

## АГРОИНЖЕНЕРИЯ И ПИЩЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## AGRO-ENGINEERING AND FOOD TECHNOLOGIES

Научная статья

УДК 631.3

EDN CKW0EJ

DOI: 10.22450/19996837\_2023\_3\_77

**Обоснование параметров прессующе-формующего блока пресса  
для получения корнеплодно-зерновых гранул****Андрей Владимирович Бурмага<sup>1</sup>, Александр Викторович Чубенко<sup>2</sup>,  
Виктор Вацлавович Самуйло<sup>3</sup>, Юрий Борисович Курков<sup>4</sup>,  
Сергей Александрович Винокуров<sup>5</sup>**<sup>1,2,3,4</sup> Дальневосточный государственный аграрный университет  
Амурская область, Благовещенск, Россия<sup>5</sup> Дальневосточное высшее общевойсковое командное училище  
имени Маршала Советского Союза К. К. Рокоссовского

Амурская область, Благовещенск, Россия

<sup>1</sup> [burmaga@mail.ru](mailto:burmaga@mail.ru), <sup>5</sup> [sergeivinokurov1978@mail.ru](mailto:sergeivinokurov1978@mail.ru)

**Аннотация.** На основе проведенного ранее анализа конструктивно-технологических схем прессов для получения кормовых продуктов, разработана структурно-функциональная схема пресса для получения гранулированно-брикетированных смесей на основе корнеплодно-зерновых композиций. Ранее проведенные исследования позволили определить размерные характеристики, а также физико-механические свойства и показатели исходного зернового и корнеклубнеплодного сырья. Установлено, что определяющими факторами, от которых зависит конечное качество получаемого продукта (гранул, брикетов) являются параметры работы конечного элемента прессующе-формующего блока пресса. Установлены факторы, оказывающие наибольшее влияние на исследуемый процесс; определены уровни их варьирования для реализации предложенной матрицы планирования эксперимента. В результате проведения экспериментальных исследований, состоящих из 15 опытов, был осуществлен регрессионный анализ и получены значения: стандартного отклонения, коэффициентов корреляции и детерминации; определен F-критерий и получены значения его значимости. На основе проведенной математической обработки экспериментальных данных получены математические модели, адекватно описывающие характер протекания процесса приготовления гомогенизированной-формованной смеси на конечном этапе – в прессующе-формующем блоке. Достоверность моделей оценивалась по уровню значимости критерия Фишера, который составил меньше 0,05, что подтвердило значимость полученных моделей. Математическая обработка полученных моделей выявила области экстремальных значений факторов: угловой скорости ножа; длины канала и толщины стенки брикета при которых принятые критерии оптимизации (однородность; прочность гранул и энергоемкость) стремятся к установленному оптимальному значению. Проведена графическая интерпретация полученных зависимостей в виде поверхностей и их сечений, которая позволяет наглядно оценить влияние изменений каждого фактора на принятый критерий оптимизации при работе прессующе-формующего блока пресса.

**Ключевые слова:** пресс, структурно-функциональная схема, прессующе-формующий блок, корнеплодно-зерновые гранулы, фактор, математическая модель, матрица, эксперимент

**Для цитирования:** Бурмага А. В., Чубенко А. В., Самуйло В. В., Курков Ю. Б., Винокуров С. А. Обоснование параметров прессующе-формующего блока пресса для получения корнеплодно-зерновых гранул // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Том 17. № 3. С. 77–87. doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_77.

Original article

## Justification of the parameters of the pressing-forming block of the press for obtaining root crops-grain granules

Andrei V. Burmaga<sup>1</sup>, Aleksandr V. Chubenko<sup>2</sup>,  
Viktor V. Samuilo<sup>3</sup>, Yurii B. Kurkov<sup>4</sup>, Sergei A. Vinokurov<sup>5</sup>

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>5</sup> Far Eastern Higher Combined Arms Command School named after Marshal of the Soviet Union K. K. Rokossovsky, Amur region, Blagoveshchensk, Russia

<sup>1</sup> [burmaga@mail.ru](mailto:burmaga@mail.ru), <sup>5</sup> [sergeivinokurov1978@mail.ru](mailto:sergeivinokurov1978@mail.ru)

**Abstract.** Based on the previously conducted analysis of the structural and technological schemes of presses for obtaining a feed products, a structural and functional scheme of a press for obtaining granular-briquetted mixtures based on root-grain compositions has been developed. Earlier studies have made it possible to determine the dimensional characteristics, as well as the physical and mechanical properties and indicators of the initial grain and root-tuberous raw materials. It is established that the determining factors on which the final quality of the resulting product (granules, briquettes) depends are the parameters of the operation of the final element – the pressing-forming block of the press. The factors that have the greatest influence on the process under the study are identified, and the levels of their variation for the implementation of the proposed experiment planning matrix are determined. As a result of experimental studies consisting of 15 experiments, regression analysis was carried out and the values of standard deviation, correlation and determination coefficients were obtained, the F-criterion was determined and its significance values. Based on the mathematical processing of experimental data, mathematical models were obtained that adequately described the nature of the process of preparing a homogenized-molded mixture at the final stage – in the pressing-forming block. The reliability of the models was assessed by the significance level of the Fisher criterion, which was less than 0.05, which confirmed the significance of the models obtained. Mathematical processing of the obtained models revealed areas of extreme values of factors: the angular velocity of the knife, the length of the channel and the thickness of the briquette wall; at which the accepted optimization criteria (uniformity, strength of granules and energy intensity) tend to the established optimal value. A graphical interpretation of the obtained dependencies in the form of surfaces and their sections is carried out, which allows us to visually assess how the change of each factor affects the accepted optimization criterion when working with the pressing-forming block of the press.

