

УДК 631. 363 (075. 8)

## **Обоснование способа и параметров устройства для получения формовано-прессованных изделий на основе сырьевых композиций**

*Вишне夫斯基 А.Н.<sup>1</sup>, Доценко С.М.<sup>2</sup>, Ковалева Л.А.<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Дальневосточный государственный аграрный университет*

*<sup>2</sup>Амурский государственный университет*

### **Аннотация**

*На основе принятых подходов обоснована целесообразность создания формовано-прессованных продуктов поликомпонентного состава и свойств с помощью пресс-брикетировщика. Обоснованы его параметры и возможности использования в линиях производства данного вида продуктов.*

*Дана биохимическая характеристика полученным продуктам и установлена их высокая биологическая ценность.*

**Ключевые слова:** КОРМОВОЙ ПРОДУКТ, РАЦИОНЫ, РЕЦЕПТУРА, ПРЕСС, ГРАНУЛЯТОР, СХЕМА, ПОДАЧА, МОЩНОСТЬ, СКОРОСТЬ, РЕШЕТЧАТО-НОЖЕВОЙ АППАРАТ

---

### **Введение**

Известно, что одним из факторов повышения эффективности производства является кормовая база с наличием технологий и технических средств, обеспечивающих приготовление кормовых продуктов, отвечающих зоотехническим требованиям по их качеству и количеству [1, 2].

При этом кормовые продукты промышленного производства не всегда оказываются доступными по цене с.х. товаропроизводителям, занятым на предприятиях малой производственной мощности.

В этой связи производство кормовых продуктов на основе местного сырья приобретает особое значение.

Анализ традиционных рецептов по составу основных компонентов показал, что они изготавливаются на основе сырья, которое не является дефицитным для большинства регионов РФ.

Основой всех рационов являются зерновые продукты переработки бобовых культур, как источник белка, а также компоненты в виде травяной, свекольной и других видов муки [1, 2].

При наличии простых технологий и малогабаритных технических средств исходное местное сырье может быть трансформировано в кормовые продукты высокой биологической ценности без относительно высоких затрат.

Однако специально созданные технологии и технические средства для этих целей на сегодняшний день отсутствуют [3].

В этой связи, исследования, направленные на получение новых данных, необходимых для создания таких технологий и технических средств, являются актуальными.

**Целью исследований** является обоснование способа и параметров устройства для получения гранул и брикетов с относительно низкими энергоемкостью и металлоемкостью.

**Задачи исследований:**

1. Обосновать возможность и целесообразность получения кормовых продуктов формованного типа на основе поликомпонентных сырьевых композиций;
2. Разработать и предложить устройство для получения формованных кормовых изделий с обоснованием его параметров;
3. Предложить для практического использования обобщенную технологическую и аппаратную схемы производства формованных изделий на основе сырьевых композиций.

Анализ традиционных рецептов по использованию в них компонентов, содержащих ингредиенты основного физиологического назначения для животных и птицы, таких как К-62-9-89, К-65-2-89, ПК-51-17-89, ПК-1-10-89 и ряда других показал, что в качестве углеводного компонента используется смесь фуражного зерна, белкового – обезжиренный соевый шрот, витаминного – травяная мука и минерального – мясокостная рыбная мука [1].

Анализом также установлено, что в условиях местного производства кормовых продуктов с указанным составом требуется наличие специальных комплектов оборудования, которые в настоящее время отсутствуют [3].

При этом также установлено, что наиболее энергоемкими процессами подготовки исходного сырья являются процессы измельчения фуражного зерна и зеленой травяной массы, которые затем подлежат так называемому сухому гранулированию.

На основании анализа выявлено, что получение дробленого фуражного зерна на молотковых дробилках, кроме высоких затрат энергии, связано еще и с образованием мучной пыли, которое приводит к потерям продукта, запылению помещений, а также загрязнению окружающей среды [4].

