

УДК 636.4.033

UDC 636.4.033

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

4.3.1 - Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex (agricultural sciences)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ПАСТООБРАЗНЫХ ПРОДУКТОВ

INCREASING PROCESS EFFICIENCY OBTAINING PASTE PRODUCTS

Фролов Владимир Юрьевич
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 5236-4332
email: frolov_v65@mail.ru
Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина 13

Frolov Vladimir Yurievich
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN-code: 5236-4332
email: frolov_v65@mail.ru
Kuban State Agrarian University, 13 Kalinina, Krasnodar, 350044, Russia

Школьникова Мария Александровна
соискатель
РИНЦ SPIN-код: 8031-1702
email: bma383@mail.ru
Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина 13

Shkolnikova Maria Alexandrovna
applicant
RSCI SPIN-code: 8031-1702
email: bma383@mail.ru
Kuban State Agrarian University, 13 Kalinina, Krasnodar, 350044, Russia

Крючкова Людмила Геннадьевна
Кандидат технических наук
РИНЦ SPIN-код: 6301-5100
email: lyudmila0511@mail.ru
Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Kryuchkova Lyudmila Gennadievna
Candidate of Technical Sciences
RSCI SPIN-code: 6301-5100
email: lyudmila0511@mail.ru
Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

Чубенко Александр Викторович
аспирант
РИНЦ SPIN-код: 8304-8790
email: chuben@bk.ru
Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Чубенко Александр Викторович
postgraduate student
RSCI SPIN-code: 8304-8790
email: chuben@bk.ru
Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

Рытов Кирилл Петрович
аспирант
РИНЦ SPIN-код: 4944-7853
email: Krytov559@gmail.com
Кубанский государственный аграрный университет, Россия, 350044, Краснодар, Калинина 13

Rytov Kirill Petrovich
Postgraduate student
RSCI SPIN-code: 4944-7853
email: Krytov559@gmail.com
Kuban State Agrarian University, 13 Kalinina, Krasnodar, 350044, Russia

На основании проведённого анализа установлена необходимость и целесообразность проведения исследований в направлении совершенствования процесса получения пастообразных продуктов на основе обогащённых определённым способом зерновых композиций. Целью исследований являлось обеспечение конструкции пастоизготовителя и его технико-экономической эффективности. С учётом выявленных аналогов были выбраны критерии для сравнительной оценки

Based on the analysis, the article establishes the need and direction for conducting research in the direction of identifying the process of obtaining paste-like products based on grain compositions enriched in a certain way. The purpose of the study was to ensure the design of the paste maker and its technical and economic efficiency. Taking into account the identified analogues, criteria were selected for a comparative assessment of the known and proposed paste manufacturer. The chosen criteria were the

известных и предложенного пастоизготовителя. В качестве таких критериев выбраны однородность гранулометрического состава пасты по размеру частиц, однородность смеси в соево-кукурузной композиции, которые определялись классическими методами, посредством установления коэффициента вариации. Расчётом установилась энергоёмкость пастоизготовителя, через полученные в результате эксперимента значения мощности и производительности предложенного пастоизготовителя с подробным описанием особенностей его конструкции и работы. Особенностью конструкции является наличие в нём гомогенизирующего модуля в виде двух соосно установленных конических элементов с гомогенизирующими щелями. Относительной установкой конических элементов определяется хаотический характер частиц получаемой пасты. Экспериментальные исследования проводились на специальной пилотной установке, включающей бункер для водонасыщения зерновой композиции с одновременным её обогащением биологически активными веществами (витамины, минеральные вещества и т.д.). В результате проведённого эксперимента установлены значения потребляемой мощности, равной 1,5 кВт, при производительности, равной 100 кг/ч. При этом, для трёх режимов работы пастоизготовителя определены значения качественных показателей - однородности гранулометрического состава пасты, а также однородность её состава. На основе полученных данных произведена сравнительная технико-экономическая оценка предложенного технического решения. Она показала, что инновационный пастоизготовитель по сравнению с аналогом имеет меньшую энергоёмкость на всех 3-х режимах работы в пределах 36,9%- 47,4%. При этом, в сравнении с другими аналогичными решениями, благодаря высоким качественным показателям пастоизготовитель имеет энергоёмкость процессов измельчения и гомогенизации ниже, как минимум в 2,4 раза

Ключевые слова: РАЦИОН, РЕЦЕПТУРА, КОМБИКОРМА, СЫРЬЕ, ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТАЯ ПРОДУКЦИЯ, БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЙ КОМПЛЕКС, СХЕМА, СПОСОБ, УСТРОЙСТВО, ПАСТА, ГРАНУЛЫ, ПАРАМЕТРЫ, ЭНЕРГОЕМКОСТЬ, МЕТАЛЛОЕМКОСТЬ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-195-020>

uniformity of the granulometric composition of the paste in terms of particle size and the homogeneity of the mixture in the soy-corn composition, which were determined by classical methods by establishing the coefficient of variation. The calculation established the energy intensity of the paste maker through the values of power and productivity of the proposed paste maker obtained as a result of the experiment with a detailed description of the features of its design and operation. A special feature of the design is the presence of a homogenizing module in the form of two coaxially installed conical elements with homogenizing slots. The relative installation of the conical elements determines the chaotic nature of the particles of the resulting paste. Experimental studies were carried out in a special pilot installation, including a bunker for water saturation of the grain composition with its simultaneous enrichment with biologically active substances (vitamins, minerals, etc.). As a result of the experiment, power consumption values were established equal to 1.5 kW, with a productivity equal to 100 kg/h. At the same time, for three operating modes of the paste maker, the values of quality indicators were determined - the uniformity of the granulometric composition of the paste, as well as the uniformity of its composition. Based on the data obtained, a comparative technical and economic assessment of the proposed technical solution was made. It showed that the innovative paste maker, compared to its analogue, has lower energy intensity in all 3 operating modes within the range of 36.9% - 47.4%. At the same time, in comparison with other similar solutions, due to its high quality indicators, the paste maker has a lower energy intensity of grinding and homogenization processes, at least 2.4 times lower