**Keywords:** press, structural and functional diagram, pressing-forming block, crops-grain granules, factor, mathematical model, matrix, experiment

**For citation:** Burmaga A. V., Chubenko A. V., Samuilo V. V., Kurkov Yu. B., Vinokurov S. A. Obosnovanie parametrov pressuyushche-formuyushchego bloka pressa dlya polucheniya korneplodno-zernovykh granul [Justification of the parameters of the pressing-forming block of the press for obtaining root crops-grain granules]. *Dal'nevostochnyy agrarnyy vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin.* 2023; 17; 3: 77–87. (in Russ.). doi: 10.22450/19996837\_2023\_3\_77.

**Введение.** На основе проведенного анализа установлено, что высокой питательной ценностью (содержат β-каротин и др.) обладают так называемые «сочные корма», в состав которых входят корнеклубнеплоды (морковь, свекла, тыква, арбузы кормовые, кочаны капусты и т. д.).

В тоже время высокой кормовой ценностью (содержат белки, витамин Е, витамины группы В и другие биологически активные вещества) обладают зерно-

вые и зернобобовые культуры (пшеница, ячмень, кукуруза, соя, горох и др.), называемые концентрированными кормовыми продуктами.

Анализ существующих технологических схем трансформации исходного сырья в готовые продукты [1–5] показал, что возможность использования корнеклубнеплодов без дорогостоящих хранилищ ограничена по времени двумя месяцами – в сентябре и в октябре. В остальное время

года они замораживаются и используются в очень ограниченных количествах или же не используются вообще, как показывает практика.

При этом фуражное зерно может использоваться и перерабатываться в продукты кормового назначения круглогодично.

В качестве существенного недостатка здесь необходимо выделить большую загрязненность помещений мучной пылью.

На наш взгляд, исключить недостатки, присущие традиционным способам подготовки корнеклубнеплодного и зернобобового сырья, можно путем получения гранулированно-брикетированных корнеплодно-зерновых композиций с помощью специального пресс-гранулятора.

Анализом также установлено, что такого вида технологический процесс и технические средства для его осуществления ранее не предлагались, а потому нет данных для их проектирования и конструирования.

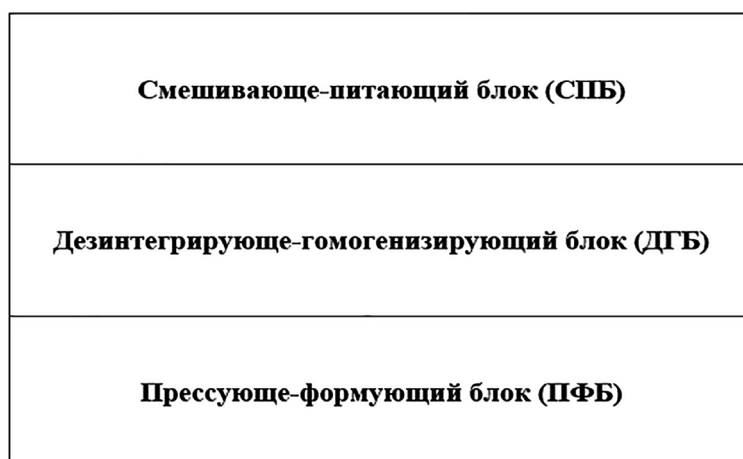
Таким образом, нами констатируется противоречие между стремлением товаропроизводителя повысить эффек-

тивность производства животноводческой и птицеводческой продукции путем использования обладающих высокой питательной и кормовой ценностью сырьевых продуктов в виде корнеклубнеплодов и семян зернобобовых культур, и отсутствием знаний о закономерностях приготовления кормовых продуктов на основе гранулированно-брикетированных корнеплодно-зерновых композиций, что порождает проблемную ситуацию.

**Целью исследования** является обоснование параметров прессующе-формующего блока пресса для получения корнеплодно-зерновых гранул.

Ранее проведенными исследованиями [6–11] установлено, что оптимальной структурно-функциональной схемой пресса для получения гранулированно-брикетированных смесей на основе корнеплодно-зерновых композиций следует признать схему, основными элементами которой являются три функциональных блока (рис. 1).

Из рисунка видно, что определяющим фактором, от которого зависит конечное качество получаемого продукта (гранул, брикетов), являются параметры



**Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема пресса для получения гранулированно-брикетированных смесей на основе корнеплодно-зерновых композиций**

**Figure 1 – Structural and functional diagram of the press for the production of granular-briquetted mixtures based on root crops-grain compositions**

работы прессующе-формуемого блока (ПФБ) пресса.

**Материалы и методы исследований.** При проведении экспериментальных исследований в качестве управляемых факторов приняты:

- 1) угловая скорость ножа –  $\omega_n$ , с<sup>-1</sup>;
- 2) длина канала –  $l^c$ , мм;
- 3) толщина стенки брикета –  $\Delta d$ , мм.

В качестве критериев оптимизации использованы:

- 1)  $\theta$  – однородность, %;
- 2) Пр – прочность гранул, %;
- 3)  $N_g$  – энергоёмкость, (Вт·ч)/кг.

**Результаты исследований и их об-суждение.** В результате поисковых опы-тов определены уровни варьирования ука-занными факторами для зависимостей:

$$Y_{4-6} = f(l^c; \Delta d; \omega_n) \rightarrow opt$$

В таблице 1 представлены факторы процесса и уровни их варьирования.

В таблице 2 дана матрица планиро-вания трехфакторного эксперимента и его результаты по 15 опытам.

После реализации эксперимента по матрице планирования (табл. 2) и получе-ния данных проведена их обработка, что отражено в таблицах 3, 4.

