

УДК 631.363

DOI: 10.24412/1999-6837-2022-1-127-133

Получение заменителя цельного молока и концентратов на основе сырьевых композиций

Дмитрий Александрович Колесников¹, Сергей Николаевич Воякин²

^{1,2} Дальневосточный государственный аграрный университет, Амурская область, Благовещенск, Россия

¹ kda1977savitinsk@mail.ru, ² vsnl77@yandex.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований технологического процесса получения заменителя цельного молока и концентратов на основе сырьевых композиций, имеющихся в Амурской области. Результаты исследований позволят обеспечить полноценное кормление животных и при этом снизить затраты на кормление. Этого можно достичь за счёт увеличения в рационе животных местного сырья, богатого протеином, минеральными веществами и кальцием. В качестве источников протеина может быть использовано соевое зерно, источников минеральных веществ – ламинария (морская капуста) и хвоя, а в качестве источника кальция – мел и яичная скорлупа. Использование сои в качестве одного из компонентов при кормлении животных объясняется тем, что в ней содержится множество других компонентов, необходимых для полноценного кормления животных, и её производство в Амурской области составляет свыше 40 % от общего объёма производства по РФ. В настоящее время существенное значение приобретает изыскание новых способов и технических средств, которые обеспечили бы извлечение белковых и других питательных веществ из семян сои с необходимостью получения так называемого «соевого молока», с целью дальнейшего его использования в качестве заменителя цельного молока для кормления молодняка животных. При этом необходимо отметить, что использование «соевого молока» в качестве альтернативы цельному молоку при кормлении молодняка животных в настоящее время является доказанным фактом. Однако, как показал проведённый анализ, используемые в настоящее время технические средства, как периодического, так и непрерывного действия не отвечают современным требованиям по энергоёмкости, металлоёмкости, а в отдельных случаях и по качеству получаемых продуктов. Поэтому, вопрос создания технологической линии с целью извлечения белковых и других питательных веществ, содержащихся в сое, в условиях Амурской области является актуальным.

Ключевые слова: соевое молоко, питательные вещества, процесс кормления, молодняк сельскохозяйственных животных, сырьевые композиции, технологическая линия

Для цитирования: Колесников Д. А., Воякин С. Н. Получение заменителя цельного молока и концентратов на основе сырьевых композиций // Дальневосточный аграрный вестник. 2022. Вып. 1 (61). С. 127–133. doi: 10.24412/1999-6837-2022-1-127-133.

Obtaining a whole milk substitute and concentrates based on raw compositions

Dmitriy A. Kolesnikov¹, Sergey N. Voyakin²

^{1,2} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

¹ kda1977savitinsk@mail.ru, ² vsnl77@yandex.ru

Abstract. This article presents the results of studies on the technological process of a whole milk substitute and concentrates based on raw compositions available in the Amur Region. The results of the research will make it possible to provide full-fledged feeding of animals and at the same time reduce the cost of feeding them. This can be achieved by increasing the diet of animals with local raw materials rich in protein, minerals and calcium. As a source rich in protein content,

soy grain can be used; as sources of minerals – kelp (seaweed) and needles; and as sources of calcium – chalk and eggshells. The use of soy as one of the components in animal feeding is explained by the fact that it contains many other components necessary for full-fledged animal feeding, and its production in the Amur region accounts for over 40 % of the total production in the Russian Federation. At present, it is of great importance to find new methods and technical means that would ensure the extraction of protein and other nutrients from soybean seeds in order to obtain the so-called "soy milk", for its further use as a substitute for whole milk for young animals feeding. At the same time, it should be noted that the use of "soy milk" as an alternative to whole milk when feeding young animals is currently a proven fact. However, as the analysis has showed, the currently used technical means, both intermittent and continuous, do not meet modern requirements for energy consumption, metal consumption, and in some cases, the quality of the products obtained. Therefore, the issue of creating a technological line for the purpose of extracting protein and other nutrients contained in soybeans in the conditions of the Amur Region is still relevant.

