

УДК 631. 363 (075. 8)

## **Обоснование параметров пресс-гранулятора для линии приготовления высокобелковой кормовой добавки для с/х птицы**

*Вишнеvский 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 основании анализа состава традиционных рецептур для бройлеров сделан вывод о необходимости получения мясного и рыбного компонента более низкой себестоимости. Анализом существующих конструкций пресс-грануляторов установлено направление в их совершенствовании. Предложена инновационная схема пресс-гранулятора, для которой теоретическим путем обоснованы параметры. Использование данного устройства в составе технологической линии по производству высокобелковой гранулированной добавки показало его высокую эффективность по сравнению с экструдированием.*

**Ключевые слова:** РЕЦЕПТУРА, КОРМА, ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОР, СХЕМА, ПАРАМЕТРЫ, ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ, МЯСОКОСТНОЕ И РЫБОКОСТНОЕ СЫРЬЕ, СОЕВАЯ МУКА, МОЩНОСТЬ, ЭНЕРГОЕМКОСТЬ

---

### **Введение**

Известно, что главным фактором в кормлении бройлеров является обеспечение интенсивного роста с целью получения тушек высокого качества с минимальными затратами кормов на единицу прироста живой массы [1].

При этом рецептуры полнорационных комбикормов для цыплят-бройлеров, например, ПК-5-1-89, предусматривают наряду с зерновыми компонентами использование шрота соевого в количестве 12,0 %, рыбной муки – 3 % и мясокостной муки – 2 % [2].

Для соевого шрота определено требование, в соответствии с которым активность уреазы – рН, ед. должна быть не более 0,1 ед. с его конверсией, равной 1,912 [3].

В то же время автором на основании изучения опубликованных данных указывается, что во всех рационах рекомендуется введение термообработанной полножирной сои на уровне 20, 0 % при скармливании ее в гранулах [3].

В качестве аргумента приводится факт того, что в кормах для бройлеров должна присутствовать такая незаменимая жирная кислота, как линоленовая и витамин Е, которым богато соевое масло.

В то же время известно, что высокую стоимость имеют рыбная и мясокостная мука, ввиду наличия значительных затрат на их производство [4].

В этой связи, исследования, направленные на разработку новых подходов, ориентированных на совершенствование технологии приготовления гранулированных комбикормов для с.х. птицы, являются актуальными.

**Целью исследований** является обоснование параметров высокоэффективного пресс-гранулятора для линии приготовления высокобелковой гранулированной кормовой добавки птице.

#### **Задачи исследований:**

1. Обосновать конструктивно-технологическую схему пресса-гранулятора винтового типа;
2. На основе теоретического анализа обосновать параметры предложенного пресс-гранулятора;
3. Предложить конструктивно-технологическую схему линии по производству высокобелковой кормовой добавки с использованием предлагаемого пресс-гранулятора.

Проведенным анализом литературных источников [4-10] установлено, что гранулированные корма для птицы занимают значительную долю в общем объеме их производства. При этом в последние годы наметился тренд на использование в рационах птицы необжаренной термообработанной соевой муки (НТСМ) [4, 7-9, 11].

В соответствии с применяемыми схемами, на основе НТСМ формируют композиции, содержащие так называемый «влажный» компонент, получая смесь с усредненной влажностью. Далее, на основе такой смеси, формируют гранулы, которые затем сушат,

например, в камерной сушилке «ЭСПИС-4-Универсал», получая качественные гранулы требуемых размеров.

Ниже приведены конструктивно-технологические схемы винтовых пресс-грануляторов, обеспечивающих получение гранул влажным способом (рис. 1, 2) [11-16].

На основании проведенного анализа, с учетом достоинств и недостатков, присущих данным конструкциям, разработана конструктивно-технологическая схема винтового пресс-гранулятора, позволяющего готовить гранулят на основе композиций из сырья животного и растительного происхождения (рис. 3).