Keywords: DIET, FORMULATION, COMPOUND FEED, RAW MATERIALS, ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PRODUCTS, BIOLOGICALLY ACTIVE COMPLEX, SCHEME, METHOD, DEVICE, PASTE, GRANULES, PARAMETERS, ENERGY INTENSITY, METAL CONTENT

Введение. Проблеме подготовки кормов на основе зерновых и зернобобовых культур, с целью повышения эффективности их приготовления и использования различным видам животных и птицы

<http://ej.kubagro.ru/2024/01/pdf/20.pdf>

уделялась и уделяется в настоящее время значительное внимание учёными Крохиной В.А., Мартыненко Я.Ф., Миончинским П.Н., Завражновым А.И., Крючковой Л.Г. и рядом других учёных [1-6].

В результате различных подходов к решению данной проблемы, были разработаны и используются на практике технологии, основанные на следующих способах подготовки зерна:

1. Механического разрушения нативного зерна путём его дробления [3-8];

2. Механического разрушения зерна, предварительно подготовленного методами микронизации, проращивания, тепловой обработки, смешивания с целью усреднения влаги в получаемых композициях и др. [4; 5; 7; 9; 10-17].

Согласно первому способу, на котором базируется традиционная технология подготовки зерна к скармливанию животным, птице, рыбе и т.д. исходное зерновое сырьё, имеющее влажность $W=10\%-12\%$ подвергают дроблению, что сопровождается появлением так называемой мучной пыли.

В результате появляются потери до 10% [3; 4; 18], а также загрязнение помещений, оборудования и окружающей среды. Данную проблему решают путём применения дорогостоящих фильтрационно-аспирационных систем [3-5; 7], путём увлажнения комбикормов перед их раздачей [6; 7; 20; 21].

С получением так называемых влажных мешалок, получением окатышей-гранул [19], а также гранул, путём прессования комбикормов. Здесь вполне очевидно наличие противоречия – вначале, с большими издержками измельчают зерно, а затем с ещё большими издержками прессуют, получая гранулы, что в переводе с латинского – *granulum* означает зернышко [4].

Согласно второй технологии – осуществляют предварительную

подготовку зерна, а затем проводят его разрушение, но уже не дроблением, а резанием, раздавливанием и т.д., так как на проведение этих операций затрачивается значительно меньше энергии.

Определённый вклад в разработку данного направления внесли Бибик И.В., Плуткин С.Н., Широков В.А., Вараксин С.В., Воякин С.Н., Бурмага А.В., Бушуев С.В., Винокуров С.А., Неретина Е.А. и другие учёные [9-17].

Так, Бибик И.В., Апеваловым О.В. и др., на основе предварительно пророщенных семян сои, путём их последующего измельчения с помощью решётчато-ножевого аппарата готовили пастообразные кормовые продукты.

Винокуровым С.А. и др. [16; 17] предложена оригинальная технология, согласно которой предварительно смешивается зерно с измельчёнными корнеплодами или тыквой. В результате такого подхода получают пастообразные кормовые продукты, без наличия мучной пыли.

Считаем, что исследования в данном направлении являются актуальными. Однако, как установлено анализом [4; 5; 7;11], технические средства, для получения кормовых продуктов пастообразной физической формы имеют относительно высокие затраты энергии, а однородность гранулометрического состава паст не отвечает предъявляемым требованиям.

2. Материалы и методы .

Целью проведённого исследования явилось обоснование конструктивных особенностей и технико-экономических показателей работы пастоизготовителя на обогащённой соево-кукурузной композиции.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Выявить наличие аналогов, как объектов для проведения сравнительной технико-экономической оценки.

2. Обосновать конструкцию и особенности предложенного

пастоизготовителя.

3. Установить экспериментальным путём необходимые для расчёта данные значений технико-экономических показателей пастоизготовителя для проведения сравнительной оценки.

В качестве оценочных приняты показатели, определяемые классическими методами [7; 22]:

1) Однородность гранулометрического состава пастового продукта, которую определяли согласно формулам

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (l_i - l_{cp}) \cdot q_i}{\sum_{i=1}^n q_i}}$$

(1)

$$\theta_{\Gamma} = \frac{\sigma}{l_{cp}} \cdot 100$$

(2)

где σ – среднеквадратичное отклонение размера частиц;

θ_{Γ} – неоднородность состава пасты, %;

l_i ; l_{cp} – средние размеры частиц фракции и навески;

q_i - масса частиц каждой фракции;

2) Однородность смеси в соево-кукурузной композиции. Её определяли посредством использования контрольного компонента с последующим расчётом по формуле

$$\theta_c = \frac{\sigma}{q}$$

(3)

где σ – среднеквадратическое отклонение контрольного компонента от заданного;

q – масса пробы, кг.

