

На правах рукописи



РУЗИМУРОДОВ АБДУГАФОР АБДУСАТОРОВИЧ

**УСОВЕРШЕНСТВОВАННЫЙ ПОПЕРЕЧНЫЙ ВОРОШИТЕЛЬ
СЕПАРИРУЮЩЕГО ЭЛЕВАТОРА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ
МАШИН**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского
хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Рязань – 2020

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

Научный руководитель доктор технических наук, профессор
Бышов Николай Владимирович

Официальные оппоненты: **Камалетдинов Рим Рашитович**, доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», профессор кафедры сельскохозяйственных и технологических машин

Голиков Алексей Анатольевич, кандидат технических наук, ФКОУ ВО «Академия права и управления Федеральной службы исполнения наказаний» (Академия ФСИН России), доцент кафедры математики и информационных технологий управления ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Ведущая организация

Защита диссертации состоится «24» декабря 2020 года в 12:00 часов на заседании диссертационного совета Д 220.057.03 при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева» по адресу 390044, Рязанская область, г. Рязань, ул. Костычева, д.1, зал заседаний диссертационного совета

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

Автореферат разослан «___» _____ 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, доцент



И.А. Юхин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

В нашей стране одним из приоритетных направлений развития аграрного комплекса является совершенствование производства картофеля, в частности, повышение его производства. Если сравнивать мировые объемы производства данной культуры, то по объемам Россия входит в тройку лидеров. Так, средняя доля производства в России составляет 9% после 25% Китая и 12% Индии.

Уборка картофеля является наиболее ресурсозатратным технологическим процессом (около 75% трудозатрат и 60% энергозатрат). Для снижения затрат ресурсов применяют новейшие машинные технологии и современную технику, соответствующую предъявляемым к уборочным машинам требованиям. Сепарирующие элеваторы являются наиболее эффективными распространенными рабочими органами картофелеуборочных машин. Они обеспечивают достаточную сепарацию картофельного вороха и высокую производительность. Однако, для расширения условий эксплуатации сепарирующих элеваторов, их оснащают различными ворошителями. Таким образом, разработка и обоснование параметров ворошителя является актуальной научно-технической задачей.

Степень разработанности темы. Вопросами повышения производительности сепарации в картофелеуборочных машинах занимались С.Н. Борычев, Н.В. Бышов, Н.И. Верещагин, А.А. Голиков, В.Н. Зернов, А.Ю. Измайлов, Р.Р. Камалетдинов, Н.Н. Колчин, М.Ю. Костенко, Г.Д. Петров, В.В. Михеев, С.Н. Петухов, А.Г. Пономарев, Г.К. Рембалович, А.А. Сорокин, М.Б. Угланов, И.А. Успенский, И.А. Юхин, и другие., а также ряд зарубежных исследователей: Graichen G., Liske P., Glaser M., Specht A. и другие отечественные и зарубежные учёные. Тем не менее, проблема эффективной и качественной уборки картофельного урожая все еще остается актуальной.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР ФБГОУ ВО РГАТУ на 2017...2020 гг. по теме 3 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве», подраздел 3.2.1 «Совершенствование технологий, разработка и повышение надежности технических средств уборки, транспортирования и хранения картофеля в условиях сельскохозяйственных предприятий Рязанской области» (№ гос.рег. АААА-А16-116060910025-5).

Цель исследования – обоснование параметров поперечного ворошителя сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин.

Задачи исследований:

- провести анализ литературы и проведенных исследований, отражающих различные варианты конструктивных и технологических решений в картофелеуборочных машинах в целом, а также сепарирующих устройств и предложить конструктивно-технологическую схему поперечного ворошителя сепарирующего элеватора;

- разработать теоретические зависимости для описания процессов взаимодействия компонентов картофельного вороха с элементами элеватора;

- экспериментально уточнит параметры разработанного поперечного ворошителя картофелеуборочной машины;

- определить технико-экономический эффект применения усовершенствованного сепарирующего устройства картофелеуборочных машин.

Объект исследования – поперечный ворошитель сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин.

Предмет исследования – теоретические и экспериментальные зависимости взаимодействия поперечного ворошителя с клубненосным ворохом на сепарирующем элеваторе.

Научная новизна заключается в:

- Теоретических зависимостях движения компонентов клубненосного вороха на сепарирующих элеваторах, оборудованных поперечным ворошителем;

- обосновании параметров поперечного ворошителя сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин;

- аналитических зависимостях, полученных при экспериментальных исследованиях.

Теоретическая значимость работы:

- установлены закономерности движения компонентов клубненосного вороха по сепарирующим элеваторам, оборудованных поперечным ворошителем;

- обоснованы параметры поперечного ворошителя сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин.

Практическая значимость работы:

- разработана конструктивно-технологическая схема поперечного ворошителя сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин;

- получены результаты технико-экономической эффективности применения копателя, оснащенного поперечным ворошителем.

Методология и методы исследования. Проведение теоретических исследований осуществлялось на основании авторских методик, базировавшихся на теоретической механике, сопротивление материалов, математической статистике и теории вероятностей. Осуществление практической части настоящего исследования проводилось по плану многофакторного эксперимента 3^2 . В процессе обработки совокупности экспериментально полученной информации использовался корреляционно-регрессионный анализ в средах MathCAD 15, Microsoft Excel 2013, Matlab 2014, «STATISTICA 8.0».

