

УДК 636.085.62

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕХНИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ МОЛОТКОВОЙ ДРОБИЛКИ С ВСТРОЕННЫМ ПНЕВМОСЕПАРАТОРОМ

Голиков Алексей Игоревич

ассистент кафедры

AuthorID: 1284917

РИНЦ SPIN-код: 2362-3115

rockwany97@mail.ru

Новосибирский государственный аграрный университет, Россия, 630039, Новосибирск, Добролюбова 160

Мезенов Артем Анатольевич

К.т.н., доцент,

AuthorID: 651412

РИНЦ SPIN-код: 6475-2202

artemnsau@mail.ru

Новосибирский государственный аграрный университет, Россия, 630039, Новосибирск, Добролюбова 160

В статье рассматриваются пути совершенствования сепараторов молотковых дробилок с пневматической загрузкой входящие в состав компактных комбикормовых агрегатов для производства кормов для животных. Эффективность очистки зерна от примесей перед измельчением определяет качественные характеристики готового продукта и повышение эксплуатационного срока рабочих органов молотковой дробилки с пневматической загрузкой. Современные встроенные пневмосепараторы, установленные на крышке дробилки, не в полной мере очищают зерно от примесей. К числу их основных недостатков можно отнести способность удалять только металлические или тяжелые примеси, а также недостаточное качество очистки при комбинированном подходе. Для повышения эффективности очистки зерна перед измельчением от минеральных и металлических примесей предложена и разработана конструкция молотковой дробилки с встроенным пневмосепаратором, оснащенный винтовым рабочим органом. Изложены методика и результаты экспериментальных исследований технико-энергетических параметров пневматической молотковой дробилки с встроенным пневмосепаратором. Исследовано изменение эффективности очистки зерна от металломагнитных примесей перед измельчением в зависимости от количества витков винтового рабочего органа и подачи продукта. В результате

UDC 636.085.62

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

EXPERIMENTAL STUDIES OF TECHNICAL AND ENERGY PARAMETERS OF A PNEUMATIC HAMMER CRUSHER WITH AN INTEGRATED PNEUMATIC SEPARATOR

Golikov Alexey Igorevich

Assistant of the Department

AuthorID: 1284917

RSCI SPIN-code: 2362-3115

rockwany97@mail.ru

Novosibirsk State Agrarian University, 160 Dobrolyubova, Novosibirsk, 630039, Russia

Mezenov Artem Anatolyevich

Cand.Tech.Sci., docent

AuthorID: 651412

RSCI SPIN-code: 6475-2202

artemnsau@mail.ru

Novosibirsk State Agrarian University, 160 Dobrolyubova, Novosibirsk, 630039, Russia

The article discusses ways to improve separators of hammer crushers with pneumatic loading, which are part of compact feed aggregates for the production of animal feed. The efficiency of grain purification from impurities before grinding determines the quality characteristics of the finished product and increases the service life of the working organs of a pneumatic hammer crusher. Modern built-in pneumatic separators installed on the crusher lid do not fully purify the grain from impurities. Their main disadvantages include the ability to remove only metallic or heavy impurities, as well as insufficient cleaning quality with a combined approach. To increase the efficiency of grain purification before grinding from mineral and metallic impurities, a hammer crusher design with an integrated pneumatic separator equipped with a screw working body has been proposed and developed. The methodology and results of experimental studies of the technical and energy parameters of a pneumatic hammer crusher with an integrated pneumatic separator are described. The change in the efficiency of grain purification from metallomagnetic impurities before grinding is investigated, depending on the number of turns of the screw working body and the product supply. As a result, the efficiency of grain purification from metallomagnetic impurities reaches up to 98.8% when using a screw surface with 6 turns. Studies have shown the dependence of the performance of the pneumatic separator on the feed and the number of

получена эффективность очистки зерна от металломагнитных примесей достигает до 98,8% при использовании винтовой поверхности с 6 витками. Исследования показали зависимость производительности пневмосепаратора от подачи и количества витков шнека, и влияние этих показателей на удельный расход энергии дробилки. Увеличение подачи продукта с 1008 кг/ч до 2808 кг/ч способствует росту производительности сепаратора и превышает производительность дробилки на 5,4% при максимальной подаче. Использование винтового рабочего органа с 3, 4 и 6 витками показало, что производительность сепаратора снижается на 0,2-14,7% по отношению к производительности дробилки при этом наблюдается выровненность потока зерна, подаваемого на измельчение. Из-за уменьшения пропускной способности сепарирующего канала и более длительного нахождения зерновой смеси в сепараторе удельный расход энергии пневматической молотковой дробилки вырос на 2,9-8,1% при разных количествах витков шнека. Результатами исследования является подтверждение работоспособности винтового пневмосепаратора установленного перед камерой измельчения дробилки позволяющий повысить эффективность очистки зерна от металломагнитных примесей до 98,8%, выравнивание зернового потока на измельчение, что приводит к повышению эффективности работы всей системы, определено незначительное влияние винтового рабочего органа на технико-энергетические характеристики пневмосепаратора молотковой дробилки

