

На правах рукописи

Глушков Иван Николаевич

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ
РАБОТЫ ПОРЦИОННОЙ ЖАТКИ С УСТРОЙСТВОМ
ОБРАЗОВАНИЯ КУЛИС**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства
механизации сельского хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Оренбург – 2013

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Оренбургский государственный аграрный университет» (ФГБОУ ВПО Оренбургский ГАУ)

Научный руководитель **Константинов Михаил Маерович**,
почётный работник ВПО РФ, доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет»

Официальные оппоненты: **Окунев Геннадий Андреевич**,
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Челябинская государственная агроинженерная академия», кафедра эксплуатации машинно-тракторного парка;
Морозов Евгений Юрьевич,
кандидат технических наук, доцент, ООО «Диагностика-эксперт»

Ведущая организация ФГБОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия»

Защита диссертации состоится 25 декабря 2013 г. в 12.00 часов на заседании совета по защите докторских и кандидатских диссертаций Д 220.051.02 при ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет» по адресу: 460014, г. Оренбург, ул. Коваленко, д. 4 (корпус № 3 ОГАУ, инженерный факультет), ауд. 500.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Оренбургского государственного аграрного университета. Объявление о защите и автореферат размещены на сайте ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный аграрный университет» <http://www.orensau.ru> и на сайте Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки Минобрнауки России <http://www.vak.ed.gov.ru>.

Автореферат разослан 23 ноября 2013 г.

Ученый секретарь диссертационного совета
доктор технических наук, профессор



В.А. Шахов

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Уборка урожая – завершающий и важный этап работ по возделыванию зерновых культур. Это сложный и энергоемкий процесс, на который приходится до 70% всех трудовых затрат, связанных с производством зерна. Часто сроки уборочных работ превышают сроки, установленные агротехническими требованиями. Это приводит к перезреванию зерна и, как следствие, к повышению потерь. Сведение потерь к минимуму позволяет получить прибавку урожая от 20 до 30%.

В соответствии с концепцией развития механизации сельского хозяйства на ближайшие 10–15 лет целесообразно разрабатывать уборочные машины, позволяющие сократить потери зерна, уменьшить расход топлива и уплотнение почвы, повысить производительность. В связи с этим выпускаются и используются высокопроизводительные комбайны. Однако производительность этих машин при их производственной эксплуатации возрастает непропорционально пропускной способности. В результате чего сроки уборки идут низкими темпами и себестоимость производства зерна фактически не снижается.

Данные проблемы могут быть решены за счет раздельной уборки – скашивания хлебной массы в валки (применение валковых жаток), дозревания и подбора с обмолотом. Существующие валковые жатки не обеспечивают полную загрузку молотилки комбайнов, формируют валки низкого качества, а потери зерна при работе данных жаток часто превышают допустимые, поэтому вопрос создания жатки, формирующей валки оптимальной мощности независимо от урожайности и при этом не допускающей превышения уровня потерь, установленных ГОСТом, является актуальным.

Цель работы. Обосновать конструктивно-технологические параметры и режимы работы порционной жатки с устройством образования кулис.

Объект исследования. Технологический процесс функционирования порционной жатки с устройством образования кулис.

Предмет исследования. Закономерности, характеризующие функционирование порционной жатки с устройством образования кулис во время уборочного процесса.

Методика исследований. Теоретические исследования выполнялись с использованием основных положений, законов и методов классической механики, математики и аналитической геометрии. Экспериментальные исследования проводились в полевых условиях в соответствии с общепринятыми методиками и действующими ГОСТами. При проведении экспериментальных исследований применялась теория планирования многофакторного эксперимента. Основные расчеты и обработка результатов экспериментов выполнялись с использованием методов математической статистики и компьютерных программ Microsoft Excel, Statistica 6.1.

Научная новизна. Обоснованы закономерности изменения потерь зерна за порционной жаткой в зависимости от основных режимно-конструктивных

параметров, определены параметры транспортера и устройства для образования кулис. Установлена зависимость, позволяющая определять оптимальную долю площади поля под кулисы с учетом высоты и густоты стеблестоя.

Практическая значимость работы. Разработана конструкция порционной жатки (патент РФ на изобретение № 2493685). Обоснованы оптимальные режимы порционной жатки (скорость транспортера, рабочая скорость жатки, окружная скорость планки мотовила), исключающие превышение допустимых потерь зерна. Изготовлена порционная жатка с устройством образования кулис, позволяющая обеспечивать увеличение накопления снега, вследствие чего запасы влаги в почве увеличиваются в 1,4–2,3 раза.

Вклад автора в проведенное исследование. Обоснована закономерность изменения скорости транспортера в зависимости от скорости агрегата, плотности укладки массы, толщины слоя, параметров хлебостоя, определена оптимальная скорость транспортера. Установлена зависимость для определения оптимальной доли площади поля под формируемыми жаткой стерневыми кулисами. Разработана конструкция порционной жатки, обоснованы параметры и режимы её работы и разработан технологический процесс раздельной уборки зерновых культур с её применением. Проведены экспериментальные полевые исследования работы порционной жатки. Получена регрессионная модель процесса изменения уровня потерь зерна за жаткой в зависимости от основных воздействующих факторов.

Достоверность результатов работы подтверждается высоким уровнем сходимости теоретических и экспериментальных исследований работы порционной жатки.

