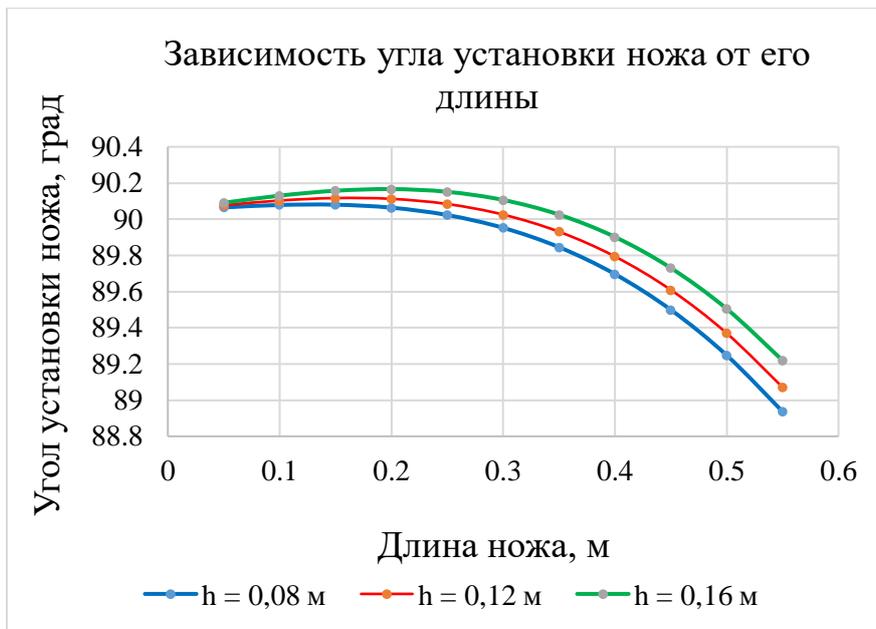


Рисунок 5 – Зависимость угла установки ножа фрезы от его длины

Для определения силы сопротивления фрезы, учтены рельеф местности, поэтому был введен эмпирический коэффициент  $\eta$ , учитывающий рельеф местности.

$$P = Gf + kabm + \eta \varepsilon abmv^2 \quad (6)$$

Следовательно, эмпирический коэффициент, учитывающий рельеф местности  $\eta$ , определится:

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

Для удобства выразим  $abn=F$  – площадь обрабатываемого пласта за оборот, тогда:

$$\eta = (P - (Gf + kF)) / \varepsilon Fv^2.$$

Экспериментальные исследования показали, что значение эмпирического коэффициента находится в пределах 3-5% (рисунок 6).

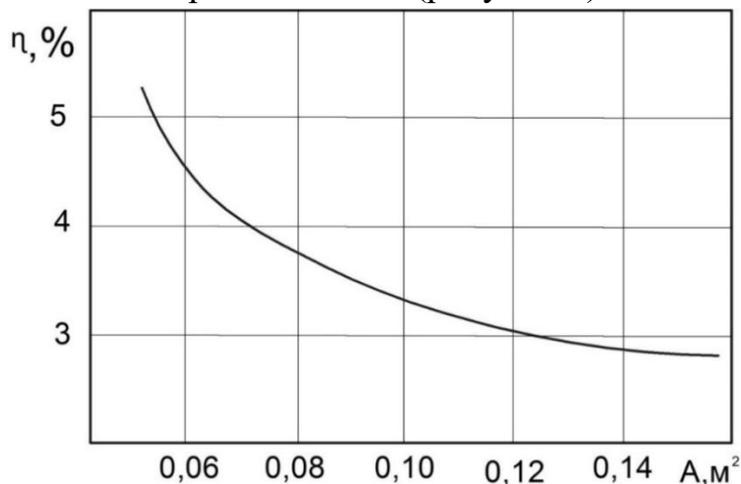


Рисунок 6 – Зависимость эмпирического коэффициента рельефа местности от площади обрабатываемого пласта за оборот

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  $0,10...0,12 \text{ м}^2 - 0,5 \%$ .

В третьей главе «Программа и методика экспериментальных исследований» представлены программа и методика экспериментальных работ, результаты и анализ экспериментов.

Рассмотрено влияние длины ножа  $l$  фрезы (кодированный фактор  $X_1$ ), угловой скорости  $\omega$  вращения барабана фрезы (кодированный фактор  $X_2$ ), числа  $m$  ножей на диске барабана (кодированный фактор  $X_3$ ) на величину крошения  $K$  почвы.

