

УДК 631.363 (075.8)

UDC 631.363 (075.8)

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)

ОБОСНОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ СОЕВО-ТРАВЯНОЙ КОМПОЗИЦИИ

JUSTIFICATION OF INNOVATIVE TECHNOLOGY FOR PREPARING PRODUCTS BASED ON A SOY-HERBAL COMPOSITION

Доценко Сергей Михайлович
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 5236-4332
email: dasdas919@mail.ru
Амурский государственный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, Игнатьевское шоссе, 21

Dotsenko Sergey Mikhailovich
Dr.Sci.Tech., professor
RSCI SPIN-code: 5236-4332
email: dasdas919@mail.ru
Amur State University, Russia, 21 Ignatyevskoye Shosse, Blagoveshchensk, 675005, Russia

Вишневецкий Александр Николаевич
РИНЦ SPIN-код: 6301-5100
email: egorgoldin1708@mail.ru
Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Vishnevsky Alexander Nikolaevich
RSCI SPIN-code: 6301-5100
email: egorgoldin1708@mail.ru
Far Eastern State Agrarian University Amur Region, 86 Politekhnikeskaya, Blagoveshchensk, 675005, 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

Дробыш Павел Иосифович
email: Dalgau-ahr@mail.ru
Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Drobysch Pavel Iosifovich
email: Dalgau-ahr@mail.ru
Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 86

На основе новых подходов предложены технологическая и аппаратурная схемы производства кормовых продуктов в виде заменителя цельного молока и гранулята с использованием соево-травяных композиций. Базовой машиной определён агрегат, конструкция которого защищена патентом на изобретение, обоснованы его параметры по количественным и качественным показателям

Based on new approaches, a technological and equipment scheme for the production of feed products in the form of a whole milk substitute and granulate using soybean-grass compositions is proposed. The basic machine is defined as a unit, the design of which is protected by a patent for an invention, its parameters are substantiated by quantitative and qualitative indicators

Ключевые слова: РЕЦЕПТУРА, КОРМОВЫЕ ПРОДУКТЫ, ТЕХНОЛОГИЯ, СХЕМА, АГРЕГАТ, ТЕХНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА, КОНСТРУКЦИЯ, ПАРАМЕТРЫ, ЗАВИСИМОСТИ

Keywords: RECIPE, FEED PRODUCTS, TECHNOLOGY, SCHEME, UNIT, TECHNICAL SYSTEM, DESIGN, PARAMETERS, DEPENDENCIES

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-209-042>

<http://ej.kubagro.ru/2025/05/pdf/42.pdf>

Введение. Анализ традиционных рецептов заменителей цельного молока (ЗЦМ) показывает, что все их составы базируются на использовании белкового компонента животного или растительного происхождения, или же в комбинациях с теми и другими [1,2].

Так в сухих ЗЦМ используется, как правило молоко обезжиренное с добавлением сыворотки молочной, согласно ТУ-10-02-02-7, ТУ 49-68880 и ряда других компонентов. Известна также рецептура комбинированного состава ЗЦМ с добавлением к молочному компоненту концентрата соевого белка [1].

Существуют рецептуры (62-2-ЗЦМ-89) в составе которых имеется, так называемая, паста протеинового зеленого концентрата (ПЗК) или же мука соевая ТУ 49-1216- 85 и др. Следует также отметить, что все составы сухих ЗЦМ содержат в обязательном порядке жиры различных видов, что требует использования, так называемых, антиокислителей [1,2].

Как показал анализ технологий производства данного вида ЗЦМ, они являются высокзатратными. Обусловлено это прежде всего необходимостью выпаривания влаги, находящейся в жидкой фракции, из приготовленного состава, с последующей сушкой сгущенной фракции [2]. В связи с изложенным, изыскание новых подходов в технологии ЗЦМ, обеспечивающих их относительно низкую затратность и, следовательно, конечную стоимость, является актуальной проблемой, требующей своего решения.

