

ЕПИФАНЦЕВ Дмитрий Александрович

**ТЕХНОЛОГИЯ ПОДГОТОВКИ ФУРАЖНОГО ЗЕРНА К ПЛЮЩЕНИЮ С
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УНИВЕРСАЛЬНОГО ГРАВИТАЦИОННОГО
СЕПАРАТОРА**

Специальность 05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского
хозяйства

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Рязань 2012

Работа выполнена на кафедре «Механизация животноводства» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева (ФГБОУ ВПО РГАТУ)

Научный руководитель:	заслуженный деятель науки и техники РФ, доктор технических наук, профессор Некрашевич Владимир Федорович (ФГБОУ ВПО РГАТУ)
Официальные оппоненты:	доктор технических наук, профессор Угланов Михаил Борисович (ФГБОУ ВПО РГАТУ)
Ведущая организация:	кандидат технических наук, зав. отделом Хрипин Владимир Александрович (ГНУ ВНИМС Россельхозакадемии) ГНУ Рязанский научно-исследовательский институт сельского хозяйства Россельхозакадемии

Защита диссертации состоится «__» мая 2012 г. в __ часов на заседании диссертационного совета Д 220.057.02 при ФГБОУ ВПО РГАТУ по адресу: г.Рязань, ул. Костычева, д.1

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ФГБОУ ВПО РГАТУ и на сайтах www.vak.ed.gov.ru , www.rgatu.ru

Автореферат разослан « » апреля 2012 года.

Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные печатью, просим отправлять по адресу: г. Рязань, ул. Костычева, д. 1, учёному секретарю диссертационного совета.

Учёный секретарь
диссертационного совета

А.В. Шемякин

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Государственной программой развития АПК предусмотрено использование новых высокопроизводительных и ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве.

Одним из важнейших направлений в развитии кормовой базы отрасли животноводства является эффективное использование зерновых кормов для повышения продуктивности сельскохозяйственных животных. Фуражное зерно в рационах сельскохозяйственных животных составляет 30 и более процентов по питательности.

Фуражное зерно особенно крупному рогатому скоту рекомендуется скармливать в плющеном виде с целью более полного использования его энергетического потенциала и снижения потерь при переработке и транспортировке. Многие хозяйства нашей страны, в том числе и Рязанской области, перешли на скармливание зернофуража в плющеном виде. Однако практика приготовления зернофуража показывает, что фуражное зерно включает недопустимое по зоотехническим нормам количество различных примесей, таких как семена сорных и ядовитых растений, различного рода минеральные примеси в виде комочков почвы, асфальта или бетона покрытия полов зернохранилищ, кусочки металла транспортирующих машин и вегетативной массы культур.

Большинство технологических линий обработки и измельчения фуражного зерна не имеют очистительных устройств за исключением дробилок с магнитным сепаратором. Анализ технологий и технических средств очистки зерна показал, что наиболее приемлемым способом является очистка фуражного зерна перед плющением на гравитационных сепараторах с прутковыми рабочими органами. Однако эти зерноочистительные устройства требуют замены рабочих органов при переходе на очистку зерна различных культур.

В настоящее время практически нет зерноочистительных машин, способных осуществлять очистку всех видов фуражного зерна. В связи с этим, задача очистки зерна перед плющением является актуальной и требует разработки энергосберегающего универсального устройства для очистки от примесей любых видов фуражного зерна.

Диссертационная работа выполнена в соответствии с программой Россельхозакадемии по научному обеспечению развития агропромышленного комплекса и планом научно-исследовательских работ ФГБОУ ВПО РГАУ в рамках государственной темы № 010201174434 «Технологии и средства механизации для подготовки зернофуража к скармливанию сельскохозяйственным животным».

Целью работы является повышение эффективности процесса приготовления плющеного фуражного зерна, предназначенного для скармливания сельскохозяйственным животным, за счет его очистки от посторонних примесей на универсальном гравитационном сепараторе.

Объект исследования: технологический процесс очистки фуражного зерна от примесей на универсальном гравитационном сепараторе.

Предмет исследования – закономерности выделения посторонних примесей из фуражного зерна сепарирующими гребенками гравитационного сепаратора, состоящими из комбинированных прутков, выполненных с возможностью изменения щелевого зазора между ними.

Методика исследований: аналитическое исследование процесса сепарации фуражного зерна на универсальном гравитационном сепараторе выполнено на основе математического моделирования; проведение экспериментальных исследований в лабораторных условиях осуществлялось с использованием стандартных и оригинальных методик; результаты исследований обрабатывали с применением программ Statistica 8.0, MS Excel и других.

Научная новизна заключается:

- в разработке механико-технологической модели процесса разделения бункерного вороха зерна различных видов культур рабочими органами универсального гравитационного сепаратора с последующим плющением;
- в разработке математической модели движения компонентов зернового вороха по сепарирующей гребенке и дугообразной скатной доске гравитационного сепаратора, учитывающей влияние конструктивных параметров рабочих органов и физико-механических свойств зерна.

Практическая значимость:

- реализация нового универсального гравитационного сепаратора для очистки фуражного зерна перед плющением обеспечивает эффективную степень очистки зернового материала различных видов культур в соответствии с агрозоотехническими требованиям;
- результаты теоретических и экспериментальных исследований могут быть использованы при проектировании универсального гравитационного сепаратора.

Реализация результатов исследований. По результатам исследований разработан, изготовлен и испытан в лабораторных и производственных условиях опытный образец универсального гравитационного сепаратора. Универсальный гравитационный сепаратор в настоящее время используется в линии плющения фуражного зерна в колхозе «Вперед» Шацкого района Рязанской области.

Достоверность научных положений подтверждается результатами лабораторных исследований, полученных с использованием современной измерительных устройств при достаточном количестве повторностей опытов, обработкой опытных данных с использованием методов математической статистики.

Апробация работы. Основные положения работы доложены и обсуждены на научных конференциях профессорско-преподавательского состава, научных работников и аспирантов Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева в период с 2008 по 2011 год, а так же на научной конференции посвященной II туру всероссийского конкурса на лучшую научную работу в номинации «Технические науки» в 2010 году. Работа получила грант на конкурсе лучших проектов в сфере АПК в 2010 году.

Публикации. По теме диссертационной работы опубликовано 7 печатных работ, в их числе 2 – в изданиях рекомендованных ВАК РФ, 1 патент на полезную модель РФ, общим объемом 2,23 усл. п. л.

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, пяти разделов, общих выводов, списка использованных источников, включающего 139 наименования, из них 6 на иностранных языках и приложений. Основная часть диссертации содержит 129 страниц компьютерного текста, включая 47 рисунков, 17 таблиц.

На защиту выносятся:

- модель функционирования технологической линии приготовления плющеного фуражного зерна для сельскохозяйственных животных с использованием гравитационного сепаратора для его очистки;
- показатели физико-механических характеристик и свойств фуражного зерна;
- конструктивно-технологическая схема универсального гравитационного сепаратора зерна;
- теоретическое и экспериментальные обоснования параметров и режимов работы гравитационного сепаратора зерна;
- результаты проверки работы гравитационного сепаратора в производственных условиях и технико-экономическая оценка его эффективности.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении показана актуальность темы, сформулированы: цель работы, объект и предмет исследований, научная новизна. Представлены основные положения, выносимые на защиту.

В первом разделе «Анализ способов и средств очистки зерна, цели и задачи исследования» проведен анализ способов и средств очистки зерна, а так же исследований по совершенствованию процесса очистки зерна на гравитационных сепараторах.