При этом измельчение травяно-стебельного сырья естественной сушки также является энергоемким процессом.

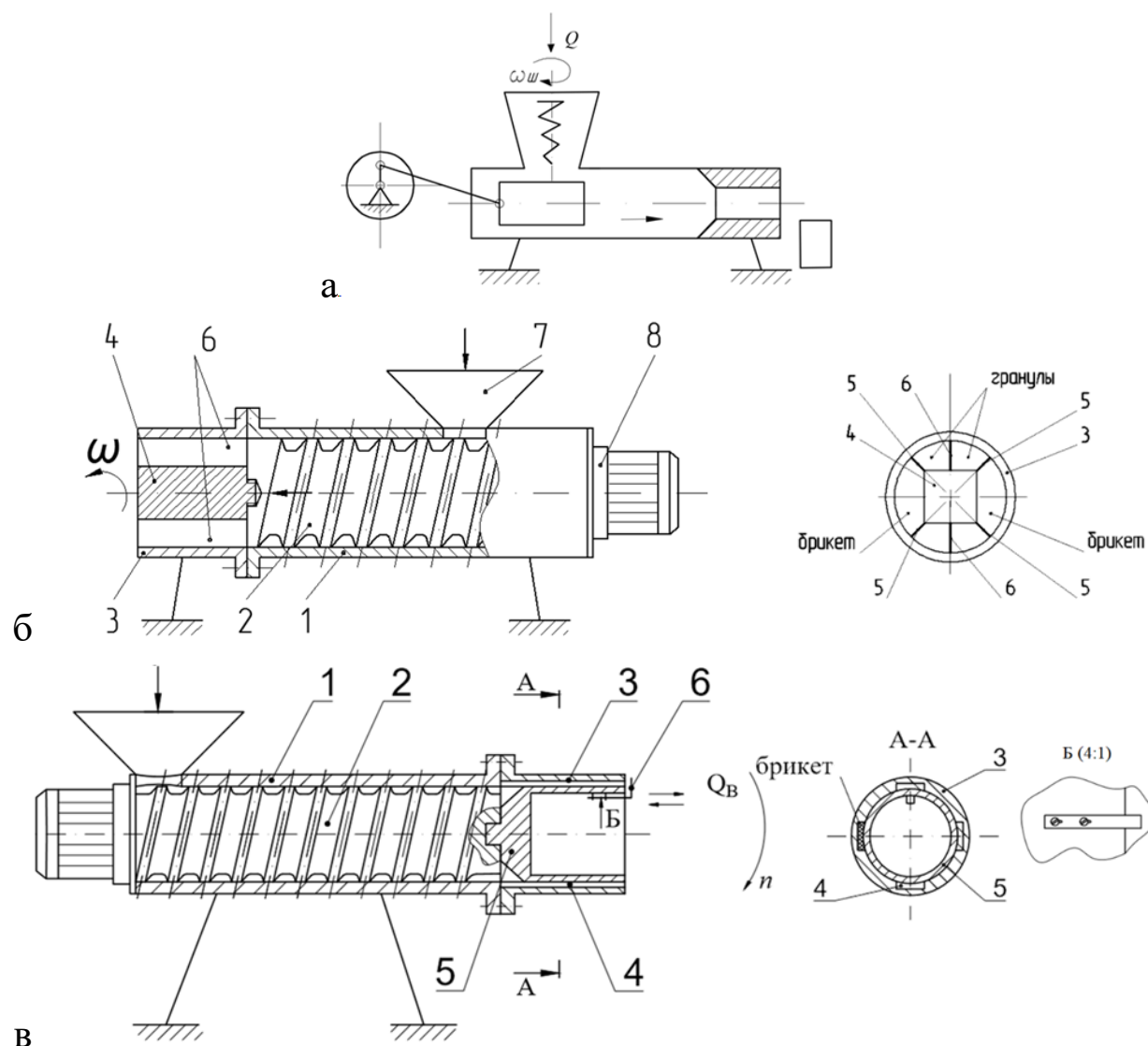


Рис. 1. Конструктивно-технологические схемы прессов-брикетировщиков:  
 а – штемпельного типа; б, в – винтового типа.

