

На правах рукописи



КОДИРОВ САЙФИДДИН ТУХТАСИНОВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СЕПАРИРУЮЩЕГО ЭЛЕВАТОРА
КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОЙ МАШИНЫ**

Специальность: 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского
хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

Диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Рязань – 2022

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, доцент
Рембалович Георгий Константинович

Официальные оппоненты: **Гаджиев Парвиз Имранович**, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный заочный университет», профессор кафедры эксплуатации и технического сервиса машин

Пономарев Андрей Григорьевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ), заведующий лабораторией «Машинных технологий возделывания и уборки картофеля и корнеплодов»

Ведущая организация: федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр картофеля имени А.Г. Лорха» (ФГБНУ «ФИЦ картофеля имени А.Г. Лорха»)

Защита диссертации состоится «22» сентября 2022 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 « » _____ 2022 г.

Ученый секретарь

диссертационного совета

доктор технических наук, профессор



Юхин И.А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Культура картофеля является одной из наиболее востребованных в аграрном секторе, и широко возделывается как в Российской Федерации, так и в большинстве других стран мира. В России под посадками картофеля находится более 1,3 млн. гектар, при этом общий объём производства данной культуры достигает в среднем более 31 100 тыс. тонн. Существенная доля урожая картофеля производится с применением машинных или механизированных технологий, в том числе в тяжелых почвенно-климатических условиях, что приводит к снижению производительности и качественных показателей работы применяемых уборочных машин (комбайнов и копателей), к повышению потерь, повреждений клубней картофеля и к увеличению себестоимости производства. В большей части схемно-конструктивных решений картофелеуборочных машин как основное сепарирующее устройство применяется прутковый элеватор. При работе таких элеваторов возникают ударные нагрузки, и зачастую наблюдаются повышенные повреждения и потери клубней.

Степень разработанности темы. Исследования, направленные на повышение эффективности сепарирующих органов картофелеуборочных машин, проводили многие учёные, в частности, С.Н. Борычев, Н.В. Бышов, Н.И. Верещагин, П.И. Гаджиев, С.В. Жевора, А.Ю. Измайлов, Р.Р. Камалетдинов, Н.Н. Колчин, М.Ю. Костенко, Л.Л. Максимов, С.В. Мальцев, Г.Д. Петров, А.Г. Пономарев, К.А. Пшеченков, Г.К. Рембалович, А.В. Сибирев, Е.А. Симаков, В.И. Славкин, А.А. Сорокин, В.И. Старовойтов, О.А. Старовойтова, М.Б. Угланов, И.А. Успенский, Л.С. Федотова и др., а также многие зарубежные исследователи: Н.Г. Байбобоев, Р. Петерс, Дж. Винкельманн, П.С. Струйк, и др. С появлением новых материалов и совершенствованием подходов к проектированию картофелеуборочных машин необходимо продолжение исследований в этой области.

Работа выполнена в соответствии с «Основными направлениями НИР ФГБОУ ВО РГАТУ на 2021-2025 годы», тема 1 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве. Перспективы развития сельских территорий» (№ гос.рег. 122020200038-8), раздел 1.3 «Совершенствование технологий, разработка и повышение надежности технических средств возделывания, уборки, транспортировки, хранения и переработки сельскохозяйственных культур в агропромышленном комплексе».

Цель исследований – снижение потерь и повреждений клубней картофеля путём обоснования параметров элеватора с комбинированными прутками.

Задачи исследований:

- 1) провести анализ элементов конструкций сепарирующих элеваторов картофелеуборочных машин;
- 2) теоретически обосновать параметры элеватора с комбинированными прутками;
- 3) исследовать влияние разработанного элеватора с комбинированными прутками на показатели работы картофелеуборочных машин;
- 4) определить экономический эффект от внедрения предложенных решений.

Объект исследования. Процесс работы элеватора с комбинированными прутками.

Предмет исследования. Теоретические и экспериментальные закономерности процесса взаимодействия элеватора, оснащенного комбинированными прутками, с клубненосным ворохом.

Научная новизна заключается в установлении аналитических зависимостей, описывающих взаимодействие клубненосного вороха с комбинированными прутками элеватора картофелеуборочной машины.

Теоретическая значимость заключается в обосновании параметров элеватора картофелеуборочной машины с комбинированными прутками.

Практическая значимость заключается в результатах оценки технико-экономического эффекта от внедрения картофелекопателя, оснащенного комбинированными прутками.

Методология и методы исследования. Исследования проводились на основе методов теоретической механики, теории вероятности, сопротивления материалов и математической статистики. Экспериментальные исследования проводили на основе планов многофакторного эксперимента. Анализ полученных данных выполнялся с помощью программ «STATISTICA 10», «MicrosoftExcel» и «MathCAD 15». Лабораторно-полевые исследования проводили согласно ГОСТ 28713-2018, ГОСТ Р 52777-2007, ГОСТ Р 52778-2007, ГОСТ Р 53056-2008.

