

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

УДК 631.363

DOI: 10.26897/2687-1149-2023-3-41-48



Оптимизация настроечных параметров пассивного измельчителя при приготовлении ржаной патоки

Владимир Николаевич Нечаев, канд. техн. наук, доцент

nechaev-v@list.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7566-6013>

Нижегородский государственный инженерно-экономический университет; 606340, Российская Федерация, г. Княгинино, ул. Октябрьская, 22

Аннотация. Восполнить дефицит легкоусвояемых углеводов в рационе коров позволяет зерновая патока. Лучшим сырьем является рожь. Патоку можно производить в хозяйствах непосредственно перед скармливанием. Совершенствование технологии и технических устройств для производства зерновой патоки является сегодня актуальным. Исследования проведены с целью определения оптимальных значений настроечных параметров пассивного измельчителя (угла наклона решётки и диаметра отверстий решётки) путем оценки их влияния на критерий оптимизации – удельные энергозатраты. При этом определялись качественные показатели: количество целых зерен и остаток на сите с размером стороны ячейки 3 мм. Дробление целого зерна (озимая рожь сорта «Графиня») осуществлялось с помощью пассивного измельчителя, конструкцией которого предусмотрены изменение угла наклона решёток от 30 до 90° и установка их с разными диаметрами отверстий (3, 6 и 9 мм). Реализована матрица полного факторного эксперимента 3² и получена адекватная функция отклика. Дана оценка профиля желательности и графика Парето для изучаемых факторов. На первом этапе исследований установлено, что на снижение удельных энергозатрат большое влияние оказывает увеличение значения диаметра отверстий решётки. Построена поверхность отклика и определен антиградиент функции. На втором этапе выбран шаг в сторону увеличения значения диаметра отверстий до 9 мм и реализована матрица планирования дробного факторного эксперимента. Для полученной функции отклика определена экстремальная точка с минимум значения функции. В натуральном виде при угле наклона решётки 60,6° и диаметре отверстий решётки 6,57 мм удельные энергозатраты составляют 55,56 Вт·ч/кг. В качестве настроечных параметров рекомендуются значения 60° и 6 мм, при которых удельные энергозатраты находятся в области минимума и составляют 56,4 Вт·ч/кг, что на 1,3% больше расчётных значений.

Ключевые слова: зерновая патока, рожь, пассивный измельчитель, удельные энергозатраты

Формат цитирования: Нечаев В.Н. Оптимизация настроечных параметров пассивного измельчителя при приготовлении ржаной патоки // *Агроинженерия*. 2023. Т. 25, № 3. С. 41-48. <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-3-41-48>.

© Нечаев В.Н., 2023

ORIGINAL ARTICLE

Optimising the setting parameters of a passive grinder used for rye molasses preparation

Vladimir N. Nechaev, CSc (Eng), Associate Professor

nechaev-v@list.ru; <https://orcid.org/0000-0002-7566-6013>

Nizhniy Novgorod State Engineering-Economic Institute; 22A, Oktyabrskaya Str., Knyaginino, Nizhniy Novgorod region, 606340, Russian Federation

Abstract. Grain molasses can compensate the deficiency of easily digestible carbohydrates in a cow's ration. The best raw material to produce molasses is rye. Molasses can be produced on farms directly before feeding. Today it is highly promising to improve the technology and technical devices for the production of grain molasses. The research was conducted to determine optimum values of adjustment parameters of a passive shredder (the grate angle and the diameter of grate apertures) by estimating their influence on the optimization criterion – specific energy consumption. The author determined quality indicators: the number of whole grains and the residue amount on the sieve with a mesh side size of 3 mm. Whole grains (the “Grafinya” winter rye variety) were crushed with a passive shredder. According to its design, the grate angle is changed from 30 to 90° and the grates have different hole diameters (3, 6, and 9 mm).

The author made a matrix of complete factor experiment 3^2 and obtained an adequate response function. They also evaluated the desirability profile and Pareto plot for the studied factors. At the first stage of the research, it was found that the reduction of specific energy consumption is greatly influenced by increasing the value of the grate aperture diameter. The response surface was plotted and the antigradient of the function was determined. At the second stage, a pitch towards increasing the hole diameter to 9 mm was selected and the planning matrix of the fractional factor experiment was made. An extremum point with the minimum value of the function was defined for the resulting response function. In the natural form, the specific energy cost is 55.56 Wh/kg with a grate angle of 60.6° and a grate hole diameter of 6.57 mm. The values of 60° and 6 mm with specific power inputs being in the area of minimum and amounting to 56.4 Wt-h/kg are recommended as adjustment parameters, which is 1.3 per cent higher than the calculated values.

Keywords: grain molasses, rye, passive grinder, specific energy input

For citation: Nechaev V.N. Optimising the setting parameters of a passive grinder used for rye molasses preparation. *Agricultural Engineering (Moscow)*, 2023;25(3):41-48. (In Rus.). <https://doi.org/10.26897/2687-1149-2023-3-41-48>.

Введение. Обеспечение продовольственной безопасности¹ нашей страны в современных условиях отвечает ее национальным интересам. В международном рейтинге по данной проблеме Россия занимает 43-е место среди 113 стран². Научные исследования и разработки в области устойчивого развития молочного животноводства и кормовой базы позволяют улучшить это положение.

