

$$P_{\text{охл}} \approx k_{\text{cool}} (T - T_{\text{amb}})^n,$$

где $n \approx 1,2-1,5$.

В данном выражении при наличии принудительного охлаждения коэффициент k_{cool} увеличивается, что существенно снижает перегрев в динамических режимах.

Подводя итог, можно сделать вывод, детализированная термическая модель показывает, что основную проблему при работе трансформатора со схемой соединения обмоток $Y/2Zn$ с зарядными станциями составляют не столько средние потери, сколько их неравномерность и динамичность, которые приводят к локальным перегревам, ускоренному старению изоляции и необходимости закладывать запас по мощности до 20-30% либо применять усиленные системы охлаждения и мониторинга температуры в реальном времени.

Список использованной литературы

1. Прищепов, М.А. Работа трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при несимметричной нагрузке / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленькевич // Агропанорама. – 2018. – № 6. – С. 25–31.

2. Прищепов, М.А. Работа трансформатора со схемой соединения обмоток «звезда-двойной зигзаг с нулевым проводом» при нелинейном характере нагрузки / М.А. Прищепов, В.М. Збродыга, А.И. Зеленькевич // Агропанорама. – 2018. – № 1. – С. 9–19.

УДК 631.362.3

Э.Г. Нуруллин, д-р техн. наук, профессор,

Р.А. Файзуллин, канд. техн. наук,

Э.Н. Давлетшин, аспирант

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный аграрный университет», г. Казань

nureg@mail.ru

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ВИБРАЦИОННЫЙ СЕПАРАТОР ЗЕРНА

Ключевые слова: первичная очистка зерна; вибрационный сепаратор; конструктивно-технологическая схема.

Keywords: primary grain cleaning; vibrating separator; design and technological scheme.

Аннотация. В статье рассмотрена конструкция малогабаритного вибрационного сепаратора зерна, предназначенного для выполнения первич-

ной очистки зернового вороха в условиях малых сельскохозяйственных предприятий и фермерских хозяйств. Представлена конструктивно-технологическая схема установки, включающая раму, бункер-распределитель, распределительный клапан, рабочий орган со сменными решетками, привод на базе электродвигателя со сменным дисбалансным элементом, систему упругой подвески и виброизоляции, а также узлы раздельного отвода получаемых фракций. Раскрыт принцип функционирования сепаратора, основанный на дозированной подаче зернового вороха, его равномерном распределении по ширине решетной поверхности и разделении компонентов смеси под действием направленных вибрационных колебаний. Показано, что использование щадящего вибрационного транспортирования, исключающего наличие интенсивно вращающихся рабочих органов и локальных ударных перегрузок, создает предпосылки для снижения травмированности семян при первичной очистке.

Полученные результаты могут быть использованы при разработке и изготовлении опытного образца малогабаритного сепаратора, а также при подготовке программы его лабораторно-полевых испытаний.

Summary: The article discusses the design of a small-sized vibrating grain separator designed to perform primary cleaning of grain piles in small agricultural enterprises and farms. The design and technological scheme of the installation is presented, including a frame, a distributor hopper, a distribution valve, a working body with replaceable sieves, an electric motor-based drive with a replaceable unbalanced element, an elastic suspension and vibration isolation system, as well as separate discharge units for the resulting fractions. The principle of the separator's operation is disclosed, based on the dosed supply of grain piles, its uniform distribution over the width of the sieve surface and the separation of the components of the mixture under the action of directional vibrations. It is shown that the use of gentle vibration transportation, which eliminates the presence of intensively rotating working bodies and local shock overloads, creates prerequisites for reducing injury to seeds during primary cleaning. The results obtained can be used in the development and manufacture of a prototype small-sized separator, as well as in the preparation of a program for laboratory and field testing.

Послеуборочная обработка зерна представляет собой совокупность технологических операций, направленных на доведение зерновой массы до кондиционных показателей, соответствующих требованиям хранения, переработки или дальнейшего использования в качестве семенного материала. Одной из ключевых операций указанного комплекса является первичная очистка, в процессе которой из зернового вороха удаляются крупные, мелкие и частично легкие примеси, ухудшающие качество исходного материала, затрудняющие его последующую обработку и повышающие риск снижения потребительских и посевных свойств.