Положения, выносимые на защиту:

1. Обоснованные параметры элеватора с комбинированными прутками и методика их обоснования.

2. Техничко-экономический эффект применения элеватора с комбинированными прутками в картофелеуборочной машине.

Реализация результатов исследования. На основании исследований были изготовлены опытные образцы сепарирующих элеваторов с комбинированными прутками, которыми оборудован картофелекопатель КТН-2В (с. Подвязье Рязанского района Рязанской области), на котором проводились хозяйственные исследования в 2020-2021 г. на общей площади 2,4 га.

Степень достоверности результатов исследований. Сходимость результатов теоретических и лабораторных исследований (расхождение составило менее 5%), а также положительные результаты апробации, подтвердили основные положения диссертации.

Личный вклад соискателя. Состоит в проведении теоретических и экспериментальных исследований и обосновании параметров сепарирующего элеватора с комбинированными прутками картофелеуборочных машин; получении результатов исследования взаимодействия клубненосного вороха с комбинированными прутками элеватора и оценки эффективности функционирования картофелекопателя с сепарирующим элеватором, оснащенным комбинированными прутками, в рамках полевых исследований.

Апробация работы. Основные положения и результаты исследований доложены и обсуждены на научно-практических конференциях профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов: на 71-й Международной научно-практической конференции «Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения» (Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2020); на 9-й Международной научно-практической конференции «Техника и технологии: пути инновационного развития» (Курск: Юго-Западный государственный университет, 2020); на Международной студенческой научно-практической конференции «Научно-практические аспекты инновационного развития транспортных систем и инженерных сооружений» (Рязань: ФГБОУ ВО РГАТУ, 2020); на Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию заслуженного деятеля науки и техники РФ, доктора технических наук, профессора Н.Н. Колчина (Рязань, ФГБОУ ВО РГАТУ, 2021).

Публикации. Основные положения диссертации опубликованы в печати в 4 научных работах, из них 3 статьи в источниках, включенных в «Перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук» ВАК РФ. Общий объем публикаций составил 1,5 п.л., из них лично соискателю принадлежит 0,85 п.л.

Структура и объем работы. В целом диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения (общих выводов), списка литературы из 150 наименований, приложений, изложена на 120 страницах, включает 32 рисунка и 7 таблиц.

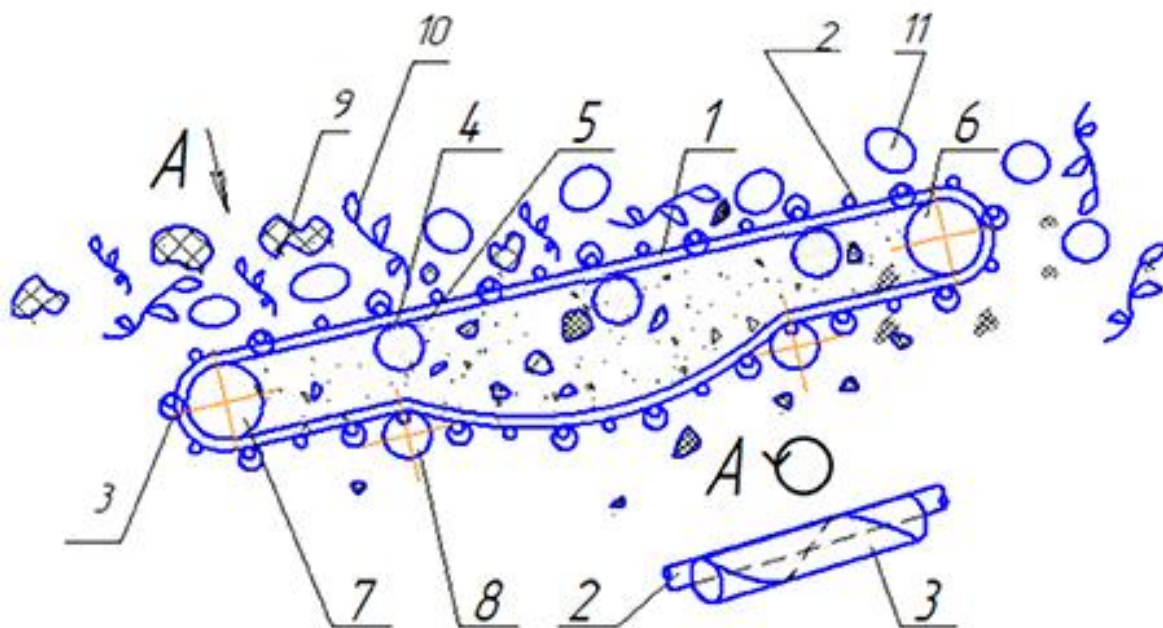
КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении представлены основные положения, выносимые на защиту, обоснована актуальность, сформулирована цель, отмечены научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе «Состояние вопроса и задачи исследований» рассмотрены современные технологии производства и уборки картофеля в России и мире, агротехнические требования, предъявляемые к уборке картофеля и работе картофелеуборочной техники, физико-механические свойства компонентов клубненосного вороха, а также проведен анализ конструкций прутковых элеваторов. На основе анализа теоретических исследований по ним установлено, что до настоящего времени остается недостаточно изученным влияние ударных нагрузок на процесс сепарации клубненосного вороха элеватором с комбинированными прутками. Кроме того, применяемые до сих пор конструкции покрытий прутков существенным образом не влияли на повышение показателей работы элеваторов. Покрытия снижают процент повреждений клубней, однако их установка ведет к снижению «живого» сечения полотна элеватора, вследствие чего может снижаться сепарация клубненосного вороха. Таким образом, необходимо продолжить теоретические и практические исследования работы элеватора с комбинированными прутками.