В настоящее время во многих хозяйствах наблюдается дефицит легкоусвояемых углеводов в рационе коров, что приводит к сокращению срока продуктивного долголетия животных, снижению надоев и ухудшению качества молока и молочных продуктов³ [1-2].

Зерновая патока – лучший источник легкоусвояемых углеводов с точки зрения физиологии жвачных животных [3]. Научно доказано, что включение в рацион зерновой патоки позволяет увеличить надой молока за период лактации на 2,1%, увеличить жирность и белок соответственно на 0,17 и 0,07%. По сравнению со свекловичной патокой зерновая патока безопасна и доступна, ее можно производить в хозяйствах непосредственно перед скармливанием. Ранее установлено, что лучшим сырьем для производства зерновой патоки является рожь. В ржаной патоке сахаров в 5,8 раза больше, чем в ячменной, и в 4,4 раза больше, чем в пшеничной патоке [4]. В связи с этим разработка и совершенствование технологии и технических устройств производства зерновой патоки являются актуальной задачей.

Цель исследований: определение значений параметров пассивного измельчителя, обеспечивающих минимальные удельные энергозатраты процесса приготовления ржаной патоки.

Материалы и методы. Объектом исследований выступала установка по производству жидких сахаристых кормов (рис. 1). С целью интенсификации рабочего процесса на выходе из нагнетательного трубопровода установлен пассивный измельчитель (рис. 2). От удара и истирания зерна о решётку (пластину) сокращается время процесса приготовления сахаристых кормов и соответственно увеличивается срок эксплуатации центробежного насоса [5]. Конструкцией пассивного измельчителя предусмотрены изменение угла наклона от 30 до 90° и установка решёток с разными диаметрами отверстий (рис. 3).

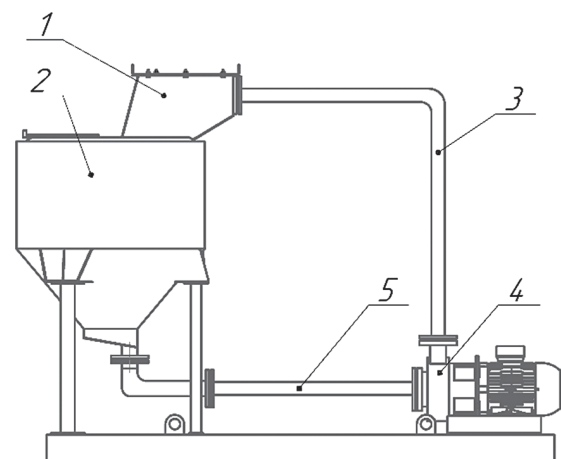


Рис. 1. Конструктивно-технологическая схема установки для приготовления жидких сахаристых кормов:

1 – пассивный измельчитель; 2 – ёмкость;
3, 5 – нагнетательный и всасывающий трубопроводы;
4 – центробежный насос

Fig. 1. Structural and technological scheme of the installation for the preparation of liquid sugary feed:

1 – passive grinder; 2 – capacity;
3 and 5 – discharge and intake (suction) pipelines;
4 – centrifugal pump

¹ Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации от 21 января 2020 г. № 20. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/45106> (дата обращения: 23.12.2022).

² Global Food Security Index. [Электронный ресурс]. URL: <https://impact.economist.com/sustainability/project/food-security-index/Country/Details#Russia> (дата обращения: 23.12.2022).

³ Мотовилов К.Я., Мотовилов О.К., Аксенов В.В. Нанобиотехнологии в производстве зерновых патоки для животноводства: Монография. Новосибирск: ИЦ НГАУ «Золотой колос», 2015. 134 с. EDN: VROMAF.

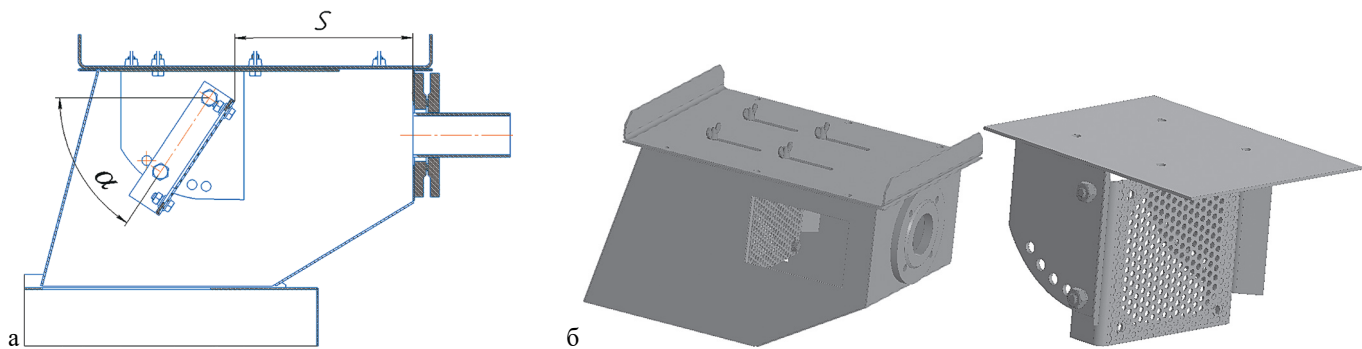


Рис. 2. Пассивный измельчитель:
схема (а) и 3D-модель пассивного измельчителя и механизма регулировки (б)