**Таблица 1 – Факторы и уровни варьирования для процесса формования**

**Table 1 – Factors and levels of variation for the molding process**

Уровни варьирования	$X_1/l^c$ , мм	$X_2/\Delta d$ , мм	$X_3/\omega_n$ , с <sup>-1</sup>
Верхний уровень (+)	40,0	14,0	10,5
Основной уровень (0)	30,0	12,0	9,5
Нижний уровень (-)	20,0	10,0	9,0
Интервал варьирования (E)	10,0	2,0	0,5

**Таблица 2 – Матрица планирования эксперимента и результаты опытов**

**Table 2 – Experiment planning matrix and experiment results**

Номер опыта	Факторы в безразмерной системе координат			Факторы в натуральном масштабе			Выходной параметр		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1/l^c$	$X_2/\Delta d$	$X_3/\omega_n$	$Y_4/\theta_r$	$Y_5/Пр$	$Y_6/N_g$
1	-1	-1	1	20,0	10,0	10,0	86,0	77,0	42,4
2	1	-1	-1	40,0	10,0	9,0	81,0	76,0	40,5
3	-1	1	-1	20,0	14,0	9,0	86,0	78,0	43,0
4	1	1	1	40,0	14,0	10,0	77,0	84,0	45,8
5	0	-1	-1	20,0	10,0	9,0	73,0	70,0	41,3
6	1	-1	1	40,0	10,0	10,0	81,0	89,0	43,6
7	0	1	1	20,0	14,0	10,0	93,0	77,0	40,9
8	1	1	-1	40,0	14,0	9,0	78,0	79,0	46,7
9	-1,215	0	0	17,85	12,0	9,5	97,0	73,0	42,0
10	+1,215	0	0	42,51	12,0	9,5	91,0	85,0	45,3
11	0	-1,215	0	30,0	9,57	9,5	92,0	78,0	40,2
12	0	+1,215	0	30,0	14,502	9,5	89,0	88,0	40,0
13	0	0	-1,215	30,0	12,0	8,8745	92,0	89,0	39,4
14	0	0	+1,215	30,0	12,0	10,1255	95,0	93,0	38,0
15	0	0	0	30,0	12,0	9,5	96,5	95,0	35,08

**Таблица 3 – Регрессионный анализ зависимости  $Y_{4-6} = f(X_1; X_2; X_3) \rightarrow \max$**   
**Table 3 – Regression analysis of the dependence  $Y_{4-6} = f(X_1; X_2; X_3) \rightarrow \max$**

Критерий	Стандартное отклонение	Коэффициент корреляции	Коэффициент детерминации	F-критерий	Значимость F-критерия (P=0,95)
$Y_4 \rightarrow \max$	0,822	0,968	0,96	8,18	0,02
$Y_5 \rightarrow \max$	0,811	0,966	0,933	7,69	0,02
$Y_6 \rightarrow \min$	0,766	0,957	0,916	6,10	0,03

**Таблица 4 – Результаты регрессионного анализа**  
**Table 4 – Regression analysis results**

Критерий	$a_0$	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_{12}$	$a_{13}$	$a_{23}$	$a_{11}$	$a_{22}$	$a_{33}$	Заключение об адекватности	
											$F_R$	$F_T$
$Y_4$	100,6	-2,52	0,92	2,04	-3,38	-2,63	-0,88	-5,21	-7,60	-5,39	8,18	3,59
$Y_5$	92,19	3,77	1,71	2,60	-1,25	1,50	-2	-8,11	-5,43	-0,22	7,69	3,59
$Y_6$	36,97	1,15	0,74	-	1,02	0,40	-0,90	3,97	1,61	0,71	6,10	3,59

На основе проведенной математической обработки экспериментальных данных получены математические модели, характеризующие процесс приготовления гомогенизированной-формованной смеси, которые после отсеивания незначимых коэффициентов имеют вид:

1) в кодированной форме представлены выражения (1)–(3);

2) в раскодированной форме даны в виде выражений (4)–(6).

$$Y_4 = 100,6 - 2,52 \cdot X_1 + 0,92 \cdot X_2 + 2,04 \cdot X_3 - 3,38 \cdot X_1 \cdot X_2 - 2,63 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,88 \cdot X_2 \cdot X_3 - 5,21 \cdot X_1^2 - 7,6 \cdot X_2^2 - 5,39 X_3^2 \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$Y_5 = 92,19 + 3,77 \cdot X_1 + 1,71 \cdot X_2 + 2,60 \cdot X_3 - 1,25 \cdot X_1 \cdot X_2 + 1,5 \cdot X_1 \cdot X_3 - 2 \cdot X_2 \cdot X_3 - 8,11 \cdot X_1^2 - 5,43 \cdot X_2^2 - 0,22 \cdot X_3^2 \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$Y_6 = 36,97 + 1,15 \cdot X_1 + 0,74 \cdot X_2 + 1,02 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,4 \cdot X_1 \cdot X_3 - 0,9 \cdot X_2 \cdot X_3 + 3,97 \cdot X_1^2 + 1,61 \cdot X_2^2 + 0,71 \cdot X_3^2 \rightarrow \min \quad (3)$$

$$\theta_T = -2513,59 + 9,89l_c + 59,46 \cdot \Delta d + 440,16 \cdot \omega - 0,17l_c \cdot \Delta d - 0,53 \cdot l_c \cdot \omega - 0,88 \cdot \Delta d \cdot \omega - 0,05l_c^2 - 1,9\Delta d^2 - 21,57\omega^2 \rightarrow \text{opt}, \quad (4)$$

$$P_p = -493,1 + 3,15 \cdot l_c + 54,34 \cdot \Delta d - 0,06 \cdot l_c \cdot \Delta d + 0,3 \cdot l_c \cdot \omega - 2 \cdot \Delta d \cdot \omega - 0,08 \cdot l_c^2 - 1,36 \cdot \Delta d^2 \rightarrow \max, \quad (5)$$

$$N'_{yd} = 320,37 - 3,64 \cdot l_c - 46 \cdot \omega + 0,05 \cdot l_c \cdot \Delta d + 0,08 \cdot l_c \cdot \Delta d - 0,9 \cdot \Delta d \cdot \omega + 0,04 \cdot l_c^2 + 0,4 \cdot \Delta d^2 + 2,86 \cdot \omega^2 \rightarrow \min \quad (6)$$