Ключевые слова: ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ МОЛОТКОВАЯ ДРОБИЛКА, ПНЕВМОСЕПАРАТОР, ВИНТОВОЙ РАБОЧИЙ ОРГАН, КОЛИЧЕСТВО ВИТКОВ ВИНТОВОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА, ТЕХНИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, УДЕЛЬНЫЙ РАСХОД ЭНЕРГИИ, ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОЧИСТКИ ЗЕРНА, МЕТАЛЛОМАГНИТНЫЕ ПРИМЕСИ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-208-053>

turns of the screw, and the effect of these indicators on the specific energy consumption of the crusher. Increasing the product feed from 1008 kg/h to 2808 kg/h increases the productivity of the separator and exceeds the productivity of the crusher by 5.4% at maximum feed. The use of a screw working body with 3, 4 and 6 turns showed that the productivity of the separator decreases by 0.2-14.7% relative to the productivity of the crusher, while there is an alignment of the grain flow supplied for crushing. Due to a decrease in the throughput of the separation channel and a longer stay of the grain mixture in the separator, the specific energy consumption of the pneumatic hammer crusher increased by 2.9-8.1% with different numbers of screw turns. The results of the study confirm the operability of the screw pneumatic separator installed in front of the crushing chamber of the crusher, which increases the efficiency of grain purification from metal magnetic impurities to 98.8%, equalization of the grain flow for grinding, which leads to an increase in the efficiency of the entire system, a minor influence of the screw working body on the technical and energy characteristics of the pneumatic separator of the hammer crusher has been determined

Keywords: PNEUMATIC HAMMER CRUSHER, PNEUMATIC SEPARATOR, SCREW WORKING BODY, NUMBER OF TURNS OF THE SCREW WORKING BODY, TECHNICAL AND ENERGY PARAMETERS, PRODUCTIVITY, SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION, GRAIN CLEANING EFFICIENCY, METAL MAGNETIC IMPURITIES

Введение. Для сельскохозяйственных производителей основной задачей является увеличение продуктивности животных. Эта задача решается различными способами: через отбор и улучшение условий содержания, а также благодаря внедрению современных технологий в кормоприготовительный процесс. Особое внимание уделяется

использованию технологичного оборудования, которое позволяет эффективно производить корма более рациональными способами.

Значительную часть рациона животных составляют концентрированные корма. Процесс приготовления комбикормов из доступных компонентов — один из самых важных и энергоёмких в сельском хозяйстве [1].

В настоящее время широко используются компактные комбикормовые агрегаты, оснащённые молотковыми дробилками с вентилятором. Материал в такие агрегаты загружается с помощью разрежения воздуха, создаваемого вентилятором через гибкий пневмопровод. Очистка поступающего продукта происходит во встроенном пневмосепараторе, который устанавливается на крышке дробилки. Он оснащён магнитной ловушкой или камерой для отбора минеральных примесей. Кроме того, существуют стационарные сепараторы, которые позволяют очищать зерно от лёгких примесей [2].

Очистка зерна перед измельчением определяется зоотехническими требованиями, которые жестко прописывают содержание металломагнитных примесей в кормах:

- количество металломагнитных примесей размером до 2 мм с неострыми краями не должно превышать 30 мг на 1 кг корма. Комбикорм с содержанием металломагнитных примесей выше нормы не пригоден для скармливания, так как это может привести к серьезным заболеваниям животных. Особенно опасны крупные металлические частицы с острыми режущими кромками по ГОСТ 9268-2015.

Однако, анализ существующих конструкций, встроенных пневмосепараторов молотковых дробилок показал, что эффективность очистки зерна от металломагнитных и тяжелых примесей не в полной мере удовлетворяет зоотехническим требованиям по приготовлению кормов [2,3,4]. Некоторые конструкции сепараторов подразумевают только

очистку зерна от металломагнитных примесей, или только от минеральных примесей [5,6,7].

Отмечается, что встроенные сепараторы отличаются простотой в устройстве и эксплуатации, а также высокой производительностью. Они потребляют меньше электроэнергии, чем стационарные, что делает их более экономичными [8,9], таким образом совершенствование встроенных сепараторов молотковых дробилок с пневматической загрузкой является закономерным развитием технологического оборудования для измельчения зерна на компактных комбикормовых агрегатах.

Повышение эффективности очистки зерна от минеральных и металломагнитных примесей перед измельчением во встроенном пневмосепараторе молотковой дробилки достигается установкой винтового рабочего органа, что позволит задать такую траекторию движения зерновой массы, при которой движение тяжелых частиц примесей осуществляется по периферии патрубка, а зерна ближе к центру. Это достигается путем появления у частиц центробежной силы, при которой за счет разности их масс изменяется траектория движения [10].

Совершенствование пневмосепаратора молотковой дробилки путем установки винтового рабочего органа позволит повысить качество измельченного продукта, срока эксплуатации рабочих органов дробилки и её производительность, за счёт равномерной подачи зерновой смеси в камеру измельчения.

Целью исследования является определение эффективности выделения металломагнитных примесей и технико-энергетических показателей пневматической молотковой дробилки с использованием усовершенствованного пневмосепаратора с винтовым рабочим органом в зависимости от количества витков шнека.

Задачи исследования:

1. Исследовать влияние количества витков винтового рабочего на эффективность очистки зерна от металломагнитных примесей в пневмосепараторе;

2. Изучить влияние количества витков винтового рабочего органа на технико-энергетические показатели пневматической молотковой дробилки с усовершенствованным пневмосепаратором.