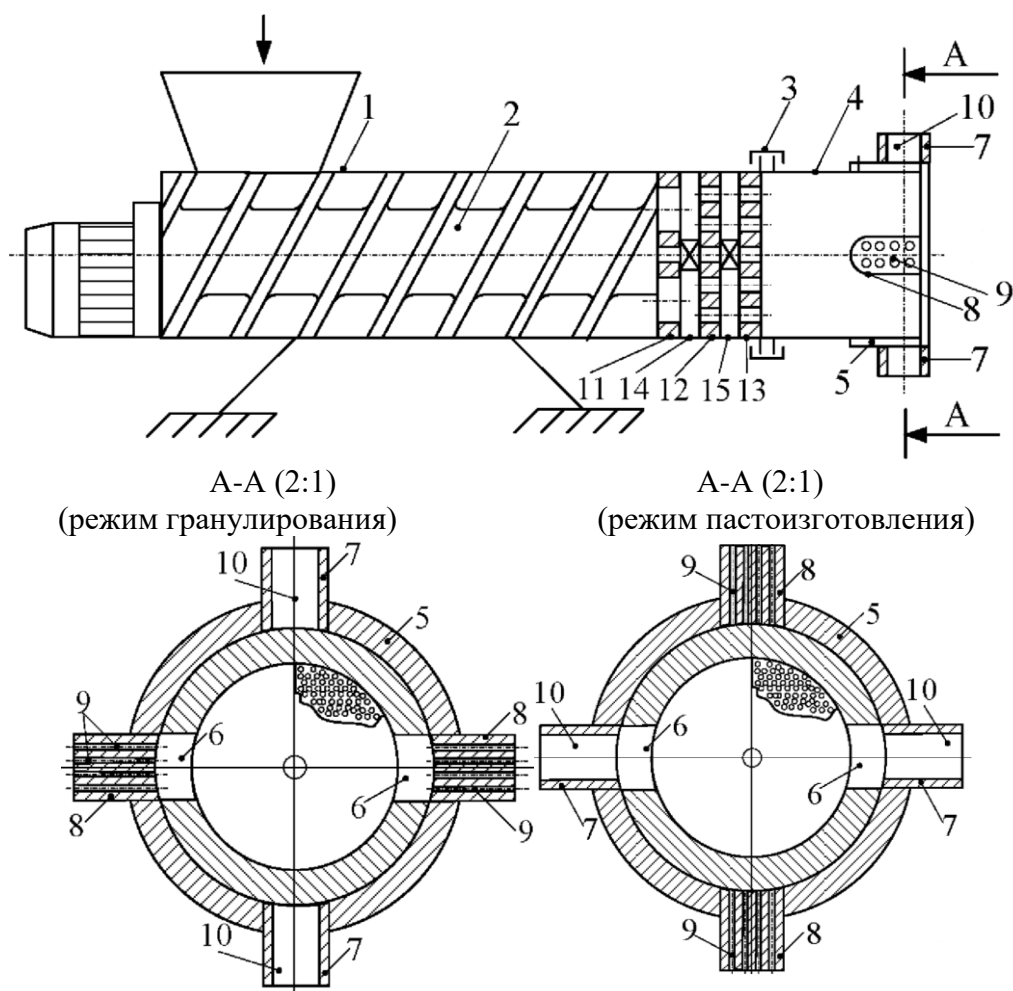


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема пастоизготовителя-гранулятора [11]

*Примечание:* 1 – корпус; 2 – винт; 3 – гайка; 4 – компрессионная камера (КК); 5 – поворотной-фиксирующая матрица; 6 – окна КК; 7 – патрубок для пасты; 8 – патрубок для гранул; 9 – канал для гранул; 10 – канал для выгрузки пасты; 11, 12, 13 – решетки; 14, 15 – ножи.

Для получения композиций на основе фарша компонентного состава, а также необжаренной термообработанной соевой муки, подготовленные компоненты дозированно подаются в бункер-смеситель 1 (рис. 3). При смешивании влажность в смеси усредняется за счет диффузионного процесса и масса винтом 3 подается в компрессионную камеру, где уплотняется, из нее удаляется воздух, а процесс усреднения влаги интенсифицируется.

Далее масса с усредненной влажностью прессующим винтом 5 подается в узел гранулирования, где дополнительно измельчается за счет взаимодействия лопастей 7 с противорезом 8, установленным неподвижно в конической матрице 10.

