На правах рукописи

ЛАПИН ДМИТРИЙ АЛЕКСАНДРОВИЧ

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИСКОВОГО ВОРОШИТЕЛЯ СЕПАРИРУЮЩЕГО ЭЛЕВАТОРА КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНЫХ МАШИН

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства

Автореферат
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Рязань – 2018

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: **Пшеченков Константин Александрович,**
доктор технических наук, профессор,
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха», заведующий группой по хранению и переработке картофеля

Камалетдинов Рим Рашитович,
доктор технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный аграрный университет», профессор кафедры строительно-дорожных, коммунальных и сельскохозяйственных машин

Ведущая организация: ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Защита диссертации состоится 10 декабря 2018 года в 10:00 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 образования и науки Российской Федерации www.vak3.ed.gov.ru.

Автореферат разослан «_____» _____20__ г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор технических наук, доцент Юхин Иван Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Картофель возделывается во многих странах мира. Объем мирового производства картофеля отраслевыми экспертами оценивается в 390 млн. тонн. Крупнейшими мировыми производителями картофеля являются Китай, Индия и Россия (25%, 12% и 9% соответственно) в общем объеме производства.

На данный момент времени наиболее ресурсозатратным технологическим процессом возделывания картофеля является его уборка¸ в общем процентном соотношении на его долю приходится порядка 75% всех трудозатрат и около 60% энергозатрат. Снижение всех ресурсозатрат возможно благодаря применению новейших машинных технологий и современной сельскохозяйственной техники, которая соответствует всем предъявляемым к уборочным машинам агротехническим требованиям. Наравне с уменьшением затрат труда должны обеспечиваться: чистота клубней в таре 97% и более, потери не больше 4…6% клубней и повреждения не более 5%.

Сепарирующий элеватор является одним из распространенных рабочих органов в картофелеуборочных машинах. Он должен обеспечивать высокую полноту сепарации картофельного вороха и достаточную производительность, однако данные показатели достигаются лишь в ограниченном диапазоне условий использования. Для повышения производительности сепарации на элеваторе в различных условиях использования его оснащают интенсификаторами различного типа. Таким образом, актуальной научно-технической задачей является создание и обоснование параметров интенсификаторов сепарирующих элеваторов, применение которых позволит достигать уровня агротехнических требований к картофелеуборочным машинам в широком диапазоне условий использования.

Степень разработанности темы. Вопросами повышения производительности сепарации в картофелеуборочных машинах занимались Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Н.И. Верещагин, М.Н. Ерохин, А.Ю. Измайлов Р.Р. Камалетдинов, Н.Н. Колчин, М.Ю. Костенко, К.З. Кухмазов, Н.П. Ларюшин, В.А. Макаров, Г.Д. Петров, А.Г. Пономарев, К.А. Пшеченков, Г.К. Рембалович, В.И. Славкин, А.А. Сорокин, М.Б. Угланов, И.А. Успенский, В.Ф. Федоренко и др., а также ряд зарубежных исследователей: R. Peters,J. Winkelmann, P.C. Struik и др. Несмотря на большое количество работ процесс совершенствования средств для разделения компонентов картофельного вороха далеко не исчерпал себя.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР ФБГОУ ВО РГАТУ на 2016…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 работы Повышение производительности картофелеуборочных машин путем обоснования параметров дискового ворошителя сепарирующего элеватора.

Объект исследования Воздействие рабочих элементов дискового ворошителя сепарирующего элеватора на картофельный ворох в уборочных машинах.

Предмет исследования Закономерности воздействия рабочих элементов дискового ворошителя на картофельный ворох.

Научная новизна работы:

-теоретическое обоснование параметров дискового ворошителя сепарирующего органа картофелеуборочных машин;

-экспериментальные зависимости, описывающие изменения показателей работы сепарирующего органа картофелеуборочных машин от параметров дискового ворошителя.

Практическая значимость работы:

-рациональные параметры дискового ворошителя сепарирующего рабочего органа картофелеуборочных машин;

-результаты оценки показателей работы картофелекопателя, оснащенного дисковым ворошителем.

Методология и методы исследования По методикам, базисом которых являлись основы фундаментальной теоретической механики, теории вероятности, сопротивления материалов и математической статистики, осуществлены теоретические исследования. В соответствии с планом факторного эксперимента проводились испытания в лаборатории. Анализ полученных данных выполнялся с помощью программ «STATISTICA 8.0» и «MathCAD 16».

Положения, выносимые на защиту:

-теоретическое обоснование параметров дискового ворошителя сепарирующего органа картофелеуборочных машин;

-результаты оценки функционирования картофелеуборочной машины, оснащенной сепарирующим элеватором с дисковым ворошителем, в рамках полевых исследований;

- результаты оценки технико-экономического эффекта внедрения картофелеуборочной машины, оснащенной дисковым ворошителем.

Реализация результатов исследования На основании проделанных исследований были изготовлены опытные образцы дискового ворошителя, которыми оборудованы картофелеуборочные машины (ООО «Подсосенки», Шацкий район Рязанской области), прошедшие хозяйственные испытания в 2015-2017 г.