На сегодняшний день очистка зерна при подготовке его к скармливанию сельскохозяйственным животным является неотъемлемой частью технологического процесса производства. Это стало возможным благодаря тому, что большой вклад в изучение процесса сепарации зерновых смесей внесли В.М. Дринча, В. Л. Злочевский, А.Н. Зюлин, И.Е. Кожуховский, В.А. Кубышев и другие. Вопросам плоскорешетного сепарирования посвящены труды В.Я. Белецкого, И.И. Блехмана, М.Н. Богомолова, В.П. Горячкина, М.Н. Летошнева и других ученых.

Анализ исследований показал, что наименее энергоемким и достаточно эффективным вариантом является очистка зерна на различных конструкциях гравитационных сепараторов.

Однако существующие гравитационные сепараторы для очистки зерновых культур в большинстве конструкций не приспособлены к обработке различных видов фуражного зерна без замены рабочих органов.

По результатам проведенного анализа и в соответствии с поставленной целью были сформулированы следующие **задачи исследования**:

- разработать модель функционирования технологической линии приготовления плющеного фуражного зерна для сельскохозяйственных животных с использованием универсального гравитационного сепаратора для его очистки;

- изучить физико-механические характеристики и свойства фуражного зерна;

- разработать конструктивно-технологическую схему универсального гравитационного сепаратора;

- теоретически и экспериментально обосновать основные параметры и режимы работы универсального гравитационного сепаратора;

- проверить в производственных условиях работоспособность универсального гравитационного сепаратора и оценить эффективность его применения.

Во втором разделе «Физико-механические характеристики принятых к исследованию видов фуражного зерна» были исследованы линейные размеры, влияние влажности на объёмную массу и коэффициент трения по стали, коэффициент текучести, угол естественного откоса фуражного зерна пшеницы, ячменя и овса.

По результатам проведенных исследований было выявлено следующее. Значения длины зерен изменяются в пределах для: пшеницы от 4,6 до 5,1 мм, ячменя от 6,6 до 7,1 мм, овса от 7,6 до 8,3 мм. Значения ширины зерен изменяются в пределах для: пшеницы от 3,4 до 3,7 мм, ячменя от 3,1 до 3,4 мм, овса от 2,0 до 2,3 мм. Значения толщины зерен изменяются в пределах для: пшеницы от 2,7 до 3,1 мм, ячменя от 2,1 до 2,5 мм, овса от 2,0 до 2,2 мм.

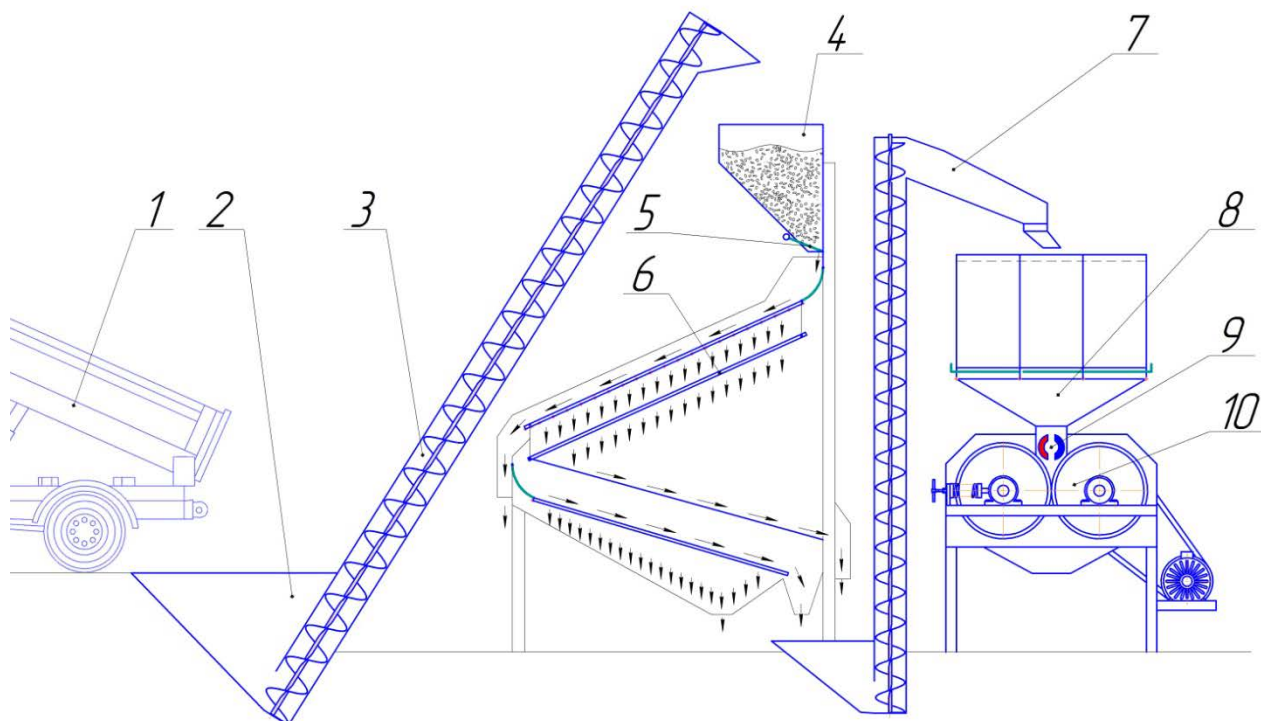
Изменение влажности с 10 до 18% приводит к снижению объёмной массы зерна соответственно: пшеницы – с 790 до 749,6 кг/м³, зерна ячменя – с 705 до 693,4 кг/м³ и зерна овса – с 510 до 497 кг/м³.

При увеличении влажности с 10 до 18% статический коэффициент трения по стали для пшеницы, ячменя и овса соответственно увеличивается в пределах 0,41 – 0,5; 0,4 – 0,45; 0,43 – 0,49.

Угол естественного откоса зерна возрастает у пшеницы, ячменя и овса в пределах соответственно 25,4 – 29,7°; 25,9 – 29°; 22,8 – 27° при увеличении влажности с 10 до 18%, коэффициент текучести составляет соответственно 15,7 – 16,3; 8,6 – 9,7; 7,4 – 9,6.

В третьем разделе «Теоретическое обоснование конструктивных параметров универсального гравитационного сепаратора» представлена схема технологического процесса линии очистки и плющения фуражного зерна (рис. 1). Линия включает в себя следующие процессы. Транспортировка зерна на транспортном средстве 1, перегрузка его в бункер-накопитель 2. Затем зерно загружается транспортером 3 в бункер гравитационного сепаратора 4. При открытии заслонки 5 зерно из этого бункера поступает на очистку в сепаратор 6. На выходе из сепаратора зерно попадает в очередной транспортер 7, который в зависимости от вида зерна, распределяет его по нескольким бункерам 8

плющилки 10. Регулируя зазор заслонками бункеров, можно задавать соотношение видов зерна в приготавливаемом комбикорме. На выходе из бункера плющилки установлен магнитный уловитель 9, который не позволяет пройти металломагнитным частицам в общей массе зерна перед его плющением, тем самым обеспечивается защита валцов плющилки 10 от механических повреждений.