Реализация результатов исследований. Экспериментальный образец порционной жатки прошел производственные испытания и внедрен в ООО «Степь» Акбулакского района Оренбургской области. Рекомендации по настройке и регулировке порционной жатки утверждены и приняты к внедрению министерством сельского хозяйства Оренбургской области и Комитетом государственной инспекции в АПК министерства сельского хозяйства Республики Казахстан. Результаты теоретических и экспериментальных исследований применяются в учебном процессе кафедры механизации технологических процессов в АПК ФГБОУ ВПО ОГАУ.

На защиту выносятся следующие положения:

- закономерности, характеризующие изменение уровня потерь зерна за жаткой в зависимости от рабочей скорости агрегата, скорости движения транспортера, числа оборотов кривошипа режущего аппарата и окружной скорости планки мотовила;

- аналитическая зависимость для определения оптимальной доли площади поля, занятой кулисами, оставленными порционной жаткой;

- результаты исследований зависимости уровня потерь зерна за порционной жаткой от рабочей скорости агрегата, числа оборотов кривошипа режущего аппарата, скорости транспортера и окружной скорости планки мотовила.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы были доложены, обсуждены и одобрены на международных научно-практических конференциях Оренбургского ГАУ (2010 – 2013 гг.), международной научно-практической конференции «Агроинженерная наука – сельскохозяйственному производству», посвященной 50-летию со дня основания ЦелинНИИМЭСХ, Казахстан, г. Костанай (2012 г.), IV Всероссийском форуме «Молодежь в развитии села», Москва, ВВЦ (2012 г.), Всероссийском конкурсе Министерства сельского хозяйства РФ на лучшую научную работу среди аспирантов (3-е место). Макет порционной жатки демонстрировался на областных выставках НТТМ в 2011, 2012 и 2013 гг. (диплом победителя) и на Всероссийской выставке НТТМ-2013 в г. Москве, ВВЦ (диплом выставки).

Публикации. По материалам диссертации опубликовано 11 работ, из них 4 в изданиях, рекомендованных ВАК Министерства образования и науки РФ, 3 – в зарубежных изданиях. Получен патент РФ на изобретение (№ 2493685).

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, общих выводов, списка литературы из 161 наименования и 22 приложений. Диссертация изложена на 141 странице основного машинописного текста, содержит 7 таблиц и 46 рисунков. Общий объем диссертации составляет 184 страницы машинописного текста.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснованы актуальность выбранной темы и ее научная и практическая значимость, сформулировано направление исследований.

В первой главе «*Современное состояние вопроса и задачи исследования*» рассмотрены агротехнические требования, предъявляемые к раздельной уборке зерновых культур, и способы улучшения её агротехнических показателей, исследованы технологические процессы работы и конструктивные особенности существующих валковых жаток, выявлены технологические и конструктивные направления их совершенствования.

Важную роль в решении вопросов совершенствования конструктивно-технологических параметров валковых жаток и способов формирования валков имеют работы Баранова А.Л., Бледных В.В., Будко А.И., Важенина А.Н., Воцкого З.И., Джамбуршина А.Ш., Ерохина М.Н., Жалнина Э.А., Жука Я.М., Завражнова А.И., Константинова М.М., Косилова Н.И., Липковича Э.И., Ловчикова А.П., Морозова Е.Ю., Окунева Г.А. и др.

По результатам проведенного анализа поставлены следующие **задачи**:

1. Выполнить теоретические и экспериментальные исследования порционной жатки и определить ее оптимальные конструктивно-режимные параметры, обеспечивающие снижение потерь зерна во время уборочного процесса.

2. Разработать конструкцию порционной жатки с устройством образования кулис, обеспечивающую уменьшение потерь зерна и позволяющую формировать стерневые кулисы для снегозадержания. Установить закономерности для определения доли площади поля под стерневыми кулисами с учетом параметров стеблестоя.

3. Провести исследования процесса снегозадержания, осуществляемого стерневыми кулисами, сформированными порционной жаткой, исследовать и оценить его результаты.

4. Дать экономическую оценку применения порционной жатки.

Во второй главе «Теоретическое обоснование конструкции и режимов работы порционной жатки» получены закономерности, определяющие скорость транспортера жатки с учетом допустимого уровня потерь, и зависимость, определяющая оптимальную площадь поля под стерневыми кулисами, оставляемыми устройством для их образования, установленным на жатке. Проведено обоснование гидропривода жатки и получены его оптимальные режимы. Обоснованы оптимальные конструктивные параметры транспортера порционной жатки.

Важным механизмом жатки является ленточный транспортер и в связи с этим возникает необходимость обоснования оптимальных параметров и режимов его работы.

Ширина ленты определяется в зависимости от расчетной производительности транспортера:

$$B = \sqrt{\frac{Q}{\rho_m v_T \operatorname{tg} \varphi}}, \quad (1)$$

где Q – производительность (кг/с);

ρ_m – плотность груза на транспортере (кг/м³);

v – скорость движения ленты (м/с);

φ – угол естественного откоса груза на ленте, рад.

Для обеспечения отсутствия проскальзывания ленты по барабану использовалась закономерность Эйлера:

$$F_{\text{нб}} \leq F_{\text{сб}} e^{f\alpha}, \quad (2)$$

где f – коэффициент трения ленты о барабан;

α – угол обхвата приводного барабана лентой.