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

Апробация работы Результаты диссертационного исследования обсуждены на международных научно-технических конференциях Рязанского ГАТУ имени П.А. Костычева (2017, 2018 гг), и на международной научно-технической конференции БГАТУ (Республика Беларусь, 2018).

Публикации Основные положения диссертации опубликованы в печати в 11 научных работах, из них 4 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. Получен 1 патент РФ на изобретение. Общий объем публикаций составил 3,8 п.л., из них лично соискателю принадлежит 1,3 п.л.

Структура и объем работы В целом диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения (общих выводов), списка литературы из 136 наименований, приложения, изложена на 133 страницах, включает 37 рисунков и 15 таблиц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе «Анализ состояния вопроса и постановка задач исследований» рассмотрены технологии машинной уборки картофеля, проведен анализ научных исследований в области разработки и обоснования параметров существующих сепарирующих органов. Более подробно рассмотрены самые распространенные из них – прутковые элеваторы. Установлено, что сепарирующий элеватор современной картофелеуборочной машины обеспечивает качественное отделение примесей не во всём необходимом диапазоне влажности почвы в период уборки. Поэтому необходимо совершенствование конструкции элеваторов. Одним из перспективных путей является использование в их конструкции интенсификаторов с приводом для улучшения разрушения клубненосного вороха.

В соответствии с поставленной целью были определены задачи исследований:

- теоретически обосновать параметры дискового ворошителя сепарирующего органа картофелеуборочных машин;
- экспериментально уточнить рациональные значения параметров дискового ворошителя сепарирующего органа картофелеуборочных машин;

- оценить функционирование картофелеуборочной машины, оснащенной сепарирующим элеватором с дисковым ворошителем, в рамках полевых исследований;
- оценить технико-экономический эффект внедрения картофелеуборочных машин, оснащенных дисковым ворошителем.

Во второй главе «Теоретическое обоснование параметров дискового ворошителя сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин» на основании работ Н.В.Бышова, Н.Н. Колчина, Г.Д. Петрова, А.А. Сорокина и других авторов сделан вывод о неравномерности распределения клубненосного вороха по ширине основного элеватора. В результате происходит ухудшение сепарации почвы, и увеличение нагрузки на последующие рабочие органы. Для решения этой проблемы было предложено применение в конструктивно-технологической схеме сепарирующего элеватора дискового ворошителя.

Сепарирующее устройство клубнеуборочной машины (рисунок 1) содержит сепарирующий элеватор 1 и смонтированные над ним дисковые ворошители 2 с расположенными на их поверхности пальцами 3,дисковый ворошитель 2 имеет форму плоского диска с обрезиненной поверхностью 4, совершающего вращательные движения вокруг своей оси под острыми углами к поверхности сепарирующего элеватора 1, пальцы 3 изготовлены в виде металлических стержней 5 (рисунок 2) с закрепленными на них резиновыми трубками 6. Имеется возможность изменения длины свободного конца трубки 6 на металлическом стержне 5.

Устройство работает следующим образом. Картофельный ворох с подкапывающего рабочего органа (на рисунке не показан) переходит на поверхность полотна сепарирующего элеватора. В процессе продвижения вместе с полотном элеватора идет процесс отделения примесей и их просев в межпрутковое пространство, однако данный процесс не всегда протекает достаточно эффективно. Для устранения момента сгруживания вороха и служит предлагаемое устройство, так как именно это устраняет неравномерность распределения клубненосного слоя по ширине основного элеватора. В момент начала контакта дискового ворошителя с картофельным ворохом в последний с плавным усилием входят пальцы, закрепленные на нижней части обрезиненного диска ворошителя. Плавность взаимодействия пальцев с картофелесодержащим пластом происходит по причине того, что пальцы выполнены в виде резиновых трубок, закрепленных на металлических стержнях. Поскольку пальцы выполнены с возможностью изменения длины свободного конца трубки на металлическом стержне при различных погодных условиях обеспечивается щадящее воздействие и снижение повреждений клубней картофеля.

При теоретическом обосновании параметров разработанного дискового ворошителя составлены и приняты следующие допущения: поперечный срез гребня картофельной грядки имеет форму перевернутой параболы;

клубненосный ворох имеет однородную структуру во всех точках; компоненты клубнесодержащего вороха перемещаются совместно с поверхностью полотна пруткового элеватора; уборочный агрегат движется с постоянной скоростью; диски ворошителя вращаются равномерно.