Положения, выносимые на защиту:

- теоретические зависимости движения компонентов клубненосного вороха на прутковых элеваторах, оборудованных поперечным ворошителем;
- параметры предложенного поперечного ворошителя картофелеуборочной машины;
- результаты полевых испытаний усовершенствованного технологического процесса картофелеуборочных машин с поперечным ворошителем.

Реализация результатов исследования. Экспериментальный картофелекопатель КСТ-1,4 прошел производственную проверку на базе УИНЦ «Агротехнопарк», п. Стенькино Рязанского района Рязанской области в 2018 и 2019 годах, на общей площади 1 га в ходе которой получены положительные результаты.

Степень достоверности. Достоверность научных положений подтверждена сходимостью результатов теоретических и экспериментальных (лабораторных) исследований (расхождение составило менее 5%), а также обеспечена применением современных методик, контрольно-измерительной аппаратуры и средств обработки результатов экспериментов.

Вклад автора в решение поставленных задач состоит в личном участии по выполнению лабораторных и полевых опытов в течение трех лет исследований при обработке, анализе и изложении полученного экспериментального материала в диссертации, подготовке и написании научных статей по результатам исследований, разработке методики проведения лабораторных и натурных испытаний, проведении экономической оценки эффективности применения разработанного поперечного ворошителя в сельском хозяйстве.

Апробация работы. Результаты диссертационного исследования обсуждены на международных научно-технических конференциях ФГБОУ ВО РГАТУ (2017-2019 гг.).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в научных трудах, из них 2 в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов диссертационных работ на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, патент РФ на изобретение (№ 2672492). Общий объем публикаций составил 3,8 п.л., из них лично соискателю принадлежит 2,1 п.л.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы из 110 наименований, приложений, изложена на 117 страницах, включает 38 рисунков и 6 таблиц.

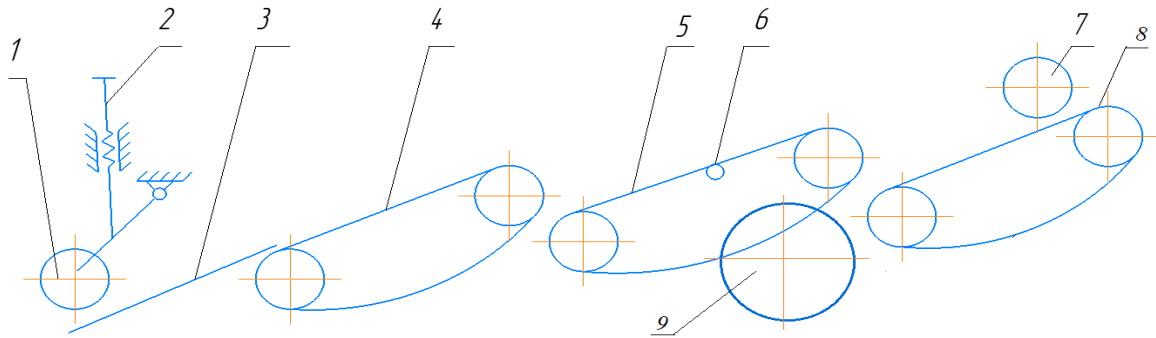
КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, цель исследования, научная новизна, объект и предмет исследования и основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе «Современное состояние вопроса. Перспективы и задачи исследования» проанализированы технологии возделывания и уборки картофеля, конструкции картофелеуборочных машин, выбор и анализ перспективных конструктивно-технологических схем органов просеивной сепарации картофелеуборочных машин.

В связи с проведенным литературным обзором и анализом картофелеуборочной техники была сформулирована цель настоящей работы. На основе анализа литературы и проведенных исследований для достижения поставленной цели были предложены задачи исследований.

Во второй главе «Теоретическое исследование сепарирующего элеватора с поперечным ворошителем» рассмотрено взаимодействие компонентов картофельного вороха с элеватором. Для повышения эффективности выделения клубней при уборке картофеля на почвах разной влажности разработана конструктивно-технологическая схема картофелекопателя с поперечным ворошителем. Поперечный ворошитель установлен над каскадным прутковым элеватором с возможностью изменения расстояния между ним и прутками элеватора. На рис. 1 изображена принципиальная схема картофелеуборочной машины, вид сбоку (рис. 1).



1 – опорное колесо; 2 – винтовой механизм; 3 – лемех; 4 – скоростной прутковый элеватор; 5 – основной прутковый элеватор; 6 – эллиптическая звездочка; 7 – поперечный ворошитель; 8 – каскадный прутковый элеватор; 9 – ходовые колёса

Рисунок 1 – Принципиальная схема картофелекопателя

Картофелекопатель включает лемеха 3, скоростной 4, основной 5 и каскадный 8 прутковый элеваторы, опорные 1 колеса. Глубина хода лемехов 3 регулируется с помощью винтового механизма 2. Элеваторы оборудованы эллиптическими звездочками 6, которые встряхивают верхняя ветвь полотна. Над каскадным прутковым элеватором 8 установлен поперечный ворошитель 7, который крепится на раме.

При переходе с основного элеватора на каскадный элеватор клубни и компоненты картофельного вороха падают и испытывают дополнительные нагрузки. Рассмотрим характеристики этого движения.

Определим угол схода компонентов приводного барабана и элеватора, так как компоненты картофельного вороха движутся вместе со скоростью полотна элеватора, с постоянной скоростью находится в равновесии. Рассмотрим движение клубня после падения.