Во второй главе «Теоретические исследования элеватора с комбинированными прутками картофелеуборочных машин» разработана конструктивно-технологическая схема (рисунок 1) элеватора с комбинированными прутками, состоящими из собственно прутков 2 и надетых на них гибких цилиндрических трубок 3. При движении полотна, образованного гибкими тяговыми элементами 1 с комбинированными прутками, цилиндрические трубки 3 взаимодействуют со интенсификатором 5 в виде каскадов вращающихся роликов 6. В результате взаимодействия цилиндрические трубки 3 перекатываются по каскадам вращающихся роликов 6, при этом происходит перемещение цилиндрических трубок 3 относительно прутка 2 полотна элеватора. Так как ролики 5 расположены с чередованием по площади полотна сепарирующего элеватора, то происходит смещение картофельного вороха за счет сложного движения цилиндрических трубок.

Смещение вороха вызывает знакопеременные нагрузки, которые приводят к разрушению почвенных комков и повышению сепарации почвы.



1 – гибкий тяговый элемент; 2 – пруток; 3 – быстросъемная трубка с продольным винтовым разрезом; 4 – ролик; 5 – опорная рама; 6 – ведущий ролик; 7,8 – ведомые ролики; 9 – элемент почвы; 10 – растительные остатки; 11 – клубень картофеля.

Рисунок 1 – Принципиальная схема сепарирующего элеватора с комбинированными прутками картофелеуборочных машин

Рассмотрим движение комбинированного прутка по окружности профиля ролика (рисунок 2).

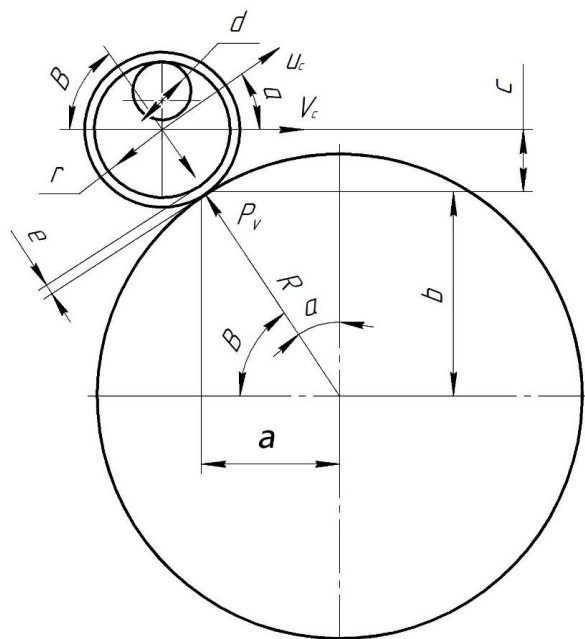


Рисунок 2 – Схема к определению параметров взаимодействия трубки прутка с роликом

Делая предположение, что в осевом направлении перемещение трубок комбинированного прутка не наблюдается, представим рассматриваемое движение в плоской системе координат.

Введем следующие допущения:

- полотно элеватора движется прямолинейно;
- в процессе взаимодействия происходит упругий удар;
- трубка обладает достаточной жесткостью.

Определим скорость центра трубки C после удара, с учетом массы трубки и массы клубненосного вороха, приходящейся на трубку. Начальную скорость трубки до удара примем равной скорости полотна элеватора V_c . Для определения скорости трубки после удара воспользуемся мгновенным центром скоростей P_V , который расположен в точке соприкосновения трубки и ролика.