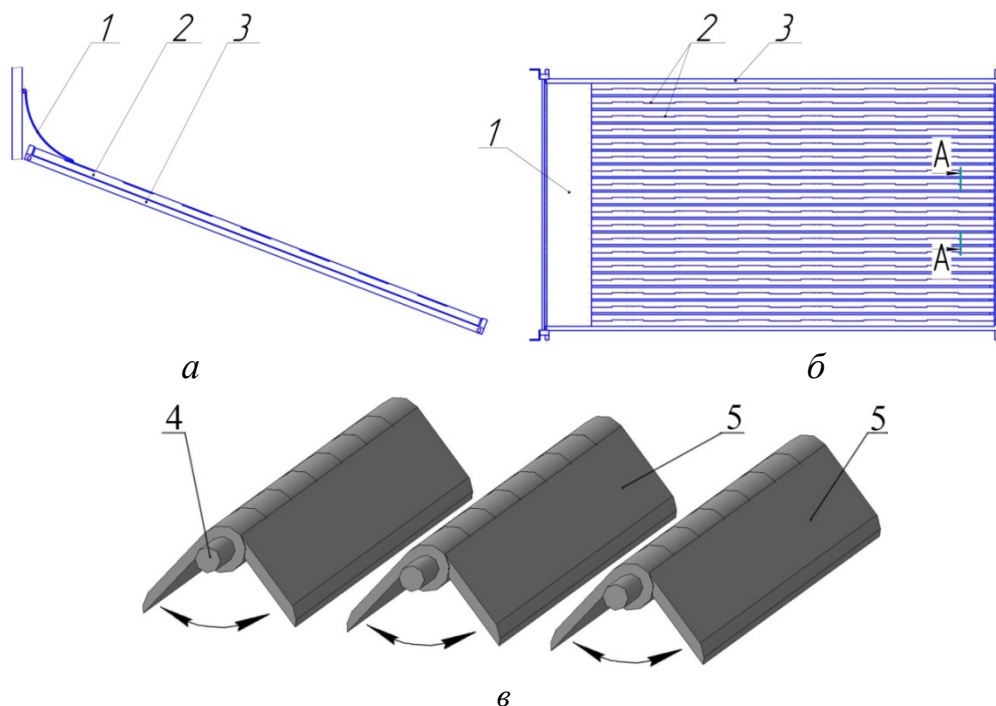
1 – транспортное средство; 2 – бункер-накопитель; 3 – транспортер; 4 – приемный бункер гравитационного сепаратора; 5 – заслонка бункера гравитационного сепаратора; 6 – гравитационный сепаратор; 7 – транспортер; 8 – бункеры-накопители плющилки; 9 – магнитный уловитель; 10 – валцовая плющилка.

Рисунок 1 – Схема технологического процесса линии очистки и плющения фуражного зерна.

Особенностью предлагаемого сепаратора является конструкция сепарирующих гребенок, используемых в его составе. Каждая из гребенок состоит из нескольких десятков комбинированных прутков 2 (рис. 2), расположенных вдоль течения зернового материала. Каждый из комбинированных прутков состоит из двух пластин 5 шарнирно закрепленных на оси вращения 4. С помощью механизма регулировки, вращая пластины 5 на оси 4 выставляется заданный щелевой зазор между пластинами соседних прутков, необходимый для выделения необходимых фракций. Тем самым эта конструкция позволяет оперативно подготовить сепаратор к сепарации любого вида зерна без замены рабочих органов.

Дополнительно каждая из сепарирующих гребенок снабжена дугообразной скатной доской 1 (рис. 2 а). Данное устройство позволяет избежать эффекта отскакивания частиц сепарируемого материала при его движении из бункера и при переходе с одной сепарирующей гребенки на другую. Такая конструкция позволяет обеспечить контакт сепарируемого

материала с поверхностью сепарирующих гребенок на протяжении всей её длины, а так же значительно снизить забивание сепарирующих гребенок, так как зерновой материал входит во взаимодействие с сепарирующими гребенками по касательной к ним.



а – вид сбоку; *б* – вид сверху; *в* – прутки сепарирующей гребенки; 1 – дугообразная скатная доска; 2 – комбинированные прутки; 3 – рамка гребенки; 4 – ось прутка; 5 – пластины.

Рисунок 2 – Схема сепарирующей гребенки с комбинированными прутками.

Для теоретического обоснования конструктивно-технологических параметров рабочих органов универсального гравитационного сепаратора была принята модель движения частицы зернового материала по наклонному желобу и дугообразной скатной доске.

Ввиду сложности полного описания динамического состояния сепарируемого материала на дугообразной скатной доске и сепарирующей гребенке для получения четкой картины процесса, удобной для последующих расчетов, и достоверного описания движения частиц зернового материала, приняли следующие допущения: для теоретического анализа примем частицы зерна в виде однородного эллипсоида, который скользит по поверхности, без вращения, в положении, когда ось, проходящая через его наибольший размер, совпадает с вектором движения; сопротивление воздуха не учитывается; при определении действующих на частицу сил взаимодействие частиц не учитывается; упругие свойства частицы не оказывают значительного влияния на процесс движения.

Пропускная способность гравитационного сепаратора напрямую зависит от просеивающей способности сепарирующей гребенки. Массу зерна,

проходящую через щелевые зазоры сепарирующей гребенки можно определить по формуле:

$$Q_c = S \cdot K_T, \quad (1)$$

где S – площадь живого сечения гребенки, m^2 ; K_T – коэффициент текучести зерна, $\frac{кг}{m^2 \cdot c}$.

Площадь живого сечения гребенки определится по формуле:

$$S = \Delta \cdot l \cdot (n - 1), \quad (2)$$

где Δ – величина щелевого зазора между прутками гребенки, м; l – длина гребенки, м; n – количество прутков в гребенке, шт.

Подставляя выражение (2) в выражение (1) и решая относительно l , получим уравнение для определения длины гребенки:

$$l = \frac{Q_c}{\Delta \cdot K_T \cdot (n - 1)}. \quad (3)$$

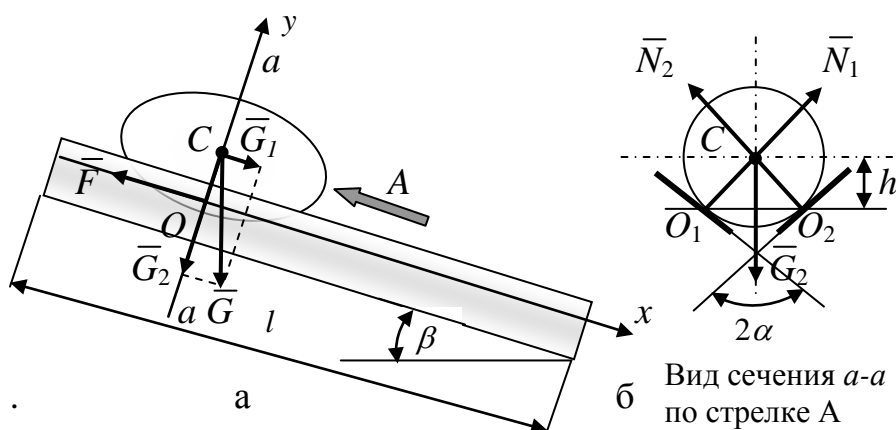


Рисунок 3 – Схема движения частицы и сил воздействующих на неё.

Рассмотрев динамику движения частицы по поверхности гребенки. Дифференциальное уравнение движения (скольжения) в соответствии с рисунком 3 следующее:

$$m\ddot{x} = G \sin \beta - F. \quad (4)$$

Суммарная сила трения определяется формулой:

$$F = 2F_1 = G \frac{f \cos \beta}{\sin \alpha} \quad (5)$$

где f – коэффициент трения скольжения. Подставив в уравнение (4) силу трения после сокращения на массу частицы получим дифференциальное уравнение в следующем виде:

$$\ddot{x} = g \left(\sin \beta - \frac{f \cos \beta}{\sin \alpha} \right). \quad (6)$$

Дважды интегрируя при начальных условиях $t_0 = 0$ $x_{c0} = 0$, $x'_{c0} = v_0$, получим зависимость для скорости и закон движения частицы:

$$v_1 = g \left(\sin \beta - \frac{f \cos \beta}{\sin \alpha} \right) t + v_0, \quad (7)$$

$$x = g \left(\sin \beta - \frac{f \cos \beta}{\sin \alpha} \right) \frac{t^2}{2} + v_0 t. \quad (8)$$

Начальную скорость v_0 частица приобретает при сходе с дугообразной скатной доски, соединенной с желобом.

