

*на правах рукописи*



**ЛИПАТОВА МАРЬЯ АЛЕКСАНДРОВНА**

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ОТДЕЛЕНИЯ  
ПРИМЕСЕЙ В КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЕ**

Специальность: 4.3.1. Технологии, машины и оборудование для  
агропромышленного комплекса

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Рязань, 2024

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» (ФГБОУ ВО РГАТУ)

**Научный руководитель:** доктор технических наук, профессор

**Борычев Сергей Николаевич**

**Официальные оппоненты:** **Гаджиев Парвиз Имранович,**

доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО Министерства сельского хозяйства Российской Федерации «Российский государственный университет народного хозяйства имени В.И. Вернадского», профессор кафедры технологического развития систем жизнеобеспечения сельских территорий

**Паршков Андрей Викторович,**

кандидат технических наук, АНО ВО «Современный технический университет», доцент кафедры технологии и эксплуатации

**Ведущая организация:**

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха» (ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»)

Защита диссертации состоится «07» ноября 2024 года в 10.00 часов на заседании диссертационного совета 35.2.031.01 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 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

доктор технических наук, профессор



Юхин Иван Александрович

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы исследования.** Производство картофеля на территории РФ требует больших ресурсных затрат. Самым трудоемким и сложным технологическим процессом при использовании машинных технологий для возделывания картофеля считается процесс его уборки. Для этого в основном используется такая техника, как картофелеуборочные комбайны. Одна из главных и часто возникающих проблем при уборке картофеля – это проблема достижения, так называемого соответствия агротехническим требованиям, которые предъявляются к указанному процессу. В частности, к таковым относятся требования чистоты корнеплодов в таре с одной стороны и сведение к минимуму их потерь с другой.

В условиях сжатых сроков сбора урожая, регламентированных агротехническими требованиями, их положения часто не выполняются. В конечном счете, работы выполняются не в благоприятных условиях, а, следовательно, снижаются и показатели качества функционирования картофелеуборочной техники.

В связи с тем, что серийно выпускаемые картофелеуборочные машины, не в полной мере соответствуют агротехническим требованиям при осуществлении сбора урожая, то совершенствование конструкции их рабочих органов выносной сепарации является актуальной задачей.

**Степень разработанности темы.** Вопросами совершенствования уборки картофеля в различные периоды времени занимались: Н.Г. Байбобоев, Р.В. Безносюк, С.Н. Борычев, Н.В. Бышов, Н.И. Верещагин, И.П. Гаджиев, П.И. Гаджиев, А.А. Голиков, А.С. Дорохов, А.Ю. Измайлов, Н.Н. Колчин, М.Ю. Костенко, Н.Н. Лутхов, А.В. Паршков, Г.Д. Петров, К.А. Пшеченков, А.Г. Пономарев, Г.К. Рембалович, А.В. Сибирев, А.А. Сорокин, В.И. Старовойтов, М.Б. Угланов, И.А. Успенский, А.В. Шемякин, W. Deng, A.M. Rady и другие ученые.

Однако прогресс не стоит на месте, появляются новые материалы, новые технологии производства машин, в связи с чем, целесообразно продолжить исследования в данной области.

Работа выполнена в рамках научно-исследовательской работы ФГБОУ ВО РГАТУ на 2021-2025 годы, а именно подраздела 1.1.4. «Повышение технологической и технической работоспособности картофелеуборочных машин» раздела 1.1. «Повышение эффективности эксплуатации мобильной техники за счет разработки новых конструкций и совершенствования методов поддержания её технического состояния» темы 1 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве. Перспективы развития сельских

территорий».

**Цель исследований** – повышение чистоты клубней в таре при работе картофелеуборочной машины при снижении потерь урожая.

**Задачи исследований:**

1) предложить устройство отделения примесей в картофелеуборочной машине, позволяющее сократить потери клубней и повысить их чистоту.

2) теоретически обосновать частоты вращения отбойного валика предложенного устройства отделения примесей в картофелеуборочной машине.

3) экспериментально обосновать параметры предложенного устройства отделения примесей в картофелеуборочной машине.

4) провести полевые испытания серийной картофелеуборочной машины, оснащенной предложенным устройством отделения примесей.

5) оценить экономический эффект применения картофелеуборочной машины, оснащенной предложенным устройством отделения примесей.

**Объект исследований** - картофелеуборочный комбайн с предложенным устройством отделения примесей.

**Предмет исследований** - процесс отделения примесей предложенным устройством картофелеуборочной машины.

**Научную новизну работы составляют:**

- параметры устройства отделения примесей, защищенного патентом РФ на полезную модель № 215305 «Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей».

**Теоретическую значимость работы составляют:**

- обоснованные параметры предложенного устройства;  
- уравнение регрессии, характеризующее корреляцию между параметрами предложенного устройства отделения примесей и потерями клубней.

**Практическую значимость работы составляют:**

- обоснованные параметры предложенного устройства отделения примесей;  
- результаты использования предложенного устройства отделения примесей картофелеуборочной машины.

**Методология и методы исследований.** Этапы диссертационного исследования были выполнены в соответствии с методологией, регламентированной ГОСТ 28713-2018 «Машины для уборки картофеля. Методы испытаний» и ГОСТ 34393-2018 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки». В работе применены методы эмпирического (наблюдение, сравнение, измерение, эксперимент) и методы теоретического исследования (анализ и синтез, идеализация, мысленное моделирование).

