

На правах рукописи



ЕСЕНИН МИХАИЛ АНАТОЛЬЕВИЧ

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РАЗРАВНИВАЮЩЕГО
УСТРОЙСТВА ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ – МУЛЬЧИРОВЩИКА НЕЗЕРНОВОЙ
ЧАСТИ УРОЖАЯ**

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
Официальные
оппоненты:**

доктор технических наук, профессор

Борычев Сергей Николаевич

Алдошин Николай Васильевич, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», заведующий кафедрой сельскохозяйственные машины

Ринас Николай Анатольевич, кандидат технических наук, ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», доцент кафедры эксплуатации МТП

Ведущая организация:

Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ)

Защита диссертации состоится «21» сентября 2022 года в 16.00 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, 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



И.А. Юхин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Ежегодно в Российской Федерации собирают большой урожай зерна. По данным Минсельхоза РФ средний урожай за последние три года составил 126,8 млн. тонн. Получение такого высокого урожая невозможно без обеспечения питания для растений. В эпоху интенсивного сельского хозяйства основным источником питания для растений служат минеральные удобрения. В настоящее время цены на минеральные удобрения достигли исторического максимума, что ограничило их использование сельхозтоваропроизводителями. В качестве дополнительного источника питательных элементов может служить незерновая часть урожая, заделываемая в почву и позволяющая сократить количество используемых минеральных удобрений.

Степень разработанности темы. По тематике исследования диссертационной работы был проведен подробный анализ работ таких ученых как: Алдошин Н.В., Бoryчев С.Н., Бышов Н.В., Жалнин Э.В., Папуша С.К., Присяжная И.М., Ринас Н.А., Трубилин Е.И., Чаплыгин М.Е. и др.

Работа выполнена в рамках темы НИР по заданию Минсельхоза РФ в 2018 году «Исследование эффективности использования биологических удобрений и биопрепаратов, а также гуминовых продуктов для повышения урожайности сельскохозяйственных культур и улучшения качества растениеводческой продукции (в модельных, краткосрочных полевых опытах и в условиях производства)» № гос. Регистр. ААА-А18-1181003900059-3, в 2019 году «Повышение урожайности сельскохозяйственной продукции за счет обработки и заделки пожнивных остатков для получения безопасного и эффективного биологического удобрения» № гос. Регистр. АААА-А19-№119032190079-6 и в 2020 году «Повышение эффективности использования соломы и сидератов в системе органического земледелия» № гос. Регистр. АААА-А20-120032490134-5, а также в соответствии с комплексной темой НИР №3 ФГБОУ ВО РГАТУ на 2016-2020 гг. № гос. Регистр. АААА-А16-116060910025-5 «Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве» подраздела 2.3. «Совершенствование технологии, средств измельчения и заделки растительных остатков сельскохозяйственных культур с исследованием их влияния на показатели плодородия серых лесных почв южной Нечерноземной зоны России» и в соответствии с комплексной темой НИР №1 ФГБОУ ВО РГАТУ на 2021-2025 гг. Рег. № НИОКТР 122020200038-8 "Совершенствование технологий, средств механизации, электрификации и технического сервиса в сельскохозяйственном производстве. Перспективы развития сельских территорий" Раздел 1.3. Совершенствование технологий,

разработка и повышение надежности технических средств возделывания, уборки, транспортировки, хранения и переработки сельскохозяйственных культур в агропромышленном комплексе Подраздел 1.3.3. Совершенствование технологии, средств утилизации растительных остатков сельскохозяйственных культур для условий Рязанской области.

Цель исследований – повышение равномерности распределения соломистой массы при измельчении незерновой части урожая измельчителем-мульчировщиком.

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи исследования:

- провести анализ конструкций разравнивающих устройств, используемых для разравнивания соломистой массы незерновой части урожая и определить перспективы развития;
- провести теоретическое обоснование параметров разравнивающего устройства;
- провести экспериментальное уточнение параметров разравнивающего устройства;
- оценить экономический эффект от внедрения измельчителя–мульчировщика, оборудованного разравнивающим устройством.

Объект исследования – измельчитель–мульчировщик, оснащенный разравнивающим устройством валка соломистой массы незерновой части урожая.

Предмет исследования – закономерности взаимодействия разравнивающего устройства с соломистой массой незерновой части урожая.