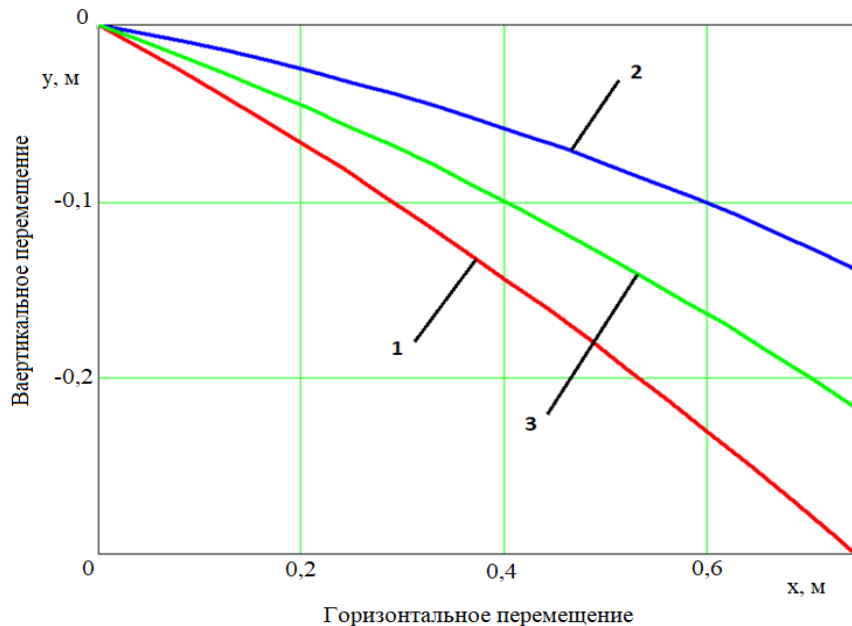
$$\begin{cases} m \frac{dx^2}{dt^2} = 0 \\ m \frac{dy^2}{dt^2} = -mg \end{cases} \quad (1)$$

Проинтегрировав дважды данное выражение с учетом начальных условий, получим:

$$\begin{cases} x = v_0 t \cos \beta \\ y = -\frac{gt^2}{2} + v_0 t \sin \beta \end{cases} \quad (2)$$

По полученному уравнению в программе MathCAD проверено моделирование процесса движения компонентов картофельного вороха. На рис.

2 представлена траектория движения компонентов картофельного вороха в зависимости от первоначального угла отрыва (рис. 2).



1 – при угле падения $-0,1$ рад; 2 – при угле падения $-0,2$ рад; 3 – при угле падения $-0,3$ рад

Рисунок 2 – Траектория компонентов картофельного вороха при переходе с одного элеватора на другой.

При полете компонентов вороха, при переходе с одного элеватора на другой они приобретают определенную скорость и ударяются о прутки, при этом клубни, обладая упругостью, меняют траекторию движения и скорость. Дальность полета компонента картофельного вороха составляет $0,25 \dots 0,35$ м, высота падения $0,07 \dots 0,15$ м.

Рассмотрим удар клубня о поверхность элеватора.

Так как элеватор движется в сторону падения компонентов картофельного вороха, горизонтальная составляющая сила соударения будет меньше на величину скорости элеватора, вертикальная составляющая скорости падения остается без изменения.

Исходя из теоремы об изменении количества движения, запишем следующее:

$$M(\vec{U} - \vec{\vartheta}) = \vec{S} \quad (3)$$

где: M – масса клубня;

U – скорость клубня в конце удара об элеватор;

ϑ – скорость клубня в начале удара;

S – импульс силы.

Спроектируем выражение (3) на ось координат:

$$M(U_{y_1} - \vartheta_{y_1}) = S; \quad (4)$$

$$M(U_{x_1} - \vartheta_{x_1}) = 0. \quad (5)$$

Так как не учитывается сила трения клубня об элеватор, то скорость вдоль оси до удара и после удара будут равны.

Поэтому рассмотрим удар относительно оси y_1 с учетом знаков проекции:

$$U_{y_1} = -k\vartheta_{y_1}. \quad (6)$$

С учетом выражения (6) преобразуем выражение (5) и определим импульс силы:

$$S = M(U_{y_1})(1 + k). \quad (7)$$

Таким образом, мы определим величину вертикальных и горизонтально-ударных импульсов клубня картофеля.

Определим направление скорости после удара:

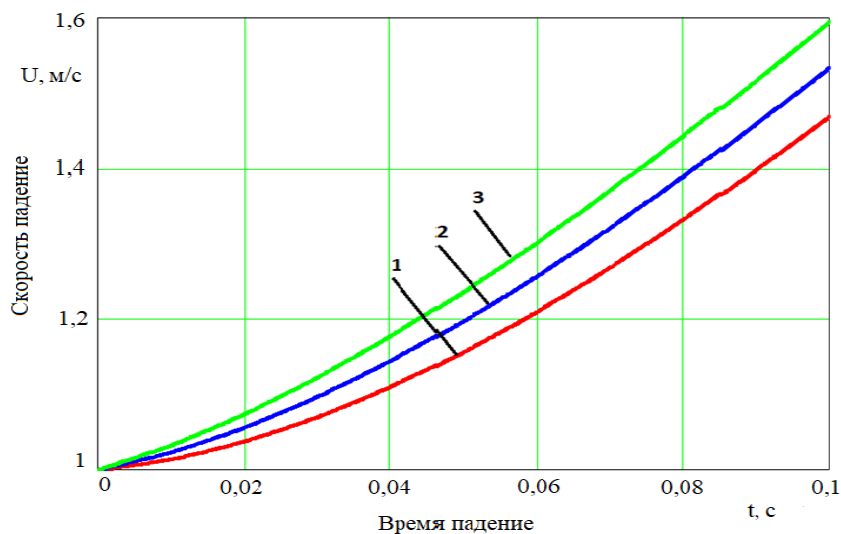
$$\tan \beta = \left| \frac{\vartheta_{x_1}}{U_{y_1}} \right|. \quad (8)$$