В условиях малых хозяйств использование крупногабаритных высокопроизводительных зерноочистительных линий нередко оказывается экономически нецелесообразным вследствие высокой стоимости оборудования, значительных эксплуатационных затрат, сложности транспортировки и необходимости выделения специальных производственных площадей. В связи с этим актуальной научно-технической задачей является разработка компактных, мобильных и конструктивно несложных машин, способных обеспечить требуемое качество первичной очистки зернового вороха при относительно невысокой энергоемкости процесса.

Дополнительные требования предъявляются к оборудованию, используемому при работе с семенным материалом. Известно, что механическое повреждение зерновок, связанное с нарушением целостности оболочки, эндосперма или зародышевой части, приводит к снижению лабораторной и полевой всхожести, ухудшению энергии прорастания и, как следствие, к уменьшению продуктивности агроценозов [1]. По этой причине при проектировании машин для послеуборочной обработки зерна необходимо учитывать не только показатели производительности и эффективности разделения, но и характер механического воздействия на обрабатываемый материал.

Одним из перспективных направлений совершенствования технических средств первичной очистки зерна является применение вибрационных сепараторов. В отличие от машин, в которых транспортирование и разделение материала сопровождаются интенсивным воздействием вращающихся органов, вибрационные установки позволяют реализовать более мягкий режим перемещения зерновой смеси по рабочей поверхности. При рациональном подборе амплитудно-частотных параметров колебаний, угла наклона решета, характеристик его отверстий и режима подачи создаются условия для эффективного разделения компонентов зернового вороха при уменьшении травмирования семян.

При проектировании малогабаритной вибрационной машины ключевыми являются согласование подачи и распределения материала по рабочей поверхности, формирование устойчивого режима колебаний с виброизоляцией, обеспечение переналадки под различные культуры, а также исключение вторичного смешивания фракций после разделения [2-4]. Решение указанных задач реализовано в предлагаемой конструкции малогабаритного вибрационного сепаратора.

Разработка малогабаритного вибрационного сепаратора зерна и раскрытие принципа его работы, а также обоснование конструктивных решений, направленных на повышение эффективности первичной очистки и снижение травмированности семян.

Целью является разработка конструкции малогабаритного вибрационного сепаратора зерна для первичной очистки, раскрытие принципа его работы и обоснование конструктивных решений, направленных на повы-

шение эффективности разделения зернового вороха, обеспечение устойчивости технологического процесса и снижение травмированности семенного материала.

Исследования выполнены с применением общенаучных методов теоретического уровня (анализ, синтез, обобщение и сравнение). Для обоснования конструкции использовано инженерное проектирование опытного образца с построением конструктивно-технологической схемы и анализом функций основных узлов установки.

Конструктивно-технологическая схема малогабаритного вибрационного сепаратора приведена на рисунке 1. Установка включает раму, бункер-распределитель и распределительный клапан, обеспечивающие дозирование и равномерное распределение зернового вороха по ширине решета. Рабочий орган выполнен со сменными решетками, что позволяет адаптировать машину к различным культурам и составу примесей. Раздельный вывод фракций реализован через сход очищенного зерна и сход мелких примесей; направленный вывод и разделение потоков обеспечиваются скатной доской.

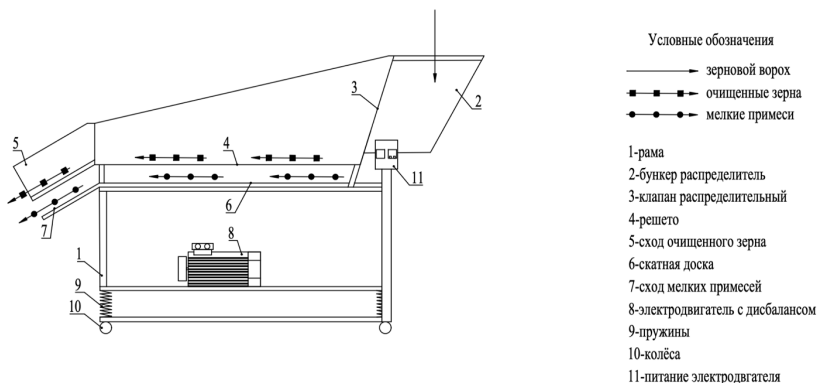


Рисунок 1 – Конструктивно-технологическая схема малогабаритного вибрационного сепаратора зерна