Keywords: soy milk, nutrients, feeding process, young farm animals, raw compositions, production line

For citation: Kolesnikov D. A., Voyakin S. N. Poluchenie zamenitelya cel'nogo moloka i koncentratov na osnove syr'evykh kompozicij [Obtaining a whole milk substitute and concentrates based on raw compositions]. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik. – Far Eastern Agrarian Herald*, 2022; 1 (61): 127–133. (in Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2022-1-127-133.

Введение. Получение продуктов на основе соево-зерновых и соево-растительных композиций с использованием традиционных технологических подходов не позволяет в полной мере и с высокой эффективностью выполнять процессы трансформации данного сырья в кормовые продукты, используемые при кормлении животных [1].

В этой связи требуется изменение принципиальной схемы технологического и технического воздействия на исходную сырьевую систему, представленную разнородным композиционным составом и резко отличающимися свойствами. Так, использование для получения «соевого молока» моносоевого исходного сырья в виде семян сои, соевой муки или соевого шрота посредством отдельных машин периодического или непрерывного действия не позволяет иметь законченные и в технологическом, и в техническом плане инженерные решения.

Таким образом, выявленное в результате проведённого анализа противоречие между желанием производителя продукции иметь высокоэффективные по техническим параметрам кормовые продукты и технико-экономическими возможностями

существующих технических средств порождает научную проблему, на решение которой направлена данная работа.

В этой связи, повышение эффективности функционирования технологической системы получения соево-растительного заменителя цельного молока путём разработки нового способа и обоснования параметров устройства для его осуществления является актуальной проблемой региона.

Цель работы состоит в обосновании параметров дезинтегрирующе-экстракционного узла, используемого в технологии получения «соевого молока», которое применяется при кормлении молодняка сельскохозяйственных животных.

Условия и методы исследования. В ходе проведения исследований использовались общеизвестные аналитические методы математического моделирования и планирования многофакторного эксперимента, методы теории вероятностей и математической статистики. Применение обозначенных методов даёт возможность всесторонне и объективно оценить получаемые зависимости и достоверно установить существующие взаимосвязи,

характеризующие процесс измельчения сырьевого продукта с использованием семян сои для извлечения питательных веществ.

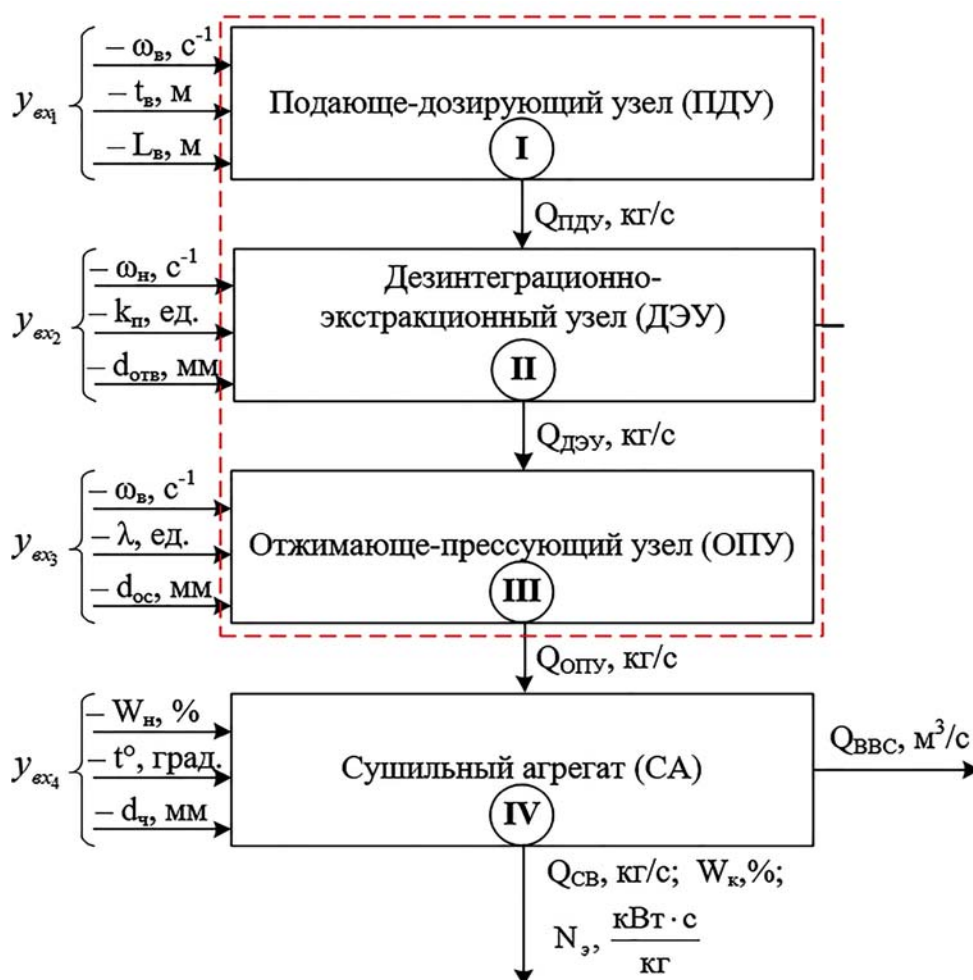
На принятой основе обоснованы рациональные значения параметров дезинтегрирующе-экстракционного узла, используемого в технологии получения «соевого молока», которое используется в питании молодняка сельскохозяйственных животных с применением местного сырья.

