

ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

PROCESSES AND MACHINERY OF AGRO-ENGINEERING SYSTEMS

УДК 631.1i71:636.08

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-4-165-172

**Результаты исследований по получению
кормового продукта для молодняка сельскохозяйственных животных****Дмитрий Александрович Колесников¹, Сергей Николаевич Воякин²,
Сергей Васильевич Щитов³, Евгений Евгеньевич Кузнецов⁴,**^{1,2,3,4} Дальневосточный государственный аграрный университет,
Амурская область, Благовещенск, Россия¹ kda1977savitinsk@mail.ru, ² vsnl77@yandex.ru, ³ shitov.sv1955@mail.ru,⁴ ji.tor@mail.ru

Аннотация. В статье приводятся результаты исследований, которые посвящены повышению эффективности кормления молодняка сельскохозяйственных животных при мелкотоварном производстве с использованием местного сырья требуемого качества. Полноценное кормление является одним из основных путей повышения продуктивности сельскохозяйственных животных, увеличения продукции и снижения ее себестоимости. Этого можно добиться лишь путём применения сбалансированных по питательным веществам рационов, содержащих высокобелковые, минеральные и витаминные компоненты. К таким компонентам относятся соя и её производные, которые содержат в себе большое количество белка, углеводов и микроэлементов, минеральные соли, небелковые азотистые соединения, витамины, гормоны, иммунные тела и органические кислоты, которые так необходимы для правильного кормления молодняка. Для условий Амурской области этот вопрос особенно актуален по ряду причин: большой объём производства сои (до 40 процентов от общего объёма производства в России), отдалённость от основных производителей корма для молодняка сельскохозяйственных животных, что резко повышает затраты на процесс кормления. Другим немаловажным обстоятельством использования производных сои («соевого молока») в кормлении молодняка сельскохозяйственных животных является зоотехническая и экономическая целесообразность. Поэтому решение вышеобозначенных проблем найдено за счёт создания инновационной технологической линии и технических средств для эффективного извлечения белковых и других питательных веществ из семян сои с целью получения так называемого «соевого молока» и его использования в качестве заменителя цельного молока для полнорационного кормления животных.

Ключевые слова: соя, «соевое молоко», кормление, молодняк сельскохозяйственных животных, процесс приготовления

Для цитирования: Колесников Д. А., Воякин С. Н., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е. Результаты исследований по получению кормового продукта для молодняка сельскохозяйственных животных // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 4 (60). С. 165–172. doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-165-172.

Results of research on obtaining fodder product for young farm animals**Dmitriy A. Kolesnikov¹, Sergey N. Voyakin²,
Sergey V. Shchitov³, Evgeniy E. Kuznetsov⁴**^{1,2,3,4} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia¹ kda1977savitinsk@mail.ru, ² vsnl77@yandex.ru, ³ shitov.sv1955@mail.ru,⁴ ji.tor@mail.ru

Abstract. The article presents the results of studies that are devoted to efficiency increasing of young farm animals feeding in small-scale production using local raw materials of the required quality. Complete feeding is one of the main ways to increase the productivity of farm animals, to enhance production and reduce production cost. This can only be achieved through the use of nu-

trititionally balanced diets containing high protein, mineral and vitamin components. Such components include soy and its derivatives, which contain a large amount of protein, carbohydrates and trace elements, mineral salts, non-protein nitrogenous compounds, vitamins, hormones, immune bodies and organic acids, which are so necessary for proper feeding of young farm animals. For the conditions of the Amur Region, this issue is especially relevant for a number of reasons: a large volume of soybean production (up to 40 percent of the total volume of its production in Russia), remoteness from the main producers of feed for young livestock, which sharply increases costs on the feeding process. Another important circumstance for the use of soybean derivatives ("soy milk") in young farm animals feeding is zootechnical and economic feasibility. Therefore, a solution to the above problems has been found through the creation of innovative technological line and technical means for the effective extraction of protein and other nutrients from soybean seeds in order to obtain the so-called "soy milk" and its use as a substitute for whole milk for complete feeding of animals.