Адекватность полученных моделей по результатам регрессионного анализа, с вероятностью 0,95, при коэффициентах корреляции  $R_4=0,968$ ,  $R_5=0,966$  и  $R_6=0,957$  подтверждается неравенством  $F_R > F_T$  (табл. 4).

Достоверность моделей также оценивается по уровню значимости критерия Фишера, который должен быть меньше 0,05. Так как  $P_4=0,02$ ,  $P_5=0,02$  и  $P_6=0,03$ , это означает, что полученные модели значимы.

Степень точности описания моделью этого процесса также характеризует коэффициент детерминации ( $R^2$ ). Поскольку данный коэффициент находится в пределах выше 0,8–0,95 (табл. 3), то можно также говорить о высокой точности аппроксимации (модель хорошо описывает явление).

В таблице 5 приведены области экстремальных значений факторов  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$ , при которых критерии оптимизации  $Y_{4-6}$  стремятся к оптимальному значению.

На основе этих данных выполнена графическая интерпретация полученных зависимостей в виде поверхностей и их сечений (рис. 2–10).

Таблица 5 – Области экстремальных значений

Table 5 – Areas of extreme values

Критерий	$X_1/t^c$ , мм	$X_2/\Delta d$ , мм	$X_3/\omega_n$ , с <sup>-1</sup>	$Y_{4-6}$
$Y_4 \rightarrow max$	0,35/30,0	0,38/12,7	0,58/9,9	96,5/96,4
$Y_5 \rightarrow max$	0,35/30,0	0,29/12,0	1,12/9,7	95,0/95,0
$Y_6 \rightarrow max$	0/30,0	0/12,0	0,03/9,5	36,9/36,4

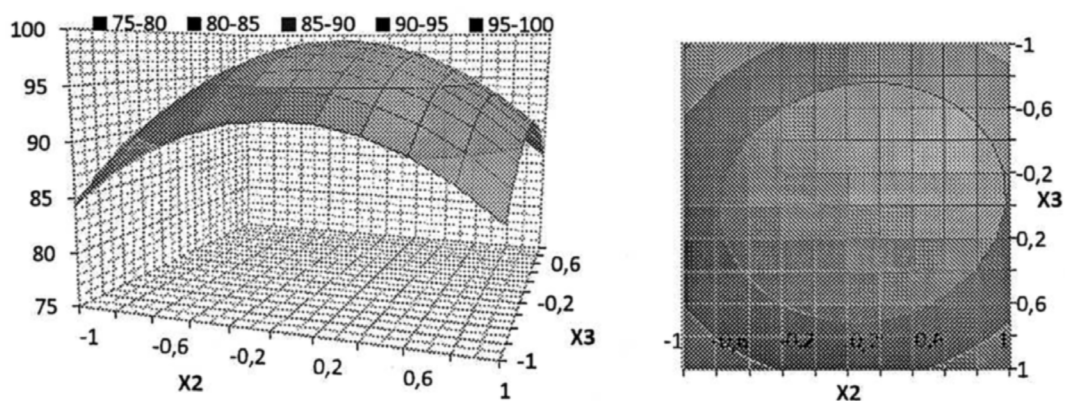


Рисунок 2 – Поверхность отклика  $Y_4 = f(X_1 = 0,35; X_2; X_3) \rightarrow max$  и ее сечения  
 Figure 2 – Response surface  $Y_4 = f(X_1 = 0,35; X_2; X_3) \rightarrow max$  and its sections

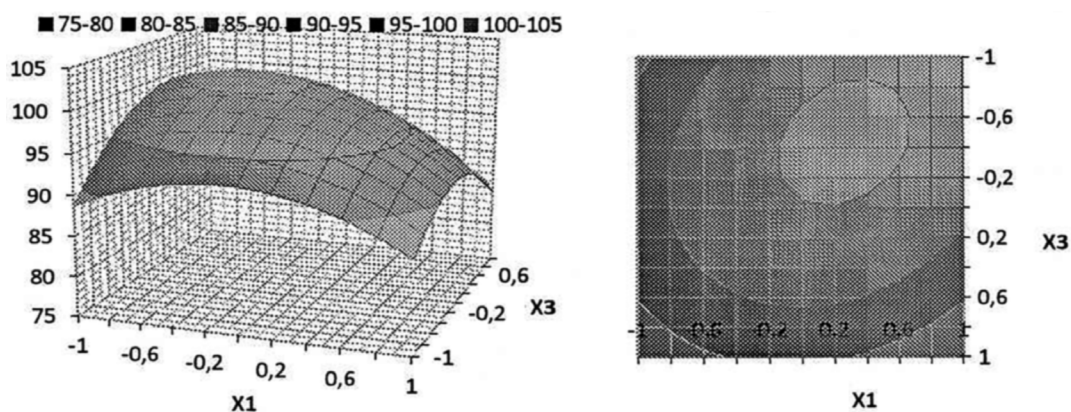


Рисунок 3 – Поверхность отклика  $Y_4 = f(X_1; X_2 = 0,38; X_3) \rightarrow max$  и ее сечения  
 Figure 3 – Response surface  $Y_4 = f(X_1; X_2 = 0,38; X_3) \rightarrow max$  and its sections