Экспериментальная часть. Методика экспериментальных исследований эффективности очистки зерна от металломагнитных примесей во встроенном пневмосепараторе молотковой дробилки перед измельчением в зависимости от количества витков винтового рабочего органа и подачи продукта включающая в себя:

1) Разработку и сборку лабораторной установки (рисунок 1), состоящей из приемного бункера 1 с шиберной заслонкой, пневмосепаратора 2 с установленными по внутреннему диаметру магнитами, вентилятора с циклоном 3 и ЛАТРа 4. Пневмосепаратор 2 состоит из трубопровода диаметром 60 мм и длиной 300 мм, сменного статичного винтового рабочего органа диаметром 60 мм и длиной 240 мм с количеством витков 3,4,6. Работа лабораторной установки осуществляется следующим образом: в приемный бункер засыпается зерно с металломагнитными примесями и при включении вентилятора, в пневматическом канале с пневмосепаратором создается разрежение, воздушный поток с зерном и металломагнитными примесями движется по винтовому рабочему органу и расслаиваются под действием центробежной силы. Очистка зерна от металломагнитных примесей осуществляется в непосредственном контакте продукта с магнитами, где примеси и остаются. Очистка пневмосепаратора от примесей осуществляется вручную и производится расчет эффективности отделения металломагнитных примесей от зерна.

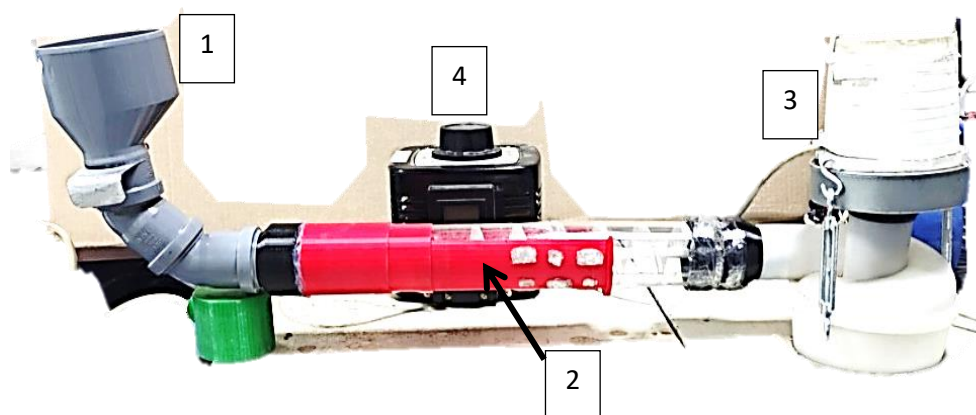


Рисунок 1 - Лабораторно-экспериментальная установка:

1 – приемный бункер; 2 – пневмосепаратор; 3 – вентилятор с циклоном; 4 – ЛАТР

2) Подготовку смеси зерна с металломагнитными примесями для исследования эффективности очистки зерна в пневмосепараторе, в которую входит зерна ячменя и примеси в соотношении 1:0,0045. В качестве продукта взято зерно ячменя, параметры которого согласно ГОСТ Р 53900-2010:

Влажность, % — не более 14,5.

Массовая доля белка, в пересчёте на сухое вещество, % — не более 12,0.

Сорная примесь, %, не более 1,0.

Зерновая примесь, %, не более 2,0.

Мелкие зёрна, %, не более 5,0.

Крупность, %, не менее 85,0.

3) Установленную в пневматическом канале скорость воздушного потока на основе реальных значений скорости пневматической молотковой дробилки равная 20 м/с, установленная с помощью ЛАТРа на напряжении 180V.

4) Подачу продукта, которая определяется через время опустошения приемного бункера с тремя позициями открытия шиберной заслонки

(рисунок 2). В таблице 1 представлены результаты определения подачи зерна при открытии шиберной заслонки на 30%, 65% и 100%.

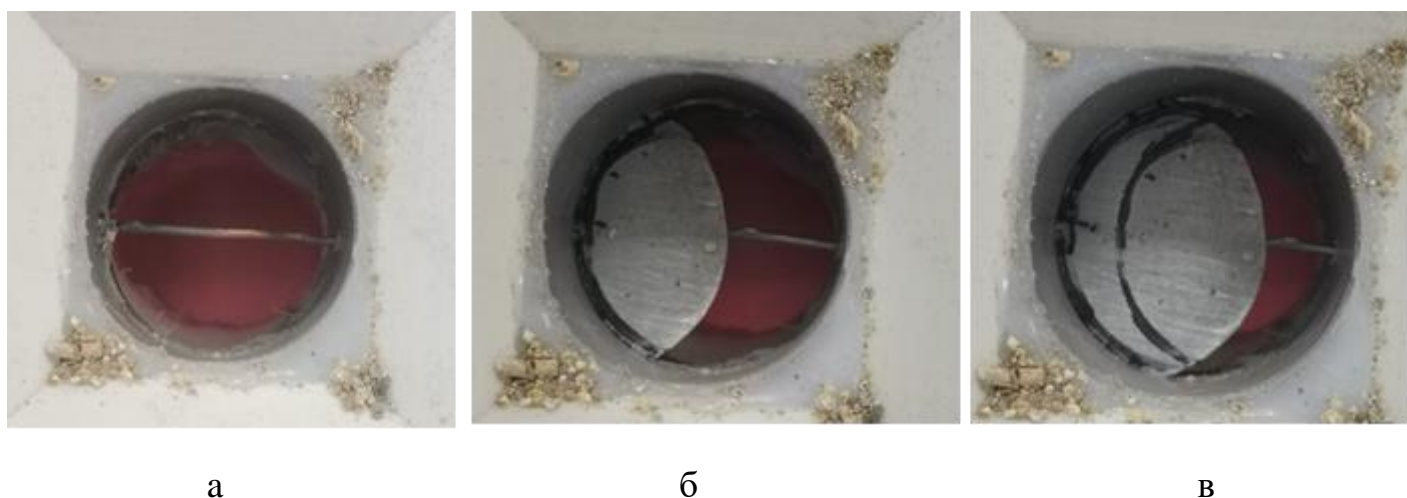


Рисунок 2 - Площадь открытия шиберной заслонки:
а -100%, б – 65%, в – 30%.

