

На правах рукописи



Погосян Владимир Макичевич

**ПАРАМЕТРЫ КУКУРУЗНОЙ СЕЛЕКЦИОННОЙ
ВАЛЬЦОВОЙ МОЛОТИЛКИ**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства
механизации сельского хозяйства

Автореферат

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Краснодар – 2019

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилкина» (ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ)

Научный
руководитель
Официальные
оппоненты:

Курасов Владимир Станиславович
доктор технических наук, доцент
Бумбар Иван Васильевич
доктор технических наук, профессор,
ФГБОУ ВО Дальневосточный ГАУ,
кафедра транспортно-энергетических
средств и механизации АПК, профессор
Бахарев Дмитрий Николаевич
кандидат технических наук, старший
научный сотрудник, ФГБОУ ВО Белгород-
ский ГАУ, кафедра технической механики
и конструирования машин, доцент

Ведущая
организация:

ФГБНУ ФНАЦ ВИМ (г. Москва)

Защита состоится «12» февраля 2020 года в 10⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета Д 220.038.08 при ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ по адресу: 350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13, Кубанский ГАУ, корпус факультета механизации, ауд. 345.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке и на сайте ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ <http://kubsau.ru/>.

Автореферат разослан « » декабря 2019 г. и размещен на официальном сайте ВАК при Министерстве науки и высшего образования России <http://minobrnauki.gov.ru/> и на сайте ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ <http://kubsau.ru/>

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор технических наук, профессор
Фролов Владимир Юрьевич

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Послеуборочная обработка початков одна из важнейших и энергозатратных операций в области механизации полевого эксперимента в селекции кукурузы.

За период с 2010 г. по настоящее время существенно увеличились объем и номенклатура технических средств очистки и послеуборочной обработки зерновых культур, выпускаемых как отечественной промышленностью, так и зарубежными производителями сельскохозяйственной техники.

Следует отметить, что на различных стадиях послеуборочной обработки зерновых культур обеспеченность соответствующими техническими средствами варьирует в очень широких пределах. Наиболее проблемная ситуация наблюдается в механизации селекционного процесса кукурузы.

На Международном специализированном научно-практическом семинаре «Современная техника и технологии для селекции и семеноводства» было отмечено, что отечественная промышленность мало производит технические средства для очистки, обмолота и калибрования селекционного материала кукурузы. В настоящее время ситуация не изменилась. Что касается зарубежных производителей, то соотношение цен на импортную сельскохозяйственную технику и прочих расходов, связанных с их приобретением, в нынешних экономических условиях оказывается не в пользу покупки машин зарубежных фирм.

Большинство селекционных кукурузных молотилок обладают малой производительностью, низкой эффективностью разделения семян от других продуктов обмолота, допускают высокий процент травмирования семян. Использование травмированных семян приводит к снижению урожайности. Влияние травмирования семян на их урожайность особенно сильно сказывается в условиях холодной и влажной весны, что имеет место в регионах Северного Кавказа и, в частности, в Краснодар-

ском крае, являющихся основными производителями семян кукурузы.

Следовательно, разработка и совершенствование технических средств для обмолота початков на этапе селекции кукурузы является актуальной задачей.

Работа выполнена в соответствии с планом НИР Кубанского ГАУ № ЕГИСУ НИОКР 4А-А16-116022410038-8 раздел – 9.12 (2016-2020 гг.).

Степень разработанности темы. Для обмолота початков кукурузы на этапе селекции разработан ряд молотилок, отличающихся различным конструктивным исполнением рабочих органов. Минимальное травмирование зерна обеспечивают диски с фасонными шипами и различные сочетания обмолачивающих валцов. Существенный вклад в исследование эффективности шипов молотильно-сепарирующих устройств внес Д. Н. Бахарев. Наибольшее распространение получили дисковые молотилки типа МКД-М. Их исследовали как болгарские ученые, так и отечественные. Недостатком этих молотилок является необходимость в ряде случаев повторного обмолота початков. Трехвальцовую молотилку с горизонтальным расположением рабочих органов исследовала И. А. Петунина. Недостатком этой молотилки является низкая производительность из-за отсутствия эффективного ориентирующего загрузочного устройства. Этот недостаток присущ и трехвальцовым молотилкам с вертикально расположенными валцами. Вальцовые молотилки с горизонтальным расположением рабочих органов изучены недостаточно. Бильные молотильные устройства исследовались целым рядом ученых. Среди них следует отметить работы В. С. Кравченко, И. Н. Гурова, И. В. Бумбара, Ю. И. Мозгового и Г. И. Креймермана. Но молотилки с бильным ротором малопригодны для обмолота початков семенной кукурузы.

Следовательно, существует объективная необходимость в разработке кукурузной селекционной молотилки, обеспечиваю-

щей высокую производительность при минимальном дроблении зерна.

Научная гипотеза – оптимизация параметров двухвальцово-вой молотилки, снабженной прижимным механизмом и имеющей на одном из вальцов выступы, выполненные по форме спирали Архимеда, а на другом винтовую наживку для удаления стержней из зоны обмолота обеспечит повышение производительности и качества обмолота початков на этапе селекции кукурузы.

