

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ РЕШЕТЧАТОГО ДОЗАТОРА СЫПУЧИХ КОНЦЕНТРИРОВАННЫХ КОРМОВ

Русалев А.М., преподаватель

*(Харьковский национальный технический университет сельского
хозяйства им. Петра Василенко)*

В статье приведенные результаты экспериментальных исследований решетчатого дозатора сыпучих концентрированных кормов с целью определения его рациональных конструктивно режимных параметров.

Постановка проблемы. Важным условием снижения себестоимости и производства конкурентноспособной продукции животноводства является кормление животных и птицы полноценными кормами сбалансированными по питательным веществам, витаминам и микроэлементам, а также обогащенными их различными сыпучими кормовыми добавками в соответствии с запланированной производительностью, так как обогащение кормов кормовыми добавками позволяет повысить перевариваемость кормов на 20-25% и сократить их расходы на единицу продукции до 20%.

Однако учитывая то, что для производства комбикормов и их обогащения необходимы дозаторы для подачи компонентов в разрезанном состоянии с целью улучшения смешивания, которые будут иметь высокую равномерность дозирования и широкий диапазон регулирования производительности. В результате анализа конструкций существующих дозаторов сыпучих материалов установлено, что на настоящее время отсутствуют дозаторы, которые бы удовлетворяли поставленным требованиям. Поэтому разработка дозатора для дозирования сыпучих концентрированных кормов и определение его

конструктивно-режимных параметров является актуальной задачей для развития животноводческой отрасли.

Анализ последних исследований и публикаций. Существенный вклад в развитие теории и практики дозирования сыпучих материалов внесли такие известные ученые, как Ю.Д. Видинеев, П.М. Василенко, Л.Я. Степук, Г.А. Рогатинский, С.П. Орлов и ряд других. Анализ публикаций, посвященных вопросом дозирования сыпучих материалов, показывает всю сложность этого механического процесса.

Процесс дозирования сыпучих материалов, как отмечает Л.Я. Степук [1] можно разделить на три фазы: питание или заполнение рабочего органа дозатора материалом; формирование дозы или равномерного потока материала та выдача дозы или равномерного потока материала. Основное влияние при этом на неравномерность дозирования оказывают: фаза заполнения дозирующего устройства материалом и фаза формирования дозы или потока материала. Работа фазы заполнения дозирующего устройства сыпучим материалом зависит от конструктивных параметров бункера и формы выпускного отверстия, которые обеспечат бесперебойное поступление материала в зону формирования дозы или потока. Работа фазы формирования дозы или потока зависит от конструктивных особенностей дозирующего устройства и оказывает основное влияние на неравномерность дозирования.

Математическая модель процесса непрерывного дозирования предложена Ю.Д. Видинеевым [2], заключается в выдаче непрерывным потоком заданного количества сыпучего материала с отклонениями не больше допустимых в элементах потока, соответственно установленным отрезкам времени:

$$\|G_p(t) - G_{зад}\| \leq \Delta G_{дон}, \quad (1)$$

где $G_p(t) = \int_t^{t+\Delta t} Q_p(t) dt$ - количество материала в дозе;

$Q(t)$ - текущее значение затраты по периметру (t);

$\Delta G_{дон}$ - допустимое отклонение дозы;

t – текущее время;

Δt - длительность формирования дозы.

Чаще всего качество работы объемных дозаторов непрерывного действия оценивается относительным среднеквадратичным отклонением (коэффициентом вариации) [3], то есть отклонением мгновенной производительности дозатора в данном цикле его работы:

$$v = \frac{1}{x} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

где x_i - масса i - той порции;

\bar{x} - среднее значение массы порции;

n - количество отобранных проб.

Исходя из требований к процессу дозирования и его математической сущности в ХНТУСХ им. Петра Василенко на кафедре МТФ была разработана конструкция решетчатого дозатора сыпучих кормов[4], которая наиболее полно отвечает поставленным требованиям

Постановка задания. Получение экспериментальных математических зависимостей влияния конструктивно-кинематических параметров решетчатого дозатора концентрированных кормов на качество дозирования и определение его рациональных параметров в результате реализации многофакторного эксперимента.