Научную новизну работы составляют:

- механико-математические зависимости параметров разравнивающего устройства и равномерности распределения измельченной соломистой массы;
- регрессионные модели зависимости равномерности распределения измельченной соломистой массы по поверхности поля, а также средней длины продуктов измельчения.

Теоретическую значимость работы составляют установленные теоретические зависимости, позволяющие определить рациональные параметры разравнивающего устройства.

Практическую ценность работы составляют определенные рациональные параметры разравнивающего устройства.

Методология и методы исследования. Основой диссертационного исследования является обобщение известных научных результатов и методик, которые использовались для определения рациональных параметров разравнивающего устройства.

Определение рациональных параметров разравнивающего устройства проводилось по известным и частным методикам с использованием программного обеспечения MicrosoftOffice, STATISTICA 10, MathCAD.

Положения, выносимые на защиту:

- теоретические исследования процесса взаимодействия разравнивающего устройства с валком незерновой части урожая;
- результаты лабораторно-полевых исследований измельчителя-мульчировщика, оборудованного разравнивающим устройством;
- экономический эффект от внедрения разравнивающего устройства.

Достоверность результатов исследований. При проведении лабораторных и хозяйственных исследований применялись современные методики, приборы и установки. Применялись ГОСТ Р 52759-2007, ГОСТ 20915-2011, ГОСТ ISO 6497-2014, ГОСТ ISO6498-2014, ГОСТ Р 8.736-2011.

Результаты теоретических исследований в достаточной степени согласуются с полученными экспериментальными данными (расхождение не более 5%). Результаты, полученные в ходе выполнения работы, согласуются с результатами, опубликованными в независимых источниках по тематике исследования, и прошли апробацию в печати, на международных и всероссийских научно-практических конференциях.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований получены при испытаниях в ОАО «Рязаньагрохим» и УНИЦ «Агротехнопарк» Рязанского района Рязанской области.

Вклад автора в решение поставленных задач состоит в разработке и формулировании цели работы, в проведении теоретических и экспериментальных исследований по определению параметров разравнивающего устройства. При этом автору принадлежит участие в постановке задач исследований, непосредственное проведение теоретических исследований и экспериментов по обоснованию параметров разравнивающего устройства, обработка результатов и их интерпретация, участие в написании статей и выводов по ним.

Апробация результатов. Основные положения исследований диссертации обсуждены на всероссийских и международных научно-практических конференциях ФГБОУ ВО РГАТУ(2015 – 2022 гг), Всероссийском конкурсе на лучшую научную работу среди студентов, аспирантов и молодых ученых высших учебных заведений Минсельхоза России.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 5 печатных работ, в том числе 2 – в изданиях, рекомендованных ВАК РФ для публикации результатов диссертационных работ на соискание ученых степеней кандидата и доктора наук, получен патент РФ на полезную модель.

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, списка источников, включающего 148 наименований, приложений, представленных на 11 страницах. Работа изложена на 174 страницах машинописного текста, включает 17 таблиц и 44 рисунка.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

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

В первой главе «Современное состояние вопроса использования незерновой части урожая в качестве удобрения» на основании проведенного обзора сформулированы задачи исследования.

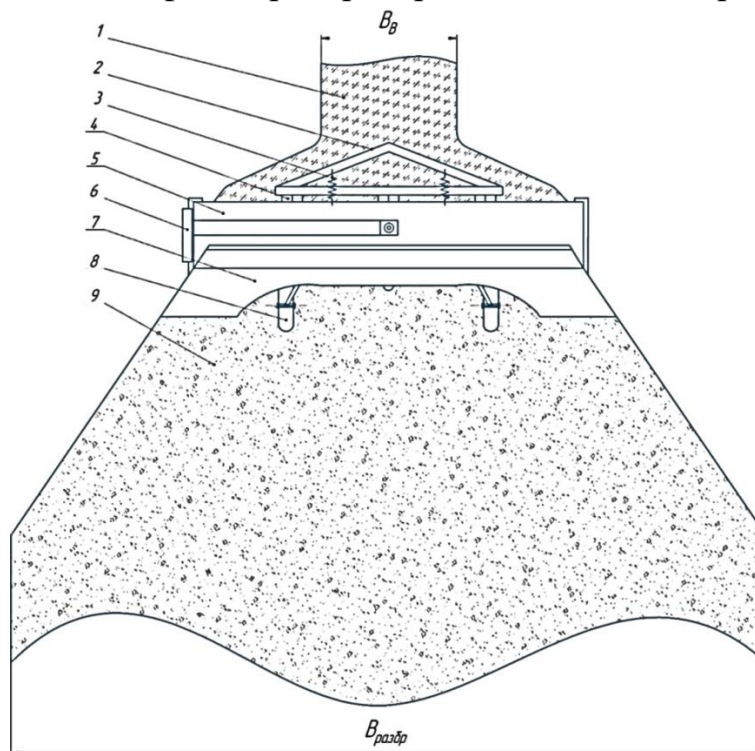
Ключевыми факторами, влияющими на эффективность использования незерновой части урожая в качестве удобрения, являются размерная фракция и равномерность распределения измельченной массы по поверхности поля. Анализ агротехнических требований показал, что средняя длина измельченных частиц не должна превышать 100 мм, а равномерность распределения должна быть порядка 80 %.