Fig. 2. Passive grinder:
scheme (a), 3D model of passive grinder and adjustment mechanism (б)

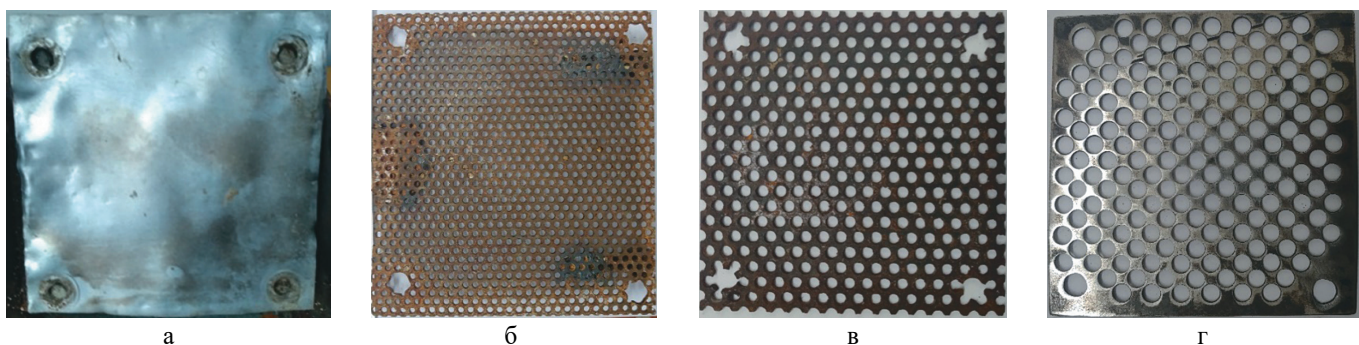


Рис. 3. Общий вид сменных решёток:
пластина (а); пластина с отверстиями диаметром 3 мм (б), 6 мм (в); 9 мм (г)

Fig. 3. General view of replaceable grates with hole diameters:
a – 0 mm (plate); b – 3 mm, c – 6 mm; g – 9 mm

Коэффициент «живого» сечения связывает количество отверстий с площадью решетки:

$$k = \frac{S_o}{S_p} = \frac{S_o \cdot N_o}{a_p \cdot b_p}, \tag{1}$$

где S_o – площадь отверстий решётки, мм²; S_p – площадь решётки, мм²; S_o – площадь одного отверстия решётки, мм²; N_o – количество отверстий, шт.; a_p , b_p – длина и ширина решётки, мм.

Геометрическая характеристика сменных решеток представлена в таблице 1.

В ходе предыдущих исследований нам не удалось выяснить оптимальные значения количества отверстий и площади решётки.

Для определения оптимального сочетания изучаемых факторов применялись теория планирования эксперимента⁴ и пакет программ статистического анализа Statgraphics и Statistica.

⁴ Асанова Н.В. Планирование эксперимента. [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Н.В. Асанова, О.Ю. Соловьева, Т.Е. Кожанова; ВолгГТУ. Волгоград: ВолгГТУ, 2018. 93 с.

Таблица 1
Геометрическая характеристика решёток пассивного измельчителя

Table 1
Geometric characteristics of the passive grinder grates

Параметры <i>Parameters</i>	Решётка 155×155×3 / <i>Grate 155×155×3</i>		
Диаметр отверстий, мм <i>Diameter of holes, mm</i>	3	6	9
Коэффициент «живого сечения» <i>Coefficient of «live section»</i>	0,3	0,38	0,44

Результаты и их обсуждение. Ранее проведенные исследования установки для приготовления ржаной патоки путем реализации поисковых экспериментов позволили определить оптимальное значение расстояния S (рис. 2а), равное 205 мм [6], при различных сочетаниях угла наклона решётки α и диаметра ее отверстий d , оказывающих влияние на ее рабочий процесс.

На первом этапе исследований с целью определения оптимальных значений исследуемых факторов и их взаимного влияния на рабочий процесс установки реализована матрица полного факторного эксперимента 3^2 (табл. 2, 3). Во всех опытах матрицы

Таблица 2

Интервалы и уровни их варьирования

Table 2

Intervals and levels of variation

Факторы Factors		Уровни / Levels		
		Верхний (+) / Upper (+)	Основной (0) / Main (0)	Нижний (-) / Lower (-)
Угол наклона решётки α , град. Angle of inclination of a grille, deg	x_1	75	60	45
Диаметр отверстий решётки d , мм Diameter of grate holes d , mm	x_2	6	3	0

планирования было 3 параллельных опыта. В качестве критерия оптимизации (y) принято среднее значение удельных энергозатрат (E , Вт·ч/кг), которое имеет физический смысл и легко вычисляется из частных значений времени приготовления и средней потребляемой мощности.