Keywords: soybeans, «soy milk», feeding, young farm animals, cooking process

For citation: Kolesnikov D. A., Voyakin S. N., Shchitov S. V., Kuznetsov E. E. Results of research on obtaining fodder product for young farm animals. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik* = *Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 4 (60): 165–172. (In Russ.). doi: 10.24412/1999-6837-2021-4-165-172.

Введение. При интенсивном росте молодняка сельскохозяйственных животных, во время его откорма огромное внимание необходимо уделять качеству кормов [1]. На сегодняшний день такими продуктами кормления могут быть обезжиренное молоко и молочная сыворотка, а также пахта, которые составляют ценное вторичное сырьё для производства различных продуктов питания и кормов [3, 4]. При этом сыворотку получают при производстве сыра, творога и казеина, пахту – при получении масла, а обезжиренное молоко – при переработке молока в сливки.

Известно, что наиболее ценными компонентами вторичного молочного сырья являются липиды, углеводы и белки, а также минеральные соли, небелковые азотистые соединения, витамины, гормоны, иммунные тела и органические кислоты. Поэтому поиск новых способов альтернативной замены приведенных выше продуктов кормления является актуальной задачей.

Одним из таких продуктов кормления является так называемое «соевое молоко», которое представляет собой водно-белково-липидную дисперсную систему, концентрация питательных веществ которой зависит от исходного значения гидромодуля (соотношения воды и семян сои, при измельчении последних в водной среде), степени измельчения и продолжительности экстракционного процесса при таком способе извлечения

питательных веществ в экстрагент (воду), имеющего соответствующую температуру [2, 6].

Цель работы состоит в обосновании способа и параметров устройства для приготовления кормовых продуктов, используемых для кормления молодняка сельскохозяйственных животных.

Условия и методы исследования. В ходе проведения исследований использовались методы аналитического и эмпирического анализа, а также физического и математического моделирования на основе планирования многофакторного эксперимента, а также методы теории вероятностей и математической статистики. Применение данных методов позволило всесторонне и объективно раскрыть искомые зависимости и достоверно установить взаимосвязи, характеризующие процессы извлечения питательных веществ из сырьевых композиций с использованием семян сои.

На принятой основе обоснованы рациональные значения параметров многофункционального устройства для получения альтернативного продукта питания молодняка сельскохозяйственных животных с использованием местного сырья.

Обработка полученных данных выполнялась методами статистического анализа на персональном компьютере с применением программ *KPS* и *Statistika-7*.

Результаты исследований. Как показал анализ технолого-технической системы приготовления продуктов на основе