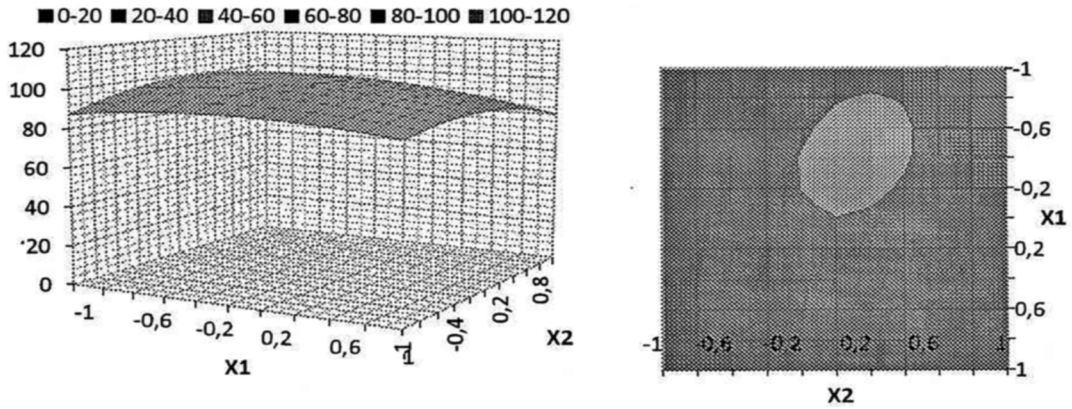


Рисунок 4 – Поверхность отклика  $Y_4 = f(X_1; X_2; X_3 = 0,58) \rightarrow \max$  и ее сечения  
 Figure 4 – Response surface  $Y_4 = f(X_1; X_2; X_3 = 0,58) \rightarrow \max$  and its sections

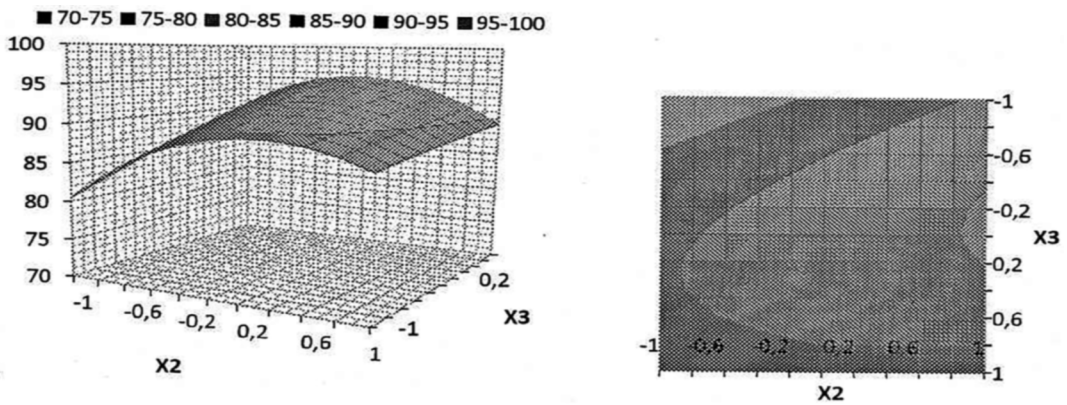


Рисунок 5 – Поверхность отклика  $Y_5 = f(X_1 = 0,35; X_2; X_3) \rightarrow \max$  и ее сечения  
 Figure 5 – Response surface  $Y_5 = f(X_1 = 0,35; X_2; X_3) \rightarrow \max$  and its sections

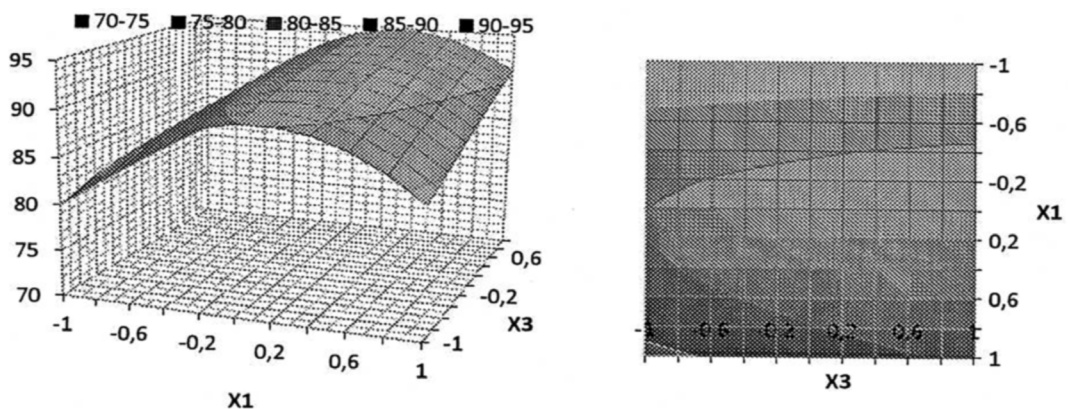


Рисунок 6 – Поверхность отклика  $Y_5 = f(X_1; X_2 = 0,29; X_3) \rightarrow \max$  и ее сечения  
 Figure 6 – Response surface  $Y_5 = f(X_1; X_2 = 0,29; X_3) \rightarrow \max$  and its sections