Согласно зоотехническим требованиям, предъявляемым к комбикормам-концентратам для КРС (ГОСТ 9268-2015), также определялись качественные показатели: количество целых зерен и остаток на сите с размером стороны ячейки 3 мм. Данные показатели фиксировались в пробах через каждые 7,5 мин до достижения температуры смеси 60°C. По данным рисунка 4 можно наблюдать изменения целого исходного зерна (озимая рожь сорт «Графиня») и зерноводяной смеси в процессе приготовления зерновой патоки при угле наклона решетки $\alpha = 60^\circ$, диаметре отверстий решётки $d = 6$ мм, расстоянии решётки $S = 205$ мм. Благодаря многократному взаимодействию зерноводяной смеси с рабочим органом

Таблица 3

Матрица плана 3² и результаты исследований рабочего процесса установки для приготовления патоки из зерна ржи

Table 3

Plan matrix 3² and the results of performance studies of the installation for molasses preparation from rye grain

Опыты Experiments	Факторы Factors		Критерий оптимизации Optimization criterion y
	x_1	x_2	
1	-	-	63,68
2	0	-	58,95
3	+	-	62,47
4	-	0	62,70
5	0	0	58,25
6	+	0	61,20
7	-	+	58,19
8	0	+	56,40
9	+	+	57,60

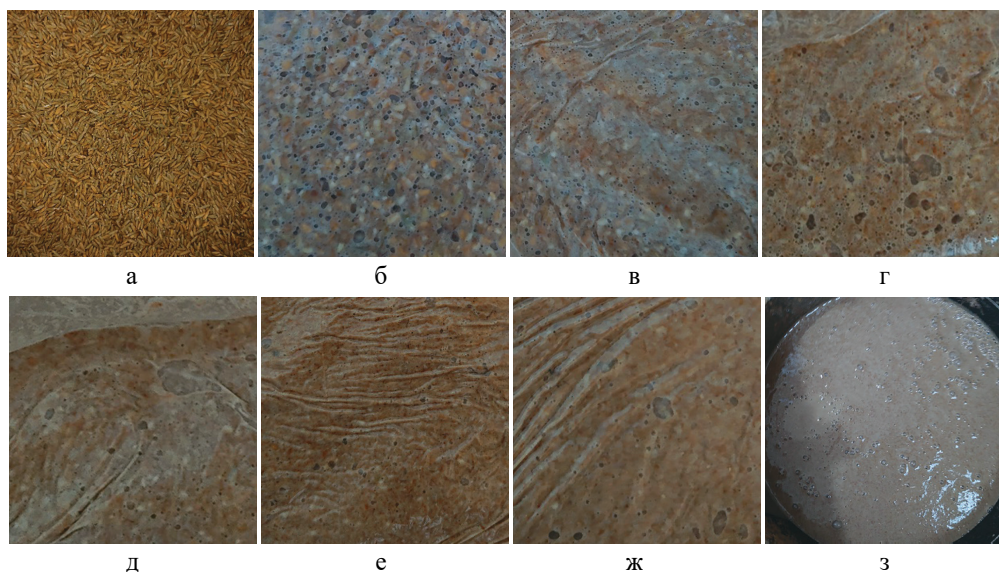


Рис. 4. Вид зерна ржи в процессе приготовления зерновой патоки в зависимости от времени измельчения: начало процесса – исходное зерно (а); 7,5 мин (б); 15 мин (в); 22,5 мин (г); 30 мин (д); 37,5 мин (е); 45 мин (ж); готовая ржаная патока (з)

Fig. 4. General view of rye grain in the initial state and during the preparation of molasses:

a – initial grain; b – 7.5 min; c – 15 min; g – 22.5 min; d – 30 min; f – 37.5 min; f – 45 min; h – finished rye molasses

насоса и решёткой пассивного измельчителя происходит разрушение зерновок до образования однородной суспензии. Это свидетельствует о том, что во всех пробах готового продукта количество целых зерен и остаток на сите с размером стороны ячейки 3 мм практически были равны нулю. Поэтому в качестве критериев оптимизации данные показатели не рассматриваются.

После реализации матрицы плана и обработки экспериментальных данных в программе Statgraphics получена функция отклика:

$$y = 58,6456 - 0,55 \cdot x_1 - 2,15167 \cdot x_2 + 3,10667 \cdot x_1^2 + 0,155 \cdot x_1 \cdot x_2 - 1,16833 \cdot x_2^2 \quad (2)$$

Коэффициент детерминации R^2 или квадрат коэффициента корреляции Пирсона, показывающий влияние изучаемых факторов на долю дисперсии результирующего признака, равен 94,9%. По шкале Чеддока [7] для полученного значения можно отметить высокое значение причинно-следственной связи между переменными. Это позволяет применять полученную функцию для описания изучаемого процесса.

Для оценки однородности дисперсии функции отклика (2) применялся критерий Кохрена⁵ при уровне значимости $\alpha = 0,05$. Для рассматриваемой функции отклика опытное значение критерия Кохрена составило $G_{\text{оп}} = 0,17$, критическое значение – $G_{\text{т}} = 0,6333$. В связи с этим гипотеза об однородности дисперсий измерения функции отклика при трёх параллельных опытах не отвергается, так как выполняется условие $G_{\text{оп}} < G_{\text{т}}$. Следовательно, в результатах эксперимента грубых ошибок нет.