Колесательное воздействие создается электродвигателем с дисбалансом. Использование сменного дисбаланса позволяет регулировать интенсивность вибрационных воздействий, без изменения общей компоновки.

Пружинные элементы выполняют одновременно несколько функций: обеспечивают виброизоляцию, уменьшают передачу колебаний на основание, способствуют формированию устойчивого режима работы и снижают динамическую нагрузку несущих конструкций. Благодаря этому повышается эксплуатационная надежность установки, уменьшается уровень

вибрационного воздействия на окружающее оборудование и улучшаются условия использования сепаратора в ограниченных производственных пространствах.

Отвод разделенных компонентов зернового вороха осуществляется раздельно. Основная фракция, не прошедшая через отверстия решета, транспортируется по его поверхности к выходному участку и удаляется через сход очищенного зерна. Мелкие примеси, проходящие через отверстия решета, выводятся через отдельный канал. Для направленного движения потоков и предотвращения их повторного пересечения применена скатная доска и направляющие поверхности. Такое решение снижает вероятность вторичного смешивания уже разделенных фракций и способствует сохранению достигнутого эффекта очистки.

Принцип работы сепаратора заключается в следующем. Зерновой ворох подают в бункер-распределитель, откуда через распределительный клапан формируется равномерный поток на решето. Под действием вибраций материал перемещается вдоль решета; мелкие примеси проходят через отверстия решета и выводятся через сход, тогда как основная фракция перемещается по решету к сходу очищенного зерна. Такая организация потока уменьшает вероятность вторичного смешивания фракций после разделения.

К отличительным конструктивным решениям предложенного сепаратора относятся:

- 1) Узел дозирования и распределения подачи обеспечивает стабилизацию толщины слоя материала на решете. Это создает более благоприятные условия для сепарации, повышает использование рабочей площади решета и уменьшает вероятность локальных перегрузок. Для малогабаритных машин, где размеры рабочей поверхности ограничены.

- 2) Упругая подвеска рабочего органа совместно с виброприводом формирует устойчивый режим колебаний. При недостаточной виброизоляции часть энергии расходуется на возбуждение колебаний рамы и основания, что приводит к снижению технологической эффективности и ухудшению условий эксплуатации.

- 3) сменные решета и сменный дисбаланс, как конструктивная основа переналадки под культуру и состав примесей;

- 4) раздельные выводы фракций с направляющими поверхностями, снижающие повторное загрязнение очищенного зерна.

Упор на снижение травмированности семян обеспечивается сочетанием решений, уменьшающих интенсивность ударных взаимодействий и неравномерность нагрузки: равномерное распределение подачи по ширине решета снижает высоту локального слоя и вероятность взаимных ударов зерновок; вибрационное транспортирование по решету протекает без вы-

сокоскоростных вращающихся рабочих органов, что потенциально уменьшает повреждения оболочки и зародыша; сменность решет позволяет выбирать геометрию отверстий и режим работы, ориентированные на шадящую первичную очистку семенного материала [6-8]. Окончательная оценка травмированности и посевных качеств будет выполнена по результатам последующих испытаний опытного образца.

Таким образом, разработана конструкция малогабаритного вибрационного сепаратора зерна для первичной очистки, представлена его конструктивно-технологическая схема и раскрыт принцип работы. Показаны конструктивные решения (узел распределения подачи, упругая виброизоляция, сменные решета и сменный дисбаланс, отдельный вывод фракций), направленные на устойчивость процесса и повышение технологической адаптивности. Обоснованы предпосылки снижения травмированности семян при первичной очистке за счет щадящего характера вибрационного воздействия и стабилизации слоя материала. Дальнейшие исследования будут направлены на экспериментальную оценку эффективности очистки и травмированности семян.