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

1. Результаты анализа конструкций рабочих органов отделения примесей в картофелеуборочных машинах;
2. Теоретически обоснованная и экспериментально уточненная схема устройства отделения примесей;
3. Результаты оценки целесообразности применения предложенного устройства отделения примесей в картофелеуборочной машине.

### **Достоверность результатов исследования.**

Расхождение между данными, полученными теоретическим способом и при полевых испытаниях, составляет менее 2% (установлено при помощи расчета средней ошибки аппроксимации). Полученные автором результаты теоретических и экспериментальных исследований не противоречат данным научных изысканий авторитетных ученых, опубликованным в открытых источниках информации.

**Реализация результатов исследования.** Конструкция устройства отделения примесей прошла полевые исследования в период 2022-2023 гг. на полях ОАО «Аграрий» Касимовского района Рязанской области на картофелеуборочном комбайне Grimme DR1500 на площади 66,4 га.

Результаты исследований внедрены в учебный процесс в ФГБОУ ВО РГАТУ

**Вклад автора в решении поставленных задач состоит в:** теоретическом обосновании кинематических параметров предложенного устройства отделения примесей; постановке и проведении лабораторных и полевых исследований; оценке экономического эффекта от использования предложенного устройства отделения примесей в картофелеуборочной машине.

**Апробация результатов.** Разработка «Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей» награждена золотой медалью салона «Архимед-2024».

Отдельные результаты диссертационного исследования были рассмотрены и обсуждены на научно-практических конференциях ФГБОУ ВО РГАТУ (2020 - 2024 гг.), Международной научно-технической конференции МОУ ВО «Белорусско-Российский университет» (2023 г.).

**Публикации.** По теме исследования опубликовано 13 печатных работ, в том числе: 3 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ. Получен патента РФ на полезную модель. Общий объем публикаций составляет 5,5 печ. л., из которых 3,74 печ. л. принадлежит лично автору.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка использованных источников из 140 наименований и приложений. Объем работы составляет 132 страницы и

содержит 53 рисунка, 26 таблиц и 4 приложения.

### КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

**Во введении** обоснована актуальность темы, сформулирована цель исследований. Отражены основные положения, выносимые на защиту.

**В первой главе «Анализ вопроса производства картофеля в РФ»** представлены данные о производстве картофеля.

Картофель является важным и основным продуктом питания во многих регионах мира. Сегодня картофель является одной из наиболее широко выращиваемых культур, и является четвертой, наиболее потребляемой в пищу культурой (рис. 1).

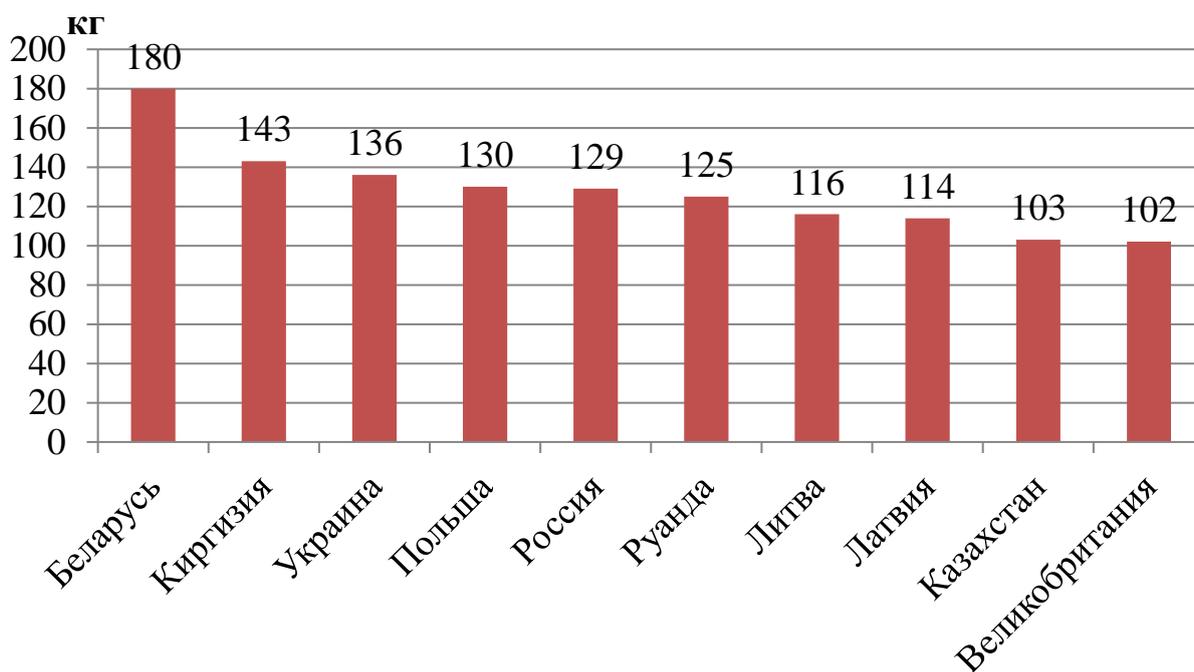


Рисунок 1 – Статистика потребления картофеля (в расчете на 1 человека в год)

Для удовлетворения потребности человека в данной культуре необходимо иметь развитое собственное ее производство в стране либо компенсировать недостающие объемы за счет импорта. Так согласно статистическим данным, Россия входит в тройку лидеров по производству картофеля (уступая лишь таким аграрным гигантам как Китай и США).