Проверка модели по критерию Фишера при заданном уровне значимости $\alpha = 0,05$ показала, что опытное

значение критерия составило $F_{\text{оп}} = 1,42$, критическое значение – $F_{\text{теор}} = 2,66$, так как $F_{\text{оп}} < F_{\text{теор}}$. Это значит, что функцию отклика (2) можно считать адекватной.

Анализ функции отклика (2) и диаграммы Парето (рис. 5а) показывает, что фактор x_2 (диаметр отверстий решётки) имеет большую значимость, чем x_1 (угол наклона решётки). С увеличением диаметра отверстий решётки ($b_2 = -2,15167$) удельные энергозатраты E снижаются.

Анализ поверхности отклика (рис. 5б) показывает, что минимум значения критерия оптимизации наблюдается при $x_1 = 0$ и $x_2 = 1$, то есть при $\alpha = 60^\circ$ и $d = 6$ мм.

Решение оптимизационной задачи возможно путём построения профиля желательности (Desirability Profiles) в среде статистического анализа Statistica (рис. 6). Предварительно указав для критерия оптимизации y границы желательности от 0 (очень нежелательно) со значением 63,68 Вт·ч/кг до 1 (очень желательно) 56,4 Вт·ч/кг и имея среднее геометрическое для функции желательности, получили последовательные графики для каждого независимого фактора x_1 и x_2 . Графически проецируя функцию желательности, обозначенную в правом верхнем углу (рис. 6), определили наиболее желаемый отклик для критерия оптимизации y (зависимой переменной) при следующих значениях исследуемых факторов.

Как видим, общая желательность процесса составляет 0,69, что соответствует оценке «Удовлетворительно». Для фактора x_1 функция желательности имеет перегиб, показывающий, что при 60° получается наилучшая желательность или что при таком фиксированном значении достигается оптимальное

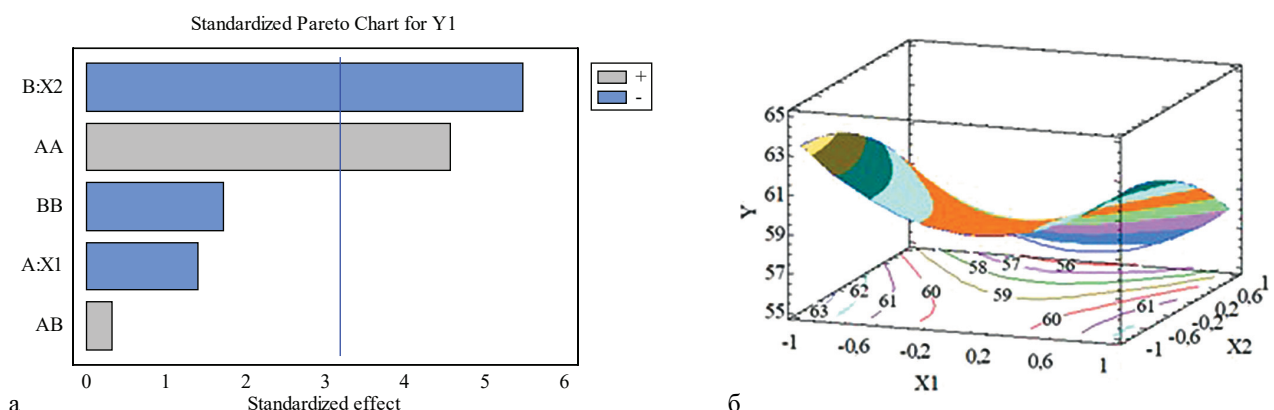


Рис. 5. Влияние угла наклона решётки (x_1) и диаметра отверстий решётки (x_2) на удельные энергозатраты (y): а – диаграмма Парето; б – поверхность отклика и сечение поверхности отклика критерия оптимизации y

Fig. 5. Influence of the inclination angle of the grate x_1 and the hole diameter of the grate x_2 on the criterion for optimizing the passive grinder:

a – Pareto diagram for the optimization criterion y ; b – response surface and a cross-section of specific energy consumption response y

⁵ Гайдар С.М. Планирование и анализ эксперимента: Учебник. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2015. 548 с.