Проведенный анализ известных научно-практических источников продемонстрировал преимущества и недостатки известных конструкций, устройств, разравнивающих солоmistую массу незерновой части.

Во второй главе «Теоретические исследования параметров разравнивающего устройства» представлена конструктивно-технологическая схема и определены рациональные конструктивно-технологические параметры разравнивающего устройства.

На рисунке 1 представлена схема установки разравнивающего устройства на измельчитель-мульчировщик. Разравнивающее устройство 2 (рисунок 1) имеет форму равнобедренного треугольника, установленного на передней части корпуса измельчителя-мульчировщика 5. Крепление разравнивающего устройства выполнено через шарниры 4, обеспечивающие качание в вертикальной плоскости. Дополнительно разравнивающее устройство снабжено системой пружин 3, поддерживающих устройство в горизонтальном положении и ограничивающее амплитуду его колебаний. Перед началом движения измельчителя-мульчировщика разравнивающее устройство 2 уравнивается системой пружин 3 в горизонтальном положении. При движении измельчителя-мульчировщика по неровностям поля разравнивающее устройство 2 совершает колебательные движения в вертикальной плоскости. Валок солоmistой массы 1 перед поступлением в измельчитель-мульчировщик взаимодействует с колеблющимся разравнивающим устройством 2. В результате взаимодействия возвышающаяся центральная часть вала 1 равномерно смещается к краям. Далее солома поступает в измельчающую

камеру где измельчается ножами, установленными на измельчающем роторе, приводимом в движение приводом 6 от вала отбора мощности трактора, и с помощью направляющего дефлектора 7 распределяется по поверхности почвы.



1 – валок перед измельчением; 2 – разравнивающее устройство; 3 – пружины подвески разравнивающего устройства; 4 – шарниры крепления разравнивающего устройства; 5 – корпус измельчителя – мульчировщика; 6 – привод измельчающего ротора; 7 – направляющий дефлектор; 8 – опорные колеса; 9 – распределенная по полю измельченная солоmistая масса.

Рисунок 1 – Схема установки разравнивающего устройства на измельчитель–мульчировщик.

Одним из параметров разравнивающего устройства, влияющим на эффективность его работы, является высота установки, зависящая от параметров вала солоmistой массы.

Исследованиями Богданчикова И.Ю. доказано, что сечение вала солоmistой массы незерновой части урожая может быть описано зависимостью:

$$H(B_B) = 0,274967 + 0,2028 \cdot B_B - 0,12997 \cdot B_B^2 \quad (1)$$

где B_B – ширина вала, м;

H – высота вала, м.

После взаимодействия вала с разравнивающим устройством поперечное сечение вала можно представлять в виде прямоугольника с основанием, равным ширине измельчающего ротора (для рассматриваемого измельчителя-мульчировщика - 2,3 м), тогда площадь его поперечного сечения можно выразить как:

$$S = B_B \cdot H = 2,3 \cdot H \quad (2)$$

Площадь исходного валка определяется интегрированием выражения (1):

$$S = \int_0^{B_B} (0,274967 + 0,2028 \cdot B_B - 0,12997 \cdot B_B^2) \quad (3)$$

Приравняв выражения (2) и (3) определим высоту установки разравнивающего устройства, описываемую выражением:

$$H_k = 0,119552 \cdot B_B + 0,0441 \cdot B_B^2 - 0,01884 \cdot B_B^3 \quad (4)$$

где H_k – высота установки разравнивающего устройства, м.

На основании выражения (4) построен график зависимости высоты установки разравнивающего устройства от ширины исходного валка соломистой массы незерновой части урожая, представленный на рисунке 2.