Цель работы – обоснование параметров двухвальцовой молотилки, снабженной прижимным механизмом и имеющей на одном из вальцов выступы, выполненные по форме спирали Архимеда, а на другом винтовую наживку для удаления стержней из зоны обмолота для повышения производительности и качества обмолота початков на этапе селекции кукурузы.

Объект исследования – технологический процесс обмолота селекционного материала кукурузы и устройства для его осуществления.

Предмет исследования – закономерности, связывающие геометрические параметры и кинематический режим работы рабочих органов двухвальцовой молотилки с показателями качества обмолота початков

Задачи исследования.

1. Разработать конструктивно-технологическую схему молотилки для обмолота початков кукурузы на этапе селекции.
2. Уточнить размерно-массовую характеристику початков семенной кукурузы.
3. Разработать математическую модель движения початка кукурузы в процессе его обмолота двухвальцовой молотилкой с прижимным механизмом.
4. Произвести оценку времени обмолота одного початка двухвальцовой молотилкой с прижимным механизмом.

5. Определить оптимальные параметры кукурузной селекционной двухвальцовой молотилки с прижимным механизмом по критериям дробления и недомолота зерна.

6. Сопоставить результаты теоретических и экспериментальных исследований.

7. Провести расчет экономической эффективности применения предлагаемой двухвальцовой молотилки с прижимным механизмом на этапе селекции кукурузы.

Методы исследований. Теоретические исследования выполнялись с использованием дифференциального и интегрального исчислений, а также основных законов теоретической механики. При проведении экспериментов использовалась теория многофакторного планирования эксперимента. Опыты проводились в лабораторных условиях с использованием апробированных методик. Обработка опытных данных осуществлялась с использованием программ Microsoft Excel 2010 и MathCad 7.

Научную новизну работы составляют:

- математическая модель движения початка кукурузы в двухвальцовой молотилке с прижимным механизмом;
- оценка времени обмолота одного початка двухвальцовой молотилкой с прижимным механизмом;
- оптимальные параметры кукурузной селекционной двухвальцовой молотилки с прижимным механизмом;
- регрессионные зависимости геометрических параметров и кинематического режима работы обмолота початков двухвальцовой молотилкой с прижимным механизмом от показателей дробления и недомолота зерна.

Теоретическая и практическая значимость работы.

Теоретическую значимость представляют: математическая модель движения початка кукурузы в двухвальцовой молотилке с прижимным механизмом, позволяющая определить рациональную частоту вращения рабочих органов; уравнение для определения времени обмолота початка, которое дает возмож-

ность определить производительность двухвальной молотилки.

Практическую значимость представляют: конструктивно-технологическая схема молотилки для обмолота початков кукурузы на этапе селекции, которая позволяет разработать техническое решение конструкции молотилки; регрессионные зависимости геометрических параметров и кинематического режима работы обмолота початков двухвальной молотилкой с прижимным механизмом от показателей дробления и недомолота зерна, позволяющие обосновать параметры кукурузной селекционной двухвальной молотилки с прижимным механизмом.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований используются при модернизации рабочих органов молотилок кукурузы в сбытовом сельскохозяйственном потребительском кооперативе «Кукурузокалибровочный завод «Кубань», расположенном в Гулькевичском районе Краснодарского края, а также в учебном процессе ФГБОУ ВО Кубанский ГАУ.

На защиту выносятся следующие основные положения:

- конструктивно-технологическая схема молотилки для обмолота початков кукурузы на этапе селекции;
- математическая модель движения початка кукурузы в двухвальной молотилке с прижимным механизмом;
- уравнение для оценки времени обмолота одного початка двухвальной молотилкой с прижимным механизмом;
- результаты экспериментальных исследований по определению оптимальных параметров кукурузной селекционной двухвальной молотилки с прижимным механизмом.

Апробация работы. Основные положения диссертационного исследования докладывались на научных конференциях Кубанского ГАУ (Краснодар, 2016, 2017 гг.), на Всероссийской научно-практической конференции «Вклад молодых ученых в аграрную науку» (Кемель, 2015 г.), на заочных международных научно-практических конференциях «Scientific and Practical Results in 2015. Prospects for Their Development» (Дубаи, 2016 г.)

и «International Scientific and Practical Conference World Science» (Дубаи, 2017 г.).

Публикации. По результатам исследований опубликовано 12 научных работ, из них 3 в изданиях из перечня ВАК РФ, в том числе получен 1 патент на полезную модель и 1 патент на изобретение. Общий объем публикаций составляет 5,3 печатных листа, из них личный вклад автора 2,5 печатных листа.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 110 наименований и приложения. Диссертация изложена на 132 страницах машинописного текста, включая 32 страницы приложения, содержит 32 рисунка и 13 таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** представлены актуальность, цель и задачи исследований, научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, положения, выносимые на защиту.

В **первой главе** выполнен аналитический обзор опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ по разработке устройств для обмолота початков кукурузы.