Для нахождения неизвестных сил натяжений неравенство (2) решаем вместе с уравнением:

$$\left. \begin{aligned} F_{\text{нб}} &= A_1 F_{\text{сб}} \\ F_{\text{нб}} &\leq F_{\text{сб}} e^{f\alpha} \end{aligned} \right\}, \quad (3)$$

где A_1 – численный коэффициент, полученный в результате расчетов и экспериментальных исследований.

Величина необходимого тягового усилия F_T равна сумме всех сопротивлений движению ленты или, что то же, разности сил набегающего и сбегающего натяжений ленты, т.е.:

$$F_T = \sum W = F_{H6} - F_{c6}. \quad (4)$$

Величина тягового усилия F_{T1} (Н), которое может быть передано от приводного вала к ленте при данной величине F_{c6} и угле обхвата α , равна:

$$F_{T1} = F_{c6} (e^{f\alpha} - 1), \quad (5)$$

откуда:

$$F_{H6}/F_{c6} = e^{f\alpha}/K_3, \quad (6)$$

где K_3 – коэффициент запаса; $K_3 = 1,1 \dots 1,2$.

Установленные закономерности позволили выявить оптимальные параметры транспортера: ширина ленты от края жатки до шнекового делителя – 2,21...2,24 м, в центре (от одного делителя до другого) – 1,78...1,82 м, диаметр приводного вала – 0,068...0,074 м, количество опорных роликов – 3, диаметр опор – 0,039...0,042 м, расстояние между соседними опорами – 0,358...0,366 м.

Для обоснования оптимальных конструктивно-габаритных параметров транспортера определяем его оптимальную скорость с учетом допустимых потерь. Рассмотрим движение слоя скошенной хлебной массы в режиме накопления на элементарном участке транспортера длиной l_0 (рисунок 1).

В соответствии с расчетной схемой и с учетом принципа Даламбера сумма проекций всех сил на направление движения транспортера будет равна нулю:

$$F_{TP} - F_{ин} = 0. \quad (7)$$

Тогда дифференциальное уравнение движения рассматриваемого слоя:

$$F_{TP} = m \cdot \frac{dv}{dt}, \quad (8)$$

где $\frac{dv}{dt}$ – ускорение слоя, м/с²;

v – скорость движения слоя на участке AB , м/с.

Заменив dt на dx/v , решим данное уравнение и проинтегрируем полученное выражение в интервалах от 0 до v_T и от 0 до L :

$$v_T = \sqrt{2F_{TP} \cdot \frac{L}{m}}, \quad (9)$$

где L – длина транспортера, м.

Или:

$$v_T = \sqrt{2f \cdot L \cdot g}. \quad (10)$$

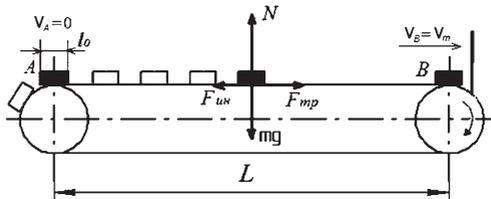


Рисунок 1 – Обоснование скорости валкообразующего транспортера

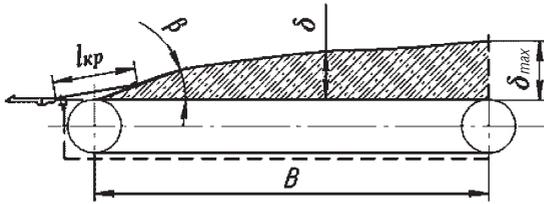


Рисунок 2 – Схема укладки стеблей на транспортер

Часть стеблей, срезаемых режущим аппаратом, будет иметь участок стебля незначительной длины (рисунок 2) по причине ярусности хлебостоя, что снижает вероятность их попадания на транспортную ленту. Будем считать длину таких срезанных стеблей критической ($l_{кр}$) и

определим ее величину.

Вероятность попадания высоты стеблестоя в интервал $(0; l_{кр} + h)$ с учетом величины отношения $\frac{H_{ср}}{\sigma_H} > 3$ для стеблестоев большинства зерновых определяется как:

$$P[0 < H < (l_{кр} + h)] = \frac{1}{2} \{1 - \Phi[\frac{l_{кр} + h - H_{ср}}{\sigma_H}]\}, \quad (11)$$

где $\Phi(H)$ – интеграл вероятности (функция Лапласа);

$l_{кр}$ – критическая длина срезанного стебля, м;

$H_{ср}$ – средняя высота стеблестоя, м;

h – высота среза стеблей, м.

Тогда величина возможных потерь зерна в срезанном колосе ($Q_{ск}$), выраженная в %, будет:

$$Q_{ск} = 50 \{1 - \Phi[\frac{H_{ср} - (l_{кр} + h)}{\sigma_H}]\}. \quad (12)$$

Для корректной укладки стеблей на транспортер без разбрасывания мотилом необходимо, чтобы толщина слоя стеблей на транспортере не превышала максимальной толщины слоя стеблей (толщины в месте схода) δ_{max} . С другой стороны, из исследований А.Ш. Джамбуршина известно, что толщина образующегося слоя стеблей δ на транспортере жатки зависит от рабочей длины транспортера и скорости перемещения агрегата по полю, скорости транспортера, густоты и диаметра стеблестоя, плотности укладки на транспортере. Исходя из этого выразим длину транспортера как:

$$L = \frac{\delta v_T}{cd^2 K_n v_{ар}}, \quad (13)$$

где c – густота стеблестоя, $1/m^2$;

d – диаметр стебля, м;

K_n – коэффициент, учитывающий неплотность укладки стеблей;

$v_{ар}$ – скорость перемещения жатки по полю, м/с;

v_T – скорость перемещения транспортера жатки, м/с.