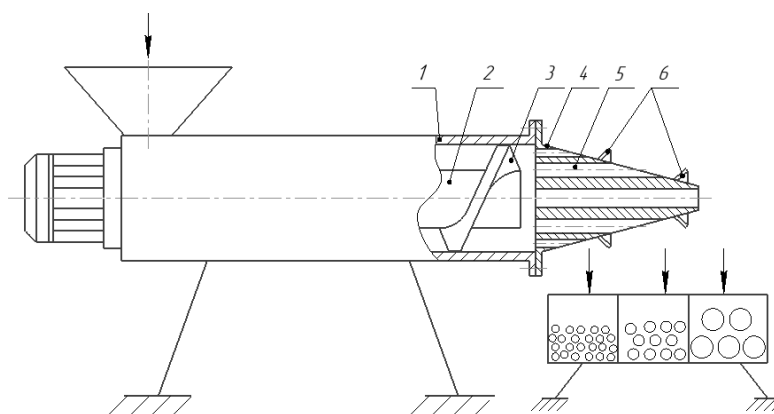
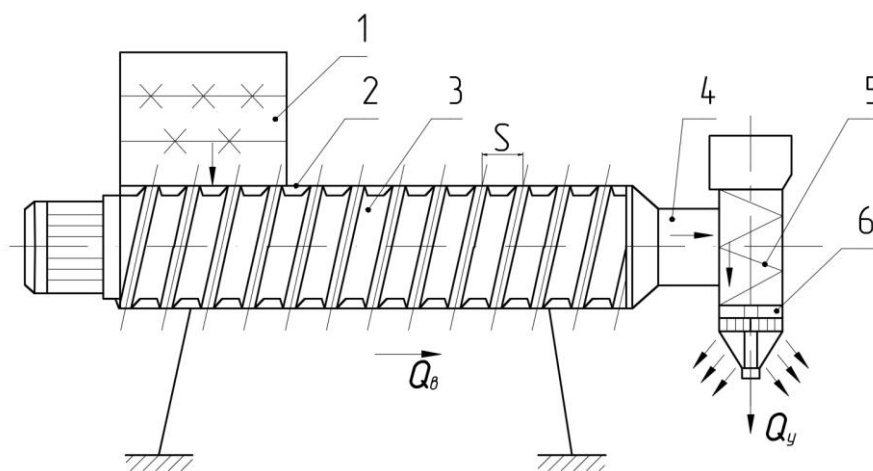


Рис. 2. Конструктивно-технологическая схема винтового пресс-гранулятора с конической матрицей [15]

Примечание: 1 – корпус; 2 – вал; 3 – винт; 4 – узел прессования; 5 – отверстия; 6 – обламыватели.



а

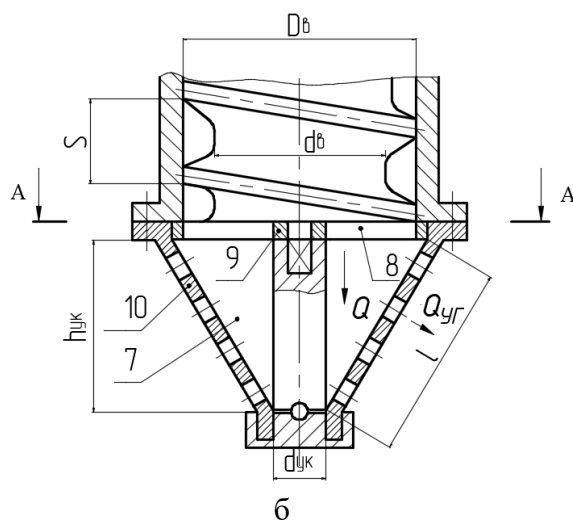


Рис. 3. Общий вид винтового пресс-гранулятора – а и узла гранулирования – б  
Примечание: 1- бункер-смеситель; 2 – корпус; 3 – винт; 4 – компрессионная камера; 5 – винт прессующий; 6 – узел гранулирования; 7 – лопасти ротора; 8 – противорежущий элемент; 9 – режущая грань лопасти; 10 – коническая матрица.