3) Энергоёмкость

$$\mathfrak{E}_э = \frac{N}{Q_n}$$

(4)

где N – затраты энергии (мощность потребляемая) по показаниям ваттметр;

$Q_{\text{п}}$ – производительность пастоизготовителя, определяемая по зависимости $Q_{\text{п}} = \frac{M}{t}$,

где M – масса пробы, взятая за время, равное t .

В качестве исходного сырья для проведения эксперимента была взята соево-кукурузная зерновая композиция, замоченная в водной среде с наличием 10% витамина С и доведённая до влажности 60%.

Количество воды было выбрано исходя из того, что в течении 10 часов, всё её количество было поглощено зерном примятой композиции.

4. Результаты

Среди известных конструкций пастоизготовителей выявлены пастоизготовители, работающие по принципу измельчения сырья в аппарате «щелевого типа» [7], а также решётчато-ножевого типа [5; 7; 11].

Первый из них, конструкции Кузьмова Н.Т., предназначен, в своей основе, для получения паст из зелёной массы, второй – из мясного сырья. Аналогом для сравнительной оценки принят пастоизготовитель конструкции Апевалова О.В. [11].

Оба вида измельчающе-гомогенизирующих аппаратов, наряду с достоинствами и общими недостатками обладают низкой гомогенизирующей способностью по отношению к исходным неоднородным по составу и свойствам смесям.

Для достижения поставленной цели авторами предложен пастоизготовитель, который с учётом его конструктивных особенностей представлен на рисунках 1- 8.

Пастоизготовитель включает винтовой шнек – 1, который соосно размещён в корпусе 2, а также решётчато-ножевой аппарат – 3 и гомогенизирующую фильеру, содержащую цилиндрический корпус – 4. В

цилиндрическом корпусе – 4, соосно с ним, размещён гомогенизирующий модуль – 5.

Данный модуль выполнен в виде двух сопряжённых между собой пустотелых конических элементов – 6 и 7.

Конические элементы 6 и 7 обращены своими вершинами в сторону шнека – 7, а по образующим их конусов выполнены сквозные щелевидные пазы (в нашем случае – в количестве четырёх на каждом).

При этом, конические элементы 6 и 7 установлены с возможностью поворота вокруг своей геометрической оси и продольного перемещения вдоль той же геометрической оси с помощью дополнительной установки регулировочных колец – 8 (рис.6).

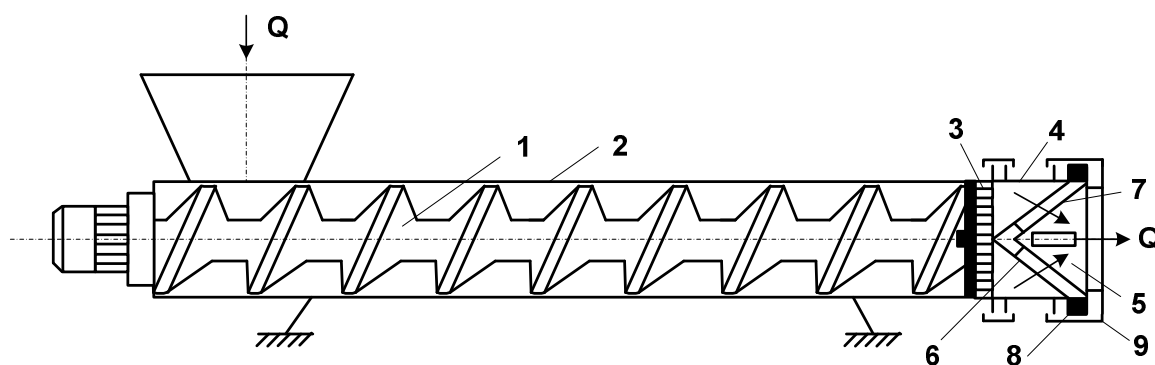


Рис.1 - Схема предлагаемого пастоизготовителя

Q – подача и выход продукта в кг/с.