Анализ литературных источников показал, что наиболее перспективным путем повышения производительности обмолота селекционного материала кукурузы, при минимальном уровне дробления зерна, является применение вальцовых рабочих органов. Но серийно выпускаемых отечественных селекционных кукурузных вальцовых молотилок в настоящее время нет. Следовательно, необходима либо модернизация существующих опытных образцов вальцовых молотилок, либо разработка новых конструкций, а также оптимизация их геометрических параметров и режимов работы. Разработка молотилок такого типа сдерживается недостатком научных данных, касающихся воздействия вальцовых рабочих органов на обмолачиваемые початки кукурузы.

В соответствии с вышеизложенным сформулированы цель и задачи исследований.

Во **второй главе** представлены теоретические исследования процесса обмолота початков кукурузы двухвальцовой молотилкой с прижимным механизмом.

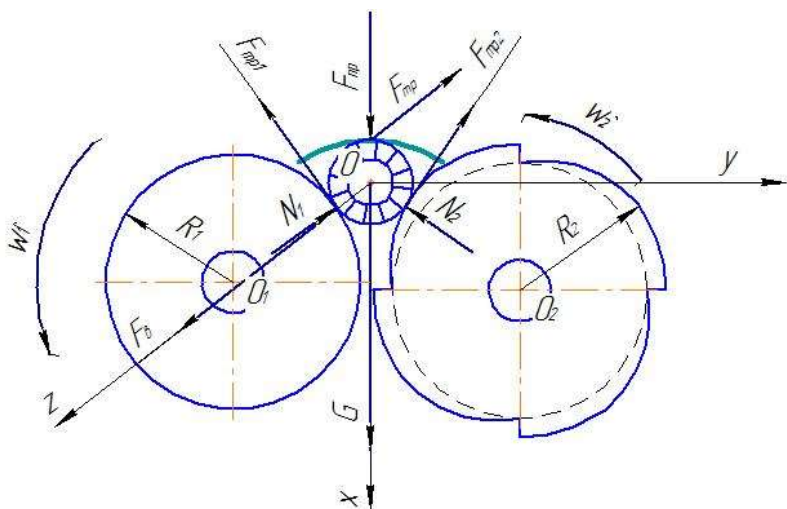
Обмолачивающий валец представляет собой цилиндр, в поперечном сечении имеющий форму храповика, поверхность выступов которого выполнена по форме спирали Архимеда. Транспортирующий валец – цилиндр, на котором выполнена навивка из проволоки для перемещения початков. Привод вальцов осуществляется от электродвигателя посредством клиноременной передачи, они вращаются в одну сторону и с одинаковой частотой.

Процесс обмолота происходит следующим образом. Початок вручную подается в зону обмолота под прижимную пластину. Початок захватывается навивкой транспортирующего вальца и перемещается вдоль обмолачивающего вальца. Наличие выступов на последнем обеспечивает вымолот зерен путем шелушения и выкорчевывания.

Выполнение рабочей поверхности по форме спирали Архимеда обеспечивает плавное нарастание нагрузки на початок и практически исключает дробление зерна.

При анализе движения початка в рабочей камере примем следующие допущения. Первое – кукурузный початок будем рассматривать как цилиндр одинакового диаметра по всей длине початка; второе – величину давления прижимного механизма на початок принимаем постоянной в течение всего времени обмолота; третье – момент инерции початка во время обмолота уменьшается по линейному закону.

Схема рабочей камеры молотилки представлена на рисунке 1.



O_1, O_2 – центры транспортирующего и обмолачивающего вальцов соответственно; ω_1 и ω_2 – угловые скорости транспортирующего и обмолачивающего вальцов соответственно; $F_{пр}$ – сила давления прижимного механизма на початок; $F_{тр1}$ – сила трения, действующая на початок со стороны транспортирующего вальца; $F_{тр2}$ – сила трения, действующая на початок со стороны обмолачивающего вальца; N_1 – сила нормальной реакции транспортирующего вальца на початок; N_2 – сила нормальной реакции обмолачивающего вальца на початок; R_2 – радиус обмолачивающего вальца; R_1 – радиус транспортирующего вальца; $F_{тр}$ – сила трения початка о пластину прижимного механизма

Рисунок 1 – Схема рабочей камеры молотилки

В дальнейшем рассматриваются модули сил, действующие на початок.

Составим дифференциальное уравнение вращения початка. Для этого спроектируем все силы на ось x :

$$I_{п} \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = F_{тр1} \cdot r_{п} + F_{тр2} \cdot r_{п} - F_{пр} \cdot r_{п}, \quad (1)$$

где $I_{п}$ – момент инерции початка относительно оси x , $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; $r_{п}$ – радиус початка, м.

