

napravleniia razvitiia selskogo khoziaistva. Trudy Vserossiiskogo Soveta uchenykh i nauchnykh uchrezhdenii. – Moskva: FGBNU "Rosinformagrotekh", 2015. – S. 191-194.

2. Okhlazhdenie moloka // ООО "Аgro-Tek" URL: <http://www.agro-tek.ru> (data obrashcheniia: 18.12.2018).

3. Ivanov, Iu.A. Kachestvo moloka i effektivnost ego proizvodstva // Selskokhoziaistvennye mashiny i tekhnologii. – 2012. – No. 2. – S. 22-24.

4. Rodionov G.V. Tekhnologiya proizvodstva i pererabotka zhivotnovodcheskoi produktsii: uchebnyk dlia vuzov. / G. V. Rodionov. - Moskva: KolosS, 2005. – 512 s.

5. Zavrazhnov A.I. Kruglogodovoe ispolzovanie prirodnogo kholoda v usloviakh molochno-

tovarnykh ferm luzhnogo Urala: rekomendatsii / A.I. Zavrazhnov, A.P. Kozlovsev, V.I. Kvashennikov i dr. – Michurinsk: Izd-vo Michurinskogo GAU, 2016. – 61 s.

6. Khlieva O.Ia., Poliuganich M.P., Riabikin S.S., Nikulina A.S., Zheleznyi V.P. Issledovanie plotnosti binarnykh i troinykh vodnykh rastvorov etilenglikolia, propilenglikolia i etanola // Kholodilnaia tekhnika i tekhnologiya. – 2016. – No. 52 (2). – S. 78-85.

7. Zheleznyi V.P., Ivchenkov D.A., Riabikin S.S., Shimchuk N.A. Eksperimentalnoe issledovanie teplofizicheskikh svoystv teplonositelei na osnove rastvorov propilenglikol/voda // Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. – 2014. – S. 64-66.



УДК 631.363

**А.А. Смышляев, С.В. Мерчалов, В.И. Оробинский,
А.В. Ворохобин, В.В. Воронин**

DOI: 10.53083/1996-4277-2022-207-1-113-120 **A.A. Smyshlyaev, S.V. Merchalov, V.I. Orobinskiy,
A.V. Vorokhobin, V.V. Voronin**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ СЕПАРАТОРА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ЗЕРНА В КОМБИКОРМОВОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

IMPROVEMENT OF SEPARATOR DESIGN FOR INTERMEDIATE SEPARATION OF CRUSHED GRAIN IN COMPOUND FEED PRODUCTION

Ключевые слова: гравитационный сепаратор, комбикорм, модуль измельчения, гранулометрический состав, коэффициент вариации готовой фракции, удельное извлечение.

Приводится исследование гравитационного сепаратора конической формы с клиновидными сепарирующими каналами, расширяющимися по ходу движения материала. Разделение измельченного материала происходит за счет воздействия гравитационного поля и не тре-

бует дополнительных затрат энергии. Энергия требуется только для подъема материала на технологическую высоту. Применение клиновидных калибрующих каналов позволяет отказаться от использования дорогостоящих рам, кривошипно-шатунных механизмов, подшипниковых узлов и валов, механизмов подвеса и привода, что удешевляет стоимость и уменьшает металлоемкость конструкции и габаритные размеры по сравнению другими сепарирующими устройствами. Для исследования предлагаемого сепаратора изготовлено несколько об-

разцов с различными углами конуса и размерами клиновидного канала: начальная ширина – 2; 2,5; 3 мм; конечная ширина – 3; 4; 5 мм, длина всех каналов – 200 мм. В процессе исследований определялось удельное извлечение проходовой фракции; модуль измельчения исходного продукта, качественный состав исходного и готового продукта оценивали коэффициентом вариации фракционного состава. По результатам исследований построены экспериментальные зависимости, позволяющие определить следующие конструктивно-технологические параметры сепаратора: оптимальный модуль измельчения, нагрузка и угол конуса, при которых величина удельного извлечения прохода при постоянных размерах клиновидного канала имеет наибольшее значение. Исследования показали высокие технологические показатели предлагаемого сепаратора: удельное извлечение готовых фракций составляет до 3000 кг/м²ч при угле конусности 54°...52° и модуле измельчения исходной фракции 1,3 мм. Стабильно работает при высоких нагрузках более 4 т/ч. Коэффициент вариации готовой фракции снижается до 12%, что повышает её качество по сравнению с исходной. Полученные результаты экспериментальных исследований подтверждают о целесообразности применения предлагаемого гравитационного сепаратора в коллективных и фермерских хозяйствах, а также при промышленном производстве комбикормов.