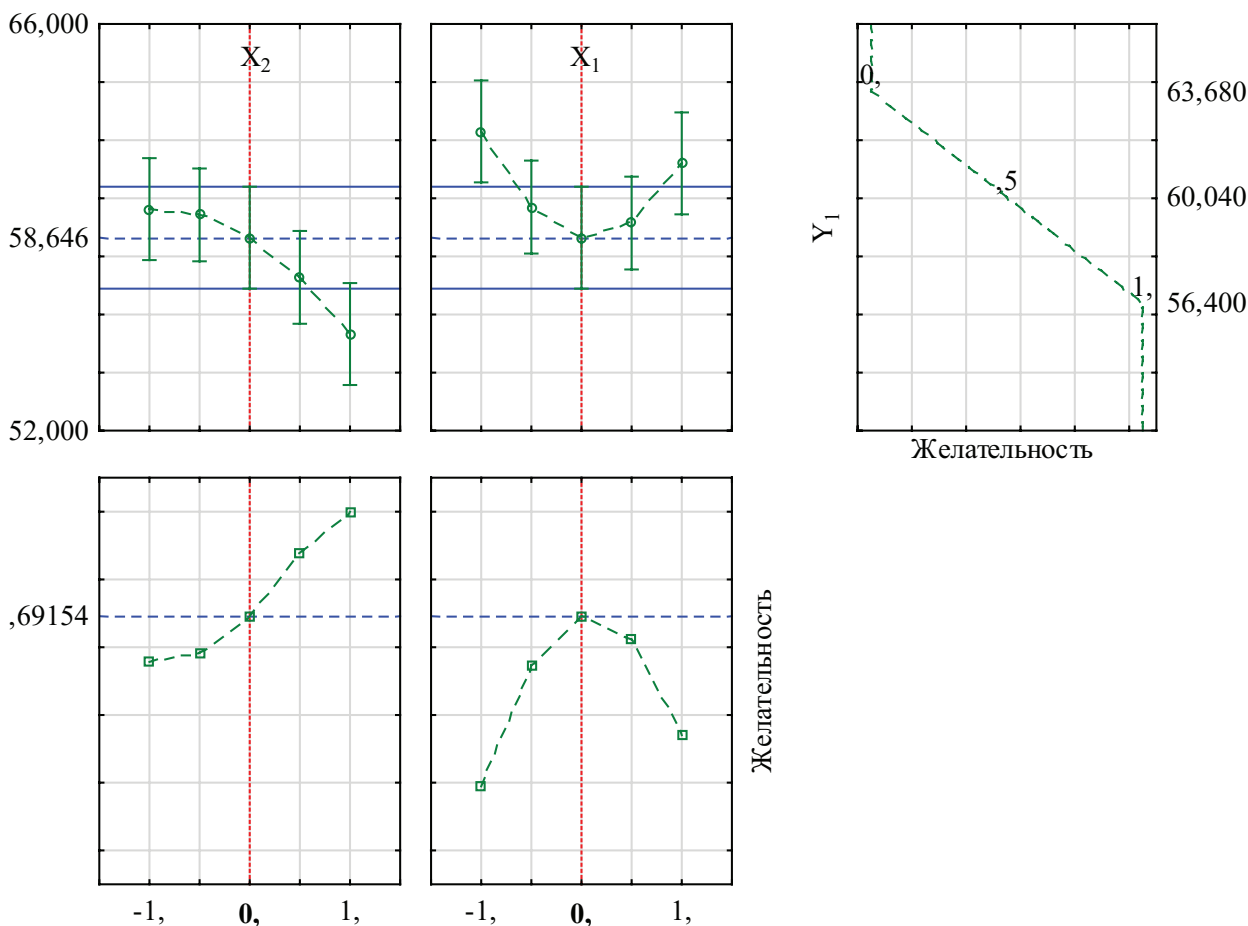


Рис. 6. Профили предсказанных значений и функции желательности для критерия оптимизации y
Fig. 6. Predicted value profiles and desirability function for the optimization criterion y

значение отклика для критерия оптимизации y . При других значениях фактора x_1 желательность процесса минимальна. Для фактора x_2 функция желательности практически имеет монотонно возрастающую зависимость. При значениях диаметра отверстий решётки ниже среднего значения функция желательности имеет худший вариант, и наоборот, с увеличением диаметров отверстий решётки значение желательности близко к единице, то есть это идеальный вариант, при котором удельные энергозатраты процесса приготовления патоки будут минимальными. Чем больше x_2 , тем меньше y .

Исходя из анализа поверхности отклика (рис. 5б) и профилей желательности (рис. 6) принято решение провести проверку полученных зависимостей и дальнейшего поиска оптимального значения фактора x_2 при значении фактора $x_1 = 0$. По результатам исследований на экстремум функции отклика (2) не выявлена экстремальная точка.

Чтобы достичь минимума функции отклика, шар, условно обозначенный на рисунке 7, должен скатиться вниз и занять самое нижнее положение. В настоящее время градиентный метод широко используется в системах машинного обучения и искусственного

интеллекта при поиске низких ошибок или глобальных минимумов [8].

Поведение функции (2) определяет ее антиградиент в значениях веса, отличных от значений факторов на основном уровне в виде частных производных первого порядка:

$$\nabla Y(x_1, x_2) = \begin{pmatrix} \frac{\partial y}{\partial x_1} \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} \end{pmatrix} \rightarrow Y_{min}. \quad (3)$$

Определенный антиградиент функции указывает, что скорость достижения функцией минимума или крутизна спуска (рис. 7) в большей степени зависят от x_2 , увеличение значения которого приведет к скорейшему достижению минимума. В области определения функции отклика (2) минимум достигается при $x_2 = 1$. Необходимо выяснить будет ли еще меньше значение критерия оптимизации при изменении границы фактора? В связи с этим принято решение расширить область определения фактора x_2 путем увеличения диаметра отверстий решетки до 9 мм (рис. 3г). Перестроена матрица плана (табл. 3), в которой заменены уровни варьирования фактора: нижний – 3 мм; основной – 6 мм;