Таблица 1 - Рассчитанные значения подачи.

№ опыта	Открытие заслонки L , %	Площадь загрузочного отверстия S , cm^2	Среднее значение массы зерна, проходящей через загрузочное отверстие в ед. времени m , кг	Время прохождения зерна через загрузочное отверстие t , с	Среднее значение подачи зерна в рабочую камеру дробилки P , кг/ч
1	30	5,88	1	3,5	1008
2	65	12,76	1	1,8	1908
3	100	19,63	1	1,2	2808

5) Эффективность очистки зерна от металломагнитных примесей во встроенном пневмосепараторе рассчитана по формуле (1):

$$\eta = \frac{m_{ост} * 100}{m_{изн}}, \quad (1)$$

где η – эффективность очистки, %;

$m_{ост}$ – масса примеси, которая осталась на магнитах, гр;

$m_{\text{изн}}$ – изначальная масса примеси, гр.

Методика экспериментальных исследований изменения технико-энергетических параметров встроенного пневмосепаратора молотковой дробилки в зависимости от изменения количества витков винтового рабочего органа и подачи продукта включает в себя:

1) На существующей пневматической молотковой дробилке ДПМ-11 с пневматической загрузкой собрана экспериментальная установка (рисунок 3), состоящая из приемного бункера 1, шиберной заслонки 2, входного патрубка 3, пневмосепаратора 4, осадительной камеры 5 и шиберной заслонки 6.

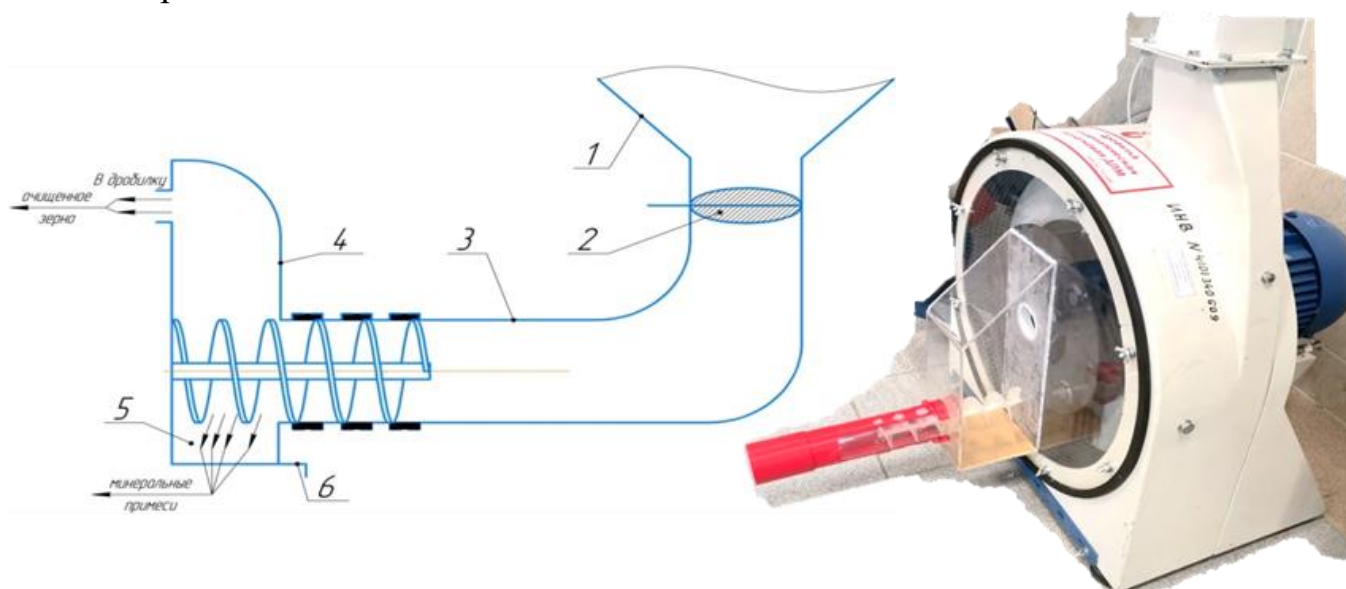


Рисунок 3 - Схема экспериментальной установки:

1 – приемный бункер; 2 – дисковый затвор; 3 – входной патрубок; 4 – пневмосепаратор; 5 – осадительная камера; 6 – шиберная заслонка.