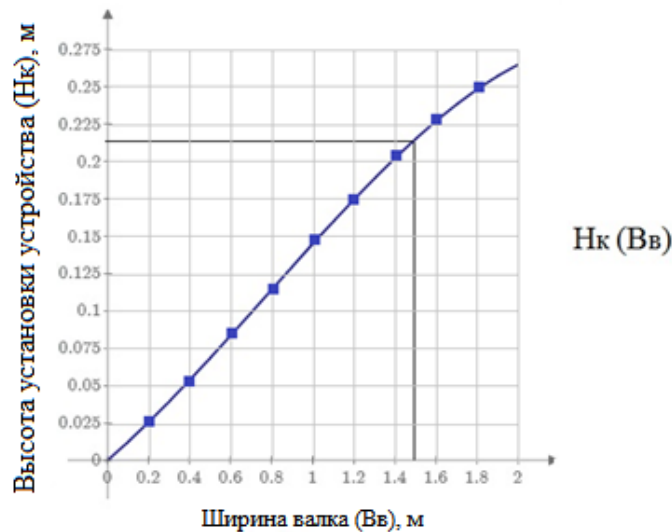


Рисунок 2 – Зависимость высоты установки разравнивающего устройства H_k от ширины исходного валка B_B .

Из графика на рисунке 2 видно, что при ширине валка 1,5 метра высота установки разравнивающего устройства составит 0,22 метра.

В ходе теоретических исследований была рассмотрена схема сил, действующих на соломистые частицы при взаимодействии с рабочей поверхностью разравнивающего устройства (рисунок 3).

Дифференциальное уравнение движения соломистых частиц вдоль оси x запишется в виде:

$$m \frac{dv_x}{dt} = Q_2 - F_{тр} \quad (5)$$

где: m – масса пучка соломистых частиц, кг;

v_x – скорость перемещения частицы вдоль рабочей поверхности разравнивающего устройства, м/с;

Q_2 – составляющая силы динамического сопротивления массы соломистых частиц, Н;

$F_{\text{тр}}$ – сила трения скольжения соломистых частицы о рабочую поверхность разравнивающего устройства, Н;

Учитывая, что $F_{\text{тр}} = Nf$, $N = Q \sin \gamma$, а $Q_2 = Q \cos \gamma$ преобразуем выражение (5) к виду:

$$m \frac{dv_x}{dt} = Q \cos \gamma - fQ \sin \gamma \quad (6)$$

где: f – коэффициент трения скольжения соломистых частиц по рабочей поверхности разравнивающего устройства;

N – сила нормальной реакции опоры, Н;

Q – сила динамического сопротивления массы соломистых частиц, Н;

γ – угол отклонения рабочей поверхности разравнивающего устройства от направления движения агрегата, град.

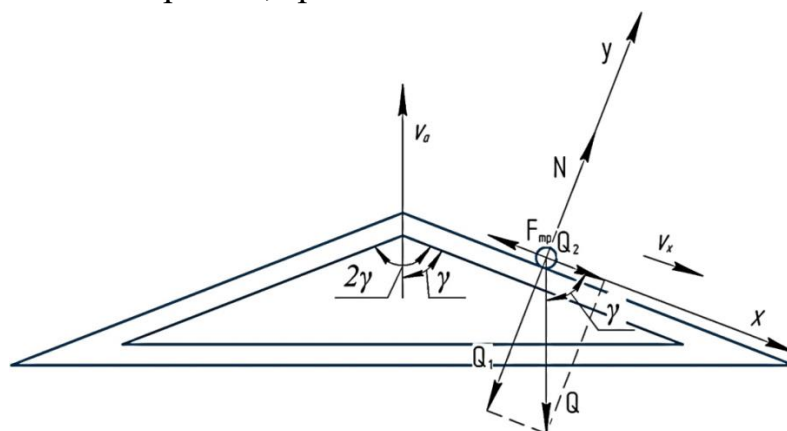


Рисунок 3 – Схема сил, действующих на соломистую частицу при движении вдоль рабочей поверхности разравнивающего устройства.

Согласно рациональной формуле В.П. Горячкина сила динамического сопротивления соломистой массы определяется выражением:

$$Q = fG + kS + \varepsilon v_a^2 S \quad (7)$$

где: G – вес разравнивающего устройств, Н;

k – удельная сила сопротивления частиц соломы в валке, кг/м²;

S – площадь поперечного сечения валка, разравненная одной из сторон разравнивающего устройства, м²;

ε – коэффициент, учитывающий форму рабочей поверхности разравнивающего устройства и свойства соломистой массы;

v_a – скорость движения агрегата, м/с.