Keywords: *gravity separator, compound feed, grinding module, particle size distribution, finished fraction coefficient of variation, specific recovery.*

This paper discusses the study of a conical gravity separator with wedge-shaped separating channels expanding in the direction of material movement. The separation of the crushed material occurs due to the influence of the

gravitational field and does not require additional energy consumption. Energy is required only to lift the material to the technological height. The use of wedge-shaped calibrating channels eliminates the use of expensive frames, crank mechanisms, bearing assemblies and shafts, suspension and drive mechanisms which reduces the cost and reduces the metal consumption of the structure and overall dimensions in comparison with other separating devices. To study the proposed separator, several designs were made with different angles of the cone and the size of the wedge-shaped channel: initial width - 2; 2.5; 3 mm; final width - 3; 4; 5 mm, the length of all channels is 200 mm. In the process of research, the specific extraction of the through-feed fraction, the modulus of grinding of the initial product, the qualitative composition of the initial and finished product were evaluated by the coefficient of variation of the fractional composition. Based on the research findings, experimental dependences have been constructed which make it possible to determine the following design and technological parameters of the separator: the optimal modulus of grinding, the load and the angle of the cone at which the value of the specific recovery of the passage with constant dimensions of the wedge-shaped channel has the greatest value. The studies have shown high technological indices of the proposed separator: the specific extraction of finished fractions is up to 3000 kg m² hour at a taper angle of 54°...52° and a grinding module of the initial fraction of 1.3 mm. The separator works stably at high loads over 4 t h. The coefficient of variation of the finished fraction is reduced to 12% which increases its quality compared to the original. The obtained results of experimental studies confirm the feasibility of using the proposed gravity separator on collective and private farms as well as in commercial production of compound feeds.

Смышляев Андрей Алексеевич, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ, г. Барнаул, Российская Федерация, e-mail: an_smish_asau@mail.ru.

Мерчалов Сергей Васильевич, к.т.н., Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: merchalov-60@mail.ru.

Оробинский Владимир Иванович, д.т.н., профессор, декан, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Ворохобин Андрей Викторович, к.т.н., доцент, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: dogruzka@gmail.com.

Воронин Владимир Викторович, к.т.н., доцент, Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I, г. Воронеж, Российская Федерация, e-mail: voronin-v75@mail.ru.

Smyshlyayev Andrey Alekseevich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Altai State Agricultural University, Barnaul, Russian Federation, e-mail: an_smish_asau@mail.ru.

Merchalov Sergey Vasilevich, Cand. Tech. Sci., Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russian Federation, e-mail: merchalov-60@mail.ru.

Orobinskiy Vladimir Ivanovich, Dr. Tech. Sci., Prof., Dean, Voronezh State Agricultural University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russian Federation, e-mail: main@agroeng.vsau.ru.

Vorokhobin Andrey Viktorovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Voronezh State Agricultural University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russian Federation, e-mail: dogruzka@gmail.com.

Voronin Vladimir Viktorovich, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Voronezh State Agricultural University named after Emperor Peter the Great, Voronezh, Russian Federation, e-mail: voronin-v75@mail.ru.

Введение

При производстве комбикормов используют в основном компоненты растительного, мине-

рального и животного происхождения в измельченном состоянии. Наибольшую питательную ценность в составе комбикормов имеют измель-

ченные зерновые культуры, для подготовки которых используются молотковые дробилки. Несложные конструктивные исполнения такого оборудования, простое обслуживание и надежность в эксплуатации привело к широкому применению их для измельчения зерна. Гранулометрический состав готового продукта после измельчения в таких устройствах часто не отвечает предъявляемым зоотехническим требованиям, особенно при тонком и грубом помоле, соответственно, до 30% пылевидной фракции и до 20% недоизмельченных и целых зерен [1].

Качество продуктов измельчения оценивается коэффициентом вариации фракционного состава, значение которого у существующих дробилок находится в пределах 60-90%. При этом снижение коэффициента на каждые 10% равноценно по технологической эффективности экономии или дополнительного производства 1-3% кормов [1].