При этом обработка полученных данных выполнялась методами статистического анализа на персональном компьютере с применением программ *KPS* и *Statistika-7*.

Результаты исследований. В ранее опубликованной работе [1], была предложена структурно-функциональная схема по приготовлению «соевого молока», и подробно рассмотрена работа подающе-дозировующего узла (рис. 1).

Согласно разработанной структурно-функциональной схеме по получению «соевого молока» с использованием местного сырья (рис. 1), вторым его функциональным узлом является дезинтегрирующе-экстракционный узел (ДЭУ).

В силу своей функциональной принадлежности этот узел выполняет измельчение поступающей массы исходного сырья на основе замоченного соевого зерна, в результате чего из измельчённой массы



ω_v – угловая скорость винта, c^{-1} ; t_v – шаг винта, м; L_v – длина винта, м;
 k_n – коэффициент «живого сечения» фильтрующего конического корпуса, ед.;
 $d_{отв}$ – диаметр отверстия решётки решёточно-ножевого аппарата, мм; λ – степень измельчения, ед.;
 $d_{ос}$ – диаметр отверстия сопла, мм; W_n – начальная влажность нерастворимого остатка, %;
 $t^{°C}$ – температура сушки, $°C$; $d_{ч}$ – характерный размер частиц нерастворимого остатка, мм

Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема по получению «соевого молока» с использованием местного сырья

водным потоком извлекаются питательные вещества.

Вполне очевидно, что эффективность извлечения питательных веществ (C) зависит от степени измельчения (λ), параметра (k_n), диаметра отверстий решётки решёточно-ножевого аппарата ($d_{оме}$), а также угловой скорости винта (ω).

Концентрация извлечённых питательных веществ (в граммах на 100 грамм) существенно зависит от параметра λ , который определяется по формуле (1):

$$\lambda = \frac{D_{ук}}{d_ч} \quad (1)$$

где $D_{ук}$ – размер ребра условно эквивалентного исходного куба;
 $d_ч$ – размер ребра условно эквивалентного исходного кубика

В то же время существует зависимость, характеризующая эффективность изменения питательных веществ, определяемая выражением (2):

$$C_i = C_0 \cdot e^{-K \cdot d_ч} \quad (2)$$

где K – коэффициент, характеризующий процесс извлечения питательных веществ.

С учётом формул (1) и (2), после небольших преобразований, получим уравнение для определения степени измельчения (3):

$$\lambda = \frac{D_{ук} \cdot K}{\ln\left(\frac{C}{C_0}\right)} \quad (3)$$

На основании проведённых теоретических исследований, с учётом выражения (3), нами получена зависимость (4), позволяющая определить пропускную способность дезинтегрирующе-экстракционного узла в зависимости от конструктивно-технологических параметров:

$$Q_{дэу} = \frac{[\pi \cdot (R_p^2 - r_p^2) - l_n \cdot v_n \cdot h_n \cdot z_n] \cdot \rho_c}{\left[\frac{D_{ук} \cdot K}{\ln(C/C_0)}\right]^{1/\alpha} - 1} \quad (4)$$

где R_p – внешний радиус решёточно-ножевого аппарата, мм;

r_p – внутренний радиус решёточно-ножевого аппарата, мм;
 l_n – длина ножа, м;
 e_n – толщина ножа, мм;
 h_n – толщина решётки, мм;
 z_n – количество перьев ножа, шт.;
 ρ_c – плотность продукта в зоне сопряжения, г/см³.

