

УДК 636.085

UDC 636.085

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 СПОСОБА И ПАРАМЕТРОВ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ В ВИДЕ ЭКСТРАКТОВ И ДОБАВОК

Доценко Сергей Михайлович

д.т.н., профессор

email: dasdas919@mail.ru

Амурский государственный университет, Россия,
675005, Амурская область, г. Благовещенск,
Игнатьевское шоссе, 21

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

На основе анализа определено перспективное направление в получении продуктов с использованием семян сои. Предложена конструкция эффективного устройства для получения экстрактов на основе семян сои и корнеплодов. Получены теоретические зависимости по обоснованию параметров устройства. В производственных условиях реализован процесс получения кормовых продуктов и приведены результаты производственной проверки

Ключевые слова: СЕМЕНА СОИ, БЕЛОК, ЗАМЕНİТЕЛЬ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА, ДЕЗИНТЕГРАЦІЯ, ЭКСТРАКЦІЯ, УСТРОЙСТВО, ПАРАМЕТРЫ, СХЕМА, ЛІНІЯ, ЕНЕРГОЕМКОСТЬ, КАЧЕСТВО ПРОДУКТА

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-214-017>

Постановка проблемы

JUSTIFICATION OF THE METHOD AND PARAMETERS OF THE DEVICE FOR PRODUCING COMPOSITE SYSTEMS IN THE FORM OF EXTRACTS AND ADDITIVES

Dotsenko Sergey Mikhailovich

Dr.Sci.Tech., professor

email: dasdas919@mail.ru

Amur State University, Russia, 21 Ignatyevskoye Shosse, Blagoveshchensk, 675005, Russia

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, Politekhnicheskaya 86

Based on the analysis, a promising direction for producing products using soybean seeds was identified. The design of an effective device for producing extracts from soybean seeds and root crops was proposed. Theoretical relationships were derived to validate the device's parameters. The process for producing feed products was implemented under industrial conditions, and the results of a production test were presented

Keywords: SOYBEAN SEEDS, PROTEIN, WHOLE MILK REPLACEMENT, DISINTEGRATION, EXTRACTION, DEVICE, PARAMETERS, SCHEME, LINE, ENERGY CAPACITY, PRODUCT QUALITY

<http://ej.kubagro.ru/2025/10/pdf/17.pdf>

Многочисленными исследованиями установлена и доказана возможность и целесообразность использования соевых белковых продуктов, как в пищевых, так и в кормовых целях [1-3].

При этом, одним из способов извлечения белковых веществ из семян сои, является способ осуществления процессов одновременной дезинтеграции семян, в водной среде и экстракции из полученных частиц белковых и других питательных веществ в экстрагент – воду и др. Данный способ реализуется с помощью специальных устройств, основным недостатком, которых является относительно высокие энергоёмкость и металлоёмкость.

В этой связи, исследования, направленные на поиск наиболее эффективного способа и устройства, позволяющих снизить данные показатели, являются актуальными.

Цель исследований

Целью исследований является разработка способа и дезинтегрирующе-экстракционного устройства (ДЭУ) для получения белковых и белково-витаминных экстрактов с обоснованием их параметров.

Задачи исследования:

1. Разработать способ получения соево-морковного экстракта и рациональную конструкцию ДЭУ для его реализации.
2. Предложить технологическую и аппаратурную схемы линии по безотходному производству заменителя цельного (ЗЦМ) и кормовой добавки на основе соево-морковных композиций.
3. На основе полученных данных провести сравнительную оценку существующего и предложенного вариантов по приготовлению композиционных кормовых систем.

Материалы и методы исследований

В качестве объекта исследования принят технологический процесс получения композиционных систем в виде экстрактов и добавок на основе соево-морковных композиций посредством предложенных способа и дезинтеграционно-экстракционного устройства. Теоретические и экспериментальные исследования проводились известными (классическими) методами.

Производительность ДЭУ определялась путем отбора проб в единицу времени (кг/с), а затраты энергии, путем замера потребляемой мощности с помощью прибора ДТ830В.

Результаты исследования и обсуждение

На сегодняшний день известно, что семена сои являются богатым источником полноценного белка, использование которого является необходимым и целесообразным, особенно в композициях с витаминными и минеральными веществами.

При этом, разработано множество способов и конструкций устройств по извлечению соевых белков в жидкую среду, для конкретных и узко-технологических условий их применения [4-7].

