

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание доктора философии PhD по специальности
6D072400 Технологические машины и оборудование

Аскарар Ардак Дахарбекович

Разработка оборудования для активного вентилирования и очистки зерна от легких примесей

Цель диссертационного исследования: создание ресурсосберегающего и высокоэффективного технологического оборудования для очистки зерна от легких примесей в потоке и сушки способом активного вентилирования в екостях зернохранилищ.

Задачи исследования:

- обоснование актуальности совершенствования технологических процессов очистки зерна от легких примесей в потоке и сушки способом активного вентилирования;
- разработка научно-практических подходов для повышения технологической эффективности процессов очистки зерна от легких примесей в потоке и сушки способом активного вентилирования с снижением удельных затрат на единицу продукта;
- выбор способов повышения технологической эффективности процессов очистки зерна от легких примесей в потоке с обеспечением равномерного распределения рабочего агента в межзерновом пространстве и сушки зерна способом активного вентилирования с аналитическим описанием закономерностей теплообмена;
- выбор рациональной конструкции пневмокамеры для очистки зерна от легких примесей в потоке и установки для стационарной сушки зерна способом активного вентилирования;
- выявление факторов, влияющие на эффективность работы технологического оборудования соответствующего назначения;
- экспериментальное исследование процесса очистки зерна от легких примесей в потоке и установление зависимости коэффициента очистки зерна от скорости воздуха, исходной толщины слоя зерна и высоты рабочей зоны пневмокамеры;
- экспериментальное исследование процесса сушки зерна способом активного вентилирования и установление зависимостей конечной влажности зерна и удельных затрат энергии от скорости и температуры рабочего агента (нагретого воздуха), высоты обрабатываемого слоя зерна;
- испытание опытно-экспериментальных образцов технологического оборудования в производственных условиях и установление технологического режима их работы.

Методы исследования: статистические методы обработки результатов эксперимента, современные методы физического и математического моделирования для определения основных параметров пневмокамеры для

очистки зерна от легких примесей в потоке и установки для сушки зерна способом активного вентилирования, аналитические методы для разработки инженерного расчета, пакеты прикладных программ для обработки и обобщения результатов экспериментальных исследований и т.д.

Основные положения (доказанные научные гипотезы и другие выводы, являющиеся новыми знаниями), выносимые на защиту:

Эффективный способ очистки зерна от легких примесей в потоке с использованием физико-механических свойств исходного зерна для разрыхления массы и рациональная конструкция пневмокамеры для очистки зерна от легких примесей с обеспечением равномерного распределения рабочего агента (воздуха) в межзерновом пространстве;

Эффективный способ активного вентилирования (сушки) зерна в емкостях зернохранилищ и рациональная конструкция установки для сушки зерна активным вентилированием с выявлением характера распределения рабочего агента (нагретый воздух) внутри слоя зерна;

Математическое описание процесса очистки зерна от легких примесей при свободном падении с условием обеспечения естественного разрыхления исходного зерна с выявлением основных факторов, влияющие на эффективность процесса;

Система критериальных уравнений процессов тепло-, массообмена перемещении теплоносителя (нагретый воздух) через слой зерна при сушке активным вентилированием, позволяющая определить энергозатраты и физическая модель, описывающая зависимость удельных затрат энергии при сушке зерна активным вентилированием от скорости воздуха, высоты продуваемой зоны и температуры теплоносителя.

Описание основных результатов исследования.

Установлены закономерности движения слоя зерна, влияющие на эффективность процесса, на основе закона превращения энергии при свободном падении твердых тел и получена система уравнений, позволяющая определить скорость воздуха в межзерновом пространстве, в жалюзийных патрубках для входа воздушного потока и выхода аэросмеси, потери давления в жалюзийных решетках и межзерновом пространстве.

Обоснована целесообразность использования физико-механических свойств исходного зерна (плотность, сыпучесть) в качестве движущей силы для обеспечения естественного разрыхления массы с устранением потребности энергоемкого псевдооживления.