Получена уравнение влияние значимых факторов на величину крошения  $K$  почвы

$$K=91,8 + 0,32X_1 + 0,59X_2 - 0,573X_1X_3 - 0,76X_2X_3 - 0,32X_1^2 - 0,52X_3^2 \quad (7)$$

В результате анализа уравнения регрессии (7) получено, что с увеличением угловой скорости  $\omega$  крошение почвы увеличивается по экспоненциальной зависимости. При длине ножа  $l= 22,5$  см и с увеличением угловой скорости  $\omega$  вращения барабана фрезы в диапазоне  $35...45$  рад/с крошение почвы увеличивается на  $1\%$ , а в диапазоне  $45...55$  – на  $2\%$  (рисунок 7).

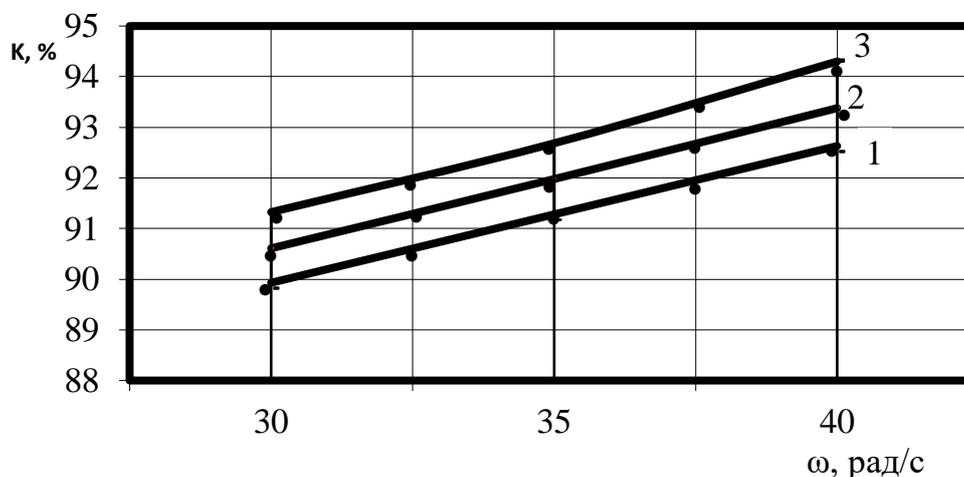


Рисунок 7 – Влияние скорости  $\omega$  вращения барабана фрезы на крошение почвы при: 1 –  $m = 2$  шт.; 2 –  $m = 3$  шт. 3 –  $m = 4$  шт.

При постоянной угловой скорости  $\omega = 35$  рад/с вращения барабана фрезы и с увеличением количества  $m$  ножей на диске барабана на 1 шт. крошение почвы увеличивается на  $1,5\%$ , а увеличение количества ножей на 2 шт., крошение увеличится на  $2 \%$  (рисунок 8).