Согласно открытым источникам информации, мировое производство картофеля в 2022 году сократилось на 6% — до 354,3 млн. т (в 2021 году данный показатель составлял 376,1 млн. т.) из-за уменьшения площадей, увеличивающихся потерь и повреждений урожая.

На основании проведенного обзора сформулированы задачи исследования.

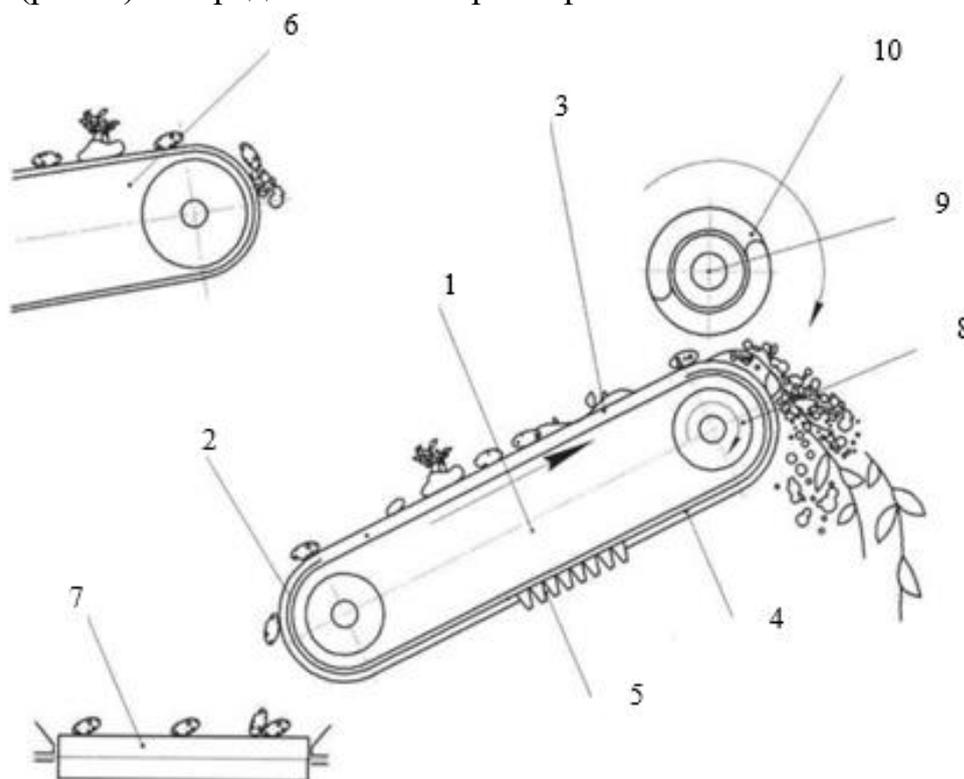
Проведенный анализ показал, что:

- работа картофелеуборочных машин, в условиях пониженной и

повышенной влажности почвы не соответствует агротехническим требованиям по величинам потерь и чистоте клубней в таре.

Перспективным направлением развития картофелеуборочных машин является совершенствование конструкций их органов выносной сепарации.

**Во второй главе «Теоретическое обоснование параметров предложенного устройства отделения примесей»** на основании теоретических исследований была предложена схема устройства отделения примесей (рис. 2) и определены его параметры.



1 - горка; 2 – пальчатый транспортер; 3,4 – рабочая и обратная ветви; 5 – пальцы; 6 – подающий транспортер; 7 – перегрузочный транспортер; 8 – ведущий барабан; 9 - отбойный валик; 10 - цилиндрические упругие элементы.

Рисунок 2 – Общая схема предложенного устройства отделения примесей

Принцип действия предложенного устройства отделения примесей заключается в следующем – клубненосный ворох проходя через каскад сепарирующих рабочих органов теряет большую часть почвенных и растительных примесей. В конечном счете, картофельный ворох поступает на подающий транспортер 6, а затем на рабочую ветвь 3 пальчатой горки 1.

Благодаря наклону пальчатой горки 1 происходит разделение вороха.

В случаях, когда клубень не был отделен на этапе сепарации от столона, сей факт препятствует его скатыванию вниз по поверхности пальчатой горки 1. Удерживаемый растительными остатками (за выступы наклонной пальчатой

горки) он продвигается вверх по рабочей ветви горки 1 до отбойного валика 9.

На отбойном валике 9 предложенного устройства отделения примесей имеются два цилиндрических упругих элемента 10. Совершая вращательные движения, они вступают во взаимодействие с остатками картофельным ворохом. В результате того что усилие удерживающее клубень со стоном на рабочей ветви 3 наклонной пальчатой горки 1 выше чем усилие на его отрыв то происходит разделение (при воздействии на клубень цилиндрического упругого элемента 10 вращающегося на встречу потоку вороха отбойного валика 9). Растительные остатки удаляются с рабочего органа картофелеуборочной машины в штатном режиме. Клубень после отрыва от столона и под действием силы тяжести скатывается вниз по рабочей ветви 3 пальчатой горки 1 на перегрузочный транспортер 7.

