

Заключение. Разработанная лабораторная установка вихревого охладителя зерна позволит проверить результаты теоретических исследований. Это позволит раздвинуть рамки в этой области знаний, что, в свою очередь, облегчает задачу создания машин, отвечающих современным требованиям, работающих на качественно новом уровне.

Библиографический список

1. Алтухова Т.А. Математическая модель процесса охлаждения зерна в интенсивных аэродинамических полях / Т.А. Алтухова, С.Н. Шуханов // Технические науки – основа современной инновационной системы: материалы Второй международной научно-

практической конференции. – Йошкар-Ола: Научно-издательский центр «Коллоквиум», 2013. – С. 113-115.

2. Ханхасаев Г.Ф. Классификация зерноочистительных машин / С.Н. Шуханов // Техника в сельском хозяйстве. – 2010. – № 4. – С. 42-44.

3. Ханхасаев Г.Ф. Обзор и анализ исследований устройств охлаждения зерна / Г.Ф. Ханхасаев, Т.А. Алтухова, С.Н. Шуханов, Ц.В. Цэдашиев // Экологическая безопасность и перспективы развития аграрного производства Евразии: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 60-летию аспирантуры ИРГСХА. – Иркутск: Изд-во ИРГСХА, 2013. – Ч.1. – С. 54-56.

УДК 631.362

В.И. Чарыков, И.И. Копытин

ФГБОУ ВПО «Курганская ГСХА им. Т.С. Мальцева», Курган

ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ ЖЕЛЕЗООТДЕЛИТЕЛЬ УСС - 5М2: ОТ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДО КОНСТРУКЦИИ

Ключевые слова: моделирование, электромагнитное поле, очистка, металлические примеси, конструкция.

В статье приведен пример математического моделирования процесса очистки сыпучих сельскохозяйственных продуктов от металлических примесей в неоднородном электромагнитном поле рабочей зоны железотделителя УСС -5М2.

V. Charykov, I. Kopytin

FSBEI HPE "Kurgan State Agricultural Academy named after T.S. Maltsev", Kurgan

YCC - 5M2 Iron separator: FROM a MATHEMATICAL MODEL TO THE DESIGN

Key words: simulation, electromagnetic field, cleaning, the metallic impurities, design.

An example of mathematical simulation of the separation process of bulk agricultural products from metallic impurities in the inhomogeneous electromagnetic field of YCC-5M2 iron separator is given in the article.

Введение. В эпоху рыночной экономики, сопровождающейся кризисом промышленного и сельскохозяйственного производства, при постоянно возрастающих тарифах на электроэнергию, дефиците энергоресурсов, плохого технического и материального обеспечения

обостряется необходимость поиска новых энергосберегающих технологий, обеспечивающих прирост конкурентоспособной по качеству и себестоимости сельскохозяйственной продукции.

На всех этапах технологического процесса переработки зерна или компонен-

тов комбикорма большое значение придают операции очистки. В число различных примесей, засоряющих зерно и продукты его переработки, входят и металлические примеси. Размеры и формы таких примесей разнообразны: от мельчайших пылинок до кусков, по размерам намного превосходящим зерно. В одних случаях это могут быть частицы, полученные в результате изнашивания рабочих органов машин, других - попавшие в зерно гвозди, частицы шлака, железной руды и окалины.

Объекты и методы исследования.

Объектом исследований является процесс отделения металлических примесей от основной составляющей сыпучего сельскохозяйственного продукта. При исследовании применялись абстрактно-логический и расчетно-конструктивный методы, математическое моделирование.

Результаты исследований. Просыпной электромагнитный сепаратор УСС-5М2 предназначен для очистки от металлических примесей сухих сыпучих продуктов, в частности мясокостной муки.

В настоящее время в большинстве случаев для решения научно-технических задач по созданию технических средств используются варианты математического моделирования.

Главнейшей составляющей такого метода разработки технических средств является математическая модель, создаваемая на основе классических законов естествознания и многократно апробированных закономерностях. В конечном итоге модель должна содержать уравнения динамики рабочих органов, массообмена веществ и аэродинамики потоков.

Если исходить из того, что при построении математической модели использовалась схема непрерывно-детерминированного подхода, то, как правило, математические модели должны формулироваться в виде дифференциальных уравнений, что позволяет исследовать различные режимы объекта.