Силы трения, действующие на початок со стороны рабочих органов, находятся по следующим выражениям:

$$F_{\text{тр}1} = f_1 \cdot N_1. \quad (2)$$

где f_1 – коэффициент трения пары початок – транспортирующий валец, $f_1 = 0,53$.

$$F_{\text{тр}2} = f_2 \cdot N_2. \quad (3)$$

где f_2 – коэффициент трения на обмолачивающем вальце, $f_2 = 0,53$.

$$F_{\text{тр}} = f \cdot F_{\text{пр}} = f \cdot c \cdot \Delta x = \text{const} \quad (4)$$

где f – коэффициент трения пары початок – пластина, $f = 0,53$; c – жесткость пружины, Н/м; Δx – величина деформации пружины, м.

Из рисунка 1 следует, что величину деформации початка можно найти по выражению:

$$h = O_1O - r_{\text{п}} - \frac{d_0}{2} - \rho. \quad (5)$$

где h – величина деформации початка, м; O_1O – расстояние от центра транспортирующего вальца до центра початка, м; d_0 – диаметр основной окружности обмолачивающего вальца, м; ρ – полярный радиус спирали Архимеда, м.

Подставив в уравнение (1) выражения (2),(3),(4) и (5), получим

$$I_{\text{п}} \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \left[f_1 \cdot N_1 + f_2 \cdot k \cdot \left(O_1O - r_{\text{п}} - \frac{d_0}{2} - a \cdot \varphi \right) - f \cdot c \cdot \Delta x \right] \cdot r_{\text{п}}, \quad (6)$$

После преобразований выражение (6) примет вид

$$I_{\text{п}} \frac{d^2\varphi}{dt^2} = K + L \cdot \varphi, \quad (7)$$

где

$$K = \left[f_1 \cdot N_1 + f_2 \cdot k \cdot \left(O_1O - r_{\text{п}} - \frac{d_0}{2} - a \cdot \varphi \right) - f \cdot c \cdot \Delta x \right] \cdot r_{\text{п}} \quad (8)$$

$$L = -f_2 \cdot k \cdot a \cdot r_{\text{п}}, \quad (9)$$

где φ – угол поворота початка, рад; t – время поворота початка на угол φ ; k – коэффициент пропорциональности, $k = 860$ Н/м; a – шаг спирали, м/рад.

При установившемся режиме работы можно считать, что $f_1, f_2, N, k, a \rightarrow \text{const}$.

Зависимость момента инерции початка от времени обмолота носит линейный характер и имеет следующий вид:

$$I_{\text{п}} = I_{\text{пн}} - \alpha t \quad (10)$$

где I_n – момент инерции початка относительно оси x , $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; $I_{\text{пн}}$ – момент инерции початка до обмолота, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; t – время обмолота початка кукурузы в данный момент, с; α – угловой коэффициент, $\text{кг} \cdot \text{м}^2/\text{с}$.

Угловой коэффициент показывает, как изменяется момент инерции початка во время обмолота, и он находится по следующему выражению:

$$\alpha = \frac{I_{\text{пн}} - I_{\text{по}}}{t_{\text{об}}} \quad (11)$$

где $I_{\text{по}}$ – момент инерции початка после обмолота, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; $t_{\text{об}}$ – время полного обмолота початка кукурузы, с.

На основе уравнения динамики вращательного движения твердого тела составим математическую модель движения початка кукурузы в вальцовой молотилке:

$$(I_{\text{пн}} - \alpha t) \cdot \frac{d^2 \varphi}{dt^2} = K + L \cdot \varphi, \quad (12)$$

или

$$(I_{\text{пн}} - \alpha t) \cdot \frac{d \omega}{dt} = K + L \cdot \varphi, \quad (13)$$

Для нахождения угловой скорости проинтегрируем уравнение (13) в программе Mathcad 7. Для расчетов используем данные размерно-массовой характеристики початков гибрида Краснодарский 425 МВ. График перехода молотилки на установившийся режим работы представлен на рисунке 2.

Из рисунка 2 следует, что угловая скорость при установившемся режиме работы составит:

$$\omega = 80,053 \frac{\text{рад}}{\text{с}} \text{ или } 764,4 \text{ мин}^{-1}.$$

Таким образом, с учетом допустимой деформации початков кукурузы в процессе обмолота ($h \leq 10$ мм) частота вращения валцов должна быть равной $764,4 \text{ мин}^{-1}$.