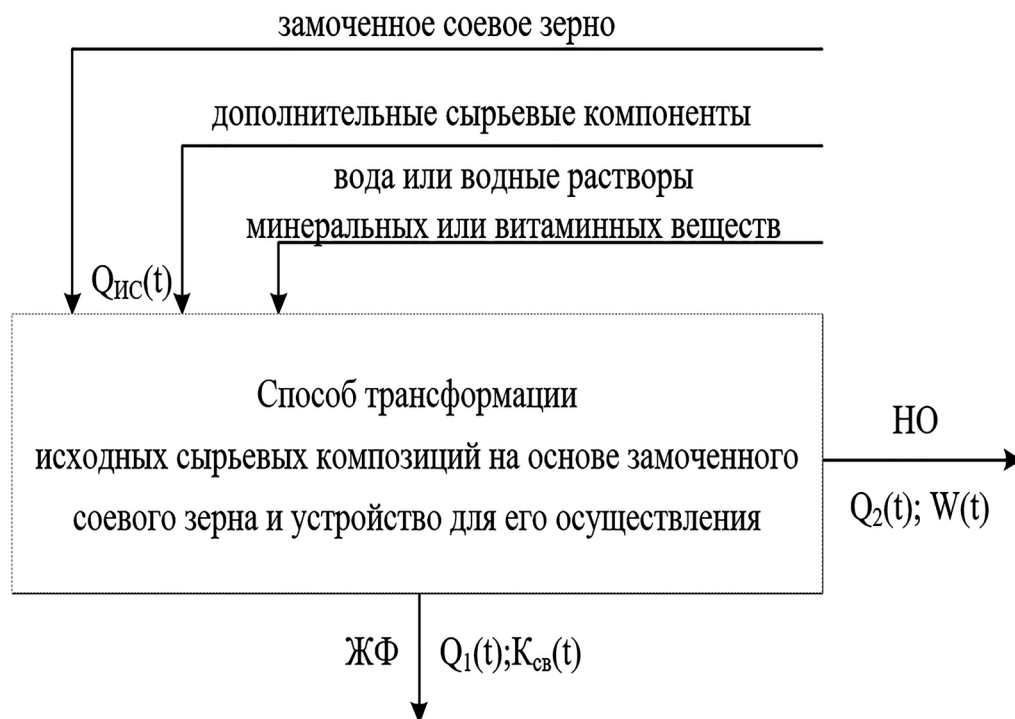


Рисунок 1 – Функциональная схема процесса получения продукта питания молодняка сельскохозяйственных животных на основе сырьевых композиций с использованием замоченного зерна сои

соевых композиций, эта система является сложной и иерархической, трансформирующей исходные сырьевые композиции на два составляющих вида: жидкую фракцию (ЖФ) и нерастворимый остаток (НО) [5]. Таким образом, она представляет собой материальную потоковую систему разветвляющегося типа и трансформирующуюся в пространстве и времени.

Выполненный анализ всех технологических операций, которые входят в линию по приготовлению продуктов на основе соевых композиций, дал возможность разработать функциональную схему получения аналога молока, используемому в кормлении молодняка сельскохозяйственных животных, и концентрата (рис. 1).

При этом установлено, что данная потоковая система разветвляющегося типа характеризуется её пропускной способностью:

- 1) исходного потока – $Q_{ис}(t)$;
- 2) потока жидкой фракции – $Q_1(t)$;
- 3) потока нерастворимого остатка – $Q_2(t)$.

При этом, исходный (входной) поток характеризуется плотностью подаваемой массы исходного сырья в виде композиции, обозначаемой $\rho(t)$, пористостью и влажностью – соответственно $\xi(t)$ и $W(t)$ и т. д.

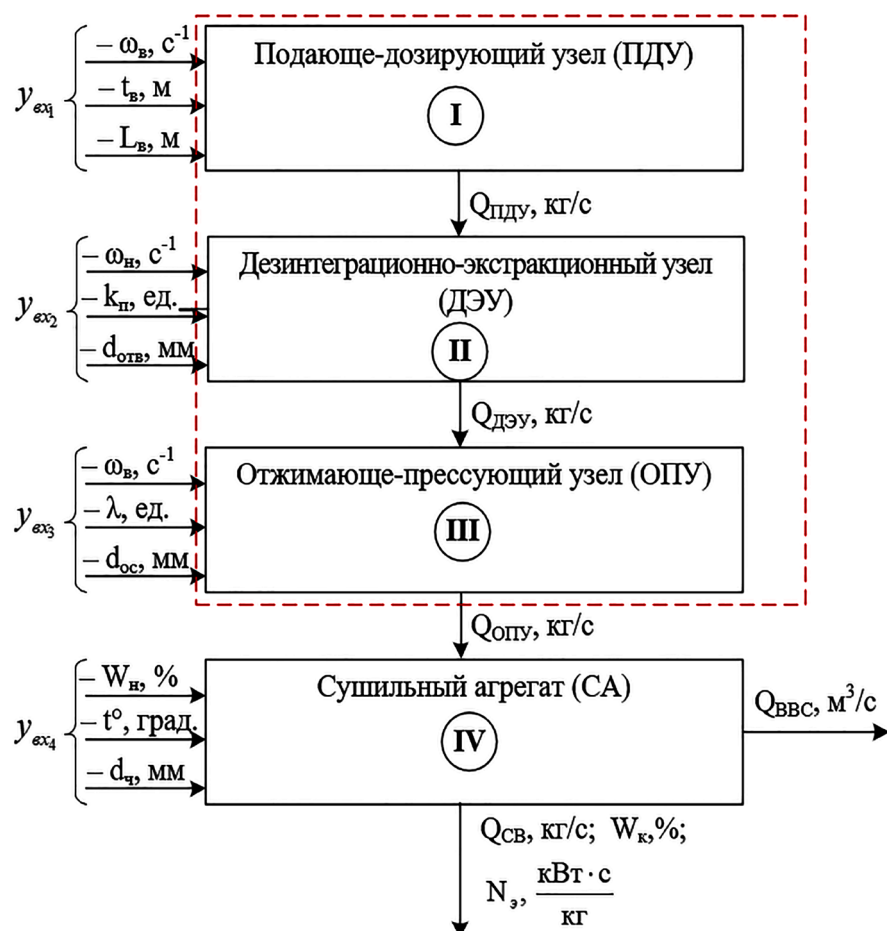
Проведённые исследования позволили разработать структурно-функциональную схему устройства (рис. 2), предназначенного для реализации предложенного способа и представленного на рисунке 1.

