

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычева»

На правах рукописи



Липатова Мария Александровна

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

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени кандидата технических наук

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

Научный руководитель:
доктор технических наук, профессор
Борычев Сергей Николаевич

Рязань, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

	Стр
ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1 АНАЛИЗ ВОПРОСА ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ В РФ	9
1.1 Производства картофеля в Российской Федерации	9
1.2 Анализ технологий и техники для уборки картофеля	13
1.3 Анализ конструкций устройств для отделения корнеклубнеплодов от примесей	22
1.4 Выводы по главе 1	39
1.5 Задачи исследований	39
ГЛАВА 2 ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДЛОЖЕННОГО УСТРОЙСТВА ОТДЕЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ	40
2.1 Описание конструкции предложенного устройства отделения примесей	40
2.2 Обоснование конструктивных параметров предложенного устройства отделения примесей	43
2.3 Обоснование кинематических параметров предложенного устройства отделения примесей	47
2.4 Выводы по главе 2	59
ГЛАВА 3 ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	60
3.1 Программа лабораторных исследований	60
3.2 Объекты лабораторных исследований	60
3.3 Методики лабораторных исследований	60
3.4 Результаты лабораторных исследований	67
3.5 Выводы по главе 3	77
ГЛАВА 4 ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ	78
4.1 Программа исследований	78

4.2	Объекты исследований	78
4.3	Методика исследований	78
4.4	Результаты исследований	80
4.5	Выводы по главе 4	86
ГЛАВА 5	ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВА ОТДЕЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ	87
5.1	Расчет экономического эффекта от внедрения в конструкцию картофелеуборочной машины предложенного устройства отделения примесей	87
5.2	Выводы по главе 5	92
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ	93
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	94
	ПРИЛОЖЕНИЯ	119

ВВЕДЕНИЕ

Картофель по праву считается самым потребляемым продуктом растениеводства на земле. Его без преувеличения называют вторым хлебом. Используется он не только, как продукт питания, но и как корм для скота, а также его применяют в технических целях.

Россия занимает третье место в мире по объемам производства картофеля. В нашей стране он выращивается почти во всех почвенно-климатических зонах.

Производство картофеля на территории РФ требует больших ресурсных затрат. Возделывание 1 гектара картофеля в России требует затрат до 500 человеко-часов. Основная часть затрат энергии (что примерно составляет 60%) связана с уборкой картофеля. Добиться большого урожая картофеля, а, следовательно, и хорошей прибыли от его производства позволяет внедрение новейших технологий и оптимизация трудозатрат и затрат энергетических ресурсов. На сегодняшний день на предприятиях агропромышленного комплекса для производства картофеля используются в основном машинные технологии, что позволяет обеспечить выполнение работ в максимально короткие сроки и при этом добиться оптимальной себестоимости и хорошего качества продукта на выходе. 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 баланса между противоречивыми требованиями, которые предъявляются к указанному процессу. В частности, к таковым относятся требования большей чистоты корнеплодов в таре с одной стороны и сведение к минимуму их повреждений и потерь с другой. При этом должна обеспечиваться и определенная производительность используемой картофелеуборочной техники.

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.

Объект исследования – картофелеуборочный комбайн с предложенным устройством отделения примесей.

Предмет исследования – процесс отделения примесей предложенным устройством 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» [26, 27]. В работе применены методы эмпирического (наблюдение, сравнение, измерение, эксперимент) и методы теоретического исследования (анализ и синтез, идеализация, мысленное моделирование).

Научную новизну работы составляют:

- параметры устройства отделения примесей, защищенного патентом РФ на полезную модель № 215305 «Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей» (приложение 1).

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.

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 исследований.

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 (приложение 2).

Результаты исследований внедрены в учебный процесс в ФГБОУ ВО РГАТУ (приложение 3).

Вклад автора в решение 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 работы. Разработка «Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей» награждена золотой медалью салона «Архимед-2024» (приложение 4).

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 приложений.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ВОПРОСА ПРОИЗВОДСТВА КАРТОФЕЛЯ В РФ

1.1. Производства картофеля в Российской Федерации

Картофель является важным и основным продуктом питания во многих регионах мира [55, 56, 69]. Сегодня картофель является одной из наиболее широко выращиваемых культур, и является четвертой, наиболее потребляемой в пищу культурой (рис. 1.1).

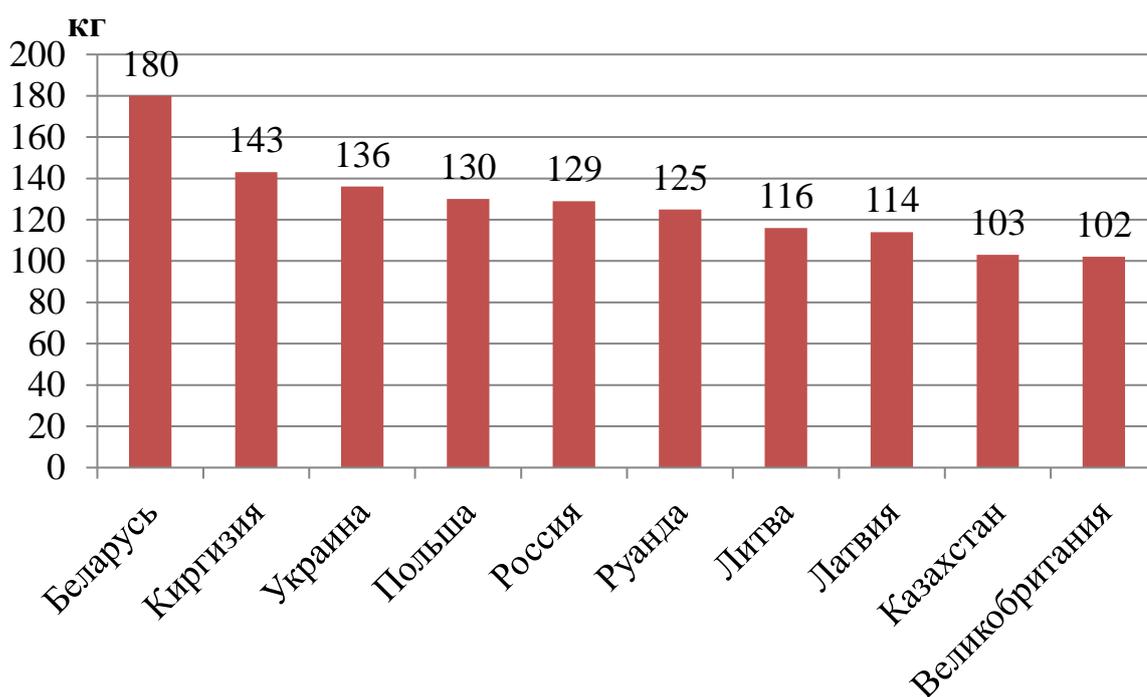


Рисунок 1.1 – Статистика потребления картофеля
(в расчете на 1 человека в год)

Для удовлетворения потребности человека в данной культуре необходимо иметь развитое собственное ее производство в стране [69, 132] 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) [109].

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 [42, 61]. Рассмотрим ситуации в аграрном секторе РФ более подробно [119].

Согласно последним имеющимся данным [98] общая площадь сельскохозяйственных угодий, отводимых под возделывание картофеля, составила 301,9 тыс. гектар (статистика за 2022 г. – рис. 1.2), что на 7,7 процентов больше чем годом ранее.

В дополнении к вышесказанному отметим, что в статистике были рассмотрены данные лишь по агропромышленным предприятиям и КФХ (в статистике не отражены данные по личным подсобным хозяйствам населения страны – а это еще более 500 тыс. гектар) [87, 98].

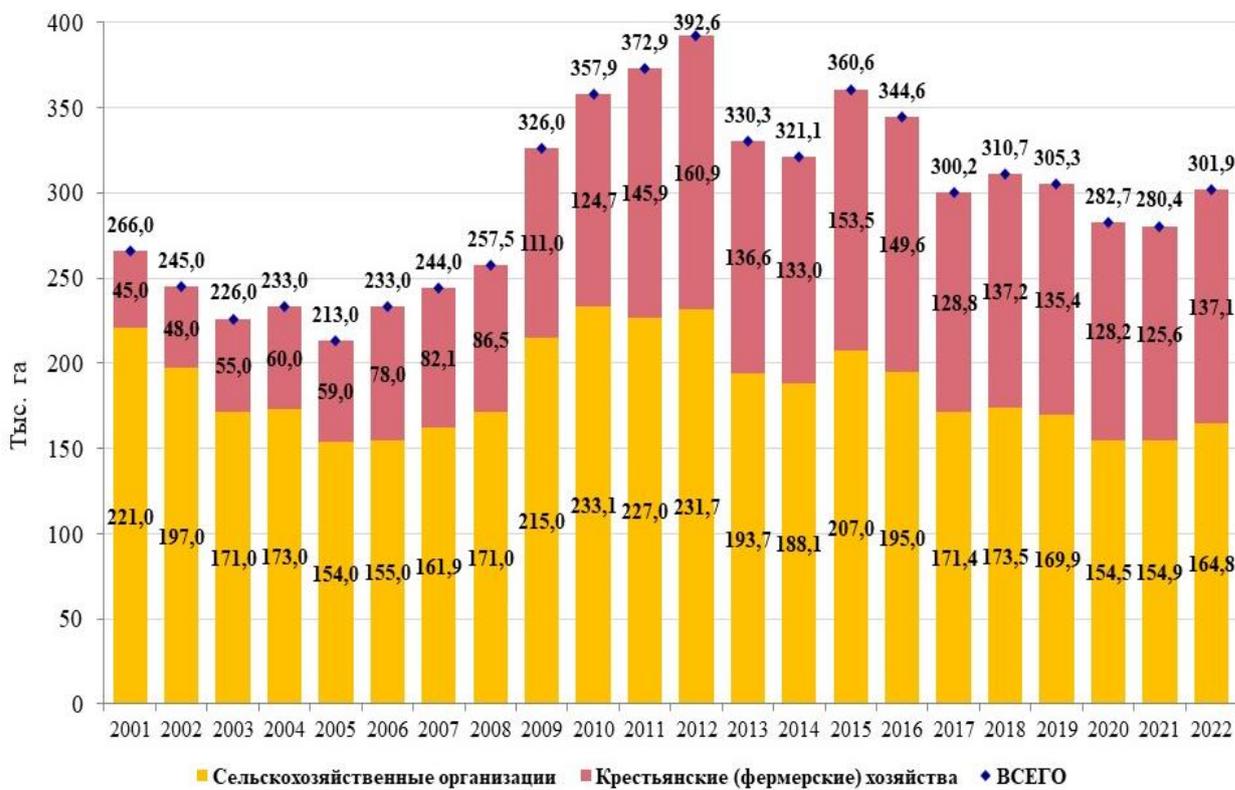


Рисунок 1.2 – Посадочные площади картофеля
(без учета личных подсобных хозяйств населения)

Показатели валового сбора картофеля в нашей стране за последние два десятилетия имеют положительную динамику (динамику планомерно роста при относительно неизменных объёмах посадочных площадей) рассмотрим на примере данных рис. 1.3.

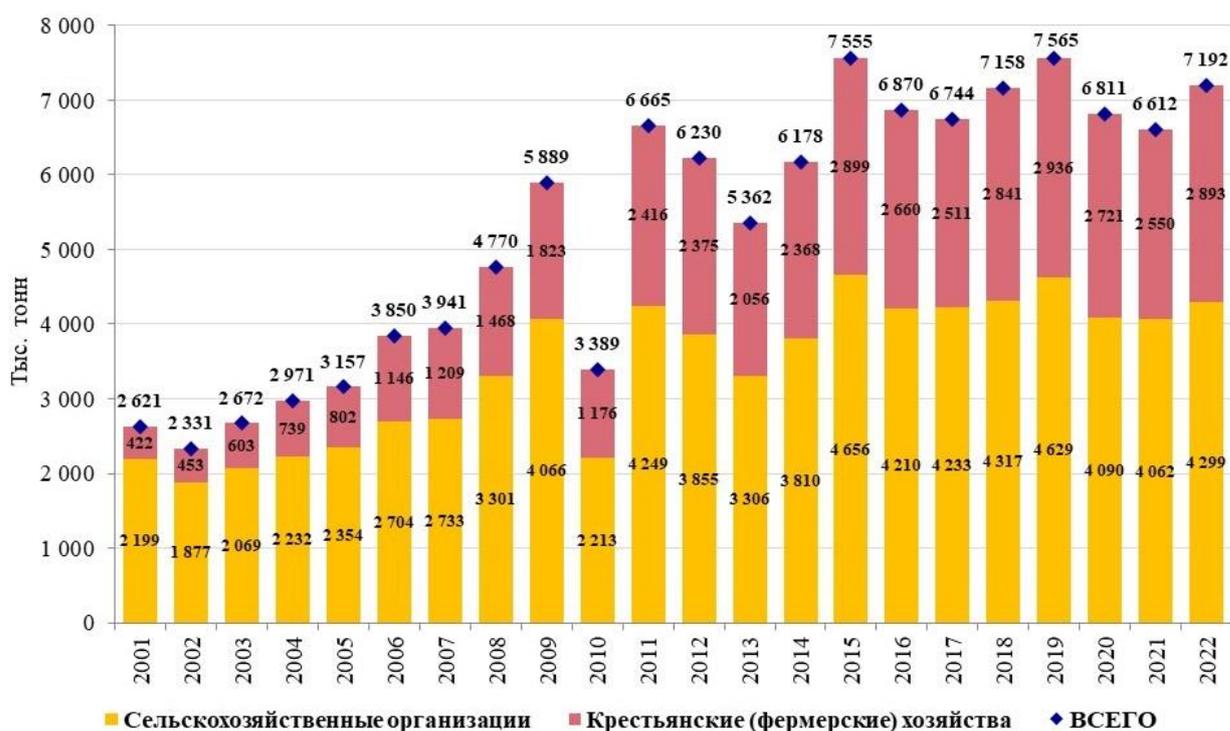


Рисунок 1.3 – Статистика по валовому сбору картофеля в РФ (без учета личных подсобных хозяйств населения)

Причем показатели эффективности производства картофеля сильно варьируются в зависимости от региона (рис. 1.4) [98, 132].

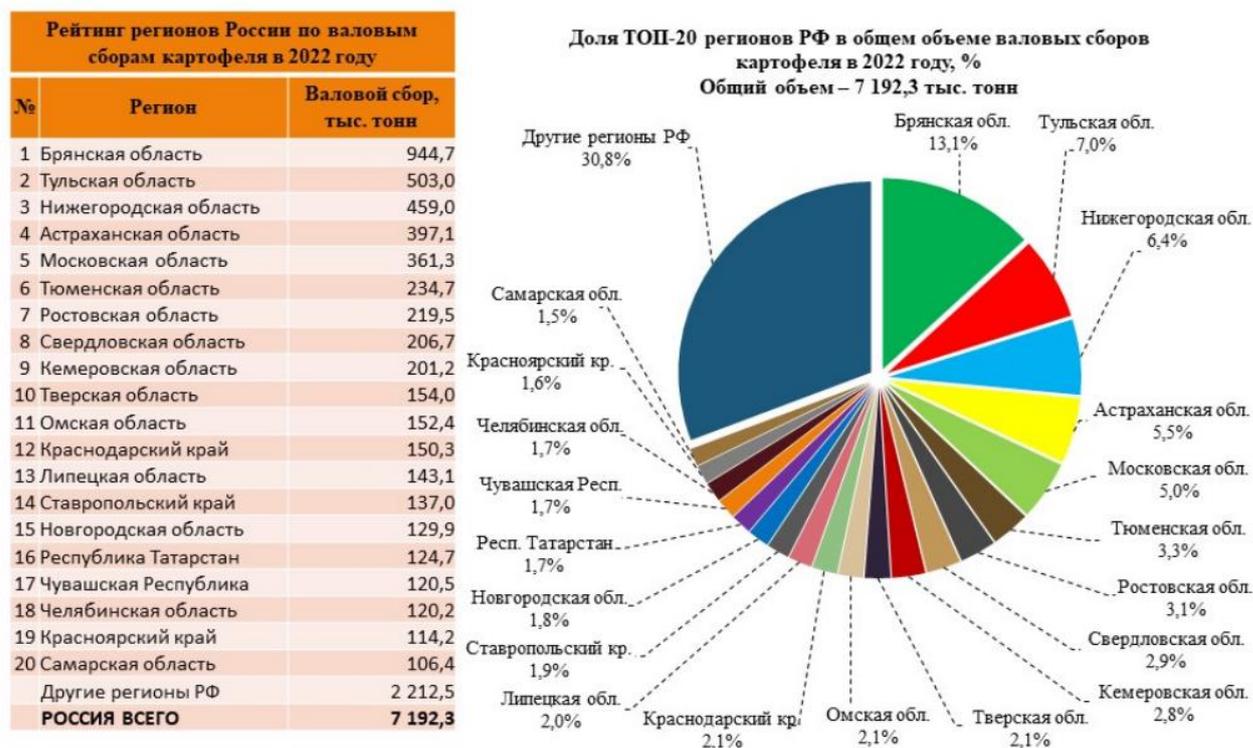


Рисунок 1.4 – Рейтинг регионов по валовым сборам картофеля в 2022 г.

Фаворитом по валовым сборам картофеля в последние годы неизменно является Брянская область. Совокупно 20 регионов страны производят около 70 % всей продукции.

Из представленных ранее данных следует, что аграрный сектор РФ может практически полностью удовлетворить потребности граждан в картофеле. Исключений несколько. В первых - производство семенного материала (рис. 1.5) [91].



Рисунок 1.5 – Удовлетворение потребности в семенах для аграрного сектора страны

Как видно из представленной диаграммы, основную долю семян картофеля составляют импортные образцы (собственными силами селекционеры РФ перекрывают менее 10% от существующей потребности). Это катастрофически низкий уровень для интенсивного развития производства картофеля в стране, особенно в случае дальнейшего ужесточения санкций со стороны зарубежных поставщиков.

Во вторых – эффективность самого производства картофеля. Согласно статистическим данным [12, 14, 85, 109] урожайность картофеля в РФ в среднем составляет 153 ц/га. По данному показателю наша страна находится на 102 в мировом рейтинге (табл. 1.1).

Таблица 1.1. - Рейтинг стран по показателю «урожайность картофеля»

Поз	Страна	Урожайность (ц/га)
1.	Соединённые Штаты Америки	490
2.	Новая Зеландия	490
3.	Германия	444
4.	Дания	425
5.	Нидерланды	420
6.	Австралия	404
7.	Иордания	401
8.	Ирландия	391
9.	Франция	390
10.	Великобритания	387
...
102.	Российская Федерация	153

Столь низкие показатели обусловлены целым рядом факторов (природно-климатических, селекционных и прочее) [40], где немаловажную роль играет техническое и технологическое оснащение производства [51].

1.2. Анализ технологий и техники для уборки картофеля

Технология уборки картофеля включает в себя весь цикл операций, начиная от предпосадочной подготовки поля до закладки убранных клубней на хранение (либо его отправки конечному потребителю) [17, 60, 102, 135].

Для каждой технологии уборки картофеля [60, 113] свойственен определенный перечень результативных показателей, на основании которых и осуществляется выбор одной из них (табл. 1.2) [16, 19, 37, 53, 57].

В зависимости от назначения картофеля, срока и условий его реализации уборка этой культуры может осуществляться по следующим технологиям [102]:

Поточной – копатель (картофелеуборочная машина) — транспорт - пункт сортировки — транспорт — торговая сеть или хранилище.

Перевалочной — копатель (картофелеуборочная машина) — транспорт — временное хранение (2-3 недели) — сортировка и переборка — торговая

сеть или хранилище. Технология подходит для сбора урожая в неблагоприятных условиях, когда клубни заражены фитофторозом, удушьем, мокрой гнилью.

Таблица 1.2 – Распределение механических повреждений клубней в зависимости от применяемой технологии уборки картофеля (%)

Виды повреждений и другие показатели	Технологии уборки		
	Поточная	Перевалочная	Прямоточная
Обдир кожуры до ½ поверхности клубня	16,5	6,9	5,5
Обдир кожуры более ½ поверхности клубня	22,6	5,7	4,6
Трещины, вырывы и порезы мякоти клубней	9,3	6,8	2,9
Потемнение мякоти клубней глубиной более 5 мм	18,0	11,9	7,2
Механические повреждения клубней общие	66,4	31,3	20,2
Общие потери за 8 месяцев хранения	32,2	18,7	8,3
Отходы при очистке клубней во время переработки	26,0- 28,0	20,0- 22,0	13,0- 15,0

Изучив данные таблицы 1.2 можно прийти к следующему выводу [16, 19, 37]: прямоточную технологию уборки картофеля следует использовать в случаях, если не предполагается его осенняя реализация, а перевалочную технологию только в крайних случаях. В виду высокой степени механического повреждения клубней при использовании поточной технологии значительно увеличивается объем потемнений мякоти от ударов [11, 48], что так же является причиной больших отходов при очистке картофеля. По сравнению с общим снижением при прямоточной технологии - они в 2 раза больше.

При этом продукт будет зависеть от множества факторов, и в первую очередь от наличия современной и исправной техники [101].

Согласно исследованиям ученых всю картофелеуборочную технику

можно подразделить на несколько групп [123], каждую из которых рассмотрим ниже.

Картофелекопатели получили широкое распространение в российских хозяйствах, благодаря невысокой стоимости и возможности их применения на участках малой площади и при работе в тяжелых почвенно-климатических условиях [110, 111, 112, 114]. В зависимости от конструкции их разделяют на: копатели просеивающего и швыряльного типа.

Наиболее ярким примером данного типа уборочной техники является навесной двухрядный картофелекопатель КТН-2В (рис. 1.6).



Рисунок 1.6 – Картофелекопатель КТН-2В

Комбайны элеваторного типа в сравнении с копателями оснащены специальными устройствами для сепарации и удаления ботвы, элеватором выгрузным для загрузки картофеля в кузов либо прицеп автомобиля (рис. 1.7). Ряд моделей предусматривают небольшой промежуточный бункер, позволяющий работать без остановок. По стоимости они дороже копателей, но дешевле комбайнов. Главным преимуществом комбайнов элеваторного типа считается их высокая производительность при низком уровне трудозатрат для уборки картофеля.

Тем не менее, применение на территории России элеваторных

комбайнов ограничивается разнообразием климатических и почвенных условий, отсутствием необходимых средств транспорта для перевозки картофельного урожая [41, 44, 83, 130, 131, 139], необходимостью его послеуборочной обработки и короткими сроками уборки. Все указанные и другие менее важные факторы отрицательно сказываются на экономической эффективности использования в работе такой картофелеуборочной техники.



Рисунок 1.7 – Комбайн картофелеуборочный AVR LYNX

Бункерные картофелеуборочные комбайны – наиболее сложный вид сельскохозяйственной техники. В отличие от копателей-погрузчиков в своем распоряжении они имеют бункер (на 2, 4 и более тонн), где накапливаются отделенные от почвенных и растительных примесей клубни картофеля (рис. 1.8). Их применение целесообразно на больших площадях, поскольку они отличаются соблюдением необходимых агротехнических требований [2] при высокой производительности.

Картофелеуборочные машины с возможностью затаривания урожая в контейнер или мешок. Некоторые из иностранных картофелеуборочных комбайнов (рис. 1.9) способны собирать картофель и загружать его в ящики, мешки или контейнеры прямо на комбайне, что

позволяет сократить объем поврежденных клубней [11] и реализовать продукцию на хранение [30] или в торговые сети без проведения послеуборочной обработки. К сожалению, производительность подобных комбайнов ограничена (как правило, это однорядные варианты). Из-за чувствительности к погодным условиям их используют в небольших по площади хозяйствах, а также для уборки семенного и раннего картофеля.



Рисунок 1.8 – Общий вид комбайна WM Kartoffeltechnik 8500



Рисунок 1.9 - Картофелеуборочная машина Grimme KT-75

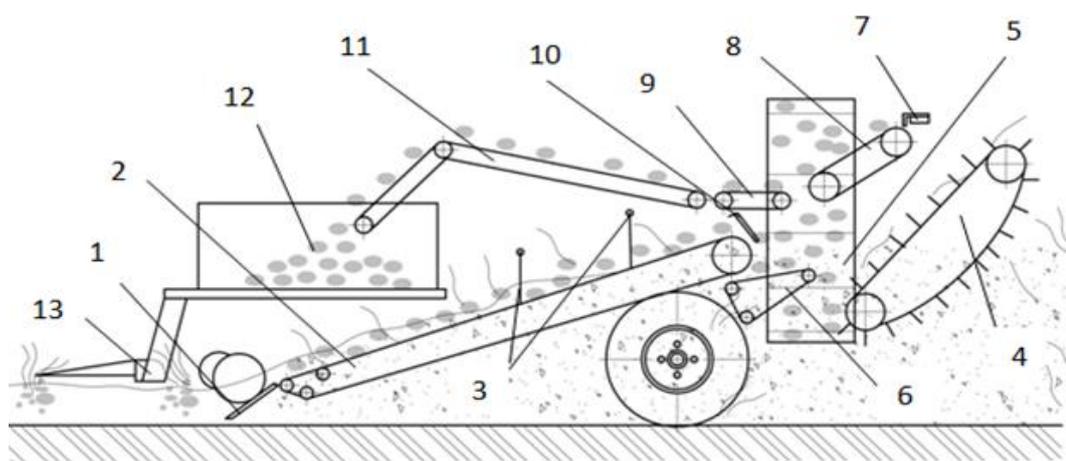
Произведем анализ рынка сельскохозяйственной техники [101]. Согласно данным [91] его структура выглядит следующим образом (рис. 1.10).



Рисунок 1.10 – Сельскохозяйственная техника РФ

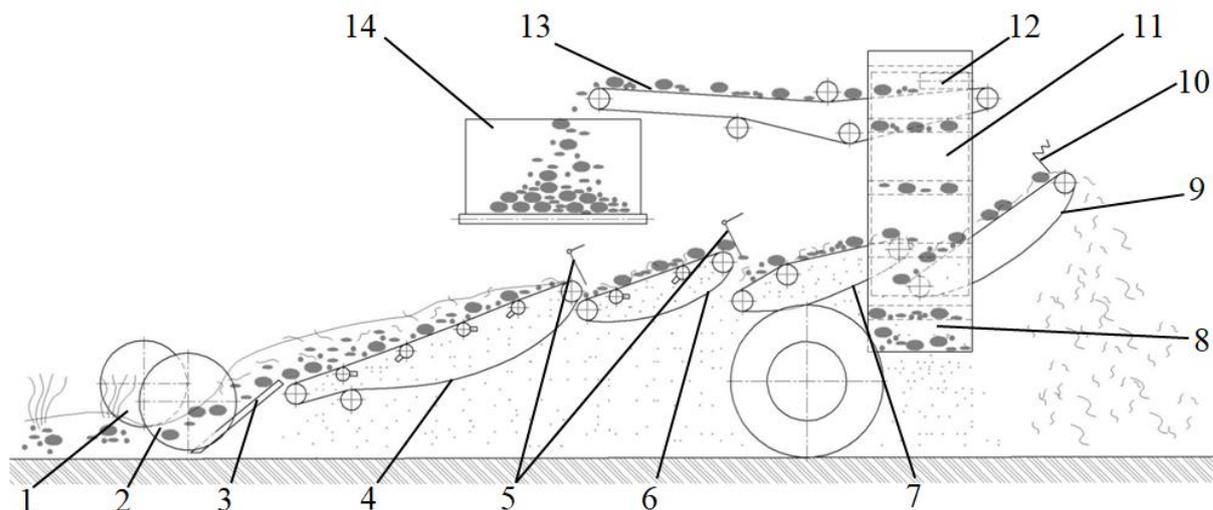
В данный момент времени в продаже имеется картофелеуборочная техника следующих фирм: GRIMME, «КОЛНАГ», WMKartoffeltechnik, Unia, Агропромсельмаш и прочее.

Помимо современной уборочной техники в картофелеводческих хозяйствах РФ достаточно часто можно встретить такие образцы: AVR 220BK Variant (рис. 1.11), Grimme DR-1500 (рис. 1.12) или КПК-2-01 (рис. 1.13).



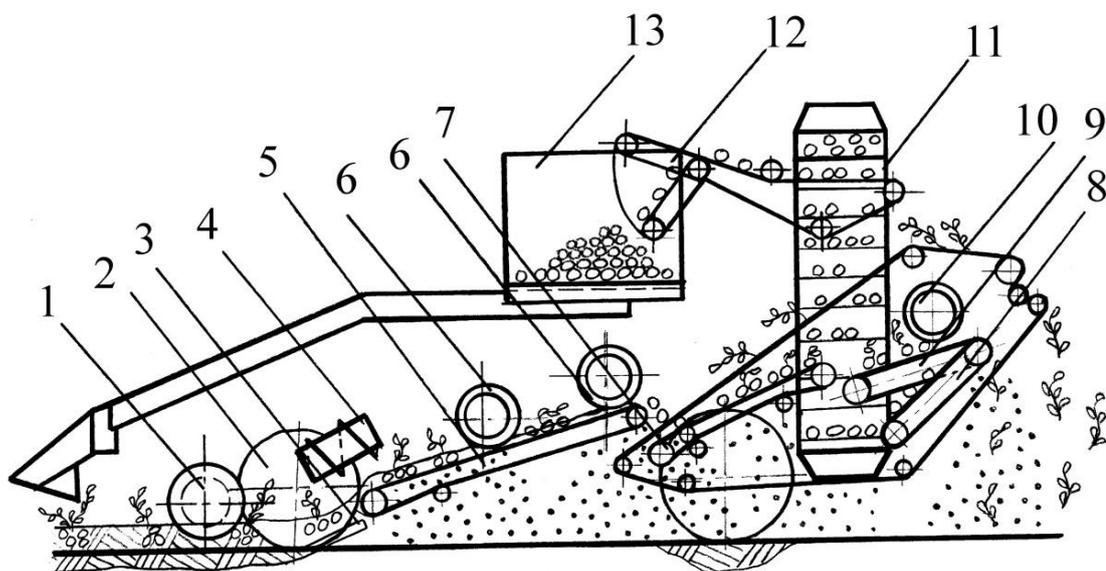
- 1 – подкапывающие рабочие органы; 2 – основной сепарирующий элеватор; 3 – ворошители; 4 – редкопрутковый транспортер;
- 5 - ковшовый транспортер; 6 – дополнительный сепарирующий элеватор; 7 – отбойные пластины; 8 – пальчатая горка;
- 9 – транспортер; 10 – ботвоудалители; 11 – переборочный стол;
- 12 – бункер; 13 – рама

Рисунок 1.11 – Технологическая схема комбайна AVR 220BK Variant



- 1 – катки; 2 – вертикальные диски; 3 – лемех; 4 – основной элеватор;
 5 – ботвоудалители; 6 - каскадный элеватор; 7 – дополнительный элеватор; 8 – ковшовый транспортер; 9 – горка;
 10 – отбойные элементы; 11 – поддерживающая лента; 12 – вал;
 13 – переборочный стол; 14 – бункер.

Рисунок 1.12 – Технологическая схема комбайна Grimme DR-1500



- 1- комкоразрушающие катки; 2 - дисковые ножи; 3-лемех;
 4 – продольно установленные шнеки; 5 - основной конвейер;
 6 - поперечно установленные шнеки; 7 - дополнительный конвейер;
 8-горка; 9 – дополнительный участок горки; 10 – шнек;
 11 - ковшовый конвейер; 12 - переборочный стол; 13 - бункер

Рисунок 1.13 – Технологическая схема комбайна KPK-2-01

Качество выполнения уборочных работ характеризуется 3 основными показателями: повреждение клубней (рис. 1.14), чистота клубней (рис. 1.15) и потери клубней (рис. 1.16) [59, 87].