Цель исследований - повышение эффективности процесса приготовления ЗЦМ путём использования соево-травяной композиции (СТК).

Задачи исследований

1. Обосновать целесообразность использования СТК в приготовлении кормов в виде ЗЦМ и гранулята.

2. Предложить принципиальную технологическую и аппаратурную схемы производства ЗЦМ и гранулята на основе СТК.

3. Предложить инновационное устройство для реализации указанного процесса с обоснованием его конструктивно-режимных параметров и удельной работы измельчения СТК.

Анализом литературных источников по проблеме повышения эффективности процесса приготовления высокобелковых витаминных кормовых продуктов и добавок установлено, что белковый ЗЦМ получают в виде так называемого, соевого «молока» [2,3]. При этом, наряду с непосредственным использованием «молока», на его основе, путем коагуляции белка получают белковый концентрат.

В тоже время известна технология приготовления ЗЦМ на основе соковой травяной технологии [4]. При этом, наряду с непосредственным использованием травяного зеленого сока в кормлении животных, на основе этого же сока, также путем коагуляции, получают протеиновый зелёный концентрат (ПЗК) [4].

Реализация технологии по первому варианту осуществляется путём использования специальных технических средств, позволяющих измельчать в водной среде предварительно замоченные соевые семена, получая жидкую белковую фракцию и нерастворимый соевый остаток – окару [3].

Согласно второй технологии, осуществляют, так называемое, влажное фракционирование зелёных кормов, включающее тонкое их измельчение с последующим разделением массы путём отжима на жидкую и жомовую фракции [4].

При этом, в первом случае, базовой машиной в линии приготовления является измельчитель-разделитель, который может иметь свои конструктивные особенности в зависимости от физико-механических свойств исходного сырья [5-8].

По второму варианту, базовой машиной является измельчитель зелёной массы, от производительности которого зависит тип пресса, предназначенного для отжима сока из предварительно измельчённого травяного сырья [4].

В качестве недостатков, по первому варианту, можно отметить невозможность создания устройств относительно большой пропускной способности, в виду наличия особенностей конструктивного плана.

В качестве недостатков технических средств, входящих в линию производства зелёного сока, в первую очередь, выделяют относительно высокие энергоёмкость и металлоёмкость выполняемых процессов.

С учётом изложенного, авторами статьи предложены принципиальные схемы по реализации процесса приготовления заменителя молочных кормов молодняку с.х. животных, а также гранулированной кормовой добавки. Они представлены на рисунках 1 и 2.

Согласно схеме (рис. 1) паста влажностью 80%, и соевое зерно – $W=12\%$ дозировано в весовом соотношении 1:1 подаются в смеситель-2 (рис.2), где происходит перемешивание с последующей выдержкой зерна в пастовой среде в течение 2 часов. За это время зерно сои насыщается зелёным соком пасты и влажность смеси усредняется до 46%. Структура зерна при этом размягчается, чем обеспечивается значительное снижение затрат энергии на его измельчение.

При этом, возможен второй вариант реализации технологии, когда используется смесь зерна сои, пшеницы и кукурузы.

Далее, смесь поступает в четырёхступенчатой измельчитель-3 агрегата (рис.3) [9], где она измельчается и поступает в экстрактор – 4, а затем в винтовой пресс – 9 (рис.3). При этом, соковая составляющая отделяется и направляется в ёмкость - 8 для накопления и термообработки. Далее, готовый ЗЦМ используется как кормовой продукт или же на его основе, путём коагуляции белка получают концентрат белка.

На выходе из пресса-9 формируются гранулы, которые накапливаются в лотке 9 (рис.2). и сушатся в сушильном шкафу – 10 (рис.2).