После удара трубка повернется вокруг мгновенного центра скоростей.

Величину ударного импульса определим с помощью выражений :

$$m(\vec{u}_c - \vec{V}_c) = \vec{S}_F + \vec{S}_N , , \quad (1)$$

где m – масса трубки, кг;

V_c – скорость центра трубки до удара, м/с;

u_c – скорость центра трубки после удара, м/с;

\vec{S}_F и \vec{S}_N – составляющие ударного импульса, действующие на трубку в направлении по касательной и нормали к ее поверхности соответственно.

Проведя соответствующее преобразование, определим составляющие ударного импульса \vec{S}_F и \vec{S}_N :

$$\begin{cases} S_F = \frac{1}{2} m V_c (1 - \cos \alpha) \\ S_N = m V_c \sin \alpha \end{cases} , \quad (2)$$

где α – угол направления взаимодействия ролика с трубкой, град.

$$(\cos \alpha = \frac{a}{R} , \sin \alpha = \frac{b}{R}).$$

Тогда скорость центра трубки после удара u_c определится как

$$u_c = \frac{1}{2} V_c (1 + \cos \alpha) . , \quad (3)$$

Определим условие подбрасывания клубненосного вороха, применив теорему об изменении кинетической энергии при повороте трубки вокруг ролика на определенный угол.

$$T - T_0 = \sum A , \quad (4)$$

Тогда полная кинетическая энергия, учитывающая поступательную и вращательную составляющие трубки, определяются уравнением

$$T = \frac{m u_c^2}{2} + \frac{J \omega^2}{2} = \frac{m u_c^2}{2} + \frac{m r^2 u_c^2}{2 r^2} = m u_c^2 . \quad (5)$$

Выразим величину подскока клубненосного вороха:

$$h \leq \frac{\frac{v_c^2 (2R+d+2e)^2}{4(R+r+e)}}{g} \frac{m}{dm_1 \cdot l_1} \quad (6)$$

где dm_1 – удельная масса трубки с учетом массы клубненосного пласта кг/м;

l_1 – длина трубки комбинированного прутка, м.

g – ускорение свободного падения, м/с².

Проведем расчет высоты подскока компонентов клубненосного вороха в программе Mathcad, задавшись геометрическими параметрами комбинированного прутка и ролика, а также скоростью сепарирующего элеватора: $m= 0,05$ кг, $R=0,10-0,15$ м; $r= 0,0125-0,015$ м; $d= 0,011-0,012$ м; $e=0,002-0,004$ м; $V_c=2,0-2,2$ м/с (рисунок 3).

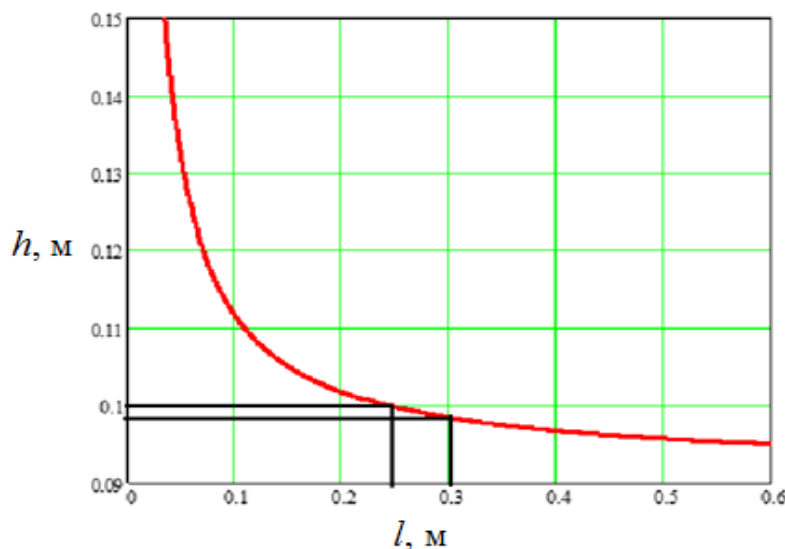


Рисунок 3 – Зависимость высоты подскока компонентов клубненосного пласта от длины трубки комбинированного прутка

Варьирование размерами трубки, ее толщины, радиуса ролика позволило установить, что рациональными параметрами являются: скорость элеватора, радиус ролика, внутренний радиус трубки, длина трубки (рис. 3).