Работа экспериментальной установки осуществляется следующим образом. При включении электродвигателя молотковой дробилки под действием вентилятора и ротора создается разрежение, благодаря которому продукт, предназначенный для дробления, из приемного бункера с воздушным потоком поступает в пневмосепаратор через входной патрубок диаметром 60 мм и длиной 300 мм. В пневмосепараторе

возможна установка по переменному статическому винтового рабочего органа диаметром 60 мм и длиной 240 мм с градацией количества витков 3,4,6. За счет установки винтового рабочего органа внутри входного патрубка воздушный поток поворачивает слой зерна таким образом, что зерно проходит по внутренней части цилиндрического магнита, в результате чего происходит очистка от металломагнитных примесей. Двигаясь по шнеку, воздушно-зерновой поток изменяет траекторию движения тяжелых примесей. В результате тяжелые примеси под действием центробежной силы движутся по периферии входного патрубка и направляются, вниз попадая в осадительную камеру, где под действием силы тяжести осаждаются. Очищенное зерно попадает в камеру дробления через входное отверстие в крышке корпуса. Очистка сепаратора происходит следующим образом. После отключения электродвигателя молотковой дробилки открывают задвижку и очищают камеру от тяжелых примесей. Цилиндрический магнит от металлических примесей очищают, вручную отсоединив от входного патрубка.

2) Для исследования технико-энергетических параметров встроенного пневмосепаратора молотковой дробилки в качестве продукта измельчения использовалось зерно ячменя, параметры которого согласно ГОСТ 5060-2021 (см. пункт 2 выше).

3) Определение подачи продукта в зависимости от площади открытия шиберной заслонки. Подача продукта рассчитана и получена в таблице 1.

4) Производительность встроенного пневмосепаратора молотковой дробилки с винтовым рабочим органом Q определяется полным опустошением рабочей камеры и рассчитана по формуле (2):

$$Q_{\text{сеп}} = 3600M/t, \quad (2)$$

где M – масса зерна, кг;

t – время полного опустошения материала в сепараторе, с.

5) Удельная мощность пневматической молотковой дробилки со встроенным сепаратором с винтовым рабочим органом замерялись посредством электросчетчика Инкотекс Меркурий 230 ART-01 CN.

6) Результаты экспериментальных исследований технико-энергетических параметров встроенного пневмосепаратора молотковой дробилки сравнивались со значениями существующего пневмосепаратора молотковой дробилки ДПМ - 11.

Результаты исследований и их обсуждение. Исследование эффективности очистки зерна от металломагнитных примесей проводилось в зависимости от количества витков шнека пневмосепаратора и подачи в приемном бункере, результаты которого отображены на рисунке 4.

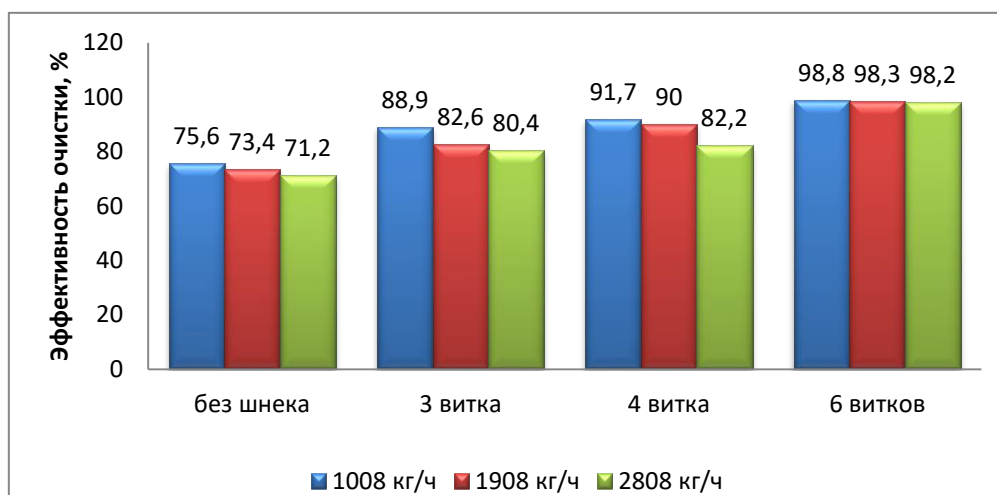


Рисунок 4 - График зависимости эффективности очистки зерна от металломагнитных примесей от количества витков шнека и подачи

График наглядно демонстрирует, что эффективность очистки зерна от металломагнитных примесей перед измельчением в существующем встроенном пневмосепараторе молотковой дробилки ДПМ-11 уменьшается с увеличением подачи и составляет в среднем 73,4%, с наибольшей эффективностью при минимальном открытии заслонки. Как видно из графика при установке шнека во входной патрубке пневмосепаратора с

магнитами при увеличении количества витков с 3 до 6 по сравнению со стандартным сепаратором эффективность увеличивается в среднем: при 3 витках на 10,5%, при 4 витках на 14,5%, при 6 витках на 25%. Такое увеличение степени очистки объясняется тем, что с увеличением количества витков шнека повышается время и площадь контакта между металломагнитными примесями и магнитами.

Результаты экспериментальных исследований технико-энергетических показателей пневматической молотковой дробилки с пневмосепаратором отображены на рисунках 5 и 6, демонстрирующие влияние изменения производительности пневмосепаратора (рисунок 5) и мощности молотковой дробилки (рисунок 6) в зависимости от изменения подачи и количества витков винтового рабочего органа.