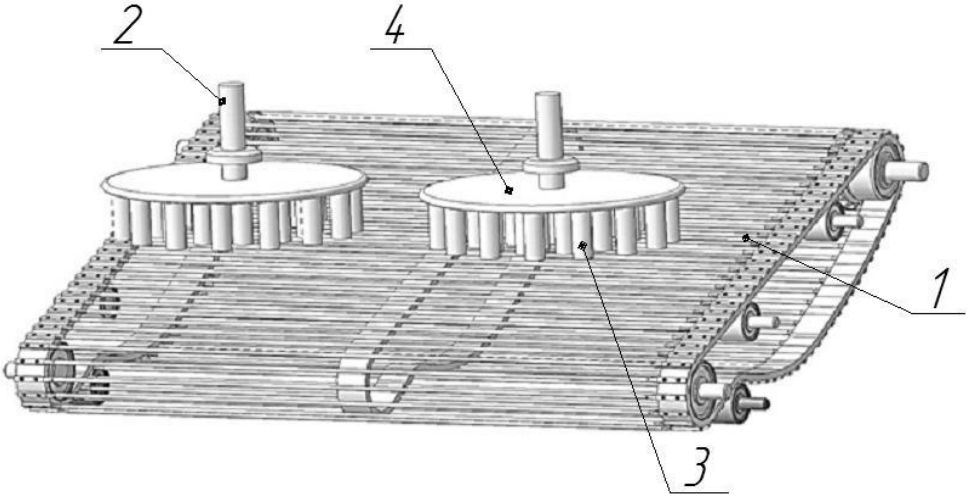


Рисунок 1 – Сепарирующий элеватор с дисковыми ворошителями

1 – сепарирующий элеватор, 2 – дисковый ворошитель; 3 – палец; 4 – обрезиненный диск

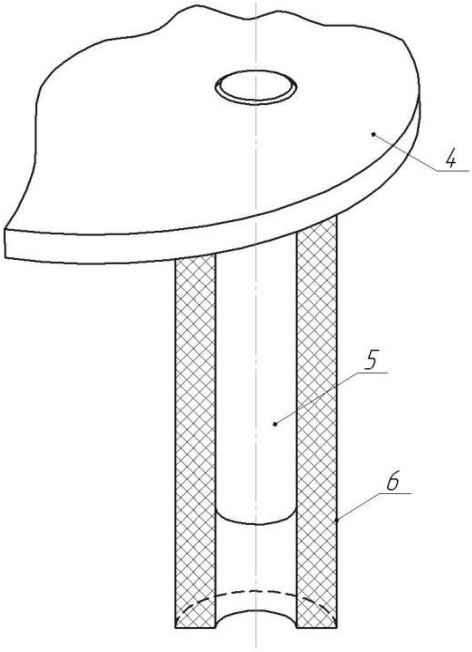


Рисунок 2 – Рабочий элемент (палец) дискового ворошителя(заявка на полезную модель №2018128249/13(045240))

4 – обрезиненный диск; 5 – металлический стержень; 6 – полимерная трубка

Учитывая, что полотно элеватора движется равномерно с постоянной скоростью V_n., диски с упругими пальцами вызывают относительное перемещение компонентов картофельного вороха по полотну. Исследуем движение компонентов картофельного вороха в подвижной системе координат, движущейся со скоростью элеватора (рисунок 3).

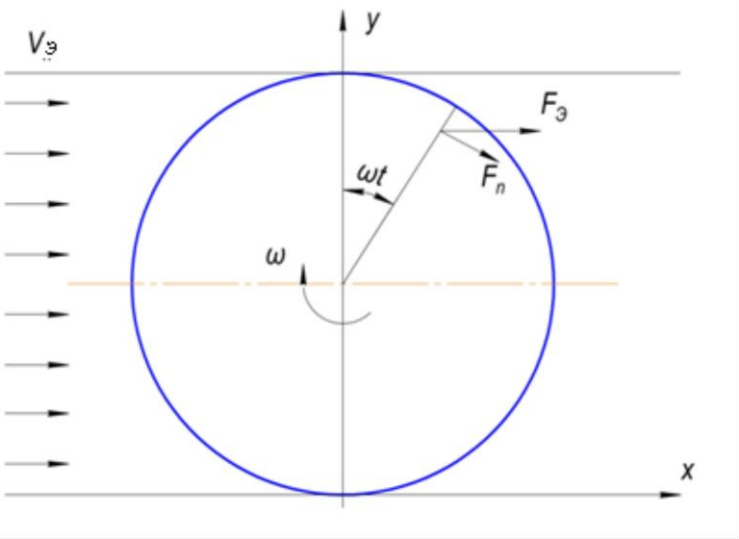


Рисунок 3 - Схема к определению закона движения компонентов картофельного вороха под действием дискового ворошителя

Запишем дифференциальные уравнения движения компонентов картофельного вороха по элеватору:

$$\begin{cases} m\dfrac{d^2x}{dt^2} = F_э + F_n\cos(\omega t) \\ m\dfrac{d^2y}{dt^2} = -F_n\sin(\omega t) \end{cases} \quad (1)$$

где: $F_э$ – усилие воздействия элеватора на картофельный ворох, Н;

m – масса компонента вороха, кг;

F_n – усилие воздействия пальца дискового ворошителя на компоненты картофельного вороха, Н;

ω – угловая скорость дисковых ворошителей, $с^{-1}$.

Распределение картофельного вороха по ширине описывается полиномом вида:

$$h = A + B\cdot b + C\cdot b^2 \quad (2)$$

где: A,B,C – коэффициенты, зависящие от почвенно-климатических условий;

h – высота картофельного вороха на элеваторе, м;

b –ширина распределения картофельной грядки на элеваторе, м.