Данное устройство представляет собой трёхузловую систему в виде совокупности последовательно связанных узлов:

1. Подающе-дозировочного (ПДУ).
2. Дезинтегрирующе-экстракционного (ДЭУ).
3. Отжимающе-прессующего (ОПУ).

В качестве дополнительного звена рассматриваемой потоковой системы может выступать сушильный агрегат (СА).

Как известно, одним из основных критериев технико-экономической оценки технологических и технических решений инновационного характера, является энергоёмкость (N_j). Данный критерий в



ω_v – угловая скорость винта, c^{-1} ; t_v – шаг винта, м; L_v – длина винта, м;
 k_n – коэффициент «живого сечения» фильтрующего конического корпуса, ед.;
 $d_{отв}$ – диаметр отверстия решетки решеточно-ножевого аппарата, мм;
 λ – степень измельчения, ед.; $d_{ос}$ – диаметр отверстия сопла, мм;
 W_n – начальная влажность нерастворимого остатка, %; t° – температура сушки, $^\circ C$;
 d_χ – характерный размер частиц нерастворимого остатка, мм

Рисунок 2 – Структурно-функциональная схема устройства для реализации предложенного способа получения продукта питания молодняка сельскохозяйственных животных на основе сырьевых композиций замоченного зерна сои

общем виде представляет отношение затрачиваемой мощности на реализацию процесса к производительности технологической линии или устройства, осуществляющего этот процесс, что выражается формулой (1):

$$N_\varepsilon = \frac{N_\Pi}{Q} \quad (1)$$

где N_n – мощность, затрачиваемая на реализацию процесса, кВт·ч;

Q – производительность технологической линии или устройства, осуществляющего процесс, кг.

На основании проведенных теоретических исследований для предлагаемой на рисунке 2 схемы, имеем зависимости (2) и (3):

$$N_{\varepsilon_{жф}} = \frac{N_{зцм}}{Q_{жф} \cdot C}, \quad (2)$$

$$N_{\varepsilon_{но}} = \frac{N_{но}}{Q_{но} \cdot (1 - W)} \quad (3)$$

где $N_{\varepsilon_{жф}}$ – энергоёмкость по жидкой фракции, кВт·ч/кг;

$N_{\varepsilon_{но}}$ – энергоёмкость по нерастворимому остатку, кВт·ч/кг;

$N_{зцм}$ – затраты энергии на получение заменителя цельного молока, кВт;