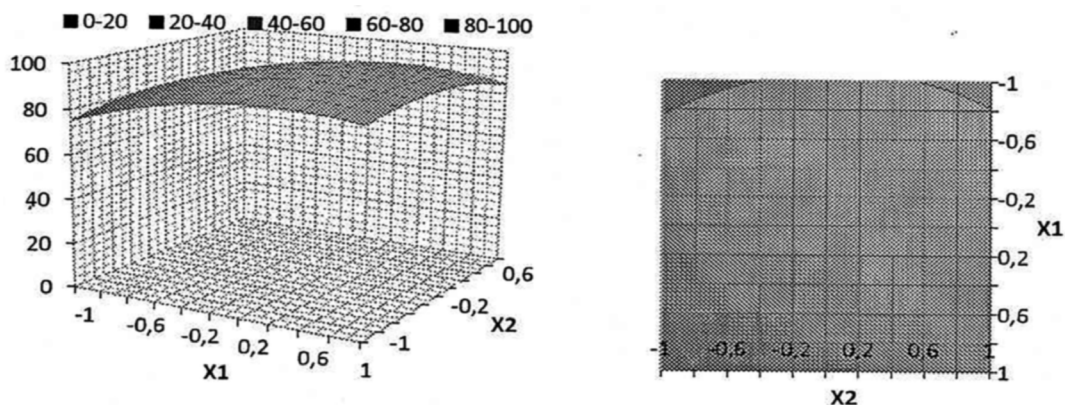


Рисунок 7 – Поверхность отклика  $Y_5 = f(X_1; X_2; X_3 = 1, 12) \rightarrow \max$  и ее сечения  
 Figure 7 – Response surface  $Y_5 = f(X_1; X_2; X_3 = 1, 12) \rightarrow \max$  and its sections

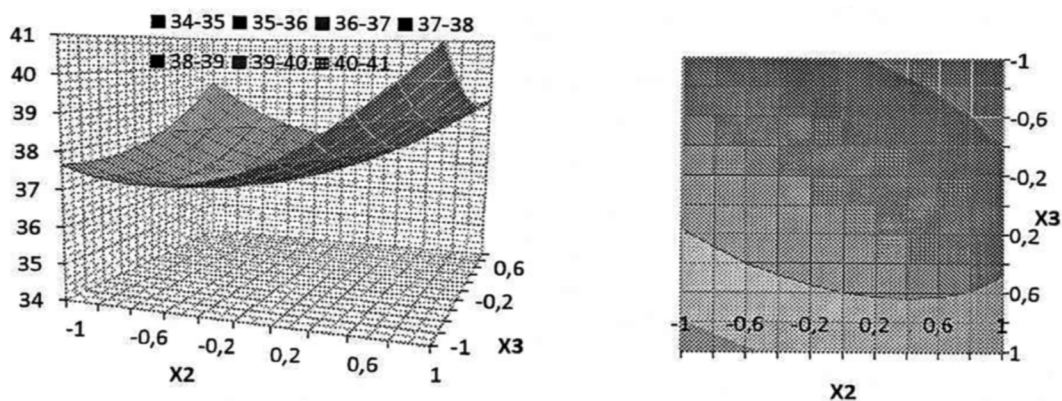


Рисунок 8 – Поверхность отклика  $Y_6 = f(X_1 = 0; X_2; X_3) \rightarrow \min$  и ее сечения  
 Figure 8 – Response surface  $Y_6 = f(X_1 = 0; X_2; X_3) \rightarrow \min$  and its sections

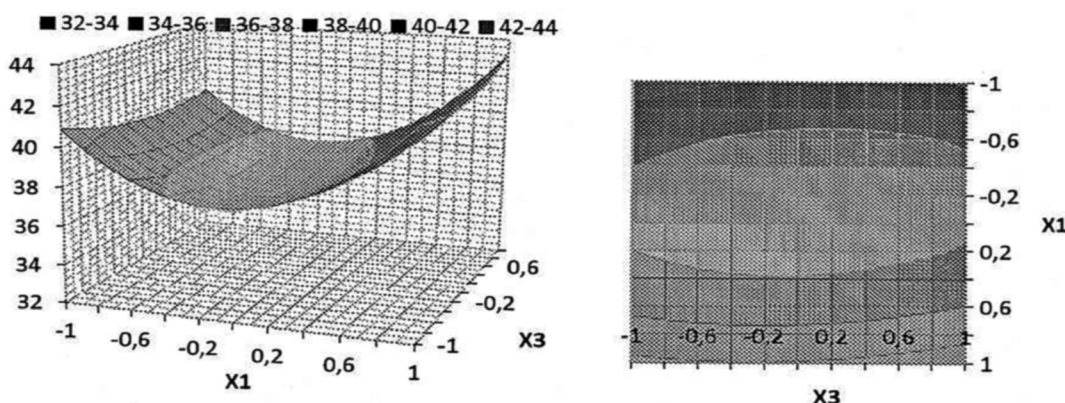
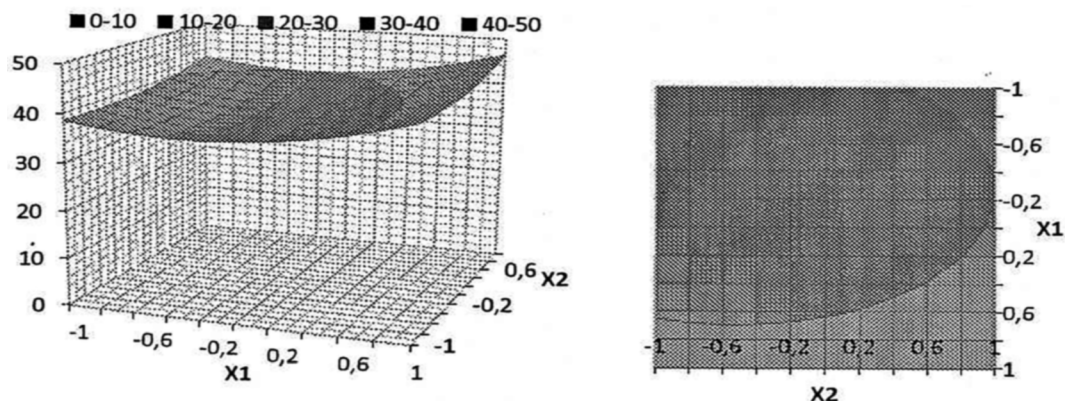