Изложение основного материала. Для получения экспериментальных математических зависимостей влияния конструктивно-кинематических параметров решетчатого дозатора концентрированных кормов на качество дозирования и определения его рациональных параметров была применена методика планирования многофакторного эксперимента и реализован трехуровневый план второго порядка Бокса-Бенкина [5].

В результате теоретических исследований и поисковых опытов установлено, что основное влияние на параметр оптимизации (неравномерность дозирования) влекут следующие факторы: кинематический – частота ω и

амплитуда A колебаний решет; конструктивный – диаметр отверстий d нижнего решета.

Частота колебаний решет связана с угловой скоростью электродвигателя соотношением $\omega = \frac{\pi n}{30}$.

Перед началом эксперимента производилось кодировки факторов по известным формулам [5] (таблица 1).

Таблица 1. Кодировка значения факторов и уровни их варьирования

Обозначение факторов	X_1	X_2	X_3
Наименование факторов	Угловая скорость вращения ω, c^{-1}	Амплитуда колебаний решет $A, мм$	Диаметр отверстий решета $d, мм$
Нулевой уровень, X_{0i}	1,645	6.0	7.0
Интервал варьирования, ei	0,221	0.5	1.0
Верхний уровень фактора X_{+1}	1,866	6.5	8.0
Нижний уровень фактора X_{-1}	1,424	5.5	6.0

Порядок выполнения экспериментальных исследований был следующим. Биологически активные кормовые добавки (лимонная кислота) засыпали в бункер и включали дозатор, после чего поток материала направлялся в пробоотборник. После взвешивания 30 отобранных проб определяли коэффициент вариации по формуле (2), который характеризует качество работы дозатора. Последовательность выполнения экспериментальных исследований выполнялась согласно матрицы планирования экспериментов (таблица 2). Полученные даны также заносились в таблицу 2.

Таблица 2. Матрица планирования эксперимента и вычисленные средние значения критерия оптимизации после трех повторностей.

№ точк и план а	Рандоми- зация опытов		x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	x_1^2	x_2^2	x_3^2	Результаты экспериментов			
												y_1	y_2	y_3	\bar{y}
1	11	3	+	+	0	+	0	0	+	+	0	4,22	4,73	4,96	4,6367
2	07	2	-	-	0	+	0	0	+	+	0	3,9	4,11	4,19	4,0667
3	25	4	+	-	0	-	0	0	+	+	0	3,99	3,84	4,19	4,0067
4	97	14	-	+	0	-	0	0	+	+	0	4,43	4,17	4,12	4,24
5	73	10	+	0	+	0	+	0	+	0	+	4,59	4,03	4,69	4,4367
6	36	7	-	0	-	0	+	0	+	0	+	4,13	4,21	3,99	4,11
7	27	5	+	0	-	0	-	0	+	0	+	4,17	4,38	3,82	4,1233
8	34	6	-	0	+	0	-	0	+	0	+	4,12	4,14	4,21	4,1567
9	98	15	0	+	+	0	0	+	0	+	+	3,96	4,48	4,21	4,2167
10	39	8	0	-	-	0	0	+	0	+	+	3,93	4,37	4,21	4,17
11	03	1	0	+	-	0	0	-	0	+	+	4,01	4,12	3,98	4,0367
12	76	12	0	-	+	0	0	-	0	+	+	4,07	3,96	4,21	4,08
13	91	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,84	3,99	3,32	3,7167
14	62	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,99	3,51	4,23	3,91
15	75	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4,02	3,95	3,56	3,8433

В результате расчетов коэффициентов регрессии получена математическая модель второго порядка в следующем виде:

$$Y = 3.8233 + 0.0788x_1 + 0.1008x_2 + 0.056x_3 + 0.1142x_1x_2 + 0.0667x_1x_3 + 0.0675x_2x_3 + 0.26x_1^2 + 0.2023x_2^2 + 0.0877x_3^2 \quad (3)$$

Статистический анализ уравнения (3) показал, что модель адекватна поскольку $F_{табл.} = 2.1284$ и коэффициенты значимы с 95%-ю достоверностью.

Для обеспечения интерпретации полученных результатов исследования при изучении поверхности отклика был использован метод двумерных пересечений. Построение поверхностей отклика и их двумерных пересечений выполнялись прикладной программой MATLAB.