Производительность  $Q_y$  винтового пресс-гранулятора зависит от объема массы, находящейся в пространстве между лопастями 2 ротора  $\Delta V$  (рис. 4) и поступающей в единицу времени в виде готовых гранул из отверстий конической матрицы 10 (рис. 3).

$$Q_y \leq Q = 0,159\Delta\rho\omega, \quad (1)$$

где  $\rho$  – плотность продукта,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\omega$  – угловая скорость лопастного ротора,  $\text{с}^{-1}$ .

Объем массы  $\Delta V$  определим как разность между объемом усеченного конуса –  $V_{ук}$ , в виде которого выполнена гранулирующая матрица 1, и объемом –  $V_{лр}$ , занимаемым лопастным ротором 2.

$$\Delta V = V_{ук} - V_{лр} \quad (2)$$

При этом объем  $V_{лр}$  представим как

$$V_{лр} = 4\Delta V + V_p, \quad (3)$$

где  $\Delta V$  – объем с основанием в виде треугольника (рис. 3б),  $\text{м}^3$ ;

$V_{лр}$  – объем условного цилиндра (рис. 3б),  $\text{м}^3$ .

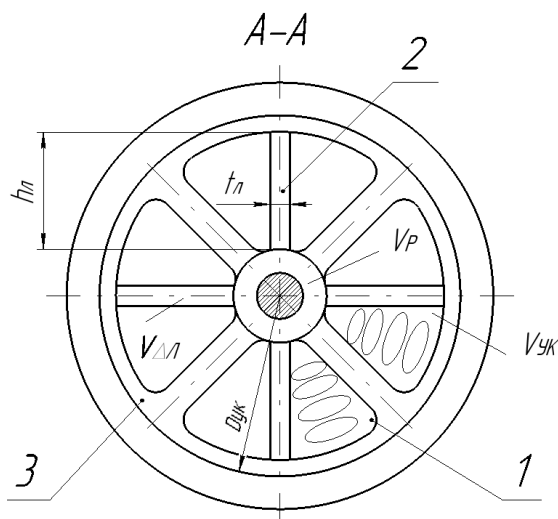


Рис. 4. Схема к расчету производительности винтового пресс-гранулятора

Примечание: 1 – коническая матрица; 2 – лопастной ротор; 3 – противорежущий элемент с окнами.

Тогда получаем, что

$$V_{ук} = 0,262h_{ук}(d_{ук}^2 + d_{ук}D_{ук} + D_{ук}^2), \quad (4)$$

где  $d_{ук}$ ,  $D_{ук}$  – диаметры оснований усеченного конуса соответственно малого и большого (рис. 3 и 4), м;

$h_{ук}$  – высота усеченного конуса (рис. 3б), м.

Для объема лопастного ротора имеем, что

$$V_{лр} = 4(0,5h_{ук}h_{л}t_{л}) + 0,785h_{ук}d_{ук}^2, \quad (5)$$

где  $h_{л}$  – высота лопасти, м;

$t$  – толщина лопасти, м;

или

$$V_{лр} = 2,285h_{ук}(h_{л}t_{л} + d_{ук}^2), \quad (6)$$

Тогда для объема  $\Delta V$  имеем

$$\Delta V = 0,115h_{ук}[(d_{ук}^2 + d_{ук}D_{ук} + D_{ук}^2) - (h_{л}t_{л} + d_{ук}^2)] \quad (7)$$

Согласно равенствам (1) и (7), получаем

$$Q = 0,018h_{ук}\rho\omega[(d_{ук}^2 + d_{ук}D_{ук} + D_{ук}^2) - (h_{л}t_{л} + d_{ук}^2)], \quad (8)$$

С учетом неразрывности потока, в соответствии с рис. 3а, можно записать:

$$Q_y \leq Q \leq Q_v \leq Q_{уг}, \quad (9)$$

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

$Q$  – подача узла прессования, кг/с;

$Q_B$  – подача подающе-дозировочного узла, кг/с;

$Q_{yT}$  – подача узла гранулирования, кг/с.