В то же время предварительно измельченные компоненты для последующего их формования в гранулы или брикеты должны быть надлежащим образом перемешаны с внесением ряда других компонентов, согласно рецептуре [1, 2]. Для этих целей используются смесители порционного или непрерывного действия [5].

На рис. 1а приведена конструктивная схема пресс-брикетировщика штемпельного типа [5]. Из числа винтовых прессов известны схемы, приведенные на рис. 1б и 1в [6, 7].

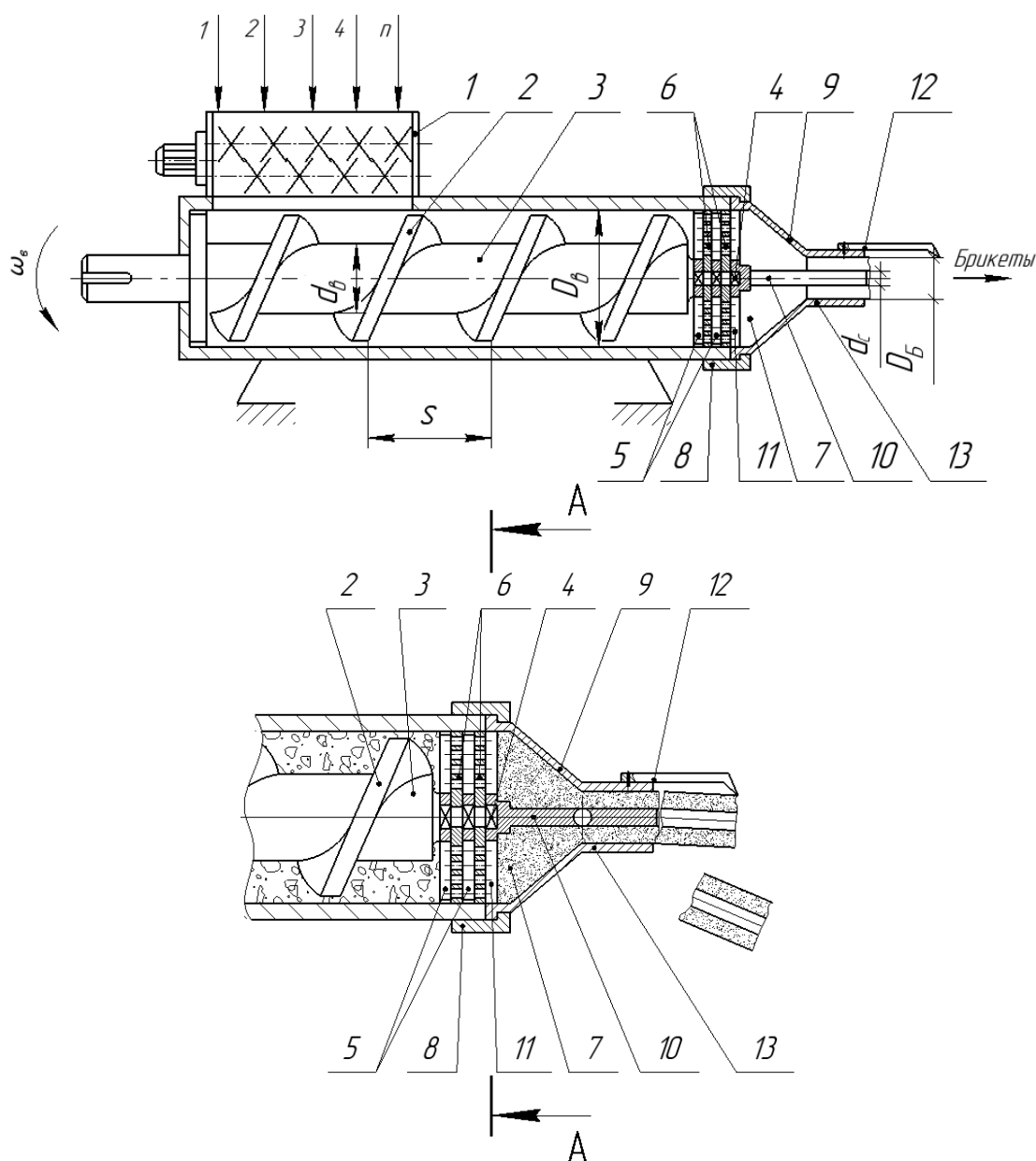


Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема пресс-брикетировщика

Примечание: 1 – бункер-смеситель; 2 – винт; 3 – вал; 4 – профильный конец вала; 5 – активные ножи; 6 – нож-решетка; 7 – камера; 8 – гайка; 9 – корпус; 10 – каналоформователь; 11 – нож; 12 – обламыватель.

На рис. 2 представлена схема предложенного пресс-брикетировщика, а на рис. 3 – изображение измельчающего аппарата в разрезе.