Как правило, функционирование известных способов и устройств, для извлечения соевых белков в жидкую среду, с целью получения жидких белковых дисперсных систем, в виде заменителей цельного молока, а также сконцентрированного соевого белка с использованием указанных белковых дисперсных систем, основано на дезинтеграции семян сои и композиций на их основе в водной среде с помощью подвижного и неподвижного дисков, работающих по принципу истирания [7,8,].

Недостатком данного способа и такого типа устройств является относительно высокая энергоёмкость, обусловленная необходимостью взаимодействия центральной части диска с исходным сырьевым продуктом в рабочей зоне, где значения линейной скорости диска $\vartheta_{di} = \omega \cdot R_{di}$ существенно отличаются от значений максимальной скорости

$\vartheta_d = \max$, где ω – угловая скорость диска, а R_{di} – расстояние, соответствующее i -й точке диска, в которой происходит взаимодействие рифлей с измельчаемым зерном. Для данной схемы характерна также относительно низкая надёжность рабочего процесса, обусловленная возможностью забивания измельчённым продуктом технологического зазора в зоне выброса измельчённых частиц соевого зерна.

При этом, получаемый при производстве соевого молока продукт в виде жома, не используется эффективно ни в пищевой отрасли ни в кормовой. Связано это прежде всего с отсутствием специальных технологий.

Авторами предложен способ и устройство, которые позволяют с относительно меньшими затратами энергии осуществлять рабочий процесс, связанный с производством, так называемого, соевого «молока».

На рисунках 1-3 представлены: общий вид ДЭУ, разрез по А-А, а также схема к определению его параметров.

Согласно рисункам 1 и 2 устройство включает корпус - 1, в котором размещен ротор – 2, выполненный в виде перфорированной тарелки.

С внутренней стороны ротора – 2 установлен фильтрующий элемент – 3, а основание ротора – 2, изнутри, имеет рифлёную поверхность - 4.

Над рифлёной поверхностью основания - 4, выполненной кольцеобразной и размещённой соосно с ротором-тарелкой – 2, установлены водоподводящая трубка - 5 и конический элемент -6.

Конический элемент – 6 также соосно размещён с водоподводящей трубкой – 5, которая установлена с возможностью перемещения относительно вершины конического элемента – 6 с целью регулирования проходного сечения трубки – 5 с помощью механизма – 7.

Под кольцеобразной рифлёной поверхностью основания – 4, внутри патрубка – 9 размещены упоры – 8, ограничивающие перемещение соевого зерна, вместе с основанием – 4.

В верхней части корпуса – 1, над выходным отверстием для жома, установлен козырёк – 10.

Зазор между рифлённой поверхностью – 4 кольцевого диска и нижней гранью упоров – 8 регулируется с помощью гайки – 11. Привод устройства осуществляется посредством электродвигателя – 12.

Соосно-концентричным размещением водопроводящей трубы -5 и конического элемента – 6, обеспечивается наличие кольцеобразной рифлённой зоны – 4, шириной, равной $\Delta = R_{gmax} - R_{gmin}$, согласно рисунка 3.