Равномерная гранулометрическая характеристика готового корма положительно сказывается как на продуктивности животных, так и на технологических операциях с ним. Зерновая дерть, состоящая из частиц одного размера, более равномерно смешивается с микродобавками и БВД, что увеличивает эффективность усвоения комбикормов на 5-7% [2-4].

Перспективным технологическим приемом, нашедшим применение на отечественных и зарубежных комбикормовых предприятиях при измельчении зерна, является промежуточное сепарирование, которое осуществляет контроль качества готовых фракций [5].

На практике комбикормовые предприятия для ведения такой технологической операции выбирают оборудование, которое используется для других технологических процессов: рассевы шкафного типа для мельничных производств ЗРШ-6М, ЗРШ-4М, ЗСШ-20, А1-БЦП, а также центробежные и вибрационного типа действия сепараторы с различными законами колебания рабочих сит. Можно выделить из такого оборудования виброцентрифугу с наклонной осью вращения, которая имеет следующие показатели: полнота извлечения готовых фракций 0,88-0,93, удельная производительность разделения 2800 кг/м², что в 3 раза превышает уровень удельной производительности плоских качающихся решет [6]. Существенным недостатком виброцентрифуг является наличие неуравно-

вешенных сил, что снижает их эксплуатационную надежность.

Несмотря на это, передовые комбикормовые заводы на практике подтвердили целесообразность применения операции сепарирования при измельчении фуражного зерна и других сыпучих материалов [1, 6].

Если при промышленном производстве комбикормов уже стали практически применять просеивающие машины для контроля крупности готового продукта при измельчении зерна, то в коллективных и фермерских хозяйствах такое оборудование для реализации такого приема применять явно нецелесообразно с экономической точки зрения.

Для реализации данного технологического приема необходимо создание малогабаритного сепаратора с минимальными энергозатратами и металлоемкостью.

Целью исследования является определение эффективности использования гравитационного сепаратора для разделения измельченного зернового материала.

Для ее реализации необходимо решить следующие **задачи**:

1) провести анализ научной литературы и предложить конструкцию сепарирующей поверхности, а также технологическую схему гравитационного сепаратора;

2) определить оптимальные параметры калибрующих клиновидных каналов сепаратора, влияющие на критерии оптимизации, – удельное извлечение, коэффициент вариации и выравниваемость гранулометрического состава готовой фракции;

3) дать оценку предлагаемой конструкции сепаратора с точки зрения материалоемкости и энергоемкости процесса сепарирования измельченного зерна.

Объекты и методы исследований

Для промежуточного разделения продуктов измельченного зерна предлагается использовать гравитационный сепаратор, рабочая поверхность у которого выполнена в виде усеченного конуса с клиновидными каналами, которые расширяются по ходу движения обрабатываемого материала [7, 8]. Фракции готового продукта обеспечиваются шириной (начальной и конечной) клиновидного калибрующего канала.

Частицы готового продукта в обрабатываемой смеси испытывают себя на проход по всей

длине канала и выделяются в том месте канала, где его ширина превосходит размер частиц, что повышает их вероятность выделения. Такая конструкция сепарирующей поверхности позволяет процесс сепарирования вести более интенсивно и без дополнительных очистных устройств, других механических воздействий, что снижает энергоемкость процесса и металлоемкость устройства. Для ориентации частиц относительно фиксированных отверстий в существующих конструкциях машин для ведения такой операции применяются рамы, кривошипно-шатунные механизмы, подшипниковые узлы и валы, механизмы подвеса и привода, которые отсутствуют у предлагаемого сепаратора.

Технологическая схема предлагаемого сепаратора представлена на рисунке 1.