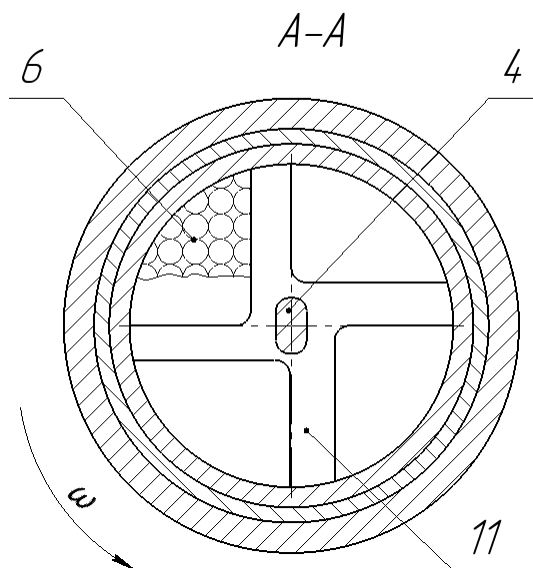


Рис. 3. Измельчающий аппарат

Примечание: 4 – профильное отверстие; 6 – решетка; 11 – нож.

Производительность пресс-брикетировщика с учетом условия непрерывности потока определяется как

$$Q_y \leq Q_v = 0,125(D_v^2 - d_v^2)S\omega_v\rho, \quad (1)$$

где  $Q_y$  – производительность устройства, кг/с;

$Q_v$  – подача винта, кг/с;

$D_v, d_v$  – диаметр витков и вала винта соответственно, м;

$S$  – шаг витков, м;

$\omega_v$  – угловая скорость винта, с<sup>-1</sup>;

$\rho$  – плотность подаваемой сырьевой композиции, кг/м<sup>3</sup>.

Для условий работы брикетирующего узла имеем

$$Q_{by} = 0,159\Delta V\omega_1\rho_b, \quad (2)$$

или

$$Q_{by} = 0,159 \frac{(D_b^2 - d_c^2)}{4} h\omega_v\rho_b, \quad (3)$$

где  $D_b, d_c$  – диаметр отверстия и стержня формующей фильеры соответственно, м;

$h$  – выход части брикета в единицу времени, м;

$\rho$  – плотность брикета, кг/м<sup>3</sup>.