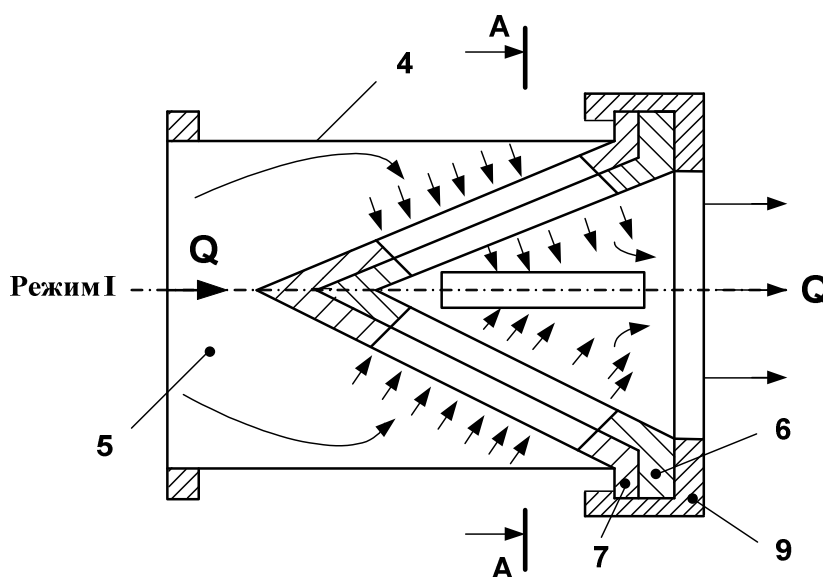


Рис. 2 - Гомогенизирующий модуль пастоизготовителя

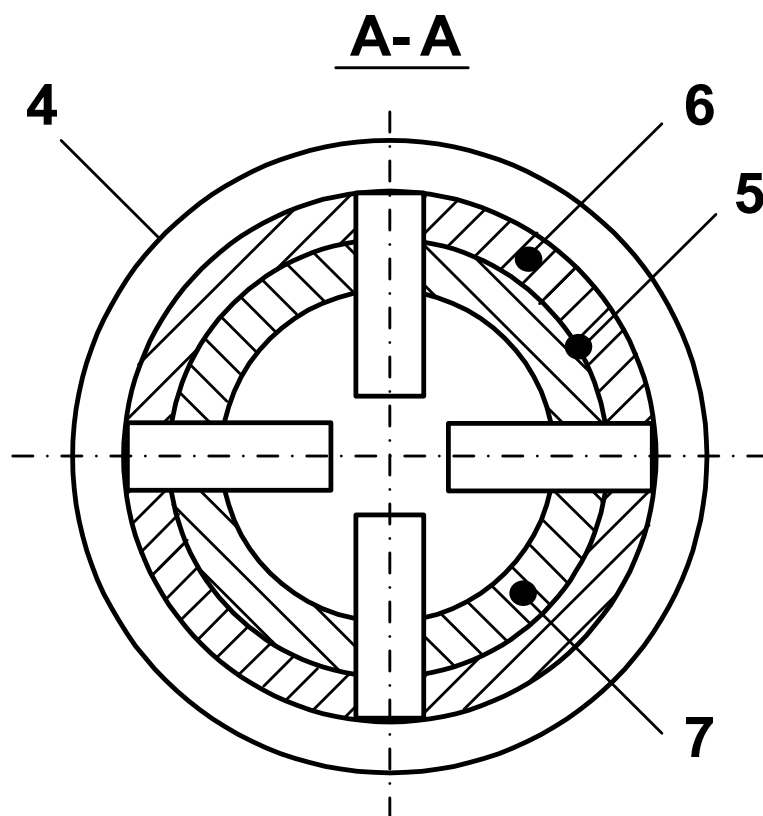


Рис.3 - Вид гомогенизирующего модуля по разрезу А-А (рис.2)
(Условия работы по режиму I) «Compiled by the authors»

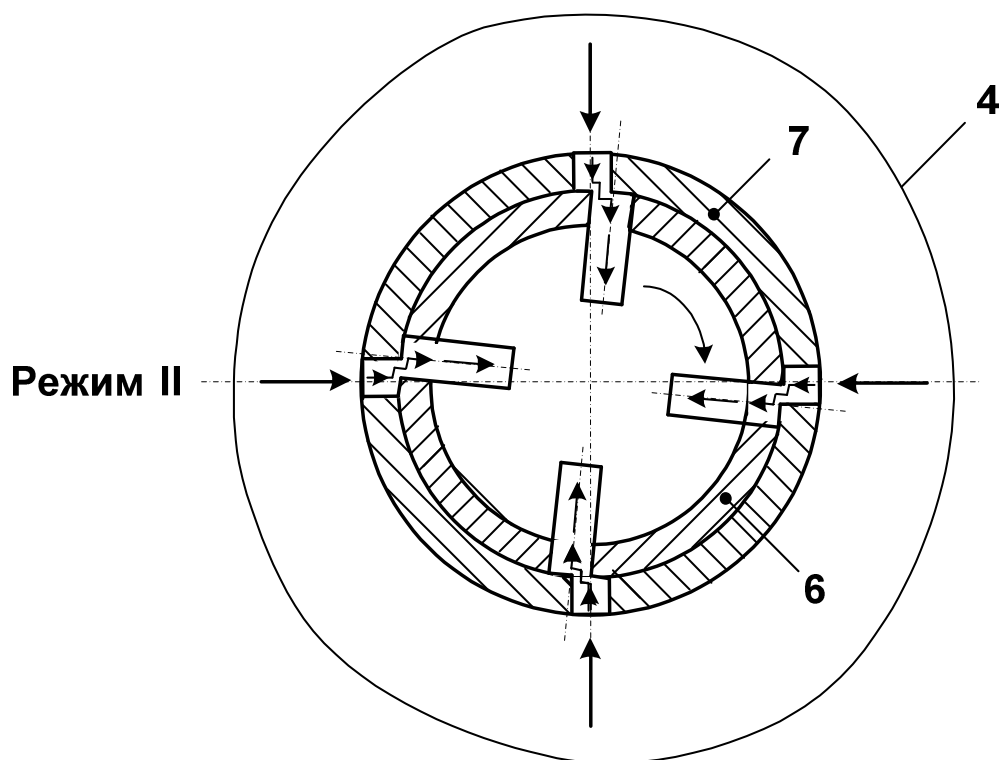


Рис. 4 - Вид гомогенизирующего модуля по разрезу при установке его элементов 6 и 7 на режим работы II