Следовательно, скорость транспортера будет равна:

$$v_T = \frac{2\delta fg}{cd^2 K_n v_{арп}}. \quad (14)$$

Исходя из агротехнических данных и проведенных нами расчётов установлено, что оптимальная скорость транспортерной ленты составляет 1,6–2,8 м/с.

На основании проведенных расчетов были построены графики зависимости потерь зерна за порционной жаткой (Q , %) от рабочей скорости агрегата ($v_{арп}$, м/с) и скорости движения транспортера (v_T , м/с) (рисунок 3 а, б).

Полученные закономерности изменения потерь в зависимости от рабочей скорости агрегата и скорости движения транспортера показывают, что почти при всех выбранных режимах работы потери зерна имеют значения меньше допустимого уровня. В случаях, представляющих исключение, возможна корректировка уровня потерь зерна за счет регулирования скоростей транспортера, агрегата и планки мотовила.

От работы мотовила во многом зависит уровень потерь зерна срезанным колосом. Основное мотовило и мотовило устройства для образования стерневых кулис располагаются на общем валу и приводятся совместно. Однако последнее при установке под формирование кулис будет иметь меньший радиус, чем основное мотовило. Выбор радиуса мотовила влияет на ширину траектории движения его планки. Также величина радиуса определяет высоту установки оси мотовила над режущим аппаратом. Чтобы убедиться в работоспособности и выявить оптимальные характеристики совместной работы мотовил, был проведен их совместный анализ. В результате установлено, что радиус мотовила образования стерневых кулис для корректной работы должен составлять 0,38...0,49 м; окружная скорость планки – 2,88...4,38 м/с; количество планок каждого мотовила для выбранных режимов работы – 5 штук.

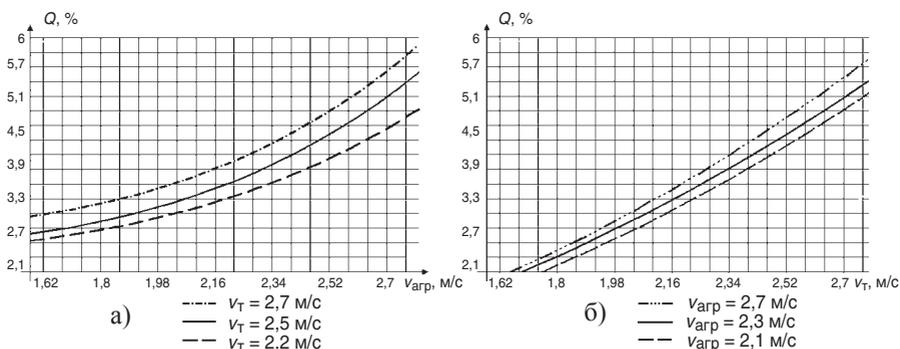


Рисунок 3 – Зависимости потерь зерна за жаткой:

а) от рабочей скорости агрегата при различных скоростях движения транспортера; б) от скорости движения транспортера при различных рабочих скоростях агрегата

Ширина полос со стерневыми кулисами может составлять от 0,7 до 1 м.

Излишнее увеличение ведет к повышению потерь несрезанным колосом. Также большое значение имеет густота стеблестоя на конкретном поле или его участке. В связи с этим по результатам теоретических и экспериментальных исследований была установлена зависимость для определения оптимальной доли площади поля под стерневые кулисы, учитывающая высоту и густоту стеблестоя:

$$A = \frac{c \left[a \left(1 - \frac{H_{\text{ср}}}{H_{\text{max}}} \right) \right] - KH_{\text{ст}}}{K(H_{\text{кл}} - H_{\text{ст}})} \cdot 100\%, \quad (15)$$

где A – доля площади поля под кулисами, %;

c – средняя густота стеблестоя, $1/\text{м}^2$;

a – наименьшая влагоёмкость метрового слоя почвы, кг;

K – количество продуктивной влаги в единице объема снега, $\text{кг}/\text{м}^3$;

$H_{\text{ст}}$ – высота стерни, м;

$H_{\text{ср}}$ – средняя высота стеблей, м;

H_{max} – максимальная высота культуры на данном поле, м;

$H_{\text{кл}}$ – высота стерневых кулис, м.

Исследования и расчеты, проведенные нами, а также анализ существующих конструкций жаток, позволили нам наметить пути совершенствования режимов работы, а также реализовать их в конструкции порционной жатки с устройством образования стерневых кулис.