Тогда усилие сопротивления пальцев дискового ворошителя определится выражением:

$$F_n = k\cdot b_n\cdot(A + B\cdot r\cdot\cos(\omega t) + C\cdot r^2\cdot\cos^2(\omega t)) \quad (3)$$

где: k – коэффициент сопротивления картофельного вороха, $Н/м^2$;

$b_п$– ширина пальца дискового ворошителя, м.

Преодоление сил внутреннего трения

$$F_э = f_{вн} \cdot N \tag{4}$$

где: $f_{вн}$ – коэффициент внутреннего трения компонентов картофельного вороха на элеваторе;

N– сила нормального давления вороха на элеватор, Н.

Тогда нормальное давление картофельного вороха на элеваторе, приходящееся на один палец дискового ворошителя будет:

$$N = \frac{\pi r^2}{n} \cdot h \cdot \gamma \cdot g \tag{5}$$

где: r –радиус расположения пальцев на дисковых ворошителей, м;

n – количество пальцев на дисковом ворошителе, шт.

γ – объёмная масса картофельного вороха, кг/м^3;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

Подставив полученные выражения (2), (3), (4), (5) в уравнение (1), и проведя преобразования получим:

$$\begin{cases} x = x_o + \frac{f_{вн}}{m} \cdot \gamma \cdot g \cdot \frac{\pi \cdot r^2}{n} \cdot \left[(\frac{C}{4} \cdot r^2 + \frac{A}{2}) \cdot t^2 - \frac{B \cdot r}{\omega^2} \cdot \cos \omega t - \frac{C \cdot r^2}{8 \cdot \omega^2} \cdot \cos 2\omega t \right] + \\ + \frac{k \cdot b_n}{m} \cdot \left[\frac{B \cdot r}{4} \cdot t^2 - \frac{3 \cdot C \cdot r^2 + 4 \cdot A}{4 \cdot \omega^2} \cdot \cos \omega t - \frac{B \cdot r}{8 \cdot \omega^2} \cdot \cos 2\omega t - \frac{C \cdot r^2}{36 \cdot \omega^2} \cdot \cos 3\omega t \right] + V_{xo} \cdot t \\ y = y_o + \frac{k \cdot b_n}{m \cdot \omega} \cdot \left[\frac{B \cdot r}{2} \cdot t + \frac{4A + C \cdot r^2}{4 \cdot \omega} \cdot \sin \omega t + \frac{B \cdot r}{4 \cdot \omega} \cdot \sin 2\omega t + \frac{C \cdot r^2}{36 \cdot \omega} \cdot \sin 3\omega t \right] + V_{yo} \cdot t \end{cases} \tag{6}$$

На основании выражений (2), (6) полученных с помощью программы MathCAD были исследованы траектории движения компонентов картофельного вороха (рисунок 4) на элеваторе под действием дискового ворошителя.

Анализ показывает, что перемещение компонентов картофельного вороха зависит от расположения пальцев на диске ворошителя. Изучение траекторий позволило установить основные параметры дискового ворошителя: расстояние между пальцами – 0,15…0,2 м; угловая скорость – 5,6…6,2 рад/с, радиус расположения пальцев – 0,25…0,28 м.

Проанализируем процесс воздействия на клубень картофеля упругого элемента, имеющего поперечное сечение в форме кольца, для определения геометрических параметров пальца.

Влияние высоты картофельного вороха на элеваторе учитывается с помощью выражения 2 для распределения картофельного вороха по ширине.

Запишем условие перемещения компонента картофельного вороха по сепарирующей поверхности элеватора:

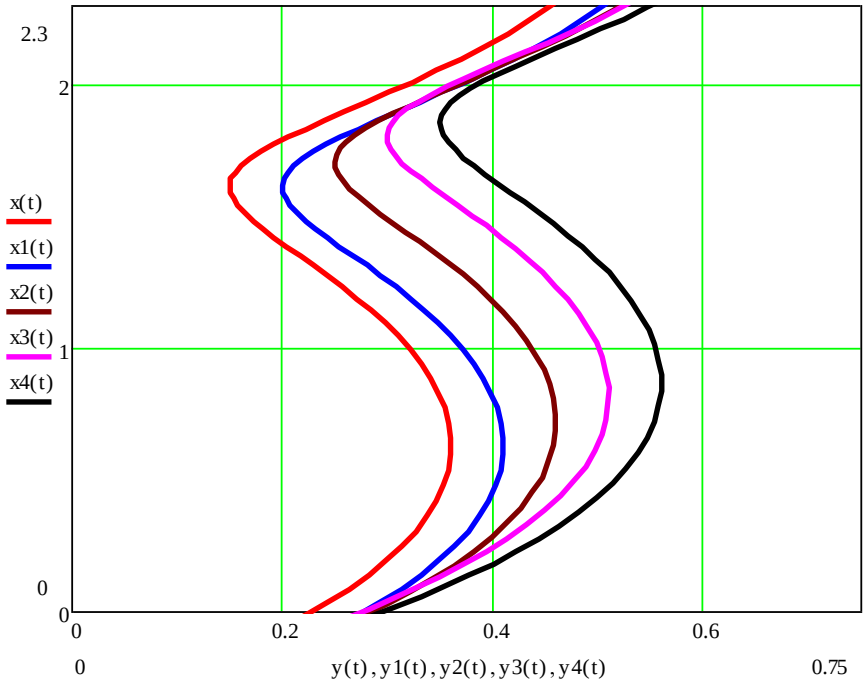


Рисунок 4 – Траектории движения компонентов картофельного вороха на элеваторе под действием дискового ворошителя