Построение двумерных сечений функции отклика выполнялись в следующей последовательности. В полученную ранее модель (3) подставлялось закодированное значения одного фактора, кроме изучаемых двух. Далее, в полученном выражении определялся центр поверхности отклика и проводилось каноническое преобразование модели второго порядка. После канонического преобразования определялся тип поверхности отклика в сечении и начинался графо-аналитический анализ полученного выражения.

Для получения двумерного сечения поверхности отклика, характеризующей показатель коэффициента вариации в зависимости от частоты колебаний и амплитуды колебаний, подставляем в уравнение (3) значение $X_3=0$, дифференцируем по двум оставшимся неизвестным, решаем систему уравнений и определяем координаты центра поверхности отклика.

Поверхность отклика и ее двумерное сечение представлены на рисунке 1, а само уравнение в канонической форме имеет вид

$$Y - 3.8081 = 0.295124X_1^2 + 0.167176X_2^2 \quad (4)$$

Угол поворота новых координатных осей в центре поверхности отклика в данном случае: $\alpha = 11^{\circ}51'$.

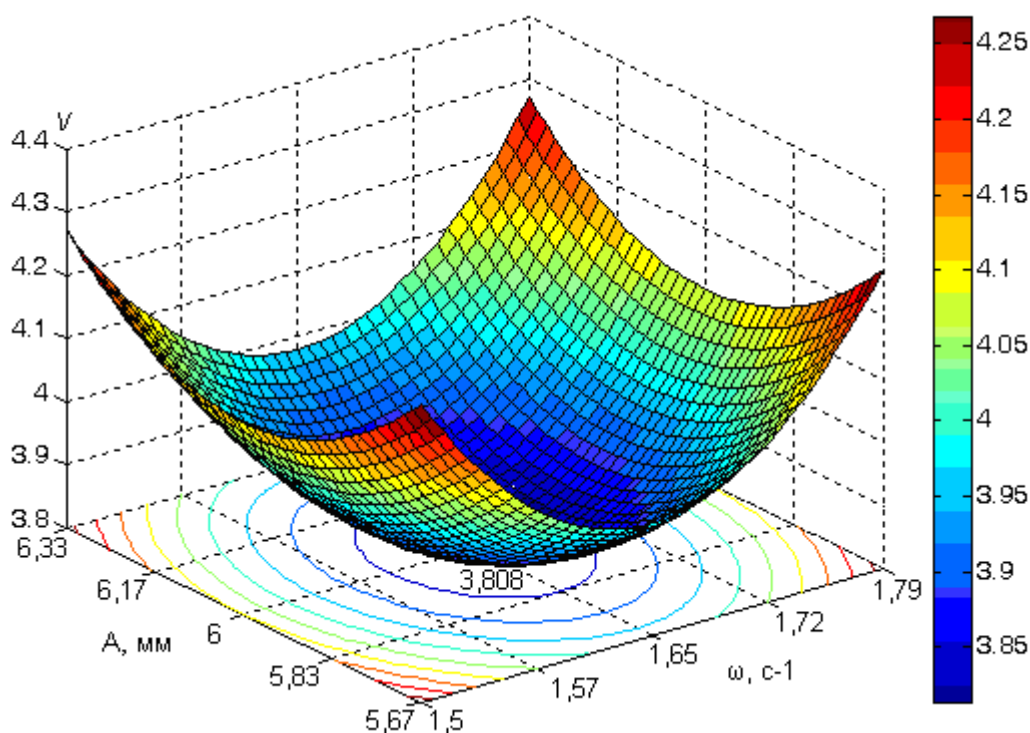


Рис.1. График поверхности отклика и ее двухмерное сечение, характеризующее неравномерность дозирования при $x_3=0$

Из рисунка 1 видно, что минимальное значение коэффициента вариации составляет 3,808 и имеет место при амплитуде колебаний решет 5,95 мм и угловой скорости $1,62 \text{ с}^{-1}$. Можно сделать вывод, что оптимальные значения рассматриваемых факторов находятся в пределах $A = 5,5-6 \text{ мм}$, $\omega = 1,6-1,64 \text{ с}^{-1}$. Частота колебаний решет составляет $\nu = 10-11,3 \text{ Гц}$.

Для получения двумерного сечения поверхности отклика, характеризующей показатель коэффициента вариации в зависимости от частоты колебаний и диаметров отверстий нижнего решета, подставляем в уравнение значение $X_2 = 0$, дифференцируем по двум оставшимся неизвестным, решаем систему уравнений и определяем координаты центра поверхности отклика.