Так как разравнивающее устройство закреплено на измельчителе–мульчировщике, усилие на его перемещение не учитываем, то есть $fG = 0$. В результате получим:

$$m \frac{dv_x}{dt} = (k + \varepsilon v_a^2) S (\cos \gamma - f \sin \gamma) \quad (9)$$

Выразив из выражения (9) значение $\cos \gamma$ получим:

$$\cos\gamma = \frac{\sqrt{k}}{v_x\sqrt{\varepsilon}} \cdot tg \frac{t \cdot S \cdot \sqrt{\varepsilon} \cdot \cos\gamma (\cos\gamma - f \sin\gamma) \sqrt{k}}{m} \quad (10)$$

Так как в выражении (10) значение угла γ встречается и в правой и в левой части, решение будем искать с помощью метода итерации (последовательных приближений). Установлено, что наивысший предел значений угла γ будет представлен диапазоном 63,5...65,5 градусов.

Рабочие поверхности разравнивающего устройства образуют угол раствора разравнивающего устройства, численно равный двум углам γ . Учитывая вышесказанное, значение угла раствора разравнивающего устройства должно находиться в пределах от 127 до 131 градуса.

В третьей главе «Лабораторные исследования параметров разравнивающего устройства соломистой массы измельчителя - мульчировщика» рассмотрена методика и результаты лабораторных исследований.

В результате проведенных исследований профиля поперечного сечения валка соломистой массы незерновой части урожая была построена модель поверхности валка соломистой массы озимой пшеницы (рисунок 4).

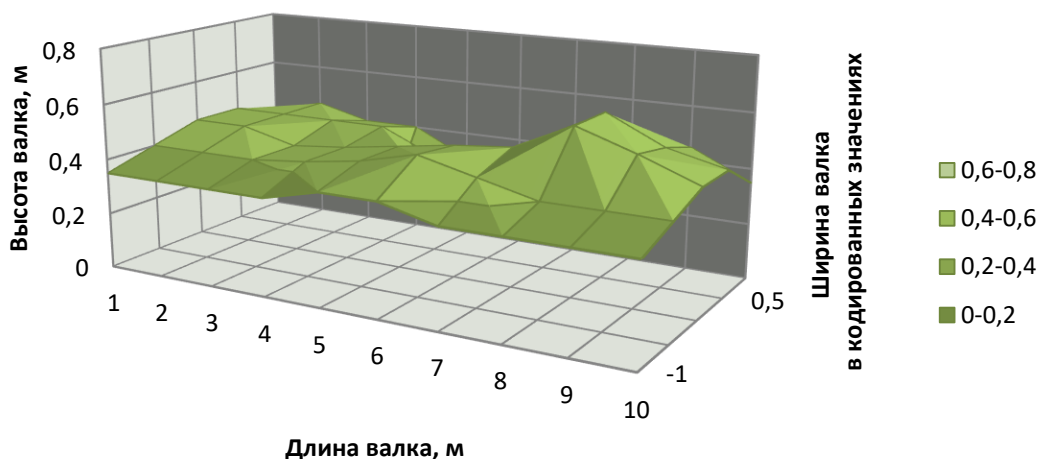


Рисунок 4 – Модель поверхности исходного валка соломистой массы озимой пшеницы.

Для проведения лабораторных исследований на передвижную тележку крепили разравнивающие устройства с углами раствора 90° , 110° , 130° , 150° . Система крепления разравнивающих устройств позволяла изменять высоту их установки. На почвенный канал раскладывался валок заранее подготовленной соломистой массы озимой пшеницы. Ширина валка составляла 1,5 метра. После установки исходных параметров тележка приводилась в движение. В качестве рабочей скорости движения тележки была выбрана скорость 6, 8 и 10 км/ч. После прохода тележки с разравнивающим устройством оценивались параметры разровненного валка соломистой массы. В ходе эксперимента

производилось наблюдение характера взаимодействия солоmistых частиц с разравнивающим устройством и фиксировались геометрические параметры валка после взаимодействия с разравнивающим устройством.