Разработана система критериальных уравнений, описывающих процессы тепломассообмена при перемещении теплоносителя через слой зерна при сушке активным вентилированием, позволяющая определить коэффициенты массо- и теплоотдачи и выявлены основные факторы, влияющие на удельные затраты энергии.

В результате экспериментального исследования выведено уравнение регрессии и на основе регрессионного анализа получена зависимость коэффициента очистки зерна от легких примесей от толщины исходного слоя зерна, скорости воздуха и высоты рабочей зоны пневмокамеры.

Разработан эффективный способ сушки зерна в емкости способом активного вентилирования, позволяющий обеспечить равномерное распределение рабочего агента (теплоносителя – нагретого воздуха) в горизонтальном направлении с непрерывным удалением отработавшего теплоносителя и испаряемой влаги. В результате экспериментального исследования выведено уравнение регрессии и на основе регрессионного анализа получены зависимости удельных затрат энергии от температуры теплоносителя с учетом высоты продуваемого слоя, скорости теплоносителя (нагретого воздуха). По результатам экспериментальных данных построена обобщенная функция и график желательности D.

Разработана методика инженерного расчета пневмокамеры и установки для активного вентилирования зерна.

Обоснование новизны и значимости полученных результатов.

Новизной установленных закономерностей движения слоя зерна является использование физико – механических свойств исходного зерна в качестве движущие силы.

Разработана система уравнений, представляющая собой аналитическое описание процесса очистки зерна от легких примесей:

$$\left\{ \begin{array}{l} MgH \cdot (1 - f \cdot ctg\alpha) = \frac{M(v_1^2 - v_0^2)}{2} \\ v = \sqrt{\frac{2gH}{1 - f \cdot ctg\alpha}} \\ dV_c = \frac{k_{\pi} \cdot \Delta p_{\text{мзп}}^2}{2\mu \cdot p_0 \cdot \delta_2} \cdot dF_{\pi} \\ \Delta p_{\text{реш}} = \frac{\rho \cdot v_1(v_1 - v_2) \cdot \cos\gamma}{2} + \frac{\rho \cdot v_1^2}{2} \\ V_{\text{мзп}} = \frac{k_{\pi} \cdot \delta_2 \cdot \Delta p_{\text{мзп}}}{\mu} \\ v_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{g}{K_{\pi}}} \\ \frac{2 k_{\pi} \mu P_0 v_1}{\rho_b \delta_2 F_{\pi}} = k_{\text{мзп}}^2 \frac{\rho_b^2}{4} v_{\text{мзп}}^4 \end{array} \right. \quad (1)$$

Предложенная система уравнений (1) описывает процесс очистки зерна от легких примесей в потоке при принятой конструкции пневмокамеры. Данная система уравнений описывает:

- характер движения исходного потока зерна из приемного бункера в рабочую зону пневмокамеры при свободном падении;
- скорость свободного падения зерен из приемного бункера в камеру;
- дифференциальное уравнение, описывающее изменение массового расхода воздушного потока при проникновении в межзерновое пространство на основе уравнения для пористой среды;
- потерь на жалюзийной решетке;
- скорость воздуха в межзерновом пространстве;

- критическую скорость падения зерен.

Выведенные на основании второй теоремы подобия уравнения (2) в явном виде имеют критериальные уравнения, что является математической моделью процесса сушки неподвижной насыпи зерна с описанием тепло-, массообмена в условиях принудительной конвекции, а также движения теплоносителя (нагретого воздуха):

$$\left\{ \begin{array}{l} Nu_d = A \cdot Re^m \cdot Pr_d^n \\ Nu_d = B \cdot Re^x \cdot Pr^y \\ Eu = K \cdot Re^a \end{array} \right. \quad (2)$$

Показатели степеней m , n и коэффициента A для Nu_d и x , y для Nu , а также a и K для Eu получены в результате математической обработки экспериментальных данных и инженерных расчётов.