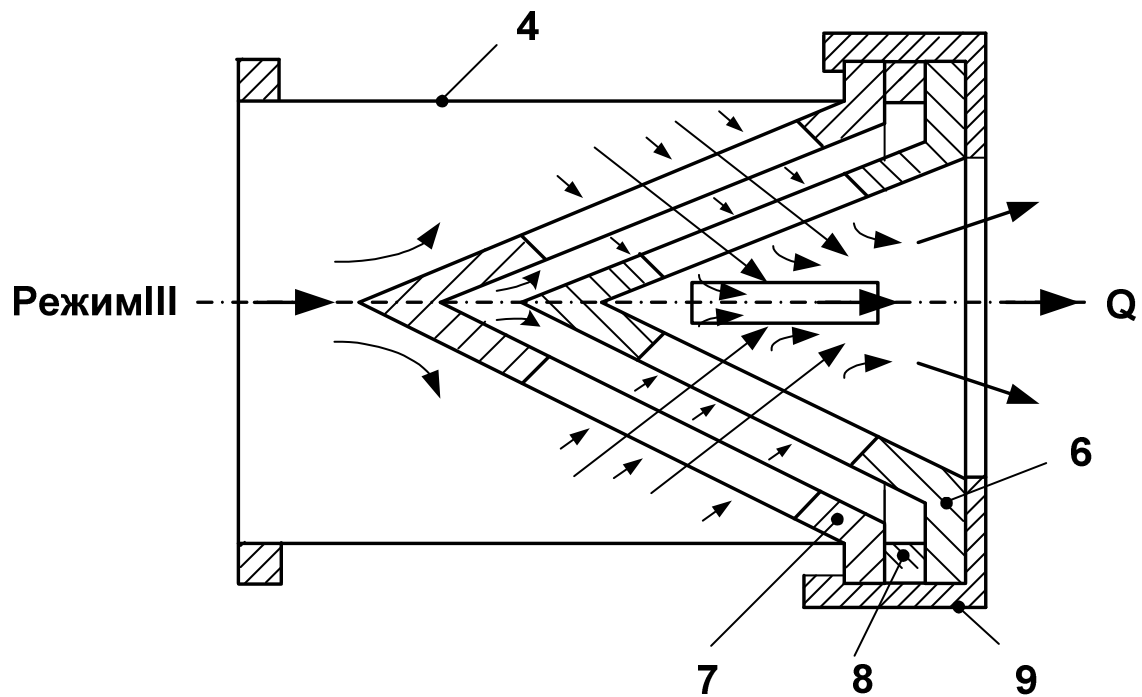


Рис. 5 - Вид гомогенизирующего модуля в разрезе при установке его элементов 6 и 7 на режим работы III