Из условия  $Q \leq Q_B$  определим шаг  $S$  винта 3 (рис. 3 а, б), решив предварительно составленное равенство относительно параметра  $S$ :

$$S = \frac{0,018h_{yK}\rho\omega[(d_{yK}^2+d_{yK}D_{yK}+D_{yK}^2)-(h_{лTл}+d_{yK}^2)]}{0,125\omega_B\rho_B(D_B^2-d_B^2)} = \frac{0,144h_{yK}\lambda_y[(d_{yK}^2+d_{yK}D_{yK}+D_{yK}^2)-(h_{лTл}+d_{yK}^2)]}{D_B^2-d_B^2}, \quad (10)$$

где  $\lambda_y = \frac{\rho}{\rho_B}$  – степень уплотнения продукта, ед.;

$D_B, d_B$  – соответственно, диаметры винта и вала (рис. 3а, б), м.

Из условия  $Q_B \leq Q_{yT}$  определим необходимое количество гранулирующих отверстий  $Z_0$ , выполненных в теле конической матрицы:

$$Z_0 = \frac{0,125\omega_B\rho_B(D_B^2-d_B^2)S}{0,0981d_0^3\gamma} = \frac{1,27\omega_B\rho_B(D_B^2-d_B^2)S}{d_0^3\gamma}, \quad (11)$$

где  $d_0$  – диаметр отверстия в матрице, м;

$\gamma$  – скорость сдвига ( $c^{-1}$ ), которая связана с предельным напряжением сдвига –  $H_c$ , [Па] и вязкостью  $K_B$ , [Па\*с], как  $\gamma = H_c/K_B$  или  $H_c = K_B\gamma$ .

Для мощности  $N$  имеем:

$$N = PQ, \quad (12)$$

где  $P$  – давление, создаваемое винтом, Па.

Данный параметр определяется по известной зависимости [17]

$$P = P_0 e^{\beta k}, \quad (13)$$

где  $P_0$  – давление в конце винта, Па;

$\beta$  – длина канала, м;

$k$  – эмпирический коэффициент.

Для показателя энергетической эффективности предложенного устройства получаем:

$$\mathcal{E}_N = \frac{0,0981d_0^3\gamma Z_0 P_0 e^{\beta k}}{Q}, \quad (14)$$

где параметр  $Q$  определяется по зависимости (8).

На рис. 5 представлены графические зависимости, характеризующие взаимосвязь параметров по уравнениям (8), (12) и (14).