В случаях, когда на рабочей ветви 3 наклонной пальчатой горки 1 вместе с картофельным ворохом задерживаются почвенные комья, происходит следующее. В отличие от ситуации с клубнями, упругой деформации подвержены сами цилиндрические элементы 10 отбойного валика 9 (сила упругости меньше усилия, необходимого для разрушения почвенного комка). В результате чего зазор между рабочей ветвью 3 пальчатой горки 1 и элементами отбойного валика 9 увеличивается, что позволяет беспрепятственно пройти в него почвенным комкам и последовать за более мелкими фракциями примесей.

При работе предложенного устройства отделения примесей необходимо соблюдение следующих условий:

- клубни малых размеров могут проходить в зазор между отбойным валиком предложенного устройства и полотном пальчатой горки и удаляться вместе с остальными почвенными и растительными примесями. Согласно нормативной документации, клубни картофеля, толщина которых менее 28 мм потерями не являются.

- клубни картофеля при взаимодействии с отбойным валиком предложенного устройства должны без механических повреждений отделяться от удерживающих их на поверхности пальчатой горки растительных остатков.

Размерные характеристики клубней возделываемого сорта картофеля определяют рациональные параметры предложенного устройства отделения примесей – при диаметре  $d_{ц} = 0,04 - 0,05$  м цилиндрического элемента величина модуля упругости находится в диапазоне  $E_y = 1,35 \cdot 10^6 - 1,05 \cdot 10^6$  Па. Например, для размерных характеристик сорта картофеля «Королева Анна» (согласно данным главы 4) величина модуля упругости составит  $E_y = 1,19 \cdot 10^6$  Па.

Частота вращения отбойного валика находится по формуле:

$$n_{ko} = \frac{24}{\pi \cdot P_{\text{бот}} \cdot \tau \cdot (d_{\text{ц}} + R_{\text{вл}})} \cdot \sqrt{\left( \frac{R_{\text{к1-1}} \cdot R_{\text{к2-2}} \cdot \frac{1}{2} d_{\text{ц}} \cdot \theta \cdot K^2}{\frac{1}{2} d_{\text{ц}} \cdot R_{\text{к2-2}} + \frac{1}{2} d_{\text{ц}} \cdot R_{\text{к1-1}} + R_{\text{к1-1}} \cdot R_{\text{к2-2}}} \right)}$$

$$- \frac{30\vartheta_k}{\pi \cdot (d_{\text{ц}} + R_{\text{вл}}) \cdot \cos(\beta_{\Gamma})}$$

где:  $K$  – приведенный модуль Юнга, Па  $\left(\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}\right)$ ;  $\tau$  – продолжительность удара, с;  $R_{\text{к1-1}}, R_{\text{к2-2}}$  – радиусы кривизны клубня, м;  $d_{\text{ц}}$  – диаметр цилиндрического элемента, м;  $\theta$  – коэффициент, характеризующий параметры клубня исследуемого сорта картофеля, м<sup>5</sup>;  $P_{\text{бот}}$  – сила отрыва клубня от ботвы, Н;  $R_{\text{вл}}$  – радиус вала отбойного валика, м;  $\vartheta_k$  – линейная скорость элеватора, м/с;  $\beta_{\Gamma}$  – угол наклона пальчатой горки, рад.

Сила  $P_{\text{сдв}}$  должна удовлетворять следующему условию:

$$P_{\text{бот}} \leq P_{\text{сдв}} \leq P_{\text{max}}$$

где:  $P_{\text{бот}}$  – сила отрыва клубня от ботвы, Н;  $P_{\text{max}}$  – предельно допустимое усилие воздействия на клубень (не приводящее к его разрушению), Н.

Воспользовавшись данным выражением, построили график зависимости  $n_{ko}$  от  $P_{\text{сдв}}$  (рис. 3). Получили, что максимально допустимое значение  $P_{\text{сдв}}$  равное 25 Н возникает при частоте вращения отбойного валика в 130 об/мин.