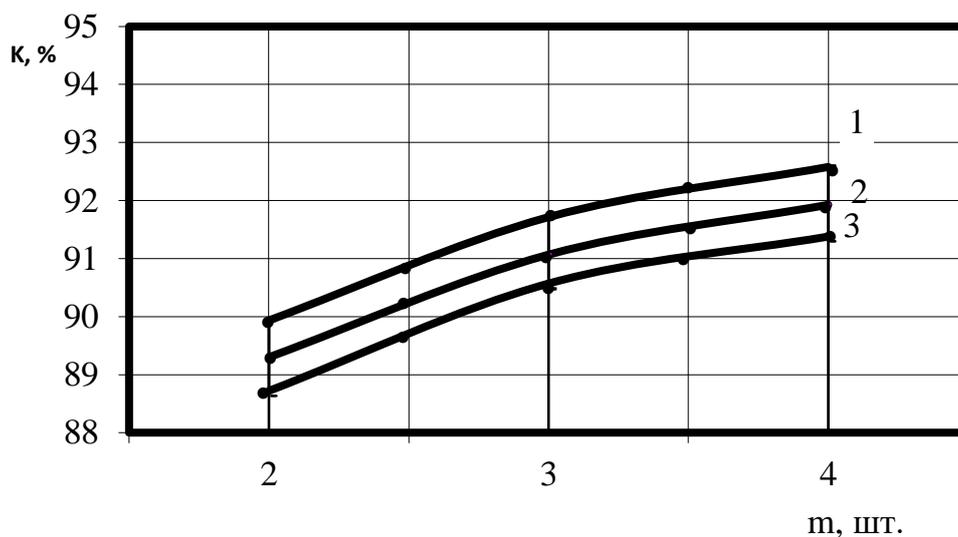


Рисунок 8 – Влияние числа ножей барабана  $m$  на крошение почвы:  
 1 –  $\omega_{min} = 35$  рад/с; 2 –  $\omega_0 = 45$  рад/с; 3 –  $\omega_{max} = 55$  рад/с.

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% (рисунок 9).

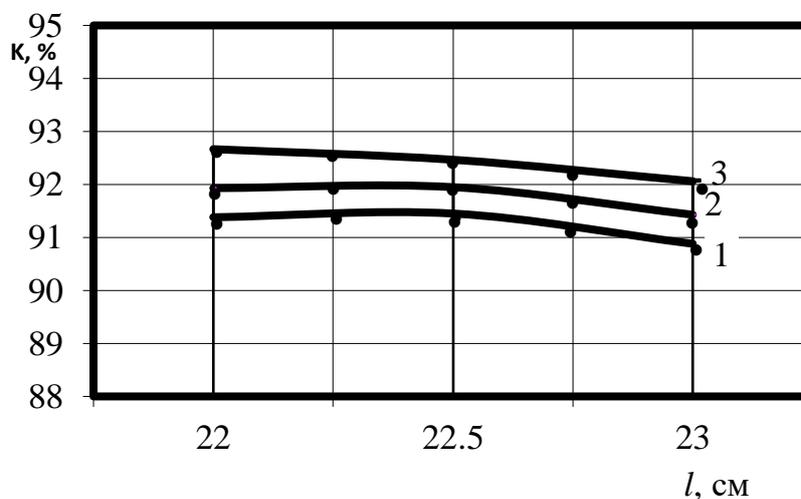


Рисунок 9 – Влияние длины ножа  $l$  обработки почвенного пласта на крошение почвы:

1 –  $\omega_{min} = 35$  рад/с; 2 –  $\omega_0 = 45$  рад/с; 3 –  $\omega_{max} = 55$  рад/с.

Анализ уравнения регрессии (7) 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%.

**В четвертой главе «Результаты экспериментально-полевых исследований при возделывании картофеля» представлена программа, цель**

и результаты экспериментально-полевых испытаний. Агротехническая оценка полевых испытаний опытного образца почвообрабатывающей фрезы ФН-1,2 проводили на полях ООО «Белая Дача Фарминг» Тамбовского района, Тамбовской области.

Испытание почвообрабатывающей фрезы с зубцеобразной формы ножей (рисунок 10) проводились на рыхлении поля после уборки ячменя. Влажность почвы составила 17,3...20,9%, твердость 0,8...1,8 МПа, плотность почвы 0,9-1,0 г/см<sup>3</sup>. Средняя высота растительных и пожнивных остатков равнялась 20 см.



Рисунок 10 – Почвообрабатывающая фреза ФН-1,2М в работе

Агротехнические показатели при экспериментально-полевых испытаниях приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Агротехнические показатели при экспериментально-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 <sup>3</sup>	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

Из результатов агротехнической оценки видно, что при обработке глубиной 11,6 см качество крошения было удовлетворительным, плотность обрабатываемого слоя составила 1,10 г/см<sup>3</sup>, что отвечает агротехническим требованиям созревания картофеля, в частности подходит к почвам для посадки картофеля.

Значительное улучшение предпосадочной обработки почвы с зубцеобразным профилем рабочего органа фрезы положительно отразилось на урожайности картофеля (рисунок 11), что подтверждается актами, фермерского хозяйства ООО «Белая Дача Фарминг».