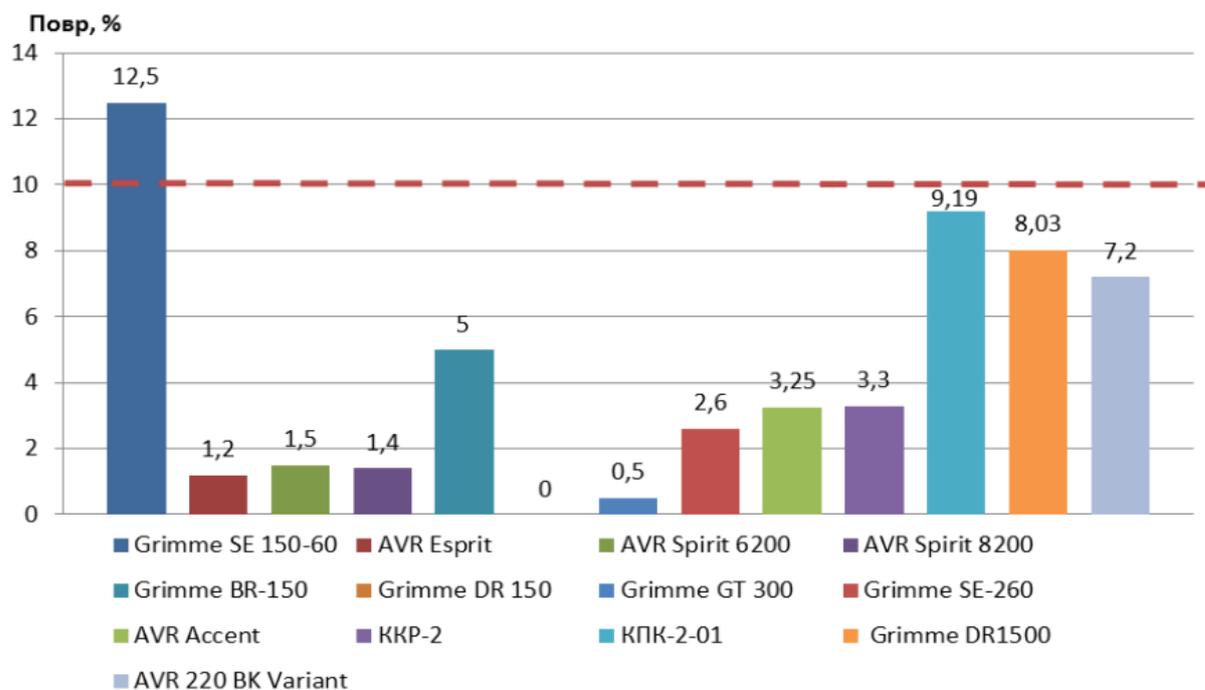


Рисунок 1.14 – Агротехнический показатель – повреждение клубней

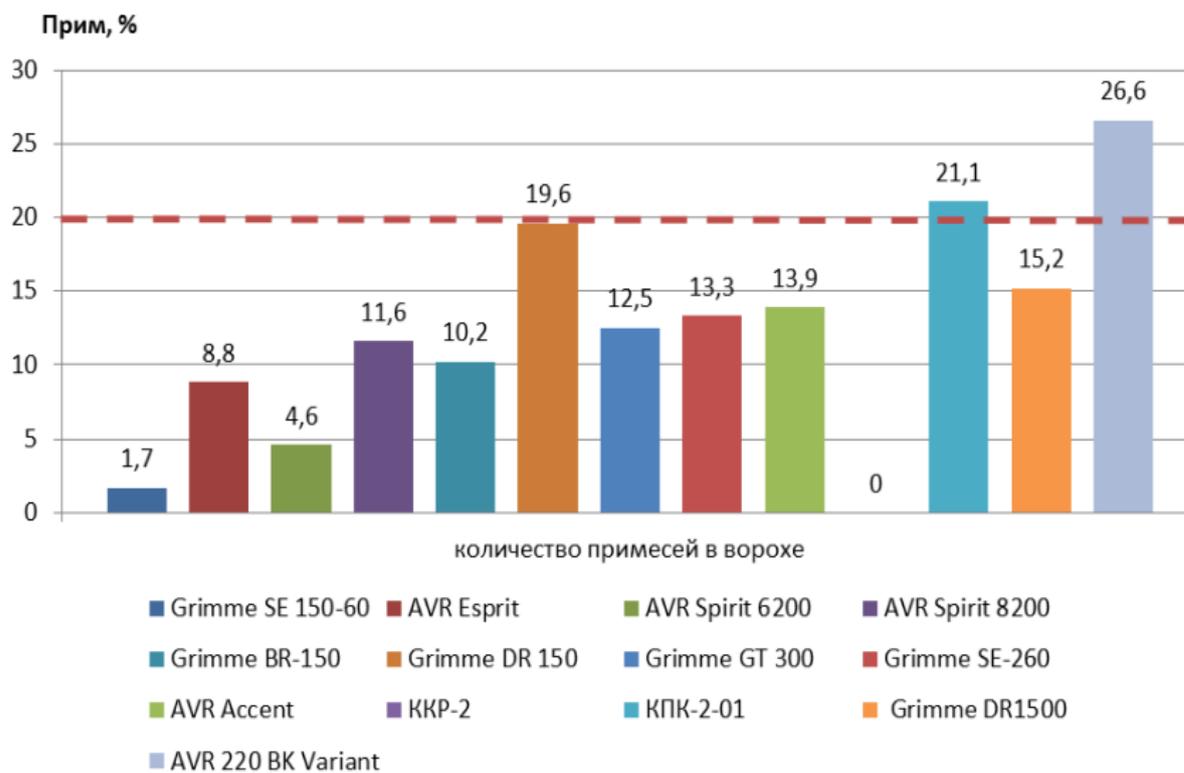


Рисунок 1.15 – Агротехнический показатель – чистота клубней

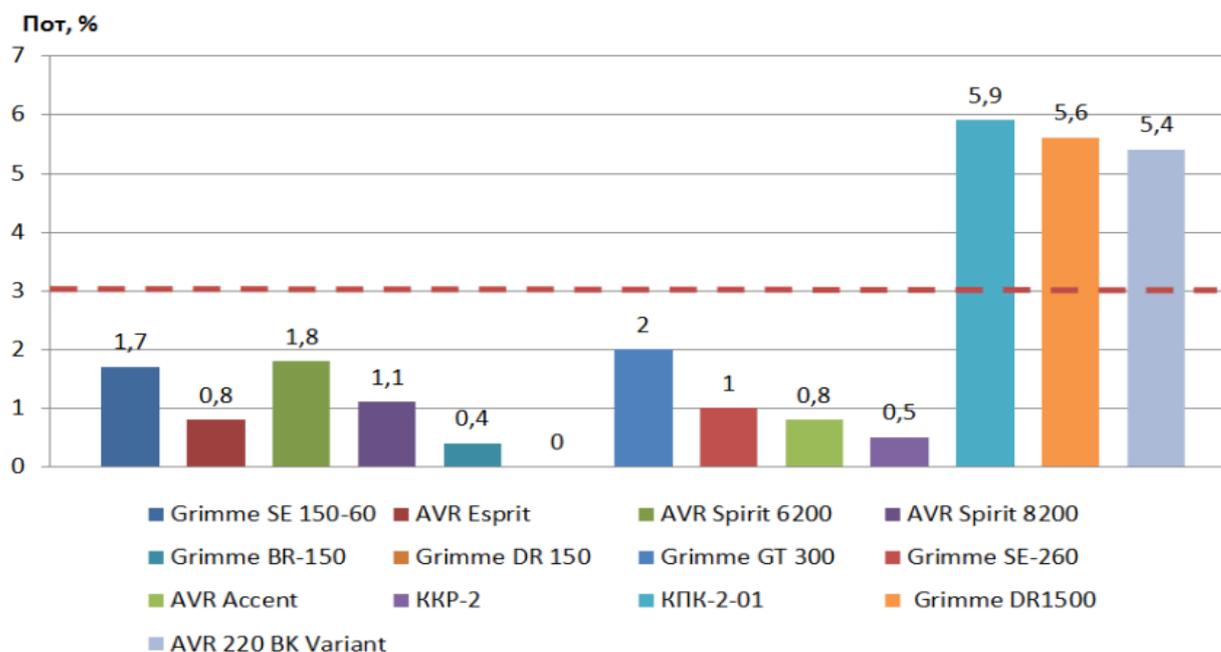


Рисунок 1.16 – Агротехнический показатель – потери клубней

Приведенные на диаграммах данные – результаты полевых испытаний картофелеуборочных машин, проведенных как на машиноиспытательных станциях, так и при выполнении НИОКР [6, 8, 24, 66, 93, 94, 124]. При этом на диаграмме рис. 1.14. видим, что практически все картофелеуборочные машины соответствуют агротехническим требованиям [2]. Исключением является лишь Grimme SE 150-60 (связано с неблагоприятными условиями проведения работ).

С двумя другими показателями ситуация более критичная (рис. 1.15 и 1.16). Так при испытании машин КПК-2-01 и AVR 220 BK Variant превышен показатель «чистота картофельного вороха» и «потери клубней» (а также для комбайна Grimme DR 1500).

Стоит отметить, что столь неудовлетворительная работа картофелеуборочных машин связана в первую очередь с неблагоприятными условиями в период уборки урожая [38]. При этом нельзя исключить тот факт, что более современные образцы справились с поставленной задачей. Следовательно, возникает необходимость в проведении технической ее модернизации [82, 104, 125]. Особенно это касается органов первичной и

вторичной сепарации почвы как наиболее влияющих на вышеописанные агротехнические показатели [15, 103, 106].

1.3. Анализ конструкций устройств для отделения корнеклубнеплодов от примесей

В работе Г.Д. Петрова [81] приведена классификаций различных способов отделения клубней от почвенных примесей (табл. 1.3).

Таблица 1.3 – Классификация способов сепарации

Признак разделения	Показатель признака
Размеры	Длина, ширина, толщина
Форма поверхности	Коэффициент сопротивления качению (перекатыванию) по различным поверхностям
Фрикционные свойства поверхностей	Коэффициент трения скольжения по различным поверхностям
Абсолютная масса	Сила притяжения к земле
Упругость	Коэффициент восстановления при ударе
Стойкость	Коэффициент фильтрации — скорость протекания воды через поры тел, зависящая для почвы от механической прочности и водостойкости клеящих веществ и других факторов
Плотность (объемная масса)	Масса единицы объема тела
Разрушаемость (дробление) при внедрении игл	Сила сцепления с внедренными иглами
Пластичность	Способность деформироваться без разрушения. Для почв - число пластичности по Аттербергу
Липкость	Сила прилипания почвенных комков к другим телам, например к металлу
Аэродинамические свойства	Критические скорости – скорости восходящего воздушного потока для поддержания тел во взвешенном состоянии
Электрические	Электрическая проводимость или сопротивление

Признак разделения	Показатель признака
свойства	прохождению электрического тока; диэлектрическая проницаемость тел
Поглощаемость телами γ -лучей или рентгеновских лучей	Коэффициент отражения телами у лучей или рентгеновских лучей
Цвет и блеск	Коэффициент отражения световых лучей
Способность к флуоресценции - свечению в световых лучах	Интенсивность спектра свечения
Акустические свойства	Уровень звукового давления и частота звуковых колебаний воздуха или другой среды при соударении комков и клубней, например, с металлическим листом - акустический импульс
Ферромагнитные свойства	Относительная магнитная проницаемость при воздействии магнитного поля
Признак разделения	Показатель признака
Теплоизлучение	Энергетическая светимость тел
Взаимодействие с электромагнитными волнами	Коэффициент отражения радиоволн

Основываясь на вышеизложенных принципах, был разработан не один десяток рабочих органов. Часть из них ушли в небытие (например, грохоты), другие приобрели повсеместное распространение – прутковые элеваторы.

На сегодняшний день все сепарирующие рабочие органы подразделяют на две группы:

- рабочие органы первичной сепарации (рис. 1.17);
- рабочие органы вторичной сепарации (рис. 1.18).

Рабочие органы первичной сепарации (несколько последовательно установленных в картофелеуборочной машине прутковых элеваторов) отделяют большую часть почвенных примесей [22, 80, 106].

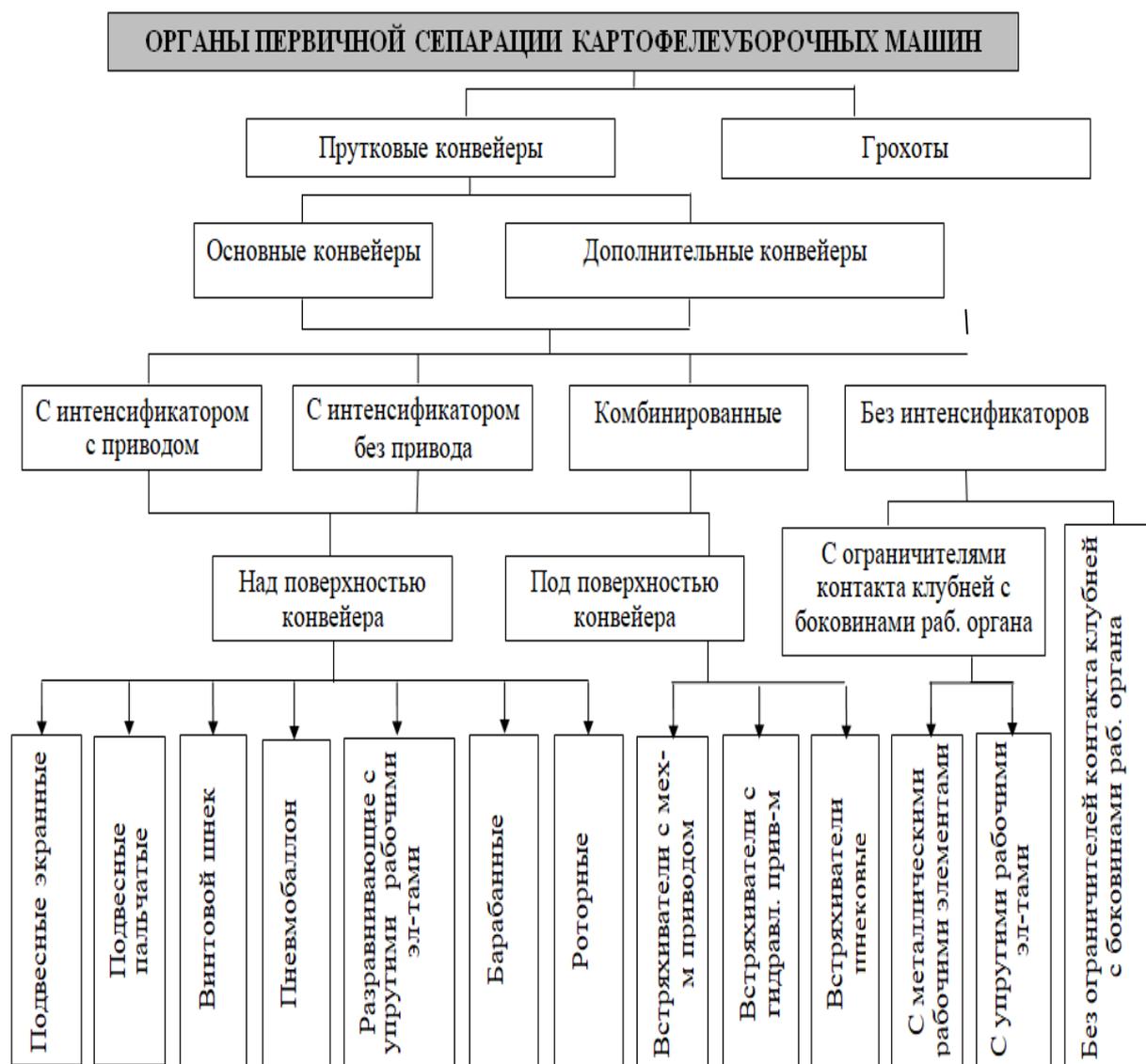


Рисунок 1.17 - Классификация рабочих органов первичной сепарации картофелеуборочных машин

Для растительных примесей в картофелеуборочных машинах предусмотрены специальные устройства – ботвоудалители. В своих трудах Г.Д. Петров [81] приводил следующую их классификацию:

- по коэффициенту трения (например, продольные и поперечные горки);
- по парусности (пневматического типа);
- по размерам (транспортёр с продольными щётками и т.д.);
- комбинированные (горка с отбойным валиком и т.д.).

Современные картофелеуборочные машины способны выполнять агротехнические требования в широком диапазоне внешних факторов

проведения работ. В их арсенале имеется широкий спектр не только сепарирующих рабочих органов (рис.1.17) [8, 52, 54, 80, 81, 86, 94], но и различных интенсификаторов [117], способствующих более высокого качественного уровня.

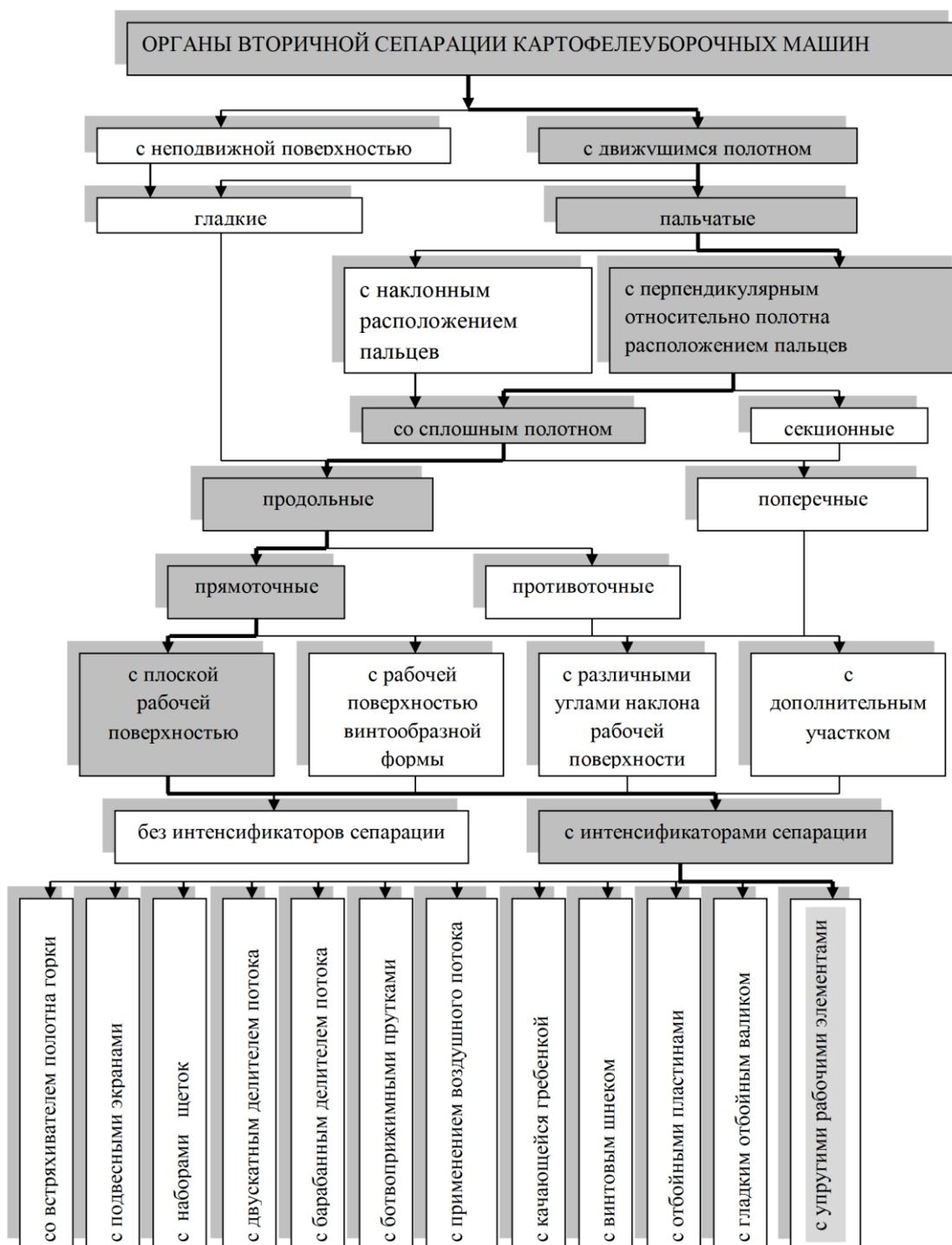


Рисунок 1.18 – Классификация рабочих органов вторичной сепарации картофелеуборочных машин

При проведении уборочных работ в благоприятных условиях роль органов вторичной сепарации в технологической цепочке комбайна не столь существенна [22]. При отклонении внешних факторов (влажность почвы, температура воздуха и т.д.) от оптимальных значений даже весь комплекс имеющихся технических решений комбайна [118,130] не способен гарантировать соблюдение всех агротехнических требований.

Результаты исследований вопроса отделения клубней от почвы отражены в трудах ученых: 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. [1, 5, 9, 13, 18, 20, 31, 35, 36, 45, 63, 64, 68, 70, 72, 75, 81, 86, 89, 90, 92, 96, 97, 105, 107, 108, 116, 120, 121, 126, 127, 134, 137, 138, 140].

Ряд проведенных исследований [8, 10, 46, 81, 86, 94, 128] показал высокую эффективность применения сепарирующих горок и их комбинаций при отделении почвенных и растительных примесей из картофельного вороха среди иных рабочих органов вторичной сепарации [84].

Рассмотрим примеры применения пальчатых горок на серийно выпускаемых картофелеуборочных машинах.

Технологическая схема картофелеуборочных комбайнов моделей КПК-2-01 и КПК-3 предусматривает прямоточную продольную горку, чья конструкция отличается разными углами наклона, не как в схеме предыдущей: между загрузочной и выгрузной кромкой, а между главными участками и дополнительными. Для отвода клубнеплодов на дополнительный участок, в верхней части главного участка предусмотрено специальное устройство - шнек (рис. 1.19).

Недостатком конструкции считается возможное защемление клубней между пальчатой поверхностью горки и шнеком.



Рисунок 1.19 – Пальчатая горка картофелеуборочной машины КПК-2-01

К примеру, на картофелеуборочной машине Grimme DR1500 над пальчатой горкой установлен отбойный валик в виде подпружиненных пластин (рис. 1.20).



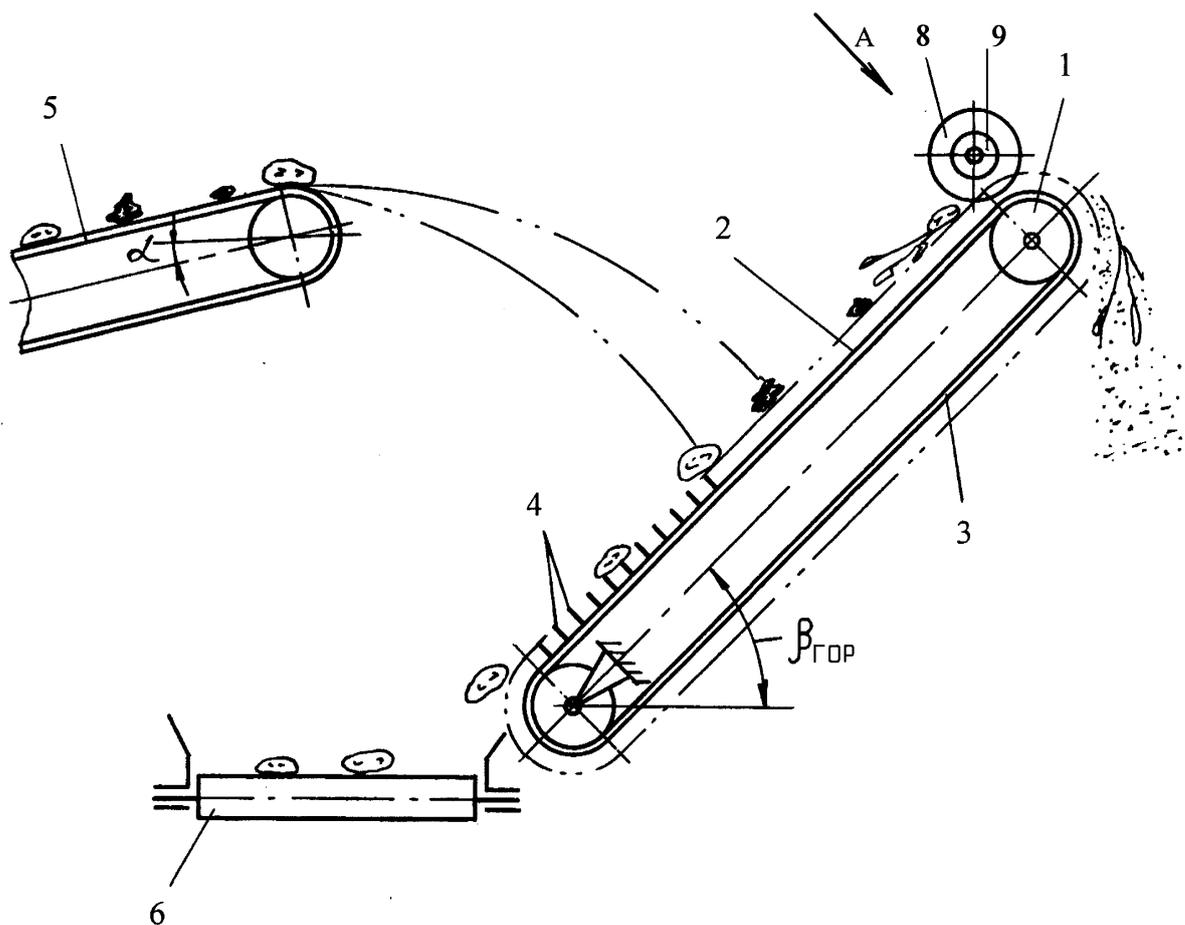
Рисунок 1.20 – Пальчатая горка картофелеуборочной машины Grimme DR1500 и подпружиненные отбойные пластины

Данное техническое решение позволяет дополнительно удалять оставшиеся в картофельном ворохе растительные остатки, почвенные комья и камни.

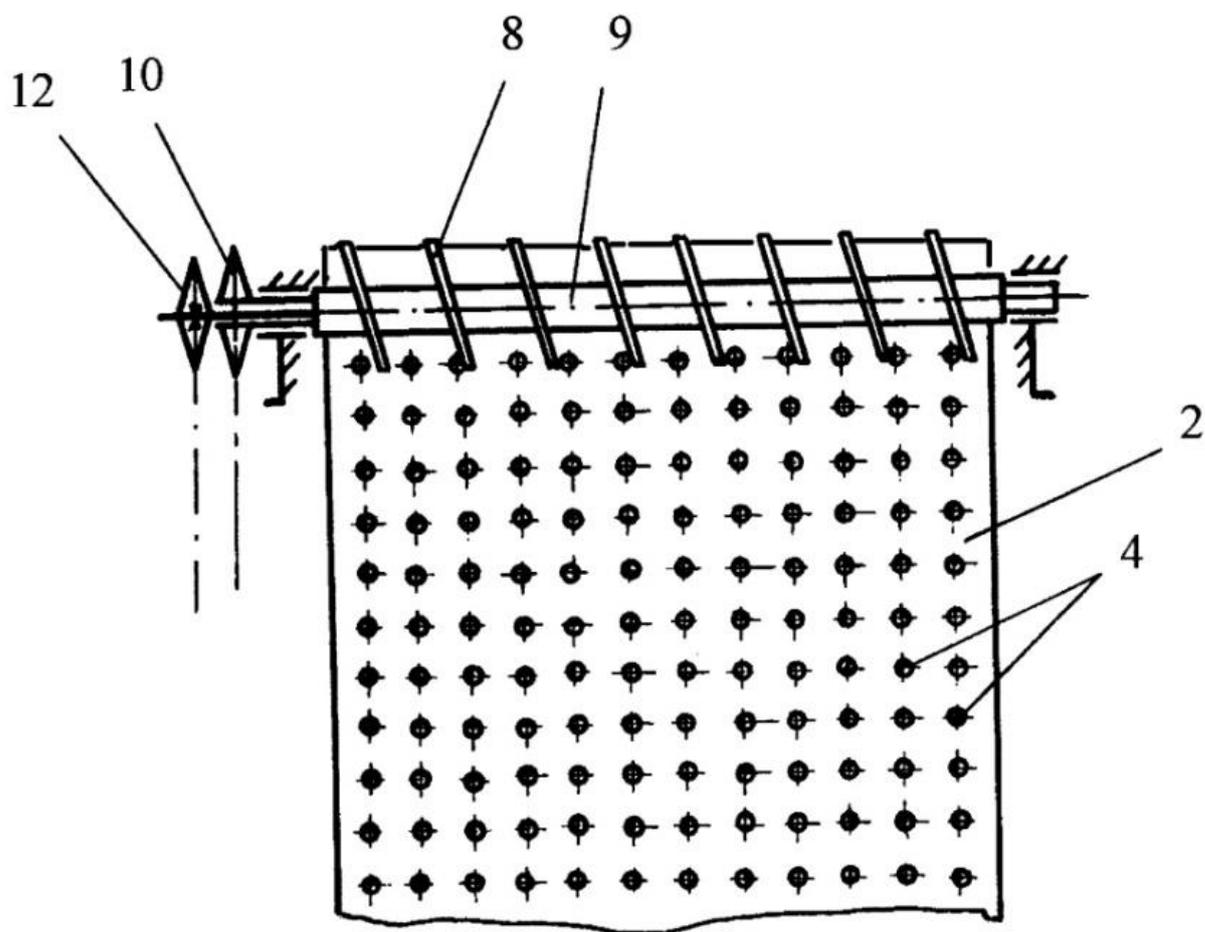
Как было установлено ранее (рис. 1.14-1.16) картофелеуборочные машины в серийном исполнении не всегда могут соответствовать агротехническим требованиям. Поэтому для того чтобы они соответствовали всем нормативным предписаниям был разработан целый ряд конструкторских решений [21, 39, 67, 76].

В первую очередь рассмотрим результаты исследований, проведенные Г.К. Рембаловичем и изложенные в его диссертации [95].

В ходе исследований было разработано устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей [73], схема которого приведена на рис. 1.21.



A - A



1 - сепарирующая горка; 2 и 3 – рабочая и обратная ветви конвейерной ленты; 4 – упругие пальцы; 5 - конвейер загрузки корнеклубнеплодов; 6 – конвейер выгрузки корнеклубнеплодов; 8 - наклонные диски отбойного валика; 9 - отбойный валик; 10 - звездочка привода вращения отбойного валика; 12 - звездочка привода колебаний наклонных дисков.

Рисунок 1.21 - Схема устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей (патент № 2245011) [73]

Для проведения полевых испытаний разработанное устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей было смонтировано на бункерном комбайне КПК-2-01 (рис. 1.22) [95].

Сами испытания были проведены на сельскохозяйственных угодьях Тульской (СПК «Коммунар») и Рязанской областей (КФХ «Урожайный» и

СПК «Коморино») в период с 1999 по 2004 гг. Результаты представлены в таблицах 1.4 и 1.5 [95].



Рисунок 1.22 – Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей [95] на комбайне КПК-2-01

Таблица 1.4 - Результаты испытаний картофелеуборочных машин (на почве с пониженной влажностью) [95]

Показатели работы	КПК-2-01		
	Серийная	Усовершенствованная	
		с отключенным приводом доп. колебаний	с включенным приводом доп. колебаний
Рабочая скорость агрегата, км/ч	2,0	2,3	
Влажности почвы, %	14...18		
Качество выполнения технологического процесса, %			
- Собрано в тару	89,3	90,2	92,8
- Оставлено на поверхности	8,6	7,7	5,1
- Оставлено в почве	2,1	2,1	2,1
Повреждения клубней по массе, %	12,05	8,73	9,11
Состав вороха (по массе), %:			
- Клубни	84,3	86,8	90,9
- Почвенные комки	12,7	11,2	7,4

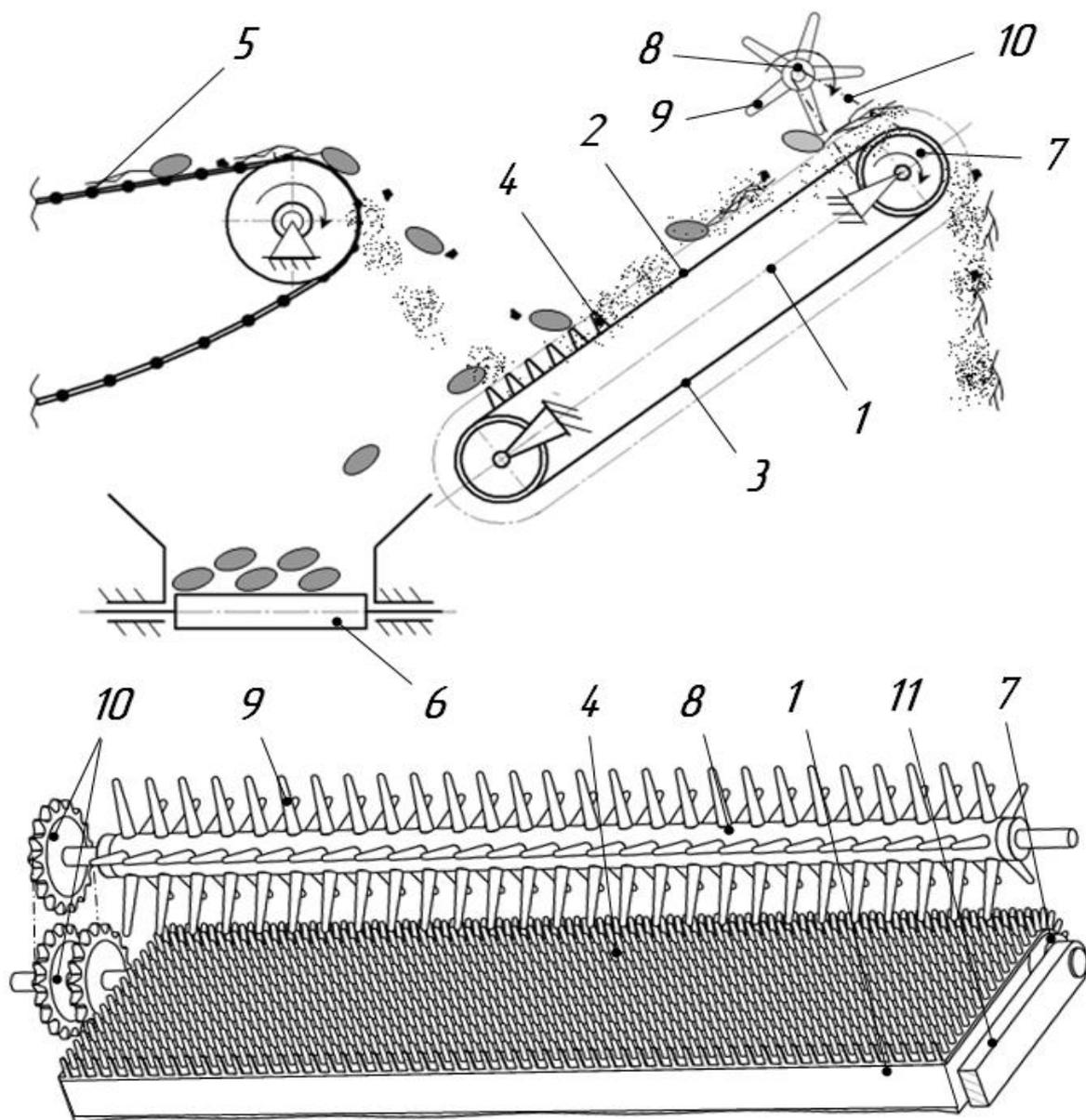
Показатели работы	КПК-2-01		
	Серийная	Усовершенствованная	
		с отключенным приводом доп. колебаний	с включенным приводом доп. колебаний
- Почва на клубнях	0,8	0,3	0,3
- Камни	0,2	0,1	0,1
- Растительные примеси	2,0	1,6	1,3

Таблица 1.5 - Результаты испытаний картофелеуборочных машин (на почве с повышенной влажностью) [95]

Показатели работы	КПК-2-01		
	Серийная	Усовершенствованная	
		с отключенным приводом доп. колебаний	с включенным приводом доп. Колебаний
Рабочая скорость агрегата, км/ч	2,0	2,3	
Влажности почвы, %	21...25		
Качество выполнения технологического процесса, %			
- Собрано в тару	91,5	94,6	94,9
- Оставлено на поверхности	6,4	3,4	3,1
- Оставлено в почве	2,1	2,0	2,0
Повреждения клубней по массе, %	10,31	7,87	8,03
Состав вороха (по массе), %:			
- Клубни	90,5	94,0	94,2
- Почвенные комки	6,2	4,0	3,9
- Почва на клубнях	1,2	0,5	0,5
- Камни	0,3	0,1	0,1
- Растительные примеси	1,8	1,4	1,3

Согласно приведенным выше данным, устройство успешно зарекомендовало себя в работе, как при повышенной, так и при пониженной влажности почвы.