Список использованной литературы

1. Нуруллин, Э. Г. Экспериментальное исследование травмирования семян в сельскохозяйственных машинах / Э. Г. Нуруллин, Р. А. Файзуллин // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2022. – Т. 17, № 2(66). – С. 99–105. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-99-105.
2. Давлетшин, Э. Н. Обзор вибрационных сепараторов зерна / Э. Н. Давлетшин, Э. Г. Нуруллин // Повышение эффективности и техническая модернизация технологических процессов, машин, энергетического оборудования при производстве и переработке сельскохозяйственной продукции: материалы национальной научно-практической конференции в рамках 33-й Международной агропромышленной выставки-ярмарки АГРОРУСЬ 2024, Санкт-Петербург – Пушкин, 29 августа 2024 года. – Санкт-Петербург - Пушкин: Санкт-Петербургский государственный аграрный университет, 2024. – С. 40-44.
3. Нуруллин, Э. Г. Анализ конструкций малогабаритных вибрационных сепараторов зерна / Э. Г. Нуруллин, Э. Н. Давлетшин, Р. А. Файзуллин // Современное состояние и перспективы развития технической базы агропромышленного комплекса: Научные труды всероссийской (национальной) научно-практической конференции. Посвящается памяти д.т.н., профессора Мудрова Александра Григорьевича, Казань, 29–30 октября 2024 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2024. – С. 22-33.
4. Патент №153446 U1 Российская Федерация. Вибрационный сепаратор: №2014123492/03: приоритет от 10.06.2014: зарегистрирован 20.07.2015. – Российская Федерация: Общество с ограниченной ответственностью “Сферастек”, 2015. – 1 с. / Косяков А. В., Ишков А. Д., Кулигин С. В. [и др.].
5. Акчурин С.В., Пугачев В.В. Вибрационный сепаратор зерна с линейным асинхронным двигателем в приводе / С. В. Акчурин, В. В. Пугачев // Известия

Оренбургского государственного аграрного университета. – 2015. – № 3(53). – С. 75–77. – EDN LVCZDV.

6. Баженов В. А., Мякишев А. А., Петров В. А. [и др.]. Результаты экспериментальных исследований вибрационного отделителя примесей из зерна // Вестник НГИЭИ. – 2016. – № 12(67). – С. 27–35.

7. Аипов Р. С., Ашимова Л. И., Пугачев В. В. Вибрационный сепаратор с линейным асинхронным электроприводом сложного колебательного движения деки // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2015. – № 2(34). – С. 65–69.

8. Матеев Е. З., Ветров А. В., Онгарбеков О. [и др.]. Разработка вибрационного сепаратора // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 3-2. – С. 275–275а.

9. Нуруллин, Э. Г. Тенденции развития техники в растениеводстве // Глобальные вызовы для продовольственной безопасности: риски и возможности: Научные труды международной научно-практической конференции, Казань, 01–03 июля 2021 года. – Казань: Казанский государственный аграрный университет, 2021. – С. 387–396.

UDC 004.4

В.В. Матвеев, канд. физ.-мат. наук, доцент

*Белорусский государственный институт информатики и радиоэлектроники,
г. Минск*

Vladimir66@bsuir.by

И.П. Матвеев, канд. техн. наук, доцент

Учреждение образования

*«Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск*

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СВЧ-СУШКИ МАТЕРИАЛОВ

Ключевые слова: СВЧ-сушка, электродинамические параметры, электромагнитные волны, управляющая цепь, направленный ответвитель, безмагнитный клистрон, измерительная система.

Keywords: microwave drying, electrodynamic parameters, electromagnetic waves, control circuit, directional coupler, non-magnetic klystron, measuring system.

Аннотация: В статье обсуждается разработка системы измерения электродинамических параметров, контролирующих процесс сушки.

Abstract: The article discusses the development of a system for measuring electrodynamic parameters that control the drying process.