Данная жатка выполнена в навесном варианте. Основными узлами жатки являются основное мотовило 1 (рисунок 4), расположенный под ним режущий аппарат 2, устройства для отвода хлебной массы от колес мобильного средства 3, установленные за режущим аппаратом, транспортер 4, содержащий приводной ролик 5 и ленту 6. В конце транспортера расположена заслонка 7 со щетками 8, соединенная с механизмом подъема 9. По наклонному лотку 10 на транспортер перемещаются колосья, срезанные при помощи устройства для

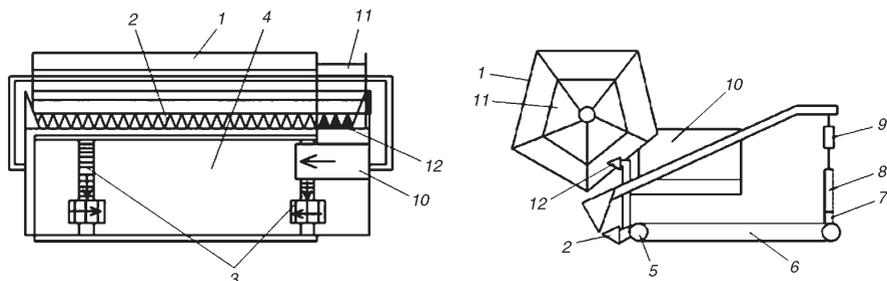


Рисунок 4 – Порционная жатка с устройством образования стерневых кулис

образования стерневых кулис, состоящего из мотовила с укороченными регулируемыми по высоте лучами 11 и режущего аппарата с изменяемой высотой установки. Предлагаемая жатка работает следующим образом. Перед началом работы мотовило и режущий аппарат устройства для образования стерневых кулис устанавливаются на высоту среза колоса или на 0,02...0,03 м ниже его нижней части. Срезанные колосья поступают на наклонный лоток и перемещаются по нему на транспортер. В результате получаем стерневые кулисы, способствующие снегозадержанию. Процесс формирования валка данной жаткой сочетает предварительное накопление массы на ленте транспортера и последующую ее выгрузку на стерню. Масса после скашивания режущим аппаратом, мотовилом укладывается на транспортер и на устройства для её отвода от колес мобильного средства. Данные устройства непрерывно перемещают поступившую на них массу на ленту транспортера. По мере накопления массы на транспортере стебли перемещаются от режущего аппарата к заслонке, предотвращающей выдувание хлебной массы и её преждевременный сход. В момент достижения полосы формирования валка заслонка поднимается посредством механизма подъема, повышается скорость ленты транспортера, и порция укладывается на стерню. Вновь выгружаемые порции пристыковываются к порциям предыдущего прохода. После разгрузки заслонка опускается, а скорость ленты возвращается к нормальному режиму. Начинается процесс накопления следующей порции хлебной массы.

В третьей главе *«Методика экспериментальных исследований порционной жатки»* изложены программа, методика и условия проведения экспериментов.

В ходе подготовки и проведения экспериментально-полевых исследований предусматривалось:

- определить условия экспериментальных исследований;
- исследовать качественные показатели валков, сформированных порционной жаткой;
- определить уровни общих потерь зерна за порционной жаткой и за серийной жаткой для их сравнения;
- оценить качество снегозадержания на стерневых кулисах и определить результаты данного процесса;
- описать и обосновать методику проведения многофакторного эксперимента;
- провести сравнительный анализ качества работы экспериментальной жатки с серийной.

Для проведения полевых исследований был изготовлен экспериментальный образец порционной жатки (рисунок 5). Полевые исследования проводились в ООО «Степь» Акбулакского района Оренбургской области.

Общая программа и методика экспериментальных исследований разработаны на основе методик испытаний зерноуборочной техники, ГОСТов и ОСТов.



Рисунок 5 – Экспериментальный образец порционной жатки

Определение влажности в экспериментальных валках проводилось с использованием влагомера «Фауна-М». Процесс сушки массы в валках исследовался по методике ГОСТа 3040-55 «Зерно, методы определения качества».

При определении массы погонного метра валка для взвешивания отобранных проб применяли электронные весы модели ВТЦ-10.

При проведении многофакторного эксперимента по определению потерь зерна при работе порционной жатки применялось ортогональное планирование эксперимента первого порядка. При построении ортогонального плана эксперимента необходимо обеспечить следующие условия ортогональности:

$$\sum_{i \neq j}^N X_i X_j = 0, i = 1, 2, 3, \dots, k; j = 1, 2, 3, \dots, k; \quad (16)$$

$$\sum_{i=1}^N X_i = 0, i = 1, 2, 3, \dots, k; \sum_{i=1}^N X_i^2 = N, i = 1, 2, 3, \dots, k,$$

где N – число опытов;

k – число факторов.

Построение ортогонального плана эксперимента базируется на формировании матрицы планирования. В качестве параметра оптимизации был принят уровень общих потерь зерна за жаткой (Q , %), так как он позволяет рассматривать качество работы жатки и дает возможность сравнения ее работы с серийными моделями. Следует учитывать, что данный параметр должен соответствовать ГОСТу 28301-2007 по пункту допустимого уровня потерь. Пользуясь как собственными исследованиями, так и опытом других авторов, нами были выбраны следующие факторы, влияющие на уровень потерь зерна за жаткой: рабочая скорость агрегата (X_1); число оборотов кривошипа режущего аппарата (X_2); окружная скорость планки мотовила (X_3); скорость ленточного транспортера (X_4). Уровни и интервалы варьирования факторов в натуральных переменных (в физических значениях) приведены в таблице 1.

В спектр плана любого полного факторного эксперимента входят все возможные комбинации k факторов на всех уровнях их варьирования. В нашем случае имеются четыре комбинации факторов на всех уровнях их варьирования ($k = 4$).