$$F_k \cdot \sin\theta_{max} > F_{тр} = N_A \cdot f = F_k \cdot f \cdot \cos\theta_{max} \quad (7)$$

где: F_k- усилие перемещения компонентов картофельного вороха, Н;

Получаем следующее выражение:

$$\theta_{max} > f \quad (8)$$

Введем допущение, что во время деформации упругого элемента возникает прямой поперечный изгиб. При этом условии основное дифференциальное уравнение примет следующий вид:

$$E_{эл} \cdot I_x \cdot \frac{d^2y}{dZ^2} = M(z) \quad (9)$$

где $E_{эл}$– модуль Юнга для упругого материала элементов, *МПа*;

I_x– момент инерции поперечного сечения упругого элемента в виде кольца, м^4;

M(z)– изгибающий момент, $H \cdot м$.

После преобразований прогиб пальца с учетом начальных условий определяется выражением при $z = H_{эл}$:

$$y = \frac{F_k}{E_{эл} \cdot (\frac{\pi \cdot (R^4 - r^4)}{4} + r^2 \cdot \pi \cdot (R^2 - r^2))} \cdot \frac{H_{эл}^{\ 3}}{3} \qquad (10)$$

Анализ выражения(10) показывает, что величина изгиба пальца и его деформация будут существенно зависеть от длины упругой части (рисунок 5). Таким образом, при выборе жесткости пальца следует учитывать не только материал и форму, но и конструкцию упругой части.

На основании математического моделирования при принятых параметрах: внешний диаметр упругой части D=0,02…0,035 м., внутренний диаметр упругой части d=0,012…0,016 м, усилие воздействия компонентов картофельного вороха на упругую часть пальца F=140…180 Н., модуль Юнга E=20·10^6 Па, высота упругой части Нэл=0,04…0,06 м, установлено, что необходимая жесткость упругой трубчатой части пальца должна находиться в пределах от 3,7 кН/м до 4,8 кН/м.

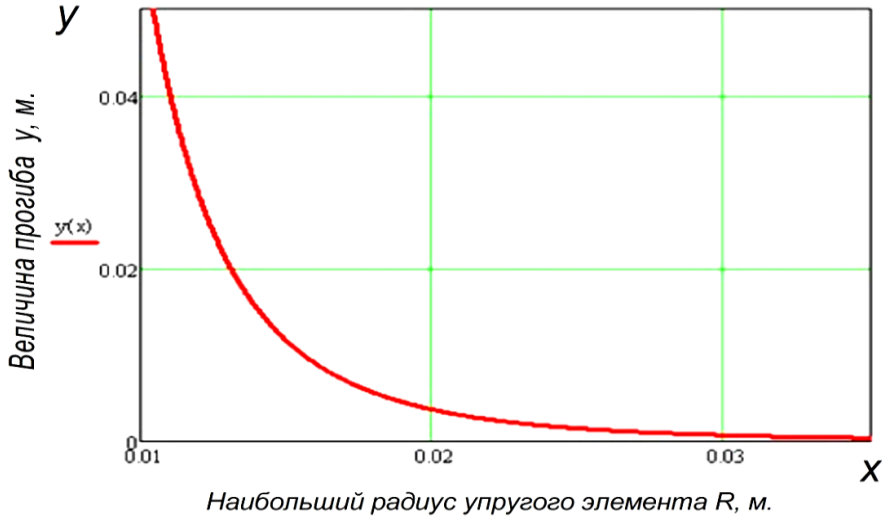


Рисунок 5 – Зависимость деформации пальца от радиуса трубчатой упругой части

В третьей главе «Экспериментальные исследования параметров дискового ворошителя сепарирующего элеватора картофелеуборочных машин» показана программа, методика и полученные результаты лабораторных исследований работы сепарирующего элеватора с дисковым ворошителем. В программу экспериментальных исследований были включены исследования жесткости упругих элементов дискового ворошителя картофелеуборочных машин, лабораторные исследования

сепарирующей способности и уточнение рациональных параметров сепарирующего элеватора с дисковым ворошителем.