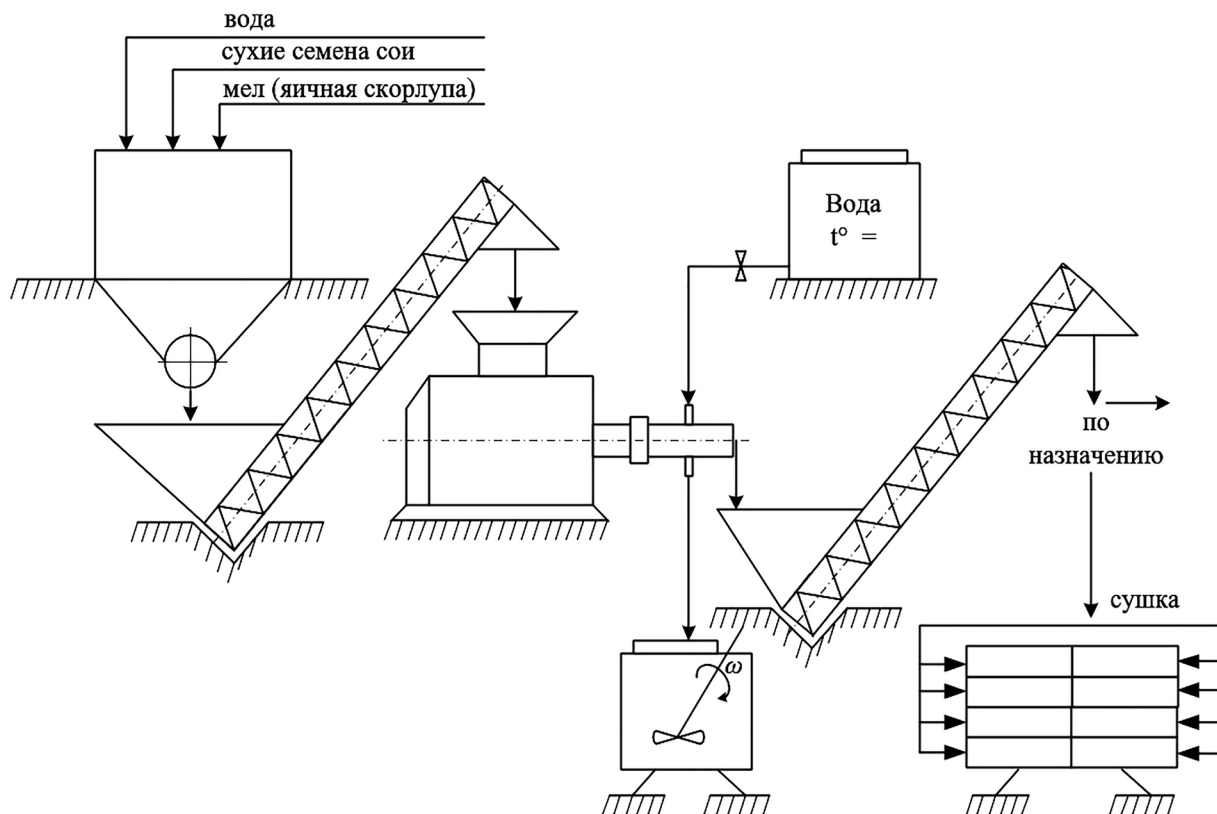


Рисунок 3 – Конструктивно-технологическая схема линии по производству заменителя цельного молока и комбикорма

$Q_{жф}$ – производительность по жидкой фракции, кг/ч;

C – количество питательных веществ, %;

$N_{НО}$ – затраты энергии на получение комбикорма в виде нерастворимого остатка, кВт;

$Q_{НО}$ – производительность по нерастворимому остатку, кг/ч;

W – влажность, %.

Для получения предлагаемого корма было изготовлено устройство, конструктивно-технологическая схема которого представлена на рисунке 3.

В результате проведенных исследований были определены области экс-

тремальных значений факторов α_1 , α_2 и α_3 предлагаемого устройства для соответственно: угловой скорости вращения винта, длины винта и шага винта, при которых энергоёмкость (γ_7) стремится к экстремальному (минимальному) значению. Эти данные отображены в таблице 1.

По значениям таблицы получены зависимости в виде поверхностей и их сечений (рис. 4-6).

Заключение. В результате проведенных исследований были предложены схемы получения кормового продукта для кормления молодняка сельскохозяйственных животных, и определена оптимальная энергоёмкость данного процесса, равная 24,0 кВт·с/кг.