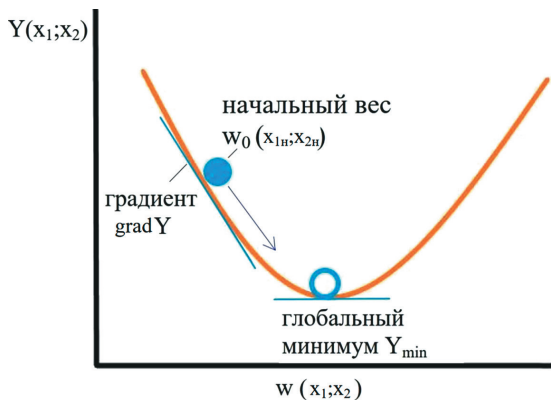


Рис. 7. Схема градиентного спуска
Fig. 7. Gradient descent diagram

верхний – 9 мм. В целях минимизации ресурсов проведен один опыт, № 7 (табл. 4), при угле наклона решётки $\alpha = 60^\circ$ и диаметре отверстий $d = 9$ мм.

В результате реализации матрицы планирования дробного факторного эксперимента получена функция отклика:

$$y = 55,665 - 0,295 \cdot x_1 - 0,9325 \cdot x_2 + 2,5975 \cdot x_1^2 + 0,455 \cdot x_1 \cdot x_2 + 2,3875 \cdot x_2^2 \quad (4)$$

Опытный коэффициент Фишера составил $F_{оп} = 1,13$, критический $F_{теор} = 2,93$. $F_{оп} < F_{теор}$, значит, функцию отклика (4) можно считать адекватной.

Исходя из анализа поверхности отклика, можно определить область оптимума (рис. 8). Минимум функции отклика наблюдается при значениях факторов x_1 и x_2 равным чуть выше основного уровня. Решение частных производных функции двух переменных позволяет определить численные значения экстремальной точки Y_{min} :

$$Y_{min} = \begin{cases} \frac{\partial y}{\partial x_1} = 0 \\ \frac{\partial y}{\partial x_2} = 0 \end{cases} \quad (5)$$

По результатам расчетов получены значения факторов $x_1 = 0,04$ и $x_2 = 0,19$, при которых экстремум функции составляет $Y_{min} = E = 55,56$ Вт·ч/кг. Условие достаточности существования экстремума функции двух переменных в виде неравенства частных производных второго порядка (6) выполняется как

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial (x_1 x_2)^2} - \left(\frac{\partial^2 y}{\partial x_2^2} \right)^2 > 0 \text{ и } \frac{\partial^2 y}{\partial x_1^2} > 0. \quad (6)$$

При переводе в натуральные значения факторов получается, что угол наклона решётки составляет $\alpha = 60,6^\circ$, а диаметр отверстий решётки $d = 6,57$ мм. По технологическим соображениям настроечными параметрами пассивного измельчителя при приготовлении зерновой патоки из ржи приняты $\alpha = 60^\circ$

Таблица 4
Матрица плана неполного факторного эксперимента

Incomplete factorial experiment design matrix

Опыты Experiments	Факторы / Factors		Критерий оптимизации Optimization criterion y
	x_1	x_2	
1	-	-	62,70
2	0	-	58,25
3	+	-	61,20
4	-	0	58,19
5	0	0	56,40
6	+	0	57,60
7	0	+	57,12

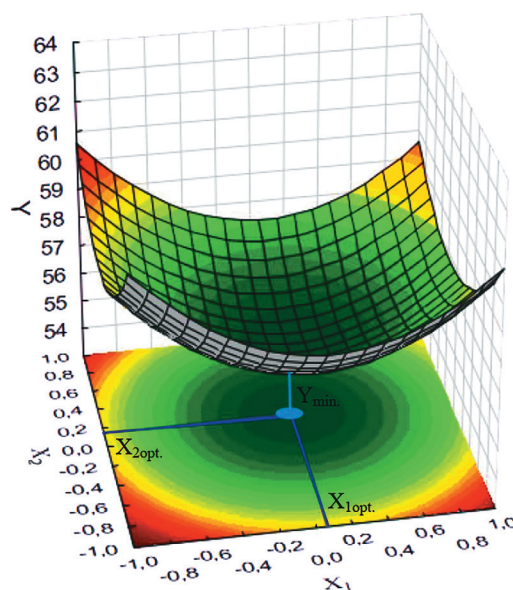


Рис. 8. Поверхность отклика и карта линий уровня критерия оптимизации y при определении оптимальных значений факторов x_1 и x_2

Fig. 8. Response surface and line map of optimization criterion level y when determining optimal values of factors x_1 and x_2

и $d = 6$ мм, так как при таких параметрах удельные энергозатраты находятся в области минимального значения и отличаются от определенных теоретически не более чем на 1,3%.