Для проведения исследования были предложены пальцы с различными поверхностными покрытиями:

- шланга резинового (ГОСТ 18698-79) внутренним диаметром 0,016м и наружным 0,026 м состоящего из внутреннего резинового слоя(резина марки ИРП-1265), нитяного каркаса (усиления) (полиамидная комплексная нить марки А по ГОСТ 22693-98) с несколькими промежуточными слоями из резины,
- шланга из поливинилхлорида (ТУ 2247-001-10641390-2015) армированного (нить полиамидная ГОСТ 22693-98) серия Б;
- шланга из поливинилхлорида (ТУ 2247-001-10641390-2015) армированного (нить полиамидная ГОСТ 22693-98) серия МТ;
- шланга из поливинилхлорида (ТУ 2247-001-10641390-2015) серия МН;
- вулканизированной резины (ГОСТ 6467-79) наружным диаметром 0,025 м.

На основании проведенных исследований был выбран палец, выполненный из шланга резинового (ГОСТ 18698-79) внутренним диаметром 0,016м и наружным 0,026 м, состоящий из внутреннего резинового слоя (резина марки ИРП-1265), нитяного каркаса (усиления) (полиамидная комплексная нить марки А по ГОСТ 22693-98) с несколькими промежуточными слоями из резины.

Исследования сепарирующей способности пруткового элеватора с дисковым ворошителем проходили на лабораторной установке (рисунок 6). Для определения влияния дисковых ворошителей на сепарирующую способность пруткового элеватора был проведен многофакторный эксперимент.

Переменными факторами выступали: x_1 – угловая скорость дискового ворошителя, $с^{-1}$; x_2 – подача вороха, кг/с.

По итогам лабораторных исследований получили уравнение регрессии, характеризующее полноту выделения примесей:

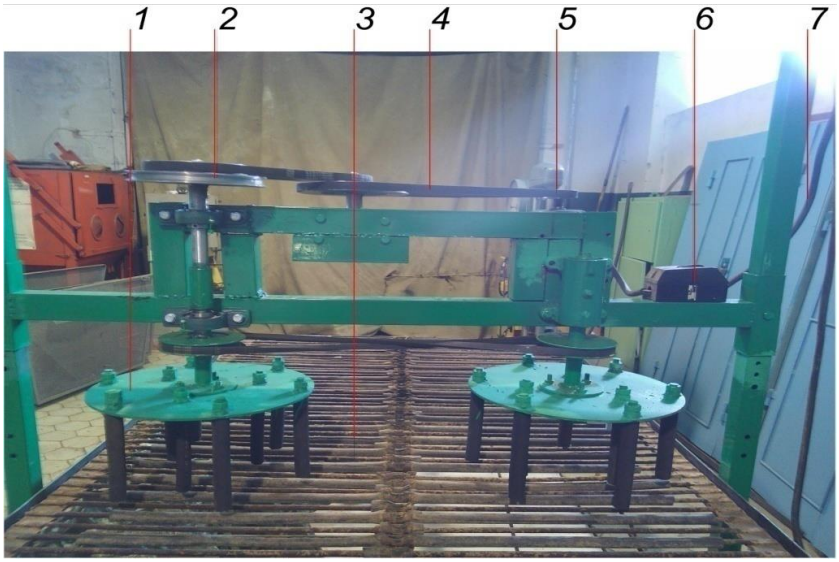
$$y = 0,9111 - 0,0283 \cdot X_1 - 0,04 \cdot X_2 - 0,0217 \cdot X_1^2 + 0,005 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,0267 \cdot X_2^2 \quad (11)$$

Адекватность данной математической модели составила 86,6 %.

Анализ выражения (11) показывает, что рациональными значениями факторов будут: кодированное значение частоты вращения дискового ворошителя (-0,7); кодированное значение подачи картофельного вороха на элеватор вороха (-0,8). Наибольшую значимость имеет фактор «подача картофельного вороха».

В результате раскодирования факторов получено, что рациональным значением угловой скорости дискового ворошителя является 5,6 $с^{-1}$, а подача вороха 54 кг/с, при этом полнота сепарации 0,94.

В четвертой главе «Полевые исследования картофелеуборочных машин, оснащенных сепарирующим элеватором с дисковым ворошителем» представлена программа, методика и результаты исследований (таблица 1) усовершенствованных картофелеуборочных машин.



1-дисковый ворошитель; 2-шкив; 3-полотно элеватора; 4-ремень привода; 5-электродвигатель;6-выключатель;7-провод питания.

Рисунок 6 – Общий вид лабораторной установки для исследования сепарирующей способности пруткового элеватора с дисковым ворошителем