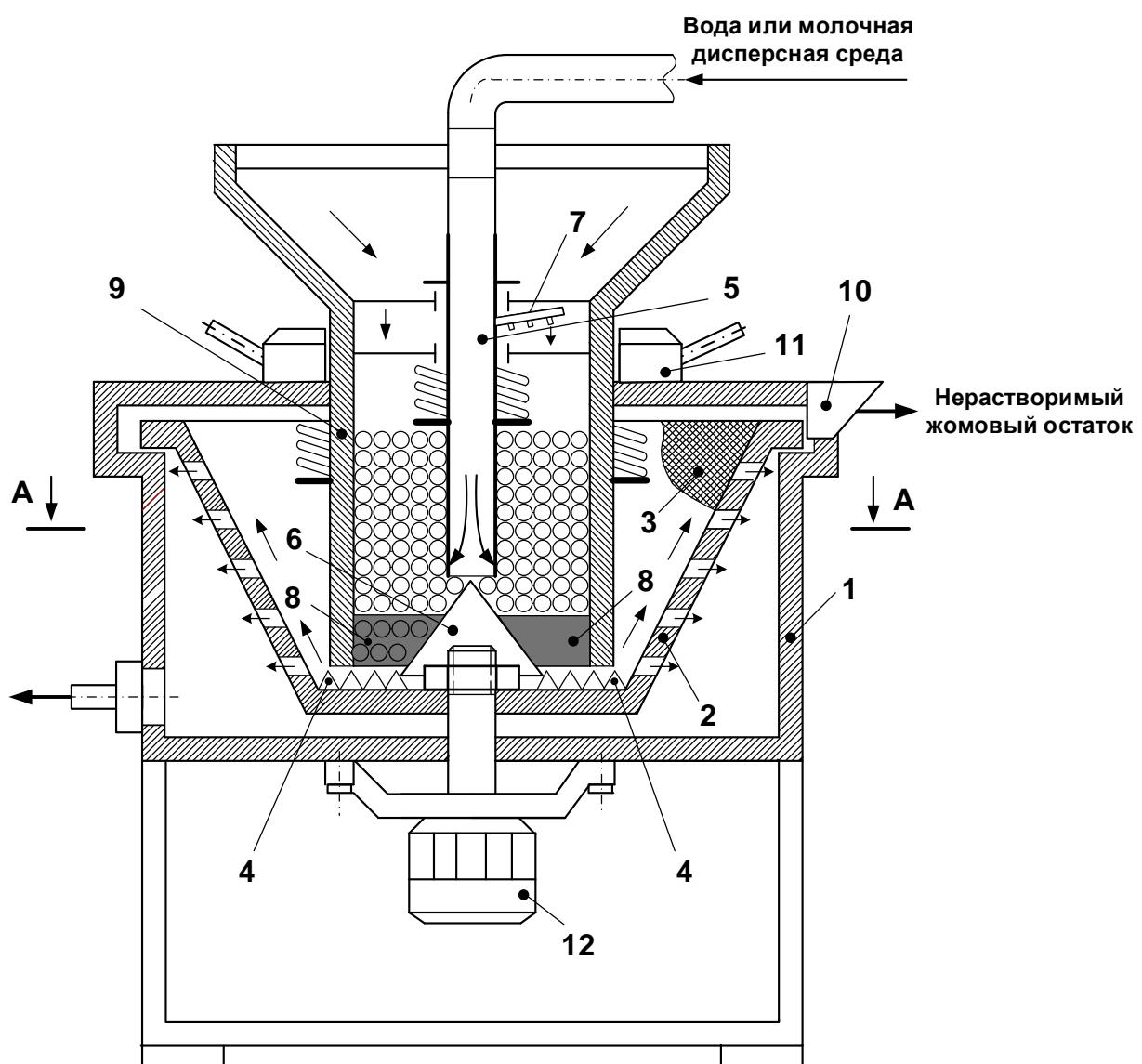


Рисунок 1 Общий вид дезинтегрирующе-экстракционного устройства
 (расшифровка позиций приведена в тексте)

Особенностью рабочего процесса, предложенного ДЭУ является то, что отсутствует давление со стороны продукта, находящегося внутри патрубка – 9 на центральную часть вращающегося ротора – 2.

Это достигается наличием конического элемента – 6, который воспринимает нагрузку от «столба» сырья, находящегося в патрубке – 9.