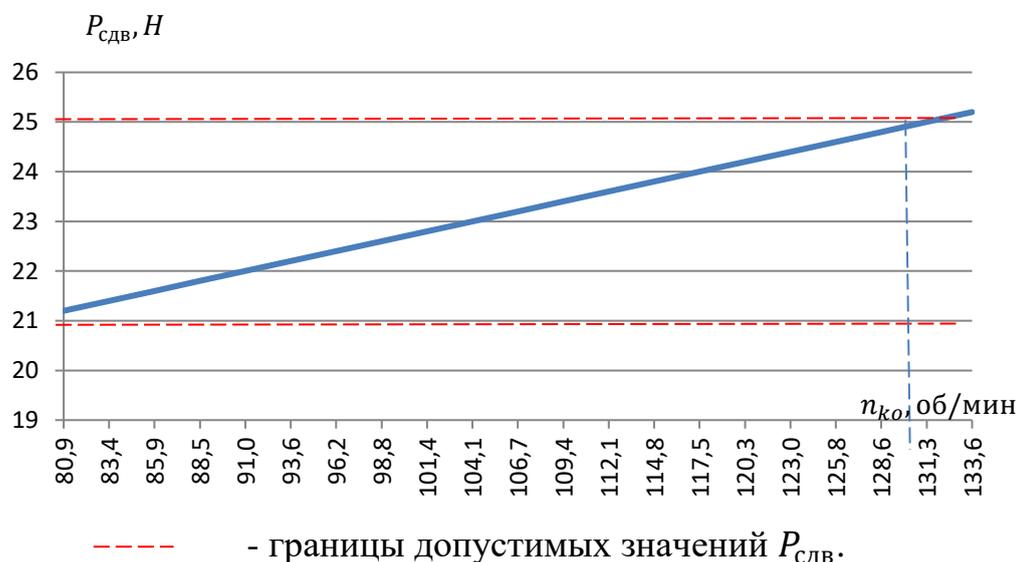


Рисунок 3 – График зависимости  $n_{ko}$  от  $P_{\text{сдв}}$  для картофеля сорта «Королева Анна»

**В третьей главе «Лабораторные исследования»** представлена методика и результаты лабораторных исследований.

Для подтверждения параметров предложенного устройства отделения примесей экспериментальным методом была разработана программа лабораторных исследований, состоящая из следующих этапов:

1. Определение модуля Юнга цилиндрического элемента устройства отделения примесей.

2. Уточнение параметров предложенного устройства отделения примесей.

Все этапы исследований были проведены на базе ФГБОУ ВО РГАТУ при помощи имеющегося там технического оснащения.

Для определения модуля Юнга цилиндрического элемента устройства отделения примесей использовалась специальная установка (рис. 4).

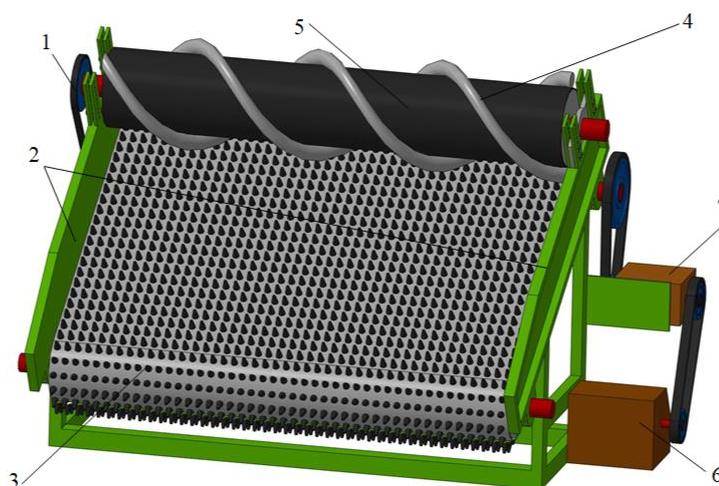


Рисунок 4 - Установка для определения параметров элементов устройства отделения примесей

В качестве объектов исследований выступали цилиндрические элементы устройства отделения примесей следующих конфигураций:

- с диаметром поперечного сечения в 40 мм;
- с диаметром поперечного сечения в 45 мм;
- с диаметром поперечного сечения в 50 мм.

С целью имитации процесса отделения примесей из картофельного вороха на картофелеуборочной машине была собрана лабораторная установка (рис. 5, 6).



1 – привод отбойного валика; 2 – рама установки; 3 – пальчатая горка; 4 - цилиндрические спирально расположенные разработанные элементы; 5 - отбойный валик; 6 – привод горки; 7 – редуктор.

Рисунок 5 – 3D модель лабораторной установки



Рисунок 6 – Лабораторная установка во время работы

В качестве независимых факторов, оказывающих влияние на резульативный показатель (в первом случае – повреждение клубней по массе, во втором – потери клубней):  $x_1$  – диаметр цилиндрического элемента устройства отделения примесей, мм.  $x_1=40$  мм;  $x_1=45$  мм;  $x_1=50$  мм;  $x_2$  – частота вращения устройства отделения примесей об/мин. Исходя из условия, что клубни не должны проскакивать беспрепятственно между его элементами то  $x_2 \geq 130$  об/мин;  $x_3$  – масса клубня, г.  $x_{3min} = 64,6$  г для сорта «Латона»,  $x_{3max} = 107$  г для «Королева Анна».

Для показателя «повреждение клубней, от общей массы» уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = 0,4021 + 0,00325x_3 \quad (2)$$

На рисунке 7 представлен график зависимости показателя «повреждение клубней, от общей массы» от величины средней массы клубня.