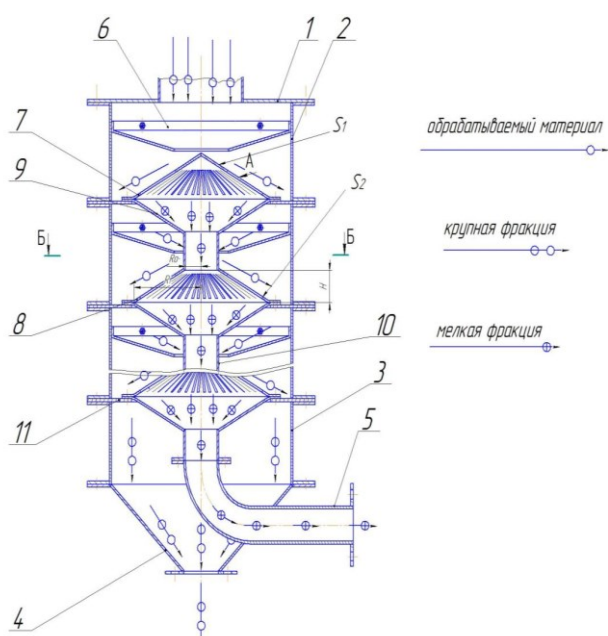


Рис. 1. Технологическая схема гравитационного сепаратора

Сепаратор состоит из отдельных нескольких сепарирующих конусов 7 и 8 с клиновидными каналами со сборниками мелкой проходовой фракции 9. Сепарирующие конуса установлены последовательно друг за другом. Полости конических поверхностей сообщены друг с другом патрубком мелкой фракции 10 и далее патрубком 5 выводятся наружу. Через сборник 6 крупная фракция выводится из сепаратора.

Сепаратор работает следующим образом: материал, подлежащий обработке, подается на вершину первого конуса 7 площадью S_1 и двигается от вершины конуса к его основанию. По

длине клиновидного канала происходит выделение мелкой проходовой фракции под действием сил гравитации. Обрабатываемый материал, содержащий как крупные, так и мелкие частицы, не успевшие выделиться на первой сепарирующей поверхности S_1 , направляющими 6 передаются на следующий сепарирующий конус 8. Цикл повторяется до тех пор, пока обрабатываемый материал не пройдет все сепарирующие конуса с площадями S_1, S_2, S_3, S_{n-1} и S_n и не выйдет за их пределы. Готовый продукт выводится из сепаратора патрубком 5, а крупная фракция – сборником 4.

Таким образом, весь технологический процесс сепаратора можно представить как сумму однотипных элементарных процессов сепарации, протекающих последовательно друг за другом на отдельных участках с площадью S_1, S_2, S_3, S_{n-1} и S_n .

Для определения технологических возможностей предлагаемого сепаратора было изготовлено несколько образцов поверхностей с различными углами конуса Q , град. (рис. 2).

В ходе экспериментальных исследований были определены основные зависимости влияния модуля измельченного сырья M , мм; нагрузки P , т/ч; угла конуса Q , град. на величину удельного извлечения прохода C , т/м²ч.

Экспериментальные исследования выполнялись совместными усилиями в лабораториях ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ им. Императора Петра I и ФГБОУ ВО Алтайский ГАУ. Фракционный состав мелкой проходовой фракции (готовый продукт) и сходовой фракции (крупная, непроходная) определяли с использованием ситового классификатора, конструкция которого выполнена в виде сборного цилиндра из решет с круглыми отверстиями диаметром от 0,2 до 3 мм и закрепленного на механизме, имеющем возвратно-поступательные движения [9].

Продолжительность проведения опыта определяли с использованием секундомера С-2-16, 2-й класс точности. Вес отобранных проб мелкой проходовой и крупной сходовой фракции продукта с классификатора определяли с применением весов электронного типа с точностью измерения до 0,01%. Качество продуктов измельчения обрабатываемой и готовой фракции оценивали коэффициентом вариации фракционного состава γ .



Рис. 2. Экспериментальный образец конической разделительной поверхности с клиновидными каналами

Характеристики клиновидных каналов: длина $L = 200$ мм; начальная ширина $a = 2; 2,5; 3$ мм; конечная ширина $b = 3; 4; 5$ мм. Фракция с гранулометрическими размерами до 3 мм считалась мелкой проходовой фракцией (готовый продукт), фракция с гранулометрическими размерами свыше 3 мм – считалась крупной сходовой фракцией. Обработка исходной фракции последовательно производилась на десяти конических поверхностях, установленных последовательно в сепараторе на схеме рисунка 1.

Для исследований использовали исходный продукт, полученный при измельчении зерна ячменя с модулями измельчения M от 0,6 до 2,4 мм.

Результаты исследований

Влияние гранулометрических параметров (степени измельчения) исходного сырья на величину удельного извлечения C прохода при $P = 80$ кг/ч·см и угле конуса $Q = 50^\circ$ представлено на рисунке 3. Из графика следует, что увеличение модуля измельчения с $M = 0,6$ мм до $M = 1,3$ мм не оказывает существенного влияния на показатель удельного извлечения C . Это объясняется тем, что увеличение модуля измельчения в таких пределах существенно не изменяет соотношение проходовых фракций в обрабатываемом материале. Выделение прохода происходит по всей длине клиновидного калибрующего канала.