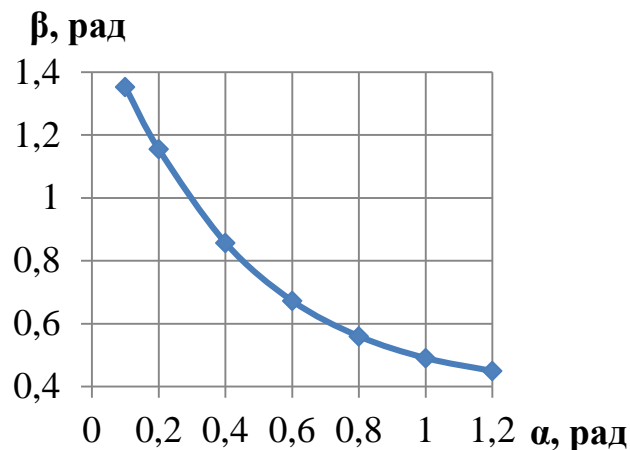
Время прохождения частицей желоба длиной l определится из следующего уравнения, полученного из выражения (8), в котором коэффициент a следует принять равным $a = g \left(\sin \beta - \frac{f \cos \beta}{\sin \alpha} \right)$:

Имеем

$$t_1 = \frac{-v_0 + \sqrt{v_0^2 + 2al}}{a}. \quad (9)$$

Скорость схода частицы с желоба определится из уравнения (7) после подстановки в нее времени t_1 :

$$v_2 = v_0 + at_1 = \sqrt{v_0^2 + 2al}. \quad (10)$$



α – угол наклона пластин прутков; β – угол наклона сепарирующей гребенки.

Рисунок 4 – Зависимость скольжения частицы с постоянной скоростью от угла наклона сепарирующей гребенки и угла раствора пластин прутков гребенок.

Условие скольжения частицы с постоянной скоростью, получим из формулы (6), приравняв ускорение к нулю, имеем

$$\beta = \arctg \frac{f}{\sin \alpha} \quad (11)$$

Эти зависимости для значений коэффициентов трения скольжения частицы $f = 0,45$ (коэффициент трения пшеницы по стали) приведены на рисунке 4. При этом скорость скольжения частицы по желобу равна начальной скорости, $v_1 = v_0$.

Для обоснования радиуса закругления дугообразной скатной доски была принята следующая схема движения частицы (рис. 5) при тех же допущениях.

Задачу решили, применив теорему об изменении кинетической энергии частицы. В общем случае теорема имеет вид:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_{\text{н}}^2}{2} = \sum_i A_i \quad (12)$$

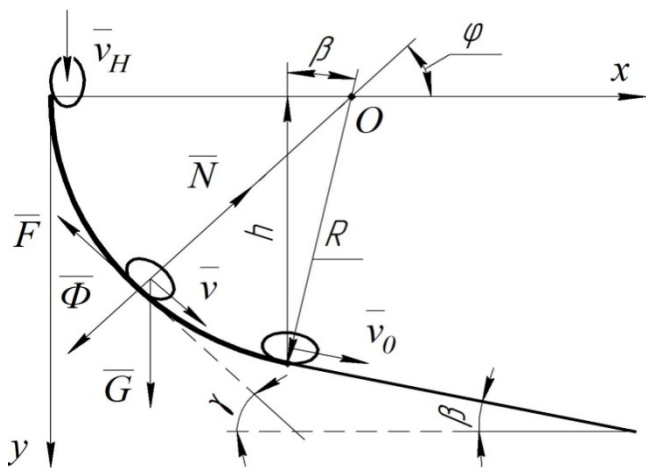


Рисунок 5 – Схема движения частицы по дугообразной скатной доске.

Центробежная сила инерции Φ работу не совершает, поскольку в каждый момент времени перпендикулярна к перемещению частицы.

Теорема (12) для рассматриваемого случая примет вид:

$$\frac{mv^2}{2} - \frac{mv_n^2}{2} = Gy = mgy. \quad (14)$$

Из рисунка 5 следует, что $y = R \sin \varphi$, где φ - текущая угловая координата частицы. Подставляя значение y в формулу (14) и сокращая на массу, определим скорость частицы:

$$v = \sqrt{v_n^2 + 2gR \sin \varphi} \quad (15)$$

Начальную скорость v_n определим по известной формуле падения частицы по вертикали из бункера до точки вхождения на направляющую кривую:

$$v_n = \sqrt{2gh_1}, \quad (16)$$

где h_1 – высота падения части от бункера до вхождения на скатную доску. Таким образом

$$v = \sqrt{2g(h_1 + R \sin \varphi)} \quad (17)$$

При известной конечной скорости частицы $v = v_0$ радиус дуги окружности скатной доски определим по формуле (15), подставив в нее $\varphi = \frac{\pi}{2} - \beta$:

$$R = \frac{v_0^2 - v_n^2}{2g \cos \beta} \quad (18)$$

Таким образом установлено, что сепаратор должен содержать скатную доску, выполненную в виде дуги окружности и гребенку с регулируемым углом наклона и прутками, позволяющими изменять щелевой зазор.

В четвертом разделе «Исследование процесса очистки фуражного зерна на гравитационном сепараторе в лабораторных условиях» были изложены программа лабораторных исследований, дано описание лабораторной установки, представлены методики проведения опытов и результаты лабораторных исследований.

где m – масса частицы; v_n , v – начальная и конечная скорости частицы при нахождении ее на криволинейной скатной доске; A_i – работа i – той силы, действующей на частицу.

Для рассматриваемого случая ввиду гладкости поверхности кривой работу будет совершать только сила тяжести частицы. Ввиду ее консервативности эта работа равна:

$$A_G = Gy, \quad (13)$$

где y – высота перемещения частицы.

При рассмотрении объекта и условий исследования было выявлено, что, возможно свести круг экспериментов к исследованиям отдельной сепарирующей гребенки, а не каскада гребенок для обоснования длины, угла наклона сепарирующей гребенки, а так же подачи зернового материала.

Опыты проводили на лабораторной установке, содержащей закрепленные на раме бункер-дозатор с заслонкой, сепарирующую гребенку с дугообразной скатной доской и пробоотборники установленные под гребенкой на каждые 10 сантиметров гребенки. Сепарирующая гребенка имела следующие параметры: ширина 0,5 м, длина до 1,2 м, количество прутков в гребенке 17, изменение щелевого зазора от 0 до 8 мм.

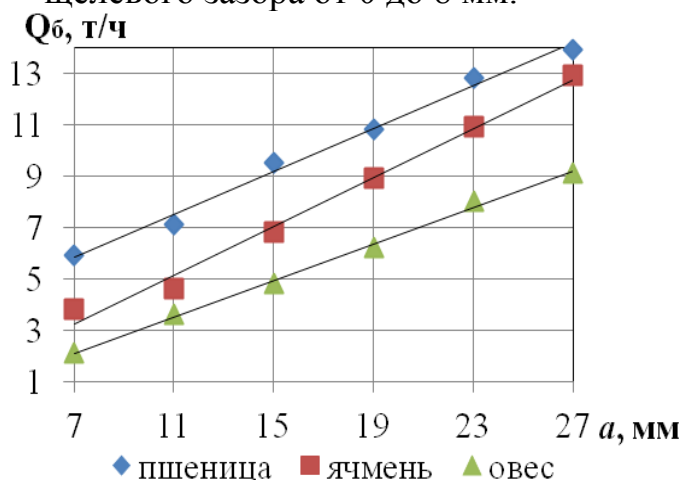


Рисунок 6 – Графическая зависимость производительности Q_b бункера-дозатора от величины открытия дозирующей заслонки a .