С другой стороны, угол падения равен

$$\tan \alpha = \left| \frac{U_{x_1}}{\vartheta_{y_1}} \right|. \quad (9)$$

Тогда отношение угла падения и угла отражения можно записать в виде: $\frac{\tan \alpha}{\tan \beta} = \left| \frac{U_{y_1}}{\vartheta_{x_1}} \right| = k. \quad (10)$

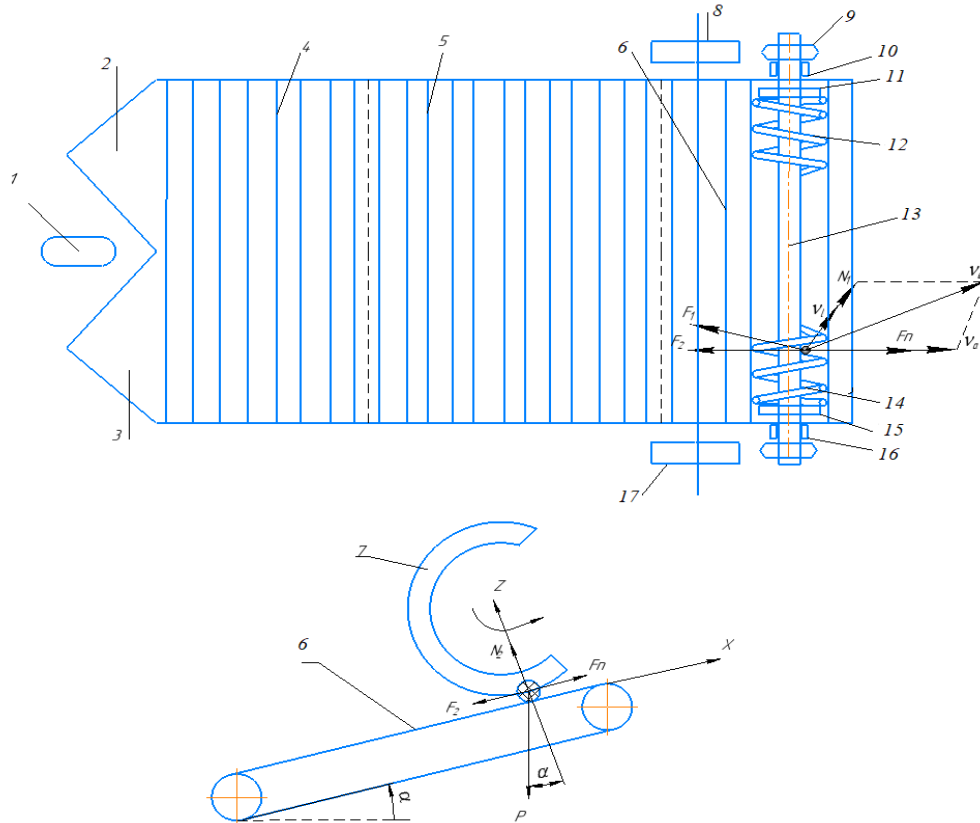
По полученному уравнению в программе MathCAD проверено моделирование процесса падения картофельного вороха при переходе с одного элеватора на другой (рис. 3).



1 – при угле отскока 0,1 рад; 2 – при угле отскока 0,2 рад; 3 – при угле отскока 0,3 рад

Рисунок 3 – Скорости отскока компонентов картофельного вороха после соударения с элеватором

Анализ графика скорости отскока компонентов после соударения с элеватором показал, что она не превысит 1,5 м/с. При взаимодействии компонентов картофельного вороха с поперечным ворошителем следует учитывать относительную скорость каскадного элеватора.



1 – опорные колеса; 2,3 – лемех; 4 – скоростной элеватор; 5 – основной элеватор; 6 – каскадный элеватор; 8,17 – ходовые колеса; 9 – звездочка; 13 – приводной вал; 10,16 – подшипник; 11,15 – фланец; 12,14 – спирали; 7 – поперечный ворошитель.

Рисунок 4 – Схема взаимодействия клубня картофеля с рабочими поверхностями элеватора и поперечным ворошителем

При взаимодействии компонентов с ворошителем в виде вращающейся в сторону движения пружины, компоненты будут получать дополнительный импульс и ускоряться при взаимодействии с витком пружины, меняя траекторию движения. Для исследования траектории движения выберем систему координат, прикрепленную к нижней части пружины (рис. 4).

