

УДК 631.363 (075.8)

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕХНИЧЕСКИХ АСПЕКТОВ ПРОИЗВОДСТВА СОЕВО-ЗЕРНОВОГО ГРАНУЛЯТА

Доценко Сергей Михайлович

Д.т.н., профессор

РИНЦ SPIN-код:

email: dasdas919@mail.ru

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

Крючкова Людмила Геннадьевна
Кандидат технических наук, доцент

РИНЦ SPIN-код: 6301-5100

email: lyudmila0511@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

Вишневы Александр Николаевич

РИНЦ SPIN-код: 6301-5100

email: egorgoldin1708@mail.ru

Дальневосточный Государственный аграрный университет, Россия, 675005, Амурская область, г. Благовещенск, ул. Политехническая 86

На основе проведённого анализа разработан и предложен способ, особенностью которого является предварительное водонасыщение фуражного зерна в окаровой питательной среде. Это позволяет размягчить структуру зерновок и уменьшить энергозатраты на их разрушение в составе окарово-зерновой композиции. Сушка гранул, полученных на основе окаро-зерновой композиции, позволяет провести их термообработку при $t=110\text{ }^{\circ}\text{C}$ с целью одновременного разрушения уреазы. Приведён биохимический состав продукта, установлено, что энергоёмкость технологии в 2,2 раза ниже по сравнению с аналогом

Ключевые слова: ОКАРА, БЕЛКИ, ЖИРЫ, КОРМОВОЙ ПРОДУКТ, СХЕМА, КОНСТРУКЦИЯ, СОЕВО-ЗЕРНОВАЯ КОМПОЗИЦИЯ, ГРАНУЛЯТ, ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-220-009>

UDC 631.363 (075.8)

4.3.1. Technologies, machines and equipment for the agro-industrial complex

RATIONALE FOR TECHNOLOGICAL AND TECHNICAL FACETS IN SOY-GRAIN GRANULATE PRODUCTION

Dotsenko Sergey Mikhailovich

Dr.Sci.Tech., professor

RSCI SPIN-code:

email: dasdas919@mail.ru

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

Kryuchkova Lyudmila Gennadievna
Candidate of Technical Sciences, associate professor

RSCI SPIN-code: 6301-5100

email: lyudmila0511@mail.ru

Far Eastern State Agrarian University, Russia, 675005, Amur Region, Blagoveshchensk, Politekhnikeskaya 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

Based on the analysis conducted, a method has been developed and proposed, characterized by the preliminary hydro-saturation of fodder grain in an okara nutrient medium. This facilitates the softening of the grain structure and reduces energy expenditure for its disintegration within the okara-grain composite. The desiccation of granules derived from the okara-grain composite enables their thermal processing at $t=110\text{ }^{\circ}\text{C}$, with the objective of concurrently deactivating urease. The biochemical composition of the resultant product is presented, and it is established that the technology's energy intensity is 2.2 times lower compared to the analogous method

Keywords: OKARA, PROTEINS, LIPIDS, FEED PRODUCT, SCHEME, CONSTRUCTION, SOY-GRAIN COMPOSITION, GRANULATE, TECHNO-ECONOMIC EFFICIENCY

Введение. Рациональное использование сырьевых отходов для приготовления кормовых продуктов остаётся актуальной проблемой и в настоящее время.

В этой связи, большим потенциалом обладает отрасль, связанная с переработкой сои, направленной на производство продуктов питания [1, 2].

Так, при производстве соевого молока образуется значительное количество соевого жома, так называемой, окары. Она представляет собой измельчённую массу, состоящую в основном из клетчатки, остаточных белков, жиров, минеральных веществ и витаминов [1].

Её выход, после получения соевого молока, составляет 2,0-2,3 кг на один килограмм сухого соевого зерна со следующим составом: сухое вещество в среднем по сортам – 20%, в том числе белок – 13,0 %, жир – 3,5 % [2].

Расчёты показывают, что переработка соевого зерна при производстве соевого молока, равной 1000 кг/ч даёт количество окары равной 14000 кг/ в смену.

При этом, окара является скоропортящимся продуктом, который не подлежит длительному хранению.

В этой связи, исследования, направленные на решение проблемы использования окары актуальные.

Целью исследования является разработка энергосберегающей технологии производства высокобелкового кормового продукта с использованием окары.