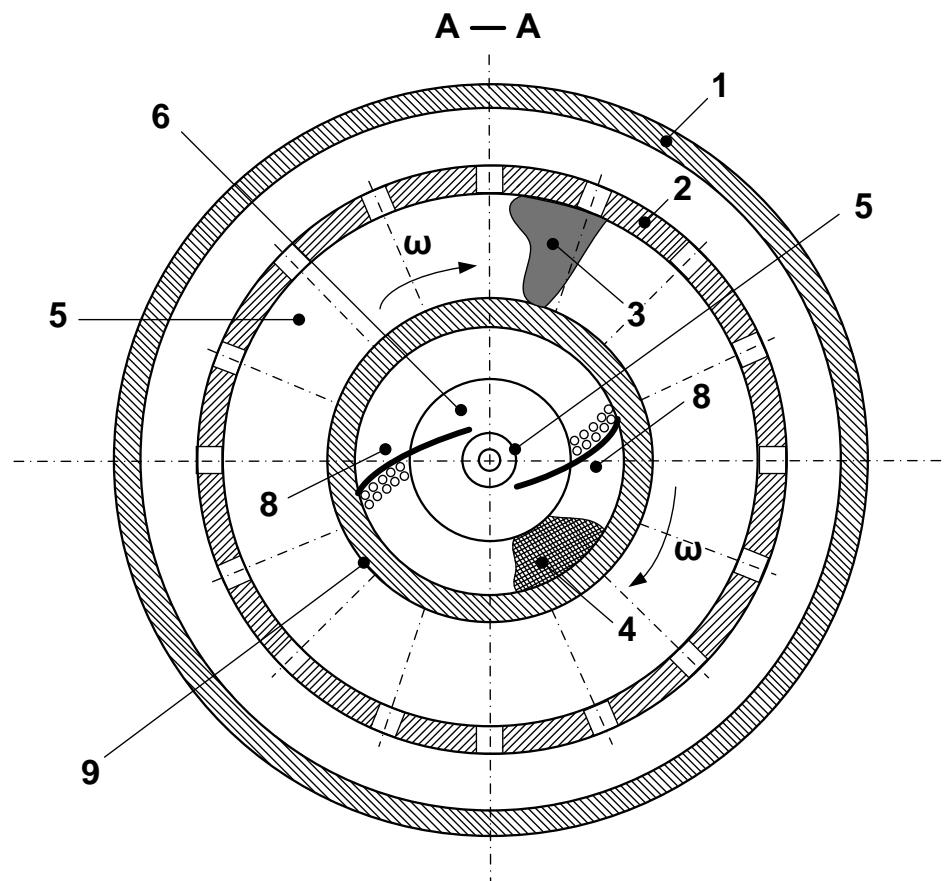


Рисунок 2 Дезинтегратор-экстрактор, разрез по А – А (рис.1)