«...Имеется лишь один точный способ представления законов – способ

дифференциальных уравнений. Уравнения обладают тем преимуществом, что, во-первых, они фундаментальны, а во-вторых (насколько нам известно), точны...»[1].

Эффективность извлечения механических примесей из сыпучих сред зависит от свойств частиц – плотности, размера, формы, магнитной восприимчивости, а также основных параметров сыпучей среды и характеристик силового поля.

Анализ основ теории, методов расчета и различных по принципу действия конструкций сепараторов показал перспективность применения в их рабочих зонах силовых полей электромагнитной природы.

Действуя в этом направлении, нами разработан просыпной электромагнитный сепаратор под условным названием УСС-5М2. Электромагнитный сепаратор действует по принципу отделения металлических примесей от основной составляющей сыпучего сельскохозяйственного продукта, в данном случае мясокостной муки, в процессе свободного падения в рабочей зоне устройства.

Математическое моделирование динамики частиц в электромагнитном сепараторе осуществляется в следующем порядке: составление математической модели и ее исследование на ПЭВМ, обработка и анализ результатов исследования.

Составление математической модели осуществляется с использованием известных законов и закономерностей механики твердого тела и электротехники.

В основу математической модели процесса отделения металлических частиц от сыпучих сельскохозяйственных продуктов положен непрерывно - детерминированный подход с использованием дифференциальных уравнений, отражающих движение металлической частицы в межполюсном пространстве (рабочей зоне) сепаратора.

В нее вложены зависимости: F_c - сила сопротивления движению частицы в рабочем слое; F_{mx} - магнитная сила сепаратора.

ратора и B - магнитная индукция в рабочей зоне установки. Эти три фактора оказывают существенное влияние на работу сепаратора.

Магнитная индукция в межполюсном пространстве электромагнитного сепаратора предлагаемой конструкции будет изменяться по экспоненциальному закону [1]:

$$B = B_{\max} - \Delta B \left(1 - e^{-\frac{d_i}{d_n}} \right), \quad (1)$$

где B_{\max} - максимальное значение магнитной индукции, Тл; B_{\min} - минимальное значение магнитной индукции, Тл; d_i - расстояние от точки измерения до полюса, м; d_n - конструктивная постоянная.

На частицу при движении ее вдоль оси «оx» действуют две силы: F_{mx} - магнитная сила сепаратора и F_{cx} - сила сопротивления движению частицы.

$$F_{cx} = KK_v \rho S v, \quad (2)$$

где v - скорость частицы, м/с; ρ - плотность среды, кг/м³; S - площадь проекции тела на плоскость перпендикулярную направлению движения, м²; K_v - коэффициент сопротивления, м/с; K - безразмерный коэффициент сопротивления [1].

$$F_{mx} = -\text{grad} \frac{B^2 V_r}{2\mu_0 \mu} = -\frac{V_r}{2\mu_0 \mu} \cdot \text{grad} B^2. \quad (3)$$

где V_r - объем частицы, м³.

Дифференциальное уравнение движения частицы в магнитном поле вдоль оси x составим исходя из принципиальной схемы работы магнитного сепаратора (рис. 1).

Под действием этих сил частица будет двигаться в направлении по оси «оx». Если сила $F_{mx} > F_{cx}$, то частица будет ускоренно двигаться по оси «оx» в направлении магнитного полюса.

Дифференциальное уравнение движения металлической частицы по оси «оx» будет иметь вид:

$$m\ddot{x} = F_{mx} - F_{cx}. \quad (4)$$

Подставляя в это уравнение значения сил F_{mx} и F_{cx} , и B , получим:

$$m\ddot{x} = \frac{V_r \Delta B}{\mu_0 \mu d_n} \left(B_{\min} e^{-\frac{x}{d_n}} + \Delta B e^{-\frac{2x}{d_n}} \right) - KK_v \rho S v \Rightarrow$$

$$\Rightarrow m\ddot{x} + KK_v \rho S v = \frac{V_r B_{\min} \Delta B}{\mu_0 \mu d_n} \cdot e^{-\frac{x}{d_n}} +$$

$$+ \frac{V_r (\Delta B)^2}{\mu_0 \mu d_n} \cdot e^{-\frac{2x}{d_n}} \quad (5)$$

После несложных преобразований, разделив на массу « m » и заменив v на \dot{x} , получим:

$$\ddot{x} + \frac{KK_v \rho S}{m} \dot{x} = \frac{V_r \Delta B (B_{\min} + \Delta B)}{m \mu_0 \mu d_n} -$$

$$- \frac{V_r [\Delta B B_{\min} + 2(\Delta B)^2]}{m \mu_0 \mu d_n^2} x \quad (6)$$