Приняв во внимание все недостатки рассмотренной выше конструкции, Паршковым А.В. было разработано и запатентовано следующее устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей (рис. 1.23) [78].



1 – разделительная горка; 2, 3 – рабочая и обратная ветви наклонного транспортера; 4 – упругие пальцы разделительной горки; 5 – транспортер загрузки картофельного вороха; 6 – транспортер выгрузки корнеклубнеплодов; 7 – головной барабан наклонного транспортера; 8 – клубнеотражатель; 9 – обрезиненный выступ клубнеотражателя; 10 – привод клубнеотражателя; 11 – рама.

Рисунок 1.23 – Схема устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей (патент № 63637) [7]

Сами испытания проходили на территории Тульской (ОАО «Новомосковская агросистема») и Рязанской областей (ОАО «Екимовское» и

ОПХ «Подвязье») [71]. Разработанное устройство было смонтировано на картофелеуборочный комбайн КПК-2-01 (рис. 1.24). Результаты приведены в таблице 1.6.



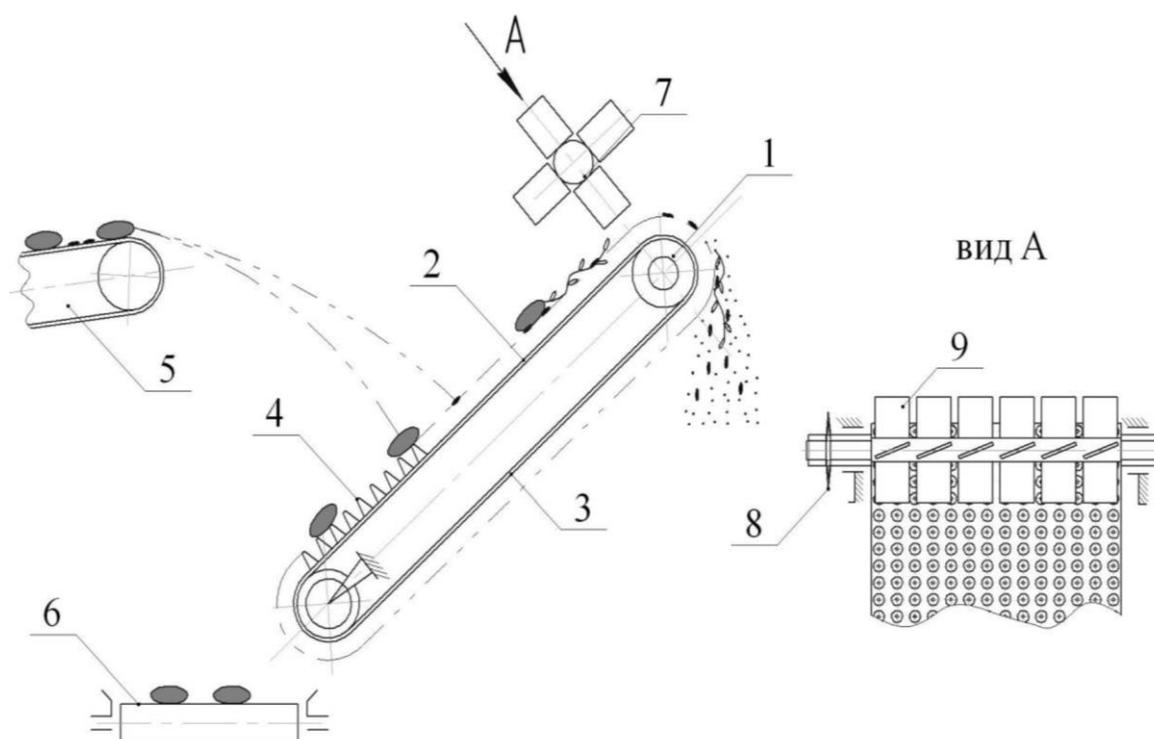
Рисунок 1.24 – Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей на комбайне КПК-2-01 [78]

Таблица 1.6 – Результаты испытаний серийного КПК-2-01 и комбайна, оснащенного устройством для отделения корнеклубнеплодов от примесей [71]

Показатели работы	25 авг. – 4 сент.		5 сент. – 14 сент.		15 сент. – 25 сент.	
	Усов. КПК-2-01	Сер. КПК-2-01	Усов. КПК-2-01	Сер. КПК-2-01	Усов. КПК-2-01	Сер. КПК-2-01
Рабочая скорость агрегата, км/ч	2,0	2,0	2,3	2,0	2,0	2,3
Качество выполнения технологического процесса, %						
- собрано в тару	93,9	91,6	94,7	93,5	96,2	94,9
- оставлено на поверхности	4,3	6,4	3,2	4,2	1,6	2,8
- оставлено в почве	1,8	2,0	2,1	2,3	2,2	2,3
Повреждения клубней по массе, %	8,42	11,07	6,87	10,08	5,63	8,96
Состав вороха (по массе),%:						
Клубни	90,1	88,7	93,6	91,8	95,5	93,4
Почвенные комки	2,2	2,5	2,8	3,1	1,5	1,8

Показатели работы	25 авг. – 4 сент.		5 сент. – 14 сент.		15 сент. – 25 сент.	
	Усов. КПК-2-01	Сер. КПК-2-01	Усов. КПК-2-01	Сер. КПК-2-01	Усов. КПК-2-01	Сер. КПК-2-01
Почва на клубнях	1,8	2,1	1,1	1,5	1,3	1,7
Камни	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Растительные примеси	5,5	6,3	2,1	3,2	1,3	2,7

Следующим исследователем в области повышения эффективности комбайновой уборки картофеля является сотрудник ФГБОУ ВО РГАТУ - Безносок Р.В. и его видение проблемы [6]. Им было разработано и запатентовано следующее устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей (рис. 1.25) [79].



1 – горка; 2 – рабочая ветвь транспортной ленты; 3 – обратная ветвь транспортной ветки; 4 – упругие пальцы; 5 – транспортер загрузки; 6 – транспортер выгрузки; 7 – приводной вал лопастного отбойного валика; 8 – привод вращения; 9 – лопасть .

Рисунок 1.25 - Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей (патент № 95960) [79]

Как и его предшественники в рамках своей научно-исследовательской деятельности Безносюк Р.В. провел ряд полевых испытаний своей разработки [6]. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей было установлено на картофелеуборочную машину КПК-2-01 (рис. 1.26).



1 – лопастной отбойный валик; 2 – лопасть; 3 - продольная прямоточная пальчатая горка.

Рисунок 1.26 - Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей [79] на комбайне КПК-2-01

Хозяйственные испытания серийного комбайна и его усовершенствованной модели проходили в КФХ ИП «Чесноков А.В.» Рязанской области, результаты которых занесены в таблицу 1.7 [6].

Как и у предшественников [71, 95], устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей Безносюка Р.В. позволило существенно снизить количество повреждений клубней (по массе) при одновременном повышении чистоты клубней в таре [6], что подтверждает верность выбранного исследователем курса.

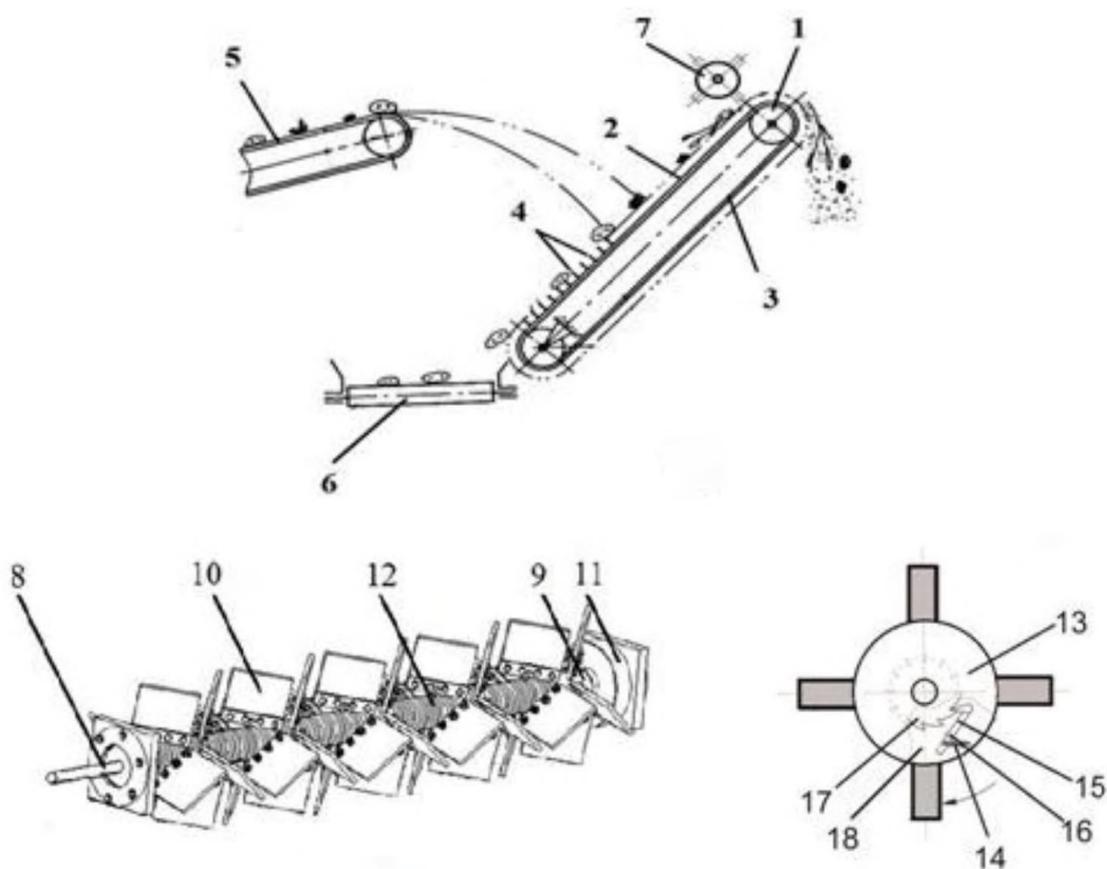
Таблица 1.7 - Результаты хозяйственных испытаний (объект - серийный и усовершенствованный КПК-2-01) [6]

Показатели работы	КПК-2-01	
	Серийный	Усоверш.
Рабочая скорость агрегата, км/ч	3,6	3,8
Качество выполнения технологического процесса, %		
- собрано в тару	94,1	97,2
- оставлено на поверхности	4,1	1,0
- оставлено в почве	1,8	1,8
Повреждения клубней по массе, %	9,19	6,53
Состав вороха (по массе), %:		
- клубни	78,9	84,6
- почвенные комки	9,4	5,4
- почва на клубнях	4,3	3,5
- камни	2,9	2,1
- растительные примеси	4,5	4,4

Стоит отметить, что рассмотренные выше результаты научно-исследовательской деятельности ученых ФГБОУ ВО РГАТУ, а именно разработанные ими устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей были испытаны на картофелеуборочных машинах КПК-2-01. Учитывая количество работоспособных единиц техники данной модели (даже в рамках РФ) в настоящее время то целесообразным решением является выбор новой основы для модернизации (например, AVR 220 ВК Variant и прочие модели картофелеуборочной техники, построенные по классической компоновочной схеме).

В своем диссертационном исследовании [66] Павлов В.А. в качестве объекта для модернизации (за счет разработанного им устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей рис. 1.27 [74]) был выбран AVR 220 ВК Variant (рис. 1.28).

Полевые испытания были проведены в период с 2011 по 2013 гг. полях КФХ ООО «Агрофирма «Усадьба» (Рязанская обл.) [66]. Полученные в ходе них результаты приведены в табл. 1.8.



1 – разделительная горка; 2,3 – рабочая и обратная ветви транспортной ленты; 4 – упругие пальцы транспортной ленты; 5 – загрузочный транспортер; 6 – транспортер выгрузки корнеклубнеплодов; 7 – клубнеотражатель; 8 – приводной вал; 9 – отбойный валик; 10 – эластичные пластины; 11 – храповый механизм; 12 – пружина-скрепка; 13 – корпус храпового механизма; 14 – пружина; 15 – подпружиненная собачка; 16 – ось; 17 – храповое колесо; 18 – диск.

Рисунок 1.27 – Схема устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей (патент № 2454850) [74]

Таблица 1.8 - Результаты хозяйственных испытаний (объект - серийный и усовершенствованный AVR 220 ВК Variant) [66]

Показатели работы	AVR 220 ВК Variant	
	Сер.	Усов.
Рабочая скорость агрегата, км/ч	4,2	4,5
Качество выполнения технологического		

Показатели работы	AVR 220 BK Variant	
	Сер.	Усов.
процесса, %		
- собрано в тару	94,6	98,1
- оставлено на поверхности	3,7	0,5
- оставлено в почве	1,7	1,5
Повреждения клубней по массе, %	7,2	4,03
Состав вороха (по массе), %:		
- клубни	73,4	75,4
- почвенные комки	9,4	8,7
- почва на клубнях	8,6	8,1
- камни	4,9	4,3
- растительные примеси	3,7	3,5



1 – лопастной отбойный валик; 2 – лопасть; 3 - продольная прямоточная пальчатая горка.

Рисунок 1.28 - Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей [74] на комбайне AVR 220 BK Variant

По результатам проведенного анализа открытых источников информации было установлено, что большинство рабочих органов вторичной сепарации картофелеуборочных машин достаточно хорошо справляются с

удалением примесей из клубневого вороха. Но нередки случаи (учитывая разнообразие почвенно-климатических условий РФ) когда техника, оснащенная ими, не может соответствовать всем агротехническим требованиям.

Из вышеописанного следует, что на сегодняшний день все еще не удовлетворена потребность в научно-технических разработках, предназначенных для повышения качества работы [59] картофелеуборочной техники.

1.4. Выводы по главе 1

Проведенный анализ показал, что:

1. Работа картофелеуборочных машин, в условиях пониженной и повышенной влажности почвы не соответствует агротехническим требованиям по величинам потерь и чистоте клубней в таре.
2. Перспективным направлением развития картофелеуборочных машин является совершенствование конструкций их органов выносной сепарации.

1.5. Задачи исследований

Исходя из цели диссертационного исследования и результатов выполненного анализа вопроса повышения качества работы картофелеуборочной техники сформулированы задачи:

- 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.

ГЛАВА 2. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРЕДЛОЖЕННОГО УСТРОЙСТВА ОТДЕЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ

При работе устройств для отделения корнеклубнеплодов от примесей даже в благоприятных условиях показатели эффективности их функционирования далеки от идеала. В бункер либо на выгрузной транспортер картофелеуборочной машины ворох клубней поступает с остатками растительных и почвенных примесей. В научной литературе [81] для оценки качества сепарации широко применяется общий коэффициент разделения, формула которого выглядит следующим образом:

$$\varepsilon = 100 - \left(\frac{\delta_{\text{кл}}}{\lambda} + \delta_{\text{п}} \right) \quad (2.1)$$

где: $\delta_{\text{кл}}$ - доля потерь клубней, %;

$\delta_{\text{п}}$ - доля потерь почвенных и растительных примесей, %. $\delta_{\text{п}} = 0$;

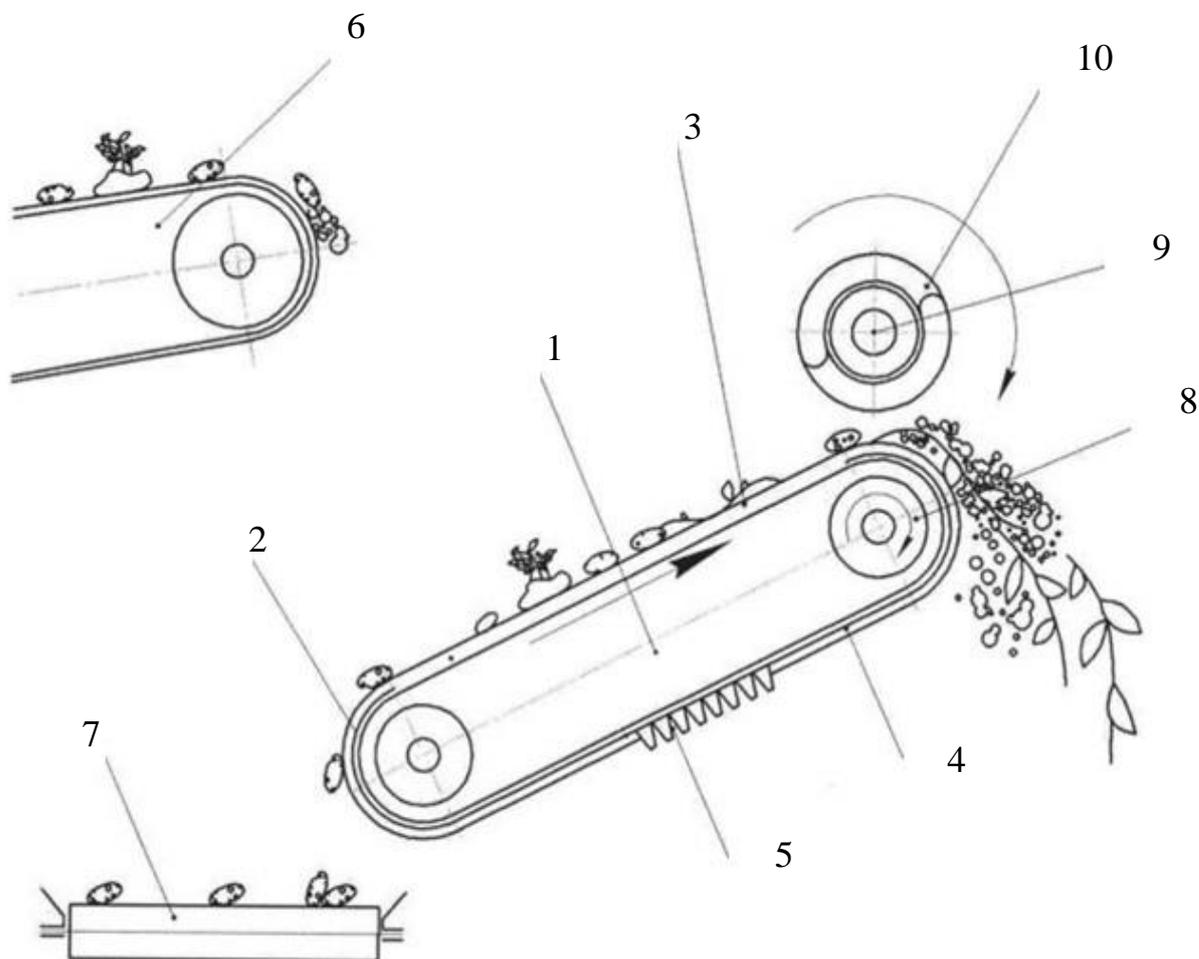
λ – чистота картофельного вороха, %.

Величина ε больше нуля свидетельствует о том, что рабочий орган картофелеуборочной машины выполняет возложенные на него функции. Величина ε меньше или равна нулю – рабочий орган не оказывает положительного эффекта на процесс сепарации.

2.1. Описание конструкции предложенного устройства отделения примесей

Проведенный анализ устройств для отделения корнеклубнеплодов от примесей [73, 74, 78, 79] позволил сформулировать основные критерии, которыми должны обладать подобные технические решения. В первую очередь стоит отметить простоту конструкции и как следствие эксплуатационную надежность. При этом устройство должно справляться со своим функциональным назначением без существенного влияния на смежные показатели, регламентируемые агротехническими требованиями (в первую очередь такой показатель как повреждение клубней и чистота картофельного вороха).

Основываясь на результатах вышеописанного анализа, была предложена и запатентована конструкция устройства отделения примесей [77], схема которого приведена на рис. 2.1 и 2.2.

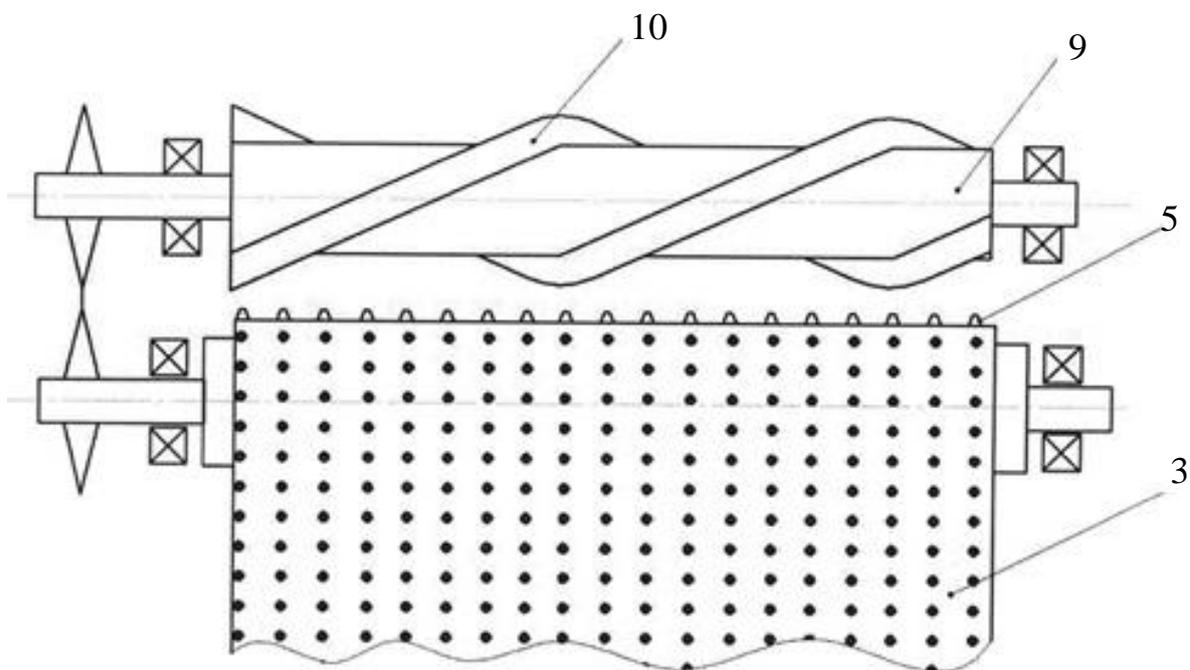


1 - горка; 2 – пальчатый транспортер; 3,4 – рабочая и обратная ветви;
 5 – пальцы; 6 – подающий транспортер; 7 – перегрузочный транспортер;
 8 – ведущий барабан; 9 - отбойного валика;
 10 - цилиндрические упругие элементы.

Рисунок 2.1 – 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.



3 – рабочая ветвь; 5 – пальцы; 9 –отбойный валик транспортера;
10 - цилиндрические упругие элементы.

Рисунок 2.2 – Устройство отделения примесей
(вид сверху)

Благодаря наклону пальчатой горки 1 происходит разделение вороха. В зависимости от размера, формы и веса клубни картофеля скатываются вниз на перегрузочный транспортер 7 (определяющую роль играет угол естественного скатывания, принимающий диапазон значений от 30,26 до 35,15 град [122]). В свою очередь почвенные и растительные примеси ввиду небольшой массы поднимаются вверх по пальчатой горке 1 и, проходя, удаляются из технологической цепочки устройств картофелеуборочной машины (через зазор между упругими элементами 10 отбойного валика 9 и рабочей ветвью 3 пальчатой горки 1).

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 наполненных газом 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 [58].

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.

2.2. Обоснование конструктивных параметров предложенного устройства отделения 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 [26].

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

Согласно закону Гука [4] сила, с которой цилиндрический упругий элемент отбойного валика действует на клубень рассчитывается:

$$F_{сж} = \frac{A \cdot E_{нэ} \cdot \Delta l}{d_{ц}} \quad (2.2)$$

где: A – площадь контакта цилиндрического упругого элемента с клубнем, m^2 ;

E_y – модуль Юнга цилиндрического упругого элемента отбойного валика, Па;

Δl – величина деформации цилиндрического упругого элемента отбойного валика, м;

$d_{ц}$ – диаметр цилиндрического упругого элемента, м.

Для исключения потерь клубней необходимо выполнение условия:

$$\Delta l_{max} \leq h_{кл} - z \quad (2.3)$$

где: $h_{кл}$ – толщина клубня, м.

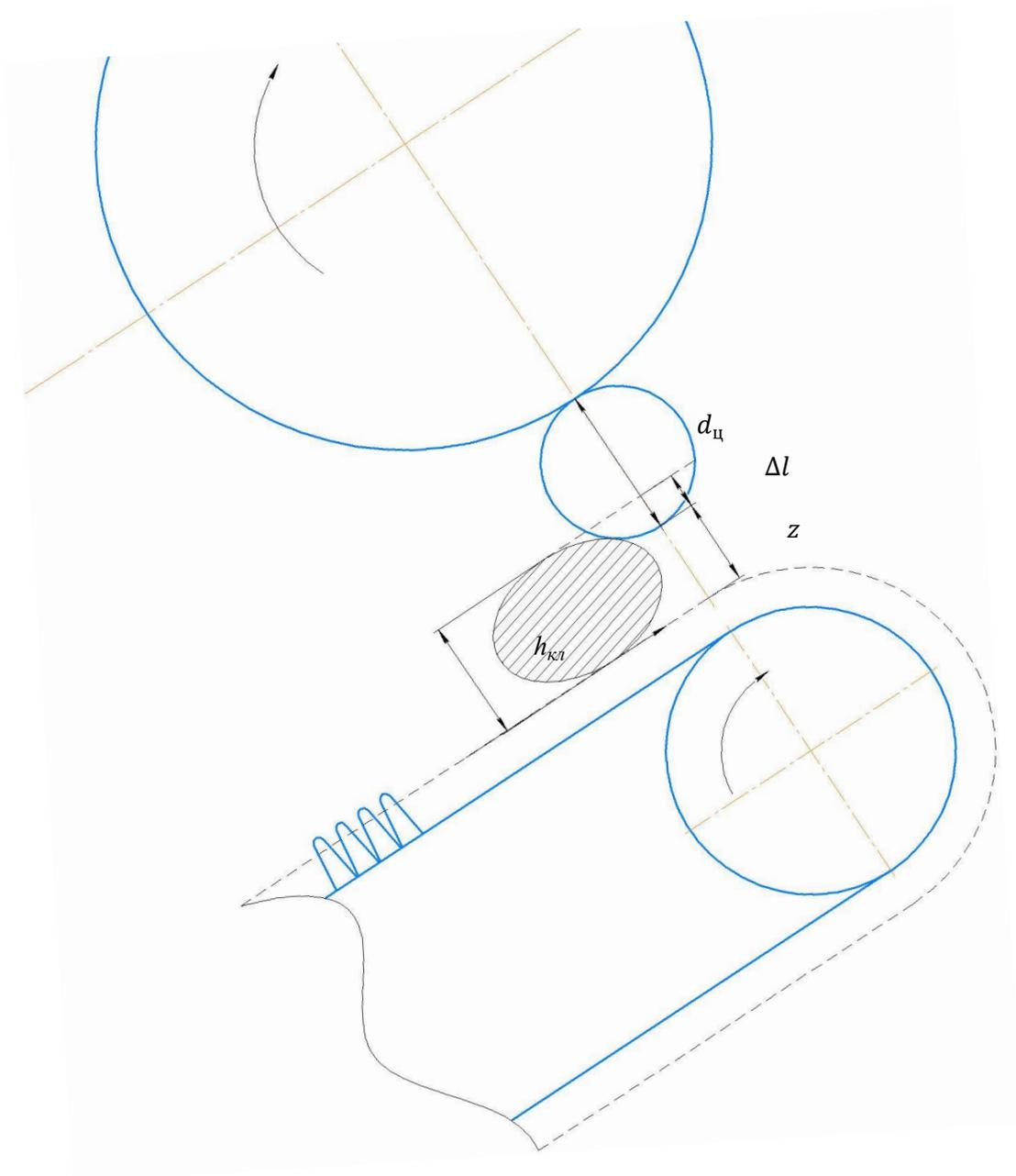
z – зазор между полотном пальчатой горки комбайна и нижней точкой отбойного валика, м (рис.2.3).

$$\Delta l_{max} = \frac{F_{сж} \cdot d_{ц}}{A \cdot E_y} \quad (2.4)$$

Сделаем допущение, чтобы происходил отрыв клубня от столона, необходимо:

$$F_{сж} \geq P_{бот} \quad (2.5)$$

где: $P_{бот}$ – сила зацепления клубня с ботвой за полотно наклонной пальчатой горки, Н.



$d_{ц}$ – диаметр цилиндрического упругого элемента; z – зазор между полотном пальчатой горки комбайна и нижней точкой отбойного валика;
 Δl – величина деформации цилиндрического упругого элемента отбойного валика; $h_{кл}$ – толщина клубня.

Рисунок 2.3 – Схема расчета величины деформации цилиндрического упругого элемента отбойного валика

Величина площади контакта в виде эллипса A рассчитывается:

$$A = \pi \cdot a \cdot b \quad (2.6)$$

где: a – большая полуось эллиптической площадки контакта цилиндрического упругого элемента с клубнем, м;

b – меньшая полуось эллиптической площадки контакта цилиндрического упругого элемента с клубнем, м.

Величина полуосей эллиптической площадки контакта цилиндрического упругого элемента с клубнем определится предложенным Беляев Н.М. уравнением [7]

$$a = 0,88 \sqrt[3]{F_{\text{СЖ}} \cdot \frac{\frac{1}{E_y} + \frac{1}{E_{\text{КЛ}}}}{\frac{1}{R_y} + \frac{1}{R_{\text{КЛ}}}}} \quad (2.7)$$

$$b = 0,34 \sqrt[3]{F_{\text{СЖ}} \cdot \frac{\frac{1}{E_y} + \frac{1}{E_{\text{КЛ}}}}{\frac{1}{R_y} + \frac{1}{R_{\text{КЛ}}}}} \quad (2.8)$$

где $E_y, E_{\text{КЛ}}$ – модули упругости упругого элемента и клубня, Па;

$R_y, R_{\text{КЛ}}$ – радиусы кривизны упругого элемента и клубня, м.

Определим параметры упругого элемента исходя из технологических свойств клубней - толщины клубня и усилия отрыва ботвы

$$E_y \geq \frac{P_{\text{бот}} \cdot d_{\text{ц}}}{0,30 \cdot \pi \cdot \left[\sqrt[3]{F_{\text{СЖ}} \cdot \frac{\frac{1}{E_y} + \frac{1}{E_{\text{КЛ}}}}{\frac{1}{R_y} + \frac{1}{R_{\text{КЛ}}}}} \right]^2 \cdot (h_{\text{КЛ}} - z)} \quad (2.9)$$

Для дальнейших расчетов воспользуемся следующими параметрами:

$$P_{\text{бот}} = 21,2 \text{ Н};$$

$$z = 0,02 \text{ м.}$$

$$d_{\text{ц}} = 0,04 - 0,05 \text{ м};$$

$$E_{\text{КЛ}} = 2 \cdot 10^6 \text{ Па [24, 29, 32];}$$

На основании полученной зависимости методом последовательных приближений построим график (рис. 2.4).