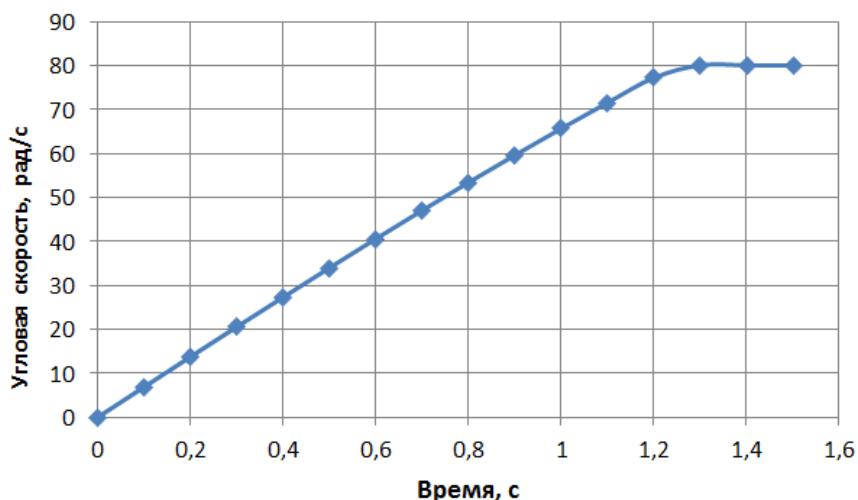


Рисунок 2 – График перехода на установившийся режим работы

Время обмолота одного початка кукурузы находится по выражению

$$t_{об} = \frac{l_{вал} + l_{поч}}{v_{пер}} \cdot \eta, \quad (14)$$

где $t_{об}$ – время обмолота одного початка кукурузы, с; $l_{вал}$ – длина обмолачивающего и транспортирующего вала, м; $l_{поч}$ – длина початка, м; $v_{пер}$ – скорость перемещения в продольном направлении, м/с; η – коэффициент проскальзывания, $\eta = 0,9$.

После подстановки имеющихся данных получим $t_{об} = 4,52$ с.

Производительность предлагаемой молотилки рассчитывается по следующему выражению:

$$Q = \frac{m_{п}}{t_{об}} \cdot \tau \cdot 3600, \quad (15)$$

где Q – производительность молотилки, кг/ч; m_n – масса початка кукурузы, кг; τ – технологический коэффициент.

Технологический коэффициент учитывает затраты времени на упаковку и маркировку семян обмолоченного селекционного номера, а также на переход к обмолоту другой партии початков. В 2018 г. нами был проведен хронометраж работы сотрудников Национального центра зерна им. П. П. Лукьяненко в процессе обмолота селекционных номеров кукурузы. Установлено, что эти затраты составляют 65 – 75 % от всего времени обработки селекционных номеров. Среднее значение 70 %. Следовательно, технологический коэффициент будет равен $\tau = 1 - 0,7 = 0,3$.

После подстановки имеющихся данных получим $Q = 70,2$ кг/ч.

Затрачиваемая на обмолот мощность находится в прямо пропорциональной зависимости от подачи початков:

$$N_{об} = 10^3 \frac{M}{m_n} A_{сум}. \quad (16)$$

где $N_{об}$ – мощность, необходимая для обмолота початков, кВт; M – масса початков, подаваемая в секунду, кг/с; $A_{сум}$ – работа затрачиваемая на обмолот одного початка, Дж; m_n – масса початка, кг.

$$A_{сум} = A_{деф} + A_{мп}, \quad (17)$$

где $A_{деф}$ – работа, затрачиваемая на деформацию одного початка, Дж; $A_{мп}$ – работа сил трения при обмолоте одного початка, Дж.

$$A_{деф} = 0,5kh^2, \quad (18)$$

где k – коэффициент пропорциональности, зависящий от сортовых особенностей кукурузы и схемы защемления, Н/м; h – величина деформации початка, м.

$$A_{мп} = 10^{-3} N_{мп} t, \quad (19)$$

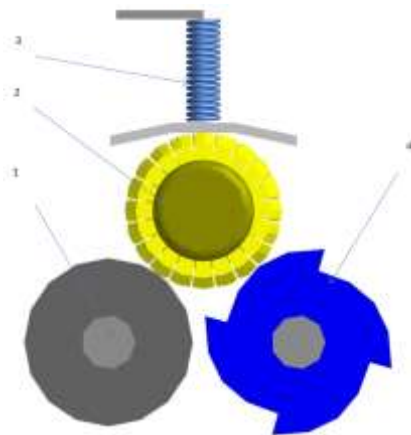
где $N_{мп}$ – мощность, необходимая на преодоления сил трения, кВт; t – время обмолота, с.

После подстановки имеющихся данных имеем $N_{об} = 0,954$ кВт.

В **третьей главе** представлены методика проведения и результаты экспериментальных исследований.

Программой экспериментальных исследований предусматривалось: уточнение размерно-массовой характеристики початков гибрида Краснодарский 425 МВ; определение оптимальных параметров кукурузной селекционной двухвальной молотилки с прижимным механизмом по критериям количества дробления и недомолота зерна; проверка результатов теоретических исследований: по определению оптимальной частоты вращения рабочих органов, по оценке времени обмолота одного початка, по определению затрат мощности на обмолот початков.

Исследования проводились на специально сконструированной установке, принципиальная схема которой представлена на рисунке 3.



1 – транспортирующий валец; 2 – кукурузный початок;
3 – прижимной механизм; 4 – обмолачивающий валец.

Рисунок 3 – Принципиальная схема двухвальной молотилки с прижимным механизмом

Разработанная конструкция вальцовой молотилки позволяет провести активный эксперимент с четырьмя управляемыми факторами: X_1 – диаметр вальцов, мм; X_2 – частота вращения вальцов, мин⁻¹; X_3 – подача початков, кг/с; X_4 – зазор между вальцами, мм.