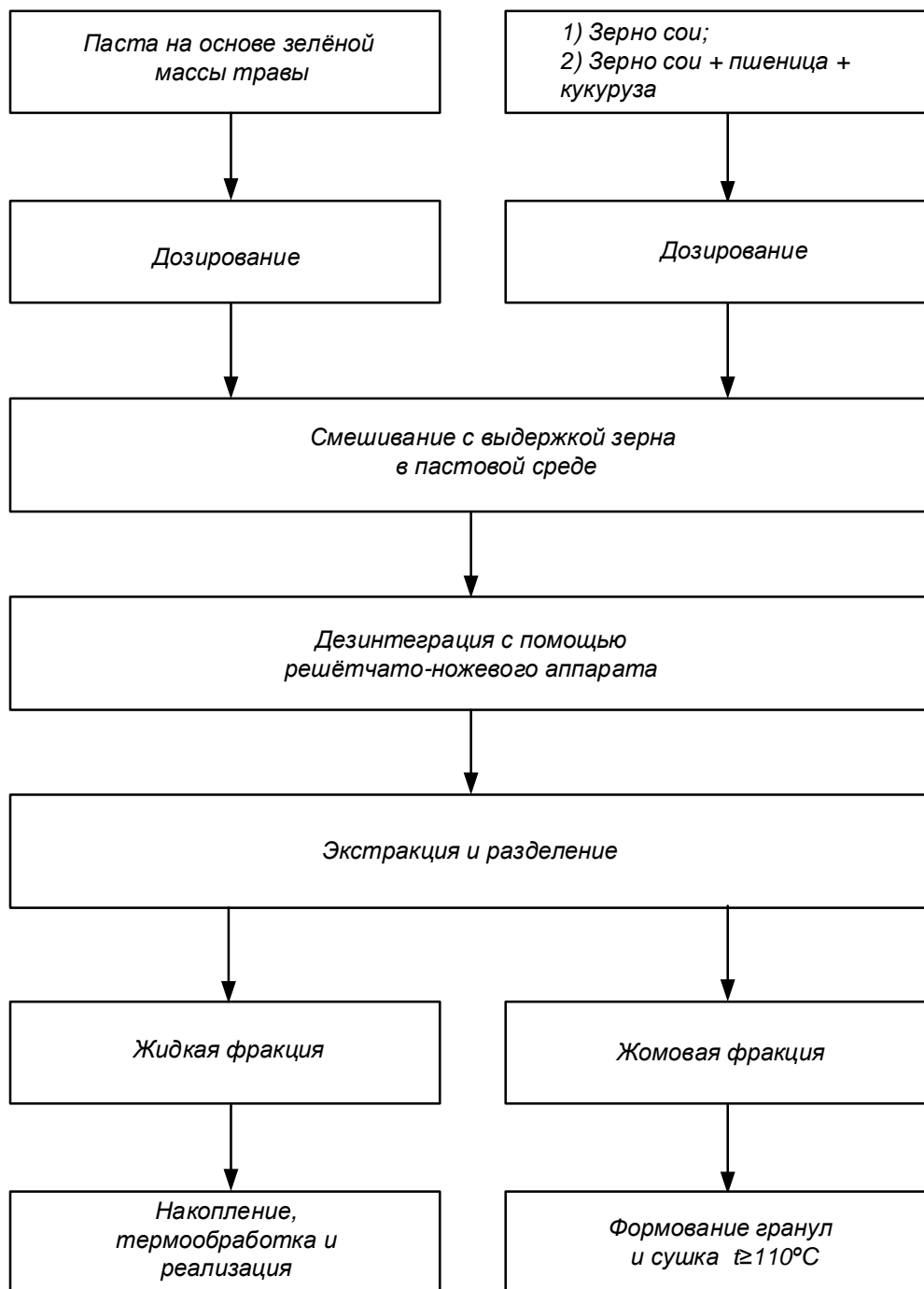


Рис. 1- Принципиальная технологическая схема производства соево- травяных кормов

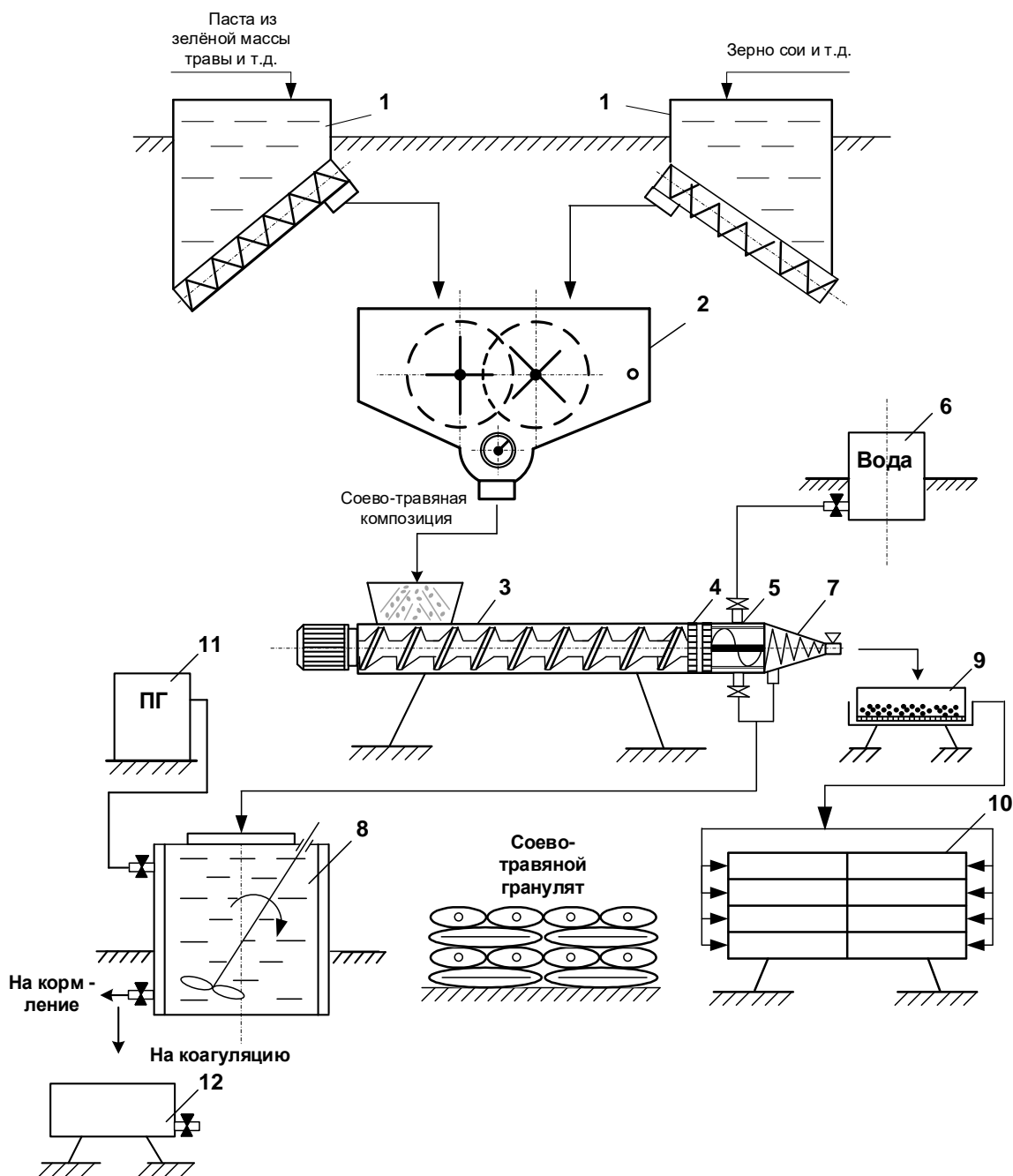


Рис. 2 - Аппаратурная схема линии производства соево-травяных кормов:

- 1 - бункера – дозаторы; 2 – смеситель; 3 – агрегат; 4 – решётчато-ножевой аппарат; 5 – экстрактор; 6 -ёмкость, 7 – пресс; 8 - ёмкость; 9 – лоток; 10 - сушильный шкаф «ЭСПИС-4 -Универсал»;
- 11 – парогенератор; 12 - ёмкость.