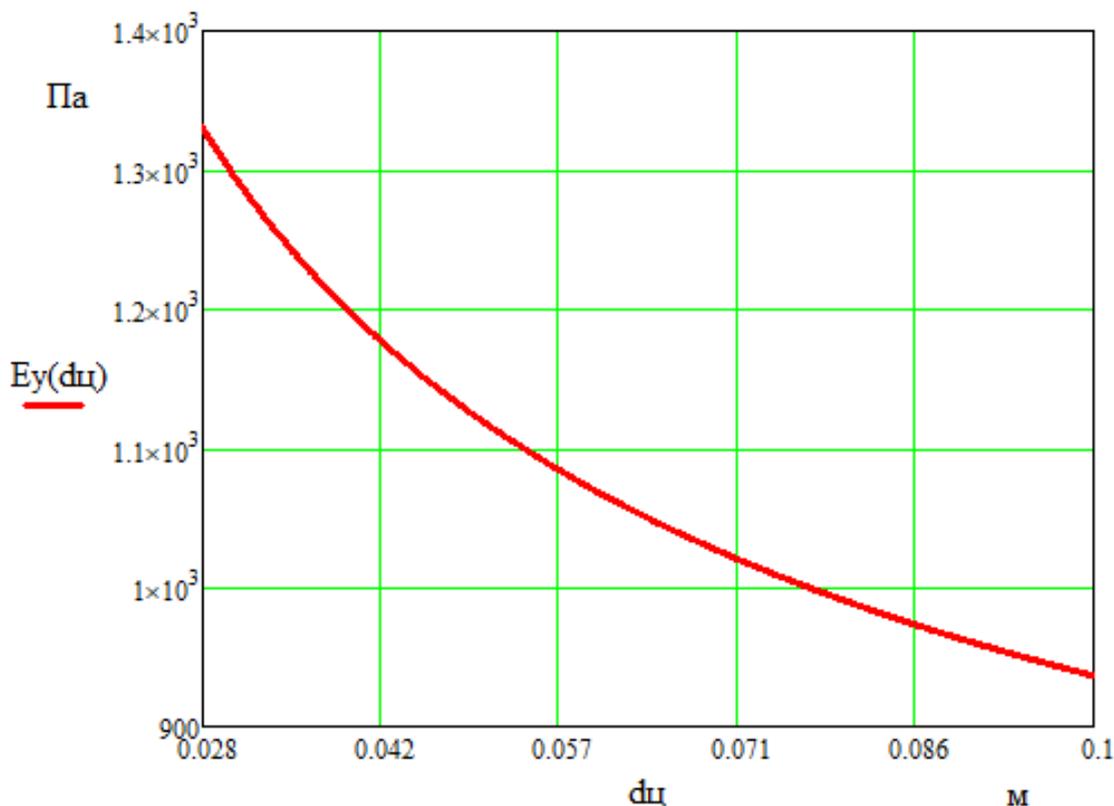


Рисунок 2.4 – График зависимости модуля упругости упругого элемента E_y от толщины клубня $d_{ц}$

Зная размерные характеристики клубней возделываемого сорта картофеля при помощи графика на рисунке 2.4 возможно определить рациональные параметры предложенного устройства отделения примесей – при диаметре $d_{ц} = 0,04 - 0,05$ м цилиндрического упругого 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.

2.3. Обоснование кинематических параметров предложенного устройства отделения примесей

При оценке эффективности работы устройства отделения примесей, как

и ранее, будем использовать следующие базовые показатели, регламентируемые агротехническими требованиями [3, 115]:

- потери клубней;
- повреждения клубней;

Проанализируем последовательно каждый из них.

В первых это потери клубней. Здесь необходимо рассматривать два неблагоприятных варианта:

- проскакивание клубней между цилиндрическими упругими элементами устройства отделения примесей;
- проскакивание клубней, за счет деформации цилиндрического упругого элемента устройства отделения примесей.

Проскакивание клубней. Для того чтобы клубни беспрепятственно не проходили между цилиндрическими упругими элементами устройства необходимо соблюдение следующего условия (рис. 2.5):

$$t_{\text{кл}} = \frac{S_{\text{кл}}}{v_k} \geq t_{\text{от}} = \frac{2\pi \cdot N}{n_{\text{min}}} \quad (2.10)$$

где: n_{min} - частота вращения отбойного валика, с^{-1} ;

N - количество полных оборотов отбойного валика, ед;

$t_{\text{от}}$ – время, необходимое чтобы отбойный валик 2 переместился в точку 2", с;

$t_{\text{кл}}$ - время, необходимое чтобы клубень переместился из т. 3 в т. 3", с;

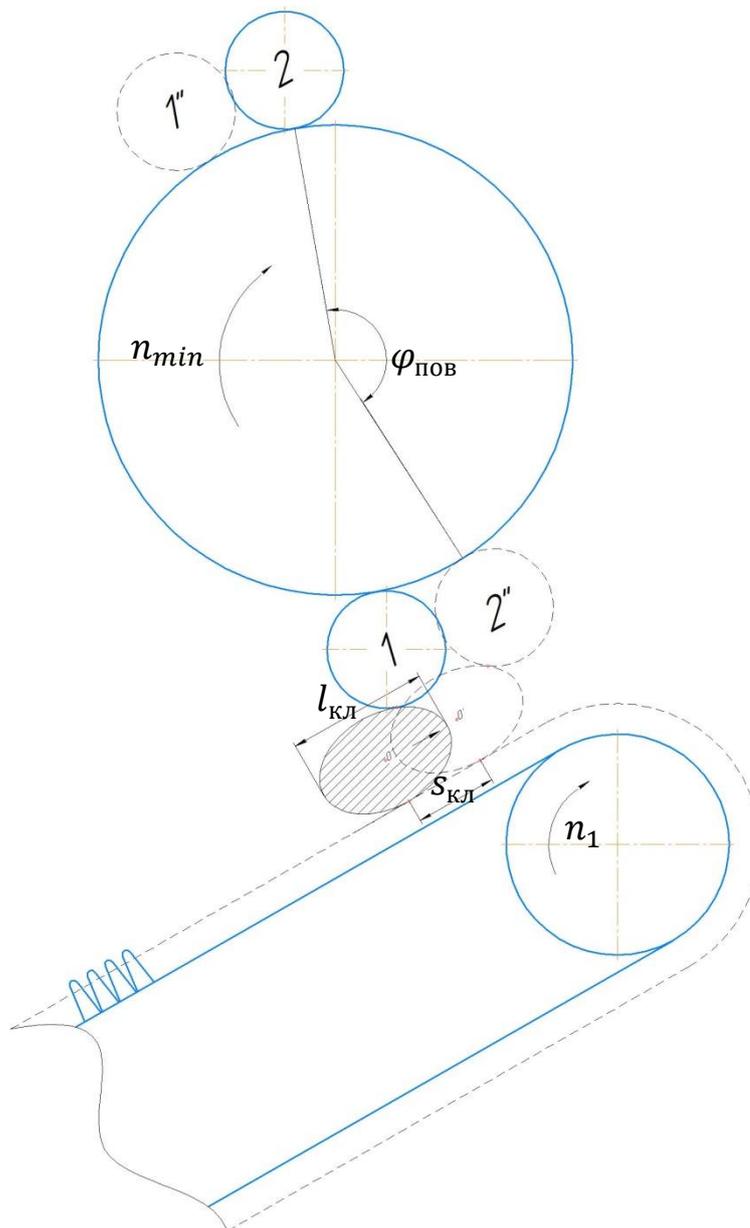
$S_{\text{кл}}$ – путь клубня, м;

v_k – линейная скорость элеватора, м/с.

Причем:

$$N = \frac{\varphi_{\text{от}}}{360^\circ} \quad (2.11)$$

где: $\varphi_{\text{пов}}$ – угол перемещения цилиндрического упругого элемента, град.



1 (1''), 2 (2'') – позиция первого и второго цилиндрического упругого элемента; $S_{ккл}$ – путь клубня; n_1 - частота вращения приводного вала пальчатой горки; n_{min} - частота вращения отбойного валика; $\varphi_{пов}$ – угол перемещения цилиндрического упругого элемента; $l_{ккл}$ – длина клубня.
 Рисунок 2.5 – Схема расчета минимальной частоты вращения отбойного валика

Следовательно:

$$\frac{S_{ккл}}{v_k} \geq \frac{2\pi \cdot \varphi_{пов}}{360^\circ \cdot n_{min}} \quad (2.12)$$

или

$$n_{min} \geq \frac{2\pi \cdot \varphi_{пов} \cdot \vartheta_k}{360^\circ \cdot S_{кл}} \quad (2.13)$$

Примем что в зависимости от сорта картофеля:

$$S_{кл} = 0,5 \div 0,7 \left(\frac{l_{кл}}{2} \right) \quad (2.14)$$

При этом величины $S_{кл}$ и $\varphi_{пов}$ будут зависеть от размерных характеристик клубней возделываемого сорта картофеля.

Окончательно получим формулу для нахождения n_{min} :

$$n_{min} \geq \frac{2\pi \cdot \varphi_{пов} \cdot \vartheta_k}{360^\circ \cdot \left(0,5 \div 0,7 \left(\frac{l_{кл}}{2} \right) \right)} \quad (2.15)$$

Полученное выше неравенство позволяет установить минимальную частоту вращения отбойного валика предложенного устройства отделения примесей [58].

Более важным показателем является максимальное значение частоты вращения n_{max} отбойного валика предложенного устройства отделения примесей. Приведем расчёты ниже.

Для определения n_{max} воспользуемся принципом решения задачи Герца [99, 136]. Введем следующие допущения [71]:

- клубневой ворох распределен по горке равномерным слоем;
 - клубни и почвенные комья движутся совместно с полотном наклонной пальчатой горки без скольжения и качения;
 - клубень и надувные цилиндрические элементы отбойного валика предложенного устройства отделения примесей изотропны (описание их упругих свойств осуществляется лишь модулем Юнга [99]);
 - клубень имеет форму эллипсоида с гладкой поверхностью;
- при взаимодействии тел рассматриваем соударение сегментов площадей поверхностей клубня и цилиндрического упругого элемента отбойного валика.

Рассмотрим процесс взаимодействия клубня картофеля с упругим цилиндрическим элементом отбойного валика (рис. 2.6).

Определим параметры процесса взаимодействия клубня с цилиндрическим упругим элементом отбойного валика.

Величину суммарной абсолютной деформации клубня и упругого цилиндрического элемента отбойного валика h найдем по формуле [49]:

$$h = \left(P_{\text{сдв}} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1}{K^2 \cdot R} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (2.16)$$

где: K – эффективный модуль Юнга, Па $\left(\frac{\text{Н}}{\text{м}^2} = \frac{\text{кг}}{\text{м} \cdot \text{с}^2} \right)$ [49];

$P_{\text{сдв}}$ – сдавливающая сила, Н $\left(\frac{\text{кг} \cdot \text{м}}{\text{с}^2} \right)$;

R – приведенный радиус кривизны соприкасающихся тел, м.

Выразим силу $P_{\text{сдв}}$:

$$P_{\text{сдв}} = h^{\frac{3}{2}} \cdot K \cdot \sqrt{R} \quad (2.17)$$

При этом необходимо соблюдение следующего условия [71]:

$$P_{\text{сдв}} = \frac{\partial U}{\partial h} \quad (2.18)$$

где: U – потенциальная энергия упругой деформации, возникающей при соударении клубня с цилиндрическим упругим элементом отбойного валика, Дж (Н · м).

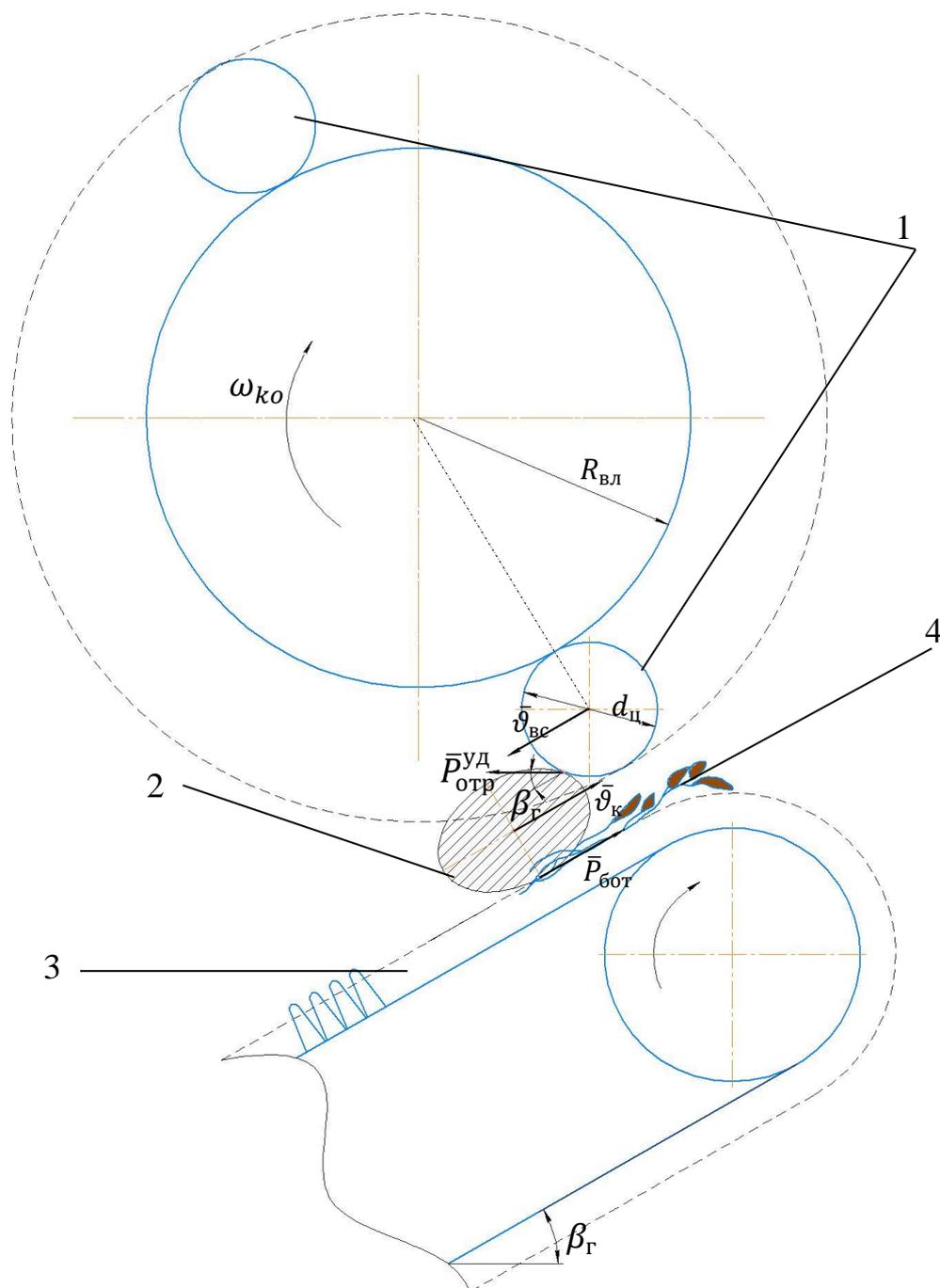
Выразим ∂U и проинтегрируем его:

$$U = \sqrt{h^5} \cdot \frac{2}{5} \cdot K \cdot \sqrt{R} \quad (2.19)$$

При взаимодействии клубня с цилиндрическим упругим элементом отбойного валика кинетическая энергия $E_{\text{вз}}$ переходит в энергию потенциальную U [71]:

$$U = E_{\text{вз}} \quad (2.20)$$

где: $E_{\text{вз}}$ – кинетическая энергия взаимодействия клубня с цилиндрическим упругим элементом отбойного валика, Дж.



1 – цилиндрические упругие элементы; 2 - клубень; 3 – полотно горки; 4 – ботва; v_k – скорость клубня; $v_{вс}$ – линейная скорость цилиндрического упругого элемента; β_g – угол наклона пальчатой горки; усилие $P_{отр}^{уд}$ – сила соударения клубня с цилиндрическим упругим элементом; $R_{вл}$ – радиус отбойного валика; $\omega_{ко}$ – угловая скорость вращения отбойного валика; $d_{ц}$ – диаметр цилиндрического упругого элемента; $P_{бот}$ – сила зацепления клубня с ботвой за полотно наклонной пальчатой горки.

Рисунок 2.6 – Схема контакта клубня с цилиндрическим упругим элементом отбойного валика

Величину $E_{вз}$ найдем [71]:

$$E_{вз} = \frac{1}{2} \cdot S_{уд} \cdot (\vartheta_{вс} \cdot \cos(\beta_{г}) + \vartheta_{к}) \quad (2.21)$$

где: $S_{уд}$ – импульс удара клубня о цилиндрический упругий элемент отбойного валика, $\frac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}$;

$\vartheta_{к}$ – скорость движения клубня (линейная скорость пальчатой горки), м/с;

$\vartheta_{вс}$ – линейная скорость движения точки (точка контакта) на цилиндрическом упругом элементе отбойного валика, м/с;

$\beta_{г}$ – угол наклона пальчатой горки, рад

$$\sqrt{h^5} \cdot \frac{2}{5} \cdot K \cdot \sqrt{R} = \frac{1}{2} \cdot S_{уд} \cdot (\vartheta_{вс} \cdot \cos(\beta_{г}) + \vartheta_{к}) \quad (2.22)$$

Заменяем h :

$$\sqrt{\left((P_{сдв})^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1}{K^2 \cdot R} \right)^{\frac{1}{3}} \right)^5} \cdot \frac{2}{5} \cdot K \cdot \sqrt{R} = \frac{1}{2} \cdot S_{уд} \cdot (\vartheta_{вс} \cdot \cos(\beta_{г}) + \vartheta_{к}) \quad (2.23)$$

Выразим импульс $S_{уд}$ через ударное усилие $P_{отр}^{уд}$, необходимое для отрыва ботвы от клубня [71]:

$$S_{уд} = P_{отр}^{уд} \cdot \tau \quad (2.24)$$

где: τ – продолжительность удара, с.

Усилие $P_{отр}^{уд}$ найдем как [71]:

$$P_{отр}^{уд} = \frac{P_{бот}}{\cos(\beta_{г})} \quad (2.25)$$

где: $P_{бот}$ – сила зацепления клубня с ботвой за полотно наклонной пальчатой горки, H . При этом $P_{бот}$ численно равна прочности соединения ботвы с клубнем.

Тогда импульс найдем как:

$$S_{уд} = \frac{P_{бот}}{\cos(\beta_{г})} \cdot \tau \quad (2.26)$$

После преобразований получаем следующую зависимость:

$$\sqrt{\left(\left(P_{\text{сдв}}\right)^{\frac{2}{3}}\left(\frac{1}{K^2 \cdot R}\right)^{\frac{1}{3}}\right)^5 \cdot \frac{2}{5} \cdot K \cdot \sqrt{R}} = \frac{P_{\text{бот}} \cdot \tau \cdot (\vartheta_{\text{вс}} \cdot \cos(\beta_{\Gamma}) + \vartheta_k)}{2 \cos(\beta_{\Gamma})} \quad (2.27)$$

Представим скорость вращения цилиндрического упругого элемента клубнеотражателя как:

$$\vartheta_{\text{вс}} = \omega_{k0} \cdot (d_{\text{ц}} + R_{\text{вл}}) \quad (2.28)$$

где: $R_{\text{вл}}$ – радиус вала отбойного валика, м;

$d_{\text{ц}}$ – диаметр цилиндрического упругого элемента, м;

ω_{k0} – угловая скорость вращения отбойного валика, рад/с.

Выполним промежуточные преобразования:

$$\sqrt{\left(\left(P_{\text{сдв}}\right)^{\frac{2}{3}}\left(\frac{1}{K^2 \cdot R}\right)^{\frac{1}{3}}\right)^5 \cdot \frac{2}{5} \cdot K \cdot \sqrt{R}} = \frac{P_{\text{бот}} \cdot \tau \cdot (\omega_{k0} \cdot (d_{\text{ц}} + R_{\text{вл}}) \cdot \cos(\beta_{\Gamma}) + \vartheta_k)}{2 \cos(\beta_{\Gamma})} \quad (2.29)$$

Величину ω_{k0} найдем из выражения:

$$\omega_{k0} = \frac{\frac{2 \cos(\beta_{\Gamma} + \varphi_{\text{к0}})}{P_{\text{бот}} \cdot \tau} \cdot \sqrt{\left(\left(P_{\text{сдв}}\right)^{\frac{2}{3}}\left(\frac{1}{K^2 \cdot R}\right)^{\frac{1}{3}}\right)^5 \cdot \frac{2}{5} \cdot K \cdot \sqrt{R}} - \vartheta_k}{(d_{\text{ц}} + R_{\text{вл}}) \cdot \cos(\beta_{\Gamma})} \quad (2.30)$$

Величину K найдем как [34, 49]:

$$K = \frac{2E_{\text{к}} \cdot E_{\text{вс}}}{E_{\text{к}} + E_{\text{вс}}} \quad (2.31)$$

где: $E_{\text{к}}$ – модуль Юнга клубня, Н/м²;

$E_{\text{вс}}$ – модуль Юнга материала цилиндрического упругого элемента отбойного валика, Н/м².

Преобразуем выражение:

$$\omega_{ko} = \frac{4 \cdot \sqrt{R}}{5 \cdot P_{\text{бот}} \cdot \tau \cdot (d_{\text{ц}} + R_{\text{вл}})} \cdot K \cdot \sqrt{\left((P_{\text{сдв}})^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1}{K^2 \cdot R} \right)^{\frac{1}{3}} \right)^5 - \frac{\vartheta_k}{(d_{\text{ц}} + R_{\text{вл}}) \cdot \cos(\beta_{\Gamma})}} \quad (2.32)$$

Приведенный радиус кривизны соприкасающихся тел R найдем по формуле [49, 99]:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{\text{к1-1}}} + \frac{1}{R_{\text{к2-2}}} + \frac{1}{R_{\text{ц1}}} + \frac{1}{R_{\text{ц2}}} \quad (2.33)$$

где: $R_{\text{к1-1}}, R_{\text{к2-2}}$ – радиусы кривизны клубня, м;

$R_{\text{ц1}}, R_{\text{ц2}}$ – радиусы кривизны цилиндрического упругого элемента отбойного валика, м.

$$R_{\text{ц1}} = \frac{1}{2} d_{\text{ц}} \quad (2.34)$$

Учитывая геометрические характеристики соприкасающихся объектов (рис. 2.7) имеем следующее: $R_{\text{ц2}} \rightarrow \infty$.

Тогда приведенный радиус будет равен:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_{\text{к1-1}}} + \frac{1}{R_{\text{к2-2}}} + \frac{1}{\frac{1}{2} d_{\text{ц}}} \quad (2.35)$$

Выразим R :

$$R = \frac{R_{\text{к1-1}} \cdot R_{\text{к2-2}} \cdot \frac{1}{2} d_{\text{ц}}}{\frac{1}{2} d_{\text{ц}} \cdot R_{\text{к2-2}} + \frac{1}{2} d_{\text{ц}} \cdot R_{\text{к1-1}} + R_{\text{к1-1}} \cdot R_{\text{к2-2}}} \quad (2.36)$$

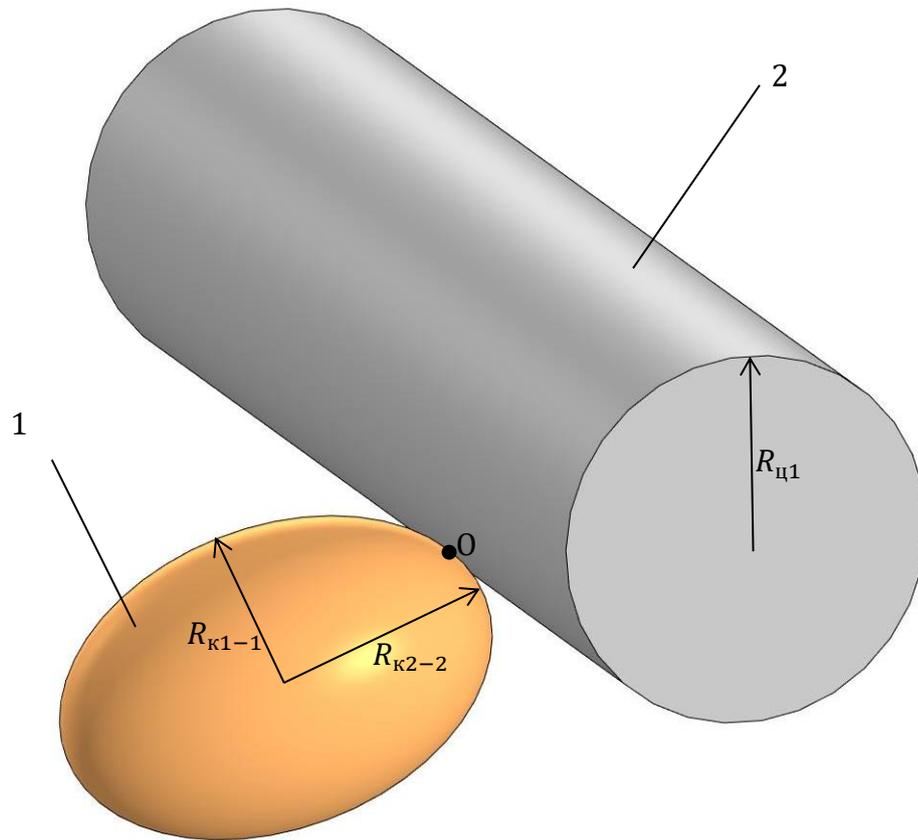
$$R_{\text{к1-1}} = \frac{1}{2} l_{\text{кл}} \text{ или } R_{\text{к1-1}} = \frac{1}{2} h_{\text{кл}} \quad (2.37)$$

$$R_{\text{к2-2}} = \frac{1}{2} d_{\text{кл}}$$

где: $l_{\text{кл}}$ – длина клубня, м;

$d_{\text{кл}}$ – ширина клубня, м;

$h_{\text{кл}}$ – толщина клубня, м.



1 – клубень; 2 – цилиндрический упругий элемент отбойного валика;
 O – точка контакта; $R_{к1}, R_{к2}$ – радиусы кривизны клубня; $R_{ц1}$ – радиус кривизны цилиндрического упругого элемента отбойного валика

Рисунок 2.7 – Схема контакта клубня с цилиндрическим упругим элементом отбойного валика

Учитывая прямую зависимость между ω_{ko} и приведенным радиусом R , то для дальнейших расчетов будем использовать максимальную величину радиуса $R_{к1-1}$.

$$\omega_{ko} = \frac{4}{5P_{\text{бот}} \cdot \tau \cdot (d_{\text{ц}} + R_{\text{вл}})} \cdot \sqrt{\left(\frac{R_{к1-1} \cdot R_{к2-2} \cdot \frac{1}{2} d_{\text{ц}}}{\frac{1}{2} d_{\text{ц}} \cdot R_{к2-2} + \frac{1}{2} d_{\text{ц}} \cdot R_{к1-1} + R_{к1-1} \cdot R_{к2-2}} \right) \cdot K^2} \cdot \sqrt{\left((P_{\text{сдв}})^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1}{K^2 \cdot \left(\frac{R_{к1-1} \cdot R_{к2-2} \cdot \frac{1}{2} d_{\text{ц}}}{\frac{1}{2} d_{\text{ц}} \cdot R_{к2-2} + \frac{1}{2} d_{\text{ц}} \cdot R_{к1-1} + R_{к1-1} \cdot R_{к2-2}} \right)} \right)^{\frac{1}{3}} \right)^5 - 1}$$

$$\theta_k = \frac{\vartheta_k}{(d_{\text{ц}} + R_{\text{вл}}) \cdot \cos(\beta_{\Gamma})} \quad (2.38)$$

Коэффициент, характеризующий параметры клубня исследуемого сорта картофеля:

$$\theta = \left((P_{\text{сдв}})^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1}{K^2 \cdot \left(\frac{R_{\text{к1-1}} \cdot R_{\text{к2-2}} \cdot \frac{1}{2} d_{\text{ц}}}{\frac{1}{2} d_{\text{ц}} \cdot R_{\text{к2-2}} + \frac{1}{2} d_{\text{ц}} \cdot R_{\text{к1-1}} + R_{\text{к1-1}} \cdot R_{\text{к2-2}}} \right)} \right)^{\frac{1}{3}} \right)^5$$

где: K – приведенный модуль Юнга, Па $\left(\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}\right)$; $R_{\text{к1-1}}, R_{\text{к2-2}}$ – радиусы кривизны клубня, м; $d_{\text{ц}}$ – диаметр цилиндрического упругого элемента, м; θ – коэффициент, характеризующий параметры клубня исследуемого сорта картофеля, м⁵; $P_{\text{бот}}$ – сила зацепления клубня с ботвой за полотно наклонной пальчатой горки, Н;

Частоту вращения отбойного валика найдем по формуле:

$$n_{\text{ко}} = \frac{\omega_{\text{ко}}}{2\pi}$$

и переведем $n_{\text{ко}}$ в об/мин:

$$n_{\text{ко}} = \frac{30 \cdot \omega_{\text{ко}}}{\pi} \quad (2.39)$$

Или после преобразований:

$$n_{\text{ко}} = \frac{24}{\pi \cdot P_{\text{бот}} \cdot \tau \cdot (d_{\text{ц}} + R_{\text{вл}})} \cdot \sqrt{\left(\frac{R_{\text{к1-1}} \cdot R_{\text{к2-2}} \cdot \frac{1}{2} d_{\text{ц}} \cdot \theta \cdot K^2}{\frac{1}{2} d_{\text{ц}} \cdot R_{\text{к2-2}} + \frac{1}{2} d_{\text{ц}} \cdot R_{\text{к1-1}} + R_{\text{к1-1}} \cdot R_{\text{к2-2}}} \right)} - \frac{30 \vartheta_k}{\pi \cdot (d_{\text{ц}} + R_{\text{вл}}) \cdot \cos(\beta_{\Gamma})} \quad (2.40)$$

Стоит отметить, что сила $P_{\text{сдв}}$ должна удовлетворять следующему условию:

$$P_{\text{бот}} \leq P_{\text{сдв}} \leq P_{\text{max}} \quad (2.41)$$

где: $P_{\text{бот}}$ – сила зацепления клубня с ботвой за полотно наклонной

пальчатой горки; P_{max} – предельно допустимое усилие воздействия на клубень (не приводящее к его разрушению), Н.

Согласно исследованиям Борычева С.Н. [8], Рембаловича Г.К. [94] и Паршкова А.В. [71] усилие необходимое для отрыва клубня от столона ботвы составляет не более 21,2 Н.

Величина P_{max} не должна превышать 25 Н [71].

Для расчетов были использованы:

$$\beta_r = 30^\circ [81];$$

$$\pi = 3,14;$$

$$P_{\text{бот}} = 21,2 \text{ Н};$$

$$\tau = 0,001 \text{ с [71];}$$

$$d_{\text{ц}} = 0,05 \text{ м};$$

$$R_{\text{вл}} = 0,18 \text{ м};$$

$$P_{\text{сдв}} = 21,2 \div 25 \text{ Н};$$

$$E_k = 2 \cdot 10^6 \text{ Па [24, 29, 32];}$$

$E_{\text{вс}} = 1,19 \cdot 10^6 \text{ Па}$ (в соответствии с результатами лабораторных испытаний);

$$\vartheta_k = 1 \text{ м/с [88].}$$

Размерные характеристики были взяты для картофеля сорта «Королева Анна» (см. 4 главу).

$$R_{\text{к1-1}} = 0,0295 \text{ м};$$

$$R_{\text{к2-2}} = 0,02 \text{ м}.$$

Воспользовавшись полученным уравнением, был построен график зависимости $n_{\text{ко}}$ от $P_{\text{сдв}}$ (рис. 2.8).

Произведенные выше расчеты показывают, что рекомендуемая величина частоты вращения отбойного валика предложенного устройства отделения примесей должна находиться в пределах от 81 до 131 об/мин в зависимости от возделываемого сорта картофеля.