Таблица 1 – Уровни изменения факторов в эксперименте

Фактор	Рабочая скорость агрегата ($v_{\text{агр}}$)	Число оборотов кривошипа режущего аппарата (n)	Окружная скорость планки мотвила (v_r)	Скорость ленточного транспортера (u)
Единица измерения	м/с	об/мин	м/с	м/с
Переменные	X_1	X_2	X_3	X_4
Основной уровень	2,175	800	3,25	2,2
Интервал варьирования	0,575	200	0,25	0,5
Нижний уровень	1,6	600	3	1,7
Верхний уровень	2,75	1000	3,5	2,7

В целях описания поверхности отклика в области начальной точки был составлен ортогональный план эксперимента первого порядка. Эксперимент реализован сериями. Для нашего случая количество серий составило четыре. Тогда общее число опытов равно $N_m = 16 \cdot 4 = 64$.

В четвертой главе «Результаты экспериментальных исследований» приведены результаты многофакторного эксперимента по выявлению закономерности изменения уровня общих потерь за валковой порционной жаткой в зависимости от режимов работы ее основных узлов. Проведен сравнительный анализ результатов экспериментальных и теоретических исследований. Представлены результаты исследования качества процесса снегозадержания на стерневых кулисах, оставленных устройством для их образования, которым оснащена жатка.

Многофакторный эксперимент, выполненный в соответствии с разработанным планом, показал зависимость параметра оптимизации (количества потерь зерна за валковой порционной жаткой Y , %) от четырех управляемых факторов: рабочей скорости агрегата X_1 , числа оборотов кривошипа режущего аппарата X_2 , окружной скорости планки мотвила X_3 и скорости ленточного транспортера жатки X_4 . По результатам регрессионного анализа в программе Statistica 6.1 было получено уравнение регрессии для параметра оптимизации в кодированном виде:

$$Y = 0,112279 + 1,175505X_1 + 0,010281X_2 + 0,116276X_3 + 0,366732X_4 - 0,080566X_1X_3 - 0,025065X_1X_4 + 0,15013X_3^2. \quad (17)$$

Полученное уравнение регрессии (17) позволило построить поверхности отклика параметра оптимизации (общих потерь за жаткой, %) от представленных факторов (рисунки 6–9).

После проведения эксперимента по его результатам был построен график зависимости общих потерь зерна за жаткой от скорости движения транспортера. Далее результаты экспериментальных исследований сравнивались с полученными теоретически (рисунок 10).

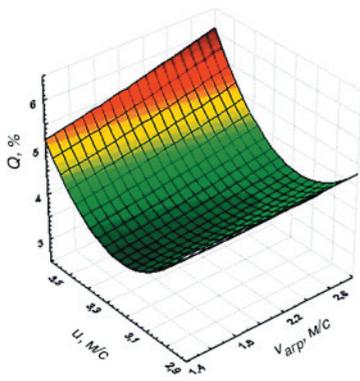


Рисунок 6 – Поверхность отклика параметра оптимизации (общие потери зерна за жаткой) от рабочей скорости агрегата и окружной скорости планки мотовила

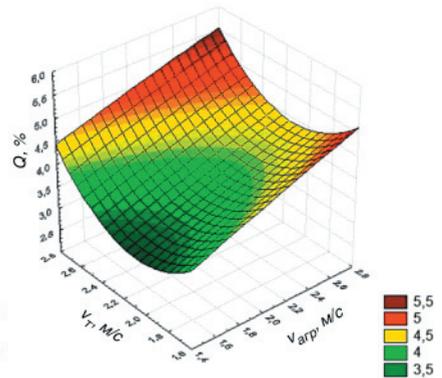


Рисунок 7 – Поверхность отклика параметра оптимизации (общие потери зерна за жаткой) от рабочей скорости агрегата и скорости движения транспортера

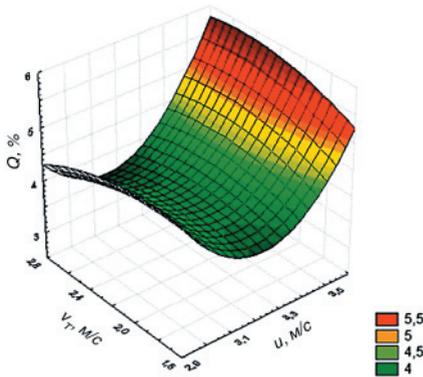


Рисунок 8 – Поверхность отклика параметра оптимизации (общие потери зерна за жаткой) от окружной скорости планки мотовила и скорости транспортера

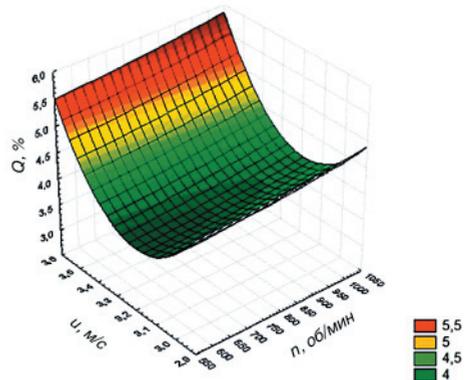


Рисунок 9 – Поверхность отклика параметра оптимизации (общие потери зерна за жаткой) от числа оборотов кривошипа режущего аппарата и окружной скорости планки мотовила

Сравнение графиков зависимости потерь за жаткой от рабочей скорости агрегата и от скорости движения транспортёра показывает, что данные теоретических исследований соответствуют данным, полученным экспериментально.