Таблица 1 – Области оптимальных значений

Критерий	$\alpha_1/\omega_b, c^{-1}$	$\alpha_2/K_{ж.с}, ед.$	$\alpha_3/l_k, м$	$\gamma_7, кВт \cdot с/кг$
$\gamma_7 \rightarrow min$	0,0/17,0	0,06/0,5	0,39/0,11	24,0

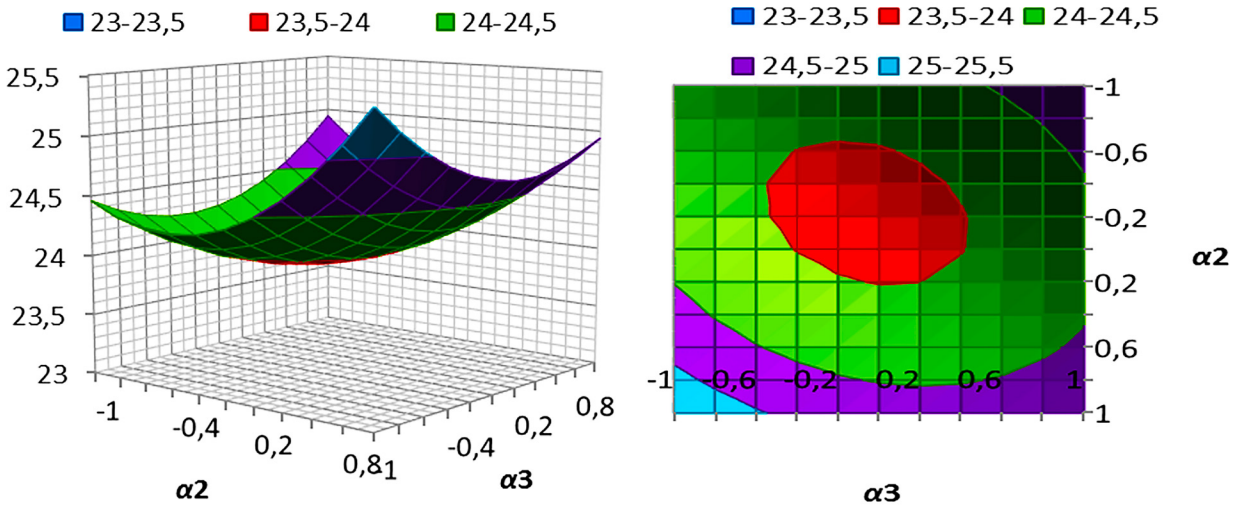


Рисунок 4 – Функциональная зависимость в виде поверхности отклика: $\gamma_7 = f(\alpha_1 = 0; \alpha_2; \alpha_3) \rightarrow \min$ и ее сечения