В результате лабораторных исследований, было установлено, что наилучшие результаты в разравнивании валка солоmistой массы незерновой части урожая показывает разравнивающее устройство с углом раствора, находящимся в диапазоне $110^{\circ} - 130^{\circ}$. Высота установки разравнивающего устройства, при котором обеспечивается наибольшая ширина валка незерновой части урожая, находится в пределах $0,20 - 0,25$ м, а скорость движения составляет 8 км/ч (рисунок 5).

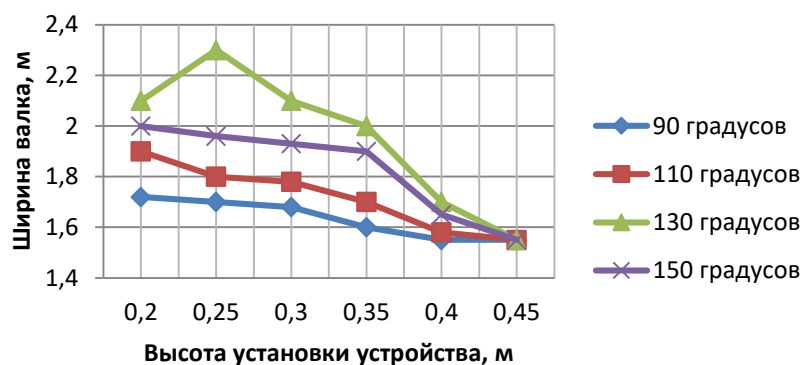


Рисунок 5 – Зависимость ширины валка от высоты установки разравнивающего устройства, при скорости 8 км/ч.

Наилучшая поверхность разровненного валка солоmistой массы незерновой части урожая, полученная разравнивающим устройством с углом раствора 130° , высотой установки $0,25$ м и рабочей скоростью движения 8 км/ч представлена на рисунке 6. Данная поверхность демонстрирует что валок равномерно распределен на ширину $2,3$ метра без явных локальных скоплений солоmistой массы и мест с ее недостаточным количеством.

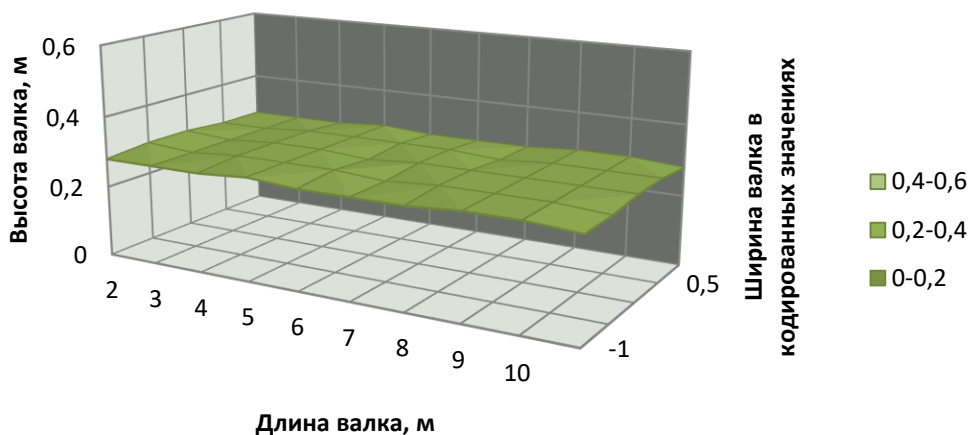


Рисунок 6 – Модель поверхности валка солоmistой массы незерновой части урожая после прохождения разравнивающего устройства.

В четвертой главе «Результаты полевых экспериментальных исследований разравнивающего устройства измельчителя-мульчировщика» рассмотрена методика и результаты полевых экспериментальных исследований разравнивающего устройства.

При проведении многофакторного эксперимента определены математические модели для ширины и равномерности распределения измельченной массы и средней длины частиц измельченной массы.

$$y_1 = 5,377 + 0,713 \cdot x_1 \quad (11)$$

$$y_2 = 82,766 + 9,466 \cdot x_1 - 15,959 \cdot x_1^2 - 7,835 \cdot x_2^2 - 5,128 \cdot x_3^2 \quad (12)$$

$$y_3 = 82,797 - 12,991 \cdot x_1 + 5,407 \cdot x_2 + 4,730 \cdot x_3 + 7,833 \cdot x_1 \cdot x_3 + 23,300 \cdot x_1^2 + 8,874 \cdot x_2^2 \quad (13)$$

По результатам исследования полученных математических моделей в программе STATISTICA были построены поверхности отклика зависимости равномерности распределения измельченной массы от варьируемых факторов (рисунки 7, 8).