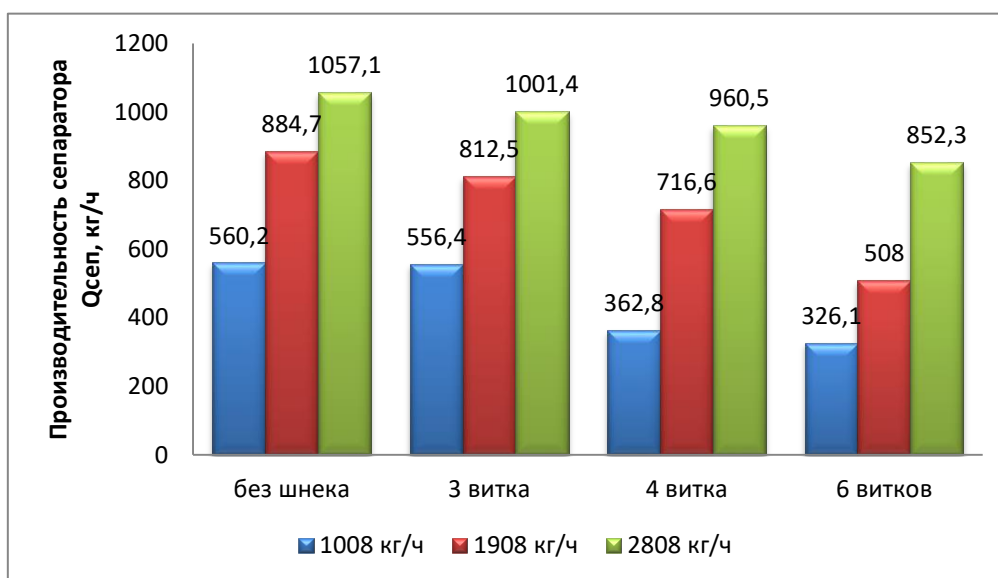


Рисунок 5 - График зависимости изменения производительности пневмосепаратора от подачи и количества витков шнека

Производительность сепаратора молотковой дробилки ДПМ-11 оказывает влияние на производительность дробилки и качество измельчения продукта. Производительность встроенного пневмосепаратора молотковой дробилки ДПМ-11 при увеличении подачи с площади открытия заслонки 5,88 см² до полного открытия в среднем составит 834 кг/ч. В случае с установкой шнека с 3, 4 и 6 витками

наблюдается уменьшение производительности в среднем при 3 витках 790,1 кг/ч, при 4 витках 679,9 кг/ч, при 6 витках 562,1 кг/ч. По отношению к стандартной производительности сепаратора при максимальной подаче исходного зерна уменьшение составило соответственно: 5,3% при 3 витках, 9,1% при 4 витках и 20% при 6 витках. Причиной снижения производительности сепаратора стало уменьшение объёма входного патрубка после установки винтового рабочего органа. Кроме того, следствием снижения производительности стало заполнение пневмосепаратора зерном в течение 5-30 секунд при 3 и 6 витках шнека, соответственно.

Следует отметить, что производительность молотковой дробилки ДПМ-11 составляет от 800 до 1000 кг/ч по данным завода изготовителя, что позволяет сделать вывод производительность стандартного сепаратора выше на 5,4% при максимальном открытии заслонки. Высокая производительность сепаратора связана с тем, что зерновой поток поступает в дробилку неравномерно и пульсационно, что негативно сказывается на эффективности очистки зерна от примесей.

При установке шнека с 3, 4 и 6 витками производительность шнекового сепаратора по отношению к производительности дробилки выглядит следующим образом: при 3 витках выше на 0,2%, при 4 витках ниже на 3,95% и при 6 витках ниже на 14,7%. Как видно из экспериментальных данных подача зерна в дробилку стала более равномерной, а результаты производительности сепаратора близки к производительности дробилки. Это позволяет повысить эффективность очистки зерна от примесей за счёт более длительного пребывания зерновой смеси в сепараторе. Таким образом, понижение производительности пневмосепаратора с винтовым рабочим органом позволяет увеличить эффективность очистки зерна от примесей, увеличить качество измельчаемого продукта.