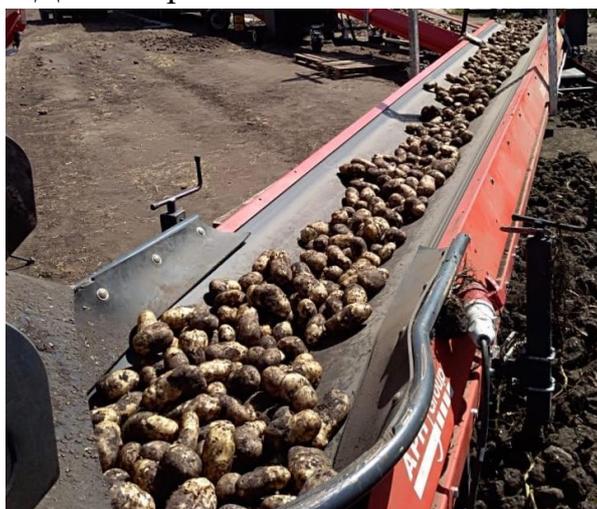


Рисунок 11 – Чистота вороха клубней

**В пятой главе «Экономическая эффективность модернизированной фрезы для предпосадочной подготовки почвы к посадке картофеля»** представлена экономическая оценка эффективности применения модернизированной фрезы для предпосадочной подготовки почвы к посадке картофеля.

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

Полученные результаты эксплуатационных и энергетических показателей обоих вариантов рабочих органов фрез представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения эксплуатационных и энергетических показателей сравниваемых вариантов рабочих органов фрез

Вариант рабочих органов	Базовый	Модернизированный	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 <sup>2</sup>	25,8	18,7	-26
Степень крошения почвы, %	85,3	92,6	+9

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...265 мин<sup>-1</sup>; подача на нож – 0,06...0,10 м; число ножей – 3 шт.; диаметр барабана – 0,48...0,63 м; глубина обработки почвы – 0,12 м; длина ножа – 0,12...0,22 м; угол атаки ножа  $\gamma = 125^\circ$ ; угол установки ножа –  $i = 90,1^\circ$ .

3. При длине ножа  $l = 22,5$  см и с увеличением угловой скорости  $\omega$  вращения барабана фрезы в диапазоне 35...45 рад/с крошение почвы увеличивается на 1%, а в диапазоне 45...55 – на 2%. При угловой скорости вращения барабана фрезы  $\omega = 35$  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...22,5 см крошение почвы  $K$  увеличивается на 1,0%, при 22,5...23 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.

**Положения диссертации и полученные результаты отражены в следующих основных публикациях:**

#### **Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России**

1. Гаджиев, П.И. Волнистый профиль ножа фрезы для обработки почвы / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, А.И. Алексеев // Техника и оборудование для села. – 2018. – №1. – С. 6 – 7.

2. 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.

3. 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.

4. Гаджиев, П.И. Обоснование параметров комкоразрушающегобитерного барабана машины для предпосадочной подготовки почвы к комбайновой уборке картофеля/ П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, М.С. Шикалов, А.И. Алексеев // Техника и оборудование для села. – 2019. – №8. – С.15 – 18.

5. Гаджиев, П.И. Расчет шага почвообрабатывающей фрезы с зубцеобразной формой / П.И. Гаджиев, М.М. Махмутов, А.И. Алексеев, М.М. Махмутов // Сельскохозяйственные машины и технологии. –М., 2019. – №5. – С. 21-25.

## Патент

6. 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.

## Статьи в материалах конференций и других изданиях

7. Гаджиев П.И., Пути снижения энергозатрат почвообрабатывающих фрез в зависимости от конструкции и режима работ / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, А.И. Алексеев // Материалы международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие и природоохранные технологии и системы». – 20 май 2017. – с. 57-62.

8. 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.

9. 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.

10. 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 апрель 2019. – с. 25-29.

11. 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.

12. 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.

13. Гаджиев, П.И. Экспериментальные исследования почвофрезы с зубцеобразным профилем ножа / П.И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, А.И. Алексеев // В сборнике: Доклады ТСХА. 2020. – с. 341-344.

14. Гаджиев, П.И. Энергетический расчет почвообрабатывающей фрезы / П.И. Гаджиев, М.М. Махмутов, Ю.Р. Хисматуллина, А.И. Алексеев // Вестник Российского государственного аграрного заочного университета: научный журнал. – РГАЗУ. – М., 2020. – Вып. №34(39). – с. 43-47.

*Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная  
Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ № 1488 подписано в печать  
17.08.2021 г.*

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования*

*«Рязанский государственный агротехнологический университет имени  
П. А. Костычева»*

*390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1*

*Отпечатано в издательстве учебной литературы  
и учебно-методических пособий ФГБОУ ВО РГАТУ  
15.390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1*