Дифференциальное уравнение движения частицы по оси «оу» имеет вид:

$$m\ddot{y} = mg - \frac{1}{2} C_y S \rho v_y^2. \quad (7)$$

где:

$$F_y = \frac{1}{2} C_y S \rho v_y^2,$$

C_y - безразмерный коэффициент сопротивления, определяемый обычно экспериментально и зависящий от формы тела и от того, как оно ориентировано при движении; v_y - скорость движения тела, м/с; ρ - плотность воздушной среды, кг/м³; S - площадь проекции тела на плоскость перпендикулярную направлению движения, м².

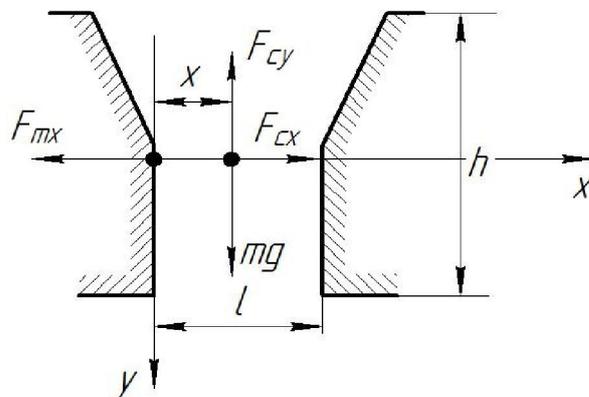


Рисунок 1 – Принципиальная схема силового взаимодействия в электромагнитном сепараторе

Изменяя параметры рабочей зоны и магнитного поля, можно определить наи-

более оптимальное условие очистки сухих сыпучих продуктов от металлических примесей.

Методы проектных расчетов достаточно полно разработаны. Они дают возможность предварительного определения основных параметров устройства, необходимых для его конструктивной разработки и изготовления по исходным условиям.

Принятие окончательного решения об оптимальности проектируемого механизма должно базироваться на принципе математического моделирования и использовании опыта разработчика.

Электромагнитный железоотделитель УСС-5М2 включает в себя рабочий орган с концентраторами магнитного поля, установленный в межполюсном зазоре электромагнитной системы, ширина которого в верхней части убывает сверху вниз, а в нижней части постоянна, питатель и рассекатель потока, расположенный над межполюсным зазором и приемником продуктов разделения;

магнитопровод 1 с полюсными наконечниками 2; катушки намагничивания 3; выемной блок продуктопровода 4 с укрепленными на внутренних боковых стенках концентраторами глубинной 5 и поверхностной 6 сепарации, клиновидный распределитель материала 7, опорные ролики 8, расположенные на кронштейне 9. Концентраторы 5 глубинной сепарации содержат на боковых поверхностях овальные концентраторы, а на торцевых – насечку. Под клиновидным распределителем 7 на осях 10, расположенных горизонтально и параллельно полюсным наконечникам 2, шарнирно закреплены полиградиентные элементы, содержащие втулки 12 с возможностью поворота на оси 10, и стержни 11, жестко укрепленные на втулках 12. Угол поворота стержней 11 не превышает 90°. Полюсные наконечники образуют своими внутренними поверхностями в верхней части конусную щель, симметричную относительно вертикали, переходящую в нижней части в щель постоянного сечения. Выемной блок 4 выпол-

нен по форме межполюсного пространства с возможностью выдвижения его из него на опорные ролики 8 кронштейна 9 для удаления налипших магнитных включений.