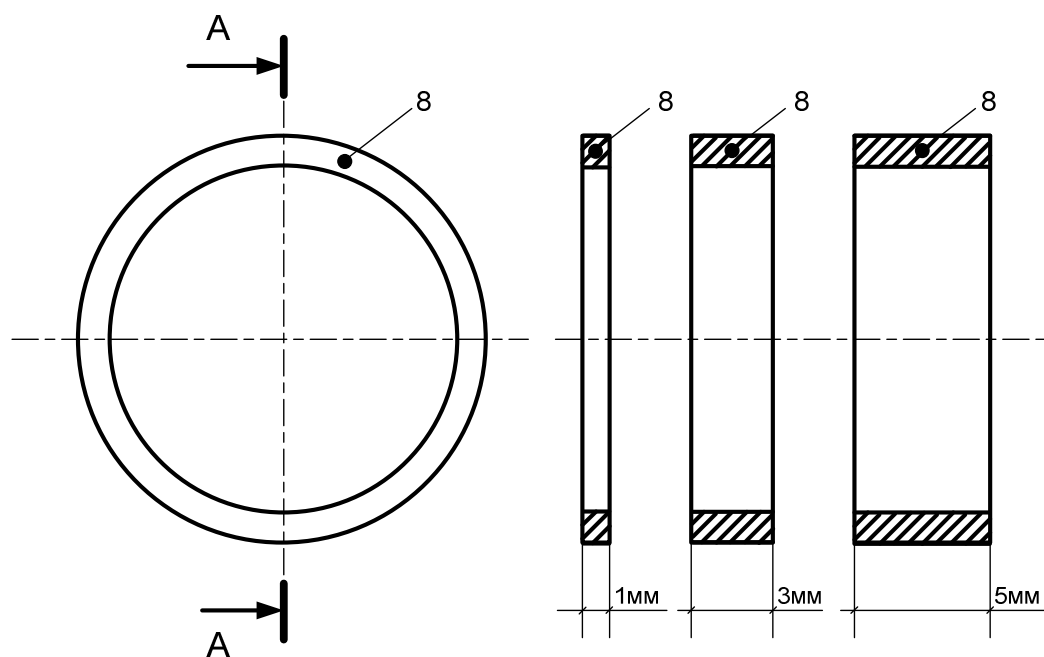


Рис. 6 - Общий вид регулировочных колец с их разрезом по сечению Б-Б

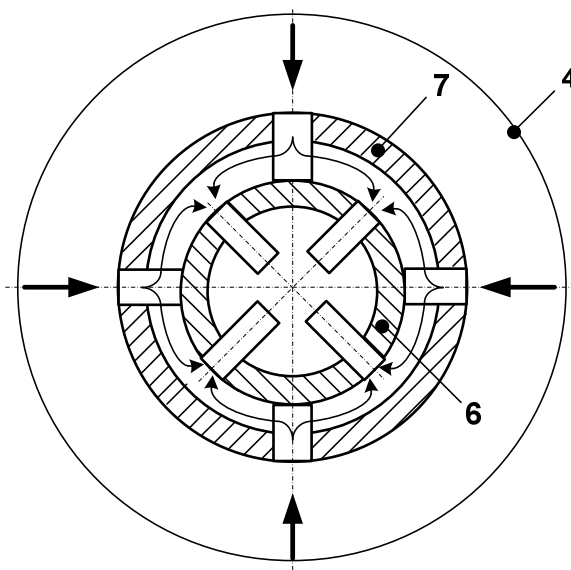


Рис. 7 - Вид гомогенизирующего модуля в его поперечном сечении для режима III

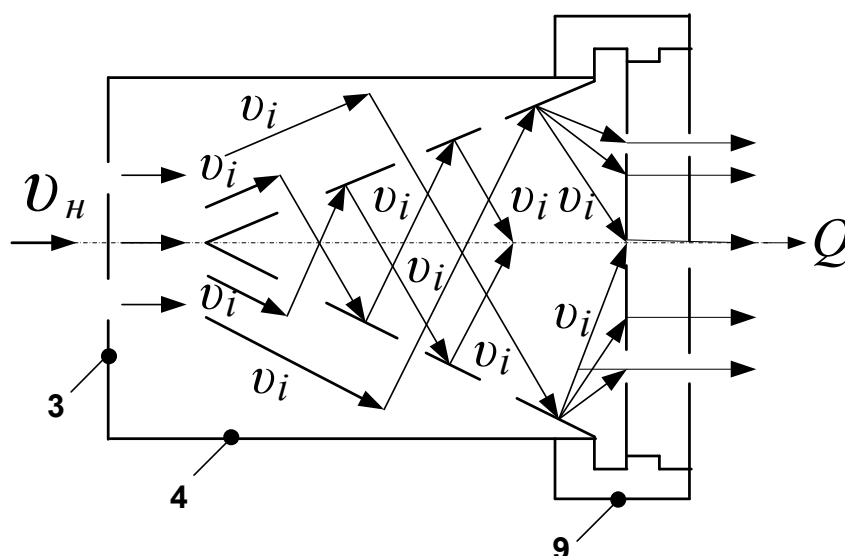


Рис. 8 - К обоснованию направлений перемещения частиц смеси компонентов при трансформации потоков в гомогенизирующем модуле

v_n, v_i – скорости движения частиц – начальная и трансформационные.

Количество регулировочных колец в наборе зависит от вида перерабатываемого исходного сырья, а также от требуемого качества готового конечного продукта (пасты).

Для нашего случая набор регулировочных колец включает три штуки по их толщине - 1 мм, - 3 мм и 5 мм, соответственно:

1 мм – для мелкодисперсионной пасты, на основе монозернистого сырья;

3 мм – для среднедисперсионной пасты, на основе соево-кукурузной смеси;

5 мм – для крупнодисперсионной пасты, на основе зерно-травяной смеси.

Возможность изменения относительного расположения элементов 6 и 7 между собой обеспечена наличием гайки - 9 (рис.5).

При этом, по вариантам, представленным на рис. 1 и 2,3,4 (режимы I и II), предусмотрена возможность использования пастоизготовителя без применения регулировочных колец – 8.

В этом случае элементы 6 и 7 сопряжены без наличия зазора, щели которых совмещены.

На рисунке 4 пустотелые конические элементы сопряжены со смещением щелей относительно друг друга таким образом, что обеспечивается их частичное перекрытие стенками конических элементов 6 и 7, а это уменьшает проходное поперечное сечение щелей. Такое уменьшение поперечного сечения щели обеспечивается поворотом, например, пустотелого конического элемента – 6, относительно элемента – 7 на некоторый определённый угол вокруг их общей продольной геометрической оси.

В этом случае, данным взаимным расположением элементов 6 и 7 обеспечивается регулирование и получение необходимой степени разрушения, проходящих через щель частиц, например, соевого или зернового сырья.

Работа пастоизготовителя осуществляется по трём режимам.

Согласно рабочему процессу пастоизготовителя по первому и второму режимам (рис. 2, 3 и 4), предварительно обогащённое витаминами и минеральными веществами, например, соевое зерно или композиции с

его использованием транспортируется винтовым подающим шнеком – 1 в корпусе – 2 к решётчато-ножевому измельчающему аппарату – 3, где измельчается до требуемой степени измельчения. При этом, полученные частицы, имеющие определённый разброс по размеру, попадают в полость корпуса и гомогенизирующей фильеры, в которой, соосно, размещены полые конические элементы 6 и 7 с их вершинами, направленными в сторону расположения винтового подающего шнека – 1.

Из заполненной массой полости корпуса – 4, измельчённый продукт, под давлением, создаваемым винтовым подающим шнеком – 1, через щель заданного поперечного сечения продавливается во внутреннюю полость конического полого элемента – 6.