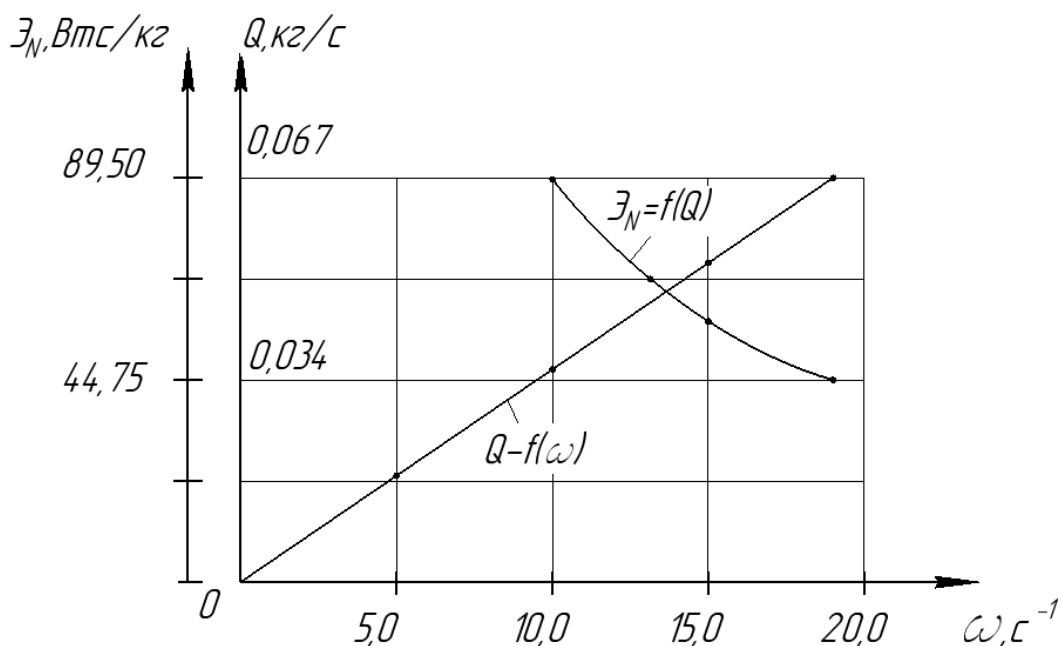


Рис. 5. Зависимости, характеризующие производительность  $Q$ , кг/с и энергоёмкость  $E_N$ , кВтс/кг предложенного устройства от угловой скорости  $\omega$ ,  $s^{-1}$  и производительности  $Q$  соответственно

На рис. 6 приведена схема линии, с помощью которой реализован процесс производства гранулированной кормовой добавки с/х птице, согласно патенту [18].

В результате проведенных исследований установлено, что производительность пресс-гранулятора составила на приготовлении соево-мясокостной добавки  $Q = 120$  кг/ч (0,034 кг/с), а на получении соево-рыбокостной добавки  $Q = 360$  кг/ч (0,1 кг/с). При этом на соево-мясорыбной композиции пропускная способность предложенного комплекта оборудования составила  $Q = 240$  кг/ч (0,067 кг/с).

Сравнительная технико-экономическая оценка данного комплекта с комплектом по экструдированию отходов забоя птицы с установленной мощностью экструдера  $N_3 = 92,5$  кВт, измельчителя  $N_{и} = 30$  кВт и смесителя  $N_с = 11,5$  кВт, производства фирмы ООО «Агро-соя-комплект», при его производительности, равной 700 кг/ч, показала, что энергоёмкость по предложенному варианту составляет:  $N_{п} = \frac{18,0 \text{ кВт}}{240 \text{ кг/ч}} = 0,075 \frac{\text{кВтч}}{\text{кг}}$ , а взятого за прототип

$$N_3 = \frac{(92,5 + 30,0 + 11,5) \text{ кВт}}{700 \text{ кг/ч}} = \frac{134 \text{ кВт}}{700 \text{ кг/ч}} = 0,19 \frac{\text{кВтч}}{\text{кг}}$$