Задачи исследований:

1. На основе анализа существующих технологий производства высокобелковых кормовых продуктов предложить менее энергоёмкий способ трансформации фуражного зерна в кормовой продукт;

2. Разработать и предложить товаропроизводительную принципиальную технологическую схему приготовления кормового

продукта в виде соево-зернового гранулята повышенной биологической ценности;

3. Разработать и предложить производителям аппаратурную схему линии приготовления кормового продукта повышенной биологической ценности на основе соево-зерновой композиции;

4. Дать технико-экономическую оценку предложенным технологическим и техническим решениям.

В настоящее время известны способ, технология и совокупность оборудования для получения кормового продукта, согласно которым азотосодержащий белковозамещающий компонент, в виде карбамида размещают в мелассе. Меласса является связующим компонентом с высоким содержанием сахара. Затем, данную композицию смешивают с комбикормом, а на её основе формируют гранулы с помощью грануляторов, содержащих кольцевую матрицу.

Недостатками данного способа являются относительно низкая питательная ценность готового продукта из-за наличия у него токсических свойств, обусловленных присутствием карбамида. Также, данный способ характеризуется относительно высокими затратами энергии. Связано это с необходимостью предварительного измельчения сухого фуражного зерна, влажностью 12-14%; которое имеет прочную структуру.

При этом, при приготовлении комбикормов на основе сухого фуражного зерна образуется мучная пыль, которая нарушает экологию помещения и окружающей среды [3].

В свою очередь наличие мучной пыли в помещении создаёт взрывоопасную среду.

Обеспечить значительное снижение затрат энергии на дробление и смешивание зерновых компонентов комбикорма, а также исключить образование мучной пыли позволяет способ при котором фуражное зерно,

при соотношении 1 : 1 по массе смешивается с окаррой и выдерживается в окарровой среде в течении часа [4].