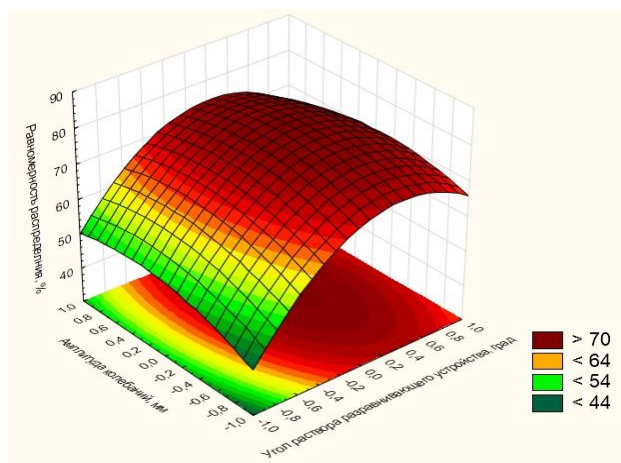


Рисунок 7 – Поверхность отклика равномерности распределения измельченной массы от амплитуды колебаний и угла раствора разравнивающего устройства.

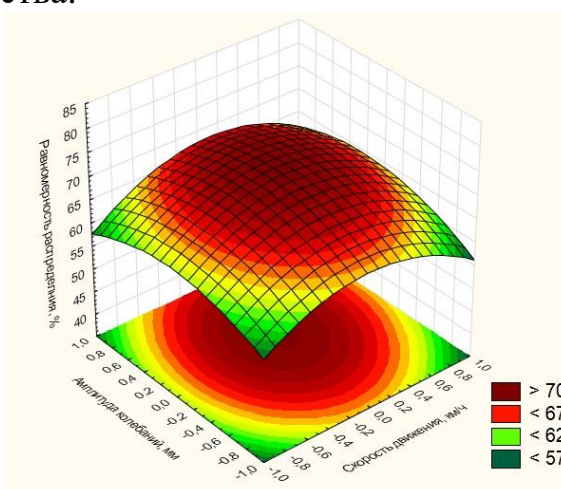


Рисунок 8 – Поверхность отклика равномерности распределения измельченной массы от амплитуды колебаний разравнивающего устройства и скорости движения агрегата.

Анализ полученных зависимостей показал, что рациональный угол раствора разравнивающего устройства составит 124 градуса, при этом скорость движения агрегата составит 8,2 км/ч, а амплитуда колебаний – 18 мм.

При найденных рациональных значениях факторов ширина распределения измельченной массы по поверхности поля составит 5,7 м, равномерность распределения измельченной массы по поверхности поля составит около 80 %, что соответствует агротехническим требованиям, а средняя длина продуктов измельчения будет находиться в пределах до 100 мм. Такие значения равномерности распределения измельченной массы по поверхности поля и средней длины измельчения полностью соответствуют агротехническим требованиям.

Для определения эксплуатационных показателей работы измельчителя–мульчировщика, оборудованного разравнивающим устройством, проведены хозяйственные испытания. В ходе хозяйственных испытаний сравнивалась работа серийного измельчителя–мульчировщика и измельчителя–мульчировщика, оборудованного разравнивающим устройством (рисунок 9).



Рисунок 9 – Измельчитель–мульчировщик Kverneland FX-230, оборудованный разравнивающим устройством в агрегате с трактором МТЗ-82 во время хозяйственных испытаний

Хозяйственные испытания показали, что при оснащении измельчителя–мульчировщика Kverneland FX-230 разравнивающим устройством наблюдается увеличение его часовой и сменной производительности на 6,09 и 48,72 га соответственно. В тоже время отмечается увеличение часового, сменного и погектарного расхода топлива модернизированного измельчителя–мульчировщика на 5%.

В пятой главе «Оценка экономического эффекта от использования разравнивающего устройства измельчителя–мульчировщика» представлена оценка экономического эффекта от использования измельчителя–мульчировщика Kverneland FX-230, оборудованного разравнивающим устройством.