В результате проведенных лабораторных испытаний были получены данные, на основе которых построены графические зависимости.

Так из графической зависимости представленной на рисунке 6 видно, что с увеличением открытия заслонки бункера-дозатора с 7 до 27 мм производительность бункера увеличивается для пшеницы с 5,9 до 13,9 т/ч, для ячменя этот показатель варьируется с 3,8 до 12,9 т/ч, для овса увеличивается с 2,1 до 9,1 т/ч.

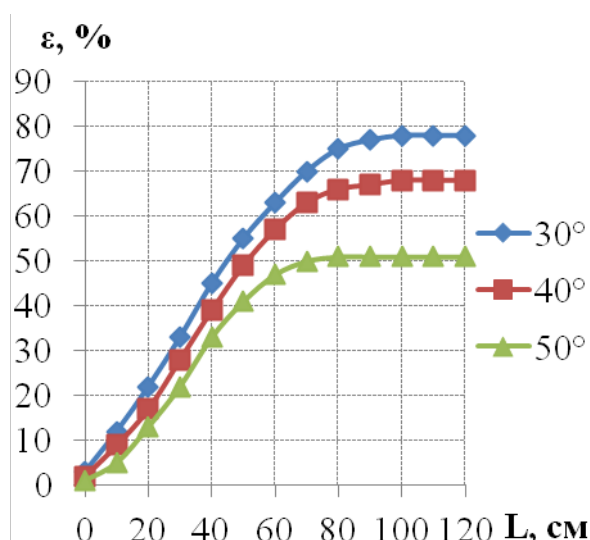


Рисунок 7 – Графическая зависимость эффективности выделения примесей ε от длины гребенки L для пшеницы при различных углах наклона сепарирующей гребенки.

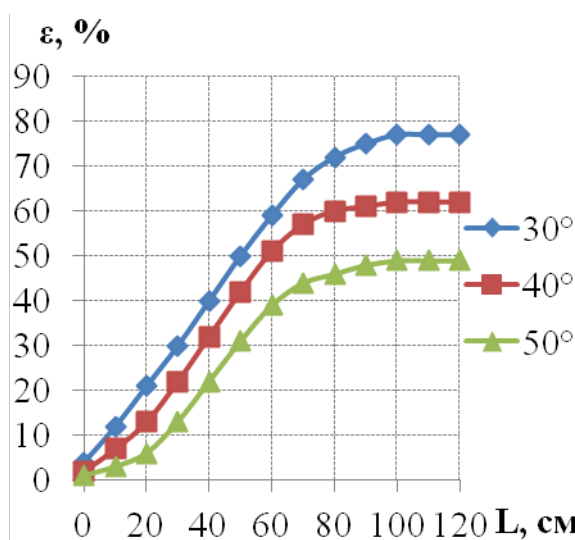


Рисунок 8 – Графическая зависимость эффективности выделения примесей ε от длины гребенки L для ячменя при различных углах наклона сепарирующей гребенки.

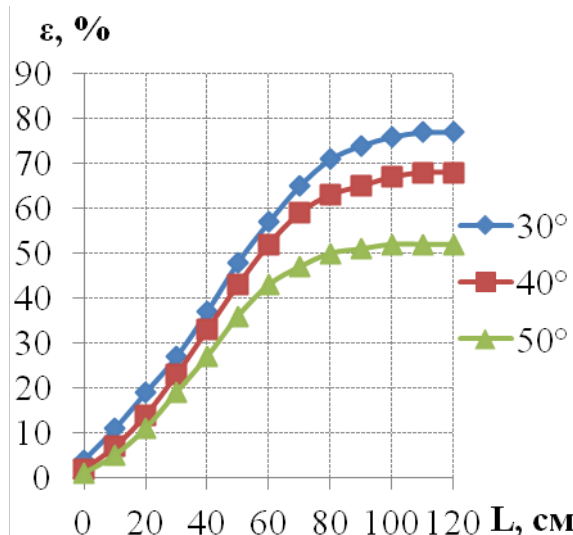


Рисунок 9 – Графическая зависимость эффективности выделения примесей ε от длины гребенки L для овса при различных углах наклона сепарирующей гребенки.

На рисунках 7 – 9 представлены зависимости эффективности выделения примесей ε от длины гребенки для различных видов зерновых культур. Эффективность выделения мелких примесей для пшеницы возрастает интенсивно до 80 см длины сепарирующей гребенки. Для ячменя и овса показатель возрастает до длины гребенки 100 см и затем падает. Это объясняется тем, что с увеличением длины сепарирующей гребенки зерновой материал приобретает большую скорость и меньше взаимодействует с сепарирующей гребенкой. С уменьшением угла наклона сепарирующей гребенки к

горизонтальной плоскости увеличивается эффективность выделения мелких примесей.

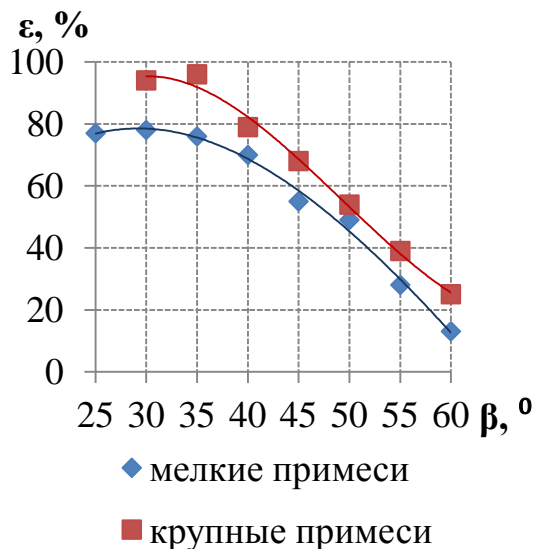


Рисунок 10 – Графическая зависимость эффективности выделения примесей ε от угла наклона сепарирующей гребенки β для пшеницы.

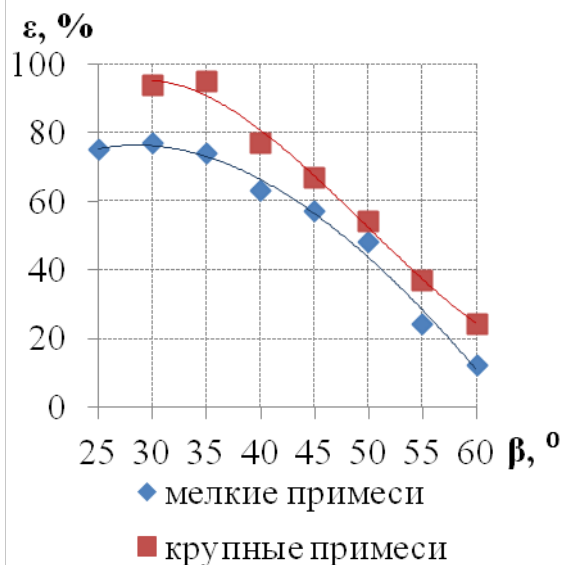


Рисунок 11 – Графическая зависимость эффективности выделения примесей ε от угла наклона сепарирующей гребенки β для ячменя.