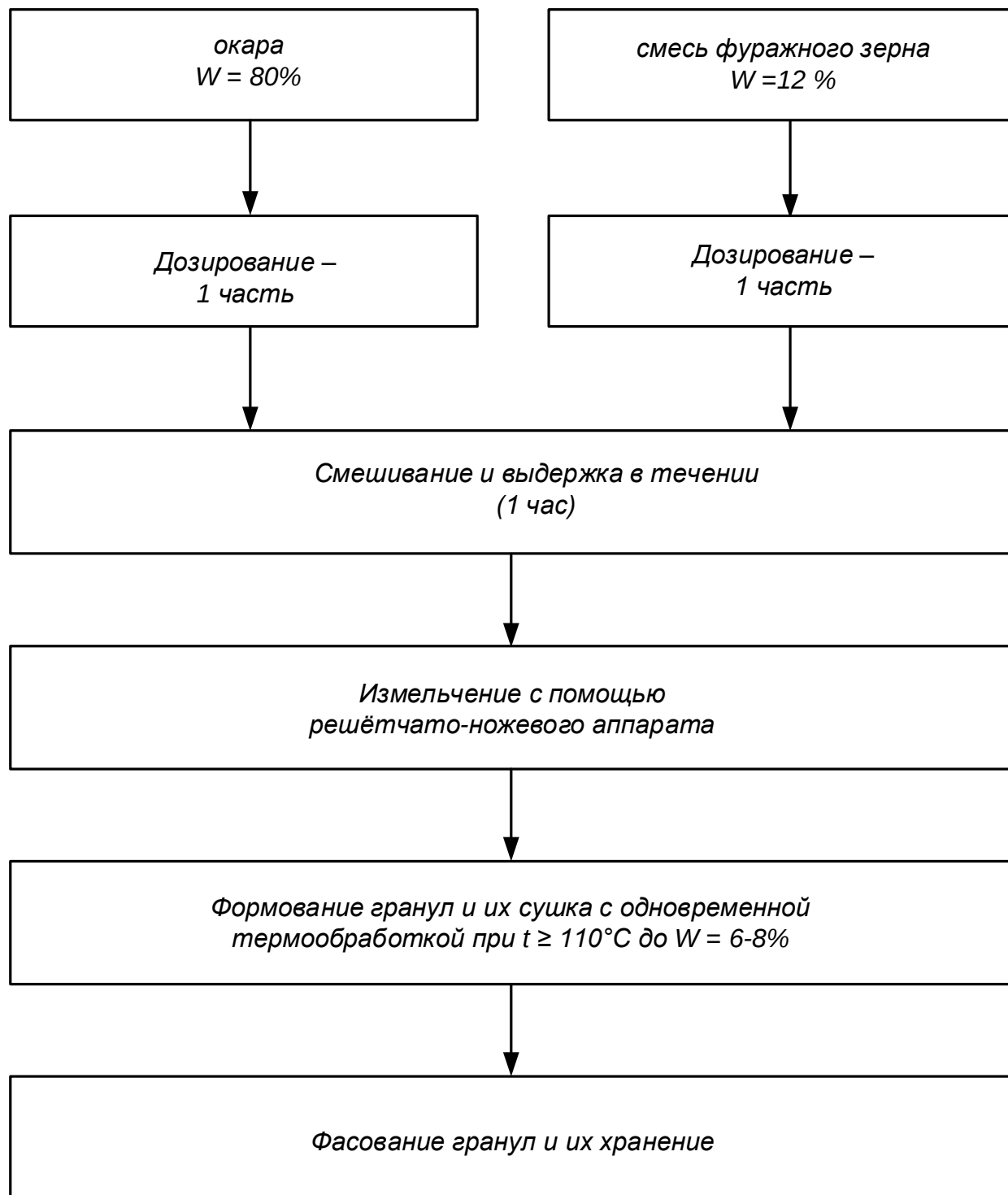


Рисунок 1- Принципиальная технологическая схема производства соево-зернового кормового продукта

При этом, за счёт диффузионного процесса происходит насыщение зерновок влагой, и их структура теряет сопротивление разрушению.

На рисунке 1 и 2 приведены схемы, характеризующие технологический процесс, а также совокупность оборудования для получения кормового продукта на основе соево-зерновой композиции.

В состав данной линии входит совокупность оборудования, позволяющее готовить кормовой продукт на основе соевой окары, имеющей исходную влажность в диапазоне 70-80% (20-30% сухих веществ) и дробленного фуражного зерна, влажностью 12-14%.

Полученная композиция на основе принятых компонентов с такой исходной влажностью, при весовом соотношении, равном 1:1 даёт влажность в диапазоне 42-46%.

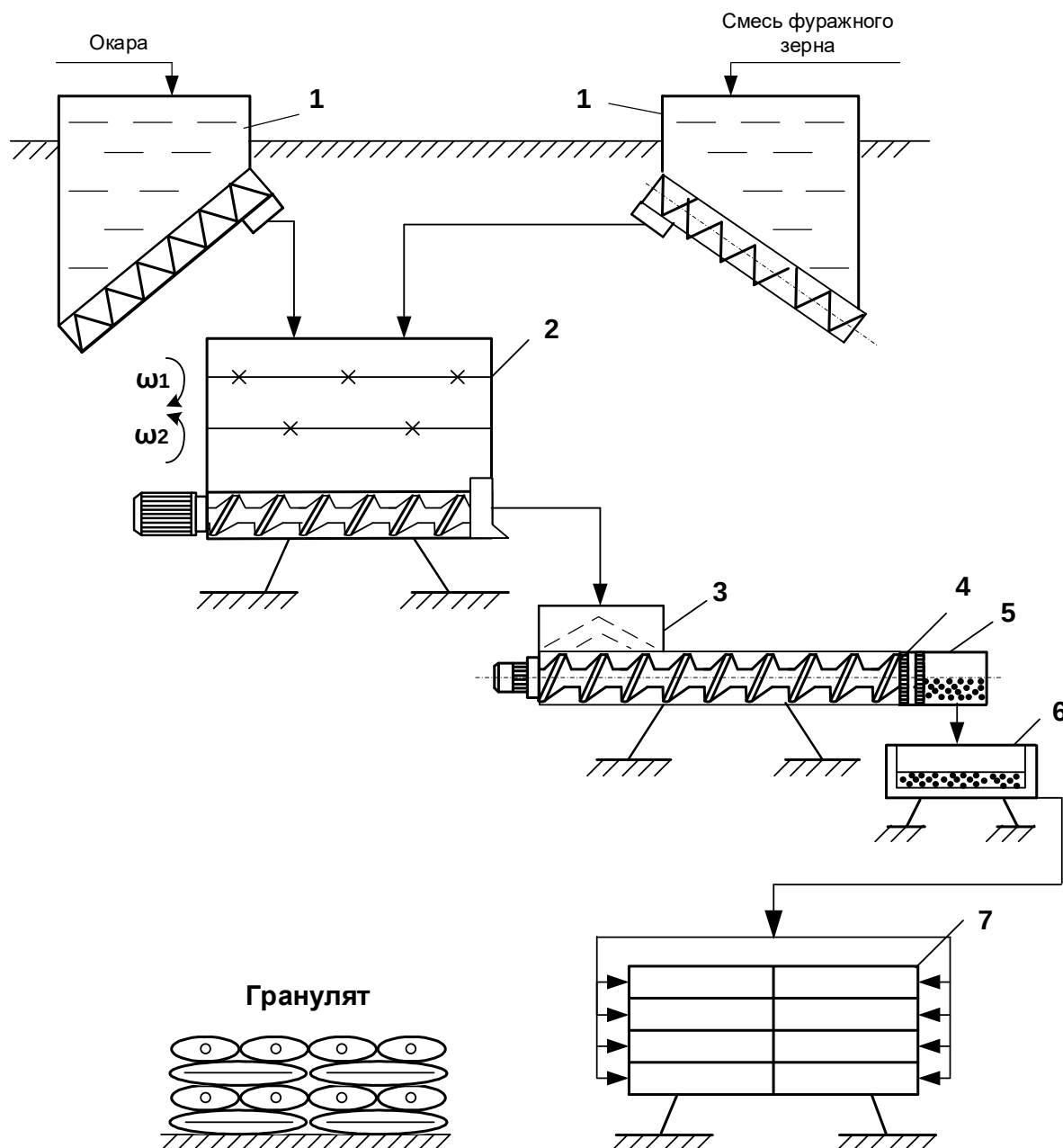
При такой влажности соево-зерновая композиция имеет низкое значение сопротивление разрушению, а полученная измельчённая тестообразная масса хорошо формуется в гранулы диаметром 2,0-6,0 мм.