Выводы

С использованием методики планирования активного эксперимента решена задача по оптимизации параметров пассивного измельчителя. Определены его оптимальные настроечные параметры: угол наклона решётки $\alpha = 60^\circ$ и диаметр отверстий решётки $d = 6$ мм. При таких значениях удельные энергозатраты процесса приготовления зерновой патоки из ржи будут составлять 56,4 Вт·ч/кг.

Список использованных источников

1. Перевозчиков А.В., Воробьева С.Л., Березкина Г.Ю. Влияние зерновой патоки в рационах коров на качественные характеристики сырого молока и продуктов его переработки // *Аграрный вестник Урала*. 2019. № 7 (186). С. 51-58. https://doi.org/10.32417/article_5d52af4470c055.81551465
2. Передня В.И., Башко Ю.А., Хруцкий В.И., Романович А.А. Обоснование устройств для глубокой переработки зернофуража в низкомолекулярные легкоусвояемые корма // *Вестник ВНИИМЖ*. 2018. № 4 (32). С. 57-63. EDN: YNVDTN.
3. Приловская Е.И. Эффективность использования в кормлении коров кормового продукта «Патока зерновая» // *Зоотехническая наука Беларуси*. 2019. Т. 54, № 2. С. 46-55. EDN: EXSBAB.
4. Булатов С.Ю., Сизова Ю.В., Нечаев В.Н. Приготовление зерновой патоки из зерна // *Вестник Мичуринского государственного аграрного университета*. 2021. № 4 (67). С. 143-146. EDN: NSVEJV.
5. Сергеев А.Г., Савиных П.А., Булатов С.Ю., Нечаев В.Н., Шамин А.Е. Малозатратная установка для производства зерновой патоки // *Сельский механизатор*. 2020. № 5-6. С. 26-27. EDN: BWPXHD.
6. Булатов С.Ю., Нечаев В.Н., Семенов С.В., Сергеев А.Г., Зыкин А.А. Результаты исследований работы установки для приготовления жидких сахаристых кормов из зерна ржи // *Техника и технологии в животноводстве*. 2022. № 4 (48). С. 51-55. <https://doi.org/10.51794/27132064-2022-4-51>
7. Кравченко К.И., Минеева Т.А. Использование линейного коэффициента корреляции для определения характера связи между переменными // *Тенденции развития науки и образования*. 2022. № 82-2. С. 26-30. <https://doi.org/10.18411/trnio-02-2022-41>
8. Янишевская Н.А., Болодурина И.П. Применение технологий компьютерного зрения для разработки модели распознавания поражений культурных растений // *Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника»*. 2021. Т. 21, № 3. С. 5-13. <https://doi.org/10.14529/ctcr210301>

Автор несет ответственность за плагиат.

Статья поступила в редакцию 12.01.2023; поступила после рецензирования и доработки 05.04.2023; принята к публикации 06.04.2023

References

1. Perevozchikov A.V., Vorobieva S.L., Berezkina G. Yu. Influence of grains molasses in cows rations on qualitative characteristics of raw milk and products of its treatment. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2019;7:51-58. (In Rus.) https://doi.org/10.32417/article_5d52af4470c055.81551465
2. Perednya V.I., Bashko Yu.A., Khrutsky V.I., Romanovich A.A. Designing devices for deep processing of grain fodder into low molecular weight easily digestible feed. *Vestnik vsrossiyskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta mekhanizatsii zhivotnovodstva*. 2018;4:57-63. (In Rus.)
3. Prilovskaya E.I. Efficiency of feed product "Grain molasses" in cows feeding. *Zootekhnicheskaya nauka Belarusi*. 2019;54(2):46-55. (In Rus.)
4. Bulatov S.Y., Sizova Yu.V., Necheaev V.N. Preparation of grain molasses. *Bulletin of Michurinsk State Agrarian University*. 2021;4:143-146. (In Rus.)
5. Sergeev A.G., Savinykh P.A., Bulatov S.Yu., Necheaev V.N., Shamin A.E. Low-cost plant for the production of molasses. *Selskiy mekhanizator*. 2020;5-6:26-27. (In Rus.)
6. Bulatov S.Yu., Necheaev V.N., Semenov S.V., Sergeev A.G., Zykin A.A. Study results describing the operation of the installation for liquid sugary feed preparation from rye grain. *Tekhnologii v zhivotnovodstve = Machinery and technologies in livestock*. 2022;4:51-55. (In Rus.) <https://doi.org/10.51794/27132064-2022-4-51>
7. Kravchenko K.I., Mineeva T.A. Using the linear correlation coefficient to determine the nature of the relationship between variables. *Tendentsii razvitiya nauki i obrazovaniya = Trends in the Development of Science and Education*. 2022;82-2:26-30. (In Rus.)
8. Yanishevskaya N.A., Bolodurina I.P. Application of computer vision technologies for the development of a model to recognize lesions of cultivated plants. *Vestnik Yuzhno-Uralskogo Gosudarstvennogo Universiteta = Bulletin of the South Ural State University. Series: Computer technologies, automatic control, radio electronics*. 2021;21(3):5-13. (In Rus.) <https://doi.org/10.14529/ctcr210301>

The author bears responsibility for plagiarism.

Received 12.01.2023; revised 05.04.2023; accepted 06.04.2023