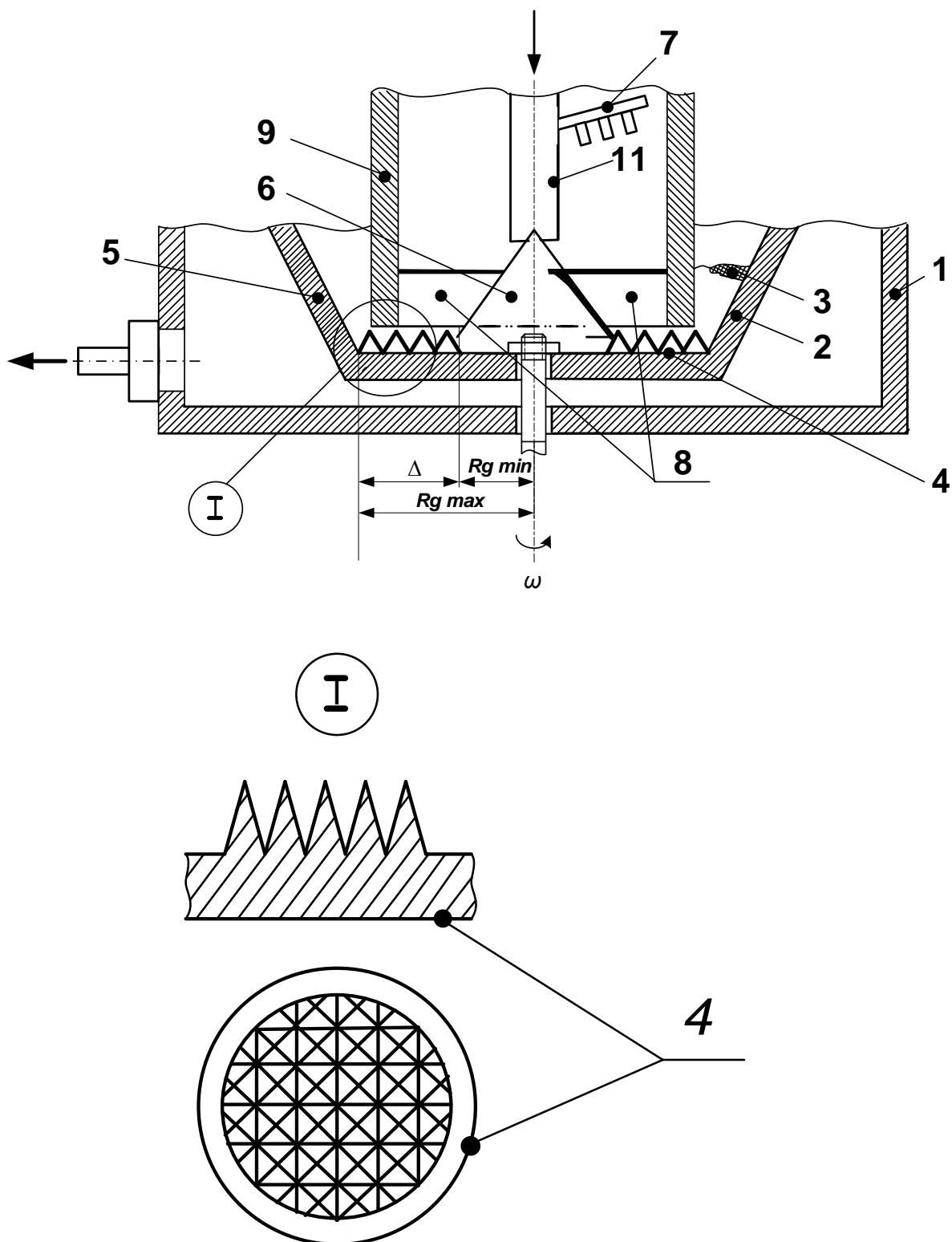


Рисунок 3 Схема к определению параметров ДЭУ

Данное конструктивное решение обеспечивает экономию не менее 30% затрат энергии. При этом, за счёт данного конструктивного

оформления обеспечивается интенсивное вымывание измельчённого продукта потоком воды, выходящим из водоподводящей трубы – 5 и равномерно распределённым по поверхности конического элемента – 6.

Разработанная конструкция ДЭУ была реализована на линии приготовления заменителя цельного молока (ЗЦМ) с получением твёрдой фракции в виде жома, согласно технологической (рисунок 4) и конструктивно-технологической (рисунок 5) схемам.

В качестве исходного сырья при реализации приведённых схем были приняты композиции: 1) «замоченное соевое зерно + измельчённая морковь» и 2) «замоченное соевое зерно + измельчённая тыква», при весовом соотношении компонентов, как 1:1.

В результате приведённой производственной проверки были получены продукты в виде соево-корнеплодных ЗЦМ, содержащих β – каротин, а также в виде белково-кальциевого гранулята (таблица 1).

При этом, в качестве базового варианта принят измельчитель FDM-Z100II – производства КНР с производительностью по замоченному соевому сырью, равному 30 кг/ч.

Показатели, по сравнительной оценке, базового и предложенного вариантов в таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Показатели	Значение показателей по вариантам	
		по базовому	по предложенному
		FDM-Z100II (КНР)	ДЭУ (предложенный)
1.	Производительность, кг/ч (по исходному сырью)	30,0	30,0
2.	Установленная мощность, кВт	1,2	0,85
3.	Энергоёмкость, $\frac{\text{кВт}\cdot\text{ч}}{\text{кг}}$.	0,04	0,028
4.	Вид получаемых продуктов с наличием: 1) β – каротина, мг/100 г; 2) кальция Са, мг/ 100 г.	1) Заменитель цельного молока; 2) Обработанная окара-жом 1) - ; 2) 1,8.	1) Заменитель цельного молока; 2) Обработанная окара-жом (гранулят) 1) 2,0; 2) 19,5.

Анализ приведённых в таблице 1 данных по энергоёмкости показывает, что предложенный вариант имеет на 43% энергоёмкость ниже, чем у базового варианта. При этом, полученные продукты в виде ЗЦМ, обогащённого β – каротином в количестве – 2,0 мг / 100 г и гранулированную белково-кальциевую кормовую добавку (БККД) с содержанием кальция в количестве 19,5 мг/100 г.