Учитывая полученную зависимость степени измельчения (3), и с учётом формулы профессора С. В. Мельникова [2, 3] имеем выражение (5):

$$N_{изм(э)} = A_{изм}/t_{и} = C_{изм} \cdot \left\{ \left[\frac{D_{ук} \cdot K}{\ln(C/C_0)} \right] - 1 \right\} \div \left\{ \left[\frac{D_{ук} \cdot K}{\ln(C/C_0)} \right]^{1/\alpha} - 1 \right\} \quad (5)$$

где $t_{и}$ – время измельчения, час;
 $A_{изм}$ – работа, затрачиваемая на измельчение продукта, кДж;
 $C_{изм}$ – эмпирический коэффициент, характеризующий свойства продуктов.

В результате проведённых исследований были определены области экстремальных значений факторов α_1 , α_2 и α_3 предлагаемого устройства, которыми соответственно явились угловая скорость винта, толщина решётки, диаметр отверстий решётки.

В таблице 1 приведены области экстремальных значений данных факторов, при которых $\gamma_{3,5}$ стремится к оптимальному значению.

За критерий оптимизации по обоснованию параметров дезинтегрирующе-экстракционного узла приняты степень измельчения исходного сырья (γ_3), степень извлечения (концентрация) питательных (сухих) веществ из исходного сырья в виде композиций (γ_4) и энергоёмкость рабочего процесса узла (γ_5).

На основе этих данных проведена графическая интерпретация полученных зависимостей в виде поверхностей и их сечений. Соответствующие данные представлены на рисунках 2–4.

Для получения предлагаемого корма предложена следующая конструктивно-технологическая схема, представленная на рисунке 5.

Таблица 1 – Области экстремальных значений

Критерий	$\alpha_1/\omega_0, c^{-1}$	$\alpha_2/h, мм$	$\alpha_3/d_0, мм$	$\gamma_{3-5}/\lambda, K, N_{э2}$ единиц, процентов, кВт·с/кг
$\gamma_3 \rightarrow opt$	0,0/16,0	0,0/3,0	0,0/4,0	9,67/9,80
$\gamma_4 \rightarrow max$	0,0/17,0	0,19/3,0	0,0/4,0	12,60/12,60
$\gamma_5 \rightarrow min$	0,0/16,0	0,37/4,0	0,06/3,0	12,06/12,07