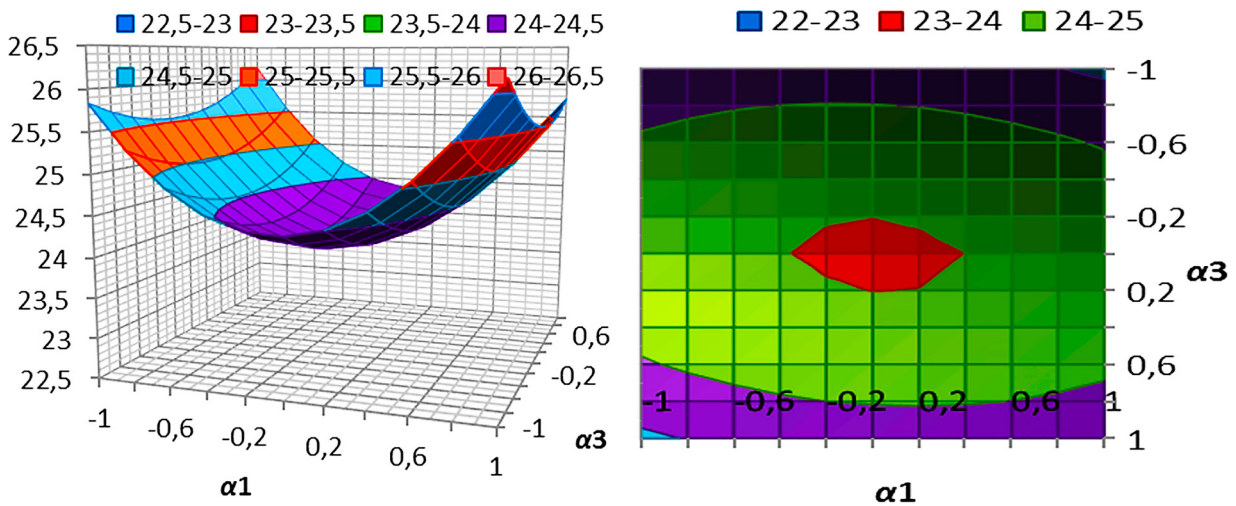


Рисунок 5 – Функциональная зависимость в виде поверхности отклика: $\gamma_7 = f(\alpha; \alpha_2 = 0,06; \alpha_3) \rightarrow \min$ и ее сечения

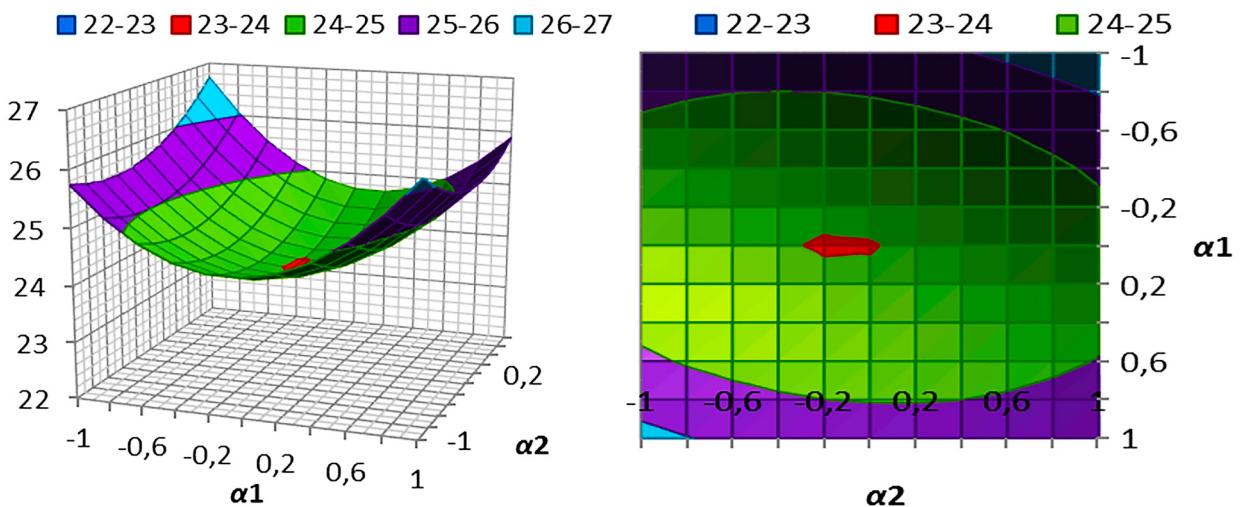


Рисунок 6 – Функциональная зависимость в виде поверхности отклика: $\gamma_7 = f(\alpha; \alpha_2; \alpha_3 = 0,39) \rightarrow \min$ и ее сечения

Список источников

1. Баскакова Н. Растут как на дрожжах! Заменители цельного молока ДенСтарт®, ДенРост® и ДенФиниш® обеспечивают оптимальное питание и рост телят // Животноводство России. 2016. № 7. С. 45.
2. Борсук А. А., Иванов С. А. Рекомендации по производству и использованию соевого заменителя молока. Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2011. 14 с.
3. Новая технология производства заменителей цельного молока / И. И. Горячев, С. Н. Пилук, В. И. Передня [и др.] // Белорусское сельское хозяйство. 2008. № 8. С. 45–47.
4. Подобед Л. И. Заменители молока с соей // Зоотехния. 1990. № 5. С. 49–51.
5. Технология и оборудование для приготовления и использования кормового соевого молока. Рекомендации / В. И. Комлацкий, Л. Ф. Величко, Н. И. Куликова [и др.]. Краснодар, 2001.
6. Kwok K., Niranjana K. Review: Effect of thermal processing on soymilk // International Journal of Food Science and Technology, 2007. Vol. 3 (30). P. 263–295.