При таком продавливании через щели частицы, имея мелкую структуру дополнительно разрушаются, взаимодействуя между собой в процессе прохождения через щель ступенчатой конфигурации (рис.4), обеспечивающей резкое изменение скорости и направления движения частицам, перемещаемой под давлением массы продукта.

Внутри полости конического элемента – 6 частицы, имея различные скорости, дополнительно перемешиваются, а масса выталкивается из пастоизготовителя наружу в приёмный бункер (на рис.1 не показан).

Согласно третьему режиму работы пастоизготовителя (рис.5 и 7), предварительно откручивается гайка – 9, из конического модуля извлекается конический элемент – 6 и между ними соосно устанавливается регулировочное кольцо, необходимой толщины (рис.6). Затем, затяжкой гайки – 9, обеспечивается заданная конфигурация сопряжения каждого из элементов 6 и 7, которые находятся в положении, создающим коническую полость между ними (рис.5 и 7).

При этом, конический элемент – 6 устанавливается его поворотом, относительно элемента – 7 на угол равный 45° (рис.7).

При работе пастоизготовителя в этом режиме, масса продукта продавливаются через щели конического элемента – 7, заполняет коническую полость между элементами 6 и 7 с различными скоростями и направлениями движения частиц, обеспечивая появление, так называемого, эффекта «силового перетирания частиц» (рис.8).

В результате проявления этого эффекта, частицы уменьшаются в размере, а также более равномерно распределяются в объёме, что в конечном итоге, приводит к снижению неоднородности θ_{Γ} гранулометрического состава продукта, и соответственно, к повышению однородности смеси $\theta_{\text{с}}$ частиц в готовом продукте.

Готовый продукт выводится из внутренней полости конического элемента – 6 за пределы пастоизготовителя.

Экспериментальные исследования проводились на экспериментальной установке (рис.9).

Полученные результаты приведены в таблице 1. Согласно данным, эксперимент проводился при одинаковой подаче (производительности), равной $Q=100 \text{ кг/ч}$.

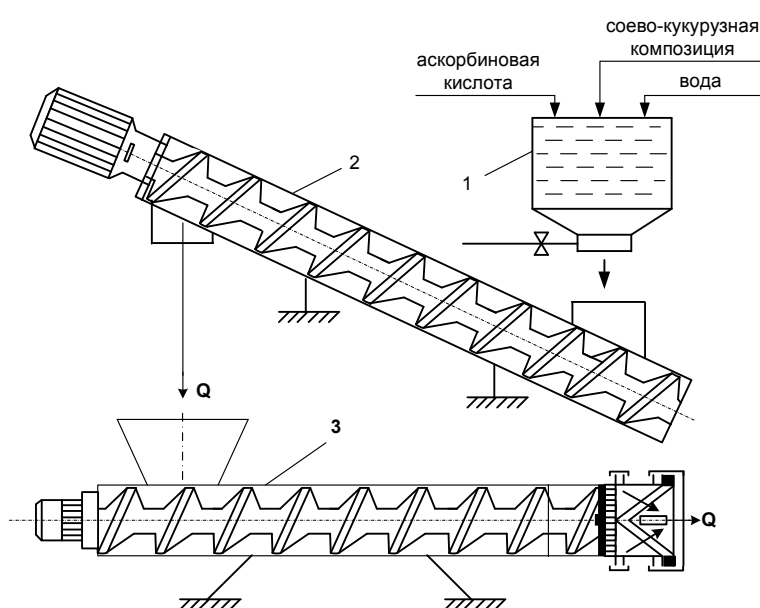


Рис.9 Конструктивно - технологическая схема пилотной установки

1 – бункер; 2 – подающий шнек; 3 – пастоизготовитель

Таблица 1. Сравнительные показатели работы пастоизготовителей на соево-кукурузной смеси (соотношение 1:1), обогащённой витамином С

№ п/п	Показатели	Варианты реализации			
		Режим I*	Режим II*	Режим III*	Аналог** (конструкция Апевалова О.В.)
1.	Производительность, кг/ч	100	100	100	100
2.	Установленная мощность, Вт	1500	1500	1500	1500
3.	Однородность гранулометрического состава, %.	90,0-95,0	95,0-98,0	98,0	73,5
4.	Однородность соево-кукурузной смеси в пасте, %	90,0-96,0	96,0-99,0	99,0	69,6

** - [11];

* - Compiled by the authors

Дискуссия. Анализ полученных результатов показывает, что при одинаковых показателях по производительности $Q = 100 \text{ кг/ч}$, и затрачиваемой энергии $N = 1500 \text{ Вт}$, качественные показатели предложенного пастоизготовителя на всех трех режимах работы превосходит аналог [11]. Так, по однородности гранулометрического состава показатель θ_r на 24,5% выше, а по показателю однородности получаемой смеси на 29,6%.