Количество початков в селекционных номерах варьирует от одного до нескольких десятков. При таких объемах количественный показатель подачи початков имеет очень условное значение. Поэтому в ходе эксперимента початок подавался в зону обмолота сразу после выхода из нее предыдущего. В связи с этим подача початков была исключена из числа анализируемых факторов. Зазор между вальцами в процессе обмолота варьирует от минимального – между транспортирующим вальцом и верхней точкой выступа обмолачивающего вальца, до максимального – между транспортирующим вальцом и нижней точкой выступа обмолачивающего вальца. Минимальный зазор приняли равным 6 мм, что больше чем средняя толщина зерна кукурузы. Величину выступа обмолачивающего вальца приняли равной 10 мм на основании исследований профессора В. С. Кравченко. Поэтому величина зазора между вальцами между вальцами также была исключена из числа анализируемых факторов.

За критерий оптимизации принят процент дробления зерна. В качестве ограничения использовали процент недомолота зерна.

Известно, что зависимость качественных показателей процесса обмолота кукурузы от параметров молотильного устройства носит нелинейный характер. Поэтому математическую модель процесса обмолота кукурузы двухвальцовой молотилкой искали в форме полинома второй степени.

Уровни и интервалы варьирования выбранных управляемых факторов приведены в таблице 1.

При выборе областей определения управляемых факторов были приняты во внимание результаты исследований, выполненных в Краснодарском НИИСХ и Кубанском ГАУ, а также

результаты теоретических исследований диссертанта по определению частоты вращения рабочих органов.

Для проведения эксперимента выбрали полнофакторный план 2^3 , так как мы не стремились к сокращению числа опытов. Повторность опытов была трехкратной. В качестве материала исследований использовали початки гибрида Краснодарский 425 МВ. Их количество в одной партии приняли равным пяти.

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Уровень факторов	Факторы в натуральном виде		Факторы в кодированном виде	
	d , мм	n , мин ⁻¹	x_1	x_2
Основной	150	740	0	0
Верхний	180	780	+1	+1
Нижний	120	700	-1	-1
Интервал варьирования	30	40		

Для обработки результатов опытов были разработаны специальные программы в приложении Mathcad 7.

По результатам эксперимента были получены следующие уравнения регрессии:

дробления зерна

$$Y = 1,058 + 1,576x_1 + 2,311x_2 + 1,807x_1x_2 + 2,337x_1^2 + 1,583x_2^2. \quad (20)$$

$$F_p = 0,291 < F_T = 6,04.$$

недомолота зерна

$$Y = 2,127 + 1,761x_1 + 2,831x_2 + 2,051x_1x_2 + 1,935x_1^2 + 2,154x_2^2. \quad (21)$$

$$F_p = 0,23 < F_T = 6,04.$$

Расчетные значения критерия Фишера в обоих случаях меньше табличных. Следовательно, уравнения (20) и (21) адекватно описывают процесс обмолота початков.

Из уравнения (20) координаты особой точки S с оптимальными параметрами исследуемых факторов равны:

$$d = 147,88 \text{ мм и } n = 712,41 \text{ мин}^{-1}.$$

Дробление зерна при этих параметрах равно 0,2 %.

По уравнению (21) координаты особой точки S с оптимальными параметрами исследуемых факторов равны:

$$d = 145,72 \text{ мм и } n = 716,43 \text{ мин}^{-1}.$$

Недомолот зерна при этих параметрах равен 1,16 %.

Графики зависимости дробления и недомолота зерна от диаметра валцов представлены на рисунке 4, а от частоты вращения валцов – на рисунке 5.

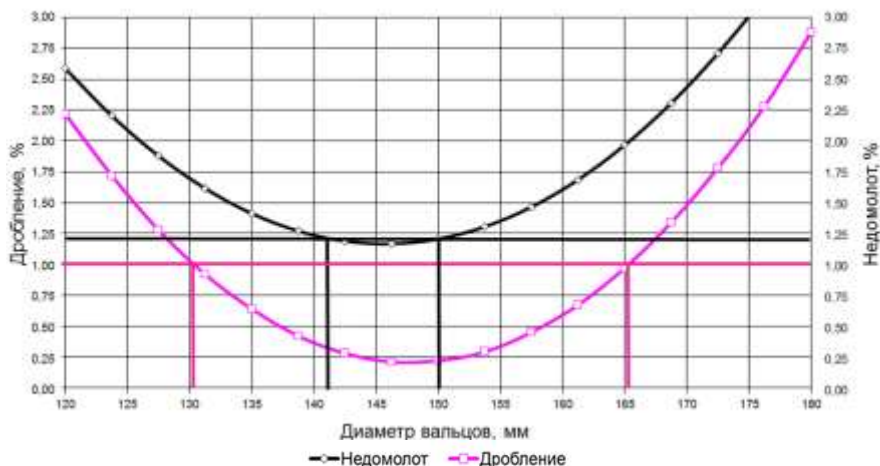


Рисунок 4 – График зависимости дробления и недомолота зерна от диаметра валцов

Из анализа графика на рисунке 4 следует, что в отношении дробления семян требования будут выполняться при диаметре валцов от 130,5 до 165,1 мм, а в отношении недомолота зерна – при диаметре от 141,3 до 150,1 мм.