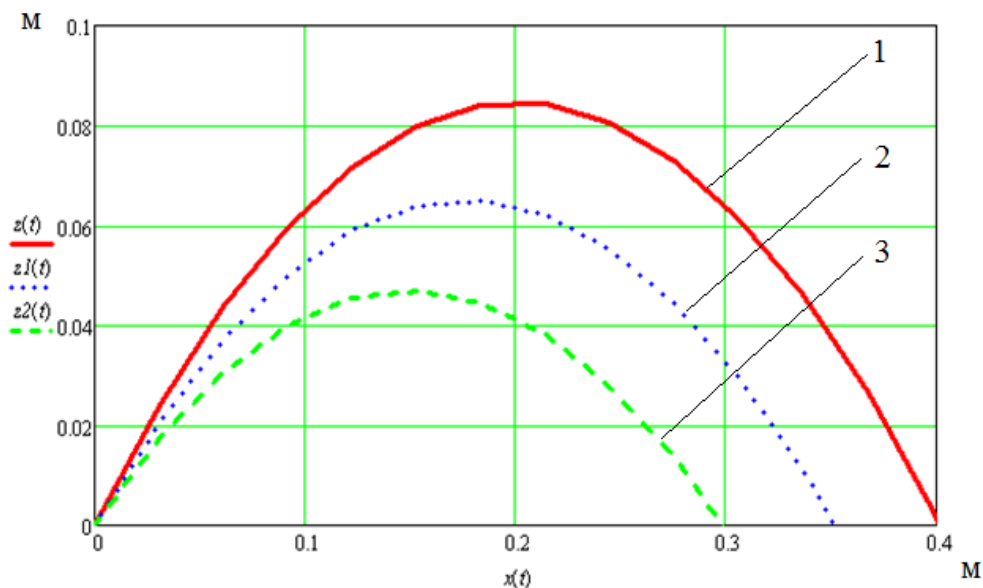
Клубень, подбрасывается полотном с начальной скоростью u_c , направленной под углом α к горизонту. Пренебрегая сопротивлением воздуха, определим дальность полета клубня, если клубень имеет вес G . Секционный комбинированный пруток сконструирован таким образом, что при взаимодействии с клубнем упруго сжимается, ограничивая возникающие напряжения и снижая повреждения клубней. Прежде всего, определим время подъема клубня до наивысшего положения и траекторию движения.

Допустим, что к клубню приложена постоянная сила тяжести $\bar{G}=m\bar{g}$, направленная вертикально вниз.

Уравнения движения клубня до момента достижения им наибольшей высоты будут

$$\begin{cases} x = u_c t \sin \beta, \\ y = u_c t \cos \beta, \\ z = u_c t \sin \gamma - \frac{gt^2}{2} \end{cases} \quad (7)$$

Рассчитаем траекторию движения клубня вдоль пруткового элеватора в программе Mathcad и построим график зависимости (рисунок 4).



1,2,3 – траектории движения при различных скоростях трубки комбинированного прутка: 2,5; 2,25; 2,0 м/с соответственно

Рисунок 4 – Траектория движения клубня вдоль пруткового элеватора

Анализируя траектории движения (полета) компонентов картофельного вороха относительно элеватора можно видеть, что дальность полета компонентов поперек элеватора примерно равна дальности вдоль элеватора, и составляет около 0,25-0,35 м. При этом высота траектории несколько меньше при поперечном движении и не превышает 0,06 м.

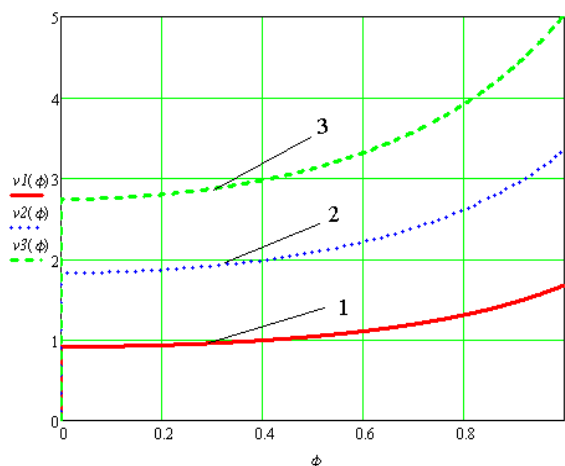
После подскока клубень ударяется о комбинированные прутки. Скорость клубня после удара можно определить формулой

$$v_1 = \frac{u_1 \sin \varphi}{k \sin\left(\frac{\varphi}{\arctg(k)}\right)} \quad (8)$$

На основании формулы (8) построим в программе Mathcad график изменения скорости отскока клубня (рисунок 5).

Установлено, что скорость отскока после соударения клубня с комбинированным прутком в большей степени определяется скоростью клубня до соударения, а также углом падения клубня. Так при угле падения около 25° и скорости падения 2 м/с скорость отскока составляет 2,1 м/с.