Особенностью данной технологии является использование агрегата-3 (рис.2) [9]. В свою очередь, особенность агрегата состоит в том, что он представляет трёхузловую техническую систему, включающую

дозировочно-подающий узел (ДПУ), измельчающе-экстракционный – (ИЭУ) и прессующе-отжимающий - (ПОУ). Из условия поточности для агрегата-3 (рис.3) [9] имеем, что

$$Q_a \leq Q_{дпу} \leq Q_{иэу} \leq Q_{поу}, \quad (1)$$

где составляющими являются подачи, соответственно, в целом агрегата - Q_a , ДПУ- $Q_{дпу}$, ИЭУ - $Q_{иэу}$ и ПОУ- $Q_{поу}$.

Последнюю составляющую - $Q_{поу}$ можно представить как

$$Q_{поу} = Q_{жф} + Q_{тф}, \quad (2)$$

где $Q_{жф}$ - пропускная способность ПОУ по жидкой соковой составляющей СТК, кг/с;

$Q_{тф}$ - пропускная способность ПОУ по твердой фракции – жомовому остатку СТК, кг/с.

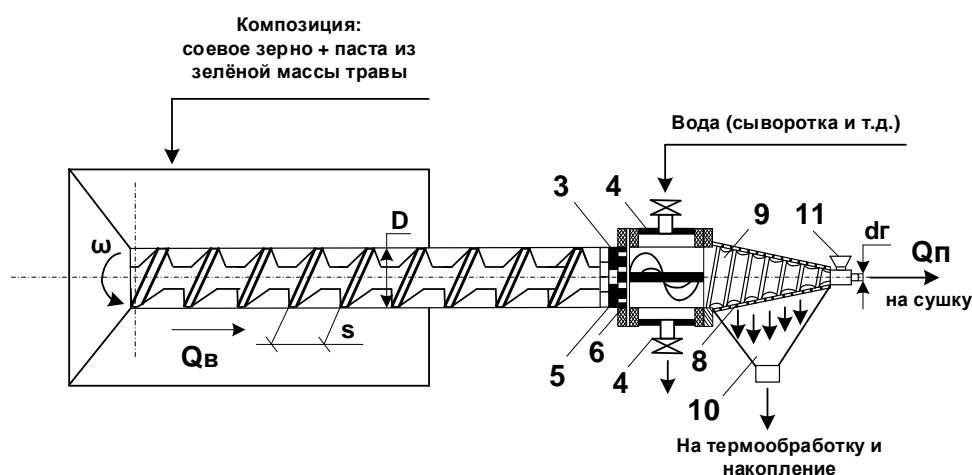


Рис.3 - Агрегат для производства кормовых продуктов на основе

соево-травянных композиций: 1 - бункер; 2 – винт;

3 – измельчающий решётчато-ножевой аппарат;

4 – патрубок для воды; 5 - перьевой нож; 6 – нож-решётка,

7 – экстракционная камера; 8 - сетка; 9 – винтовой пресс;

10 - воронка; 11 – регулировочный винт;

12 – гранулирующее отверстие.

Подача винта ДПУ, согласно рис.3, определяется как

$$Q_{п} = 0,125 \cdot (D_{в}^2 - d_{в}^2) \cdot S_{в} \cdot \omega_{в} \cdot \rho_{в} \cdot \varphi_{в}, \quad (3)$$

где D_B, d_B - диаметры, соответственно по виткам и валу винта, м;
 S_B - шаг витков винта, м; ω_B - угловая скорость винта, c^{-1} ;
 ρ_B - плотность соево-травяной композиции, $кг/м^3$;
 φ_B - коэффициент заполнения межвиткового пространства - $\varphi_B=1$.