При этом, проведённым расчётом технико-экономической эффективности использования предложенного пастоизготовителя установлено, что его энергоёмкость - $N_{эн}$ с учётом качества работы по нижеприведенной формуле составляет:

$$N_{эн} = \frac{N_{уст.}}{\theta_{п} \cdot \theta_r \cdot \theta_c}, \quad \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{кг} \cdot \% \cdot \%} \quad (5)$$

где $N_{уст.}$ - мощность электродвигателя, равная 1500 Вт;

$\theta_{п}$ – производительность пастоизготовителя, равная 100 кг/ч ;

θ_r - однородность гранулометрического состава по размеру частиц, %;

θ_c - однородность распределения частиц в соево-кукурузной пасте, %;

- для режима I:

$$N_{эн} = \frac{1500}{100 \cdot 90 \cdot 90} = \frac{15}{8100} = 0,00185 \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{кг} \cdot \% \cdot \%} \quad (6)$$

- для режима II:

$$N_{эн} = \frac{1500}{100 \cdot 95 \cdot 96} = \frac{15}{9120} = 0,00164 \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{кг} \cdot \% \cdot \%} \quad (7)$$

- для режима III:

$$N_{эн} = \frac{1500}{100 \cdot 98 \cdot 99} = \frac{15}{9702} = 0,00154 \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{кг} \cdot \% \cdot \%} \quad (8)$$

- по базовому варианту (аналог):

$$N_{эб} = \frac{1500}{100 \cdot 73,5 \cdot 69,6} = \frac{15}{5115,6} = 0,00293 \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{кг} \cdot \% \cdot \%} \quad (9)$$

что на 36,9%, 44,0%, 47,4% ниже, чем у пастоизготовителя - аналога[11].

Анализ данных, предоставленных в литературном источнике [7] показал также, что для пастоизготовителя с аппаратом щелевого типа, при установленной мощности $N = 22\text{кВт}$, заявленной производительности $Q_{п} = 5\text{т/ч}$ и однородности гранулометрического состава частиц, равной $Q_r = 80\%$, при отсутствии смешивающей способности, имеет энергоёмкость

(на измельчение клевера), равную

$$N_э = \frac{22000\text{Вт}}{5000 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} \cdot 80\%} = 0,055 \frac{\text{Вт} \cdot \text{ч}}{\text{кг}} \quad (10)$$

Анализ данных, представленных в источнике [7] по пастоизготовителю конструкции Кузьмова Н.Т., которые равны $N = 13\text{кВт}$, $Q_{п} = 4,1 \frac{\text{т}}{\text{ч}}$ и

$\theta_{п} = 80\%$ (на силосной массе) энергоёмкость составляет

$$N_э = \frac{13000\text{Вт}}{4100\frac{\text{кг}}{\text{ч}} \cdot 80\%} = 0,045 \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{кг}} \quad (11)$$

Анализ данных, представленных в источнике [5], по измельчителям и мясорубкам, с аналогичными решеточно-ножевым измельчающим аппаратом, с установленной мощностью $N = 10 - 75$ кВт и производительностью $Q_{п} = 1,5 - 20,0 \frac{\text{т}}{\text{ч}}$, при $\theta_{п} = 80\%$ показал, что их энергоёмкость находится в диапазоне значений $N_э = 0,0458 - 0,0937 \frac{\text{Вт}\cdot\text{ч}}{\text{кг}}$.

Заключение. Установлена возможность и целесообразность получения пастообразных кормовых смесей с предварительным смешиванием зерновых и бобовых компонентов в различных комбинациях и композициях, их насыщением биологически активными веществами в водной среде, с последующим измельчением полученной композиции, посредством решётчато-ножевого аппарата и гомогенизацией получаемой пасты, с помощью специального модуля.

Доказано, что предложенная совокупность конструктивных элементов, а также их взаимосвязь в пастоизготовителе, за счёт трансформации исходного кормового потока из прямопоточной формы в хаотичную, позволяет выровнять колебания частиц по гранулометрическому составу (размеру) и однородности распределения их в смеси на 25% и 30% соответственно, по сравнению с аналогом.

Сравнительной оценкой предложенного технического решения с аналогичными традиционными показано, что энергоёмкость процессов измельчения и гомогенизации ниже, как минимум в 2,4 раза.

Данные обстоятельства позволяют рекомендовать использование пастоизготовителя по предложенной конструктивно-технологической схеме для условий малых ферм.

В рамках заявленной проблемы, исследования необходимо вести в направлении увеличения производительности пастоизготовителя. При

этом, необходимо провести совершенствование его конструкции с точки зрения расширения технических возможностей по приготовлению пасты на основе пророщенного зерна, зеленой массы зерновых в фазе молочно-восковой спелости, разнотравья – в фазе бутонизации, для чего щели в конических элементах необходимо выполнить треугольной формы, их грани в виде лезвий, а элемент выполнить активным.

Список использованной литературы

1. Bibik IV (1999) Improving the efficiency of soybean grain preparation for feeding by developing a technology and a line for its germination, St. Petersburg.
2. Dotsenko SM, Kurkov YuB, Apevalov OV (2015) Scientific and technical bases for obtaining pasty and liquid feed products using soy, Blackwell, Blagoveshchensk.
3. Dotsenko SM, Kryuchkova LG (2012) Improving the technology of feeding pigs, Mechanization and electrification of agriculture, Moscow.
4. Gutman VN (1983) Substantiation of the method and development of means for mechanizing the moistening of dry compound feed when fed to pigs, Minsk.
5. Gutman VN, Terpilovsky KF, Krasko IA (1982) Experience in the preparation and feeding of moistened pellets in an industrial pig farm, Mechanization and electrification of agriculture, Minsk, pp. 81-87.