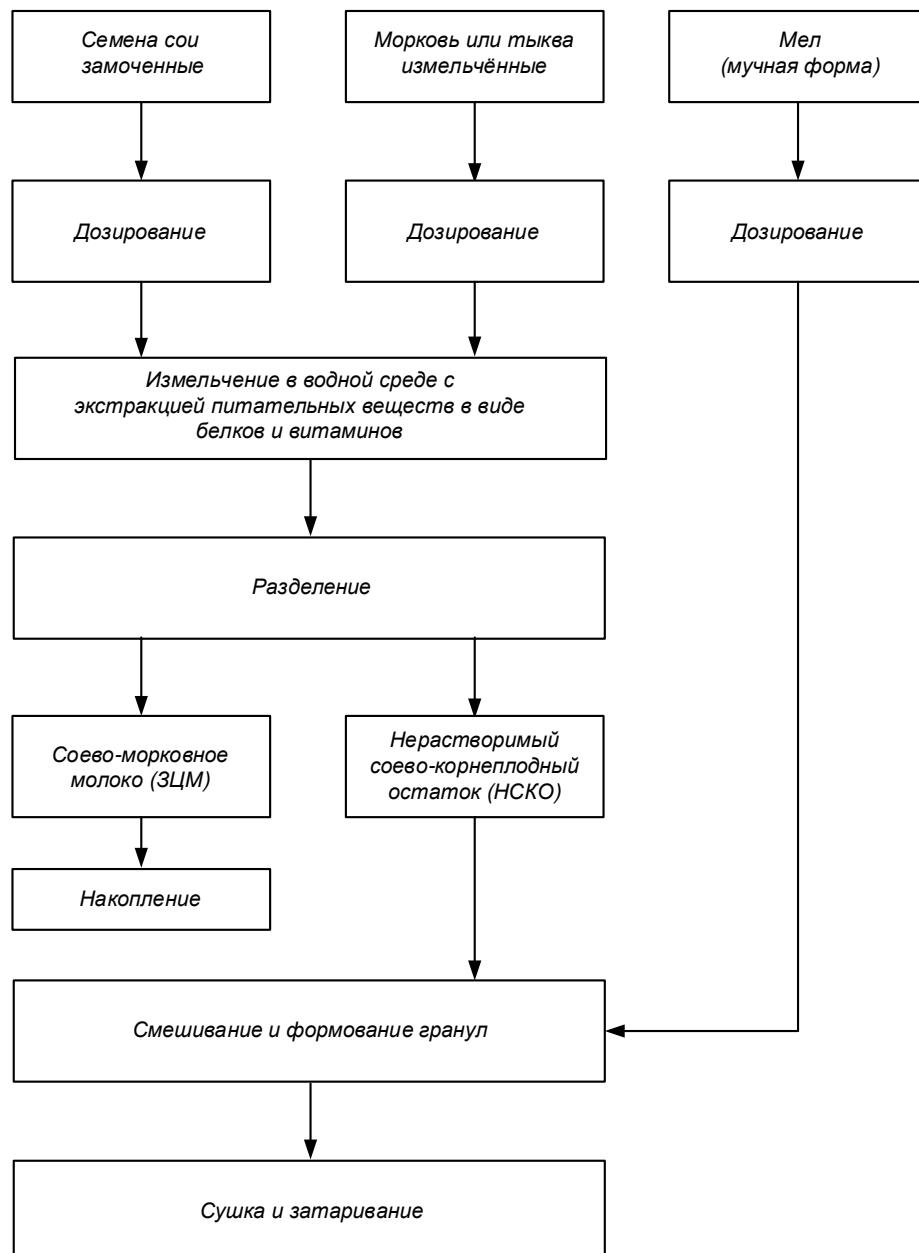


Рисунок 4 Принципиальная технологическая схема приготовления ЗМЦ и БККД на основе соево-морковной и жомово-кальциевой композиций