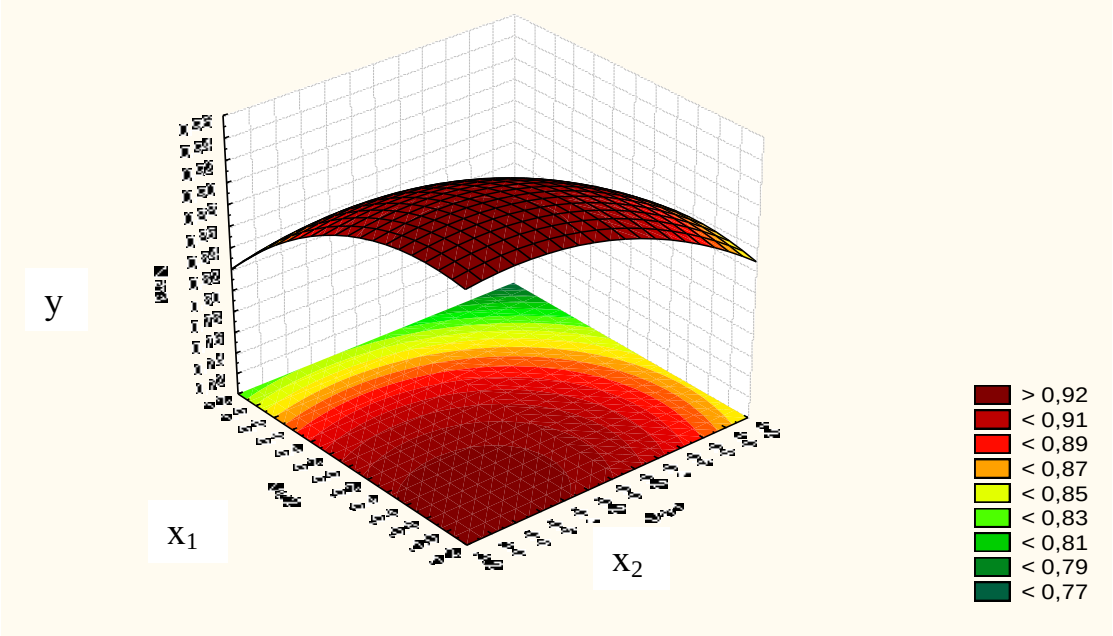


Рисунок 7 - График зависимости сепарирующей способности от загрузки элеватора и частоты вращения дискового ворошителя

Исследования проводились по стандартным методикам машиноиспытательных станций (СТО АИСТ).

Таблица 1 – Параметры участка и результаты полевых исследований серийного и усовершенствованного картофелекопателей КТН-2В

Наименование данных	Картофелекопатель КТН-2В	
	Серийный	Усовершенствованный
1	2	3
1. Период проведения испытаний	сентябрь 2015 - 2017 г.	
2. Сорта исследуемого картофеля	«Луговской», «Удача»	
3.Урожайность клубней картофеля, т/га	23,5	
4. Тип почвы и ее механический состав	серая лесная, средний суглинок	
5. Влажность почвы, %	21,3…24,4	
6. Рабочая скорость агрегата, км/ч	2,5	2,7
7. Производительность агрегата, га/ч	0,29	0,33
8. Качество выполнения технологического процесса, %: 8.1. Количество клубней на поверхности 8.2. Оставлено в почве 8.3. Присыпано почвой 8.4. Всего потерь	 94,3 0,8 4,9 5,7	 97,0 0,8 2,2 3,0
9. Повреждения клубней, всего по массе, %:	1,96	2,83

В целом результаты проведенных сравнительных полевых исследований подтвердили эффективность использования усовершенствованного сепарирующего элеватора в конструкции уборочных машин. Применение дискового ворошителя позволило снизить потери на 1,47%, увеличить производительность на 12% в сравнении с серийным картофелекопателем.

В пятой главе «Технико-экономическая оценка применения картофелеуборочных машин, оснащенных сепарирующим элеватором с дисковым ворошителем» изложена методика и результаты определения технико-экономического эффекта применения модернизированного картофелекопателя КТН-2В. Годовой экономический эффект от применения картофелекопателя КТН-2В, оснащенного дисковым ворошителем, составил 103263 руб. при уборке площади в 20 га со средней урожайностью клубней картофеля 23,5 т/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ (ОБЩИЕ ВЫВОДЫ)

1. Теоретически обоснованы параметры дискового ворошителя сепарирующего элеватора: расстояние между пальцами – 0,15…0,2 м; угловая скоростью – 5,6…6,2 $с^{-1}$, радиус расположения пальцев – 0,25…0,28 м; палец выполнен в виде трубки из полимерного материала с размерами поперечного сечения: внешний диаметр упругой части 0,020…0,035 м, внутренний диаметр упругой части 0,012…0,016 м, высота упругой части $Н_{эл}$=0,04…0,06 м, при этом необходимая жесткость упругой трубчатой части пальца должна находиться в пределах от 3,7 кН/м до 4,8 кН/м.

2. В результате экспериментальных исследований уточнены рациональные значения параметров дискового ворошителя. Установлено, что при изготовлении упругих элементов пальцев рационально применение шланга резинового (ГОСТ 18698-79) внутренним диаметром 0,016 м и наружным 0,026 м, состоящего из внутреннего резинового слоя (резина марки ИРП-1265), нитяного каркаса (усиления) (полиамидная комплексная нить марки А по ГОСТ 22693-98) с несколькими промежуточными слоями из резины, высота упругой части 0,04 м. Выявлено, что сепарация почвы ε =0,94 наблюдается при угловой скорости дискового ворошителя 5,6 $с^{-1}$. Расхождение с результатами теоретических исследований составляет менее 5%.