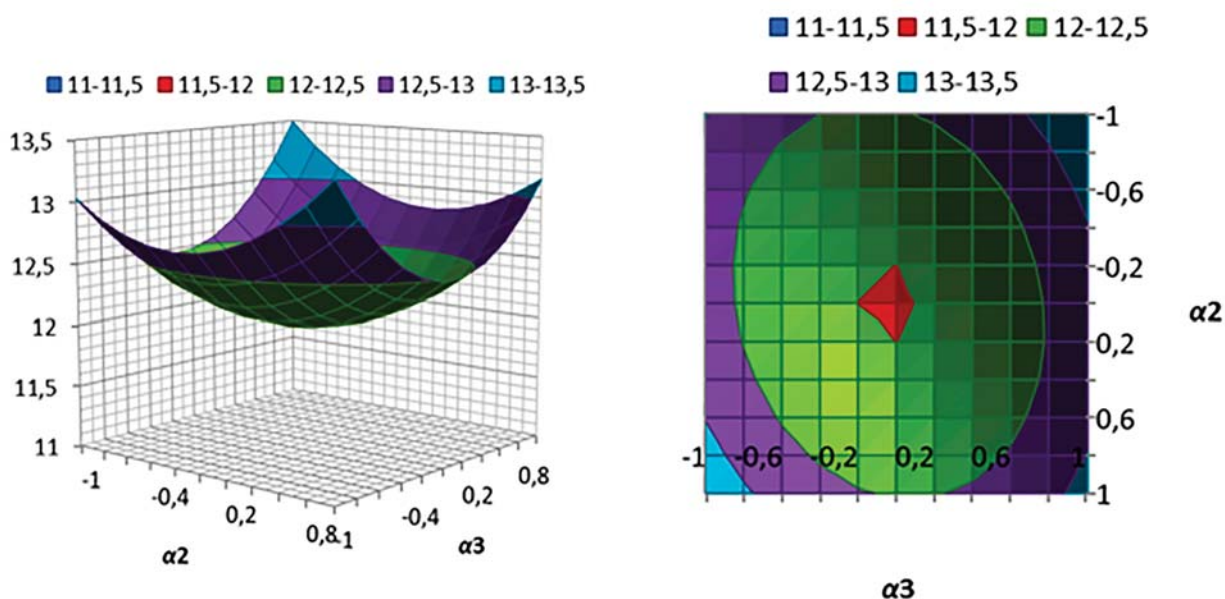


Рисунок 2 – Поверхность отклика $\gamma_5 = f(\alpha_1 = 0; \alpha_2; \alpha_3) \rightarrow min$ и ее сечения

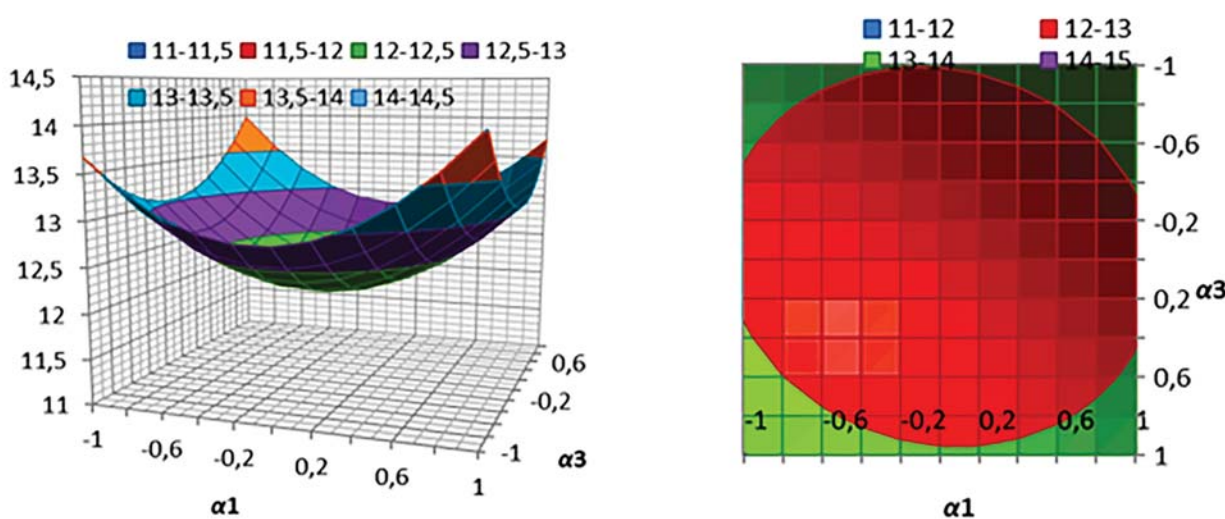


Рисунок 3 – Поверхность отклика $\gamma_5 = f(\alpha_1; \alpha_2 = 0,37; \alpha_3) \rightarrow min$ и ее сечения