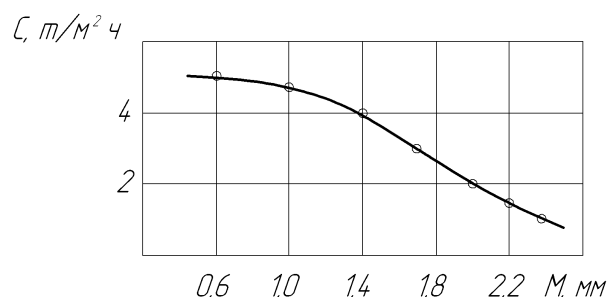


Рис. 3. Зависимость удельного извлечения C от модуля исходного продукта M

При увеличении модуля измельчения от $M = 1,3$ до $M = 2,4$ мм в обрабатываемом материале уменьшается содержание проходовых частиц, у которых размер соответствовал бы начальному размеру канала, поэтому в начале движения исходного продукта часть сепарирующей поверхности работает только для его перемещения, а не сепарирования, что снижает эффективность удельного извлечения.

При анализе экспериментальных исследований (рис. 4) зависимостей удельного извлечения C от угла конусности Q сепарирующей поверхности сделано следующее предположение: зависимость носит экстремальный характер. Так, при исследовании измельченного материала с $M = 1,3$ мм удельное извлечение достигает своего наибольшего значения при $Q = 54^\circ \dots 52^\circ$. Отклонение угла Q от данного диапазона приводит к уменьшению удельного извлечения. Уменьшению удельного извлечения при отклонении угла

конусных поверхностей от оптимального, равно-го $Q = 54^\circ \dots 52^\circ$, приводит к нарушению связи между силой N , приложенной к ней в направлении, перпендикулярном плоскости клиновидного канала, и скоростью движения V частицы, причем величина силы N определяется углом конуса Q .

Так, при увеличении модуля измельчения исследуемого материала до $M = 2$ мм (или увеличения крупности надрешетного продукта) для поддержания высокой эффективности сепарирования, как показывают исследования, необходимо увеличивать угол Q конусной поверхности просеивающей поверхности.

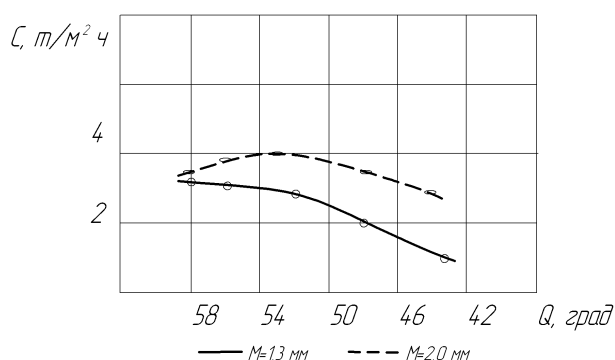


Рис. 4. Зависимость удельного извлечения C от угла конуса Q

При исследовании влияния нагрузки P на удельное извлечение C (рис. 5) выявлено следующее: установившееся значение C при нагрузке $P > 4$ т/ч обуславливает более стабильный режим работы конусной сепарирующей поверхности. При $P < 4$ т/ч не полностью используется разделяющая поверхность, и эффективность удельного извлечения проходových частиц снижается.

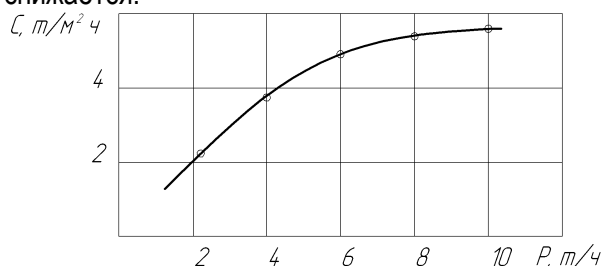


Рис. 5. Влияние нагрузки P на удельное извлечение C

Качественный анализ исходной и готовой фракции после сепарирования на конических поверхностях с клиновидными каналами оценивался коэффициентом вариации фракционного состава γ (рис. 6). Он показал, что продукт, получаемый при измельчении в молотковой дрo-

билке (исходная обрабатываемая фракция), дает большой разброс по размерам измельченных частиц, который зависит от модуля измельчения. Коэффициент вариации такого продукта изменяется от $\gamma = 65\%$ до $\gamma = 80\%$.