3. В результате полевых исследований функционирования усовершенствованных картофелеуборочных машин (на примере картофелекопателя КТН-2В) на среднесуглинистых почвах установлено, что применение дискового ворошителя позволило увеличить производительность на 12% в сравнении с серийной машиной.

4. Технико-экономический эффект от внедрения на картофелеуборочной машине сепарирующего элеватора, оснащенного дисковым ворошителем, составит 103263 руб. при уборке площади в 20 га со средней урожайностью клубней картофеля 23,5 т/га.

Рекомендации производству:

1. Для повышения производительности картофелеуборочных машин возможно использовать дисковый ворошитель, установленный над сепарирующим элеватором.

2. Рекомендуемые параметры дискового ворошителя при его использовании на картофелекопателе КТН -2В: расстояние между пальцами – 0,15…0,2 м; угловая скорость – 5,6…6,2 рад/с, радиус расположения пальцев – 0,25…0,28 м, длина пальца 200мм, высота упругой части 40 мм при жесткости 4,67 кН/м.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В перспективе целесообразно продолжить научные исследования в направлении совершенствования сепарирующих органов картофелеуборочных машин для различных условий их использования.

Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах

Статьи в рецензируемых изданиях, рекомендуемых ВАК РФ

1. Лапин Д.А. Перспективная схема картофелеуборочного комбайна с взаимозаменяемыми сепарирующими модулями[Текст]/ И.А.Успенский, Д.А. Волченков, Г.К. Рембалович, А.А. Голиков, О.В. Филюшин, Д.А.Лапин, // Техника и оборудование для села . - 2015. N6. – С.35– 38.

2.Лапин Д.А. Перспективы применения системно-информационного подхода к формированию качества плодоовощной продукции при уборке, транспортировке и хранении [Текст]/ Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, И.А. Успенский, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, И.А.Юхин, Н.А. Костенко, Д.А.Лапин //Политематический сетевой электронный научный журнал кубанского государственного аграрного университета . – 2016. – №123. – С. 841 – 855.[Электронный ресурс]. URL:http://ej.kubagro.ru/2016/09/pdf/57.pdf

3.Лапин Д.А. Теоретические исследования траекторий движения компонентов картофельного вороха на прутковом элеваторе уборочной машины при работе дисковых интенсификаторов [Текст]/ Д.А.Лапин, Д.А. Волченков, И.И. Гришин Б.А. Нефедов // Международный научный журнал. – 2017. – N6. – С. 107 – 112.

4. Лапин Д.А. Сравнение интенсификаторов сепарирующих элеваторов по воздействию на компоненты картофельного вороха [Текст]/Д.А. Лапин // В журн. «Вестник РГАТУ». – 2018 г. С.135– 137

Патент

5. Пат. 2592111, RU, МПК G01R 27/26, G01N 27/60. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочной машины/ А.А. Голиков, И.А.Успенский, Н.В. Бышов, С.Н. Борычев, Г.К. Рембалович, И.А.Юхин, Д.А.Лапин [и др.] – Опубл. 20.07.2016, бюл. № 20.

Статьи в материалах конференций и других изданиях

6.Волченков Д.А. Технологические аспекты производства картофеля[Текст]/ Д.А. Волченков, Д.А. Лапин, Г.К. Рембалович // Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона. Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции ФГБОУ ВО РГАТУ. – Рязань: 2016. – С. 59 – 63.

7.Лапин Д.А. Сепарирующее устройство корнеклубнеуборочных машин для работы в тяжелых условиях [Текст]/ Д.А.Лапин, Г.К. Рембалович, И.А.Успенский // Инновационные подходы к развитию агропромышленного комплекса региона. Материалы 67-ой Международной научно-практической конференции ФГБОУ ВО РГАТУ. – Рязань: 2016. – С. 83 – 86.

8.Бышов Н.В. Исследование жесткости упругих элементов дискового ворошителя картофелеуборочных машин[Текст]/ Н.В. Бышов, С.Н. Борычев,

Д.А.Лапин, М.Ю. Костенко, Г.К. Рембалович, // Современные проблемы освоения новой техники, технологии, организации технического сервиса в АПК. Материалы Международной научно-практической конференции БГАТУ. – Минск: 2018.

9.Волченков Д.А. Методика исследований сепарирующей способности пруткового элеватора с дисковым ворошителем [Текст]/ Д.А. Волченков, Д.А.Лапин, Н.Г. Бойбобоев, Ш.И. Гуломов // Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса. Материалы 69-ой Международной научно-практической конференции ФГБОУ ВО РГАТУ. – Рязань: 2018.

10.Лапин Д.А. Исследование надежности упругих элементов дискового ворошителя картофелеуборочных машин [Текст] / Д.А.Лапин, Г.К. Рембалович, М.Ю. Костенко, Ш.Б.Акбаров // Инновационное научно-образовательное обеспечение агропромышленного комплекса. Материалы 69-ой Международной научно-практической конференции ФГБОУ ВО РГАТУ. – Рязань: 2018.

Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная
Усл. печ. л.1 Тираж 100 экз. Заказ № 1393
подписано в печать 09.10.2018 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