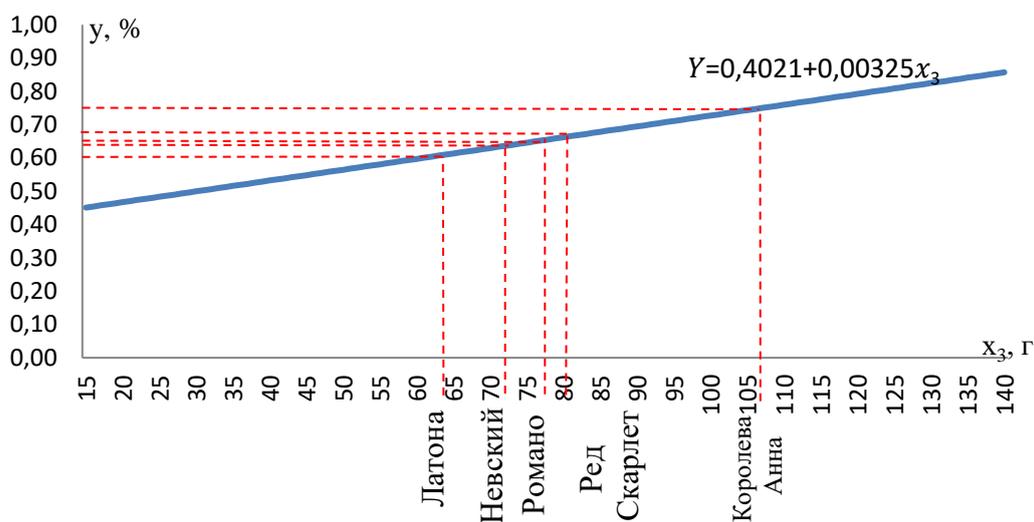


Рисунок 7 – График зависимости показателя «повреждение клубней, от общей массы» от величины средней массы клубня

Для показателя «потери клубней» уравнение регрессии имеет следующий вид:

$$y = 2,5706 - 0,00684x_3 \quad (3)$$

На рисунке 8 представлен график зависимости потерь клубней от величины средней массы клубня исследуемых сортов картофеля.

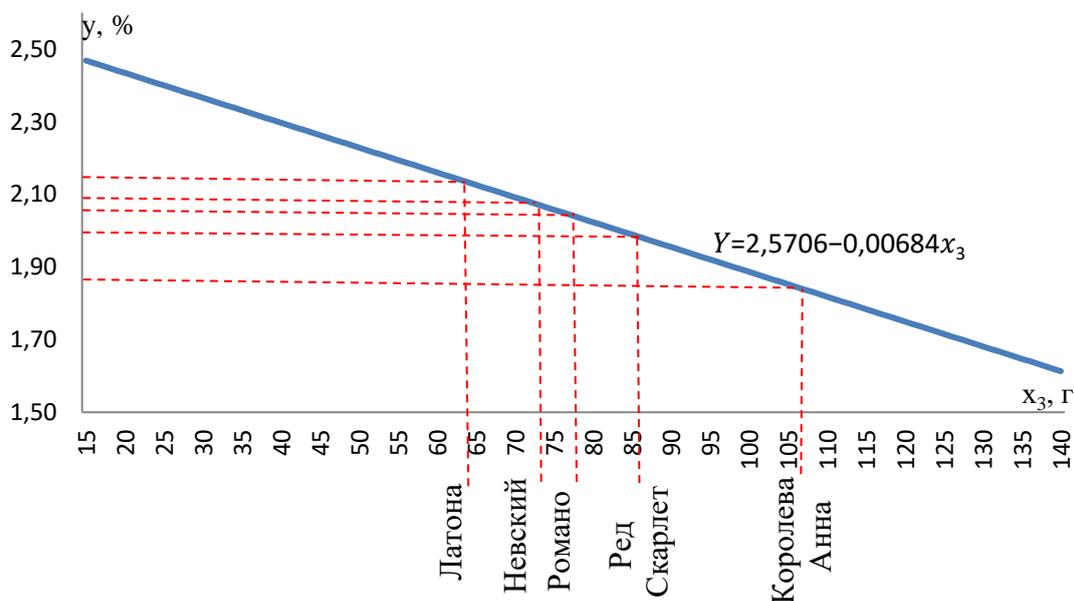


Рисунок 8 – График зависимости потерь клубней от величины средней массы клубня

Из графика следует, что чем выше средняя масса клубней картофеля, тем ниже величина потерь.

**В четвертой главе «Полевые исследования»** представлены методика и результаты полевых экспериментальных исследований.

Для подтверждения на практике эффективности использования устройства отделения примесей на картофелеуборочной машине были проведены полевые испытания. Они включали следующие этапы:

1. Изучение размерных и массовых характеристик клубней картофеля.
2. Испытания серийного картофелеуборочного комбайна Grimme DR1500.
3. Испытания картофелеуборочного комбайна Grimme DR1500, оснащенного предложенным устройством отделения примесей.

Исследования были проведены в картофелеводческом хозяйстве ОАО «Аграрий» Касимовского района Рязанской области.

Проанализировав данные полевых испытаний (длина, ширина, высота и вес клубней картофеля «Королева Анна») были рассчитаны их средние арифметические значения (таблица 1).

Таблица 1 - Результаты определения размерных и массовых характеристик клубней картофеля «Королева Анна»

Сорт	Длина, мм	Ширина, мм	Толщина, мм	Масса, г
«Королева Анна»	59	40	39	111

Для всех четырех параметров клубня проверка гипотез о нормальном распределении дала положительные результаты.

Основываясь на результатах статистической обработки данных, были построены их гистограммы (рис. 9-12).