Из анализа графика на рисунке 5 следует, что агротехнические требования по показателю дробления семян будут выполняться при частоте вращения валцов от 685,2 до 740,5 мин^{-1} , а по показателю недомолота зерна – от 711,7 до 722 мин^{-1} .

Совместный анализ графиков на рисунках 4 и 5 позволяет утверждать, что дробление зерна менее 1 % при недомолоте менее 1,2 % обеспечивается при диаметре валцов 141–150 мм и

частоте их вращения 711–722 мин⁻¹. Таким образом, определены допустимые (рациональные) интервалы изменения диаметров валцов и их частоты вращения.

Из теоретических исследований следует, что частота вращения валцов с учетом агробиологически допустимого ударного импульса должна составлять 764 мин⁻¹. В результате эксперимента установлено, что допустимая область варьирования частоты вращения валцов равна 711–722 мин⁻¹. Расхождение между теоретическими и экспериментальными данными не превышает 6,9 %.

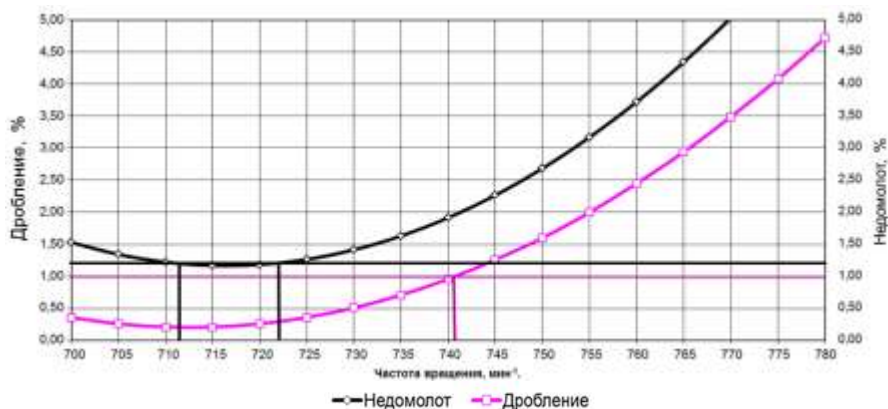


Рисунок 5 – График зависимости дробления и недомолота зерна от частоты вращения валцов

После определения рациональных параметров значения диаметров валцов и частоты их вращения был поставлен отдельный эксперимент по определению: времени обмолота одного початка, затратам мощности на обмолот початка, а также уровня микротравмирования семян в области зародыша.

Эксперимент проводился при диаметре валцов 150 мм и частоте вращения 720 мин⁻¹ как наиболее близкой к теоретическому значению из допустимого интервала частот вращения. Повторность опытов пятикратная.

Расхождение экспериментальных и теоретических значений составило: по времени обмолота 3,6 %, по затратам мощности на обмолот – 6,8 %.

Микротравмы зерна в области зародыша составили 13,8 %, что меньше допустимого значения 20 %.

В **четвертой главе** приведен расчет экономической эффективности применения кукурузной селекционной двухвальцовой молотилки с прижимным механизмом. В качестве базы для сравнения принимали дисковую молотилку МКД-М.

В результате расчетов установлено, что эксплуатационные затраты на обмолот семенного материала кукурузы предлагаемой молотилкой снижаются с 18,87 до 16,83 руб./кг, то есть на 2,04 руб./кг, а дополнительные капиталовложения в разработку молотилки окупаются за 1,4 сезона.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итоги выполненного исследования

1. На основе анализа конструкций кукурузных молотильных устройств разработана конструктивно-технологическая схема кукурузной селекционной двухвальцовой молотилки включающей: обмолачивающий валец, имеющий выступы, выполненные по форме спирали Архимеда; транспортирующий валец, снабженный винтовой навивкой и прижимную пластину (патент РФ № 2690794, 2019 г.).

2. Уточнена размерно-массовая характеристика початков гибрида Краснодарский 425 МВ: длина початка 200 мм, диаметр початка 60 мм, масса семян одного початка 250 г, масса стержня 80 г, диаметр стержня 40 мм.

3. На основе уравнения динамики вращательного движения твердого тела разработана математическая модель движения початка кукурузы в вальцовой молотилке.

4. По результатам теоретических исследований частота вращения вальцов с учетом не превышения допустимой дефор-

мации початков гибрида Краснодарский 425 МВ составляет 764,4 мин⁻¹, а время обмолота одного початка – 4,5 секунды.

5. В результате проведенных экспериментальных исследований были установлены:

- оптимальные параметры вальцовой молотилки, обеспечивающие минимальное дробление зерна 0,2 % диаметр вальцов 148 мм и частота вращения вальцов 712 мин⁻¹; недомолот зерна при этом составил 1,16 %, при максимально допустимом значении 1,2 %;

- рациональные параметры вальцовой молотилки, обеспечивающие в соответствии с агротехническими требованиями дробление зерна менее 1,0 % и недомолот менее 1,2 % – диаметр вальцов 141...150 мм и частота вращения вальцов 711...722 мин⁻¹.