Эффективность выделения примесей из зернового материала с увеличением угла наклона гребенок к горизонтальной плоскости уменьшается. Так, при увеличении угла наклона сепарирующих гребенок с 35° и более (рис. 10-12) эффективность очистки зернового материала от мелких и крупных примесей значительно снижается. Это связано с тем,

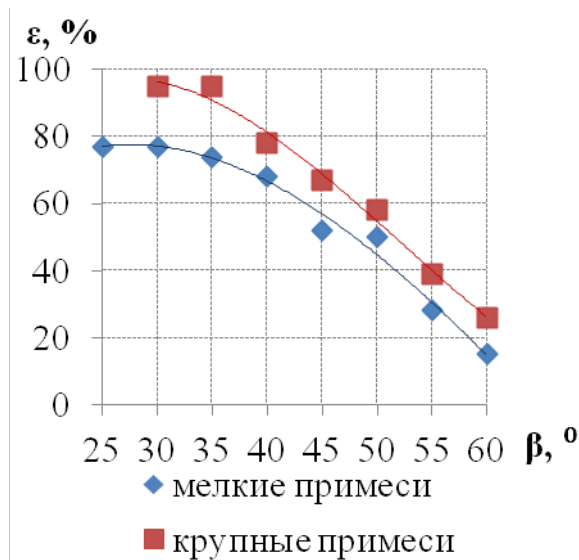


Рисунок 12 – Графическая зависимость эффективности выделения примесей ε от угла наклона сепарирующей гребенки β для овса.

Из графических зависимостей видно, что эффективность выделения крупных примесей практически одинакова при очистке всех принятых к исследованию видов зерна и составляет более 95% при угле наклона сепарирующей гребенки от 30 до 35°. Данный факт говорит о том, что для очистки зернового материала от крупных примесей будет необходимо и достаточно одной сепарирующей гребенки.

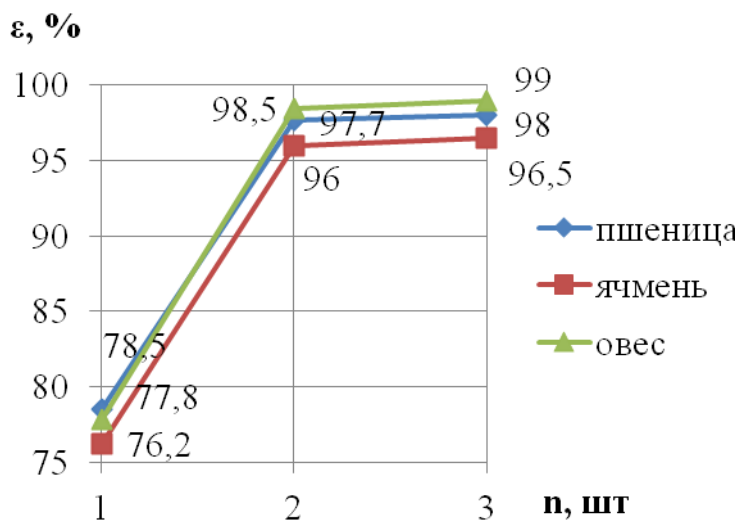


Рисунок 13 – Графическая зависимость эффективности выделения мелких примесей ε от количества сепарирующих гребенок n для пшеницы, ячменя и овса.

незначительное количество примесей, поэтому в целях снижения высоты сепаратора и материалоемкости следует использовать две сепарирующие гребенки для выделения мелких примесей.

что зерновой материал с увеличением угла наклона сепарирующих гребенок к горизонтальной плоскости меньше взаимодействует с сепарирующими гребенками в связи с быстрым увеличением скорости его движения. Наибольшая эффективность выделения мелких и крупных примесей достигается при угле наклона гребенки в диапазоне от 28 до 35°.

На рисунке 13 представлены графические зависимости эффективности выделения мелких примесей ε от количества сепарирующих гребенок n для пшеницы, ячменя и овса. Из них видно, что при изменении количества сепарирующих гребенок от 1 до 2 штук эффективность выделения мелких примесей возрастает, при чем на первой гребенке удается выделить более 76% примесей, а на второй практически всё остальное количество примесей. На третьей гребенке выделяется

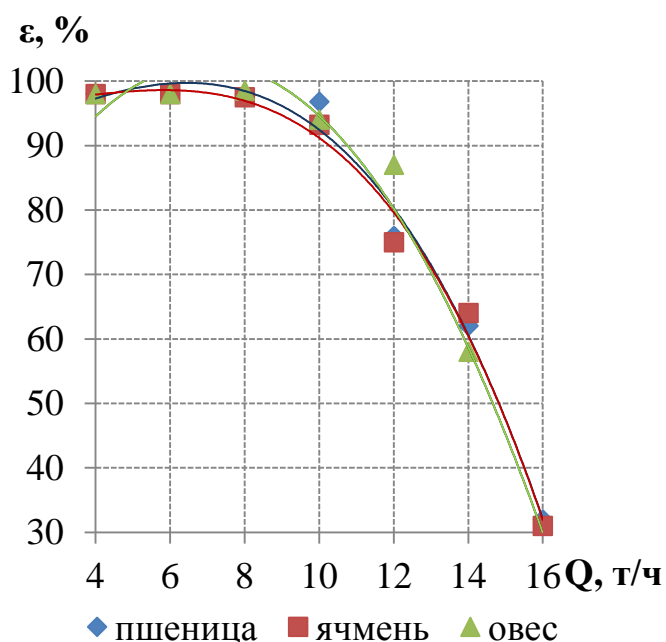


Рисунок 14 – Графическая зависимость зависимости эффективности выделения примесей ε от подачи зернового материала Q .

на эффективность выделения примесей нами была проведена серия многофакторных экспериментов.

В результате статистической обработки экспериментальных данных были получены математические модели зависимости эффективности выделения посторонних примесей ε от угла наклона гребенки β и длины сепарирующей гребенки L и от от угла наклона гребенки β и подачи зернового материала Q

$$\varepsilon = -214,5519 + 11,2833\beta + 2,7246L - 0,1687\beta^2 - 0,0077\beta L - 0,0124L^2 \quad (19)$$

$$\varepsilon = -57,7958 + 6,85\beta + 14,6833Q - 0,1245\beta^2 + 0,05\beta Q - 1,0188Q^2 \quad (20)$$

По результатам экспериментов построены графические зависимости (рис. 15, 16).

Из графической зависимости (рис. 15) видно, что оптимальными параметрами для выделения примесей при подаче зернового материала 8 т/ч являются угол наклона 30° и длина сепарирующей гребенки 100 см. Эффективность выделения примесей при данных параметрах составляет 94,4%.

Из графической зависимости (рис. 16) видно, что максимальная эффективность выделения примесей достигается при подаче зернового материала 8 т/ч и угле наклона сепарирующей гребенки равном 28° . Однако для повышения производительности сепаратора можно принять подачу равную 10 т/ч, при незначительном уменьшении эффективности выделения примесей.

При увеличении подачи зернового материала (рис. 14) до 10 т/ч для пшеницы, эффективность выделения как мелких, так и крупных примесей максимальна, для ячменя и овса до 9 т/ч. При дальнейшем увеличении подачи с 10 до 16 т/ч для пшеницы и с 9 т/ч для ячменя и овса эффективность выделения мелких и крупных примесей резко снижается. Это можно объяснить тем, что мелкие частицы примеси не успевают пройти через слой зернового материала.