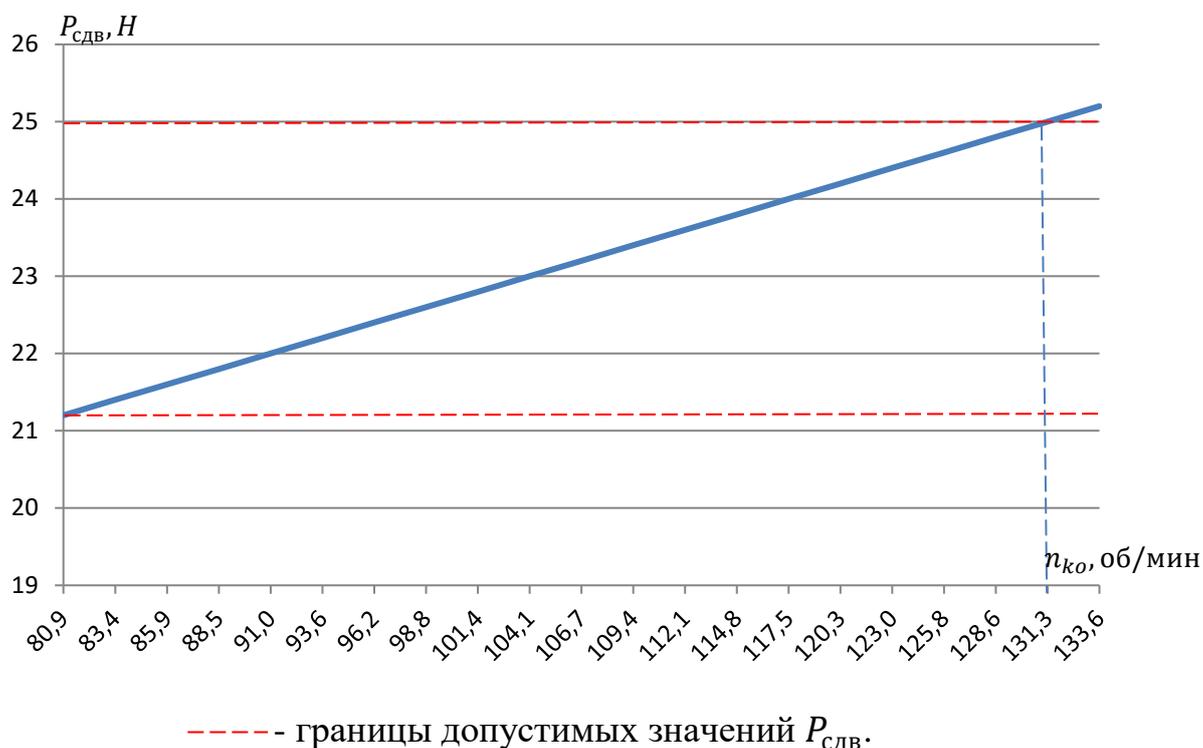


Рисунок 2.8 – График зависимости n_{ko} от $P_{сдв}$ для картофеля сорта «Королева Анна»

2.4. Выводы по главе 2

1. Предложена конструкция устройства отделения примесей в виде отбойного валика, который снабжен двумя спирально расположенными цилиндрическими упругими элементами.
2. Установлено, что для картофеля сорта «Королева Анна» величина модуля упругости цилиндрического упругого элемента составит $E = 1,19 \cdot 10^6$ Па.
3. Установлено, что частота вращения отбойного валика предложенного устройства отделения примесей должна находиться в диапазоне от 81 до 131 об/мин.

ГЛАВА 3. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

3.1. Программа 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 упругого 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.

3.2. Объекты лабораторных исследований

Набор цилиндрических упругих элементов устройства отделения примесей разного диаметра поперечного сечения.

Лабораторная установка для определения зависимости результативного показателя (повреждение клубней, от общей массы или потери клубней) от независимых факторов (конструктивных и/или эксплуатационных характеристик предложенного устройства отделения примесей; размерно-массовых характеристик клубней картофеля).

3.3. Методики лабораторных исследований

3.3.1. Определение модуля Юнга цилиндрического упругого элемента устройства отделения примесей

Для определения модуля Юнга цилиндрического упругого элемента устройства отделения примесей использовалась специальная установка (рис. 3.1).

Испытания проводились в соответствии с методикой, изложенной в ГОСТ ISO 7743-2013 [28].



Рисунок 3.1 - Установка для определения характеристик упругих элементов устройства отделения примесей

Полученные при помощи установки (рис. 3.1) величины F и ε были использованы для расчетов модуля Юнга согласно формуле:

$$E = \frac{F}{A \cdot \varepsilon} \quad (3.1)$$

где: F - сила, приложенная к образцу, H ;

A - первоначальная площадь поперечного сечения цилиндрического упругого элемента устройства отделения примесей, мм^2 ;

ε - деформация сжатия, %.

В качестве объектов исследований выступали цилиндрические упругие

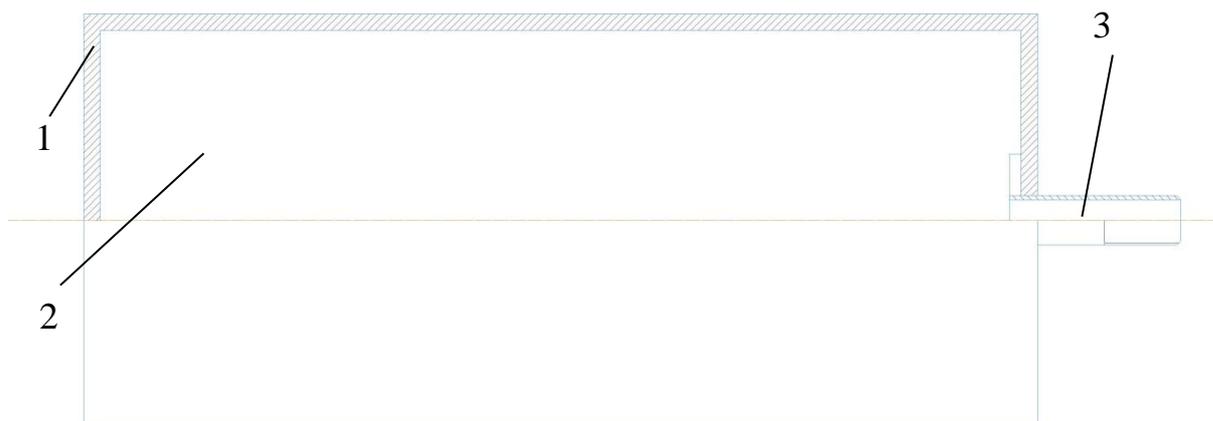
элементы устройства отделения примесей [77] следующих конфигураций (рис. 3.2):

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



Рисунок 3.2- Испытуемые образцы

Цилиндрический упругий элемент устройства отделения примесей имеет следующую конструкцию, представленную на рис. 3.3.



1- стенка упругого элемента; 2 – полость, заполненная воздухом; 3 - золотник
 Рисунок 3.3- Схема цилиндрического упругого элемента устройства отделения примесей

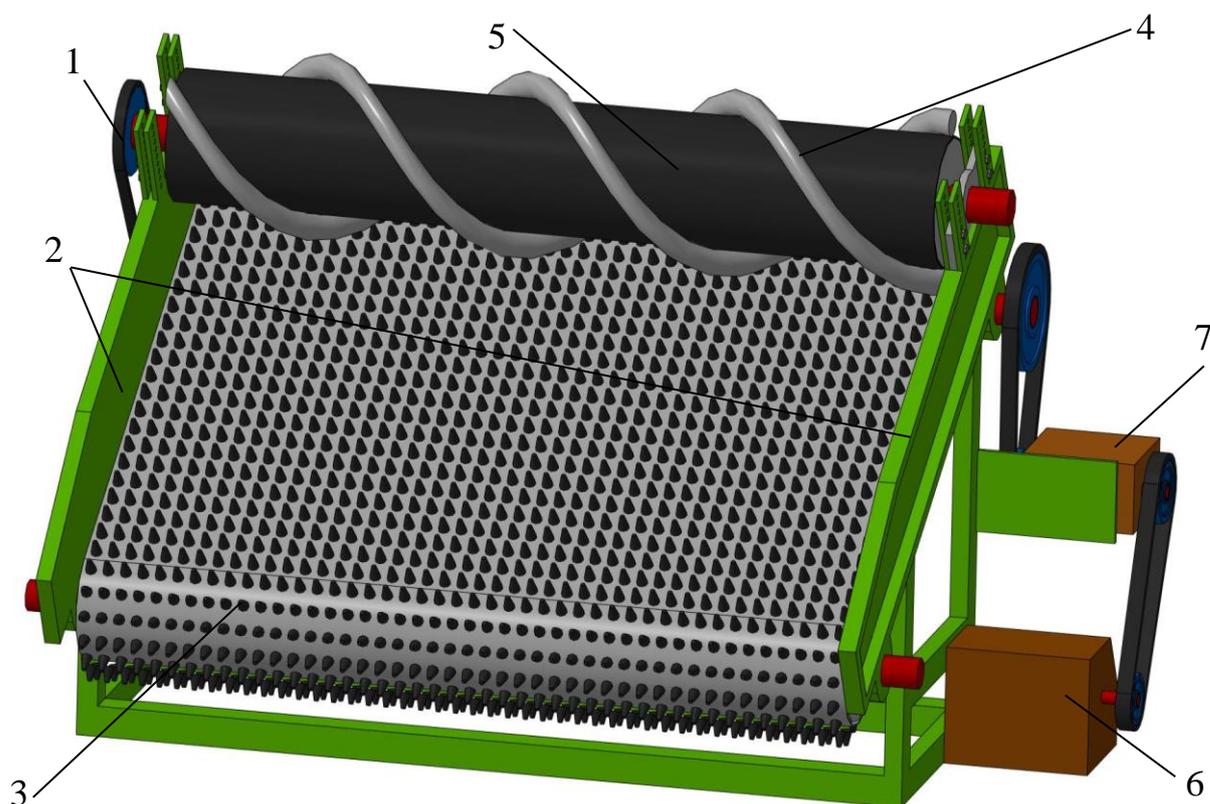
3.3.2. Методика проведения исследований для обоснования параметров предложенного устройства отделения примесей

С целью имитации процесса отделения примесей из картофельного вороха на картофелеуборочной машине с классической компоновочной схемой была построена лабораторная установка, трехмерная модель которой представлена на рисунке 3.4.

Лабораторная установка была выполнена в масштабе 1:1 и соответствует реальным размерам рабочего органа картофелеуборочной машины Grimme DR 1500.

При проведении исследований в лабораторной установке подвергались изменению 3 параметра [50]:

- диаметр цилиндрических спирально расположенных упругих элементов;
- частота вращения устройства отделения примесей.
- масса клубня (среднее арифметическое взвешенное, характерное определенному сорту картофеля).



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

Рисунок 3.4 – 3D модель лабораторной установки

Последовательность действий следующая. Для каждой комбинации исследуемых параметров (диаметр цилиндрических спирально расположенных упругих элементов; частота вращения отбойного валика; массовые характеристики исследуемого сорта картофеля) проводили эксперимент – на пальчатую горку подавали подготовленный клубненосный ворох с остатками растительных и почвенных примесей [8, 46, 94]. На выходе регистрировали 2 параметра:

- масса клубней, удаляемая с пальчатой горки вместе с примесями. Для этих целей позади лабораторной установки был размещен специальных лоток.
- масса клубней, получивших механические повреждения.

Оба параметра были определены в соответствии нормативно-правовой документацией [26]. Результаты исследований занесены были сгруппированы и подготовлены для дальнейшей статистической обработки.

Вид установки во время проведения исследований приведен на рис. 3.5.

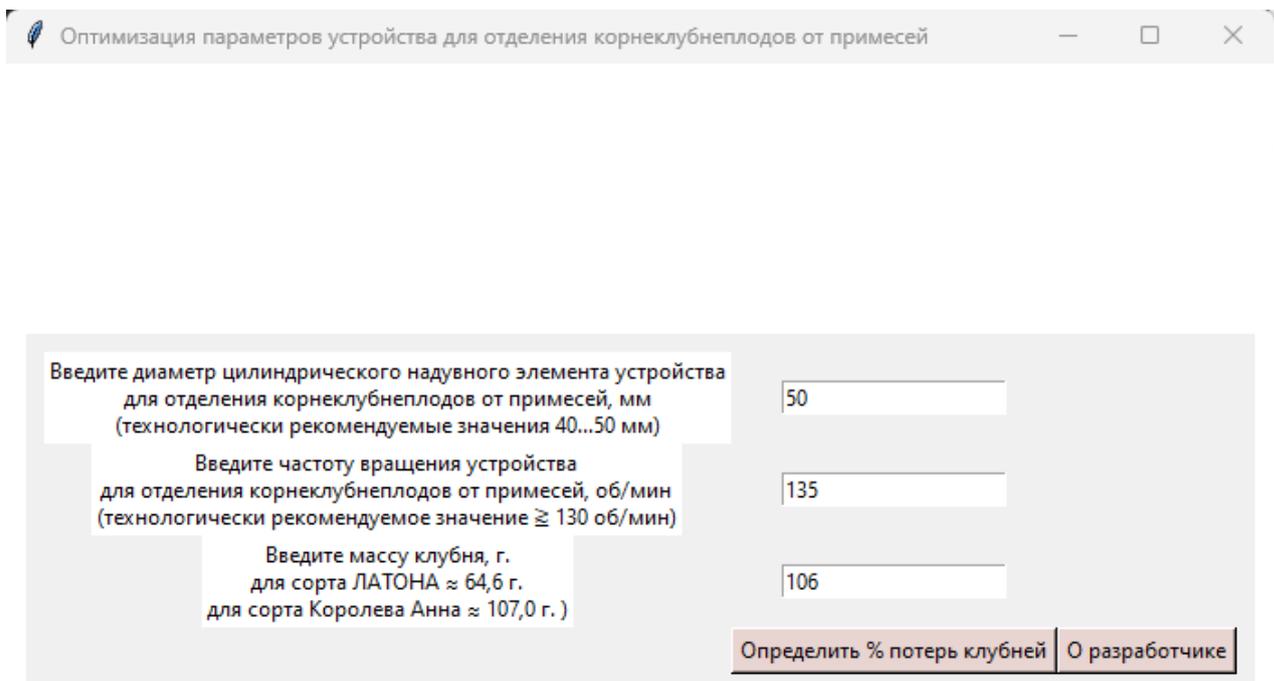
Полученные результаты были сгруппированы по категориям для последующей их статистической обработки.

На основании полученных по результатам лабораторных уравнений регрессий была разработана программа для ЭВМ «Оптимизация параметров устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей» [100] (рис. 3.6).

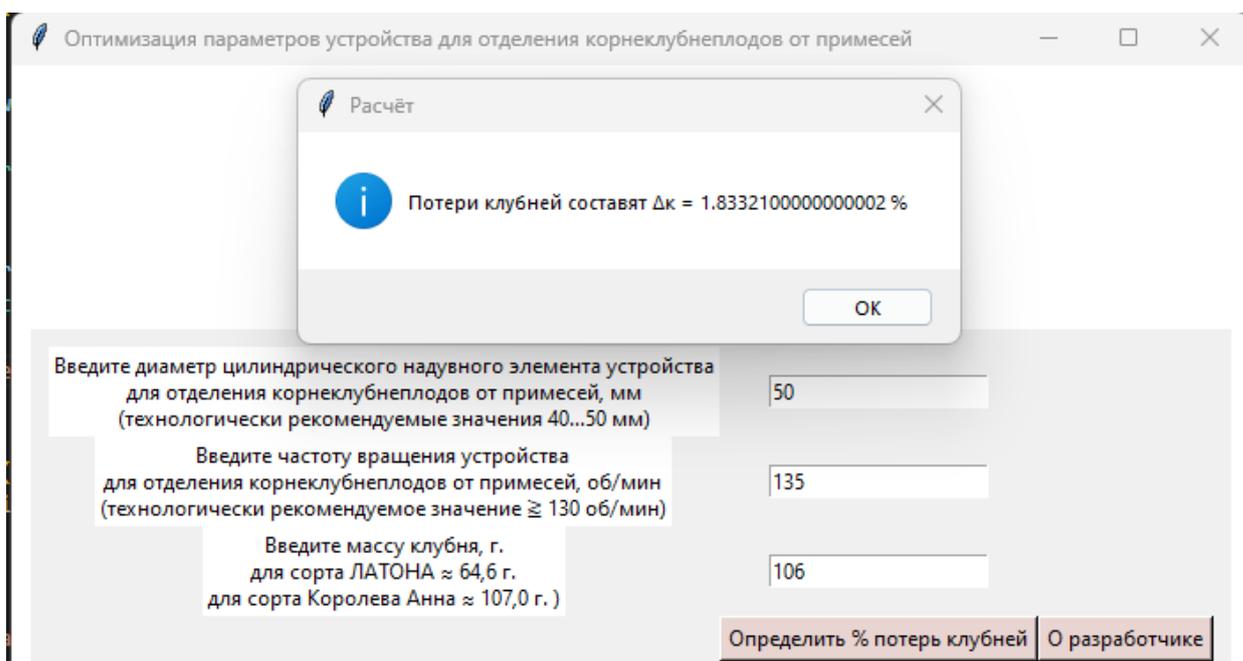
Программа включает в себя поле для ввода исходных данных (величины независимых факторов x_1 , x_2 и x_3). На выходе получаем величину результативного показателя y (повреждение клубней, от общей массы или потери клубней в зависимости от предустановок программы) [50].



Рисунок 3.5 –Лабораторная установка во время работы



а)



б)

а – меню ввода данных; б – вывод результата расчета

Рисунок 3.6 – Интерфейс программы «Оптимизация параметров устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей» [100]

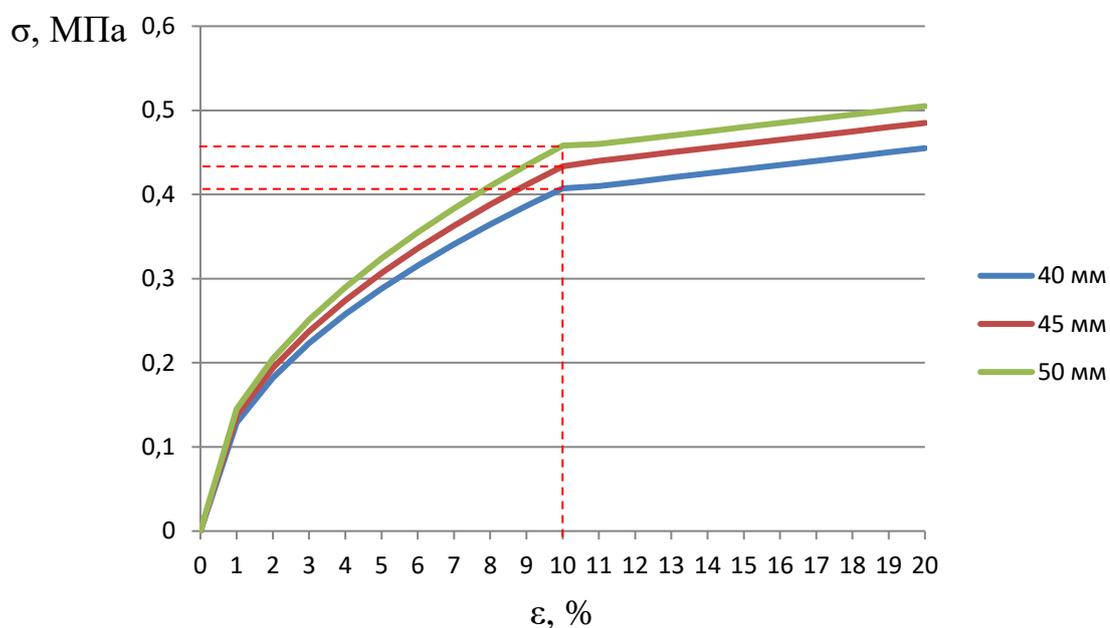
Данная программа позволяет упростить процесс оптимизации параметров работы предложенного устройства отделения примесей.

3.4. Результаты лабораторных исследований

3.4.1. Результаты исследований модуля Юнга цилиндрического упругого элемента устройства отделения примесей

Основываясь на данных лабораторного эксперимента, были построены кривые взаимосвязи силы F от деформации ε для трех исследуемых образцов (рис. 3.7). Точкой А обозначен предел упругости. Подставив полученные значение в формулу 3.1 получили значения модулей Юнга для всех образцов:

- с диаметром поперечного сечения в 40 мм $E = 1,86 \cdot 10^6$ Па;
- с диаметром поперечного сечения в 45 мм $E = 1,45 \cdot 10^6$ Па;
- с диаметром поперечного сечения в 50 мм $E = 1,19 \cdot 10^6$ Па.



1 – диаметром 40 мм; 2 – диаметром 45 мм; 3 – диаметром 50 мм.

Рисунок 3.7 – Кривые взаимосвязи силы F от деформации ε для испытуемых образцов

3.4.2. Результаты обоснования параметров предложенного устройства отделения примесей

В качестве независимых факторов оказывающих влияние на результативный показатель (в первом случае – повреждение клубней по массе, во втором – потери клубней):

x_1 – диаметр цилиндрического упругого 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 его конструктивных особенностей и условия, что клубни не должны проскакивать беспрепятственно между его упругими элементами то $x_2 \geq 130$ об/мин.

x_3 – масса клубня, г. Диапазоны варьирования были выбраны на основании общеизвестных данных [8, 23, 24, 94] и результатов собственных исследований [50]. $x_{3min} = 64,6$ г для сорта Латона, $x_{3max} = 107$ г для Королева Анна.

Полученные в ходе лабораторных исследований результаты (повреждений клубней при различных величинах независимых факторов) представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Результаты эксперимента (показателя повреждение клубней, от общей массы)

№	Повреждения клубней, всего по массе y , %	x_1 , мм	x_2 , об/мин	x_3 , г
1.	1,02	40	170	107
2.	0,9	40	150	85,5
3.	0,78	40	130	76,6
4.	0,99	40	170	85,5
5.	0,84	40	150	76,6
6.	0,83	40	130	85,5
7.	0,90	45	170	76,6
8.	0,8	45	150	76,6
9.	0,7	45	130	72,6
10.	0,95	45	170	85,5
11.	0,78	45	150	72,6
12.	0,72	45	130	74
13.	0,8	50	170	74
14.	0,7	50	150	72,6
15.	0,62	50	130	64,6
16.	0,76	50	170	64,6
17.	0,73	50	150	76,6
18.	0,75	50	130	107

Для построения уравнения регрессии и определения коэффициентов факторов применяли матричный метод [33].

Проведя соответствующие расчеты, получили уравнение регрессии следующего вида:

$$y = 0,5497 - 0,01356x_1 + 0,00408x_2 + 0,00325x_3 \quad (3.2)$$

Оценку влияния независимых факторов на результативный показатель производили по следующей методике. Сначала рассчитывали парные коэффициенты корреляции по формуле:

$$r_{xy} = \frac{\overline{x \cdot y} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{s(x) \cdot s(y)} \quad (3.3)$$

где: $s(x)$, $s(y)$ - среднеквадратические отклонения для x и y ;

\bar{x} - среднее арифметическое значение x ;

$\overline{x \cdot y}$ - среднее арифметическое значение произведения x на y .

Сведем промежуточные расчеты показателей в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Результаты промежуточных расчетов

Признаки x и y	\bar{x}	\bar{y}	$\overline{x \cdot y}$	$s(x)$	$s(y)$
y и x_1	45	0,809	36,147	4,082	0,104
y и x_2	150	0,809	122,55	16,33	0,104
y и x_3	79,667	0,809	65,183	11,415	0,104

Получили следующее:

для x_1 :

$$r_{x_1y} = \frac{36,147 - 45 \cdot 0,809}{4,082 \cdot 0,104} = -0,651, \quad \text{что свидетельствует об умеренной}$$

линейной связи между x_1 и y .

для x_2 :

$$r_{x_2y} = \frac{122,55 - 150 \cdot 0,809}{16,33 \cdot 0,104} = 0,664, \quad \text{что свидетельствует об умеренной}$$

линейной связи между x_2 и y .

для x_3 :

$$r_{x_3y} = \frac{65,183 - 79,667 \cdot 0,809}{11,415 \cdot 0,104} = 0,585, \quad \text{что свидетельствует об умеренной}$$

линейной связи между x_3 и y .

Установили, что все три фактора имеют корреляционную связь с результативным показателем. Причем x_2 и x_3 обладают прямой зависимостью (с ростом величины фактора как x_2 так и x_3 результативный показатель y возрастает), а x_1 – обратной.

Оценку качества полученной модели производили при помощи средней ошибки аппроксимации, согласно формуле:

$$A = \frac{1}{n} \sum \left| \frac{y_1 - \widehat{y}_1}{y_1} \right| \cdot 100\% \quad (3.4)$$

где: y_1 – значение результативного показателя, полученное опытным путем;

\widehat{y}_1 – значение результативного показателя, полученное аналитическим путем (при помощи полученного уравнения регрессии);

n – количество значений.

Величина средней ошибки аппроксимации для данного уравнения регрессии составил:

$$A = \frac{0,265}{18} \cdot 100\% = 1,47\%$$

Расчетное значение средней ошибки аппроксимации говорит о высоком качестве рассматриваемого уравнения регрессии (расхождение между данными полученными опытным путем и аналитически составляет 1,47%).

Проверку значимости коэффициентов уравнения регрессии производили при помощи t-критерий Стьюдента [47]:

$$t_i = \frac{b_i}{S_{b_i}} \quad (3.5)$$

где: b_i – величина i – го коэффициента регрессии;

S_{b_i} – среднеквадратическое отклонение для i – го коэффициента регрессии.

для свободного коэффициента b_0 :

$$t_0 = \frac{0,55}{0,0778} = 7,068 > t_{кр} = 2,51 \quad \text{следовательно, коэффициент}$$

уравнения регрессии b_0 является значимым.

для коэффициента b_1 при x_1 :

$$t_1 = \frac{0,136}{0,00113} = 11,998 > t_{кр} = 2,51 \text{ следовательно, коэффициент}$$

уравнения регрессии b_1 является значимым.

для коэффициента b_2 при x_2 :

$$t_2 = \frac{0,00408}{0,000266} = 15,297 > t_{кр} = 2,51 \text{ следовательно, коэффициент}$$

уравнения регрессии b_2 является значимым.

для коэффициента b_3 при x_3 :

$$t_3 = \frac{0,00325}{0,000406} = 8,012 > t_{кр} = 2,51 \text{ следовательно, коэффициент}$$

уравнения регрессии b_3 является значимым.

Общее качество уравнения регрессии оценивали при помощи критерия Фишера [45].

$$F = \frac{R^2}{1-R^2} \cdot \frac{n-m-1}{m} \quad (3.6)$$

где: R^2 – коэффициент детерминации;

m – количество исследуемых факторов;

n – количество значений.

$$F = \frac{0,9759}{1-0,9759} \cdot \frac{18-3-1}{3} = 188,875 > F_{кр} = 3,34 \text{ т.е., уравнение регрессии}$$

является статистически надежным.

Результаты исследований по определению зависимости результативного показателя y (в данном случае - потери клубней) от значений независимых факторов x_1, x_2, x_3 представлены в таблице 3.3.

Проведя соответствующие расчеты, получили уравнение регрессии следующего вида:

$$y = 4,1417 - 0,025x_1 - 0,00247x_2 - 0,00684x_3 \quad (3.7)$$

Таблица 3.3 - Результаты эксперимента (потери клубней)

№	Потери клубней y , %	x_1 , мм	x_2 , об/мин	x_3 , Г
1.	2,01	40	170	107

№	Потери клубней у, %	x_1 , мм	x_2 , об/мин	x_3 , Г
2.	2,17	40	150	85,5
3.	2,29	40	130	76,6
4.	2,22	40	170	74
5.	2,27	40	150	72,6
6.	2,41	40	130	64,6
7.	1,87	45	170	107
8.	2,03	45	150	85,5
9.	2,15	45	130	76,6
10.	2,08	45	170	74
11.	2,13	45	150	72,6
12.	2,27	45	130	64,6
13.	1,76	50	170	107
14.	1,92	50	150	85,5
15.	2,04	50	130	76,6
16.	1,97	50	170	74
17.	2,02	50	150	72,6
18.	2,16	50	130	64,6

Промежуточные расчеты показателей приведены в таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты промежуточных расчетов

Признаки x и y	\bar{x}	\bar{y}	$\bar{x} \cdot \bar{y}$	$s(x)$	$s(y)$
у и x_1	45	2,098	94.008	4,082	0,159
у и x_2	150	2,098	313.183	16,33	0,159
у и x_3	80,05	2,098	166.391	13.532	0,159

Парные коэффициенты корреляции для:

- x_1 :

$$r_{x_1 y} = \frac{94,008 - 45 \cdot 2,098}{4,082 \cdot 0,159} = -0,64, \text{ что свидетельствует об умеренной}$$

линейной связи между x_1 и у.

- x_2 :

$$r_{x_2y} = \frac{313,183 - 150 \cdot 2,098}{16,33 \cdot 0,159} = -0,602, \text{ что свидетельствует о сильной}$$

линейной связи между x_2 и y .

- x_3 :

$$r_{x_3y} = \frac{166,391 - 80,05 \cdot 2,098}{13,532 \cdot 0,159} = -0,733, \text{ что свидетельствует о сильной}$$

линейной связи между x_3 и y .

Установили, что все три фактора имеют обратную корреляционную зависимость с результативным показателем.

Величина средней ошибки аппроксимации для данного уравнения регрессии составил:

$$A = \frac{0,112}{18} \cdot 100\% = 0,72\%$$

Расчетное значение средней ошибки аппроксимации говорит о высоком качестве рассматриваемого уравнения регрессии (расхождение между данными полученными опытным путем и аналитически составляет 0,72%).

Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии показала следующее:

для свободного коэффициента b_0 :

$$t_0 = \frac{4,142}{0,00513} = 60,471 > t_{кр} = 2,51 \text{ следовательно, коэффициент}$$

уравнения регрессии b_0 является значимым.

для коэффициента b_1 при x_1 :

$$t_1 = \frac{0,025}{0,00117} = 21,446 > t_{кр} = 2,51 \text{ следовательно, коэффициент}$$

уравнения регрессии b_1 является значимым.

для коэффициента b_2 при x_2 :

$$t_2 = \frac{0,00247}{0,000364} = 6,787 > t_{кр} = 2,51 \text{ следовательно, коэффициент}$$

уравнения регрессии b_2 является значимым.

для коэффициента b_3 при x_3 :

$$t_3 = \frac{0,00684}{0,00044} = 15,55 > t_{кр} = 2,51 \text{ следовательно, коэффициент}$$

уравнения регрессии b_3 является значимым.

Оценку качества уравнения регрессии производили при помощи критерия Фишера [43].

$$F = \frac{0,9875}{1-0,9875} \cdot \frac{18-3-1}{3} = 369,38 > F_{кр} = 3,34 \text{ уравнение регрессии}$$

является статистически надежным.

На заключительном этапе исследований была произведена оптимизация параметров методом решения задачи линейного программирования.

Система ограничений выглядела следующим образом:

$$\begin{cases} x_1 \geq 40 \\ x_1 \leq 50 \\ x_2 \geq 130 \\ x_2 \leq 170 \\ x_3 \geq 64,6 \\ x_3 \leq 107 \end{cases} \quad (3.8)$$

Целевая функция имела вид:

$$Y = y_1 + y_2 \quad (3.9)$$

где: y_1 – уравнение регрессии для показателя повреждение клубней, от общей массы;

y_2 – уравнение регрессии для показателяпотери клубней.

Произведя соответствующие преобразования, получили:

$$\begin{aligned} Y = (0,5497 - 0,01356x_1 + 0,00408x_2 + 0,00325x_3) + \\ + (4,1417 - 0,025x_1 - 0,00247x_2 - 0,00684x_3) = 4,6914 - \\ + 0,03856x_1 + 0,00161x_2 - 0,00359x_3 \end{aligned} \quad (3.10)$$

Применив метод Гомори [62] были получены следующие оптимальные значения параметров, при которых достигается минимальное количество обобщенных потерь (суммарное количество клубней с механическими повреждениями и оставленными вне емкости для сбора урожая составило $Y = 2,59\%$)

$$x_1 = 50 \text{ мм;}$$

$$x_2 = 130 \text{ об/мин};$$

$$x_3 = 107 \text{ г.}$$

Учитывая, что в уравнениях регрессий x_1 и x_2 статичны, а x_3 динамичен и зависит для определенного сорта картофеля то необходимо произвести соответствующие преобразования. Подставив полученные величины x_1 и x_2 в формулу 3.2 и 3.7.

Для показателя повреждение клубней, от общей массы получили следующее:

$$y = 0,4021 + 0,00325x_3 \quad (3.11)$$

График зависимости показателя повреждение клубней, от общей массы от величины средней массы клубня представлен на рисунке 3.8.

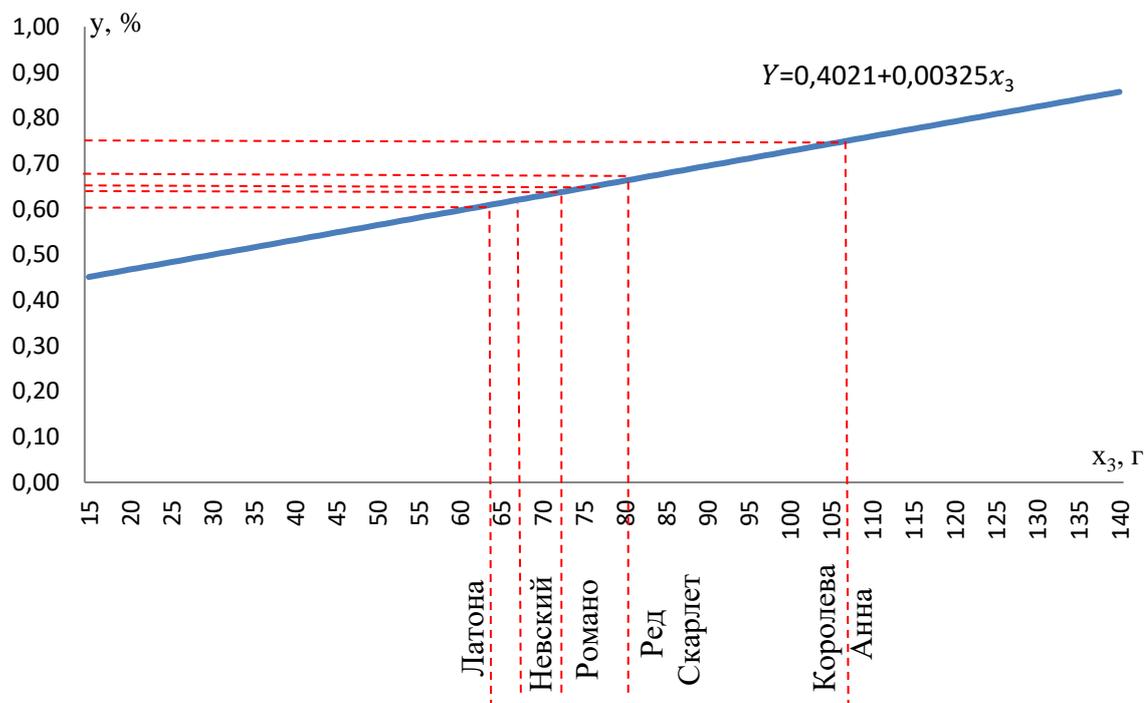


Рисунок 3.8 – График зависимости показателя повреждение клубней, от общей массы от величины средней массы клубня

Согласно графику, представленному на рисунке 3.8 график видно, что с ростом средней массы клубня увеличивается и показатель повреждение клубней, от общей массы.