6. Сравнение результатов теоретических и экспериментальных исследований показало:

- расхождение между теоретическим и экспериментальными рациональными значениями частоты вращения вальцов не превышает 7 %;

- при оптимальных параметрах молотилки расхождение между теоретическим и экспериментальными значениями времени обмолота одного початка составило 3,6 %, а по затратам мощности на привод молотилки в процессе обмолота – 6,8 %.

7. Эксплуатационные затраты на обмолот початков кукурузы предлагаемой молотилки, в сравнение с молотилкой МКД-М, снижаются с 18,87 руб./кг до 16,83 руб./кг, то есть на 10,8 %, а дополнительные капиталовложения окупаются за 1,4 сезона.

Рекомендации производству

Предложенные в работе параметры рабочих органов вальцовой молотилки могут быть использованы конструкторскими организациями при разработке устройств для обмолота початков на этапе первичного семеноводства кукурузы.

Перспективы дальнейшей разработки темы

Полученную математическую модель движения початка в двухвальцовой молотилке с прижимным механизмом можно использовать при разработке рабочих органов других типов вальцовых молотилок для различных сортов и гибридов кукурузы.

Основные положения диссертации опубликованы

– в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Погосян В. М. Исследование движения кукурузного початка в вальцовой молотилке / В. С. Курасов, В. М. Погосян, В. Н. Плешаков, Е. Е. Самурганов // Труды Кубанского государственного аграрного университета. - 2017. - № 69. - С. 315-318.

2. Погосян В. М. Анализ технических средств обмолота початков кукурузы / В. М. Погосян // Наука Кубани. – 2017. - № 3. – С. 4-11.

3. Погосян В. М. Параметры кукурузной селекционной вальцовой молотилки / В. С. Курасов, В. М. Погосян, В. В. Цыбулевский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. - 2018. - № 136. - С. 1-14.

– в прочих изданиях:

4. Погосян В. М. Селекционная однопочатковая молотилка / В. М. Погосян // Инновации в сельском хозяйстве (Москва, 2015). - 2015. - № 2 (12). - С. 145-149.

5. Погосян В. М. Исследование процесса обмолота початков кукурузы трехвальцовой молотилкой на этапе селекции / В. М. Погосян // В сборнике: Вклад молодых ученых в аграрную науку материалы Международной научно-практической конференции (Кинель, 2015). - 2015. - С. 285-289.

6. Погосян В.М. Тенденции развития аппаратов для обмолота кукурузы / В.М. Погосян // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса Сборник статей по материа-

лам 72-й научно-практической конференции преподавателей по итогам НИР за 2016 г. (Краснодар, 2017). 2017. С. 313-314.

7. Погосян В.М. Обмолот початков кукурузы трехвальцовой молотилкой на этапе селекции / В.М. Погосян, В.С. Курасов // International Scientific and Practical Conference World science (Дубаи, 2016). 2016. - Т. 5. - № 1 (5). - С. 11-13.

8. Pogosyan V.M. One-cob thresher / V.M. Pogosyan // International Scientific and Practical Conference World science (Дубаи, 2016). - 2017. - Т. 2. - № 1 (17). - С. 14-17.

9. Погосян В. М. Обмолот кукурузного початка в вальцовой молотилке / В. М. Погосян // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса Сборник статей по материалам XI Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ и 80-летию со дня образования Краснодарского края. Ответственный за выпуск А. Г. Кощаев (Краснодар, 2017). - 2017. - С. 436-437.

10. Погосян В. М. Селекционное устройство для обмолота початков кукурузы / В. М. Погосян // В сборнике: Научное обеспечение агропромышленного комплекса Сборник статей по материалам X Всероссийской конференции молодых ученых, посвященной 120-летию И. С. Косенко. Отв. за вып. А. Г. Кощаев. (Краснодар, 2016). - 2017. - С. 608-609.

11. Пат. 162558 Российская Федерация. Установка для обмолота початков кукурузы / В. В. Купеев, В. С. Курасов, В. М. Погосян, А. С. Голицын; заявитель и патентообладатель Кубанский гос. аграрный ун-т. 2016106308/13, заявл. 24.02.2016; опубл. 20.06.2016. Бюл. № 17. - 5 с.

12. Пат. 2690794 Российская Федерация. Селекционная установка для обмолота початков кукурузы / В. М. Погосян, А. С. Голицын, Д. А. Артюхин; заявитель и патентообладатель Кубанский гос. аграрный ун-т. 2018121877, заявл. 13.06.2018; опубл. 05.06.2019. Бюл. № 16. - 6 с.

Подписано к печати _____ 2019 г.

Бумага офсетная

Печ. л. 1

Тираж 100 экз.

Формат 60×84 ¹/₁₆

Офсетная печать

Заказ № _____

Отпечатано в типографии Кубанского ГАУ
350044, Краснодар, ул. Калинина, 13.