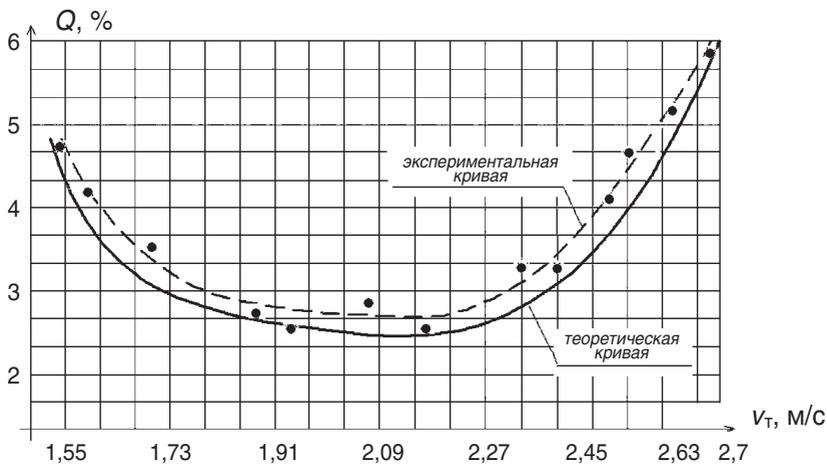


Рисунок 10 – Зависимость потерь за жаткой от скорости движения транспортера при рабочей скорости агрегата 1,6...2,75 м/с

Исследование устойчивости снежного слоя на стерневых кулисах включало определение осадки снежного слоя относительно первого замера. Устойчивость снежного слоя оценивалась коэффициентом его осадки:

$$\theta = \frac{H_k}{H_n \cdot c \cdot \Delta S} \cdot 100\%, \quad (18)$$

где H_n – высота снежного слоя на кулисах при первом замере, м;

H_k – высота снежного слоя на кулисах при последнем замере, м;

c – средняя плотность стеблестоя, $1/\text{м}^2$;

ΔS – площадь участка поля с кулисами, на котором проводился замер.

Динамика изменения коэффициента осадки приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Изменение коэффициента осадки снежного слоя на стерневых кулисах с течением времени

№ за- мера	Коэффициент осадки снежного слоя $\theta, \%$					среднее значение
	контрольная точка № 1	контрольная точка № 2	контрольная точка № 3	контрольная точка № 4	контрольная точка № 5	
1	0	0	0	0	0	0
2	7	4	11	12	1,5	7,1
3	11,3	9,2	9	8	2,5	8
4	4	3,7	3,9	6	4,1	4,43
5	8	5,6	6,7	3	6,4	5,94
6	24,6	21	19,2	17,3	20,3	20,48

Равномерное распределение коэффициента осадки свидетельствует о том, что стерневые кулисы, образованные жаткой, обеспечивают равномерность снегозадержания, которая сохраняется в процессе лежки снега и при начале его таяния. Соответственно, стерневые кулисы, созданные с помощью порционной жатки, обеспечивают качественное снегозадержание, следовательно, применение данного устройства целесообразно.

В пятой главе «*Экономическая эффективность валковой порционной жатки*» представлены результаты расчета экономической эффективности от применения валковой порционной жатки с устройством образования стерневых кулис при раздельной уборке зерновых культур в условиях зоны рискованного земледелия. Также в данном разделе проводилось сравнение экономического эффекта от применения экспериментального образца жатки с эффектом от применения серийных жаток.

Как показали расчёты, ожидаемый годовой экономический эффект составляет 214,2 тыс. рублей на один агрегат в расчете на 1000 га. Ожидаемый срок окупаемости одной валковой порционной жатки составляет 1,4 года. Годовая прибыль от уменьшения потерь зерна составляет 110 тыс. рублей на один агрегат.

Расчет экономической эффективности использования валковой порционной жатки проводился исходя из цен на 2013 год.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Установленная на основе теоретических и экспериментальных исследований закономерность (формула (14)) позволяет определять скорость транспортера в зависимости от скорости агрегата, плотности укладки массы, толщины слоя, параметров хлебостоя). Оптимальная скорость транспортера составляет 1,6...2,8 м/с.

2. Обоснована зависимость (формула (15)) для определения оптимальной доли площади поля под оставляемыми жаткой стерневыми кулисами с учетом высоты и густоты стеблестоя.

3. Разработаны конструкция порционной жатки с устройством образования кулис (патент РФ на изобретение № 2493685). Определены оптимальные конструктивные параметры ленточного транспортера с учетом допустимых потерь зерна: ширина ленты от края жатки до шнекового делителя – 2,21...2,24 м, в центре (от одного делителя до другого) – 1,78...1,82 м, диаметр приводного вала – 0,068...0,074 м, количество опорных роликов – 3, диаметр опор – 0,039...0,042 м, расстояние между соседними опорами – 0,358...0,366 м.

4. На основании теоретических и экспериментальных исследований устройства для образования стерневых кулис установлены оптимальные режимно-конструктивные параметры его мотовила: оптимальная частота вращения – 44...52 об/мин; окружная скорость планки – 2,88...4,38 м/с; достаточное количество планок – 5 штук, радиус – 0,38...0,49 м.