Для показателя потери клубней:

$$y = 2,5706 - 0,00684x_3 \quad (3.12)$$

Построим графики зависимости потерь клубней от величины средней массы клубня (рис. 3.9).

В случае с показателем потери клубней наблюдается обратная зависимость, т.е. чем больше средняя масса клубня картофеля, тем меньше показатель потери клубней.

При этом в каждом из рассмотренных случаев (как для показателя повреждение клубней, от общей массы так и потери клубней) резульативный показатель с достаточным запасом соответствует существующим агротехническим требованиям.

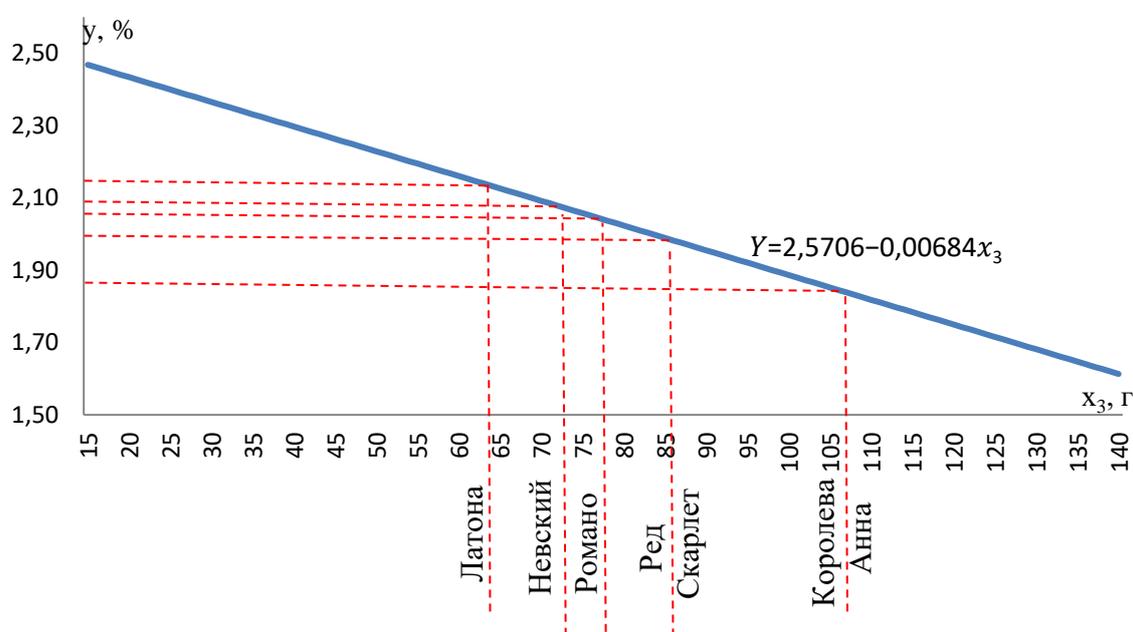


Рисунок 3.9 – График зависимости потерь клубней от величины средней массы клубня

Проведенные исследования показали [50], что применение предложенного устройства отделения примесей оказывает существенное влияние на качество выполнения технологического процесса машинной уборки картофеля.

Для более информативных данных потребуется проведение сравнительных испытаний серийных картофелеуборочных машин и машин, оборудованных предложенным устройством отделения примесей.

3.5. Выводы по главе 3

1. Установлено, что модуль Юнга цилиндрического упругого элемента устройства отделения примесей диаметром поперечного сечения в 40 мм равен $E = 1,86 \cdot 10^6$ Па; диаметром поперечного сечения в 45 мм $E = 1,45 \cdot 10^6$ Па; диаметром поперечного сечения в 50 мм $E = 1,19 \cdot 10^6$ Па;

2. Получена регрессионная модель, характеризующая влияние параметров устройства отделения примесей и размерно-массовых характеристик клубня на показатель повреждение клубней, от общей массы;

3. Получена регрессионная модель, характеризующая влияние параметров устройства отделения примесей и размерно-массовых характеристик клубня на показатель потери клубней;

4. Определены рациональные параметры устройства отделения примесей: диаметр упругого элемента равный 50 мм; частота вращения равная 130 об/мин.

ГЛАВА 4. ПОЛЕВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

4.1. Программа исследований

Для подтверждения на практике эффективности использования предложенного 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 в периоды массовой уборки картофеля 2022-2023 гг.

4.2. Объекты исследований

Объектами исследований выступали:

- картофель сорта «Королева Анна».
- серийный картофелеуборочных комбайн Grimme DR1500 и аналогичная модель, оснащенная предложенным устройством отделения примесей.

4.3. Методика исследований

4.3.1. Методика исследований размерно-массовых характеристик клубней

Отбор проб клубней картофеля производили в соответствии с действующей на территории РФ нормативно-правовыми актами [26].

Последовательно были проведены замеры следующих параметров клубней картофеля сорта «Королева Анна»:

- длины, ширины, толщины клубня с точностью до ± 1 мм;
- веса клубня с точностью до ± 1 г.

Полученные результаты замеров параметров клубней картофеля сорта «Королева Анна» были сгруппированы и проанализированы при помощи методов статистической обработки данных.

Используя данные полевых испытаний, были построены гистограммы распределения параметров клубней картофеля сорта «Королева Анна»: длины, ширины, толщины и массы.

Проверка гипотезы о нормальном распределении параметров клубней картофеля сорта «Королева Анна» производилась с помощью теста Харке-Бера [133]. Его расчет производился в программной среде Microsoft Excel 2010. После подтверждения гипотез были получены функции распределения исследуемых параметров клубней.

4.3.2. Методика исследования картофелеуборочных машин в полевых условиях

При проведении исследований были использованы следующие стандартные методики, изложенные в ГОСТ 28713-2018 [26].

В первую очередь необходимо было определить параметры условий проведения испытаний: температура воздуха, влажность и твердость почвы и прочее.

Для оценки эффективности работы как серийной, так и усовершенствованной картофелеуборочной машины были определены следующие показатели согласно действующей нормативно-правовой документации [26]:

- состав вороха клубней;
- потери клубней;
- повреждение клубней, от общей массы.

Полученные в ходе полевых исследований данные приведены в подразделе 4.4.2 диссертации и подтверждены соответствующим актом

(приложение 3).



Рисунок 4.1 – Картофелеуборочный комбайн Grimme DR1500 на испытаниях

4.4. Результаты исследований

4.4.1. Результаты исследований размерно-массовых характеристик клубней

Проанализировав данные полевых испытаний (длина, ширина, высота и вес клубней картофеля «Королева Анна») (приложение 3) были рассчитаны их средние арифметические значения (таблица 4.1).

Таблица 4.1 - 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.

Следующий этап заключался в построении функций Гаусса для следующих параметров клубня:

$$\text{- «масса» } f(x) = 0,027 \cdot e^{-\frac{(x-111,22)^2}{438,5}}$$

- «длина» $f(x) = 0,052 \cdot e^{-\frac{(x-58,64)^2}{119,91}}$

- «ширина» $f(x) = 0,077 \cdot e^{-\frac{(x-39,83)^2}{53,56}}$

- «толщина» $f(x) = 0,088 \cdot e^{-\frac{(x-38,52)^2}{40,96}}$

Основываясь на результатах статистической обработки данных, были построены гистограммы и соответствующие им графики функций Гаусса (рис. 4.2-4.5).

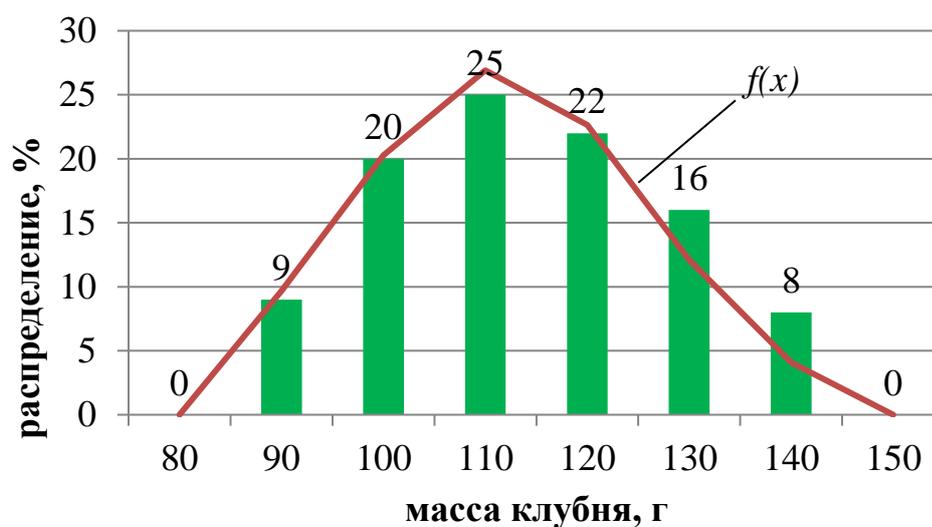


Рисунок 4.2 - Распределение массы клубней картофеля «Королева Анна»

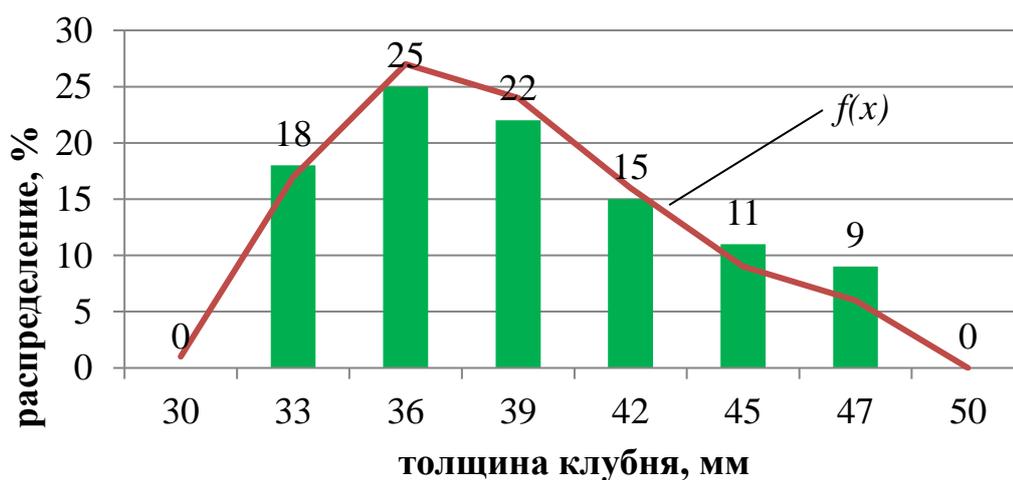


Рисунок 4.3 - Распределение толщины клубней картофеля «Королева Анна»

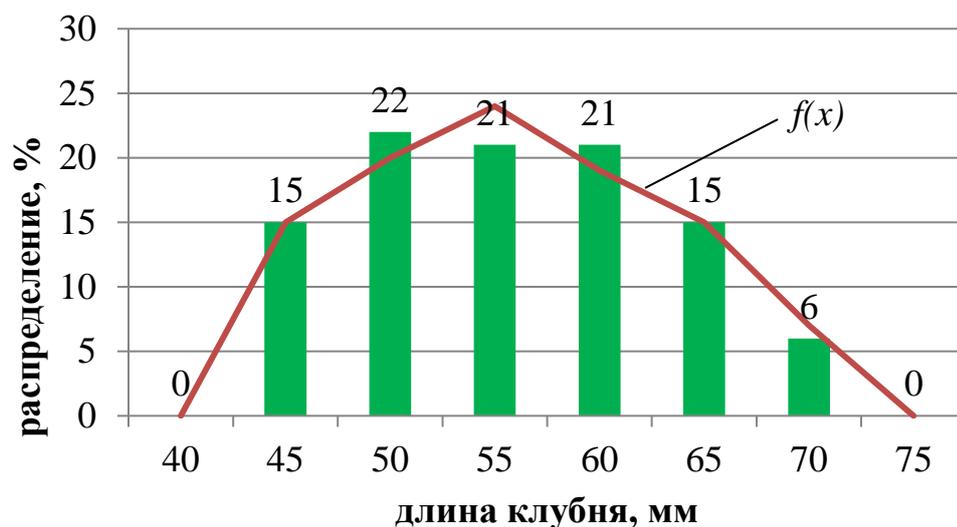


Рисунок 4.4 - Распределение длины клубней картофеля «Королева Анна»

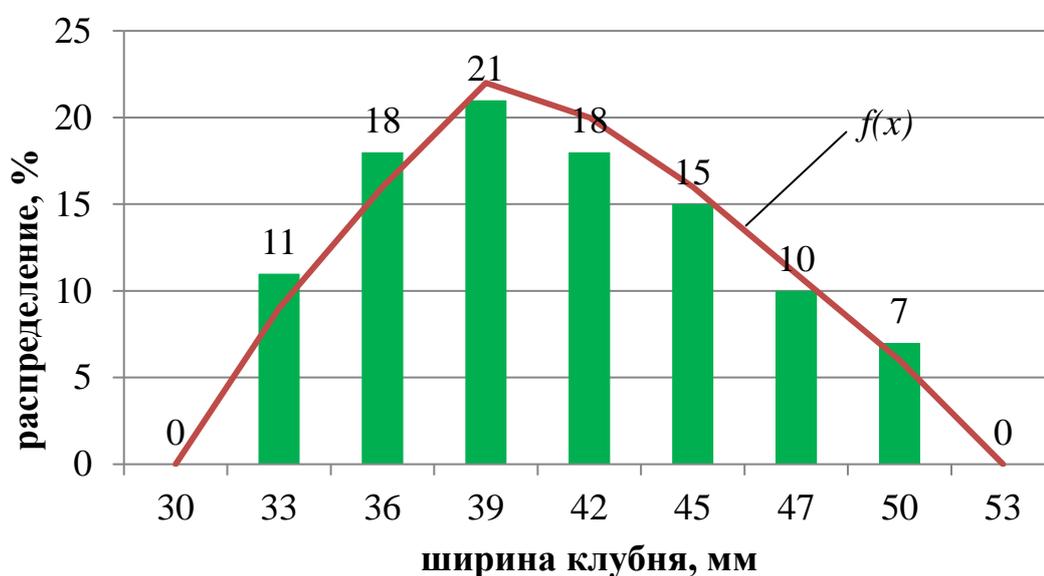


Рисунок 4.5 - Распределение ширины клубней картофеля «Королева Анна»

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

4.4.2. Результаты полевых исследований серийного и усовершенствованного картофелеуборочного комбайна Grimme DR1500

Условия проведения полевых исследований приведены в таблице 4.2.

Таблица 4.2 – 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 проведённых полевых испытаний были получены следующие результаты (табл. 4.3).

Таблица 4.3 – Результаты испытаний серийного картофелеуборочного комбайна Grimme DR1500 и комбайна Grimme DR 1500, оснащенного предложенным устройством отделения примесей

Показатели работы	Grimme DR1500	
	Серийная	Усовершенствованный
Рабочая скорость агрегата, км/ч	4,2	4,2
Глубина хода лемеха, см	20	20
Состав вороха клубней, %		
Собрано в тару	94,4	97,4
Оставлено на поверхности	2,4	0,8
Оставлено в почве	3,2	1,8
Повреждение клубней, всего по массе, %	8,03	7,9
С содранной кожурой от ¼ до ½ поверхности	0,67	0,74
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 20мм	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
Состав вороха (по массе), %:		
Клубни	88,8	92,9

Показатели работы	Grimme DR1500	
	Серийная	Усовершенствованный
Почвенные комки	4,5	2
Почва на клубнях	1,4	1,4
Камни	1,8	1,7
Растительные примеси	3,5	2

Проанализируем полученные в ходе полевых испытаний данные. В первую очередь рассмотрим такой показатель как «Потери клубней» (рис. 4.6). Имеем следующее: после модернизации Grimme DR 1500 наблюдается существенное снижение потерь клубней в сравнении с серийным образцом техники (в первую очередь оставшихся на столонах и почвенных комьях). В относительном исчислении разница составила 53,6%.

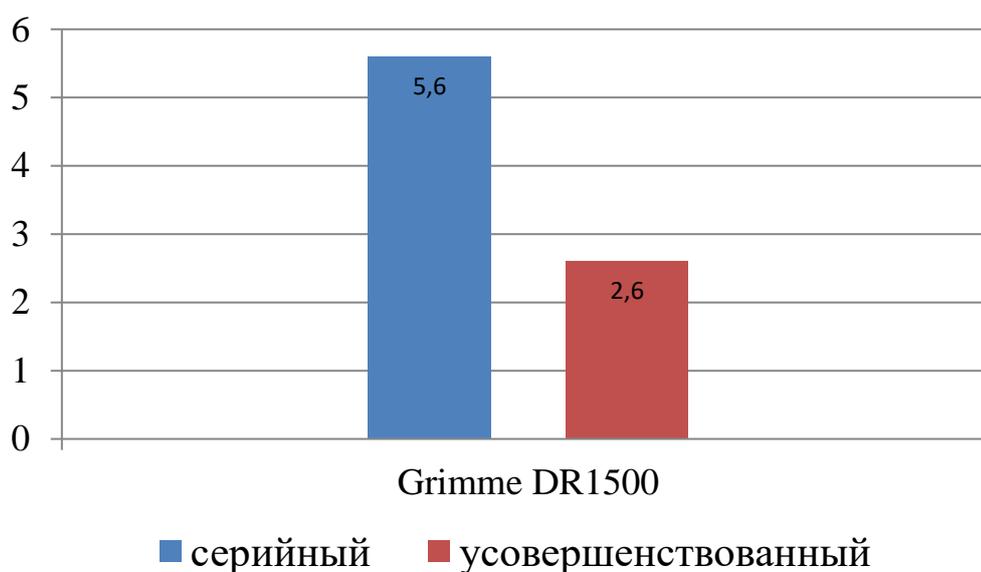


Рисунок 4.6 – Показатель «Потери клубней» при полевых испытаниях картофелеуборочных машин

Следующий показатель – «Повреждение клубней, от общей массы» (рис. 4.7). Разница в показателях между серийной и усовершенствованной моделью комбайна составила Grimme DR1500 1,6 % (положительная динамика).

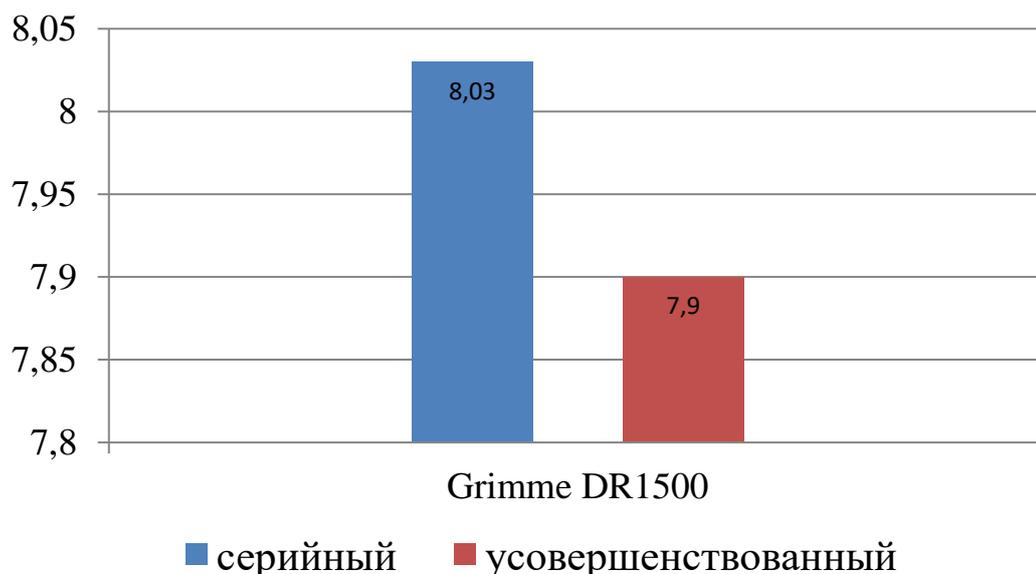


Рисунок 4.7 – Показатель «Повреждение клубней, от общей массы» при полевых испытаниях картофелеуборочных машин

Последний рассматриваемый показатель - «Состав вороха клубней» (рис. 4.8). Модернизация серийной картофелеуборочной машины Grimme DR1500 позволило снизить долю примесей в картофельном ворохе на 4,6 %.

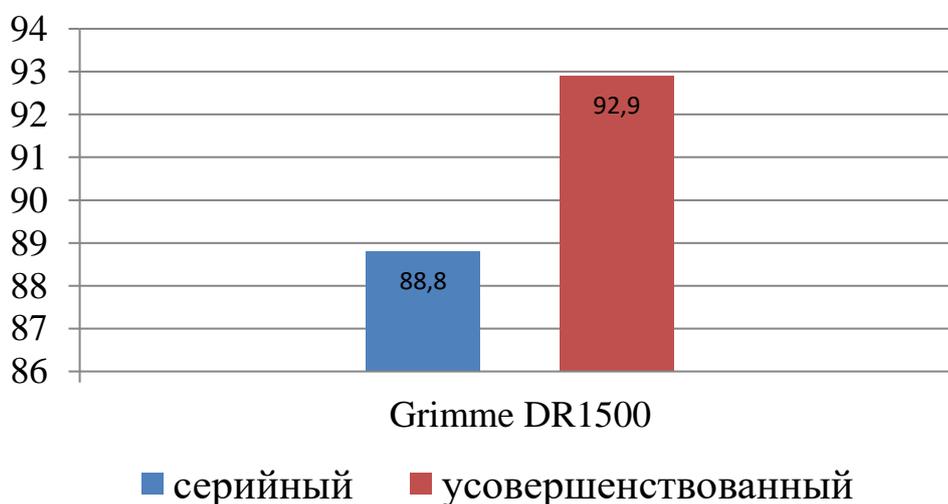


Рисунок 4.8 – Показатель «Состав вороха клубней» при полевых испытаниях картофелеуборочных машин (доля содержания клубней в ворохе)

Проведенные полевые исследования подтвердили эффективности применения предложенного устройства отделения примесей на картофелеуборочной машине. Наиболее существенным было его влияние на

такой технологический показатель как «Потери клубней» (на показатели «Повреждение клубней, от общей массы» и «Состав вороха клубней» устройство также повлияло положительно).

4.5. Выводы по главе 4

1. Получены функции нормального распределения параметров клубней картофеля сорта «Королева Анна»: для массы - $f(x) = 0,027 \cdot e^{-\frac{(x-111,22)^2}{438,5}}$; для длины - $f(x) = 0,052 \cdot e^{-\frac{(x-58,64)^2}{119,91}}$; для ширины - $f(x) = 0,077 \cdot e^{-\frac{(x-39,83)^2}{53,56}}$; для толщины - $f(x) = 0,088 \cdot e^{-\frac{(x-38,52)^2}{40,96}}$.

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

ГЛАВА 5. ОЦЕНКА ЭКОНОМИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ОТ ПРИМЕНЕНИЯ УСТРОЙСТВА ОТДЕЛЕНИЯ ПРИМЕСЕЙ

5.1. Расчет экономического эффекта от внедрения в конструкцию картофелеуборочной машины предложенного устройства отделения примесей

Для определения экономического эффекта от использования предложенного устройства отделения примесей на картофелеуборочной машине Grimme DR1500 использовали стандартную методику [27].

Эксплуатационные затраты (в расчете на 1 га убранной площади поля) были определены по формуле [27]:

$$Z_{\text{экс}} = Z_{\text{от}} + Z_{\text{гсм}} + Z_{\text{р}} + A + \Phi \quad (5.1)$$

где: $Z_{\text{от}}$ – стоимость труда трактористов, руб./га;

$Z_{\text{гсм}}$ – затраты на закупку горюче-смазочных материалов, руб./га;

$Z_{\text{р}}$ – затраты на техническое обслуживание и ремонт техники, руб./га;

A – амортизационные отчисления, руб./га;

Φ – дополнительные расходы, руб./га. Для расчетов принято $\Phi = 0$.

Стоимость труда трактористов определяли [27]:

$$Z_{\text{от}} = \frac{\sum_{k=1}^{n_{\text{мех}}} \lambda_k \cdot \tau_k \cdot K_3}{W_{\text{см}}} \quad (5.2)$$

где: λ_k – количество трактористов, чел. $\lambda_k=1$.

$W_{\text{см}}$ – производительность картофелеуборочной машины за 1 час сменного времени, га/ч. $W_{\text{см}} = 0,39$.

τ_k – часовая ставка тракториста, руб./чел. –ч. Медианная заработная плата в Рязани за 2023 год составила $\tau_k = 218,75$ руб./чел. –ч [25].

K_3 – коэффициент, учитывающий уровень социальных отчислений от зарплаты, регламентируемых законодательством конкретного государства.

Для центрального федерального округа РФ $K_3 = 0,302$ [129].

Результаты расчета стоимости труда трактористов занесены в табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Величины заработной платы тракториста, руб/га

Наименование	Серийная модель	Модернизированная модель*
Grimme DR1500	169,39	169,39

* $W_{см}$ у серийного и модернизированного Grimme DR1500 была идентична.

Затраты на закупку горюче-смазочных материалов рассчитывали по формуле [27]:

$$Z_{гсм} = \sum_{j=1}^{n_j} \frac{q_T}{W_{см}} \cdot C_T \quad (5.3)$$

где: q_T - удельный расход топлива, л/ч. Для Grimme DR1500 (BELARUS-892) $q_T = 13,9$ л/ч.

C_T – стоимость дизельного топлива, руб./л. Согласно статистической информации [65] цена 1 литра дизельного топлива на момент проведения исследований составляла $C_T = 53,4$ руб./л;

n_j – количество картофелеуборочных машин, ед. $n_j = 1$.

Результаты расчета затрат на закупку горюче-смазочных материалов занесены в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Затраты на закупку горюче-смазочных материалов, руб/га

Наименование	Серийная модель	Модернизированная модель*
Grimme DR1500	1903,23	1903,23

* q_T у серийного и модернизированного Grimme DR1500 была практически неизменна

Затраты на техническое обслуживание и ремонт техники рассчитывали по формуле [27]:

$$Z_p = \frac{\sum_{j=1}^{n_t} B_j \cdot r_{pj}}{W_{эк}} \cdot 10^{-4} \quad (5.4)$$

где: n_t – количество комбайнов, шт. $n_t = 1$;

B_j – стоимость картофелеуборочной машины, руб. $B_j = 1620000$ руб [65]. Для модернизированной модели картофелеуборочной машины к базовой стоимости добавляли затраты на производство и монтаж предложенного устройства отделения примесей. $B^M_j = 1700450$ руб;

r_{pj} - значение отчислений на ТО и ТР от цены картофелеуборочного комбайна на 100 ч ее работы, %. $r_{pj} = 6,67, ч$ [27];

$W_{эк}$ - производительность картофелеуборочной машины за 1 час эксплуатационного времени, га/ч. $W_{эк} = 0,63$ га/ч.

Результаты расчетов затрат на техническое обслуживание и ремонт техники занесены в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Величина затрат на проведение технического обслуживания и ремонта техники, руб/га

Наименование	Серийная модель	Модернизированная модель*
Grimme DR1500	1715,14	1800,32

Амортизационные отчисления рассчитывали по формуле [27]:

$$A = W_{эк} \cdot \sum_{j=1}^{n_t} \frac{B_j}{R_m} \quad (5.5)$$

где: R_m - значение амортизационного ресурса i-й техники МТА, ч. $R_m = 1260, ч$.

Результаты расчета амортизационных отчислений были занесены в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Величина амортизационных отчислений, руб/га

Наименование	Серийная модель	Модернизированная модель*
Grimme DR1500	810,00	850,23

Величина эксплуатационных затрат, приходящиеся на 1 га убранной площади поля занесена в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 - Величина эксплуатационных затрат, руб/га

Наименование	Серийная модель	Модернизированная модель*
Grimme DR1500	4597,76	4723,16

Исходя из данных таблицы 5.5, имеем следующее: прямые эксплуатационные затраты, приходящиеся на 1 га выполненной работы при помощи модернизированного комбайна Grimme DR1500 выросли на 2,73%.

Совокупные затраты, приходящиеся на 1 га выполненной работы вычисляли по формуле [27]:

$$Z_{\text{сов}} = Z_{\text{экс}} + I_{\text{п}} + I_{\text{повр}} + I_{\text{сем}} + I_{\text{ок}} \quad (5.6)$$

где: $I_{\text{п}}$ – финансовые издержки от потерь картофеля, руб./га;

$I_{\text{повр}}$ - финансовые издержки от повреждения картофеля, руб./га;

$I_{\text{сем}}$ - финансовые издержки от нерационального использования семенного материала, руб./га. Для проведенных исследований $I_{\text{сем}} = 0$;

$I_{\text{ок}}$ - финансовые издержки на охрану окружающей среды, руб./га.
 $I_{\text{ок}} = 0$.

Финансовые издержки от повреждения картофеля вычисляли по формуле [27]:

$$I_{\text{повр}} = 0,01Y_{\text{сх}} \cdot X_{\text{д}}(C_{\text{сх}} - C_{\text{д}}) \quad (5.7)$$

где: $Y_{\text{сх}}$ - урожайность картофеля, т/га. $Y_{\text{сх}} = 23,9$ т/га (см. главу 4);

$X_{\text{д}}$ - повреждение картофеля, %. Для серийного Grimme DR1500 $X_{\text{д}} = 8,03\%$. Для модернизированного $X_{\text{д}} = 7,9\%$ (см. главу 4)

$C_{\text{сх}}$ - стоимость товарного картофеля, руб./т. $C_{\text{сх}} = 31960$ руб./т [65];

$C_{\text{д}}$ - стоимость поврежденного картофеля, руб./т. $C_{\text{сх}} = 21100$ руб./т [65].

Результаты расчета приведены в таблице 5.6.

Таблица 5.6 - Результаты расчета финансовых издержек от повреждения картофеля, руб/га

Наименование	Серийная модель	Модернизированная модель*
Grimme DR1500	20842,1862	20504,77

Финансовые издержки от потерь картофеля вычисляли по формуле [27]:

$$И_{\Pi} = 0,01Y_{cx} \cdot Ж_{д}(Ц_{cx} - Ц_{д}) \quad (5.8)$$

где: $Ж_{д}$ - повреждение картофеля, %. Для серийного Grimme DR1500 $Ж_{д} = 5,6\%$. Для модернизированного Grimme DR1500 $Ж_{д} = 2,6\%$ (см. главу 4)

Результаты расчета приведены в таблице 5.7.

Таблица 5.7 - Результаты расчета финансовых издержек от потерь картофеля, руб/га

Наименование	Серийная модель	Модернизированная модель*
Grimme DR1500	14535,024	6748,40

Совокупные затраты, приходящиеся на 1 га выполненной работы вычисляли приведены в таблице 5.8.

Таблица 5.8 - Результаты расчета совокупных затрат, приходящихся на 1 га выполненной работы, руб/га

Наименование	Серийная модель	Модернизированная модель*
Grimme DR1500	39974,97	31976,33

Совокупные финансовые затраты за уборочную компанию определяли по формуле [27]:

$$З_{сов}^{\Gamma} = З_{сов} \cdot F^{\Gamma} \quad (5.9)$$

где: F^{Γ} - выполненный объем работ картофелеуборочными машинами, га. $F^{\Gamma} = 16$ га.

Результаты расчета приведены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 - Результаты расчета совокупных финансовых затрат за годовой объем работы, руб

Наименование	Серийная модель	Модернизированная модель*
Grimme DR1500	639599,6	511621,35

Годовую экономию совокупных финансовых затрат в расчете на годовой фактический объем определяли как [27]:

$$\mathcal{E}_Г = \mathcal{Z}_{\text{сов.б}}^Г - \mathcal{Z}_{\text{сов.м}}^Г \quad (5.10)$$

где: $\mathcal{Z}_{\text{сов.б}}^Г$ - совокупные финансовые затраты за годовой объем работы серийного картофелеуборочного комбайна, руб.;

$\mathcal{Z}_{\text{сов.м}}^Г$ - совокупные финансовые затраты за годовой объем работы модернизированного картофелеуборочного комбайна, руб.