Приравнивая части равенств (1) и (3) и, решая их относительно параметров  $S$  или  $h$ ,

имеем

$$S = \frac{(D_6^2 - d_c^2)h\rho_6}{(D_6^2 - d_B^2)\rho_B} = \frac{(D_6^2 - d_c^2)hR_6}{D_6^2 - d_B^2}, \quad (4)$$

где  $\frac{\rho_6}{\rho_B} = R_6$  – степень уплотнения массы в брикете, ед.

$$h = \frac{(D_6^2 - d_B^2)SR_6^{-1}}{D_6^2 - d_c^2}, \quad (5)$$

Для оценки энергоемкости через значения мощности устройства имеем, что

$$N = A_{уд}Q_y, \quad (6)$$

$$\mathcal{E} = \frac{N}{Q_6}, \quad (7)$$

где  $A_{уд}$  – удельная работа, совершаемая при получении продукта по выполняемым процессам, Дж/кг.

Для процесса измельчения сырьевых композиций, согласно формуле д-ра техн. наук, профессора Мельникова С.В. [8]:

$$A_{уд}^u = C_1 l g \lambda_k^3 + C_2 (\lambda_k - 1), \quad (8)$$

Для измельчающего аппарата решетчато-ножевого типа (РНА) степень измельчения  $\lambda_k$  можно представить как [8]:

$$\lambda_k = \lambda_n e^{\alpha \ln(t+1) - \mu t}, \quad (9)$$

где  $\lambda_n$  – начальное значение степени измельчения;

$\alpha$  – эмпирический коэффициент, характеризующий процесс измельчения;

$t$  – время измельчения, с;

$\mu$  – эмпирический коэффициент, характеризующий интенсивность прохождения частиц через отверстия решетки.

При  $\lambda_n = 1$  имеем, что

$$\lambda_k = e^{\alpha \ln(t+1)} \quad (10)$$

или

$$\lambda = (t + 1)^\alpha \quad (11)$$

Для параметра времени имеем

$$t = \frac{G}{Q_{РНА}}, \quad (12)$$

где  $G$  – масса сырья, проходящего через РНА, кг;

$Q_{РНА}$  – пропускная способность РНА, кг/с.

Кратность циркуляции измельчаемого сырья в РНА

$$K_{ц} = \frac{v_{сли}}{\lambda D_p}, \quad (13)$$

где  $v_{сли}$  – линейная скорость движения ножей, м/с;

$D_p$  – диаметр решетки, м.

С учетом равенства 12 получаем:

$$K_{ц} = \frac{0,32Gv_{сли}}{Q_{РНА}D_p}, \quad (14)$$

Пропускная способность РНА определяется

$$Q_{РНА} = 0,125d_0^2Z_0h\rho\omega_n Z_n, \quad (15)$$

где  $d_0$  – диаметр отверстий решетки, м;

$Z_0$  – число отверстий;

$h$  – величина выхода продукта, м;

$\rho$  – плотность продукта, кг/м<sup>3</sup>;

$\omega_n$  – угловая скорость ножа, с-1;

$Z_n$  – число перьев на одном ноже.

Согласно рис. 4, линейные скорости в точках А, М и В равны

$$v_A = \omega r_A > v_M = \omega r_M > v_B = \omega r_B, \quad (16)$$

При этом для коэффициента скольжения ножа получаем

$$\gamma_M = \frac{v_{tM}}{v_{nM}} = t_g \tau_M = \frac{\rho}{(R_0 + B_M)^{0,5}}, \quad (17)$$

$$\gamma_A = \frac{v_{tA}}{v_{nA}} = t_g \tau_A = \frac{\rho}{R_0 + B}, \quad (18)$$

$$\gamma_B = \frac{v_{tB}}{v_{nB}} = t_g \tau_B = \frac{\rho}{R_0}, \quad (19)$$

$$\frac{\gamma_B}{\gamma_A} = \frac{t_g \tau_B}{t_g \tau_A} = \frac{R_0 + B}{R_0} \quad (20)$$