Запишем дифференциальное уравнение движение частицы в выбранной системе координат:

$$\begin{cases} m \frac{d^2x}{dt^2} = -kV \cos \theta - mg(f \cos \alpha - \sin \alpha) \\ m \frac{d^2y}{dt^2} = -fmg \cos \alpha - kV \sin \theta \end{cases} \quad (11)$$

где m – масса компонента картофельного вороха, кг;

k – это коэффициент сопротивления перемещению компонента по полотну элеватора, Н/м/с;

V – скорость компонента картофельного вороха на полотне элеватора м/с;

θ – угол движение компонента после соударение с ворошителя;

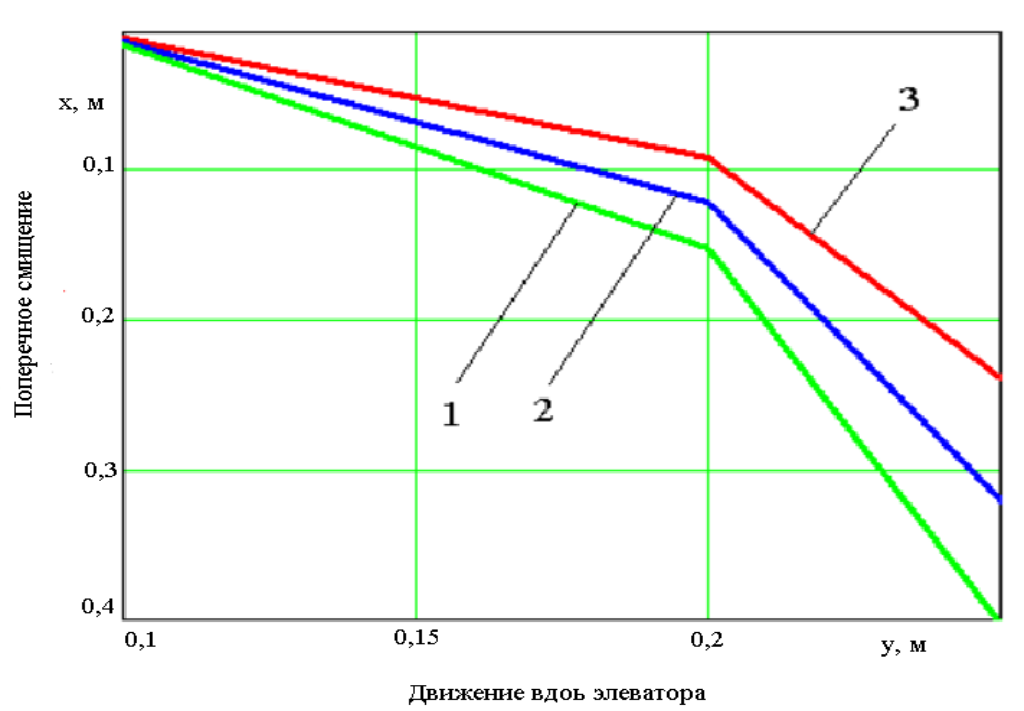
g – ускорение свободного падения м/с²;

f – коэффициент трения компонента картофельного вороха о полотно элеватора;

α – угол подъема элеватора.

Тогда окончательно уравнения закона движения компонента картофельного вороха будут

$$\begin{cases} x = \frac{gm(\sin \alpha - f \cos \alpha)}{k \cos \theta} t - \frac{m}{k \cos \theta} e^{-\frac{k \cos \theta}{m} t} * (V_{x0} - \frac{gm(\sin \alpha + f \cos \alpha)}{k \cos \theta}) + \\ \quad + \frac{mV_{x0}}{k \cos \theta} - \frac{gm^2(\sin \alpha + f \cos \alpha)}{k^2 * \cos^2 \theta} \\ y = \frac{gm f \cos \alpha}{k \sin \theta} t - \frac{m}{k \sin \theta} e^{-\frac{k \sin \theta}{m} t} * (-\frac{gm f \cos \alpha}{k \sin \theta}) + (-\frac{gm^2 f \cos \alpha}{k^2 \sin^2 \theta}) \end{cases} \quad (12)$$



1 - начальная скорость 0,5 м/с; 2 - начальная скорость 1,0 м/с; 3 - начальная скорость 1,5 м/с

Рисунок 5 – Траектория движения клубня картофеля по полотну элеватора после воздействия поперечного ворошителя

Анализ траектории движения картофеля по элеватору показал, что с увеличением начальной скорости клубня, он преодолевает больший путь и

смещается к центру элеватора, чем выше скорость, тем больше поперечное перемещение совершает клубень. Начальная скорость клубня зависит от соударения витков поперечного ворошителя с клубня. Учитывая, что начальная скорость клубня является результатом сложения окружной скорости поперечного ворошителя угла наклона витка и относительной скорости клубня движущегося по элеватору, мы можем обосновать параметры поперечного ворошителя (рис. 5).

Допустим смещение клубня должно быть не менее 0,2 м, на расстоянии 0,2-0,3 м, тогда начальная скорость взаимодействия должна составлять около 0,5...1,5 м/с согласно рисунку 6. Таким образом, рассчитаем частоту вращения поперечного ворошителя.