Рисунок 9 – Поверхность отклика  $Y_6 = f(X_1; X_2 = 0; X_3) \rightarrow \min$  и ее сечения  
 Figure 9 – Response surface  $Y_6 = f(X_1; X_2 = 0; X_3) \rightarrow \min$  and its sections





**Рисунок 10 – Поверхность отклика  $Y_6 = f(X_1; X_2; X_3 = 0,03) \rightarrow \min$  и ее сечения**  
**Figure 10 – Response surface  $Y_6 = f(X_1; X_2; X_3 = 0,03) \rightarrow \min$  and its sections**

**Заключение.** 1. В результате экспериментальных исследований параметров работы прессующе-формующего блока прессы нами построены математические модели, адекватно описывающие процесс получения продукта в прессованном виде.

2. Обоснованы оптимальные значения прессующе-формующего блока прессы как одного из значимого элемента трехблочной структурно-функциональной системы:

угловая скорость ножей – 9,5–9,9 с<sup>-1</sup>;

толщина стенки цилиндрического брикета – 12,0 мм;

длина отверстия матрицы – 30 мм.

3. Показатели качества готового продукта находятся в пределах зоотехнических требований – с влажностью равной 8–10 % и прочностью свыше 95 %. При этом энергоемкость процесса получения формованного углеводно-витаминного продукта составляет 3,64 (Вт·ч)/кг с учетом степени измельчения, которая достигает 8,4.

### Список источников

1. Dotsenko S. M., Kryuchkova L. G., Burmaga A. V. Development of technology for the production of multicomponent feed supplement // International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies. 2020. Vol. 11. No. 6. P. 11A06B. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.102.

2. Доценко С. М., Школьников П. Н., Ковалева Л. А., Школьников М. А. Обоснование технологических подходов к повышению эффективности системы приготовления кормовых продуктов // АгроЭкоИнфо. 2022. № 2. EDN: CBCCIN.

3. Патент № 2514309/C1 Российская Федерация. Способ приготовления белково-витаминного кормового продукта : № 2018114603 : заявл. 16.10.2012 : опубл. 10.10.2014 / Доценко С. М., Воякин С. Н. Бюл. № 28. 6 с.

4. Galler J. Auswertug von Fufferanalysen // Prakt. Landtechn. 1997. Vol. 45. No. 2. P. 21–22.

5. Бурмага А. В., Винокуров С. А. Технология получения продуктов на основе соево-растительных композиций // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы междунар. науч.-практ. конф. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2017. С. 232–234.

6. Воякин С. Н., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Влияние основных конструктивно-технологических параметров измельчителя-пастоизготовителя на энергоэффективность приготовления кормов // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. № 3 (59). С. 72–77. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-3-72-77.

7. Колесников Д. А., Воякин С. Н., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Исследования по оптимизации процесса извлечения питательных веществ из кормовых композиций // Дальневосточный аграрный вестник. 2023. Т. 17. № 1. С. 103–110. DOI: 10.22450/19996837\_2023\_1\_103.

8. Колесников Д. А., Воякин С. Н., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Результаты исследований по обоснованию конструктивно-технологических параметров отжимающе-прессующего узла при получении кормового продукта // *АгроЭкоИнфо*. 2022. № 2. DOI: <https://doi.org/10.51419/202122227>.

9. Патент № 2770859/С2 Российская Федерация. Способ получения пастообразного продукта : № 2020125223 : заявл. 21.07.2020 : опубл. 22.04.2022 / Доценко С. М., Школьников П. Н., Крючкова Л. Г., Чубенко А. В. Бюл. № 12. 7 с.

10. Доценко С. М., Школьников П. Н., Ковалева Л. А., Школьникова М. А. Обоснование технологических подходов к получению качественных гранулятов на основе бинарных композиций // *АгроЭкоИнфо*. 2022. № 2. EDN: NNSJZK.

11. Бурмага А. В., Курков Ю. Б., Самуйло В. В., Панова Е. В., Чубенко А. В., Винокуров С. А. Математическая модель оценки качества процесса получения увлажненно-обогащенного зернового сырья // *АгроЭкоИнфо*. 2022. № 4. DOI: <https://doi.org/10.51419/202124413>.

### References

1. Dotsenko S. M., Kryuchkova L. G., Burmaga A. V. Development of technology for the production of multicomponent feed supplement. *International Transaction Journal of Engineering, Management and Applied Sciences and Technologies*, 2020; 11; 6: 11A06B. DOI: 10.14456/ITJEMAST.2020.102.

2. Dotsenko S. M., Shkol'nikov P. N., Kovaleva L. A., Shkol'nikova M. A. Obosnovanie tekhnologicheskikh podkhodov k povysheniyu effektivnosti sistemy prigotovleniya kormovykh produktov [Substantiation of technological approaches to improve the efficiency of the feed products preparation system]. *AgroEkoInfo*, 2022; 2. EDN: CBCCIN (in Russ.).