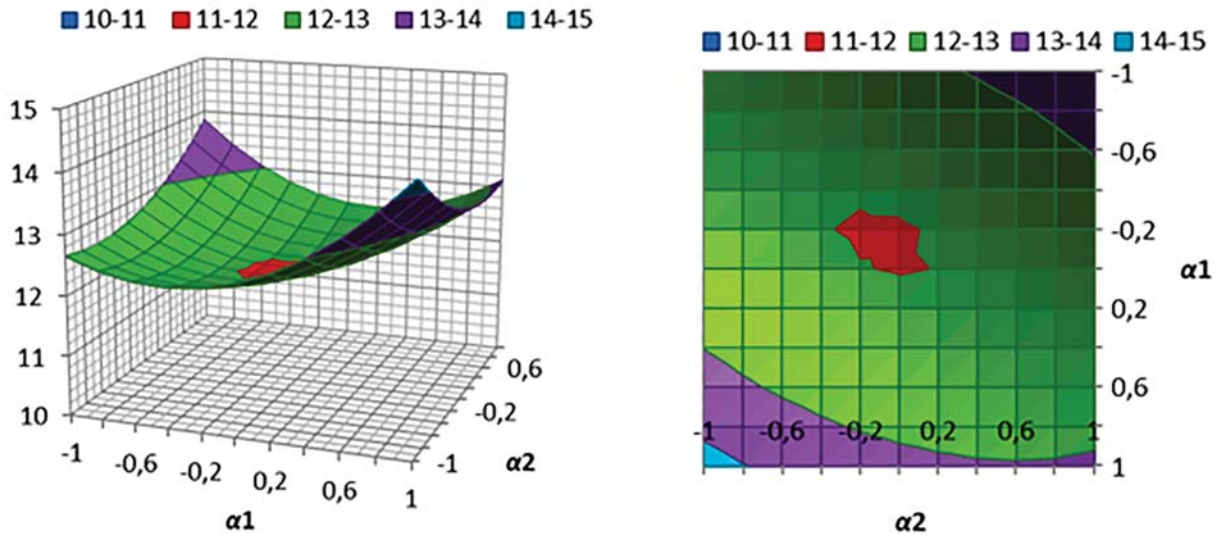


Рисунок 4 – Поверхность отклика $\gamma_5 = f(\alpha_1; \alpha_2; \alpha_3 = 0,06) \rightarrow \min$ и ее сечения