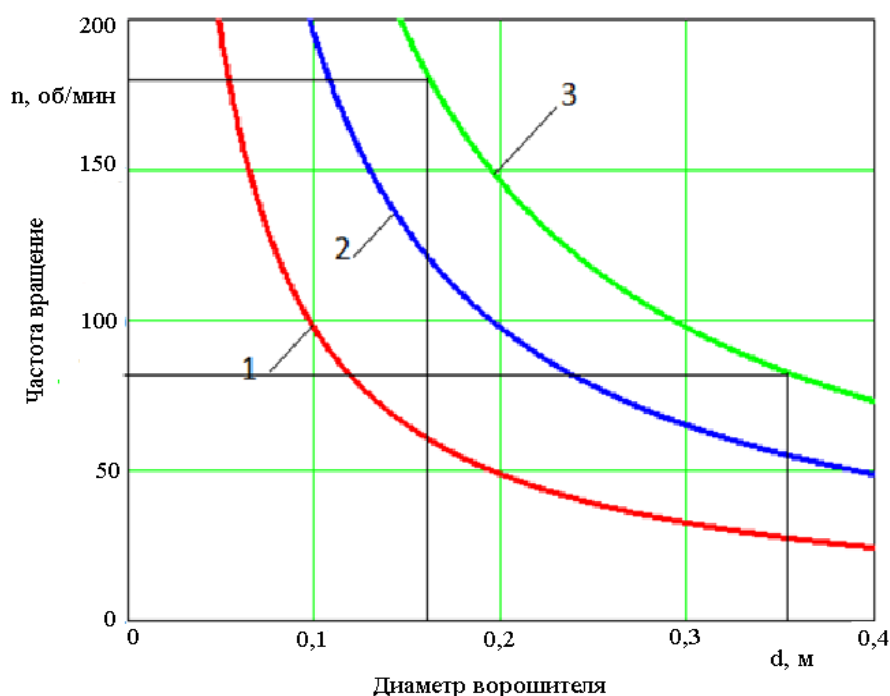
$$n = \frac{60V_0}{\pi d \cos \theta} \quad (13)$$

где:

d – диаметр ворошителя, м

V_0 – начальная скорость клубня, м/с.

Отсюда частота вращения ворошителя будет равна:



1 - начальная скорость 0,5 м/с; 2 - начальная скорость 1,0 м/с; 3 - начальная скорость 1,5 м/с

Рисунок 6 – Частота вращения поперечного ворошителя в зависимости от диаметра ворошителя и скорости компонента картофельного вороха

Исследование частоты вращения поперечного ворошителя в зависимости от диаметра ворошителя скорости компонента картофельного вороха после их

взаимодействия показали, что при диаметре ворошителя около 0,2 м, его частота вращения находится в пределах от 130 до 180 об/мин (рис. 6).

Принимаем следующие параметры ворошителя: диаметр 0,2 м, диаметр прутка спирали 15 мм с оболочкой из силиконовой трубки, толщиной стенки 5 мм.

В третьей главе «Программа и методики экспериментальных исследований» описаны методики экспериментальных исследований.

Программой исследований предусмотрено следующее:

1. Исследование смещения клубней картофеля на элеваторном полотне с применением поперечного ворошителя картофелеуборочной машины.
2. Исследование сепарации на элеваторном полотне с применением поперечного ворошителя картофелеуборочной машины.
3. Экспериментально уточнить параметры поперечного ворошителя сепарирующего элеватора.
4. Провести полевые исследования картофелекопателя с предложенным поперечным ворошителем сепарирующего элеватора и провести технико-экономическую оценку его работы.

Для проведения исследования и определения размерно-весовых параметров культуры картофеля были выбраны одни из наиболее распространенных сортов в Рязанской области, такие как «ГАЛА», «ЛАТОНА». Работа проводилась на базе УИНЦ «Агротехнопарк», п. Стенькино, Рязанского района, Рязанской области.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований» приведены результаты экспериментальных исследований.

Подготовленный ворох укладывался на поверхность пруткового элеватора, расположенного на подвижной платформе. Для придания ему формы, схожей с подаваемым ворохом от подкапывающих органов картофелекопателя, использовались шаблоны.

Вращение ворошителя способствует не только сосредоточению клубней в средней части элеватора для образования валка клубней картофеля по середине элеватора уборочной машины. Также взаимодействие поперечного ворошителя с почвенными комками способствует их разрушению.

Эффективность работы пруткового сепаратора с поперечным ворошителем определяется характером процесса смещения компонентов картофельного вороха. Процесс смещения компонентов картофельного вороха характеризуется количеством смещенных клубней за один проход полотна элеватора.

При обработке опытных данных нами получено уравнение регрессии в кодированном виде, показывающее зависимость смещения компонентов картофельного вороха от частоты вращения поперечного ворошителя и подачи картофельного вороха. Уравнение регрессии приведено ниже:

$$K_{см} = 61,13 - 0,03x_1 - 0,20x_2 - 0,30x_1^2 + 0,50x_1x_2 - 0,40x_2^2 \quad (14)$$

где x_1 – частота вращения поперечного ворошителя;

x_2 – подача клубненоносного вороха.

На основании уравнения регрессии, построена поверхность отклика зависимости количества смещенных компонентов от частоты вращения и подачи клубненоносного вороха (рис. 7).