Для установления совместного влияния выбранных параметров универсального гравитационного сепаратора

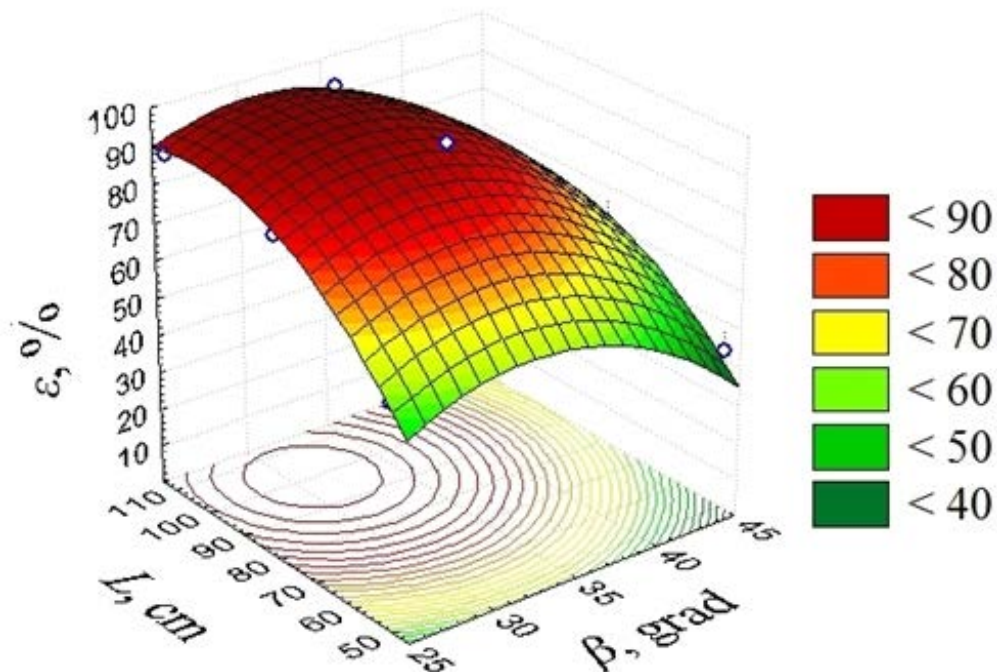


Рисунок 15 – Графическая зависимость эффективности выделения примесей от угла наклона и длины сепарирующей гребенки (подача зернового материала 10 т/ч).

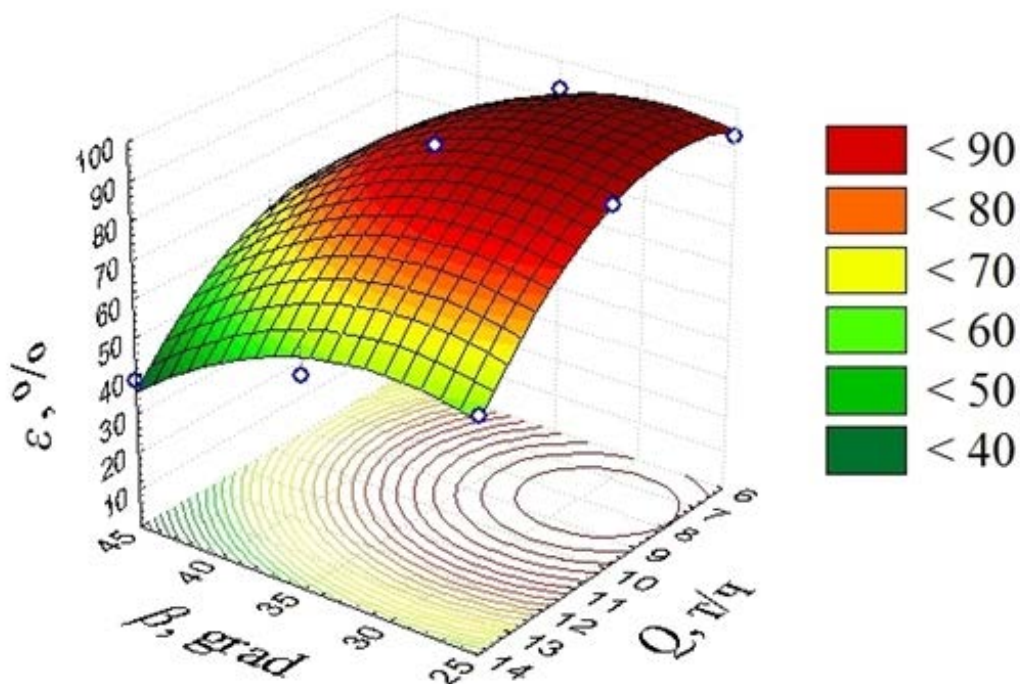


Рисунок 16 – Графическая зависимость эффективности выделения примесей от угла наклона гребенки и величины подачи зернового материала (длина сепарирующей гребенки 1,1 м).

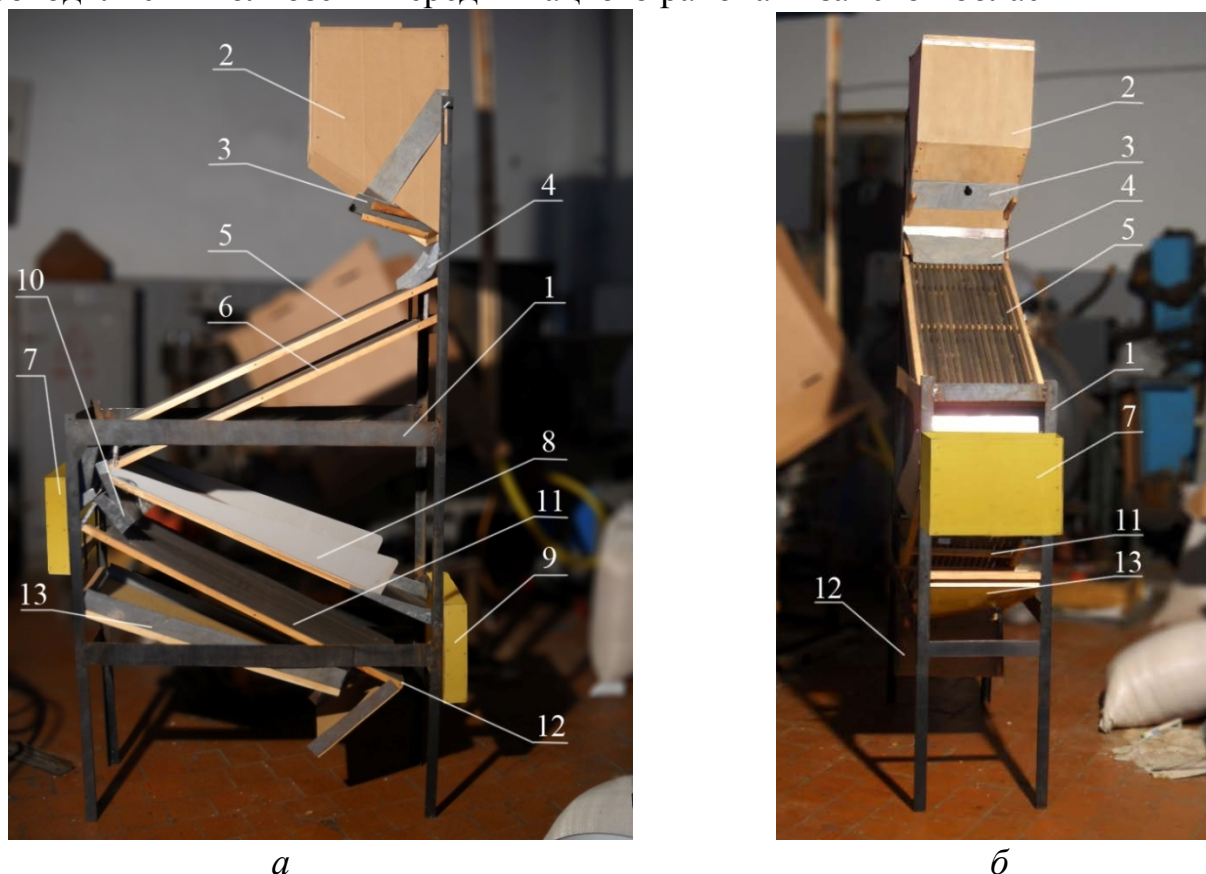
В пятом разделе «Исследование процесса очистки фуражного зерна в производственных условиях, результаты внедрения и экономическая эффективность» были приведены результаты производственных испытаний, а так же представлены результаты расчетов технико-экономических показателей эффективности использования предлагаемого универсального гравитационного

сепаратора. В качестве объекта для сравнения был взят серийно выпускаемый гравитационный сепаратор ЗГ-25.