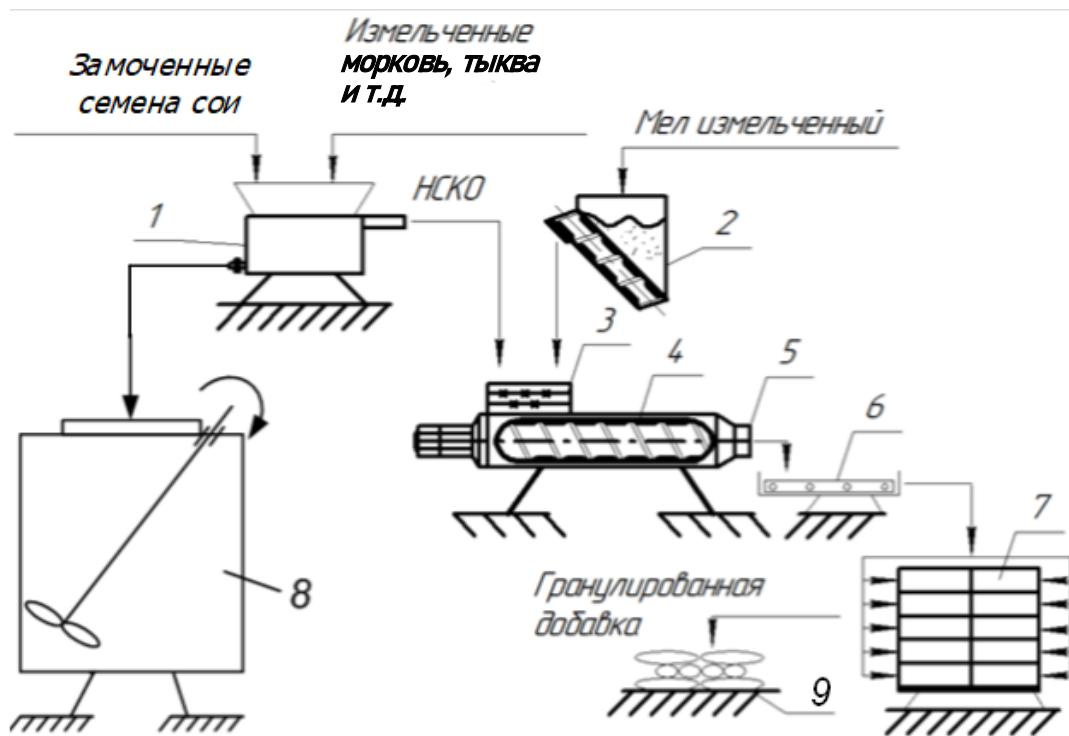


Рисунок 5 Конструктивно-технологическая схема производства заменителя цельного молока и белково-кальциевой добавки: 1 – ДЭУ; 2 – дозатор мела; 3 – бункер пресса; 5 – гранулятор; 6 - лоток; 7 – сушильный шкаф «ЭСПИС-4-Универсал»; 8 – ёмкость для ЗЦМ
В качестве дополнительного оценочного показателя принята относительная механическая эффективность

$$\vartheta_m = Q \cdot \lambda / N, \quad (1)$$

где Q – производительность устройства для производства белково-витаминного ЗЦМ, $\text{кг}/\text{с}$;

λ – степень измельчения соево-корнеплодной композиции, характеризующей выход белковых и витаминных веществ из исходных композиций, ед. ;

N – потребляемая мощность на измельчении сырья и отделении нерастворимого соево-корнеплодного жомового остатка, kВт .

Производительность ДЭУ – Q , кг/с, с учётом его конструктивных особенностей и степени измельчения – λ , определяется по формуле

$$Q = \frac{1,24 \cdot (4,19 \cdot r_{\text{ш}}^3)^{0,33} \cdot (R_{gmax}^2 - R_{gmin}^2) \cdot \rho \cdot k}{\ln(1/\lambda)}, \quad (2)$$

где $r_{\text{ш}}$ – радиальный размер измельчённых частиц, м;

R_{gmax} , R_{gmin} – параметры ДЭУ согласно рис.3, м;

ρ – плотность соево-корнеплодной пульпы, кг/м³;

k – электрический коэффициент с размерностью, с⁻¹.

С учётом начальных размеров соевого замоченного зерна в виде эквивалентного диаметра для эллипсоида с осями a и b имеем, что

$$D_3 = 1,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot a \cdot b^2}, \quad (3)$$

и, конечных,

$$r_{\text{ш}} = 1,24 \cdot \sqrt[3]{\frac{4}{3} \cdot \pi \cdot r_{\text{ш}}^3}, \quad (4)$$

для степени измельчения получаем,

$$\lambda \leq \frac{(1,33 \cdot \pi \cdot a \cdot b^2)^{0,33}}{(1,33 \cdot \pi \cdot r_{\text{ш}}^3)^{0,33}}, \quad (5)$$

С учётом неравенства (5) имеем, что

$$Q = \frac{3,9 \cdot \rho \cdot k \cdot (4,19 \cdot r_{\text{ш}}^3)^{0,33} \cdot (R_{dmax}^2 - R_{dmin}^2)}{\ln\left(\frac{(1,33 \cdot \pi \cdot r_{\text{ш}}^3)^{0,33}}{(1,33 \cdot \pi \cdot a \cdot b^2)^{0,33}}\right)}, \quad (6)$$

Расчёты, проведённое по зависимости (1) с учётом данных, приведённых в таблице 1 показывают, что показатель \mathcal{E}_M , соответственно по базовому и предложенному вариантам при $\lambda = 10$ ед. составляет:

$$\mathcal{E}_{MB} = \frac{30 \cdot 10}{1,2} = 250 \frac{\text{кг}}{\text{кВт}\cdot\text{ч}}, \quad (7)$$

$$\mathcal{E}_{MP} = \frac{30 \cdot 10}{0,85} = 353 \frac{\text{кг}}{\text{кВт}\cdot\text{ч}}, \quad (8)$$

Сравнительный анализ показывает, что предложенное ДЭУ производит продукцию на 41% больше из расчёта на один затраченный киловатт · час.