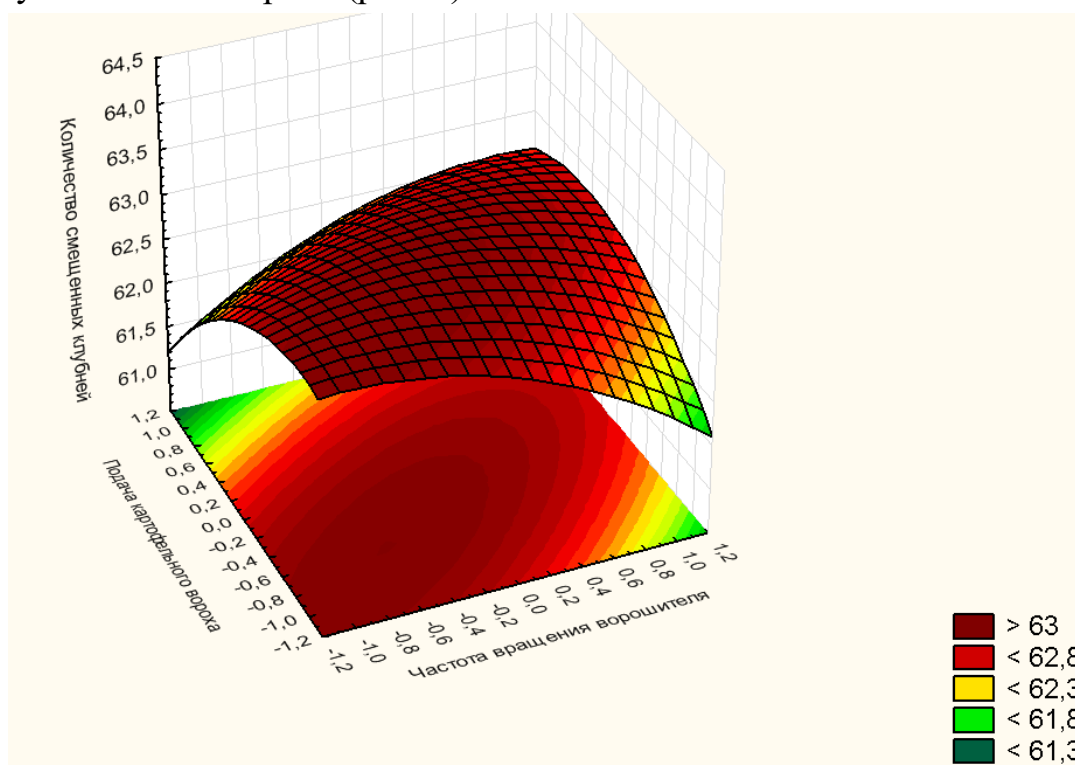


Рисунок 7– Количество смещенных клубней картофеля в среднюю часть элеватора

Наиболее значимым фактором является подача картофельного вороха.

Анализ графика показал, что после раскодирования рациональным значением является частота вращения поперечного ворошителя – 136 об/мин и подача почвы – 53 кг/с. Подставив в уравнение регрессии (14) полученные значения определим количество смещенных клубней картофеля в среднюю часть элеватора 63,2.

Таким образом, на основании двух этапов экспериментов уточнены рациональные параметры поперечного ворошителя: диаметр 0,2 м, спирали ворошителя имеют покрытие в виде силиконовой трубки, с толщиной стенки 5

мм, частота вращения поперечного ворошителя должна составлять 136 об/мин при подаче картофельного вороха – 53 кг/с.

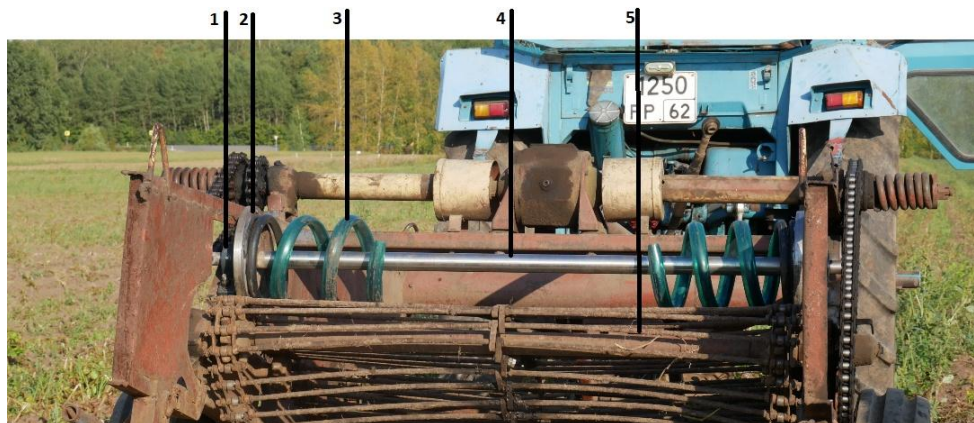
Исследование функционирования картофелеуборочных машин, оснащенных сепарирующим элеватором поперечным ворошителем.

В ходе исследований были определены:

- полнота отделения примесей почвы;
- повреждения клубней;
- потери клубней.

Отличие усовершенствованной машины от базовой версии в том, что используется предложенной нами конструкция поперечного ворошителя, установленного над поверхностью пруткового элеватора.

Сравнительные испытания серийного и модернизированного копателей показали улучшение агротехнических показателей уборки картофелекопателя, оборудованного поперечным ворошителем (рис 8).



1 - подшипник в корпусе, 2 - фланец, 3 - пружина с покрытием из силикона,
4 - приводной вал, 5 - элеватор

Рисунок 8 – Общий вид усовершенствованного картофелекопателя КСТ-1,4 установленного поперечным ворошителем

Использование поперечного ворошителя позволило снизить потери клубней на 61,8% (в относительном выражении) и увеличить производительность модернизированного копателя на 8,3% в сравнении с серийным. При этом повреждения клубней увеличивается незначительно.