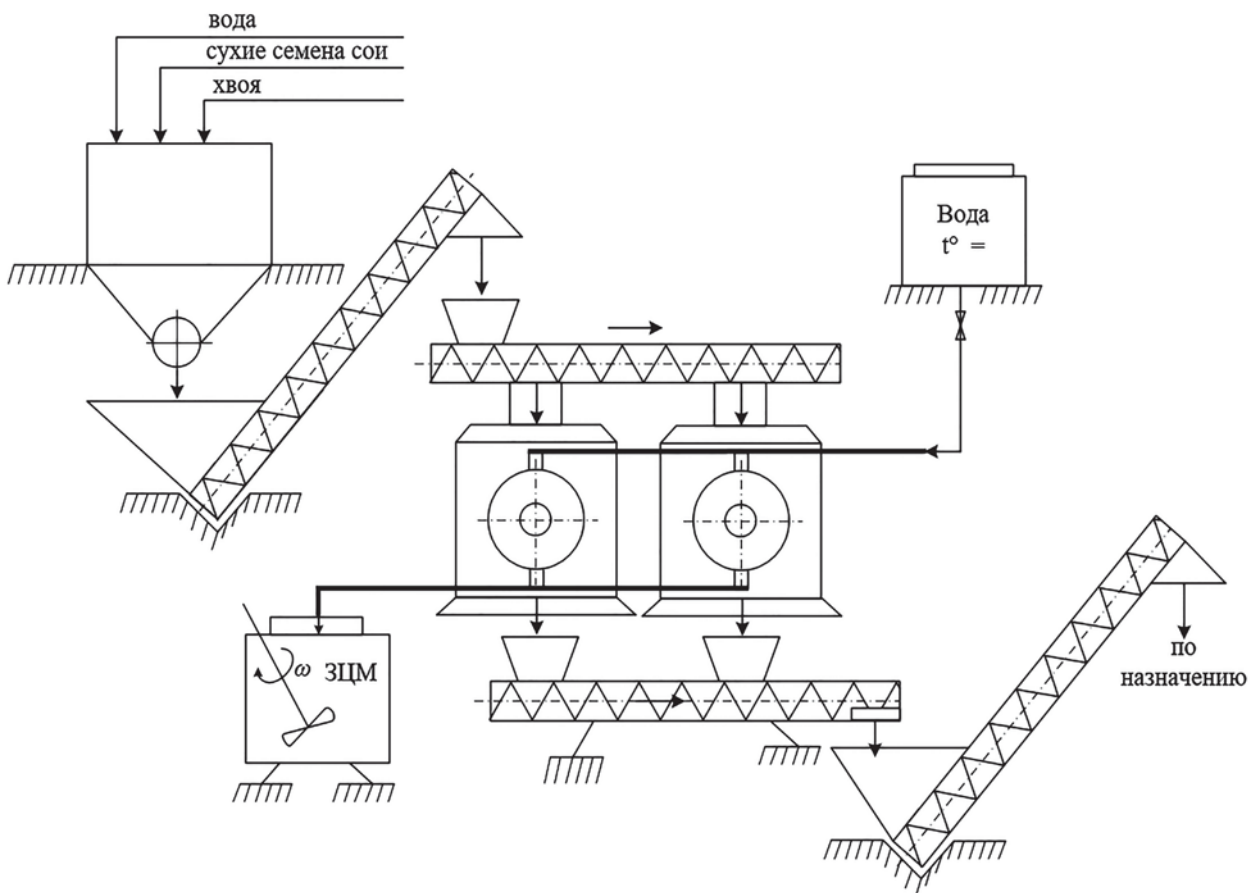


Рисунок 5 – Конструктивно-технологическая схема линии по производству заменителя цельного молока и концентрированных коромов (60 кг/ч); по производству заменителя цельного молока (600 кг/ч)

Заключение. В результате проведённых исследований предложена схема получения кормового продукта для кормления молодняка сельскохозяйственных животных и определены оптимальные параметры дезинтегрирующе-экстракционного узла:

1) угловая скорость винта (ω) равна 17 с^{-1} ;

2) толщина решетки (h) составит от 3,0 до 4,0 мм;

3) диаметр отверстия решетки (d_o) должен находиться в пределах 3,0–4,0 мм.

При данных значениях параметров получены следующие результаты: степень измельчения (λ) равна 9,67–9,80 ед.; энергоёмкость составит 12,06–12,07 кВт·с/кг.

Список источников

1. Воякин С. Н. Научное обоснование и разработка технологий и технических средств приготовления гранулированных кормов для сельскохозяйственной птицы : автореф. дис. ... докт. техн. наук. Благовещенск, 2020. 40 с.

2. Мельников С. В. Технологическое оборудование животноводческих ферм и комплексов. Ленинград : Агропромиздат, 1985. 640 с.

3. Мельников С. В., Алешкин В. Р., Роцин П. М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Ленинград : Колос, 1980. 168 с.

References

1. Voyakin S. N. Nauchnoe obosnovanie i razrabotka tekhnologiy i tekhnicheskikh sredstv prigotovleniya granulirovannykh kormov dlya sel'skokhozyaystvennoy ptitsy [Scientific substantiation and development of technologies and technical means for the preparation of granular feed for poultry]. *Extended abstract of doctor's thesis*. Blagoveshchensk, 2020, 40 p. (in Russ.).

2. Mel'nikov S. V. *Tekhnologicheskoe oborudovanie zhivotnovodcheskikh ferm i kompleksov* [Technological equipment for livestock farms and complexes], Leningrad, Agropromizdat, 1985, 640 p. (in Russ.).

3. Mel'nikov S. V., Aleshkin V. R., Roshchin P. M. *Planirovanie eksperimenta v issledovaniyakh sel'skokhozyaystvennykh protsessov* [Designing an experiment in agricultural process research], Leningrad, Kolos, 1980, 168 p. (in Russ.).

© Колесников Д. А., Воякин С. Н., 2022

Статья поступила в редакцию 15.12.2021; одобрена после рецензирования 17.01.2022; принята к публикации 15.02.2022.

The article was submitted 15.12.2021; approved after reviewing 17.01.2022; accepted for publication 15.02.2022.

Информация об авторах

Колесников Дмитрий Александрович, соискатель, Дальневосточный государственный аграрный университет, kda1977savitinsk@mail.ru;

Воякин Сергей Николаевич, доктор технических наук, доцент, декан электроэнергетического факультета, Дальневосточный государственный аграрный университет, vsni77@yandex.ru

Information about the authors

Dmitriy A. Kolesnikov, Degree-Seeking Student, Far Eastern State Agrarian University, kda1977savitinsk@mail.ru;

Sergey N. Voyakin, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Faculty of Electric Power, Far Eastern State Agrarian University, vsni77@yandex.ru