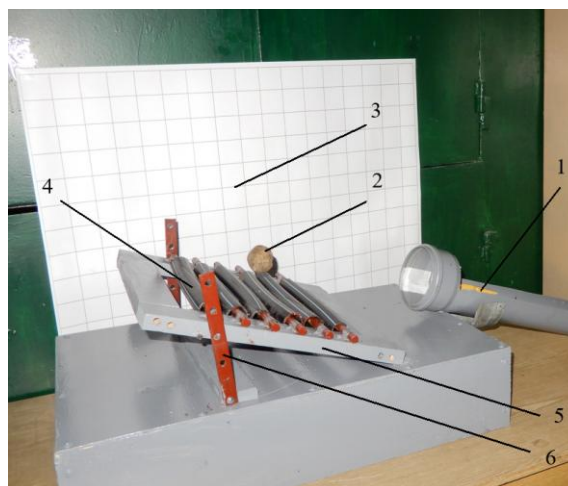
В третьей главе «Экспериментальные исследования комбинированных прутков элеватора картофелеуборочных машин» описаны методика и результаты экспериментальных исследований взаимодействия комбинированных прутков сепарирующего элеватора и клубней картофеля. Для изучения траектории движения клубней при подбрасывании и приземлении была разработана установка (рисунок 6).



скорости клубня до соударения:

линия 1 - 1 м/с, линия 2 - 2 м/с, линия 3 - 3 м/с.

Рисунок 5 – Зависимость изменения скорости отскока после соударения клубня с комбинированным прутком от угла падения



1 – кинетическая труба; 2 – клубень; 3 – масштабная сетка; 4 – комбинированные прутки; 5 – полотно элеватора; 6 – фиксатор для регулирования угла наклона полотна

Рисунок 6– Общий вид установки для изучения траектории движения клубней при подбрасывании и приземлении

В ходе исследования изучалось влияние начальной скорости клубня, направления его движения и угла наклона полотна на величину отскока клубня. В ходе экспериментов варьировались начальная скорость клубня, направление движения клубня, угол наклона полотна элеватора, отскок клубня фиксировали по высоте и длине. В результате обработки опытных данных в программе STATISTICA-8 были получены уравнения регрессии. Высота отскока клубней представлена следующим уравнением:

$$S_h = 3,2222 - 0,6111 \cdot \gamma + 4,0000 \cdot u_1 - 65,9500 \cdot \varepsilon + 6,5000 \cdot u_1 \cdot \varepsilon - 1,0833 \gamma \cdot u_1 - 0,0833 \cdot \gamma \cdot \varepsilon + 2,5000 \cdot \gamma^2 + 0,3333 \cdot u_1^2 + 67,7833 \varepsilon^2 \quad (9)$$

где u_1 – начальная скорость клубня, м/с; γ – направление движения клубня, град; ε – угол наклона полотна элеватора, град.

Анализ адекватности уравнения по опытным данным показал, что коэффициент детерминации $R_2 = 0.782$, а значимость всех факторов варьирования высокая.

Аналогичное уравнение получено для длины отскока клубней:

$$S_1 = 15,1852 - 0,5000 \cdot \gamma + 8,6111 \cdot u_1 - 59,0353 \cdot \varepsilon + 8,6667 \cdot u_1 \cdot \varepsilon + 0,3333 \cdot \gamma \cdot u_1 + 4,0833 \cdot \gamma \cdot \varepsilon - 0,3889 \cdot \gamma^2 - 6,0556 \cdot u_1^2 + 62,9797 \cdot \varepsilon^2 \quad (10)$$

Анализ адекватности уравнения опытными данными показал, что коэффициент детерминации $R_2 = 0.771$, а значимость всех факторов варьирования высокая.

На основании полученных опытных данных были построены графики зависимостей высоты и длины отскока от различных факторов (рисунки 7, 8).