Результаты расчета приведены в таблице 5.10.

Таблица 5.10 - Результаты расчета годовой экономии совокупных финансовых затрат в расчете на годовой фактический объем, руб

Наименование	Объем экономии
Grimme DR1500	127978,25

Снижение себестоимости выполнения уборочных работы определяли как [27]:

$$\text{СЕБ} = \left| \frac{\mathcal{Z}_{\text{сов.б}}^Г - \mathcal{Z}_{\text{сов.м}}^Г}{\mathcal{Z}_{\text{сов.м}}^Г} \right| \cdot 100 \quad (5.11)$$

Результаты расчета приведены в таблице 5.11.

Таблица 5.11 - Результаты расчета снижения себестоимости выполнения уборочных работы для картофелеуборочных машин

Наименование	Процент снижения
Grimme DR1500	25,01

Проведенные расчеты подтвердили эффективность внедрения в конструкцию картофелеуборочной машины Grimme DR1500 предложенного устройства отделения примесей.

5.2. Выводы по главе 5

Определено, что годовой экономический эффект от применения модернизированного картофелеуборочного комбайна Grimme DR1500 по сравнению с базовой моделью составил 127978,25 при уборке 16 га посадочных площадей.

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.

Предложения производству

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

Перспективы дальнейшей разработки темы

Для повышения производительности картофелеуборочной машины рационально использовать в их конструкции модернизированное устройство отделения примесей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Авторское свидетельство № 516368 А1 СССР, МПК А01D 33/08. Устройство для отделения клубней картофеля от комов почвы и камней : № 2038700 : заявл. 18.06.1974 : опубл. 05.06.1976 / М.Б. УГЛАНОВ, Г. Р. Носов, Л. Г. Сакало [и др.] ; заявитель ГОЛОВНОЕ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ БЮРО ПО МАШИНАМ ДЛЯ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ И УБОРКИ КАРТОФЕЛЯ, КИРОВОГРАДСКИЙ ИНСТИТУТ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ. – EDN ASAKVL.
2. Анализ современного уровня и обоснования эксплуатационно-технологических требований к картофелеуборочным машинам / И. А. Успенский, Г. К. Рембалович, А. А. Голиков, Д. А. Волченков // Инновационные направления и методы реализации научных исследований в АПК : Сборник научных трудов преподавателей и аспирантов Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева, Рязань, 05–06 августа 2012 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева, 2012. – С. 35-39. – EDN QCAIRB.
3. Анализ эксплуатационно-технологических требований к картофелеуборочным машинам и показателей их работы в условиях Рязанской области / Рембалович Г.К., Успенский И.А., Голиков А.А. [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. - 2013. - № 1 (17). - С. 64-68.
4. Атапин, В. Г. Сопротивление материалов / В. Г. Атапин. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 438 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15962-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/510357>.
5. Байбобоев, Н. Г. Совершенствование и обоснование параметров

сепарирующих рабочих органов картофелеуборочной машины / Н. Г. Байбобоев, Ш. Б. Акбаров, Х. Х. Нишонов // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации : Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 27 апреля 2023 года. – Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2023. – С. 5-13. – EDN QBPZYA.

6. Безносюк, Р. В. Совершенствование органа выносной сепарации картофелеуборочных машин : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Безносюк Роман Владимирович. – Рязань, 2013. – 168 с.

7. Беляев, Н. М. Соппротивление материалов / Н. М.Беляев ; изд. 5-е, испр. и перераб. — М. : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1949 — 772 с.

8. Борычев, С. Н. Машинные технологии уборки картофеля с использованием усовершенствованных копателей, копателей-погрузчиков и комбайнов : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Борычев Сергей Николаевич. – Рязань, 2008. – 484 с.

9. Борычев, С. Н. Современное состояние технологий и средств вторичной сепарации в картофелеуборочных машинах / С. Н. Борычев, А. В. Паршков, Г. К. Рембалович // Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем: сборник научных трудов Международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию образования Института механики и энергетики, Саранск, 26–29 сентября 2007 года. – Саранск: ГУП РМ "Ковылкинская районная типография", 2007. – С. 280-283. – EDN ZQQANK.

10. Бышов, Н. В. Научно-методические основы расчета сепарирующих рабочих органов и повышение эффективности

картофелеуборочных машин : специальность 05.20.0405.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Бышов Николай Владимирович. – Рязань, 2000. – 414 с. – EDN QDHOXL.

11. Взаимосвязь характеристик повреждаемости клубней с параметрами технического состояния сельскохозяйственной техники в процессе производства картофеля / Г. К. Рембалович, И. А. Успенский, А.А. Голиков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2011. – № 74. – С. 197-207. – EDN ONTFTJ.

12. Влияние микроэлементов в хелатной форме при выращивании клубнеплодов картофеля и топинамбура / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина [и др.] // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 14, № 1(68). – С. 61-70. – DOI 10.53914/issn2071-2243_2021_1_61. – EDN VTEORJ.

13. Влияние элементов сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин на его надежность / М. Ю. Костенко, Г. К. Рембалович, Н. С. Жбанов [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2020. – № 7(277). – С. 34-37. – DOI 10.33267/2072-9642-2020-7-34-37. – EDN HCLOOB.

14. Выращивание картофеля и топинамбура с применением микроэлементов / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина, В. А. Чайка // Вестник ИрГСХА. – 2022. – № 108. – С. 41-52. – DOI 10.51215/1999-3765-2022-108-41-52. – EDN ZZMJPT.

15. Гаджиев, П. И. Агрегат для уменьшения потерь урожая картофеля и снижения эрозии почвы / П. И. Гаджиев, Г. Г. Рамазанова, И. П. Гаджиев // Актуальные вопросы транспорта и механизации в сельском хозяйстве : Материалы национальной научно-практической конференции, посвященные памяти д.т.н., профессора Бычкова Валерия Васильевича, Рязань, 28 февраля 2023 года / МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО

ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А. КОСТЫЧЕВА» АВТОДОРОЖНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 12-19. – EDN FHLKDZ.

16. Гаджиев, П. И. Анализ современных технологий возделывания картофеля / П. И. Гаджиев, Г. Г. Рамазанова, С. В. Костин // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах : МАТЕРИАЛЫ МЕЖВУЗОВСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Балашиха, 09 декабря 2021 года. – Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. – С. 10-14. – EDN VMJSKC.

17. Гаджиев, П. И. Обоснование выбора технологии уборки картофеля / П. И. Гаджиев, П. А. Перегудов // Перспективы инновационного развития и прогресс в агротехнических и энергетических системах : МАТЕРИАЛЫ МЕЖВУЗОВСКОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ, Балашиха, 09 декабря 2021 года. – Балашиха: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. – С. 14-18. – EDN LVGKUL.

18. Гаджиев, П. И. Определение конструктивных параметров интенсификатора и условия выталкивания клубня из зазора между прутками сепарирующих элеваторов / П. И. Гаджиев, И. П. Гаджиев, Г. Г. Рамазанова // Агроинженерия. – 2023. – Т. 25, № 1. – С. 17-22. – DOI 10.26897/2687-1149-2023-1-17-22. – EDN BUZQCB.

19. Гаджиев, П. И. Преимущества и недостатки машинных технологий уборки картофеля / П. И. Гаджиев, Г. Г. Рамазанова, И. А.

Рамазанов // Современные проблемы энергоэффективности агроинженерных исследований в условиях цифровой трансформации : Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 27 апреля 2023 года. – Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2023. – С. 41-48. – EDN DTUWID.

20. Гаджиев, П. И. Условия работы сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин на переувлажненных почвах / П. И. Гаджиев, Г.Г. Рамазанова, И. П. Гаджиев // Наука в центральной России. – 2022. – № 2(56). – С. 98-106. – DOI 10.35887/2305-2538-2022-2-98-106. – EDN DVTPEP.

21. Гаджиев, П. И. Усовершенствование сепарирующих рабочих органов комбайна ККУ-2А как средство снижения затрат на производство картофеля / П. И. Гаджиев, П. А. Перегудов // Решение проблем инновационного развития сельскохозяйственной техники : Материалы международной заочной научно-практической конференции, Балашиха, 14–15 апреля 2021 года. – Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. – С. 22-25. – EDN TSJPTM.

22. Голиков А.А. Перспективные направления развития сепарирующих устройств корнеклубнеуборочных машин / А. А. Голиков // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2013. – № 4(20). – С. 103-105. – EDN RTVFDJ.

23. Голиков, А. А. Совершенствование технологического процесса и рабочего органа сепарации картофелеуборочных машин : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Голиков Алексей Анатольевич. – Рязань, 2014. – 138 с.

24. Голиков, А. А. Совершенствование уборки картофеля : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Голиков Алексей Анатольевич. – Рязань, 2022. – 292 с.

25. ГородРабот.ру: система поиска вакансий [сайт]. –

URL: <https://gorodrobot.ru/salary?p=тракторист&l=рязань> (дата обращения: 25.05.2024)

26. ГОСТ 28713-2018 Машины для уборки картофеля. Методы испытаний. - М.: Стандартинформ, 2020. – 39 с.

27. ГОСТ 34393-2018 Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. - М.: Стандартинформ, 2018. – 10 с.

28. ГОСТ ISO 7743-2013 Резина и термоэластопласты. Определение упругопрочностных свойств при сжатии. - М.: Стандартинформ, 2016. – 23 с.

29. Деформационно-прочностные свойства картофеля различающейся степени жесткости / Жуков В.Г., Андреев Н.Р., Михайленко А.А., Безруков Д.В. // Достижения науки и техники АПК. – 2016. – Т.30. - № 12. – С. 101-103.

30. Дмитриев, А. С. Анализ применения конструкций напольных воздухопроводов при хранении картофеля / А. С. Дмитриев, И. И. Кашеев, А. В. Паршков // Инженерные решения для АПК : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой 83-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007), Рязань, 16 ноября 2022 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 85-91. – EDN PQCMNS.

31. Дорохов, А. С. Результаты исследований процесса очистки клубней картофеля ультразвуковым воздействием / А. С. Дорохов, А. Г. Аксенов, А. В. Сибирев // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2(46). – С. 6-13. – DOI 10.18286/1816-4501-2019-2-6-13. – EDN IRSIBH.

32. Заводнов С.В. Исследования взаимодействия клубней картофеля с рабочими органами сельскохозяйственных машин: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / С.В. Заводнов. - М., 2002. – 145 с.

33. Зенков, А. В. Методы оптимальных решений / А. В. Зенков. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 201 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-05377-7. — Текст : электронный // Образовательная

платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/515509>.

34. Иванов А.С. Конструируем машины. Шаг за шагом. В 2-х частях / А.С. Иванов. – М.: изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. – Ч.1. – 328 с.

35. Инновационные машинные технологии в картофелеводстве России / С. С. Туболев, Н. Н. Колчин, Н. В. Бышов [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 10. – С. 3-5. – EDN PIVDTX.

36. Инновационные решения вторичной сепарации: результаты испытаний в картофелеуборочных машинах / Р. В. Безносюк, Д. Н. Бышов, С. Н. Борычев [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2011. – № 4(12). – С. 34-37.

37. Инновационные технические решения для технологий машинной уборки картофеля в тяжелых эксплуатационных условиях / А.В. Паршков, И. А. Успенский, С. Н. Борычев [и др.] // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : Доклады Международной научно-практической конференции, Минск, 21–22 марта 2013 года. – Минск: Белорусский государственный аграрный технический университет, 2013. – С. 222-224. – EDN TZEOZH.

38. Исследование адаптивной модели уборки картофеля / А. А. Голиков, А. В. Паршков, А. С. Дмитриев, А. В. Подьяблонский // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2023. – Т. 15, № 2. – С. 103-110. – DOI 10.36508/RSATU.2023.40.86.014. – EDN VEKBWQ.

39. Исследование влияния лопастного интенсификатора на полноту сепарации / П. И. Гаджиев, А. В. Шемякин, И. А. Успенский [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 1(307). – С. 27-29. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-1-27-29. – EDN PVKXRX.

40. Исследование влияния ширины междурядья на урожайность при возделывании продовольственного картофеля / В. И. Старовойтов, А. В. Коршунов, О. А. Старовойтова [и др.] // Наука в центральной России. – 2021.

– № 3(51). – С. 40-47. – DOI 10.35887/2305-2538-2021-3-40-47. – EDN FNBAУВ.

41. Исследование границ эффективности применения отдельных средств виброзащиты плодоовощной продукции / И. А. Юхин, А. А. Панова, А.В. Паршков [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2023. – Т. 15, № 4. – С. 187-192. – DOI 10.36508/RSATU.2023.92.12.026. – EDN SMYOIY.

42. Исследование условий функционирования машин для уборки картофеля / П. И. Гаджиев, В. И. Славкин, М. М. Махмутов, Ю. Р. Хисматуллина // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности : Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 105-110. – EDN EBBELY.

43. Ковалев, Е. А. Теория вероятностей и математическая статистика для экономистов / Е. А. Ковалев, Г. А. Медведев ; под общей редакцией Г. А. Медведева. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 284 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01082-4. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/511337>

44. Колошеин, Д. В. Проблемы при транспортировке сельскохозяйственной продукции / Д. В. Колошеин, М. Д. Свиная, А. В. Паршков // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 392-397. – EDN ТКСКOU.

45. Костенко, М. Ю. Сепарирующие элеваторы с комбинированными прутками / М. Ю. Костенко, И. Н. Горячкша // Механизация и

электрификация сельского хозяйства. – 2009. – № 10. – С. 4-5. – EDN KYVWEX.

46. Костенко, М. Ю. Технология уборки картофеля в сложных полевых условиях с применением инновационных решений в конструкции и обслуживании уборочных машин : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Костенко Михаил Юрьевич. – Рязань, 2011. – 462 с.

47. Кремер, Н. Ш. Теория вероятностей / Н. Ш. Кремер. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 259 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17131-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/532437>

48. Лабораторные исследования ударных воздействий роликовой сортировальной машины на клубни картофеля / А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов, Н. В. Сазонов // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – Т. 22, № 1. – С. 119-127. – DOI 10.30766/2072-9081.2021.22.1.119-127. – EDN NMRMFA.

49. Ландау Л.Д. Теория упругости / Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. – М.: Наука, 1987. – 246 с.

50. 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>

51. Липатова, М. А. Автомобильный транспорт в сельском хозяйстве / М. А. Липатова, И. Б. Тришкин // Инновационные решения в области развития транспортных систем и дорожной инфраструктуры : материалы Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 27 октября 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный

агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 124-129. – EDN XUIDTQ.

52. Липатова, М. А. Анализ усовершенствованных органов вторичной сепарации картофелеуборочных машин / М. А. Липатова, С. Н. Борычев // Современные направления повышения эффективности использования транспортных систем и инженерных сооружений в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, Рязань, 16 февраля 2022 года / МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А. КОСТЫЧЕВА». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2022. – С. 94-99. – EDN LQUPNU.

53. Липатова, М. А. Машинная уборка картофеля: проблемы и пути дальнейшего развития / М. А. Липатова, А. А. Дорогов // Инновационные решения в области развития транспортных систем и дорожной инфраструктуры : материалы Всероссийской научно-практической конференции, приуроченной к профессиональному празднику – Дню работника автомобильного транспорта, Рязань, 27 октября 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 159-164. – EDN IEIVIJ.

54. Липатова, М. А. Обзор сепарирующих органов картофелеуборочных машин / М. А. Липатова, С. Н. Борычев // Материалы Всероссийской национальной научно-практической конференции, посвящённой 80-летию со дня рождения профессора Анатолия Михайловича Лопатина, Рязань, 12–13 ноября 2019 года / ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, Совет молодых ученых. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 133-138. –

EDN JWQTRP.

55. Липатова, М. А. Перспективы картофелеводства в РФ / М. А. Липатова // Новые материалы, оборудование и технологии в промышленности : Материалы Международной научно-технической конференции молодых ученых, Могилев, 26–27 октября 2023 года. – Могилев: Белорусско-Российский университет, 2023. – С. 32. – EDN SFCMGG.

56. Липатова, М. А. Производство картофеля в мире / М. А. Липатова // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина, Рязань, 24 мая 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 191-195. – EDN ZIELYM.

57. Липатова, М. А. Способы уборки и хранения картофеля в России / М. А. Липатова // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2019. – № 1(8). – С. 85-91. – EDN XQRHWF.

58. Липатова, М.А. Теоретическое обоснование параметров разработанного устройства для отделения клубней от примесей / М.А. Липатова, С.Н. Борычев // Научные приоритеты в АПК: вызовы современности : Материалы 75-й юбилейной Международной научно-практической конференции, Рязань, 25 апреля 2024 года. Часть II. — Рязань : Издательство РГАТУ, 2024. — С. 118-122.

59. Математическая модель определения показателей качества энерго-ресурсосберегающей технологии уборки корнеплодов и картофеля в условиях повышенной влажности почвы / А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов [и др.] // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2023. – № 2. – С. 78-83. – DOI 10.31857/2500-2082/2023/2/78-83. – EDN QLLZFG.

60. Метод комплексной оценки качества выполнения технологических операций энергоресурсосберегающей технологии уборки корнеплодов и картофеля / А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов, М. А. Мосяков // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 1. – С. 12-16. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-1-12-16. – EDN UIBVIU.

61. Мировое производство картофеля сократилось на 6% // АПК-Информ: овощи & фрукты: информация для плодоовощного бизнеса СНГ [сайт]. – URL: <https://www.fruit-inform.com/ru/news/189744> (дата обращения: 25.05.2024).

62. Набатова, Д. С. Математические и инструментальные методы поддержки принятия решений / Д. С. Набатова. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 292 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-02699-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/511200>

63. Новые технические решения сепарирующих органов картофелеуборочных машин / Б. А. Нефедов, Н. А. Костенко, Н. В. Бышов [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 124. – С. 346-365. – DOI 10.21515/1990-4665-124-018. – EDN XQZNVL.

64. Определение физико-механических свойств и закономерностей процессов трения комков почвы и клубней картофеля при их разрушении и отделении / А. С. Дорохов, А. В. Сибирев, М. А. Мосяков [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2024. – № 1. – С. 116-124. – DOI 10.28983/asj.y2024i1pp116-124. – EDN SHPIEB.

65. Официальный сайт Единой информационной системы в сфере закупок: [сайт] – URL: <https://zakupki.gov.ru/> (дата обращения: 25.05.2024)

66. Павлов, В. А. Повышение эффективности функционирования картофелеуборочных машин за счет совершенствования системы выносной сепарации : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата

технических наук / Павлов Виталий Александрович. – Рязань, 2014. – 169 с.

67. Пантюхин, К. А. Совершенствование сепарирующих органов картофелеуборочных машин / К. А. Пантюхин, М. А. Липатова, Д. В. Гончарук // Новации как стратегическое направление механизации и автоматизации сельского хозяйства : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвящённой памяти профессора Анатолия Михайловича Лопатина (1939-2007), Рязань, 12 ноября 2021 года / МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «РЯЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ П.А. КОСТЫЧЕВА». – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2021. – С. 137-141. – EDN OJTUW.

68. Паршков А.В. Влияние размерно-массовых характеристик клубней картофеля на их повреждаемость / А.В. Паршков // Научные приоритеты в АПК: вызовы современности : Материалы 75-й юбилейной Международной научно-практической конференции, Рязань, 25 апреля 2024 года. Часть II. — Рязань : Издательство РГАТУ, 2024. — С. 165-169.

69. Паршков, А. А. Перспективы картофелеводства в РФ / А.А. Паршков, А. А. Голиков // Перспективы инновационного развития в агротехнических и энергетических системах : Материалы Международной научно-практической конференции, Балашиха, 14 ноября 2023 года. – Балашиха: Российский государственный университет народного хозяйства им. В.И. Вернадского, 2023. – С. 53-57. – EDN RLTYLM.

70. Паршков, А. В. Механико-математическое моделирование технологического процесса вторичной сепарации в картофелеуборочных машинах усовершенствованным рабочим органом / А. В. Паршков // Вестник КрасГАУ. – 2008. – № 1. – С. 194-201. – EDN IIRHIL.

71. Паршков, А. В. Совершенствование технологического процесса и

органа вторичной сепарации картофелеуборочной машины : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Паршков Андрей Викторович. – Рязань, 2008. – 172 с.

72. Патент № 2021660 С1 Российская Федерация, МПК А01D 17/08. устройство для сепарации корнеклубнеплодов : № 4951714/15 : заявл. 28.06.1991 : опубл. 30.10.1994 / М. М. Пайкин, М. Б. Угланов ; заявитель Головное специализированное конструкторское бюро по машинам для возделывания и уборки картофеля. – EDN TATXTU.

73. Патент № 2245011 С1 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей : № 2003113825/12 : заявл. 12.05.2003 : опубл. 27.01.2005 / С. Н. Борычев, Г. К. Рембалович, И. А. Успенский ; заявитель Рязанская государственная сельскохозяйственная академия имени проф. П.А. Костычева.

74. Патент № 2454850 С1 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей : № 2011105511/13 : заявл. 14.02.2011 : опубл. 10.07.2012 / В. А. Павлов, Г. К. Рембалович, Р. В. Безнасюк [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

75. Патент на полезную модель № 10978 U1 Российская Федерация, МПК А01D 33/02. Устройство для отделения ботвы от клубней : № 99104194/20 : заявл. 01.03.1999 : опубл. 16.09.1999 / С. Е. Крыгин, В. А. Кочетков, Н. Н. Лутхов, М. Б. Угланов ; заявитель Рязанская государственная сельскохозяйственная академия им. проф. П.А. Костычева. – EDN FVJBZL.

76. Патент на полезную модель № 213109 U1 Российская Федерация, МПК А01D 33/08. устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей : № 2022105955 : заявл. 04.03.2022 : опубл. 25.08.2022 / С. Н. Борычев, М. А. Липатова, Ю. В. Якунин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное

бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN ODCOMF.

77. Патент на полезную модель № 215305 U1 Российская Федерация, МПК A01D 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.

78. Патент на полезную модель № 63637 U1 Российская Федерация, МПК A01D 33/08. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей : № 2006134956/22 : заявл. 04.10.2006 : опубл. 10.06.2007 / А. В. Паршков, Г. К. Рембалович, С. Н. Борычев [и др.] ; заявитель ФГОУ ВПО Рязанская государственная сельскохозяйственная академия им. проф. П.А. Костычева.

79. Патент на полезную модель № 95960 U1 Российская Федерация, МПК A01D 33/08. Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей : № 2010106584/22 : заявл. 24.02.2010 : опубл. 20.07.2010 / Р. В. Безносюк, Д. Н. Бышов, Г. К. Рембалович [и др.] ; заявитель Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева".

80. Перспективная схема картофелеуборочного комбайна с взаимозаменяемыми сепарирующими модулями / И. А. Успенский, Д. А. Волченков, Г. К. Рембалович [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2015. – № 6. – С. 35-38. – EDN TXOWYR.

81. Петров Г.Д. Картофелеуборочные машины: 2-е изд., перераб. и доп. / Петров Г.Д. - М.: Машиностроение, 1984. - 320 с.

82. Повышение надежности и эффективности функционирования

картофелеуборочной техники в тяжелых условиях работы посредством модернизации сепарирующих рабочих органов / В. А. Павлов, И. А. Успенский, Г. К. Рембалович, А. В. Паршков // Наука и образование XXI века : материалы VII-й Международной научно-практической конференции, Рязань, 25 октября 2013 года / НОУ ВПО Современный технический институт. – Рязань: Современный технический институт, 2013. – С. 176-181. – EDN SHGWVZ.

83. Повышение эффективности внутрихозяйственных перевозок плодоовощной продукции / А. А. Голиков, О. В. Филюшин, А.В. Паршков [и др.] // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2023. – № 2(70). – С. 429-439. – DOI 10.32786/2071-9485-2023-02-51. – EDN KBXЕСР.

84. Повышение эффективности сепарации картофелеуборочных машин с применением дискового ворошителя / Н. Г. Байбобоев, Ш. Б. Акбаров, П. И. Гаджиев, Г. Г. Рамазанова // Агроинженерия. – 2022. – Т. 24, № 1. – С. 35-39. – DOI 10.26897/2687-1149-2022-1-35-39. – EDN YXVYLL.

85. Применение микроэлементов при выращивании картофеля - предпосылки использования дронов / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина [и др.] // Агроинженерия. – 2021. – № 4(104). – С. 14-20. – DOI 10.26897/2687-1149-2021-4-14-20. – EDN GADZFD.

86. Принципы и методы расчета и проектирования рабочих органов картофелеуборочных машин / Бышов Н.В., Сорокин А.А., Успенский И.А. и др. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2005. – 284 с.

87. 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.

88. Прямов С.Б. Усовершенствование технологии выращивания,

уборки, хранения и товарной подготовки картофеля в условиях крупнотоварного производства при орошении: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Прямов С.Б. - Москва, 2016. - 152 с.

89. Пшеченков, К. А. Технологии и средства механизации для уборки и послеуборочной доработки картофеля / К. А. Пшеченков, Н. Н. Колчин, С. В. Мальцев // Картофель и овощи. – 2012. – № 5. – С. 8-10. – EDN PBFAPX.

90. Пшеченков, К. А. Уборка, послеуборочная доработка и хранение семенного картофеля / К. А. Пшеченков, С. В. Мальцев // Труды Кубанского государственного аграрного университета. – 2015. – № 55. – С. 209-212. – EDN UZENUN.

91. Растениеводство в России: урожай 2022 года, импортозамещение, статистика по экспорту // АО АК «ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ» [сайт]. – URL: <https://delprof.ru/press-center/open-analytics/rastenievodstvo-v-rossii-urozhay-2022-goda-importozameshchenie-statistika-po-eksportu/> (дата обращения: 25.05.2024).

92. Регулирование глубины подкапывания клубней картофелеуборочным комбайном AVR Spirit 5200 / А.В. Паршков и др. // Научные приоритеты в АПК: вызовы современности : Материалы 75-й юбилейной Международной научно-практической конференции, Рязань, 25 апреля 2024 года. Часть II. — Рязань : Издательство РГАТУ, 2024. — С. 170-175.

93. Результаты полевых испытаний картофелеуборочного комбайна КПК-2-01, оснащенного интенсификатором / П. И. Гаджиев, А. П. Башкиров, Г. Г. Рамазанова [и др.] // Наука в центральной России. – 2022. – № 6(60). – С. 71-77. – DOI 10.35887/2305-2538-2022-6-71-77. – EDN FCNJMU.

94. Рембалович, Г. К. Повышение эффективности уборки картофеля на тяжелых суглинистых почвах совершенствованием сепарирующих органов комбайнов : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Г. К. Рембалович. – Рязань, 2014. – 517 с.

95. Рембалович, Г. К. Повышение эффективности функционирования и надежности сепарирующей горки картофелеуборочных машин : специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства", 05.20.03 "Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве" : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Рембалович Георгий Константинович. – Саранск, 2005. – 206 с.

96. Рембалович, Г. К. Результаты исследования эксплуатационной надежности органов вторичной сепарации картофелеуборочных машин / Г. К. Рембалович, Р. В. Безносюк, И. А. Успенский // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". – 2009. – № 3(34). – С. 40-42. – EDN KZOGNL.

97. Рембалович, Г. К. Теоретические основы исследования рабочих органов на основе моделирования процесса вторичной сепарации в картофелеуборочных машинах / Г. К. Рембалович, Р. В. Безносюк // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 89. – С. 700-720. – EDN TJAPQR.

98. Рынок картофеля России // VEGRUS [сайт]. – URL: <https://vegrus.ru/page/rynok-kartofelya-rossii> (дата обращения: 25.05.2024).

99. Саврасова Н.Р. Анализ контактного динамического взаимодействия клубня картофеля с поверхностью / Н.Р. Саврасова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. - т. 12. - №1(2). – С. 493-498.

100. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023684827 Российская Федерация. «оптимизация параметров устройства для отделения корнеклубнеплодов от примесей» : № 2023680060 : заявл. 29.09.2023 : опубл. 21.11.2023 / М. А. Липатова, С. Н. Борычев, А. А.

Голиков

101. Сибирев, А. В. К вопросу обеспеченности агропромышленного комплекса Российской Федерации мобильной (тракторной) энергетикой / А. В. Сибирев, А. Г. Пономарев // Научно-техническое обеспечение технологических и транспортных процессов в АПК : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика РАТ Николая Николаевича Колчина , Рязань, 24 мая 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 79-86. – EDN ZRANMT.

102. Сибирев, А. В. Энергосберегающая технология уборки корнеплодов и картофеля / А. В. Сибирев, А. Г. Аксенов, М. А. Мосяков // Аграрная наука - сельскому хозяйству : Сборник материалов XVI Международной научно-практической конференции в 2 кн., Барнаул, 09–10 февраля 2021 года. Том Книга 2. – Барнаул: Алтайский государственный аграрный университет, 2021. – С. 34-37. – EDN DEETNQ.

103. Совершенствование картофелеуборочного комбайна для уборки картофеля / Д. В. Колошеин, И. В. Лучкова, А.В. Паршков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2024. – № 198. – С. 136-146. – DOI 10.21515/1990-4665-198-012. – EDN OPHPDC.

104. Совершенствование картофелеуборочной техники / М.А. Липатова, 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.

105. Совершенствование конструкции сепарирующих рабочих органов картофелекопателя-кtn-2в / Н. Г. Байбобоев, У. Г. Гойипов, Ш. Б. Акбаров, А. А. Алиханов // Решение проблем инновационного развития сельскохозяйственной техники : Материалы международной заочной научно-

практической конференции, Балашиха, 14–15 апреля 2021 года. – Балашиха: Российский государственный аграрный заочный университет, 2021. – С. 5-8. – EDN WBRZHN.

106. Совершенствование технологического процесса и инновационные устройства сепарации вороха в картофелеуборочных машинах / И. А. Успенский, А. А. Голиков, Г. К. Рембалович [и др.] // Переработка и управление качеством сельскохозяйственной продукции : Доклады Международной научно-практической конференции, Минск, 21–22 марта 2013 года. – Минск: Белорусский государственный аграрный технический университет, 2013. – С. 219-221. – EDN QQAYSU.

107. Сорокин А.А. Конструктивные схемы картофелеуборочных комбайнов в аграрном секторе России / Сорокин А.А., Пономарёв А.Г. // Сельскохозяйственные машины и технологии. - 2013. -№ 6. - С. 22-25.

108. Сорокин А.А. Производство картофеля и овощей в фермерских хозяйствах / Сорокин А.А., Пономарев А.Г. // В сборнике: Ресурсосберегающие технологии и техническое обеспечение производства зерна. Сборник научных докладов Международной научно-технической конференции. – М.: Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, 2010. - С. 134-138.

109. Список стран по производству картофеля // Atlas Big [сайт]. – URL: <https://www.atlasbig.com/ru/страны-по-производству-картофеля> (дата обращения: 25.05.2024).

110. Старовойтова, О. А. Использование картофелекопателя с калибратором в органическом земледелии / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина // Логистика в АПК: тенденции и перспективы развития : Сборник статей по материалам Всероссийской научной конференции, Новосибирск, 24 апреля 2020 года. – Новосибирск: Издательский Центр Новосибирского государственного аграрного университета "Золотой колос", 2020. – С. 129-132. – EDN YEIOYR.

111. Старовойтова, О. А. Картофелекопатель для уборки раннего

картофеля / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина // Инновационные технологии в АПК региона: достижения, проблемы, перспективы развития : Сборник научных трудов по материалам Национальной научно-практической конференции , Тверь, 09–11 февраля 2021 года. – Тверь: Тверская государственная сельскохозяйственная академия, 2021. – С. 306-309. – EDN KWGRGS.

112. Старовойтова, О. А. Картофелекопатель с разделением клубней на фракции для уборки раннего картофеля / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина // Научное обеспечение устойчивого развития агропромышленного комплекса : сборник материалов Международной научно-практической конференции посвященной памяти академика РАН В.П. Зволинского и 30-летию создания ФГБНУ «ПАФНЦ РАН», Соленое Займище, 10–12 августа 2021 года / Прикаспийский аграрный федеральный научный центр Российской академии наук. – Соленое Займище: Прикаспийский аграрный федеральный научный центр РАН, 2021. – С. 1257-1260. – EDN TVLПН.

113. Старовойтова, О. А. Машина для уборки раннего картофеля с разделением клубней на фракции / О. А. Старовойтова, В. И. Старовойтов, А. А. Манохина // Проблемы и перспективы инновационного развития АПК : Сборник научных докладов Международной научно-практической конференции, посвященной 40-летию ФГБНУ ВНИИТиН, Тамбов, 16 октября 2020 года. – Тамбов: Студия печати Галины Золотовой, 2020. – С. 63-66. – EDN ИКПОН.

114. Старовойтова, О.А. Картофелекопатель с калибратором в органическом земледелии / О.А. Старовойтова, В.И. Старовойтов, А.А. Манохина // Агроинженерия. 2020. №2(96). С. 4-9.

115. СТО АИСТ 1.13-2011 Испытания сельскохозяйственной техники. Машины для внесения удобрений, машины для послеуборочной обработки зерна, машины для уборки картофеля, овощных и бахчевых культур, плодов и ягод, льна, погрузочно-разгрузочные и транспортные средства. Показатели

назначения и надежности. - Москва: ФГБНУ "РОСИНФОРМАГРОТЕХ", 2013. - 52 с.