Уравнения (1) и (2) являются основой для разработки инженерного расчета и позволяет рассчитать технологические параметры устройства для очистки зерна от легких примесей и установки для сушки зерна способом активного вентилирования.

Для определения рациональных параметров пневмокамеры проведено экспериментальное исследование и на основе полученных опытных данных получили уравнения регрессии с кодированными значениями факторов: x_1 – исходная толщины слоя зерна (мм); x_2 – скорость воздуха (м/с) и x_3 – высота пневмосепарирующей камеры (мм):

$$\hat{y}_i = 0,84 - 0,03x_1 + 0,076x_2 + 0,024x_3 + 0,0025x_1x_2 + 0,0025x_1x_3 - 0,0025x_2x_3 - 0,03x_1^2 - 0,02x_2^2 - 0,01x_3^2. \quad (3)$$

Сделан анализ по выбору эффективного значения коэффициента очистки зерна от легких примесей при определенных параметрах с учетом основных факторов. Переименованием кодированных значений факторов на именованные в уравнений (3) получена математическая модель и построены графики зависимостей коэффициента эффективности очистки K (%) зерна от легких примесей от исходной толщины слоя зерна h (мм), скорости воздуха v (м/с); и высоты рабочей зоны пневмокамеры H (мм).

Новизной уравнения регрессии описывающих коэффициент очистки зерна от легких примесей является то, что оно учитывает толщину исходного слоя зерна, скорость воздуха и высоту рабочей зоны пневмокамеры.

Для определения рациональных параметров установки для сушки зерна способом активного вентилирования проведено экспериментальное исследование. Полученные опытные данные, обработанные с помощью программного комплекса STATISTICA 10, которые позволили получить регрессионные уравнения для расчета величины затрачиваемых энергозатрат и конечной влажности зерна в зависимости от технологических параметров процесса (от высоты продуваемого слоя зерна, температуры и скорости

теплоносителя – нагретого воздуха). В результате оптимизации процесса сушки зерна были определены рациональные значения высоты продуваемого слоя зерна, скорости и температуры воздуха, обеспечивающие минимальные удельные энергозатраты. Высокие значения коэффициентов достоверности для регрессионных уравнений по определению удельных энергозатрат (92,53 %) и конечной влажности W_k (71,75 %) свидетельствуют об адекватности полученных уравнений.

По результатам экспериментальных данных построена обобщенная функция желательности D . Она имеет минимальное значение в опыте 8 и составляет 0,011. Для этого случая оптимальной следует считать высоту продуваемой зоны - 1 м, при этом скорость воздуха составляет 1,2 м/с. В свою очередь для того чтобы удельные энергозатраты были минимальными температура воздуха должна составлять порядка 80 °С.

Новизна разработанной методики инженерного расчета пневмокамеры является выведения уравнения для определения производительности и мощности, потери давления в пневмокамере.

Новизна методики инженерного расчета установки для активного вентилирования зерна заключается в определении гидравлического сопротивления газораспределительной трубы для подвода теплоносителя и спиралевидной трубы для удаления отработанного воздуха, выявлении гидродинамических параметров на участке нагнетающий вентилятор – сушильная камера, определении коэффициентов массоотдачи и продолжительности сушильного процесса.

Соответствие направлениям развития науки или государственным программам. Работа соответствует приоритетному направлению развития науки «Энергетика и машиностроение», утвержденному Высшей научно-технической комиссией в 2021 году, а также индивидуальному плану докторанта.

Описание вклада докторанта в подготовку каждой публикации. По теме диссертации опубликовано 10 статей. Общий объем вклада докторанта составляет 60-65%. Вклад в статьи представляют такие составляющие, как проведение экспериментальных исследований, обработка результатов в виде табличных значений и графических зависимостей, получение расчетных уравнений.