При включении промежуточной операции сепарирования на конических поверхностях с клиновидными каналами коэффициент вариации готовой фракции снижается за счет уменьшения количества крупной фракции, а гранулометрическая характеристика сужается. Коэффициент вариации снижается при постановке в сепаратор всех трех сепарирующих конусов с размером клиновидного канала 2×3 ; $2,5 \times 4$; 3×5 мм (первая цифра – начальная ширина канала, вторая – конечная ширина канала). Но самый меньший коэффициент вариации получен при постановке в сепаратор конусов с размером клиновидного канала 2×3 мм. Это обусловлено тем, что при постановке в сепаратор такой конусной сепарирующей поверхности получается самый мелкий модуль готовой фракции $M = 0,8-1,1$ мм; $\gamma = 57-60\%$. Уменьшение данного коэффициента достигает 12% по сравнению с исходной обрабатываемой фракцией. На основе анализа можно утверждать, что применение промежуточной сепарации на предлагаемом гравитационном сепараторе приводит к сужению гранулометрической характеристики готовой фракции и повышает её качество по сравнению с исходной.

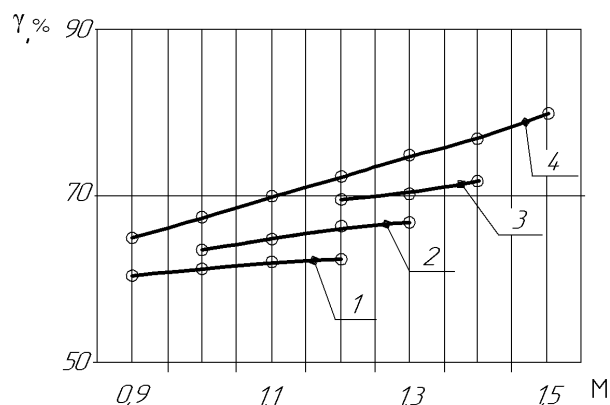


Рис. 6. Зависимость коэффициента вариации γ готового продукта после промежуточного сепарирования от модуля измельчения исходной обрабатываемой фракции M , мм: 1 – 2×3 мм; 2 – $2,5 \times 4$ мм; 3 – 3×5 мм; 4 – исходная обрабатываемая фракция

Выводы

1. Исследования показали высокие технологические показатели предлагаемого сепаратора: удельное извлечение готовых фракций состав-

ляет до 3000 кг/м²ч при угле конусности $Q = 54^\circ \dots 52^\circ$ и модуле измельчения исходной фракции $M = 1,3$ мм.

2. Сепаратор оптимально работает при высоких нагрузках $P > 4$ т/ч, что обуславливает более стабильный режим работы конусной сепарирующей поверхности. При нагрузках $P < 4$ т/ч не полностью используются разделяющая поверхность и эффективность по удельному извлечению проходовых фракций снижается.

3. Включение промежуточной операции сепарирования на конических поверхностях с размером клиновидного канала 2×3 мм позволяет снизить коэффициент вариации γ готовой фракции до 12%, сузить ее гранулометрическую характеристику и тем самым повысить качество корма.

4. Предлагаемая конструкция сепаратора позволяет уменьшить материалоемкость и энергоемкость процесса сепарирования измельченного зерна, что в совокупности с простотой изготовления подтверждает целесообразность его применения коллективных и фермерских хозяйствах, а также при промышленном производстве комбикормов.

Библиографический список

1. Завражных, А. И. Механизация приготовления и хранения кормов / А. И. Завражных, Д. И. Николаев. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 336 с. – Текст: непосредственный.

2. Goodband, R. D., Tokach, M. D., Nissen, J. L. (1996). MF-2050. The effects of diet particle size on animal performance. Cooperative Extension Service, Kansas State University, Manhattan, KS.

3. Сорокин, С. А. Теоретические предпосылки обоснования разрушения зернового материала разгонным диском в молотковой дробилке / С. А. Сорокин, В. В. Садов. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2019. – № 2 – С. 156-161.

4. Чехунов, О. А. Определение основных конструктивно-режимных параметров в молотковой зернодробилке для фуражного зерна / О. А. Чехунов, В. В. Воронин, А. В. Ворохобин. –

Текст: непосредственный // Инновации в АПК: проблемы и перспективы. – 2021. – № 2 (30) – С. 45-56.