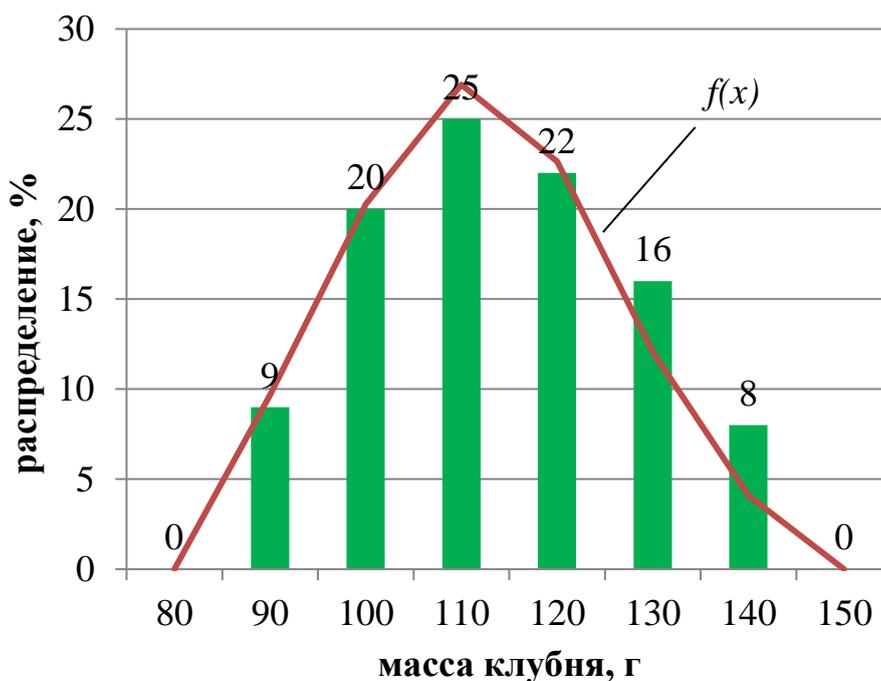


Рисунок 9 - Распределение массы клубней картофеля «Королева Анна»

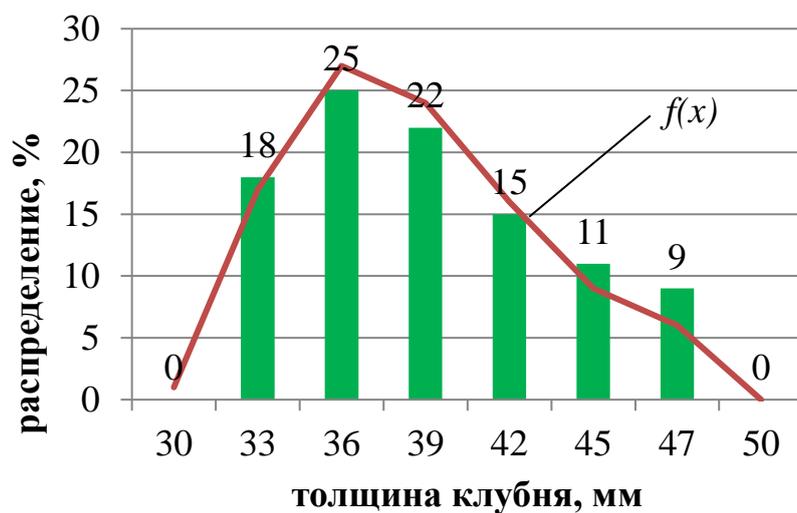


Рисунок 10 - Распределение толщины клубней картофеля «Королева Анна»

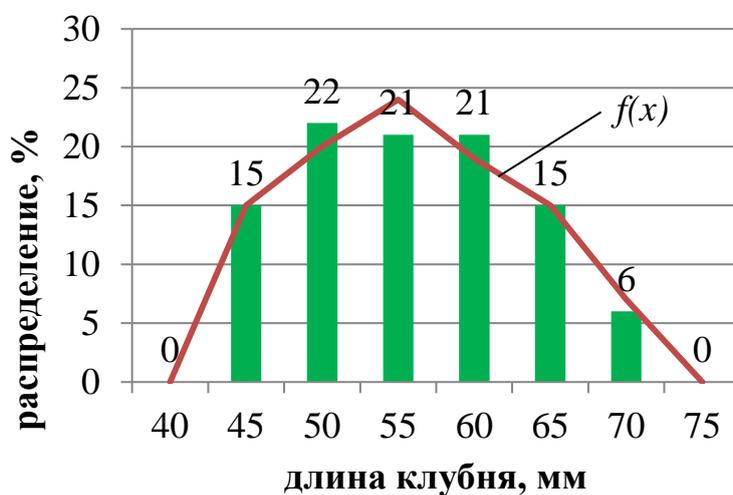


Рисунок 11 - Распределение длины клубней картофеля «Королева Анна»