Стоимость модернизации серийного измельчителя-мульчировщика составит:

$$M = P_{\text{мат}} + P_{\text{раб}} \quad (14)$$

где M – стоимость модернизации, руб;

$P_{\text{мат}}$ – стоимость материалов, руб;

$P_{\text{раб}}$ – стоимость работ, руб.

$$M = 11676,42 + 2304,60 = 13\,981,02 \text{ руб}$$

Применение разравнивающего устройства на измельчителе–мульчировщике незерновой части урожая позволяет сократить эксплуатационные затраты на 327,56 руб/га.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенный анализ конструкций разравнивающих устройств, используемых для разравнивания соломистой массы незерновой части урожая продемонстрировал неравномерную загрузку измельчающего ротора.

2. При теоретических исследованиях влияния угла раствора разравнивающего устройства на характер движения соломистых частиц вдоль него установлено, что при влажности соломы 17,0% и влажности воздуха 81% и значении коэффициента трения $f = 0,56$ рациональное значение угла раствора разравнивающего устройства должно находиться в пределах от 127 до 131 градуса. Теоретическими исследованиями колебаний разравнивающего устройства установлено, что рациональное значение амплитуды колебаний разравнивающего устройства находится в пределах от 0,016 до 0,022 метра, что соответствует жесткости пружин, находящейся в диапазоне от 800 до 1200 Н/м.

3. В результате экспериментальных исследований установлены рациональные параметры: угол раствора разравнивающего устройства 124 градуса, амплитуда колебаний разравнивающего устройства 18 мм. В результате полевых экспериментальных исследований установлено, что ширина распределения измельченной массы по поверхности поля составит 5,7 м, равномерность распределения измельченной массы по поверхности поля составляет около 80%, а средняя длина продуктов измельчения находится в пределах до 100 мм.

4. Общая сумма затрат на модернизацию измельчителя-мульчировщика составит 13 981,02 рубля, при этом достигается экономический эффект от снижения эксплуатационных затрат в 327,56 руб/га.

Рекомендации производству

Применение усовершенствованного измельчителя–мульчировщика позволит повысить равномерность распределения и измельчения соломистой массы незерновой части урожая.

Перспективы дальнейшей разработки темы

В дальнейшей перспективе необходимо продолжить работу по совершенствованию конструкции разравнивающего устройства с целью автоматизации подбора и настройки параметров устройства под меняющийся профиль валка соломистой массы незерновой части урожая.

Положения диссертации и полученные результаты отражены в следующих основных публикациях:

Публикации в изданиях, рекомендуемых ВАК Минобрнауки России

1. Есенин М.А. Лабораторные исследования параметров разравнивающего устройства агрегата для утилизации незерновой части урожая / М.А. Есенин, И.Ю. Богданчиков, С.Н. Борычев, Р.В. Безносюк, А.Н. Бачурин // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2022. –Т14. – №1. – С 92-98 <https://doi.org/10.36508/RSATU.2022.85.59.011>

2. Есенин М.А. Теоретические и полевые исследования разравнивающего устройства соломистой массы / М.А. Есенин, С.Н. Борычев // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2022. – №06(180). - IDA [articleID]: 1802206016. - Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/06/pdf/16.pdf>, 0.688 у.п.л. <http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-180-016>

Патент

3. Патент на полезную модель № 205449 U1 Российская Федерация, МПК A01D 34/43. Устройство для утилизации незерновой части урожая : № 2020143036 : заявл. 24.12.2020 :опубл. 15.07.2021 / И.Ю. Богданчиков, Н.В. Бышов, М.А. Есенин [и др.] ; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Рязанский государственный агротехнологический университет имени П.А. Костычева". – EDN XBDDHF.

Статьи в материалах конференций и других изданиях

4. Есенин, М.А. Технологии уборки незерновой части урожая, применяемые в Рязанской области / М.А. Есенин, А.И. Мартышов // Аграрная наука как основа продовольственной безопасности региона : Материалы 66-й Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию

со дня рождения профессора Павла Андреевича Костычева: в 3-х частях, Рязань, 14 мая 2015 года. – Рязань: Рязанский государственный агротехнологический университет им. П.А. Костычева, 2015. – С. 68-71. – EDN XSXFHD.

5. Есенин М.А. Анализ распределения измельчённой растительной массы устройством для утилизации незерновой части урожая / И.Ю. Богданчиков, А.Н. Михеев, М.А. Есенин // Вестник Совета молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. – 2018. – № 2(7). – С. 100-105. – EDN YOPKWD.

*Бумага офсетная. Гарнитура Times. Печать лазерная
Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ № 1517 подписано в печать
21.07.2022 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