5. Федоренко, И. Я. Предпосылки к разработке способа промежуточной сепарации продуктов измельчения в дезинтеграторе / И. Я. Федоренко, С. В. Золотарев, А. А. Смышляев. – Текст: непосредственный // Совершенствование технологий и технических средств в АПК: юбилейный сборник. – Барнаул: Изд-во АГАУ, 2001. – С. 93-95.

6. Афанасьев, В. А. Эффективность двухстадийного измельчения сырья при производстве комбикормов для животноводческих комплексов / В. А. Афанасьев, А. Н. Плаксина. – Текст: непосредственный // Труды / ВНИИ КП ВНПО «Комбикорм», 1987. – Вып. 30. – С. 61-65.

7. А.с.1747152 СССР, В02 С 13/00. Устройство для измельчения кормов / А. А. Сундеев, С. В. Мерчалов; заявитель и патентообладатель: Воронеж. гос. аграр. ун-т. – № 4835727/33; заявл. 07.06.90, опубл. 15.07.92, Бюл. № 26. – 3 с. – Текст: непосредственный.

8. Патент № 2097150 РФ, МПК 6 В 07В 1/06. Гравитационный сепаратор / Мерчалов С. В., Мерчалов А. С.; заявитель и патентообладатель: Воронеж. гос. аграр. ун-т. – №96109775/03; заявл. 13.05.96; опубл. 27.11. 97, Бюл. № 33. – 3 с. – Текст: непосредственный.

9. ГОСТ 13496.8-72. Комбикорма. Методы определения крупности размола и содержания неразмолотых семян культурных и дикорастущих растений. – Москва, 2011. – Текст: непосредственный.

References

1. Zavrzhnov A.I. Mekhanizatsiia prigotovleniia i khraneniia kormov / A.I. Zavrzhnov, D.I. Nikolaev. – Moskva: Agropromizdat, 1990. – 336 s.

2. Goodband, R. D., Tokach, M. D., Nissen, J. L. (1996). MF-2050. The effects of diet particle size on animal performance. Cooperative Extension Service, Kansas State University, Manhattan, KS.

3. Sorokin S.A. Teoreticheskie predposylki obosnovaniia razrusheniia zernovogo materiala razgonnym diskom v molotkovoii drobilke / S.A. Sorokin, V.V. Sadov // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2019. – No. 2. – S. 156-161.

4. Chekhunov O.A. Opredelenie osnovnykh konstruktivno-rezhimnykh parametrov v molotkovoii zernodroibilki dlia furazhnogo zerna / O.A. Chekhunov, V.V. Voronin, A.V. Vorokhobin // Innovatsii v APK: problemy i perspektivy. – 2021. – No. 2 (30). – S. 45-56.

5. Fedorenko I.Ia. Predposylki k razrabotke sposoba promezhutochnoi separatsii produktov izmelcheniia v dezintegratore / I.Ia. Fedorenko, S.V. Zolotarev, A.A. Smyshliaev // Sovershenstvovanie tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv v APK: lubileinyi sbornik. – Barnaul: Izd-vo AGAU, 2001. – S. 93-95.

6. Afanasev V.A. Effektivnost dvukhstadiinogo izmelcheniia syria pri proizvodstve kombikormov dlia zhivotnovodcheskikh kompleksov / V.A. Afanasev, A.N. Plaksina // Trudy / VNIKP VNPO «Kombikorm», 1987. Vyp. – 30. – S. 61-65.

7. A.s. 1747152 SSSR, V02 S 13/00. Ustroistvo dlia izmelcheniia kormov / A.A. Sundeev, S.V. Merchalov; zaiavitel i patentoobladatel: Voronezh. gos. agrar. un-t. – No. 4835727/33; zaiavl. 07.06.90, opubl.15.07.92. Biul. No. 26. – 3 s.

8. Pat. No. 2097150 RF, MPK 6 V 07V 1/06. Gravitatsionnyi separator / S.V. Merchalov, A.S. Merchalov; zaiavitel i patentoobladatel: Voronezh. gos. agrar. un-t. – No. 96109775/03; zaiavl. 13.05.96; opubl. 27.11. 97, Biul. No. 33. – 3 s.

9. GOST 13496.8-72. Kombikorma. Metody opredeleniia krupnosti razmola i sodержaniia nerazmolotykh semian kulturnykh i dikorastushchikh rastenii. – Moskva, 2011.