Для пропускной способности ИЭУ имеем, что

$$Q_{иэу} = 0,125 \cdot d_0^2 \cdot z_0 \cdot h \cdot \rho_{и} \cdot \omega_{н} \cdot z, \quad (4)$$

где d - диаметр отверстий в последней решётке, м;
 z_0 - число отверстий;
 h - величина перемещения измельчённой СТК, продавливаемой через отверстия за один оборот ножа, м;
 $\rho_{и}$ - плотность измельченной СТК, $кг/м^3$;
 $\omega_{н}$ - угловая скорость вала ножей, c^{-1} ;
 z - число перьев ножа.

Для пропускной способности ПОУ по $Q_{тф}$ (рис.3):

$$Q_{тф} = 0,785 \cdot d_{г}^2 \cdot \rho_{г} \cdot \vartheta_{г}, \quad (5)$$

где $d_{г}$ - диаметр гранулирующего отверстия, м;
 $\rho_{г}$ - плотность гранул, $кг/м^3$;
 $\vartheta_{г}$ - скорость движения гранул, м/с.

Приравнивая правые части выражений (3) и (5), а также решая полученное равенство относительно параметра - $\vartheta_{г}$, получаем

$$\vartheta_{г} = 0,16 \cdot (D_B^2 - d_B^2) \cdot S_B \cdot \omega_B / k_y \cdot d_{г}^2, \quad (6)$$

где k_y - степень уплотнения СТК.

В тоже время для ИЭУ имеем, что

$$Q_{иэу} = Q_{жф} + Q_{тф} \quad (7)$$

и, тогда,

$$\left. \begin{aligned} Q_{жф} &= Q_{иэу} - Q_{тф} \\ Q_{тф} &= Q_{иэу} - Q_{жф} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

Для жидко-соковой фракции массовая подача составит

$$\frac{V_{жф} \cdot \rho_{жф}}{t_0} = \frac{V_{изу} \cdot \rho_u}{t_u} - \frac{V_{тф} \cdot \rho_{\Gamma}}{t_{\Gamma}}, \quad (9)$$

где $V_{жф}$, $V_{изу}$ и $V_{тф}$ - объемы жидко-соковой фракции и СТК по соответствующим процессам, $м^3$;

$\rho_{жф}$, ρ_u , ρ_{Γ} - плотность жидко-соковой фракции и СТК по соответствующим процессам, $кг/м^3$;

$t_0 = t_u = t_{\Gamma}$ - продолжительность по соответствующим процессам, $с$.

При этом, справедливо следующее равенство

$$Q_{жф} = k_{со} \cdot Q_{изу}, \quad (10)$$

где $k_{со}$ - коэффициент сокоотделения в ПОУ.

Экспериментом установлено, что в зависимости от исходной влажности травяного сырья и параметра - k_y значение $k_{со}$ находится в пределах $k_{со} = 0,11 - 0,15$.

Диаметр гранулирующего отверстия ПОУ определим, приравняв правые части выражений (4) и (5), с последующим решением равенства относительно параметра d_{Γ}

$$d_{\Gamma} = \sqrt{\frac{0,16d_0^2 \cdot z_0 \cdot h \cdot \omega_n \cdot z}{\vartheta_{\Gamma} \cdot k_y}}. \quad (11)$$

Таким образом, согласно выражениям (7) и (12) получены зависимости, отражающие взаимосвязь параметров - ϑ_{Γ} и d_{Γ} с остальными параметрами трёхузлового агрегата для приготовления кормовых продуктов на основе СТК.