References

1. Baskakova N. Rastut kak na drozhzhah! Zameniteli tsel'nogo moloka DenStart®, DenRost® i DenFinish® obespechivayut optimal'noe pitanie i rost teliat [They grow by leaps and bounds! DenStart®, DenRost® and DenFinish® whole milk replacers ensure optimal nutrition and growth of calves]. *Zhivotnovodstvo Rossii. – Animal husbandry of Russia*, 2016; 7: 45 (in Russ.).
2. Borsuk A. A., Ivanov S. A. *Rekomendatsii po proizvodstvu i ispol'zovaniyu soevogo zamenitel'ia moloka [Recommendations for the production and use of soy milk replacer]*, Blagoveshchensk, Dal'nevostochnyj gosudarstvennyj agrarnyj universite, 2011, 14 p. (in Russ.).
3. Goriachev I. I., Pilyuk S. N., Perednia V. I., Timoshuk A. L., Tarasevich A. M., Khrutskiy V. I. Novaia tekhnologiya proizvodstva zameniteley tsel'nogo moloka [New technology for the production of whole milk substitutes]. *Belorusskoe sel'skoe hoziaystvo. – Belarusian agriculture*, 2008; 8: 45–47 (in Russ.).
4. Podobed L. I. Zameniteli moloka s soey [Soy milk substitutes]. *Zootekhniiia. – Zootechny*, 1990; 5: 49–51 (in Russ.).
5. Komlatskiy V. I., Velichko L. F., Kulikova N. I., Smolkin R. V. [et al.]. *Tekhnologiya i oborudovanie dlia prigotovleniia i ispol'zovaniia kormovogo soevogo moloka. Rekomendatsii [Technology and equipment for the preparation and use of feed soy milk. Recommendations]*, Krasnodar, 2001. (in Russ.).
6. Kwok K., Niranjana K. Review: Effect of thermal processing on soymilk. *International Journal of Food Science and Technology*, 2007; 3 (30): 263–295.

© Колесников Д. А., Воякин С. Н., Щитов С. В., Кузнецов Е. Е., 2021

Статья поступила в редакцию 28.09.2021; одобрена после рецензирования 15.10.2021; принята к публикации 06.12.2021.

The article was submitted 28.09.2021; approved after reviewing 15.10.2021; accepted for publication 06.12.2021.

Информация об авторах

Колесников Дмитрий Александрович, соискатель, Дальневосточный государственный аграрный университет, kda1977savitinsk@mail.ru;

Воякин Сергей Николаевич, доктор технических наук, доцент, декан электроэнергетического факультета, Дальневосточный государственный аграрный университет, vsnl77@yandex.ru;

Щитов Сергей Васильевич, доктор технических наук, профессор кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, Дальневосточный государственный аграрный университет, shitov.sv1955@mail.ru;

Кузнецов Евгений Евгеньевич, доктор технических наук, доцент кафедры транспортно-энергетических средств и механизации АПК, Дальневосточный государственный аграрный университет, ji.tor@mail.ru;

Information about the authors

Dmitriy A. Kolesnikov, Degree Seeking Student, Far Eastern State Agrarian University, kda1977savitinsk@mail.ru;

Sergey N. Voyakin, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Dean of the Electrical Power Faculty, Far Eastern State Agrarian University, vsnl77@yandex.ru;

Sergey V. Shchitov, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Transport and Energy facilities and Mechanization of the Agro-industrial complex, Far Eastern State Agrarian University, shitov.sv1955@mail.ru;

Eygeniy E. Kuznetsov, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Energy facilities and Mechanization of the Agro-industrial complex, Far Eastern State Agrarian University, ji.tor@mail.ru