5. По результатам выполненного многофакторного эксперимента выявлены закономерности изменения параметра оптимизации (общие потери за жаткой, % – Y) от четырех управляемых факторов: рабочей скорости агрегата X_1 , числа оборотов кривошипа режущего аппарата X_2 , окружной скорости планки мотовила X_3 и скорости ленточного транспортера жатки X_4 (формула (18)). Установлено, что результаты экспериментальных и теоретических исследований обладают высокой сходимостью.

6. Анализ проведенных экспериментально-полевых исследований показал, что стерневые кулисы, оставляемые порционной жаткой, обеспечивают равномерность снегозадержания, которая сохраняется в процессе лежки снега и при начале его таяния. Также установлено, что образованные кулисы обеспечивают накопление снега высотой 45...50 см, что увеличивает запасы влаги в почве в начале весны в 1,8...2,3 раза. На фоне сформированных жаткой стерневых кулис было получено увеличение урожайности в среднем на 26%.

7. В ходе обоснования экономической эффективности использования порционной жатки установлено, что годовой экономический эффект от ее применения составляет 214,2 тыс. рублей на один агрегат в расчете на 1000 га; ожидаемый срок окупаемости составляет 1,4 года; годовая прибыль от уменьшения потерь зерна составляет 110 тыс. рублей на один агрегат.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Константинов, М.М. Обоснование параметров транспортера порционной жатки [Текст] / М.М. Константинов, Б.Н. Нуралин, И.Н. Глушков // Вестник КрасГАУ. – 2011. – № 12. – С. 209 – 215.

2. Константинов, М.М. Методика расчета и обоснования параметров ленточного транспортера порционной жатки [Текст] / М.М. Константинов, А.Н. Кондрашов, И.Н. Глушков // Известия ОГАУ. – 2012. – № 2. – С. 65 – 69.

3. Константинов, М.М. Обеспечение процесса снегозадержания с использованием валковой порционной жатки с устройством образования стерневых кулис [Текст] / М.М. Константинов, И.Н. Глушков, С.С. Пашинин // Известия ОГАУ. – 2012. – № 6. – С. 81 – 83.

4. Константинов, М.М. Расчёт гидропривода валковой порционной жатки с устройством образования стерневых кулис [Текст] / М.М. Константинов, И.Н. Глушков, А.Н. Кондрашов // Известия ОГАУ. – 2013. – № 3. – С. 90 – 93.

Публикации в других изданиях

5. Константинов, М.М. Рекомендации по настройке и регулировке техники на осенних полевых работах [Текст] / М.М. Константинов, А.П. Ловчиков, И.В. Герасименко, И.Н. Глушков. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2011. – 60 с.

6. Константинов, М.М. Рекомендации по настройке и регулировке техники на уборке урожая зерновых культур, севе озимых и вспашке зяби в Западном Казахстане и Южном Урале [Текст] / М.М. Константинов, Б.Н. Нуралин, А.П. Ловчиков, В.Г. Кушнир, И.Н. Глушков, С.С. Пашинин. – Уральск: Редакционно-издательский отдел Западно-Казахстанского аграрно-технического университета имени Жангир хана, 2011. – 57 с.

7. Константинов, М.М. Проектирование и организация эффективного процесса уборки зерновых культур [Текст] / М.М. Константинов, А.П. Ловчиков, В.П. Ловчиков, П.И. Огородников, Ю.Б. Четыркин; раздел 1.3 Агротехнические показатели валков хлебной массы и способы их формирования, с. 15 – 39, написан с участием И.Н. Глушкова, С.С. Пашинина; под ред. проф. М.М. Константинова. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2011. – 152 с.

8. Константинов, М.М. Обоснование параметров ленточного транспортера валковой порционной жатки в период выгрузки порции [Текст] / М.М. Константинов, И.Н. Глушков, А.Н. Кондрашов // Агроинженерная наука – сельскохозяйственному производству: сб. докладов международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию ЦелинНИИМЭСХ. Ч. 2. – Костанай, 2012. – С. 60 – 64.

9. Константинов, М.М. Рекомендации по снижению потерь и механических повреждений зерна при уборке урожая [Текст] / М.М. Константинов, А.П. Ловчиков, Б.Н. Нуралин, И.Н. Глушков. – Уральск: Издательский центр ЗГКУ им. М. Утемисова, 2012. – 43 с.

10. Глушков, И.Н. Использование валковой порционной жатки с устройством образования стерневых кулис для обеспечения снегозадержания и минимизация потерь зерна при уборке зерновых культур [Текст] / И.Н. Глушков // Совершенствование инженерно-технического обеспечения технологических процессов в АПК: материалы международной научно-практической конференции. – Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2013. – С. 155 – 159.

Патент

11. Пат. 2493685 Российская Федерация, МПК А01D34/04, А31D57/18 Валковая порционная жатка с устройством образования стерневых кулис / Константинов М.М., Глушков И.Н. и др. заявл. 23.03.2012; опубл. 27.09.2013, Бюл. № 27.

Глушков Иван Николаевич

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ И РЕЖИМОВ
РАБОТЫ ПОРЦИОННОЙ ЖАТКИ С УСТРОЙСТВОМ
ОБРАЗОВАНИЯ КУЛИС

Автореферат диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Подписано в печать 22.11.2013.

Формат 60×84/16. Усл. печ. л. 1,0. Печать трафаретная.

Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman.

Заказ № 6760. Тираж 100 экз.

Отпечатано в Издательском центре ОГАУ.

460014, г. Оренбург, ул. Челюскинцев, 18.

Тел.: (3532) 77-61-43