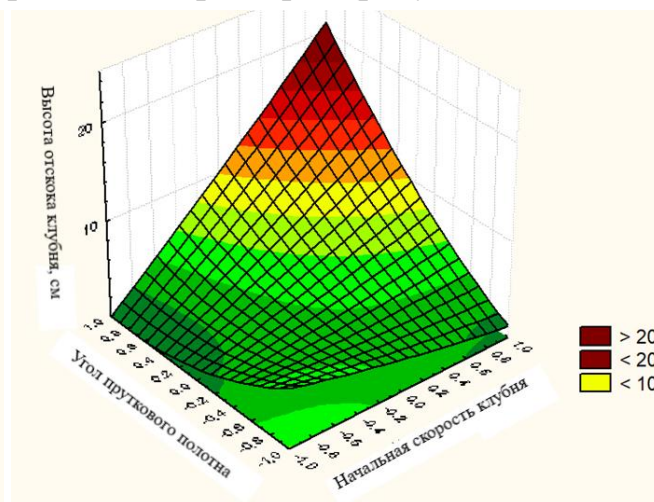
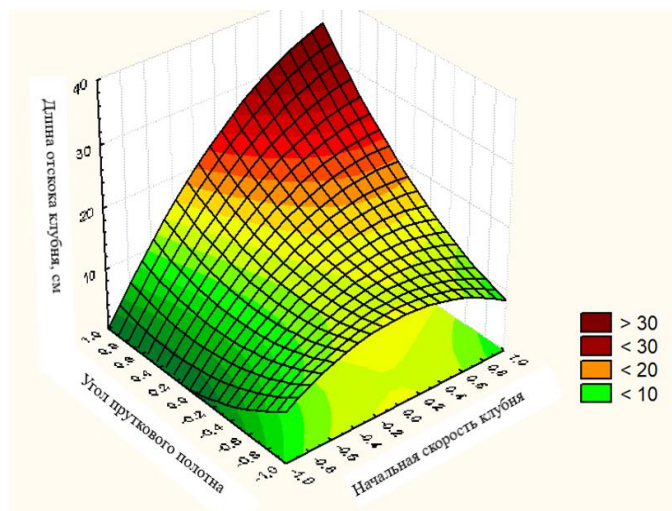


Рисунок 7 – Зависимость длины отскока клубня от начальной скорости клубня и угла наклона пруткового полотна элеватора

Рисунок 8 – Зависимость высоты отскока клубня от начальной скорости клубня и угла наклона пруткового полотна элеватора

Анализ зависимостей отскока клубней показал, что наибольшую значимость имеет фактор «начальная скорость клубня до соударения с поверхностью элеватора с комбинированными прутками».

На рисунке 7 видно, что длина отскока клубней определяется начальной скоростью клубня до соударения, также существенное влияние оказывает угол наклона полотна элеватора с комбинированными прутками. При этом рациональное значение длины отскока около 0,15 м наблюдается при начальной скорости клубня 2,1 м/с и величине угла наклона полотна элеватора 21° .

На рисунке 8 видно, что высота отскока клубней определяется начальной скоростью клубня до соударения, также существенное влияние оказывает угол наклона полотна элеватора с комбинированными прутками. При этом рациональное значение высоты отскока около 0,06 м наблюдается при начальной скорости клубня 2,2 м/с и величине угла наклона полотна элеватора 22° . Таким образом, минимальные значения отскока клубня наблюдаются в диапазоне значений начальной скорости клубня 2,1-2,2 м/с и величине угла наклона полотна элеватора 21° - 22° .

В четвертой главе «Полевые исследования картофелеуборочных машин, оснащенных элеватором с комбинированными прутками» исследовались серийный и модернизированный картофелекопатели КТН – 2В в ООО «Авангард» Рязанского района Рязанской области в сентябре 2020-2021 годов. При этом использовалось стандартное оборудование, применяемое при агротехнической и эксплуатационно-технологической оценке в соответствии с действующими ГОСТ, и СТО ведущих организаций в сфере испытаний машин для сельского хозяйства (АИСТ).

При проведении полевых исследований проводилось изучение процесса сепарации клубненосного вороха с одновременной агротехнической оценкой, определением качественных показателей работы.

На прутки первого элеватора картофелекопателя КТН-2В были установлены полиэтиленовые трубки из полиэтилена низкого давления внутренним диаметром 25 мм с толщиной стенки 2 мм, а под верхнюю ветвь полотна элеватора смонтированы ролики.

Общий вид экспериментального картофелекопателя КТН-2В и вид элеватора с комбинированными прутками, представлены на рисунках 9 и 10.



Рисунок 9 – Общий вид экспериментального картофелекопателя КТН-2В



1– пруток; 2 – быстръемная трубка с продольным винтовым разрезом; 3 – лемех.

Рисунок 10 – Вид элеватора с комбинированными прутками на картофелекопатель КТН-2В

Показатели качества работы картофелекопателя КТН-2В с экспериментальным рабочим органом приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Сравнительные показатели полевых испытаний картофелекопателя с экспериментальными рабочими органами

Показатели работы	Значения показателей работы картофелекопателей	
	КТН-2В	КТН-2В с экспериментальным рабочим органом
1. Скорость движения, км/ч	4,2	4,4
2. Полнота уборки клубней, %	86,0	93,3
3. Оставлено в почве, %	0,8	0,7
4. Присыпано почвой, %	8,3	3,0
5. Производительность за 1 час эксплуатационного времени, га/час	0,47	0,49
6. Повреждения клубней, %	2,7	1,9

По результатам полевых испытаний можно заключить, что установка на картофелекопатель КТН-2В элеватора с комбинированными прутками позволяет существенно улучшить показатели работы картофелекопателя.