116. Теоретические и практические основы применения современных сепарирующих устройств со встряхивателями в картофелеуборочных машинах / С. Н. Борычев, И. А. Успенский, А.А. Голиков [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2013. – № 89. – С. 488-498. – EDN TJAPKV.

117. Теоретические исследования процесса интенсификации первичной сепарации в картофелеуборочных машинах динамическим методом / Г. К. Рембалович, М. Ю. Костенко, Д. Е. Каширин [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2014. – № 102. – С. 417-431. – EDN TBENKR.

118. Теоретические подходы к оптимизации уборки топинамбура в условиях неопределенности / В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова, А. А. Манохина [и др.] // Техника и оборудование для села. – 2023. – № 7(313). – С. 22-27. – DOI 10.33267/2072-9642-2023-7-22-27. – EDN CNHLSA.

119. Техническое обеспечение возделывания и переработки картофеля в новом технологическом укладе / Н. В. Воронов, В. И. Старовойтов, О. А. Старовойтова [и др.] // Доклады ТСХА, Москва, 03–05 декабря 2019 года. Том Выпуск 292, Часть I. – Москва: Российский государственный аграрный университет - МСХА им. К.А. Тимирязева, 2020. – С. 350-353. – EDN AGZEFV.

120. Технологическое и теоретическое обоснование конструктивных параметров органов вторичной сепарации картофелеуборочных комбайнов для работы в тяжелых условиях / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, И. А. Успенский [и др.] // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. – 2012. – № 4(16). – С. 87-90. – EDN PLVONF.

121. Технология уборки картофеля в сложных полевых условиях с применением перспективных решений в конструкции и обслуживании комбайнов / Н. В. Бышов, С. Н. Борычев, Н. И. Верещагин [и др.]. – Рязань : Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2015. – 304 с. – ISBN 978-5-98660-265-3. – EDN VSINZJ.

122. Торбеев З.С. Работы картофелепосадочных машин на повышенных скоростях / Торбеев З.С. // Труды Пермского сельскохозяйственного института – 1939. - т. 7. вып. 5. - 231 с.

123. Тришкин, И. Б. Классификация картофелеуборочных машин / И. Б. Тришкин, А. В. Паршков // Инновационный вектор развития отечественного АПК : Материалы III Национальной научно-практической конференции с международным участием, посвященной памяти доктора технических наук, профессора Н.В. Бышова, Рязань, 23 ноября 2023 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет, 2023. – С. 171-177.

124. Тришкин, И. Б. Оценка эффективности работы картофелеуборочной техники / И. Б. Тришкин, С. Н. Борычев, М. А. Липатова // Технологические новации как фактор устойчивого и эффективного развития современного агропромышленного комплекса : Материалы Национальной научно-практической конференции, Рязань, 20 ноября 2020 года. Том Часть II. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2020. – С. 248-254. – EDN HOONZE.

125. Тришкин, И. Б. Совершенствование рабочих органов картофелеуборочных машин / И. Б. Тришкин, А. В. Паршков // Инновации в сельском хозяйстве и экологии : Материалы II Международной научно-практической конференции, Рязань, 21 сентября 2023 года / Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2023. – С. 399-403.

126. Угланов М.Б. Разработка комплекса машин для уборки картофеля на основе совершенствования рабочих органов и рационального их сочетания: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / М.Б. Угланов. – Л., 1991. - 44 с.

127. Угланов, М. Б. Перспективные способы сепарации почвы корнеклубнеуборочных машинах / М. Б. Угланов, Н. Н. Лутхов, С. Е. Крыгин // Сборник научных трудов / Рязанская государственная сельскохозяйственная академия имени профессора П. А. Костычева. – Рязань : Рязанская государственная сельскохозяйственная академия имени профессора П. А. Костычева, 1996. – С. 116-118. – EDN TSUKWC.

128. Успенский, И. А. Основы совершенствования технологического процесса и снижения энергозатрат картофелеуборочных машин: специальность 05.20.01 "Технологии и средства механизации сельского хозяйства" : диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / И. А. Успенский. – Москва, 1996. – 396 с. – EDN TGGEVX.

129. Федеральный закон N 146-ФЗ от 31 июля 1998 г. «Налогового кодекса Российской Федерации: часть первая» // Собрание законодательства Российской Федерации от 3 августа 1998 г. N 31 ст. 3824.

130. Формирование комплекса картофелеуборочных и транспортных машин / И. А. Успенский, И. А. Юхин, А. В. Мачнев, А. А. Голиков // Техника и оборудование для села. – 2021. – № 2(284). – С. 27-31. – DOI 10.33267/2072-9642-2021-2-27-31. – EDN AACTAF.

131. Экономическое обоснование использования агрегата уборки картофеля / П. И. Гаджиев, М. М. Махмутов, Г. Г. Рамазанова [и др.] // Экономика, труд, управление в сельском хозяйстве. – 2023. – № 7(101). – С. 189-194. – DOI 10.33938/237-189. – EDN DEENIU.

132. Эффективность использования субстратного технологического модуля в технологии выращивания мини-клубней картофеля / А. С. Дорохов, А. Г. Пономарев, В. Н. Зернов [и др.] // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2023. – Т. 24, № 1. – С. 141-151. – DOI 10.30766/2072-9081.2023.24.1.141-

151. – EDN BEKRWX.

133. Damodar N. Gujarati. Basic Econometrics. — 4. — The McGraw-Hill Companies, 2004. — C. 1002

134. Deng W. Collision simulation of potato on rod separator / W. Deng, C. Wang, S. Xie // International Journal of Food Engineering. – 2021. - 17 (6). - DOI:10.1515/ijfe-2020-0233

135. Intra-farm transportation of easily damaged agro food products for sustainable development of agricultures / S. N. Borychev, I. Uspensky, I. Yukhin [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Volgograd, 12–14 мая 2021 года. – Volgograd, 2022. – P. 012048. – DOI 10.1088/1755-1315/965/1/012048. – EDN RNWPXG.

136. Popov V.L. Contact Mechanics and Friction / Popov V.L. // Physical Principles and Applications, Springer-Verlag, 2010. - 362 p.

137. Rady A.M. Effect of Mechanical Treatments on Creep Behavior of Potato Tubers / A.M. Rady, S.N. Soliman, A. El-Wersh // Engineering in Agriculture, Environment and Food. – 2017. - Volume 10, Issue 4. – pp. 282-291

138. Rady A.M. Evaluation of Mechanical Damage of Lady Rosetta Potato Tubers Using Different Methods / A.M. Rady, S.N. Soliman // International Journal of Postharvest Technology and Innovation. - 2015. - Vol. 5. - No. 2. - pp. 125-148.

139. Starovoitov, V.I. Physical and mechanical parameters of the soil and yield of tubers of food potato depending on the spacing width / V.I. Starovoitov, O.A. Starovoitova, A.A. Manokhina // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – Yekaterinburg. – 2022. – P.012001.

140. Xie S. Experimental study on collision acceleration and damage characteristics of potato / S. Xie, W. Deng, C. Wang, // Journal of Food Process Engineering. – 2020. - 43(24). - DOI:10.1111/jfpe.13457.

ПРИЛОЖЕНИЯ

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11)**215 305** (13) **U1**(51) МПК
A01D 33/08 (2006.01)ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
A01D 33/08 (2022.05)

(21)(22) Заявка: 2022109072, 05.04.2022

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
05.04.2022Дата регистрации:
08.12.2022Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 05.04.2022

(45) Опубликовано: 08.12.2022 Бюл. № 34

Адрес для переписки:
390044, г.Рязань, ул. Костычева, 1, ФГБОУ ВО
РГАТУ, Безносюк Р.В.

(72) Автор(ы):

Борычев Сергей Николаевич (RU),
Липатова Марья Александровна (RU),
Шемякин Александр Владимирович (RU),
Безносюк Роман Владимирович (RU),
Якунин Юрий Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
образования "Рязанский государственный
агротехнологический университет имени
П.А. Костычева" (ФГБОУ ВО РГАТУ) (RU)(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 95960 U1, 20.07.2010. RU 94800
U1, 10.06.2010. SU 1424756 A1, 23.09.1988. SU
305843 A1, 11.06.1971. GB 1296328 A, 15.11.1972.

(54) УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ ОТ ПРИМЕСЕЙ

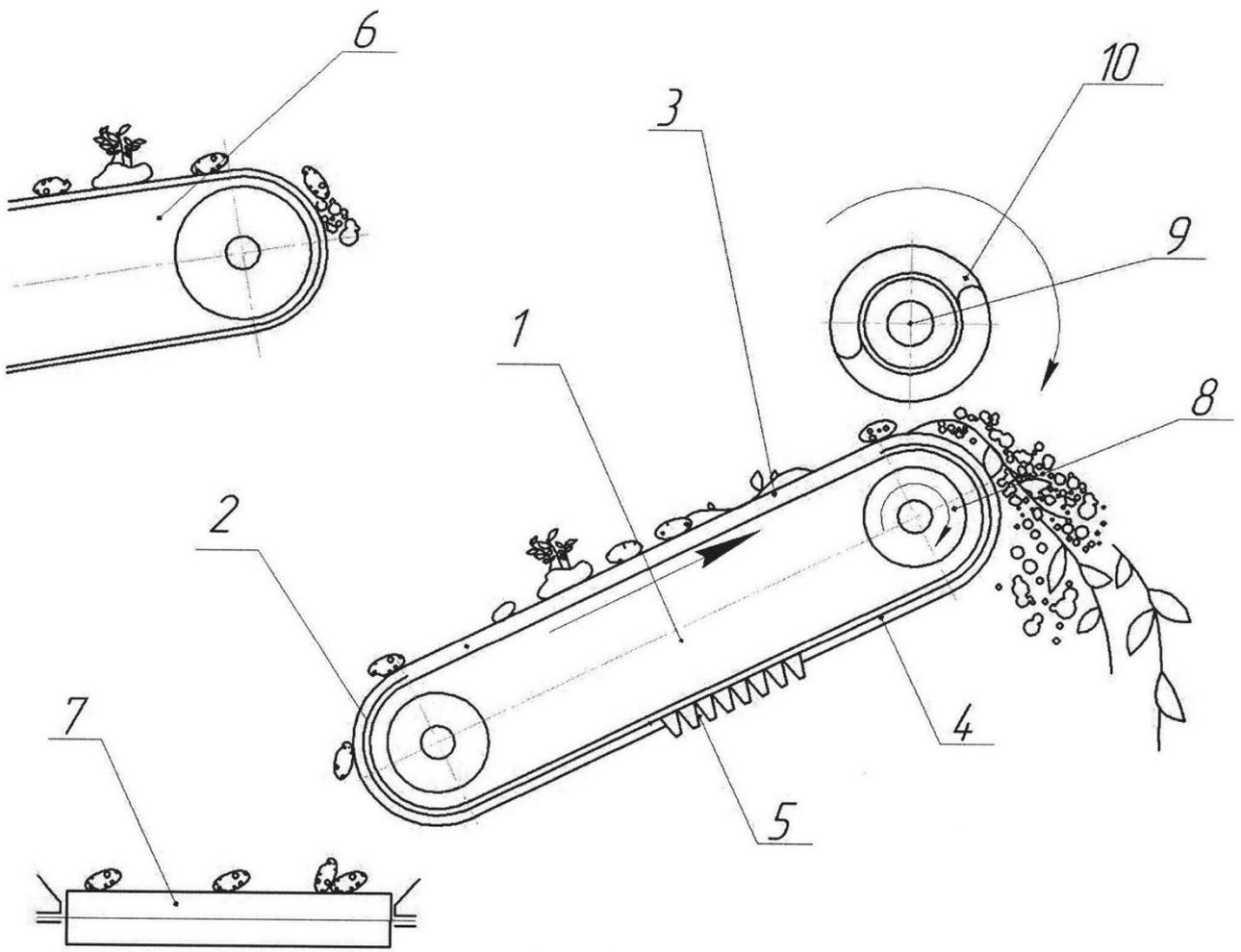
(57) Реферат:

Полезная модель относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к рабочим органам корнеклубнеуборочных машин. Указанный технический результат достигается тем, что в устройстве для отделения корнеплодов от примесей, содержащем наклонный пальчатый транспортер и размещенный в его верхней части клубнеотражатель, выполненный в виде

установленного на приводном валу отбойного валика, причем отбойный валик снабжен двумя спирально расположенными цилиндрическими надувными элементами, которые установлены ассиметрично. Предлагаемое схемно-конструктивное решение устройства по сравнению с базовым объектом, принятым за прототип, позволяет снизить повреждения клубней.

RU 215305 U1

RU 215305 U1



Фиг. 1

RU 215305 U1

RU 215305 U1

RU 215 305 U1

Полезная модель относится к сельскохозяйственному машиностроению, в частности к рабочим органам корнеклубнеуборочных машин.

Известно устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей (RU №63637, кл. A01D 33/08, 10.06.2007), содержащее наклонный пальчатый транспортер и
5 размещенный в его верхней части клубнеотражатель, выполненный в виде установленного на приводном валу отбойного валика, снабженного обрезиненными выступами, имеющими форму усеченного конуса и размещенными продольными рядами по всей рабочей поверхности валика на равном расстоянии друг от друга.

Недостатком известного устройства является высокий уровень повреждений клубней
10 картофеля при взаимодействии с выступами клубнеотражателя.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому является устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей (RU №95960, кл. A01D 33/08, 20.07.2010), содержащем наклонный пальчиковый транспортер и размещенный в его верхней части клубнеотражатель, последний выполнен в виде установленного на приводном валу
15 отбойного валика, снабженного пластинами, имеющими форму прямоугольника, одна из меньших сторон которого прилегает к поверхности отбойного валика, установленных под острым углом к плоскости, перпендикулярной оси валика, и размещенными продольными рядами по всей рабочей поверхности валика на равном расстоянии друг от друга.

Недостатком известного устройства является высокий уровень повреждений клубней
20 картофеля при взаимодействии с выступами клубнеотражателя.

Задача предлагаемой полезной модели - снижение повреждений клубней картофеля.

Технический результат заключается в ограничении воздействия элементов клубнеотражателя на клубни картофеля.

Указанный технический результат достигается тем, что в устройстве для отделения
25 корнеплодов от примесей, содержащем наклонный пальчатый транспортер и размещенный в его верхней части клубнеотражатель, выполненный в виде установленного на приводном валу отбойного валика, причем отбойный валик снабжен двумя спирально расположенными цилиндрическими надувными элементами, которые
30 установлены ассиметрично.

На фиг.1 изображена схема устройства, вид сбоку; на фиг.2 - схема устройства, вид сверху.

Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей содержит разделительную
горку 1, выполненную в виде наклонного пальчатого транспортера 2, бесконечная
35 транспортерная лента которого имеет рабочую 3 и обратную 4 ветви с упругими пальцами 5, транспортер загрузки 6 картофельного вороха и транспортер выгрузки 7 корнеклубнеплодов. В верхней части горки над головным барабаном 8 наклонного пальчатого транспортера 2 расположен клубнеотражатель, выполненный в виде установленного на приводном валу отбойного валика 9, кинематически связанного с
40 приводом его вращения. Отбойный валик 9 снабжен двумя спирально расположенными цилиндрическими надувными элементами 10, которые установлены ассиметрично.

Устройство работает следующим образом. Картофельный ворох, включающий клубни, комки почвы, ботву и растительные остатки, транспортером загрузки 6 подается на рабочую ветвь 3 наклонного пальчатого транспортера 2 разделительной горки 1.
45 При падении клубней и комков почвы на наклонную поверхность наклонного пальчатого транспортера 2 разделительной горки 1 благодаря различным значениям упругих и фрикционных свойств компонентов, коэффициента трения качения, размеров и удельного веса, на рабочей ветви 3 наклонного пальчатого транспортера 2 происходит

RU 215 305 U1

процесс сепарации картофельного вороха, то есть процесс отделения клубней от почвенных комков и примесей. При этом основная масса клубней скатывается по поверхности пальцев 5 на выгрузной транспортер 7 устройства, а примеси удерживаются пальцами 5 наклонного пальчатого транспортера 2 и поднимаются вверх к отбойному валику 9, который от привода получает вращательное движение навстречу вороху. Часть клубней с удерживающей их ботвой так же пальцами 5 наклонного пальчатого транспортера 2 подается к отбойному валику 9. Перед выбросом примесей непосредственно на поле последние (комки почвы, камни и растительные остатки) вступают в контакт с цилиндрическими спирально расположенными надувными элементами 10 отбойного валика 9.

В процессе вращения отбойного валика 9 надувные элементы 10 совершают круговые движения, в результате чего каждый из них воздействует на поступающую массу картофельного вороха. При этом стебли ботвы и растительные примеси проходят в рабочий зазор между пальцами 5 наклонного пальчатого транспортера 2 и отбойным валиком 9 и выносятся за пределы уборочной машины на поле, а клубни в результате взаимодействия с надувными элементами 10 отбойного валика 9 скатываются вниз по рабочей ветви 3 наклонного пальчатого транспортера 2 на транспортер выгрузки 7 корнеклубнеплодов. Так как надувные элементы 10 герметичны и поддерживают свою форму за счет созданного, накаченным воздухом, давлением, то при взаимодействии с корнеклубнеплодами часть кинетической энергии расходуется на деформацию надувных элементов 10, что позволяет существенно снизить травмируемость корнеклубнеплодов.

Предлагаемое схемно-конструктивное решение устройства по сравнению с базовым объектом, принятым за прототип, позволяет снизить повреждения клубней.

25

(57) Формула полезной модели

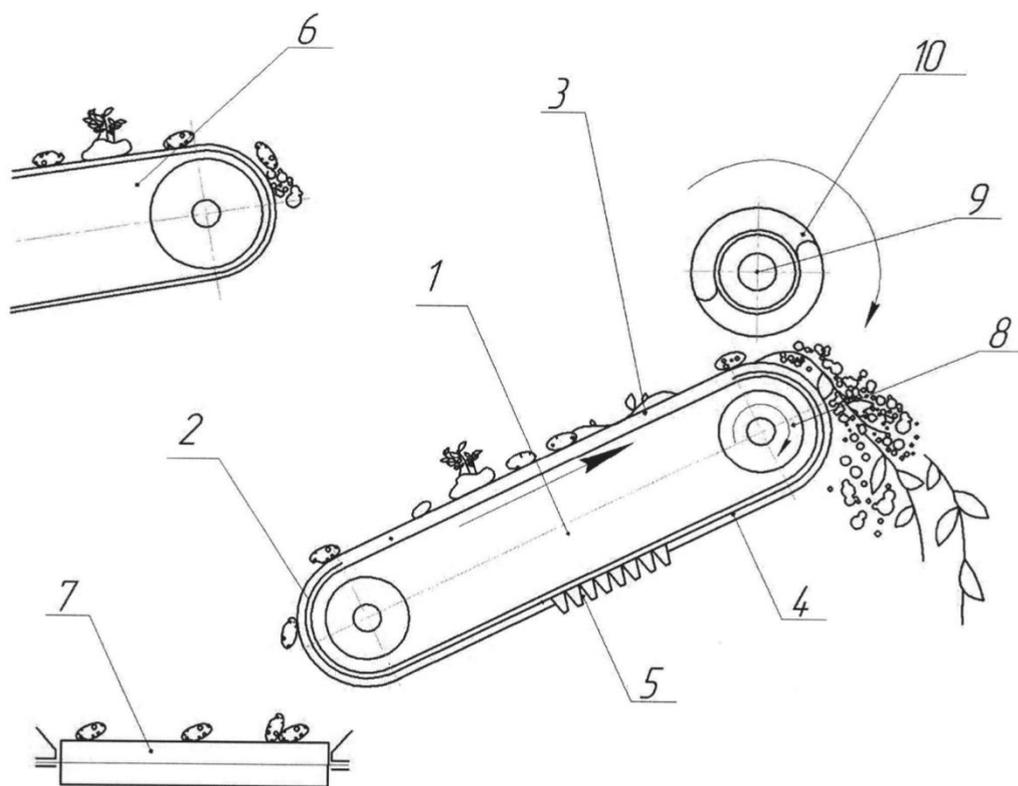
Устройство для отделения корнеклубнеплодов от примесей, содержащее наклонный пальчатый транспортер и размещенный в его верхней части клубнеотражатель, выполненный в виде установленного на приводном валу отбойного валика, отличающееся тем, что отбойный валик снабжен двумя спирально расположенными цилиндрическими надувными элементами, которые установлены асимметрично.

30

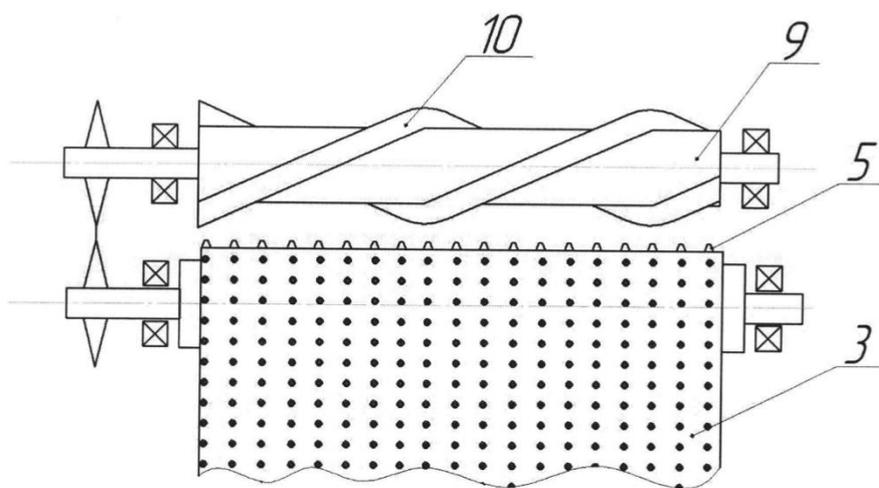
RU 215 305 U1

1

Фигура 1



Фигура 2





«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО РГАТУ

Г.К. Рембалович

« 19 » 10 2023 г.

АКТ

**о внедрении законченной научно-исследовательской,
опытно-конструкторской и технологической работы**

Мы, нижеподписавшиеся, представитель федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» в лице руководителя научно-исследовательской (опытно-конструкторской) работы

д.т.н., профессора Борычева Сергея Николаевича

и представителя ОАО «Аграрий»

(наименование организации, предприятия)

Касимовского района Рязанской области

в лице генерального директора Минина Сергея Алексеевича

составили настоящий акт в том, что результаты научно-исследовательской (опытно-конструкторской) работы «Обоснование параметров органов вторичной сепарации картофелеуборочных машин» в соответствии с планом НИР ФГБОУ ВО РГАТУ («ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ ФГБОУ ВО РГАТУ на 2021-2025 годы») по теме 1 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве. Перспективы развития сельских территорий», раздел 1.1. «Повышение эффективности эксплуатации мобильной техники за счет разработки новых конструкций и совершенствования методов поддержания её технического состояния», подраздел 1.1.4.

выполненной на: кафедре технической эксплуатации транспорта

ФГБОУ ВО РГАТУ в 2022-2023 гг., внедрены на ОАО «Аграрий»
(предприятие, организация)

Касимовского района Рязанской области

путем сравнительных полевых испытаний серийного картофелеуборочного комбайна Grimme DR-1500 и экспериментального комбайна Grimme DR-1500, оснащенного разработанным устройством для отделения корнеклубнеплодов от примесей (патент на полезную модель № 215305). Совокупная площадь картофельных полей, обработанная экспериментальным комбайном Grimme DR-1500 за 2022-2023 г., составила 66,4 га.
(указать, каким образом внедрена работа)

Внедрение результатов исследований дало возможность предприятию (организации) получить следующий технико-экономический эффект:

1. Агротехнические показатели при работе серийного картофелеуборочного комбайна Grimme DR-1500 и экспериментального картофелеуборочного комбайна Grimme DR-1500 составили, соответственно:

- сорт убираемого картофеля – «Королева Анна»;
- температура окружающего воздуха – 15...18 градусов Цельсия;
- рельеф – ровный, малогребнистый;
- способ посадки – рядковый;
- состояние ботвы – полуотмершая;
- количество клубней, собранных в тару – 94,4% и 97,4 %;
- полнота отделения клубней от примесей – 88,8% и 92,9%;
- процент поврежденных клубней – 8,03% и 7,9%;
- урожайность картофеля – 23,9 т/га

2. Количество обслуживающего агрегат персонала – тракторист и один вспомогательный рабочий.

3. Коэффициент использования времени смены при работе серийной и экспериментального комбайна Grimme DR-1500 составил 0,71.

4. Рабочая скорость движения агрегатов при уборке – 4,2 км/ч и 4,2 км/ч.

Замечания и предложения о дальнейшей работе по внедрению:

Признать модернизацию картофелеуборочного комбайна Grimme DR-1500 путем его оснащения устройством для отделения корнеклубнеплодов от примесей (патент на полезную модель № 215305) целесообразным и экономически обоснованным.

Исполнители:

доцент кафедры ТЭТ _____ А.А. Голиков
аспирант _____ М.А. Липатова

Представитель
ФГБОУ ВО РГАУ,
научный руководитель
работы

С.Н. Борычев

(подпись)
М.П. «19» 10 2023 г.



Генеральный директор
ОАО «Аграрий»
Касимовского района
Рязанской области

С.А. Минин

М.П. «19» 10 2023 г.



ВЫПИСКА ИЗ ПРОТОКОЛА № 4
от 30 мая 2024 года
заседания Методического совета ФГБОУ ВО РГАТУ

Председатель Методического совета	- первый проректор	Борычев Сергей Николаевич
Заместитель председателя Методического совета	- начальник Управления методической работы, аккредитации и лицензирования	Якунин Юрий Викторович
Секретарь Методического совета	- преподаватель кафедры бухгалтерского учета, анализа и аудита	Стишкова Елена Владимировна

Присутствовали члены Методического совета:

председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 23.04.01 Технология транспортных процессов (Организация перевозок на автомобильном транспорте) декан автодорожного факультета		Андреев Константин Петрович Аникин Николай Викторович
декан факультета экономики и менеджмента, председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 38.03.02 Менеджмент (Производственный менеджмент, Экономика и управление на предприятиях отрасли) декан инженерного факультета		Бакулина Галина Николаевна Бачурин Алексей Николаевич
декан факультета ветеринарной медицины и биотехнологии, председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 36.04.02 Зоотехния (Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства) зам. декана технологического факультета		Быстрова Ирина Юрьевна Вавилова Наталья Владимировна
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 38.03.01 Экономика (Бухгалтерский учет, анализ и аудит) председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 35.04.10 Гидромелиорация (Строительство и эксплуатация гидромелиоративных систем)		Ваулина Ольга Анатольевна Гаврилина Ольга Петровна
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов (Автомобильный сервис) председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 35.03.04 Агрономия (Агрономия)		Голиков Алексей Анатольевич Евсенина Марина Владимировна
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 35.03.07 Технология производства и переработки сельскохозяйственной продукции (Технология производства, хранения и переработки продукции животноводства) председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия (Технические системы в агробизнесе, Электрооборудование и электротехнологии)		Ерофеева Татьяна Валериевна Есенин Михаил Анатольевич
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки (Физиология)		Каширина Лидия Григорьевна

директор научной библиотеки	Коваленко Татьяна Александровна
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (Автомобильные дороги)	Колошеин Дмитрий Владимирович
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 36.06.01 Ветеринария и зоотехния (Ветеринарная санитария, экология, зоогигиена и ветеринарно-санитарная экспертиза, Частная зоотехния, технология производства продуктов животноводства)	Кондакова Ирина Анатольевна
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 35.06.04 Технологии, средства механизации и энергетическое оборудование в сельском, лесном и рыбном хозяйстве (Технологии и средства механизации сельского хозяйства, Технологии и средства технического обслуживания в сельском хозяйстве)	Костенко Михаил Юрьевич
председатель учебно-методической комиссии по специальности 36.05.01 Ветеринария (Ветеринария)	Кулаков Виталий Владиславович
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 35.04.03 Агрохимия и агропочвоведение (Инновационные экологически безопасные агротехнологии),	Кунцевич Алексей Александрович
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 35.04.04 Агрономия (Адаптивное земледелие)	Лупова Екатерина Ивановна
председатель учебно-методической комиссии по специальности 23.05.01 Наземные транспортно-технологические средства (Автомобили и тракторы)	Максименко Ольга Олеговна
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника (Электроснабжение, Электрические станции и подстанции)	Морозов Александр Сергеевич
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 35.03.05 Садоводство (Декоративное садоводство, газоноведение и флористика)	Назарова Анна Анатольевна
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 35.04.06 Агроинженерия (Технические системы в агробизнесе, Электрооборудование и электротехнологии)	Олейник Дмитрий Олегович
начальник отдела по работе с инвалидами и лицами с ограниченными возможностями по здоровью	Пашканг Наталья Николаевна
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 38.04.01 Экономика (Бухгалтерский учет, анализ и аудит)	Поликарпова Елена Петровна
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 35.03.03 Агрохимия и агропочвоведение (Агроэкология)	Ручкина Анастасия Владимировна
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 36.03.01 Ветеринарно-санитарная экспертиза (Ветеринарно-санитарная экспертиза)	Сайтханов Эльман Олегович
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов (Организация перевозок на автомобильном транспорте)	Терентьев Вячеслав Викторович
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 08.03.01 Строительство (Городское строительство и хозяйство)	Ткач Татьяна Сергеевна
председатель учебно-методической комиссии по направлению	Уливанова Галина

подготовки 06.03.01 Биология (Биоэкология)	Викторовна
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 35.06.01 Сельское хозяйство, председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 35.03.01 Лесное дело (Общее земледелие, растениеводство, Агрохимия)	Фадькин Геннадий Николаевич
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 35.03.01 Лесное дело (Лесное и лесопарковое хозяйство)	
председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 36.03.02 Зоотехния (Зоотехния)	Федосова Ольга Николаевна
декан технологического факультета, председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 19.03.04 Технология продукции и организации общественного питания (Технология организации ресторанного дела)	Черкасов Олег Викторович
проректор по развитию и качеству образовательного процесса, председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 38.04.02 Менеджмент (Управленческая деятельность в АПК)	Шашкова Ирина Геннадьевна
начальник отдела аспирантуры и докторантуры, председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 23.04.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов (Техническая эксплуатация транспорта и автосервис)	Юхин Иван Александрович

ПОВЕСТКА СОВЕТА:

3. Разное (рассмотрение учебно-методических пособий, разработанных кафедрами, на предмет рекомендации в печать и использования в учебном процессе).

СЛУШАЛИ:

О рассмотрении программного продукта «ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ ОТ ПРИМЕСЕЙ (Свид. о гос. рег. пр. ЭВМ RU 2023684827)» для аспирантов, магистрантов, бакалавров, обучающихся по направлениям 35.04.06 Агроинженерия (Технические системы в агробизнесе, Электрооборудование и электротехнологии), Электроэнергетика и электротехника (Электроснабжение, Электрические станции и подстанции), на предмет рекомендации использования в учебном процессе и научно-исследовательской деятельности.

Программный продукт подготовлен доктором технических наук, профессором, первым проректором Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева Борычевым Сергеем Николаевичем, доктором технических наук, доцентом кафедры технической эксплуатации транспорта автомобильного факультета Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева Голиковым Алексеем Анатольевичем, аспирантом Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева Липатовой Марьей Александровной.

ПОСТАНОВИЛИ:

Рекомендовать к использованию в учебном процессе программный продукт «ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ ОТ ПРИМЕСЕЙ (Свид. о гос. рег. пр. ЭВМ RU 2023684827)» предназначенный для аспирантов, магистрантов, бакалавров, обучающихся по направлениям 35.04.06 Агроинженерия (Технические системы в агробизнесе, Электрооборудование и электротехнологии), Электроэнергетика и электротехника (Электроснабжение, Электрические станции и подстанции), подготовленный доктором

техническим наук, профессором, первым проректором Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева Борычевым Сергеем Николаевичем, доктором технических наук, доцентом кафедры технической эксплуатации транспорта автодорожного факультета Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева Голиковым Алексеем Анатольевичем, аспирантом Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева Липатовой Марьей Александровной.

ГОЛОСОВАНИЕ – ЕДИНОГЛАСНО.

Заместитель председателя
Методического совета

Ю.В. Якунин

Секретарь Методического совета

Е. В. Стишкова



**XXVII Московский международный
Салон изобретений и инновационных технологий**



«АРХИМЕД 2024»

ДИПЛОМ

*Решением Международного Жюри
награждается*

ЗОЛОТОЙ МЕДАЛЬЮ

**ФГБОУ ВО Рязанский государственный агротехнологический
университет имени П.А. Костычев**
**авторы: Борычев Сергей Николаевич,
Липатова Марья Александровна, Шемакин Александр Владимирович,
Безносюк Роман Владимирович, Голиков Алексей Анатольевич,
Аникин Николай Викторович**
**за проект: «Устройство для отделения корнеклубнеплодов
от примесей»**

**Председатель
Международного Жюри,
академик,
вице-президент РАН**

С.М. Алдошин

Президент Салона

Д.И. Зезюлин

**Руководитель
Федеральной службы
по интеллектуальной
собственности**

Ю.С. Зубов

Россия, Москва, 19.03 - 21.03.2024 г.