Заключение.

На основе принятых подходов разработан и предложен новый способ, позволяющий готовить соево-корнеплодный белково-витаминный ЗЦМ для молодняка сельскохозяйственных животных.

При этом, предложенное ДЭУ позволяет отделить получаемый жомовый остаток для последующей трансформации на его основе соево-кальциевого гранулята.

Предложенные технологическая и аппаратурная схемы производства ЗЦМ и БККД реализованы в результате производственной проверки.

На основе полученных теоретических и производственных данных произведена сравнительная оценка технико-экономической эффективности базового и предложенного вариантов.

Установлено, что предложенные инновационные технологические и технические решения позволяют получить белково-витаминный ЗЦМ и белково-кальциевую кормовую добавку при меньших затратах энергии и средств.

Список литературы

1. Толстогузов, В.Б. Новые формы белковой пищи/ В.Б. Толстогузов. - М.: Агропромиздат, 1987. - 303 с.
2. Гордезиани, В.С. Производство заменителей молока/ В.С. Гордезиани. – М.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
3. Доценко, С.М. Машины и оборудование для производства заменителей молока на основе соевого белка/ С.М. Доценко, В.В. Самуйло. - Благовещенск: Издательство ДальГАУ, 1996. - 200 с.
4. Вараксин, С.В. Механико-технологические основы повышения эффективности приготовления кормовых продуктов с использованием соево-зерновых композиций: монография / С.В. Вараксин, С.М. Доценко, С.А. Иванов [и др.]. - Благовещенск: Издательство ДальГАУ, 2014. - 294 с.
5. Патент РФ № 2663610. Агрегат для поточного приготовления заменителя цельного молока и комбикормов/ авторы С.М. Доценко, П.Н. Школьников и др. Опубл. в БИ №20 от 11.07.2017 .
6. Патент РФ № 2624947. Измельчитель влажных продуктов/ авторы С.М. Доценко, П.Н. Школьников и др. - Опубл. в БИ №20 от 11.07.2017 .
7. Аминов, М.С. Технологическое оборудование консервных и овощесушильных заводов/ М.С. Аминов, М.С. Мурадов, Э.М. Аминова. – М.: Колос, 1996. – 431 с.

References

1. Tolstoguzov, V.B. Novye formy belkovoi pishchi/ V.B. Tolstoguzov. - M.: Agropromizdat, 1987. - 303 s.
2. Gordeziani, V.S. Proizvodstvo zamenitelei moloka/ V.S. Gordeziani. – M.: Agropromizdat, 1990. – 272 s.
3. Dotsenko, S.M. Mashiny i oborudovanie dlya proizvodstva zamenitelei moloka na osnove soevogo belka/ S.M. Dotsenko, V.V. Samuilo. - Blagoveshchensk: Izdatel'stvo Dal'GAU, 1996. - 200 s.
4. Varaksin, S.V. Mekhaniko-tehnologicheskie osnovy povysheniya ehffektivnosti prigotovleniya kormovykh produktov s ispol'zovaniem soevo-zernovykh kompozitsii: monografiya / S.V. Varaksin, S.M. Dotsenko, S.A. Ivanov [i dr.]. - Blagoveshchensk: Izdatel'stvo Dal'GAU, 2014. - 294 s.
5. Patent RF № 2663610. Agregat dlya potochnogo prigotovleniya zamenitelya tsel'nogo moloka i kombikormov/ avtory S.M. Dotsenko, P.N. Shkol'nikov i dr. Opubl. v BI №20 ot 11.07.2017 .
6. Patent RF № 2624947. Izmel'chitel' vlazhnykh produktov/ avtory S.M. Dotsenko, P.N. Shkol'nikov i dr. - Opubl. v BI №20 ot 11.07.2017 .
7. Aminov, M.S. Tekhnologicheskoe oborudovanie konservnykh i ovoshchesushil'nykh zavodov/ M.S. Aminov, M.S. Muradov, EH.M. Aminova. – M.: Kolos, 1996. – 431 s.