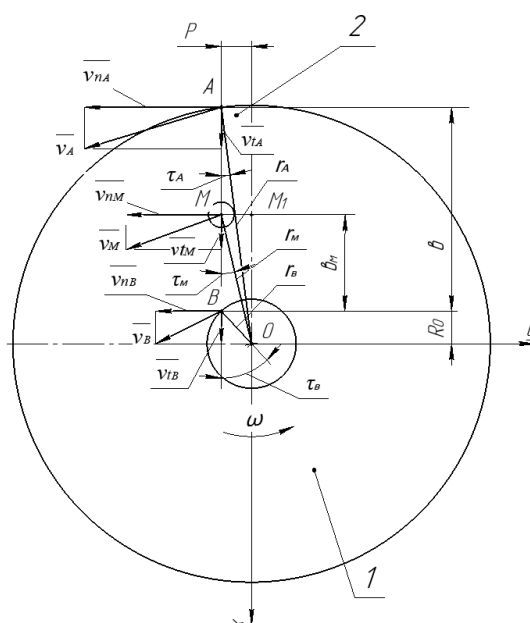


Рис. 4. Схема к обоснованию параметров решетчато-ножевого аппарата устройства  
Примечание: 1 – решетка (пассивный нож); 2 – перьевой (активный) нож.

На основе принятых подходов, для их практической реализации разработаны обобщенная технологическая и аппаратурная схемы, в состав которых предусмотрено включение предложенного устройства (рис. 5 и 6) [9, 10].