Для придания таких свойств композиции фуражное зерно предварительно помещается в соевую окаровую среду (рисунок 2), где перемешивается и выдерживается в ёмкости смесителя – 2 в течение одного часа.

Данной экспозиции достаточно для реализации диффузионного процесса, который обеспечивает насыщение фуражного зерна в составе пшенично-ячменно-кукурузной смеси питательными веществами соевой окары на молекулярном уровне.

Согласно схеме (рисунок 1) из бункеров-дозаторов – 1 окара, средней влажностью 70-80%, полученная при производстве соевого молока и смесь фуражного зерна, влажностью 12% при соотношении 1 :1 по массе, подаются в смеситель – 2, где предварительно перемешиваются, а полученная смесь выдерживается в смесителе – 2 в течении одного часа. В процессе выдержки – замачивания, за счёт диффузии, часть влаги из

окары переходит в состав зерновок, представленных пшеницей, ячменем, кукурузой и т.д.



1 – накопительно-бункерно-дозировочные устройства; 2 – смешивающе-усредняющее устройство винтового типа; 3 – бункерное смешивающее устройство; 4 – измельчающий решётчато-ножевой механизм; 5 – гранулирующий механизм; 6 – сушильный лоток; 7 – шкаф «ЭСПИС-4-Универсал».

Рисунок 2 - Схема линии приготовления гранулированного кормового продукта на основе соево-пшенично-ячменево-кукурузной композиции

За счёт такого перехода влажность смеси усредняется до значений $W=40-41\%$, а структура зерновок размягчается, в результате чего снижается их сопротивление разрушению.

Далее, композиционная смесь, с наличием витамина Е естественной природы, подаётся в измельчитель-гранулятор (рисунок 3).