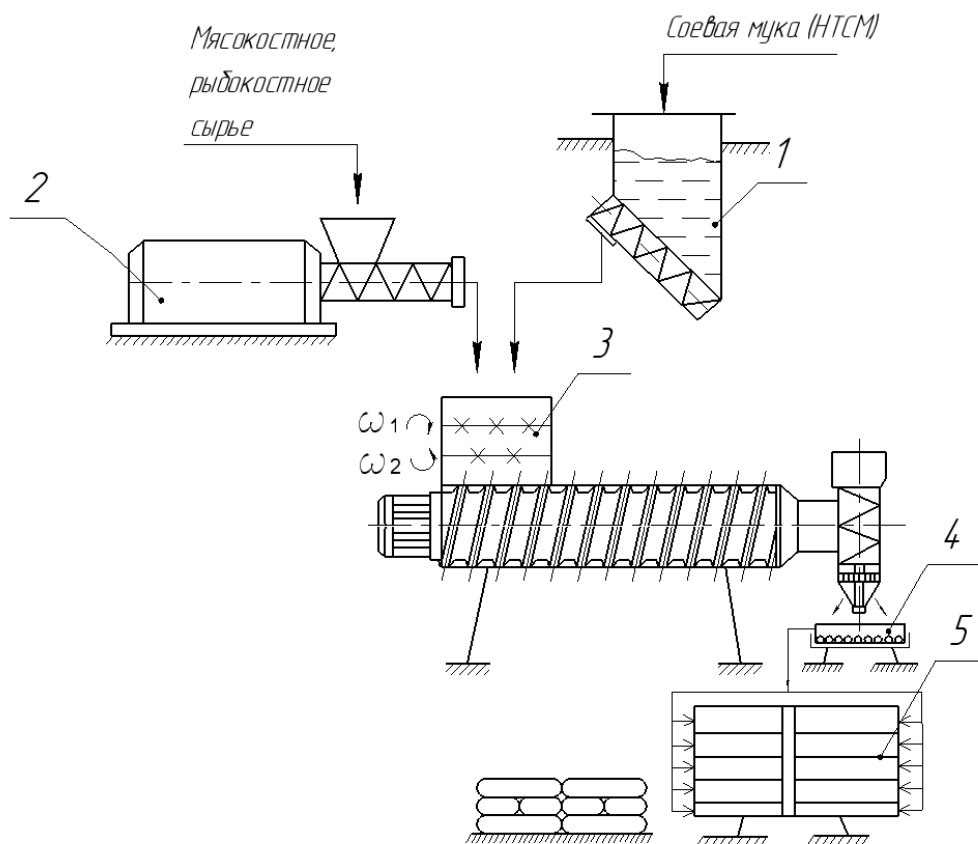


Рис. 6. Конструктивно-технологическая схема линии производства гранулированной кормовой добавки птице с использованием винтового пресс-гранулятора

Примечание: 1 – бункер-дозатор; 2 – измельчитель мясокостного и рыбьего сырья; 3 – предложенный пресс-гранулятор; 4 – ситчатый лоток; 5 – сушильный шкаф.

Таким образом, по относительному показателю энергетической эффективности, предложенный вариант повышает существующий в 2,5 раза.

### Заключение

На основании анализа существующих конструктивно-технологических схем винтовых пресс-грануляторов с учетом их достоинств и недостатков предложена рациональная схема винтового пресс-гранулятора, содержащего измельчающий аппарат решетчато-ножевого типа и прессующий узел в виде конической матрицы.

На основе теоретического анализа по обоснованию параметров пресс-гранулятора получены зависимости, характеризующие подачу прессующего узла, его мощность, а также аналитические выражения по расчету шага винта и количества отверстий в конической

матрице в зависимости от требуемой производительности поточной линии по производству гранулированной кормовой добавки с учетом выращиваемого поголовья.

Путем реализации процесса получения данного вида гранулята с помощью предложенного устройства в составе разработанной линии установлено, что оно позволяет получать продукт с диаметром гранул от 2,0 до 6,0 мм, с крошимостью не выше 5%, что соответствует зоотехническим требованиям.

При этом энергоемкость комплекта оборудования составляет  $N_{п} = 0,075 \frac{\text{кВтч}}{\text{кг}}$ , что в 2,5 раза ниже, чем у известного, работающего по принципу экструдирования.

#### Список использованных источников:

1. Мурусидзе, Д. Н. Технологии производства продукции животноводства / Д. Н. Мурусидзе, В. Н. Легеза, Р. Ф. Филонов. – М.: КолосС, 2005. — 432 с.
2. 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.
3. Монари С. Справочник по использованию в кормлении животных соевых бобов. – Вашингтон: Американская соевая ассоциация, 1995. – 44 с.
4. Воякин С.Н. Теоретические основы процесса получения гранулированных бинарных композиций в системе приготовления кормовой добавки / С.Н. Воякин, С.М. Доценко, В.А. Широков, В.А. Макаров, С.В. Вараксин // Научное обозрение №8, 2014. – 283 с.
5. Производство комбикормов / П. Н. Миончинский, Л. С. Кожарова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Агропромиздат, 1991. – 288 с.: ил. - б.ц.
6. Сыроватка В.И. Прогрессивные способы приготовления и хранения кормов /В.И. Сыроватка, Е.В. Алябьев. \_ М.: Колос, 1970. – 240 с.
7. Школьников М.А., Фролов В.Ю., Школьников П.Н. Обоснование способа и технического средства для приготовления кормовых продуктов водоплавающей птице [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2023. – № 5. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/5/st\\_537.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2023/5/st_537.pdf). DOI: <https://doi.org/10.51419/202135537>.
8. Школьников М.А. Теоретическое обоснование процесса приготовления кормов для гусей // Межвузовский международный конгресс «Высшая школа: научные исследования». – М., 10.11.2023.
9. Школьников М.А. Теоретическое обоснование технологии приготовления кормов для уток // Международный научный форум «Наука и инновации – современные

концепции». – М., 16.11.2023.