Производственная установка представлена на рисунке 17.

Количество примесей в зерновом материале после очистки гравитационным сепаратором составляет менее 5% от их первоначального количества. В число примесей, оставшихся после очистки, входили в основном легкие примеси, а количество зерна в отсеянных примесях составляет не более 4%, в число которого входят битые, колотые половинки зерен.

Производственные исследования гравитационного сепаратора проводились в колхозе «Вперед» Шацкого района Рязанской области



а – вид сбоку (корпус снят); *б* – вид спереди; 1 – сварная рама; 2 – бункер-дозатор; 3 – дозирующая заслонка; 4, 10 – дугообразные скатные доски; 5 – сепарирующая гребенка для выделения крупных примесей; 6, 11 – сепарирующие гребенки для выделения мелких примесей; 7, 9 – отводные каналы; 8, 13 – скатная доска; 12 – канал сбора очищенного зерна.

Рисунок 17 – Производственная установка универсального гравитационного сепаратора.

Расчет экономической эффективности показал, что годовой экономический эффект от внедрения в производство универсального гравитационного сепаратора для очистки зерна при годовом объеме переработки 2210 т составит 24196 руб. При этом снижаются следующие показатели: эксплуатационные затраты на 19,7%; металлоемкость в 5 раз; удельные капиталовложения на 77,8%. Срок окупаемости гравитационного сепаратора составит 0,6 года.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. Анализом научных исследований установлено, что линия плющения фуражного зерна должна содержать бункер-накопитель, транспортер, гравитационный сепаратор, шнековый транспортер, вальцовую плющилку, в которой гравитационный сепаратор должен обеспечивать очистку любого вида фуражного зерна за счет использования в его конструкции сепарирующих гребенок с комбинированными прутками, выполненными в виде двух пластин, расположенных на оси с возможностью менять щелевой зазор между соседними прутками.

2. Установлено, что влажность оказывает существенное влияние на физико-механические параметры зерна различных культур. Повышение влажности с 10% до 18% приводит к снижению объёмной массы зерна пшеницы с 790 до 749,6 кг/м³, ячменя – с 705 до 693,4 кг/м³ и овса – с 510 до 497 кг/м³; коэффициент трения для пшеницы, ячменя и овса соответственно изменяется в пределах 0,41 – 0,5; 0,4 – 0,45; 0,43 – 0,49; угол естественного откоса возрастает у пшеницы, ячменя и овса в пределах соответственно 25,4° – 29,7°; 25,9° – 29°; 22,8° – 27°; а коэффициент текучести для овса, ячменя и пшеницы соответственно 15,7 – 16,3; 8,6 – 9,7; 7,4 – 9,6

3. Установлено, что производительность сепаратора зависит от площади живого сечения сепарирующей гребенки, коэффициента текучести зернового материала или количества и длины прутков в гребенке, ширины щелевого зазора между ними, а также угла раствора пластин прутков и наклона гребенки.

4. Установлено, что перед каждой сепарирующей гребенкой следует устанавливать скатную доску в форме дуги окружности для исключения забивания сепарирующих гребенок и устранения отскакивания зернового материала от сепарирующей гребенки. Радиус закругления дугообразной скатной доски зависит от угла наклона сепарирующей гребенки, а так же от начальной скорости поступления зернового материала на неё и скорости схода с неё.

5. Лабораторными исследованиями установлено, что для получения производительности сепаратора на пшенице – 10 т/ч, на ячмене – 9 т/ч, на овсе – 9 т/ч его параметры должны быть следующими: длина гребенки 1000 мм; ширина гребенки 450 мм; количестве прутков в гребенке 17 шт.; зазор между прутками сепарирующих гребенок для выделения мелких примесей для пшеницы – 2,5 мм, ячменя – 2,0 мм, овса – 2,0 мм; зазор между прутками сепарирующих гребенок для выделения крупных примесей для пшеницы – 4 мм, для ячменя – 3,5 мм, для овса – 3 мм; угол наклона сепарирующих гребенок для пшеницы и ячменя – 30°, для овса – 28°.

6. Проверка процесса очистки зерна на гравитационном сепараторе в производственных условиях показали, что в целом сепаратор работоспособен и эффективен при очистке пшеницы, ячменя и овса. Зерновой материал, получаемый в результате очистки полностью соответствует зоотехническим требованиям, так как количество примесей в зерновом материале после очистки составляет менее 5%, а количество зерна в отсеянных примесях составляет не более 4%. Эффективность выделения примесей составляет более 95%.

7. Годовой экономический эффект от внедрения в производство универсального гравитационного сепаратора для очистки зерна при годовом объеме переработки 2210 т составит 24196 руб. без учета потерь от ущерба снижения продуктивности животных и эксплуатационных затрат на восстановление валцов плющилки. При этом снижаются следующие показатели: эксплуатационные затраты на 19,7%; металлоемкость в 5 раз; удельные капиталовложения на 77,8%. Срок окупаемости гравитационного сепаратора составит 0,6 года.

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ ОТРАЖЕНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

Статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ

1. Епифанцев Д.А. Очистка фуражного зерна / В.Ф. Некрашевич, Д.А. Епифанцев, А.Ф. Слабиков // Сельский механизатор. – 2010. № 10. – С.4.

2. Епифанцев Д.А. Дисковая плющилка зерна/ В.Ф. Некрашевич, И.В. Воробьева, И.А. Иванова, А.Ф. Слабиков, Д.А. Епифанцев // Сельский механизатор. – 2009. № 9. – С.23.

Изобретения и полезные модели

3. Пат. 80660 РФ МКП В 07 В 1/04 Гравитационный сепаратор/ В.Ф. Некрашевич, С.В. Некрашевич, Д.А. Епифанцев. - № 2008136958/22; Заявлен 15.09.2008; Опубли. 20.02.2009, Бюл. № 5 – 4 с.: ил.

Статьи в сборниках научных трудов и отраслевых журналах

4. Епифанцев Д.А. Универсальный гравитационный сепаратор зерна / В.Ф. Некрашевич, Д.А. Епифанцев // Сборник научных трудов профессорско-преподавательского состава и молодых ученых Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. Материалы научно-практической конференции. – Рязань. – 2009. С.31-33.

5. Епифанцев Д.А. Теоретическое определение угла наклона и длины сепарирующей гребенки гравитационного сепаратора // Инновационные технологии и средства механизации в растениеводстве и животноводстве. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции посвященной 75-летию Владимира Федоровича Некрашевича. – Рязань. -2011. С.160-162.

6. Епифанцев Д.А. Технология очистки и плющения фуражного зерна / В.Ф. Некрашевич, И.И. Кашеев, Д.А. Епифанцев // Инновационные технологии и средства механизации в растениеводстве и животноводстве. Сборник научных трудов по материалам международной научно-практической конференции посвященной 75-летию Владимира Федоровича Некрашевича. – Рязань. -2011. С.132-135.

7. Епифанцев Д.А. Динамика движения частицы материала по шероховатой направляющей в виде дуги окружности / В.А. Ксендзов, Д.А. Епифанцев // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. Научно-производственный журнал. – Рязань. -2012. №1. С.43-47