Электромагнитный железоотделитель работает следующим образом. При подаче напряжения на катушки намагничивания 3 в межполюсном пространстве сепаратора создается магнитное поле. Сепарируемый сыпучий материал клиновидным распределителем 7 подается на боковые стенки выемного блока продуктопровода 4. Благодаря наличию концентраторов поверхностной 6 и глубинной 5 сепарации, металлические частицы удаляются из потока материала, при этом они не сбиваются потоком материала с концентраторов, так как на концентраторах поверхностной сепарации они имеют «укрытия» в виде впадины, расположенной между нижней торцевой гранью вышележащей пластины и боковой плоскостью нижележащей пластины, а на концентраторах 5 глубинной сепарации – внутри отверстий 10. Поворотные концентраторы индукции 11 поворачиваются на осях 10 на угол не более 90° и занимают положение 13 (показано пунктиром) с расположением стержней 11 вдоль магнитных силовых линий, усиливая магнитную индукцию в зоне сепарации. Благодаря наличию поворотных полиградиентных элементов увеличивается извлечение магнитных включений, особенно в центре съемного блока. При прохождении крупных частиц и комков стержни 11 отклоняются вниз, поворачиваясь вокруг оси 10, пропуская негабаритный материал. То же самое происходит при увеличении объема проходящего материала.

При завершении процесса сепарации выемной блок 4 выдвигается из межполюсного пространства на опорные ролики 8 кронштейна 9, после чего происходит размагничивание всех видов концентраторов выемного блока и удаление налипших на них магнитных включений. В случае возможной «заштыбовки» материала в выемном блоке продуктопровода