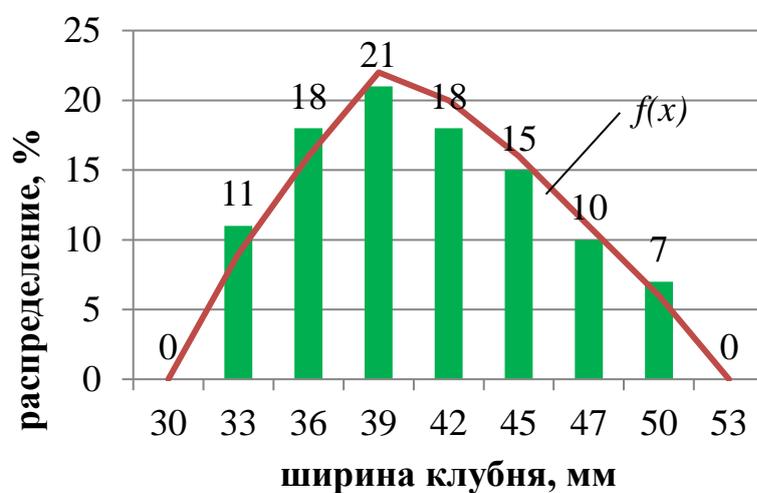


Рисунок 12 - Распределение ширины клубней картофеля «Королева Анна»

Полученные данные о размерных и массовых характеристиках клубней будут учтены при обосновании параметров предложенного устройства отделения примесей.

Условия проведения полевых исследований приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики условий при проведении испытаний картофелеуборочной машины Grimme DR1500

Наименование показателей	Значение показателей
Температура воздуха, °С	15...18
Рельеф (уклон), °	0,7...1,0
Механический состав	средний суглинок
Влажность почвы, %	16-18
Твердость почвы	0,39 МПа
Сорт картофеля	«Королева Анна»
Урожайность, т/га	23,9

В ходе проведенных полевых испытаний были получены следующие результаты (табл. 4).

Таблица 4 – Результаты испытаний серийного картофелеуборочного комбайна Grimme DR1500 и комбайна Grimme DR1500, оснащенного предложенным устройством отделения примесей

Показатели работы	Grimme DR1500	
	Серийный	Усовершенствованный
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Рабочая скорость агрегата, км/ч	4,2	4,2
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Глубина хода лемеха, см	20	20
<b>Состав вороха клубней, %</b>		
Собрано в тару	94,4	97,4
Оставлено на поверхности	2,4	0,8
Оставлено в почве	3,2	1,8
<b>Повреждение клубней, всего по массе, %</b>	8,03	7,9
С содранной кожурой от ¼ до ½ поверхности	0,67	0,74

Показатели работы	Grimme DR1500	
	Серийный	Усовершенствованный
С содранной кожурой от ½ и более поверхности	0,58	0,61
С вырыванием мякоти более 5 мм	1,2	1,19
С трещинами длиной более 20 мм	2,11	2,1
Резаные клубни	0,44	0,44
Раздавленные клубни	2,25	2,03
С потемнением мякоти более 5 мм	0,78	0,79

В пятой главе «Оценка экономического эффекта от применения устройства отделения примесей» проведенные расчеты показали, что по сравнению с базовой моделью внедрение экспериментальной установки позволит сельскохозяйственной организации получить экономический эффект 7998,64 руб. прибыли на 1 га пашни.

#### **Заключение**

1. На основании проведенного анализа конструкций рабочих органов выносной сепарации картофелеуборочных машин, предложено устройство отделения примесей в картофелеуборочной машине.

2. Теоретически получена зависимость частоты вращения отбойного валика предложенного устройства отделения примесей.

3. Экспериментально обоснованы рациональные параметры устройства отделения примесей: диаметр цилиндрического элемента 50 мм и частота вращения равная 130 об/мин.

4. Установлено, что при работе картофелеуборочного комбайна Grimme DR1500, оснащенного устройством отделения примесей показатель «потери клубней» на 2,6 % ниже по сравнению с серийной моделью.

5. Проведенные расчеты показали, что по сравнению с базовой моделью внедрение экспериментальной установки позволит сельскохозяйственной организации получить экономический эффект 7998,64 руб. прибыли на 1 га пашни.

#### **Перспективы дальнейшей разработки темы**

В виду того, что условия уборки картофеля меняются из года в год, целесообразно продолжить исследования по дальнейшему совершенствованию органов выносной сепарации картофелеуборочных машин.

#### **Рекомендации производству**

Для повышения производительности картофелеуборочной машины

рационально использовать в их конструкции модернизированное устройство отделения примесей.

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

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

1. Совершенствование картофелеуборочной техники / М. А. Липатова, О. А. Тетерина, В. С. Тетерин, Н. С. Панферов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2022. – № 182. – С. 132-141. – DOI 10.21515/1990-4665-182-012. – EDN JHSGBR.

2. Проблемы современного производства картофеля / А. А. Голиков, С. Н. Борычев, М. А. Липатова, Е. С. Воротников // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2023. – Т. 15, № 4. – С. 106-112. – DOI 10.36508/RSATU.2023.38.65.014. – EDN DEJFFY.

3. Липатова М.А., Голиков А.А., Дмитриев А.С., Борычев С.Н. Аспекты совершенствования картофелеуборочной техники // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024, Т.16, №2, С.133-139 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2024.10.95.017>

***Патент РФ***

4. Патент на полезную модель № 215305 U1 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей : № 2022109072 : заявл. 05.04.2022 : опубл. 08.12.2022 / С. Н. Борычев, М. А. Липатова, А. В. Шемякин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN QTZPVE.

*Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная*

*Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ №1616 подписано в печать 06.09.2024 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*

*390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1*