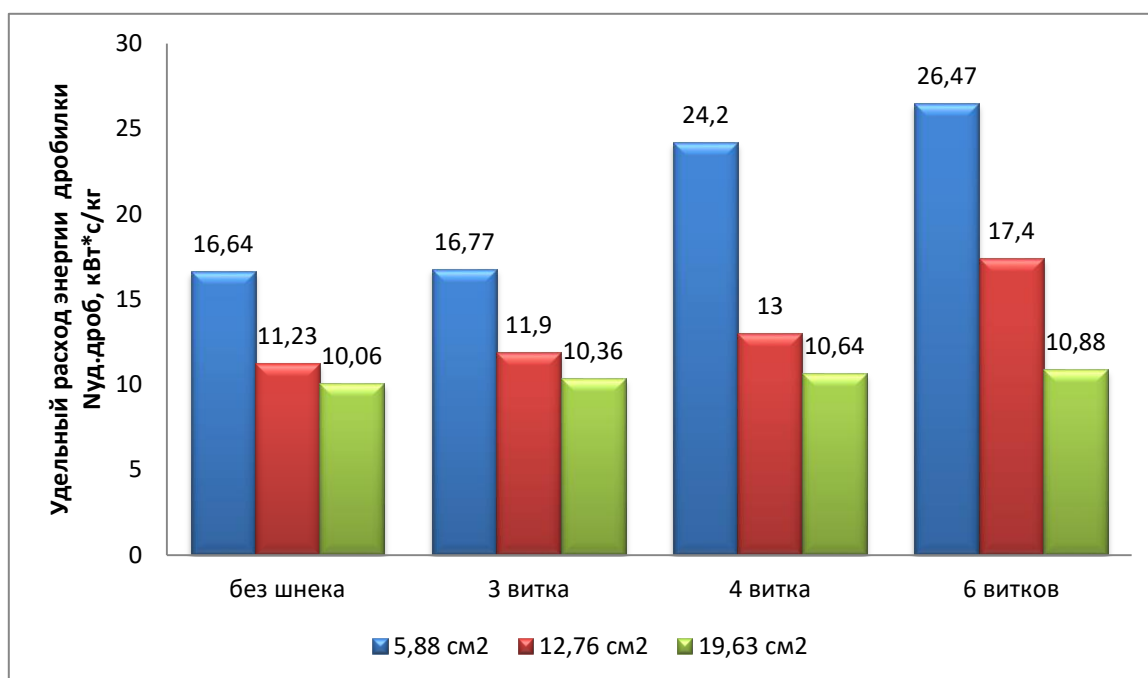


Рисунок 6 - График зависимости изменения удельного расхода энергии дробилки от площади открытия заслонки и количества витков шнека

Удельный расход энергии пневматической молотковой дробилки ДПМ-11 с установленным стандартным пневмосепаратором при увеличении подачи продукта с 1008 кг/ч до 2808 кг/ч в среднем составит 12,6 кВт*с/кг. При установке шнека с 3, 4 и 6 витками наблюдается увеличение удельного расхода энергии в среднем при 3 витках до 13,01 кВт*с/кг, при 4 витках до 15,9 кВт*с/кг, при 6 витках до 18,3 кВт*с/кг. При максимальной подаче удельный расход энергии относительно к затратам со стандартным пневмосепаратором составило: при 3 витках – выше на 2,9%, при 4 витках – выше на 5,7%, при 6 витках – выше на 8,1%. Причиной повышения удельного расхода энергии при установке шнека пневматической молотковой дробилки является уменьшение пропускной способности сепаратора, при этом наблюдается загрузка рабочей камеры с более равномерной подачей зерна на измельчение. Таким образом, установка пневмосепаратора с винтовым рабочим органом приведет к увеличению энергозатрат не более 8,1% на измельчение, не понижая

качество измельчения зерна и повышая эффективность очистки зерна от примесей.

Выводы. 1) Результаты исследования эффективности очистки зерна от металломагнитных примесей в зависимости от количества витков винтового рабочего органа и подачи зерновой смеси показали, что придание зерновой смеси винтовой траектории движения повышает время контакта металломагнитных примесей с магнитами. Эффективность очистки зерна перед измельчением от металломагнитных примесей достигает 98,8%.

2) В результате выполненных лабораторных исследований технико-энергетических характеристик пневмосепаратора молотковой дробилки определено незначительное влияние установки винтового рабочего органа отличающегося количеством витков, а именно наблюдается понижение производительности сепаратора по отношению к стандартному сепаратору от 9,1 % до 20% при максимальной подаче продукта, при этом производительность сепаратора с винтовым органом в зависимости от конструкции шнека по отношению к производительности дробилке снижается и составит 0,2 - 14,7%. Удельный расход энергии при установке винтового рабочего органа по отношению к значениям расхода энергии стандартного сепаратора увеличился в зависимости от количества витков от 2,9% до 8,1%.

Список использованной литературы

1. Ведищев, С.М. Технологии приготовления комбикормов в условиях небольших хозяйств/ С.М. Ведищев, А.И. Завражнов, А.В. Прохоров, Е.Б. Ложкина, А.Ю. Глазков// Современная наука: теория, методология, практика: Материалы V-й всероссийской (национальной) научно-практической конференции. – Тамбов: Издательство ИП Чеснокова А.В. - 2023. – С. 24-30.

2. Голиков, А.И. Анализ существующих конструкций сепараторов в пневматических молотковых дробилках/ А.И. Голиков, А.А. Мезенов// Аграрная наука XXI века. Актуальные исследования и перспективы. Труды IV Международной научно-практической конференции, посвященной памяти д.т.н., профессора Волкова И.Е. – Минск. - 2021. – С. 30-36.

3. Зонов, Д. В. Анализ факторов, влияющих на работу малогабаритного комбикормового агрегата / Д. В. Зонов // Символ науки: международный научный журнал. – 2016. – № 9-2(21). – С. 24-28.

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

5. Машкова, Н.В. Тенденции совершенствования пневматических молотковых дробилок/ Н.В. Машкова, Е.А. Пшенов// Теория и практика современной аграрной науки: сборник IV национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием. – Новосибирск. – 2021. – С. 516-521.

6. Петров, В.А. Совершенствование процесса очистки зерна от неорганических примесей перед дроблением/ В.А. Петров, Широкобоков В.И.// Научное обеспечение инженерно-технической системы АПК: Проблемы и перспективы: Материалы Национальной научно-практической конференции, посвященной 60-летию работы кафедры эксплуатации и ремонта машин агроинженерного факультета, 90-летию доктора химических наук, профессора, заслуженного деятеля науки УР Г. А. Кораблева и 85-летию кандидата технических наук, профессора, заслуженного работника сельского хозяйства УР, почетного работника высшего профессионального образования РФ Б. Д. Зонова. – Ижевск. – 2020. - С. – 236-242.