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

11. Патент № 2803521 С1 Российская Федерация, МПК В01J 2/00, В29С 48/00. пастоизготовитель-гранулятор: № 2023106261: заявл. 17.03.2023 : опубл. 15.09.2023 / П. Н. Школьников, М. А. Школьников; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ".

12. Патент 2740649 Российская Федерация, МПК В30В11/28. Пресс-гранулятор / С.М. Доценко, Л.А. Ковалева [и др.]; заявитель и патентообладатель Амур. гос. ун-т. - № 2020119225; Заявл. 03.06.2020 ; Опубл. 19.01.2021, Бюл. № 2. - Введ. с 03.06.2020.

13. Патент 2740651 Российская Федерация, МПК В30В11/00. Шнековый пресс-гранулятор / С.М. Доценко, Л.А. Ковалева [и др.]; заявитель и патентообладатель Амур. гос. ун-т. - № 2020119226; Заявл. 03.06.2020 ; Опубл. 19.01.2021, Бюл. № 2. - Введ. с 03.06.2020.

14. Патент 2781714 Российская Федерация, МПК В30В 11/24. Шнековый пресс / С.М. Доценко, П.Н. Школьников [и др.]; заявитель и патентообладатель Амур. гос. ун-т. - № 2022110176; Заявл. 15.04.2022; Опубл. 17.10.2022, Бюл. № 29. - Введ. с 15.04.2022.

15. Патент 2734264 Российская Федерация, МПК А23К 10/30 (2016.01); А23К 40/10 (2016.01). Способ приготовления белково-углеводного кормового продукта / С. М. Доценко, П.Н. Школьников [и др.]; заявитель и патентообладатель Дальневост. гос. аграр. ун-т. - № 2019131296; Заявл. 02.10.2019 ; Опубл. 14.10.2020, Бюл. № 29. - Введ. с 02.10.2019.

16. Патент № 2690637 С1 Российская Федерация, МПК А23N 17/00. пресс-гранулятор : № 2018128653: заявл. 03.08.2018 : опубл. 04.06.2019 / С. М. Доценко, П. Н. Школьников, С. А. Винокуров [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Амурский государственный университет".

17. Аминов М.С. Технологическое оборудование консервных и овощесушильных заводов [Учеб. по направлению "Технология консервов и пищевых концентратов", "Машины и аппараты пищевых пр-в"] / М.С. Аминов, М.С. Мурадов, Э.М. Аминова. – М. : Колос, 1996. — 430, [1] с. ил.; 21. – (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений); ISBN 5-10-003095-Х.

18. Патент № 2607103 С Российская Федерация, МПК А23К 10/26, А23К 10/30, А23К 40/10. Способ приготовления белкового кормового продукта на основе соево-мясных композиций: № 2015121015: заявл. 02.06.2015: опубл. 10.01.2017 / С. М. Доценко, С. Н. Волякин, А. Н. Вишневский, С. В. Варакин; заявитель ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДАЛЬНЕВОСТОЧНЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ.

Вишневский А.Н., Доценко С.М., Ковалева Л.А. Обоснование параметров пресс-гранулятора для  
линии приготовления высокобелковой кормовой добавки для с/х птицы

.....  
*Электронный научно-производственный журнал*  
**«АгроЭкоИнфо»**  
=====

**Цитирование:**

Вишневский А.Н., Доценко С.М., Ковалева Л.А. Обоснование параметров пресс-гранулятора для линии приготовления высокобелковой кормовой добавки для с/х птицы [Электрон. ресурс] // АгроЭкоИнфо: Электронный научно-производственный журнал. – 2024. – № 6. – Режим доступа: [http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/6/st\\_630.pdf](http://agroecoinfo.ru/STATYI/2024/6/st_630.pdf)  
DOI: <https://doi.org/10.51419/202146630>.