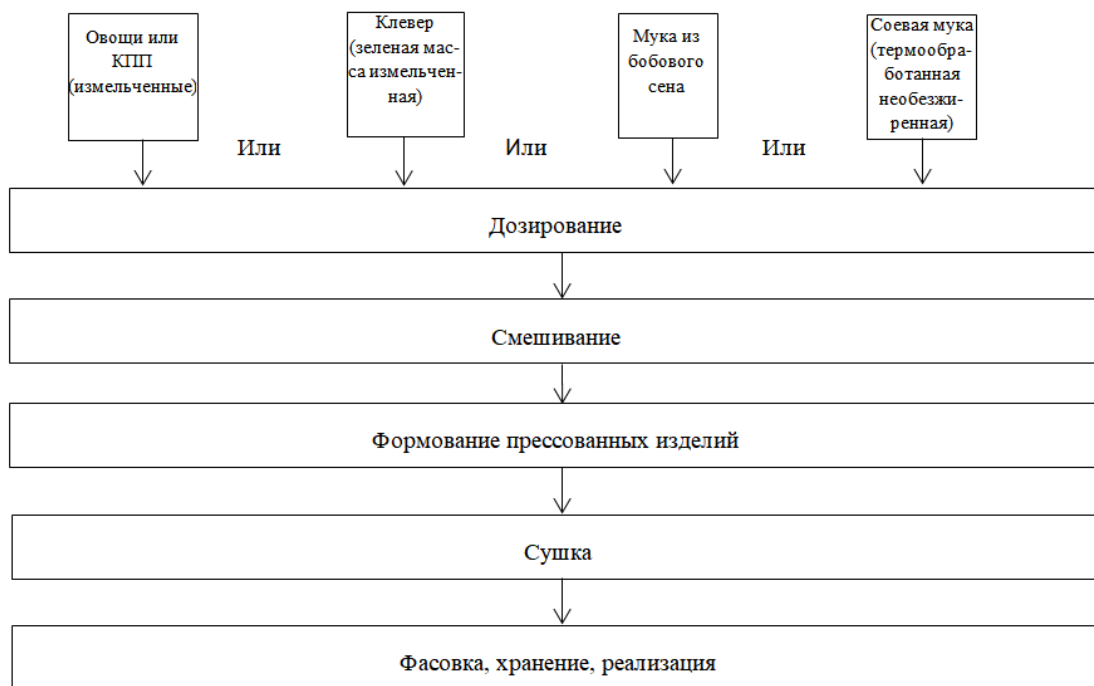


Рис. 5. Обобщенная технологическая схема производства формованных изделий

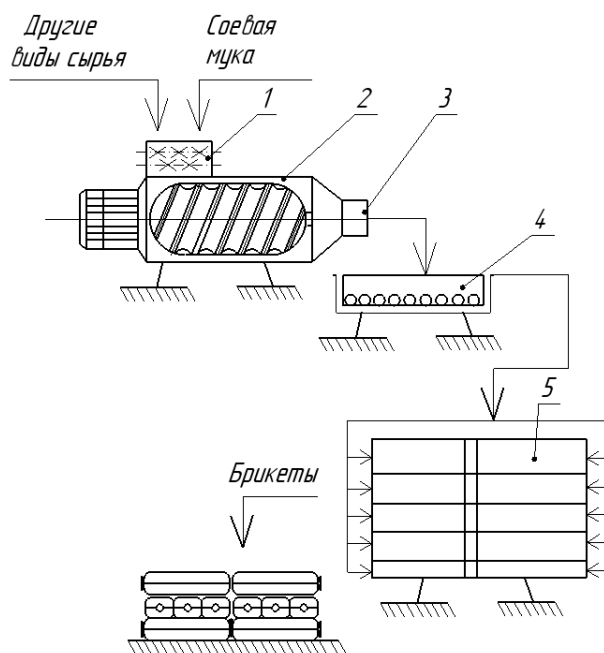


Рис. 6. Аппаратурная схема производства формованных изделий

Примечание: 1 – смеситель; 2 – пресс; 3 – формирующий узел; 4 – лоток; 5 – сушильный шкаф «ЭСПИС-4-Универсал».



Реализация предложенных схем позволяет получить продукты, характеристика которых приведена в таблицах 1 и 2 [9, 10].

Таблица 1. Характеристика исходного кормового сырья и готового формованного продукта, %

№	Сырье и продукты	Вода	Протеин	Жиры	Углеводы	Минеральные вещества	Витамины, мг/кг		
							Каротин (А)	Токоферол (Е)	Эргокальций-ферол (Д <sub>2</sub> )
1	Мука из сена бобового	12,0	20,0	3,3	58,0	6,7	30	50	480
2	Паста из тыквы	90,0	2,0	0,7	5,3	2,0	70	-	-
3	Паста из моркови	87,0	1,3	0,2	10,3	1,2	250	-	-
4	Паста из капусты	90,0	0,18	1,01	9,74	0,07	-	-	-
5	Паста из картофеля	75,0	2,0	0,1	22	0,9	-	-	-
6	Паста морковно-капустная	88,5	0,74	0,15	10,0	0,63	125	-	-
7	Влажный кормовой продукт по вариантам:								
	1–2	51,0	11,0	2,0	32,0	4,35	50	25	240
	1–3	49,5	10,5	1,75	34,15	3,95	140	25	240
	1–4	51,0	10,9	1,65	34,0	3,4	15	25	240
	1–5	43,5	11,0	1,7	40,0	3,8	15	25	240
	1–6	50,0	10,35	1,7	34,0	3,7	77,5	25	240
8	Гранулят сушеный в среднем по вариантам	8-10	18-20	2,5-3	50-60	5-6	50-300	48-50	400-450

Таблица 2. Сравнительная питательность кормовых продуктов

Продукт	Содержание		
	Основных веществ, %	Витаминов, мг/100 г	
		Белка	В-каротин
Карбомид+меласса (прототип)	0,5	-	-
Соево-клеверные брикеты (предлагаемый)	31,0	3,3	5,5

### **Заключение**

На основе принятых подходов обоснована возможность и целесообразность создания формовано-прессованных продуктов поликомпонентного состава с использованием травяной и соевой муки, зеленой массы бобовых культур, а также корнеклубнеплодов.