3. Dotsenko S. M., Voyakin S. N. Sposob prigotovleniya belkovo-vitaminogo kormovogo produkta [Method for preparing a protein-vitamin feed product]. *Patent RF, no. 2514309/C1 patenton.ru 2014* Retrieved from <https://patenton.ru/patent/RU2530510C2> (Accessed 20 April 2023) (in Russ.).

4. Galler J. Auswertug von Fufferanalysen. *Prakt. Landtechn*, 1997; 45; 2: 21–22.

5. Burmaga A. V., Vinokurov S. A. Tekhnologiya polucheniya produktov na osnove soevo-rastitel'nykh kompozitsii [Technology for obtaining products based on soy-vegetable compositions]. *Proceedings from Agro-industrial complex: problems and prospects of development: Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya – International Scientific and Practical Conference*. (PP. 232–234), Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2017 (in Russ.).

6. Voyakin S. V., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Vliyanie osnovnykh konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov izmel'chitelya-pastoizgotovitelya na energoeffektivnost' prigotovleniya kormov [Influence of basic constructive and technological parameters of the shredder-mix producer on energy efficiency of feed preparation]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2021; 3 (59): 72–77. DOI: 10.24412/1999-6837-2021-3-72-77 (in Russ.).

7. Kolesnikov D. A., Voyakin S. N., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Issledovaniya po optimizatsii protsessa izvlecheniya pitatel'nykh veshchestv iz kormovykh kompozitsii [Research on the optimization of the process of extracting nutrients from feed compositions]. *Dal'nevostochnyi agrarnyi vestnik. – Far Eastern Agrarian Bulletin*, 2023; 17; 1: 103–110. DOI: 10.22450/19996837\_2023\_1\_103 (in Russ.).

8. Kolesnikov D. A., Voyakin S. N., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Rezul'taty issledovaniya po obosnovaniyu konstruktivno-tekhnologicheskikh parametrov otzhimayushche-pressuyushchego uzla pri poluchenii kormovogo produkta [The results of research on the substantiation of the design and technological parameters of the squeezing-pressing unit when receiving a feed product]. *AgroEkoInfo*, 2022; 2 DOI: <https://doi.org/10.51419/202122227> (in Russ.).

9. Dotsenko S. M., Shkol'nikov P. N., Kryuchkova L. G., Chubenko A. V. Sposob polucheniya pastoobraznogo produkta [Method for obtaining a pasty product]. *Patent RF, no. 2770859/C2 yandex.ru/patents 2022* Retrieved from [https://yandex.ru/patents/doc/RU2770859C2\\_20220422](https://yandex.ru/patents/doc/RU2770859C2_20220422) (Accessed 20 April 2023) (in Russ.).

10. Dotsenko S. M., Shkol'nikov P. N., Kovaleva L. A., Shkol'nikova M. A. Obosnovanie tekhnologicheskikh podkhodov k polucheniyu kachestvennykh granulyatov na osnove binarnykh

kompozitsii [Substantiation of technological approaches to obtaining high-quality granulates based on binary compositions]. *AgroEkoInfo*, 2022; 2. EDN: NNSJZK (in Russ.).

11. Burmaga A. V., Kurkov Yu. B., Samuilo V. V., Panova E. V., Chubenko A. V., Vinokurov S. A. Matematicheskaya model' otsenki kachestva protsessa polucheniya uvlazhnenno-obogashchennogo zernovogo syr'ya [Mathematical model for assessing the quality of the process of obtaining moistened-enriched grain raw materials]. *AgroEkoInfo*, 2022; 4. DOI: <https://doi.org/10.51419/202124413> (in Russ.).

© Бурмага А. В., Чубенко А. В., Самуйло В. В., Курков Ю. Б., Винокуров С. А., 2023

Статья поступила в редакцию 07.08.2023; одобрена после рецензирования 30.08.2023; принята к публикации 07.09.2023.

The article was submitted 07.08.2023; approved after reviewing 30.08.2023; accepted for publication 07.09.2023.

### **Информация об авторах**

**Бурмага Андрей Владимирович**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой транспортно-энергетических средств и механизации АПК, Дальневосточный государственный аграрный университет, [burmaga@mail.ru](mailto:burmaga@mail.ru);

**Чубенко Александр Викторович**, аспирант, Дальневосточный государственный аграрный университет;

**Самуйло Виктор Вацлавович**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации и ремонта транспортно-технологических машин и комплексов, Дальневосточный государственный аграрный университет;

**Курков Юрий Борисович**, доктор технических наук, профессор кафедры техносферной безопасности и природообустройства, Дальневосточный государственный аграрный университет;

**Винокуров Сергей Александрович**, преподаватель кафедры бронетанкового вооружения и техники, Дальневосточное высшее общевойсковое командное училище имени Маршала Советского Союза К. К. Рокоссовского, [sergeivinokurov1978@mail.ru](mailto:sergeivinokurov1978@mail.ru)

### **Information about authors**

**Andrei V. Burmaga**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Transport and Energy Facilities and Mechanization of Agriculture, Far Eastern State Agrarian University, [burmaga@mail.ru](mailto:burmaga@mail.ru);

**Aleksandr V. Chubenko**, Postgraduate Student, Far Eastern State Agrarian University;

**Viktor V. Samuilo**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Operation and Repair of Transport and Technological Machines and Complexes, Far Eastern State Agrarian University;

**Yurii B. Kurkov**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technosphere Safety and Environmental Management, Far Eastern State Agrarian University;

**Sergei A. Vinokurov**, Lecturer of the Department of Armored Weapons and Equipment, Far Eastern Higher Combined Arms Command School named after Marshal of the Soviet Union K. K. Rokossovsky, [sergeivinokurov1978@mail.ru](mailto:sergeivinokurov1978@mail.ru)

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

**Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.**

**The authors declare no conflicts of interests.**