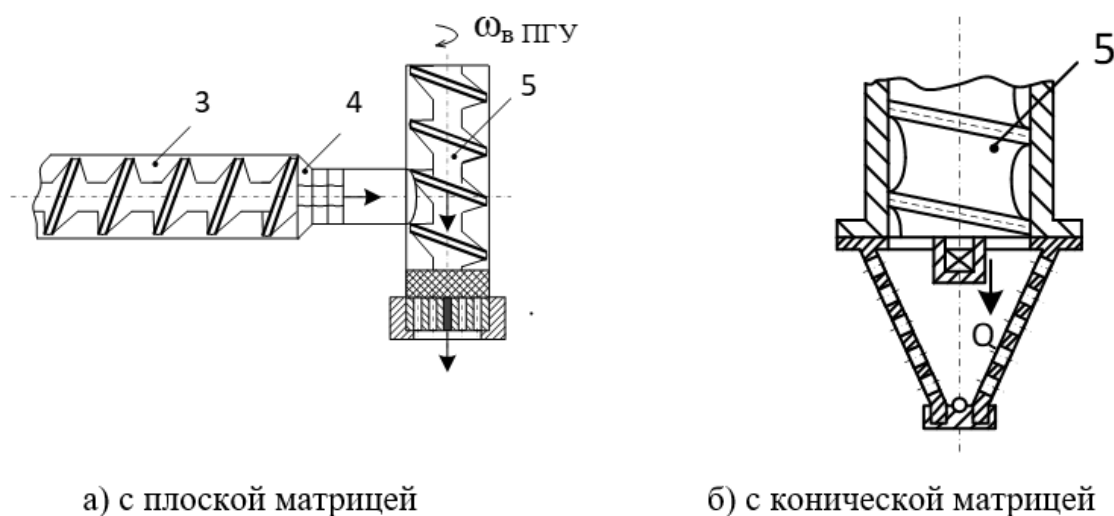


Рисунок 3 - Конструктивно-технологическая схема
измельчителя-гранулятора

Измельчённая и дополнительно тщательно перемешанная масса, с помощью решётчато-ножевого аппарата – 4 (по типу мясорубки), подаётся к гранулирующей матрице – 5.

Сформованные гранулы накапливаются в лотке – 6, который затем помещается в камеру сушильного шкафа – 7.

Гранулы сушат до содержания влаги $W = 6-8\%$, при температуре 110°C , при которой происходит термообработка соевого компонента с разрушением уреазы до требуемого значения $\text{pH} = 0,1$ ед.

В таблице приведён биохимический состав полученного продукта по предложенному способу, который признан изобретением и на него выдан патент [4].

В результате проведённых расчётов, в рамках определения технико-экономической эффективности установлено, что по сравнению с аналогом (комплект оборудования ДГ-1) снижение энергоёмкости составляет в 2,2 раза при диаметре гранул, равном 2,0 мм.

- Для ДГ-1 имеем, что:

$$\mathcal{E}_a = \frac{78,0 \text{ кВт}}{950 \text{ кг/ч}} = 0,082 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{кг}};$$

- Для предложенного варианта:

$$\mathcal{E}_n = \frac{13,0 \text{ кВт}}{350 \text{ кг/ч}} = 0,037 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{кг}};$$

Таблица. Биохимический состав сырья и полученного продукта

№ п/п	Продукт и сырьё	Вода, %	Белок, %	Жир, %	Витамин Е, мг/100 г	Железо (Fe), мг
1.	Окара	80,0	3,2	1,7	1,0	1,3
2.	Зерновая смесь	12,0	11,0	0,5	-	-
3.	Соево-зерновой гранулят	7,0	12,0	1,9	2,0	3,4

Выводы: на основе проведённого анализа разработан инновационный способ, позволяющий снизить затраты на получение кормового продукта путём предварительного водонасыщения фуражного зерна в окарной среде влажностью в пределах 80%. Выполнение данной операции позволяет размягчить структуру фуражного зерна и тем самым снизить затраты энергии на разрушение зерновок с помощью решётчато-ножевого аппарата.

В тоже время, высушивание предварительно сформованных соево-зерновых гранул при температуре $t = 110^{\circ}\text{C}$ позволяет разрушить антипитательные вещества соевого компонента и получить гранулят при существенно меньших затратах труда и средств.

Разработаны и предложены производству технические и технологические решения в виде схем и конструкции устройства для гранулирования, защищенные патентом на изобретение.

Определён биохимический состав соево-зернового гранулята, который имеет повышенную биологическую ценность.

Установлено, что по показателю энергоёмкости предложенный вариант в 2,2 раза менее энергозатратный.

Список использованной литературы

1. Толстогузов В.Б. Новые формы белковой пищи. – М.: ВО, Агропромиздат, 1987 – 303 с.
2. Лусас Э.В. Производство и использование соевых белков / Э.В. Лусас, Ки Чун Ри. М. «Колос». - 1990 – 54 с.
3. Мионтинский П.Н. и др. Производство комбикормов. - М.: ВО. Агропромиздат, 1991. – 288 с.
4. Патент РФ № 2848743. Способ приготовления кормового продукта / Авторы: Л.Г. Крючкова, А.Н. Вишневский и др.// Оpubл. в БИ №30 от 21.10.2025 г.

References

1. Tolstoguzov V.B. Novye formy belkovoï pishchi. – M.: VO, Agropromizdat, 1987– 303 s.
2. Lusas Eh.V. Proizvodstvo i ispol'zovanie soevykh belkov / Eh.V. Lusas, Ki Chun Ri. M. «Kolos». - 1990 – 54 s.
3. Miontinskii P.N. i dr. Proizvodstvo kombikormov. - M.: VO. Agropromizdat, 1991.– 288s.
4. Patent RF № 2848743. Sposob prigotovleniya kormovogo produkta / Avtory: L.G. Kryuchkova, A.N. Vishnevskii i dr.// Opubl. v BI №30 ot 21.10.2025 g.