В пятой главе «Технико-экономическая оценка применения картофелекопателя, оснащенного поперечным ворошителем». Общий экономический эффект, достигнутый путем внедрения усовершенствованного картофелекопателя, оснащенного поперечным ворошителем, на базе УИНЦ «Агротехнопарк», п. Стенькино, Рязанского района, Рязанской области составил 7388,90 рубля на 1 га уборочной площади.

Использование предложенного поперечного ворошителя в конструкции картофелекопателя КСТ-1,4 экономически выгодно, что подтверждается проведенными расчетами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ исследований показал, что в настоящее время наиболее эффективными являются прутковые элеваторы. Установлена необходимость исследований по усовершенствованию технологического процесса просевных рабочих органов картофелеуборочных машин. Для измельчения почвенных комков, и смещения клубней в среднюю часть пруткового элеватора предложен поперечный ворошитель. Навивка спиралей имеет правое и левое направление.

2. При полете компонентов вороха при переходе с одного элеватора на другой они приобретают определенную скорость и ударяются о прутки, при этом клубни, обладая упругостью, меняют траекторию, движения и скорость. Дальность полета компонента картофельного вороха составляет 0,25...0,35 м, высота падения 0,07...0,15 м. Установлено, что максимальная скорость соударения об элеватор не превысит 2,5 м/с. При этом следует учитывать, что элеватор движется в сторону падения компонентов, поэтому абсолютная скорость соударения будет определяться за вычетом скорости движения элеватора. Установлено, что скорость компонентов после отскока от прутков элеватора не превысит 1,5 м/с.

3. Теоретическими исследованиями установлено, что для необходимого смещения компонентов картофельного вороха по элеватору частота вращения ворошителя должна находиться в пределах от 130 до 180 об/мин при диаметре ворошителя 0,2 м.

4. Экспериментально определено, что диаметр поперечного ворошителя должен составлять 0,2 м, спирали ворошителя имеют покрытие в виде силиконовой трубки с толщиной стенки 0,05 м, частота вращения поперечного ворошителя должна составлять 136 об/мин при подаче картофельного вороха – 53 кг/с. Расхождение результатов с теоретическими исследованиями не превышает 5%.

5. При проведении полевых исследований копателя КСТ-1,4, оборудованного поперечным ворошителем, в условиях среднеглинистых почв и влажностью 18-22% установлено уменьшение потерь клубней на 61,8% при увеличении производительности на 8,3% в сравнении с серийным. Повреждения клубней в обоих вариантах соизмеримы.

6. Экономический эффект, достигнутый путем внедрения

усовершенствованного картофелекопателя, который оснащен поперечным ворошителем составил 7388,90 рубля на 1 га уборочной площади при годовой загрузке 200 часов.

Рекомендации производству:

Применение поперечного ворошителя, установленного над сепарирующим элеватором, позволяет повысить производительность копателя и снизить трудозатраты при подборе клубней. При использовании поперечного ворошителя в конструкции картофелекопателя КСТ-1,4 параметры ворошителя должны быть следующими: скорость вращения 136 об/мин; диаметр прутка с покрытием 0,025 м; диаметр ворошителя 0,2 м; длина поперечного ворошителя 0,025-0,030 м с каждой стороны элеватора.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В дальнейшем необходимо продолжить научные исследования в области совершенствования ворошителей, установленных над сепарирующим элеватором машин для уборки картофеля в различных условиях применения.

Положения диссертации и полученные результаты отражены в следующих основных публикациях:

Статьи в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК РФ

1. Рузимуродов А.А. Обоснование параметров поперечного ворошителя, пруткового элеватора картофелеуборочных машин // Н.В. Бышов, А.А. Рузимуродов, В.Д. Липин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2020. – № 1. – С. 81-87.

2. Рузимуродов А.А. Исследование влияния эластичных оболочек рабочих органов картофелеуборочных машин на характер взаимодействия с клубнями // Н.В. Бышов, А.А. Рузимуродов, Г.К. Рембалович, А.А. Голахов // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2020. – № 3. – С. 98-103.

Патент

3. Патент на изобретение № 2672492 РФ, A01D 33/08. Картофелекопатель / Бышов, Н.В. Борычев, С.Н. Костенко, М.Ю. Липин, В.Д. Рузимуродов, А.А; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО РГАТУ; заявл. 10.01.2018; опубл. 15.11.2018 Бюл.№ 32.

Статья в журнале, входящем в базу Scopus

4. Ruzimurodov, A.A. Investigation of soil separation on a bar elevator with a transverse rotating agitator [Text] / M.Yu. Kostenko, A.A. Ruzimurodov, D.N.

Byshov, A.A. Golakhov, N.N. Yakutin. // 6th International Conference on Agro-Processing and Agriculture Voronezh, RF. 18.10.2019 - 13 p.

Статьи в материалах конференций и других изданиях

5. Рузимуродов, А.А. Обзор технологического процесса картофелеуборочных машин // IV Международной научно-практической конференции «Ресурсосберегающие технологии в земледелии» Ярославская ГСХА, 27.02. 2019 г. С. 96-103.

6. Рузимуродов, А.А. Анализ конструкции картофелеуборочных машин // Национальной научно-практической конференции «Научно-инновационные технологии как фактор устойчивого развития отечественного агропромышленного комплекса» РГАТУ, 12 декабря 2019 г. С. 210-214.

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная

Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ № 1457 подписано в печать 23.10.2020 г.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования*

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

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1

*Отпечатано в издательстве учебной литературы
и учебно-методических пособий ФГБОУ ВО РГАТУ*

390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1