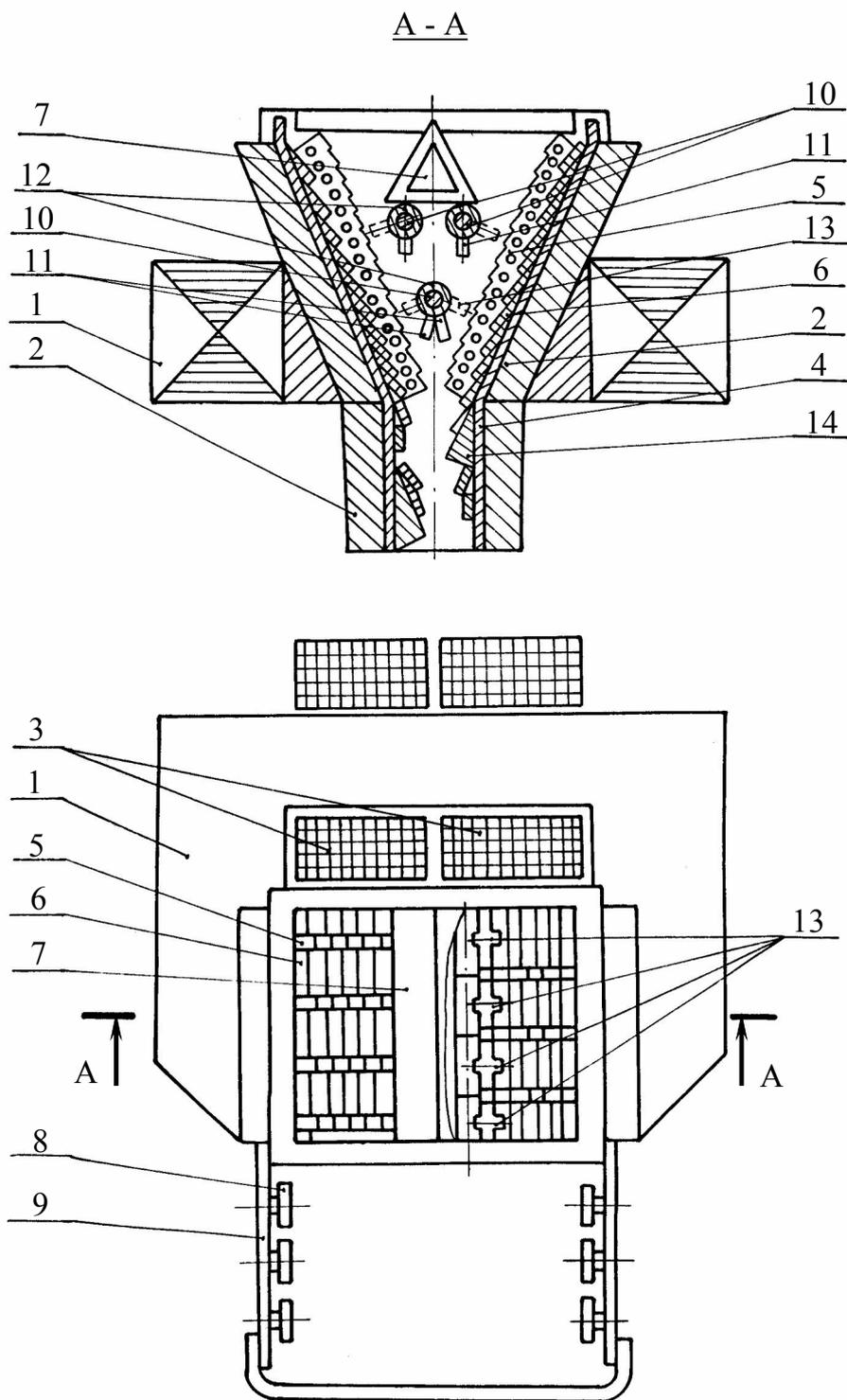


Рисунок 2 – Электромагнитный железоотделитель УСС-5М2

предусмотрен рыхлитель с ручным приводом (на рисунке 2 не показан).

Заключение. Проанализировав дифференциальные уравнения 5 и 7, был выявлен процесс воздействия сил, действующих на металлическую частицу в рабочей зоне электромагнитного сепаратора и в дальнейшем определены параметры t_1 - времени движения частицы вдоль электромагнитного сепара-

тора и t_2 - времени притяжения частицы к концентраторам магнитного поля.

В основу математической модели положен непрерывно-детерминированный подход с использованием дифференциальных уравнений, отражающих движение металлической частицы в межполюсном пространстве (рабочей зоне) сепаратора. В нее вложены зависимости: F_c , F_m и B . Эти три факторы

оказывают существенное влияние на работу сепаратора. В основу конструкции электромагнитного железотделителя УСС-5М2 положен принцип сепарации, описанный дифференциальными уравнениями 5 и 7.

На катушки через выпрямитель подается постоянное напряжение $U = 198$ В. Магнитный поток пронизывает межполюсное пространство, в котором за счет наличия концентраторов магнитного поля (магнитоконцентраторов) создается неоднородное магнитное поле.

При просыпании через сепаратор сыпучего материала металломагнитные примеси, включая мельчайшие частицы, оседают на конструкциях магнитоконцентраторов.

Библиографический список

1. Сумцов В.Ф. Электромагнитные железотделители / В.Ф. Сумцов. – М.: Машиностроение, 1981. – 212 с.
2. Фейнман Р. Фейнмановские лекции по физике / Р. Фейнман, Р. Лейтон, М. Сэндс. – М.: Мир, 1977. – 304 с.

УДК 621.516

В.А. Шилин, О.А. Герасимова

ФГБОУ ВПО «Великолукская ГСХА», Великие Луки

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВОДОКОЛЬЦЕВОГО ВАКУУМНОГО НАСОСА

Ключевые слова: водокольцевой вакуумный насос, газожидкостная составляющая, уплотнительная жидкость.

В статье приводится теоретическое обоснование параметров и режимов работы водокольцевого вакуумного насоса с энергосберегающим приводом, применяемого для доения коров на пастбищных комплексах.

V. Shilin, O. Gerasimova

FSBEI HPE "Velikolukskaya State Agricultural Academy", Velikie Luki

EVALUATION OF PRODUCTIVITY OF A LIQUID-PACKED RING VACUUM PUMP

Key words: liquid-packed ring vacuum pump, gas-liquid element, seal liquid.

The theoretical justification of parameters and working regimes of a liquid-packed ring vacuum pump with an energy-saving drive system, used for milking of cows in pastures, is given in the article.

Введение. Известно, что напором насоса является энергия, передаваемая единице веса жидкости, проходящей через насос.

Условия и методы исследования. На рисунке 1 приведена схема рабочего колеса в поперечном разрезе насоса с соответствующими геометрическими параметрами. На лопастях рабочего коле-

са указаны наиболее характерные точки (т.1,2,3,4) взаимодействия с ним уплотнительной жидкости, газа, газожидкостной смеси. Их расположение связано, прежде всего, с расположением отверстий, через которые поступает уплотнительная жидкость, газ и удаляется газожидкостная смесь.

Рассмотрим т.1, расположенную на