В пятой главе «Технико-экономический эффект от внедрения сепарирующего элеватора с комбинированными прутками в картофелеуборочных машинах» проведена экономическая оценка внедрения модернизации сепарирующего органа картофелеуборочных машин. Экономическая оценка модернизации сепарирующего органа картофелеуборочных машин проводилась постандартной методике экономической оценки согласно ГОСТ 34393-2018 «Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки».

Установлено, что снижение себестоимости выполнения уборочных работ с помощью картофелекопателя КТН-2В, оборудованного элеватором с комбинированными прутками, составило 10,22 %. Годовая экономия совокупных затрат денежных средств составила 2319771,2 рублей в расчете на один картофелекопатель с нормативной загрузкой 40 га в год.

Заключение

1. С увеличением диаметра трубки комбинированного прутка уменьшается скорость центра трубки, а также уменьшается коэффициент «живого сечения решета».

2. Анализ траектории движения (полета) компонентов картофельного вороха относительно элеватора позволил установить, что дальность полета компонентов вдоль и поперек элеватора составляет около 0,25-0,35 м, при этом

высота траектории несколько меньше при поперечном движении и не превышает 0,06м.

3. Установлено, что скорость отскока после соударения клубня с комбинированным прутком в большей степени определяется скоростью клубня до соударения, а также углом падения клубня.

4. Экспериментальными исследованиями установлено, что максимальное воздействие комбинированного прутка на клубень происходит при скорости элеватора 2,1-2,2 м/с. При соударении клубня с комбинированными прутками наибольшую значимость имеет фактор «начальная скорость клубня до соударения с поверхностью элеватора с комбинированными прутками». Минимальные значения высоты отскока наблюдаются после соударения с комбинированными прутками в диапазоне рациональных значений: начальной скорости соударения не более 2,1м/с, величине угла наклона полотна элеватора 20-25⁰ и угла направления движения клубня 20-25⁰.

5. Картофелекопатель, оборудованный элеватором с комбинированными прутками, показал снижение потерь клубней, присыпанных почвой после прохода машины, оборудованной элеватором с комбинированными прутками до 3,0% в сравнении с серийным картофелекопателем. Повреждения клубней на картофелекопателе, оборудованном элеватором с комбинированными прутками, составили 1,9%, что в 1,42 раза меньше в сравнении с серийным картофелекопателем КТН-2В.

6. Снижение себестоимости выполнения уборочных работ с помощью картофелекопателя КТН-2В, оборудованного элеватором с комбинированными прутками, составило 10,22 %.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Целесообразно продолжить научные исследования в направлении совершенствования рабочих органов картофелеуборочных машин на основе применения комбинированных прутков элеваторов для различных почвенно-климатических условий.

Рекомендации производству

Для повышения эффективности функционирования картофелеуборочных машин рационально использовать комбинированные прутки в конструкции элеватора.

Основные положения диссертации опубликованы в следующих работах:

Статьи в ведущих изданиях, рекомендованных ВАК России:

1. Исследование эксплуатационных показателей картофелеуборочных машин с модернизированными рабочими органами / Д.В. Евтехов, Р.В. Безносюк, С.Т. Кодиров[и др.]// Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2021. - №1(49). – с. 112-119. – DOI 10.36508/RSATU.2021.49.1.017.

2. Исследование траекторий движения клубней картофеля при подбрасывании на полотне из композитных прутков / Н.С. Жбанов, С.Т. Кодиров, М.Ю. Костенко [и др.]// Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2021. – Т.13. - №3. – с. 100-105. – DOI 10.36508/RSATU.2021.20.64.014.

3. Кодиров, С.Т. Теоретическое обоснование технического средства машинной уборки картофеля / Кодиров С.Т., Рембалович Г.К., Успенский И.А. [и др.] // Полиматический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар :КубГАУ, 2022. - №05 (179). IDA [article ID] : 1792205019. – Режимдоступа:<http://ej.kubagro.ru/05/pdf/19.pdf>.

Публикации в сборниках и других научных изданиях:

4. Анализ интенсифицирующих устройств, повышающих эффективность сепарирующих рабочих органов картофелеуборочных машин / Д.В. Евтехов, С.Т. Кодиров, А.В. Зеленев[и др.]// Материалы 71-й Международной научно-практической конференции «Современные вызовы для АПК и инновационные пути их решения». Рязань: Издательство ФГБОУ ВО РГАТУ, 2020. – с.105-108.

*Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная
Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ №1519 подписано в печать 22.07.2022.
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования*

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

390044, . Рязань, ул. Костычева, 1

*Отпечатано в издательстве учебной литературы
и учебно-методических пособий ФГБОУ ВО РГАТУ
390044, . Рязань, ул. Костычева, 1*