7. Гафин, М.М. Способы существующих технологий оборудования для очистки зерна/ М.М. Гафин// Наука в современных условиях: От идеи до внедрения. – Ульяновск. – 2010. - С. – 127-130.

8. Черняков, А.В. Экспериментальное исследование цилиндрического пневмосепаратора с закрученным воздушным потоком/ А.В. Черняков, Д.Н. Коростелёв, М.А. Бегунов// Сибирская деревня: 200 лет развития Омской области - от реформ М.М. Сперанского до агропромышленного центра Сибири. – Омск. – 2022. – С. 304-310.

9. Булатов, С.Ю. Результаты исследований рабочего процесса пневмосепаратора фуражного зерна/ С.Ю. Булатов, В.Н. Нечаев// Вестник всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. – 2012. – С. 78-88.

10. Патент на полезную модель №229971 Российская Федерация. Молотковая дробилка: №2024114690: заявл.30.05.2024: опубл. 06.11.2024/ Голиков А.И., Мезенов А.А., Голикова А.А., Григорев Н.Н.; заявитель ФГБОУ ВО Новосибирский ГАУ. – 7 с.

References

1. Vedishhev, S.M. Tehnologii prigotovleniya kombikormov v usloviyax nebol'shix hozyajstv/ S.M. Vedishhev, A.I. Zavrashnov, A.V. Proxorov, E.B. Lozhkina, A.Yu. Glazkov// Sovremennaya nauka: teoriya, metodologiya, praktika: Materialy V-j vserossijskoj (nacional'noj) nauchno-prakticheskoj konferencii. – Tambov: Izdatel'stvo IP Chesnokova A.V. - 2023. – S. 24-30.

2. Golikov, A.I. Analiz sushhestvuyushhix konstrukcij separatorov v pnevmaticheskix molotkovy`x drobilkax/ A.I. Golikov, A.A. Mezenov// Agrarnaya nauka XXI veka. Aktual'ny`e issledovaniya i perspektivy`. Trudy` IV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashhennoj pamyati d.t.n., professora Volkova I.E. – Minsk. - 2021. – S. 30-36.

3. Zonov, D. V. Analiz faktorov, vliyayushhix na rabotu malogabaritnogo kombikormovogo agregata / D. V. Zonov // Simvol nauki: mezhdunarodny`j nauchny`j zhurnal. – 2016. – № 9-2(21). – S. 24-28.

4. Nekrashevich, V. F. Ochistka furazhnogo zerna / V. F. Nekrashevich, D. A. Epifancev, A. F. Slabikov // Sel'skij mexanizator. – 2010. – № 10. – S. 4.

5. Mashkova, N.V. Tendencii sovershenstvovaniya pnevmaticeskix molotkovy`x drobilok/ N.V. Mashkova, E.A. Pshenov// Teoriya i praktika sovremennoj agrarnoj nauki: sbornik IV nacional`noj (vserossijskoj) nauchnoj konferencii s mezhdunarodny`m uchastiem. – Novosibirsk. – 2021. – S. 516-521.

6. Petrov, V.A. Sovershenstvovanie processa ochistki zerna ot neorganicheskix primesej pered drobлением/ V.A. Petrov, Shirokobokov V.I.// Nauchnoe obespechenie inzhenerno-texnicheskoj sistemy` APK: Problemy` i perspektivy`: Materialy` Nacional`noj nauchno-prakticheskoj konferencii, posvyashhennoj 60-letiyu raboty` kafedry` e`kspluatacii i remonta mashin agroinzhenernogo fakul`teta, 90-letiyu doktora ximicheskix nauk, professora, zaslužennogo deyatelya nauki UR G. A. Korableva i 85-letiyu kandidata texnicheskix nauk, professora, zaslužennogo rabotnika sel`skogo xozyajstva UR, pochetnogo rabotnika vy`sshego professional`nogo obrazovaniya RF B. D. Zonova. – Izhevsk. – 2020. - S. – 236-242.

7. Gafin, M.M. Sposoby` sushhestvuyushhix texnologij oborudovaniya dlya ochistki zerna/ M.M. Gafin// Nauka v sovremenny`x usloviyax: Ot idei do vnedreniya. – Ul`yanovsk. – 2010. - S. – 127-130.

8. Chernyakov, A.V. E`ksperimental`noe issledovanie cilindricheskogo pnevmoseparatora c zakruchenny`m vozdushny`m potokom/ A.V. Chernyakov, D.N. Korostelyov, M.A. Begunov// Sibirskaya derevnya: 200 let razvitiya Omskoj oblasti - ot reform M.M. Speranskogo do agropromy`shlennogo centra Sibiri. – Omsk. – 2022. – S. 304-310.

9. Bulatov, S.Yu. Rezul`taty` issledovaniy rabocheho processa pnevmoseparatora furazhnogo zerna/ S.Yu. Bulatov, V.N. Nechaev// Vestnik vserossijskogo nauchno-issledovatel`skogo instituta mexanizacii zhivotnovodstva. – 2012. – S. 78-88.

10. Patent na poleznuyu model` №229971 Rossijskaya Federaciya. Molotkovaya drobilka: №2024114690: zayavl.30.05.2024: opubl. 06.11.2024/ Golikov A.I., Mezenov A.A., Golikova A.A., Grigorev N.N.; zayavitel` FGBOU VO Novosibirskij GAU. – 7 s.