Проведёнными экспериментальными исследованиями также установлено, что при производительности агрегата $Q_a = 0,067 кг/с$, его мощность на измельчении, при степени измельчения $\xi_u = 25 ед.$ составила $N_u = 30 кВт$.

Тогда, используя формулу профессора С.В. Мельникова [10] получим значения коэффициентов C_1 и C_2 , характеризующих процесс измельчения СТК.

Для параметра C_1 имеем, что

$$C_1 = \frac{3,0}{0,067[\lg 15625 + 0,65(25-1)]} = 2,272 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$$

$$C_2 = 2,272 \cdot 10^3 \cdot 0,65 = 1,477 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг.}$$

Заключение. На основе анализа существующих технологий безотходного приготовления ЗЦМ с использованием высокобелкового и витаминсодержащего сырья в виде соевого зерна или травяной зеленой массы, установлена возможность и целесообразность приготовления кормовых продуктов с использованием соево-травяных композиций.

Однако, реализация данного подхода требует наличия технических средств, которые в настоящее время отсутствуют. На основе принятого подхода предложены принципиальная технологическая и аппаратурная схемы производства кормовых продуктов в виде ЗЦМ и соево-травяного гранулята.

Базовой машиной в предложенной технологии является агрегат для приготовления указанных видов продуктов. Его конструкция представляет собой трёхузловую техническую систему, обеспечивающую выполнение таких процессов, как дозированную подачу исходного сырья в виде СТК, ее тонкое измельчение с экстрагированием питательных веществ, а также отжим соковой составляющей с формированием влажных гранул. Для их сушки предложено использовать установку в виде серийно выпускаемого сушильного шкафа серии «ЭСПИС – 4 – Универсал».

В результате теоретических и экспериментальных исследований установлено, что измельчающий аппарат решётчато - ножевого типа должен быть четырёхступенчатого исполнения, что обеспечивает степень измельчения СТК в пределах 25-26 ед.

При этом, размер получаемых гранул должен составлять 2-3 мм, с целью их быстрой сушки при температуре $t \geq 110^\circ\text{C}$, обеспечивающей

разрушение уреазы до значения $pH \leq 0,1$ ед., содержащейся в соевом компоненте СТК.

На основании полученных данных определены значения коэффициентов, характеризующих удельную работу измельчения СТК с помощью решётчато-ножевого аппарата.

Список использованной литературы

1. Handbook (1990): compound feed, feed additives and whole milk replacers for animals (composition and application), Moscow.
2. Gordeziani VS (1983) Production of milk substitutes, Leningrad.
3. Varaksin SV, Dotsenko SM, Borsuk AA (2015) Scientific and technical aspects of the technology of preparation of dry milk feed substitutes and granules using soy. Monograph, Blagoveshchensk.
4. Zavrazhnov AI (2015) Mechanization of preparation and storage of feed, Moscow.
5. Russian Federation Patent No. 2485791 Method for preparing concentrated soybean substitute for milk feed / authors Dotsenko SM, Ivanov SA, Borsuk AA et al. // published in BI No. 18 dated 27.06.2013.
6. Russian Federation Patent No. 2624947 Wet product grinder / authors Dotsenko SM, Varaksin SV, Sobolev RV et al. // published in BI No. 20 dated 11.07.2017.
7. Russian Federation Patent No. 2634047 Grinder of agricultural products from plant materials / authors Dotsenko SM, Varaksin SV, Markin DA et al. // published in BI No. 30 dated 23.10.2017.
8. Russian Federation Patent No. 273622 Wet plant product grinder / authors Dotsenko SM, Varaksin SV, Goncharuk OV et al. // published in BI No. 36 dated 11/12/2020
9. Russian Federation Patent No. 2663610 Unit for continuous preparation of whole milk replacer and compound feed / authors Dotsenko SM, Varaksin SV, Sobolev RV et al. // published in BI No. 22 dated 08/07/2018.
10. Melnikov SV (1978) Mechanization and automation of livestock farms, Leningrad.