На основе анализа существующих схем устройств для получения формовано-прессованных кормовых изделий предложено устройство винтового типа с измельчающим решетчато-ножевым аппаратом. Получены аналитические зависимости, характеризующие параметры и режимы работы.

Для практической реализации инновационных технологических и технических решений предложены обобщенная технологическая и аппаратурная схемы для производства формовано-прессованных продуктов в виде гранул и брикетов различного состава и свойств.

Полученным продуктам дана биохимическая оценка по составу и наличию биологически активных веществ.

Так, полученные продукты на основе муки из сена бобового и корнеклубнеплодов, которые используются в виде пасты, как связующий компонент содержат от 50 до 300 мг/кг витамина А, до 50 мг/кг витамина Е и 400 – 450 мг/кг витамина Д<sub>2</sub>.

При этом замена продуктов карбамидно-мелассного состава на соево-клеверные брикеты позволяет получить высокобелковый продукт (до 31 % белка) с содержанием β – каротина и витамина Е в количестве 33,0 мг/кг и 55,0 мг/кг соответственно.

### **Список использованных источников:**

1. Комбикорма, кормовые добавки и ЗЦМ для животных (состав и применение). Справочник / В.А. Крохина, А.П. Калашников, В.И. Фисинин и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 304 с.
2. Мурусидзе, Д. Н. Технологии производства продукции животноводства / Д. Н. Мурусидзе, В. Н. Легеза, Р. Ф. Филонов. – М.: КолосС, 2005. — 432 с.
3. Широков В.А., Иванов С.А., Вишневский А.Н., Доценко С.М., Петров В.В. Научно-технические аспекты повышения эффективности приготовления комбикормов-концентратов на основе соево-зерновых смесей. Монография. - Благовещенск: Изд-во Даль-ГАУ. - 2014. - 245 с.
4. Кукта, Г.М. Машины и оборудование для приготовления кормов. - М.: Агропромиздат, 1987. - 303 с.

5. Завражнов, А. И. Механизация приготовления и хранения кормов / А. И. Завражнов, Д. И. Николаев. – М.: Агропромиздат, 1990. – 336 с.

6. Патент 2740651 С1 Российская Федерация, МПК В30В11/00. Шнековый пресс-гранулятор / С.М. Доценко, Л.А. Ковалева [и др.]; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Амурский государственный университет". – № 2020119226; Заявл. 03.06.2020; Опубл. 19.01.2021, Бюл. № 2. – Введ. с 03.06.2020.

7. Патент № 2685943 С1 Российская Федерация, МПК В30В 11/00, А23N 17/00. Прессующее устройство / С. М. Доценко, П. Н. Школьников, Л.А. Ковалева [и др.]; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Амурский государственный университет". – № 2018128654; Заявл. 03.08.2018; Опубл. 23.04.2019, Бюл. № 12. – Введ. с 03.08.2018.

8. Мельников, С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние. 1978. – 560 с., ил.

9. Патент № 2514309 С1 Российская Федерация, МПК А23К 1/14, А23К 1/16. Способ приготовления белково-витаминного кормового продукта: № 2012151768/13: заявл. 03.12.2012 : опубл. 27.04.2014 / С. М. Доценко, С. Н. Воякин ; заявитель ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ. – EDN ZFOBLV.

10. Патент № 2555581 С1 Российская Федерация, МПК А23К 1/14, А23К 1/16. Способ приготовления гранулированного кормового продукта: № 2014115558/13: заявл. 17.04.2014: опубл. 10.07.2015 / С. М. Доценко, В. А. Широков, А. Н. Вишневский [и др.]; заявитель ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ. – EDN RVKTCW.

#### Цитирование:

Вишневский А.Н., Доценко С.М., Ковалева Л.А. Обоснование способа и параметров устройства для получения формовано-прессованных изделий на основе сырьевых композиций [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2025. – № 1. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2025/1/st\\_116.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2025/1/st_116.pdf) DOI: <https://doi.org/10.51419/202151116>.