Поверхность отклика и ее двухмерное сечение представлены на рисунке 2, а само уравнение в канонической форме запишется

$$Y - 3.810935 = 0.26623X_{12} + 0.08147X_{32}. \quad (5)$$

Угол поворота осей координат в центре поверхности отклика для данного случая составит $\alpha = 10^\circ 43'$.

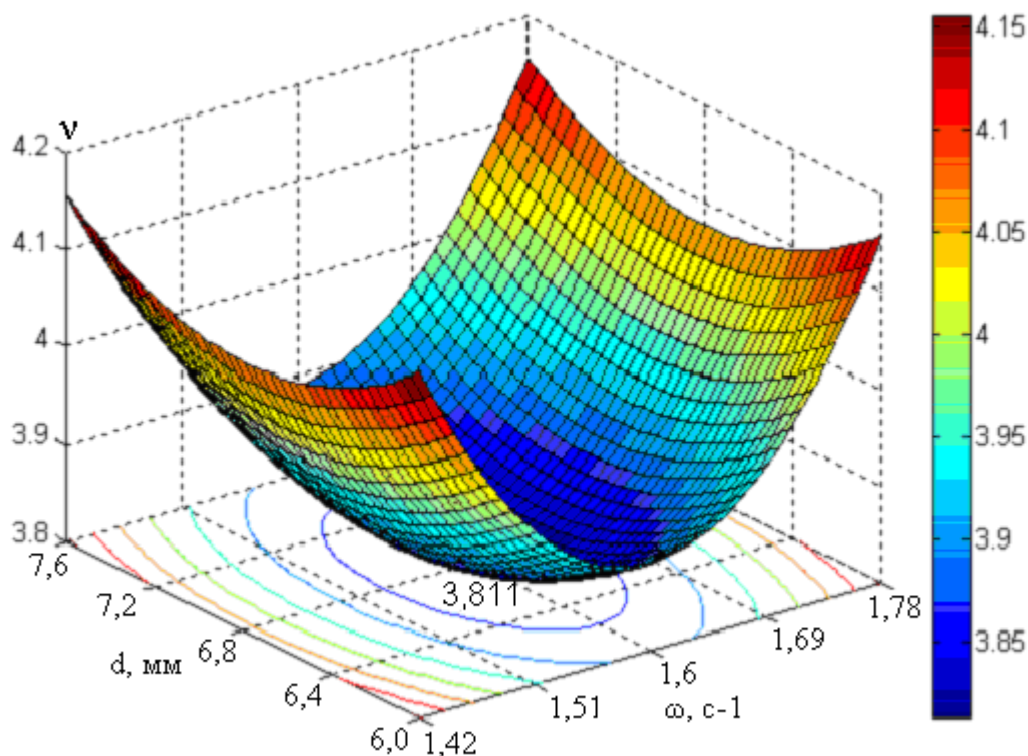


Рис.2. График поверхности отклика и ее двухмерное пересечение, характеризующее равномерность дозирования при $x_2=0$

Из рисунка 2 видно, что минимальное значение коэффициента вариации составляет 3,811 и имеет место при диаметре отверстий нижнего решета 6,75 мм и угловой скорости $1,58 \text{ с}^{-1}$. Можно сделать вывод, что оптимальные значения рассматриваемых факторов находятся в пределах $d = 6.5-7.0 \text{ мм}$, $\omega = 1,56-1,6 \text{ с}^{-1}$. Соответственно частота колебаний $\nu = 9,8-10 \text{ Гц}$.

Для получения двумерного сечения поверхности отклика, характеризующей показатель коэффициента вариации в зависимости от амплитуды колебаний и диаметров отверстий решета, подставляем в уравнение значение $X_1=0$, дифференцируем по двум оставшимся неизвестным, решаем систему уравнений и определяем координаты центра поверхности отклика.

Поверхность отклика и ее двухмерное сечение представлены на рисунке 3, а само уравнение в канонической форме запишется

$$Y - 3.806 = 0.22115X_2^2 + 0.0785X_3^2. \quad (6)$$

Угол поворота осей координат в центре поверхности отклика для данного случая ровный: $\alpha = 15^{\circ} 25'$.

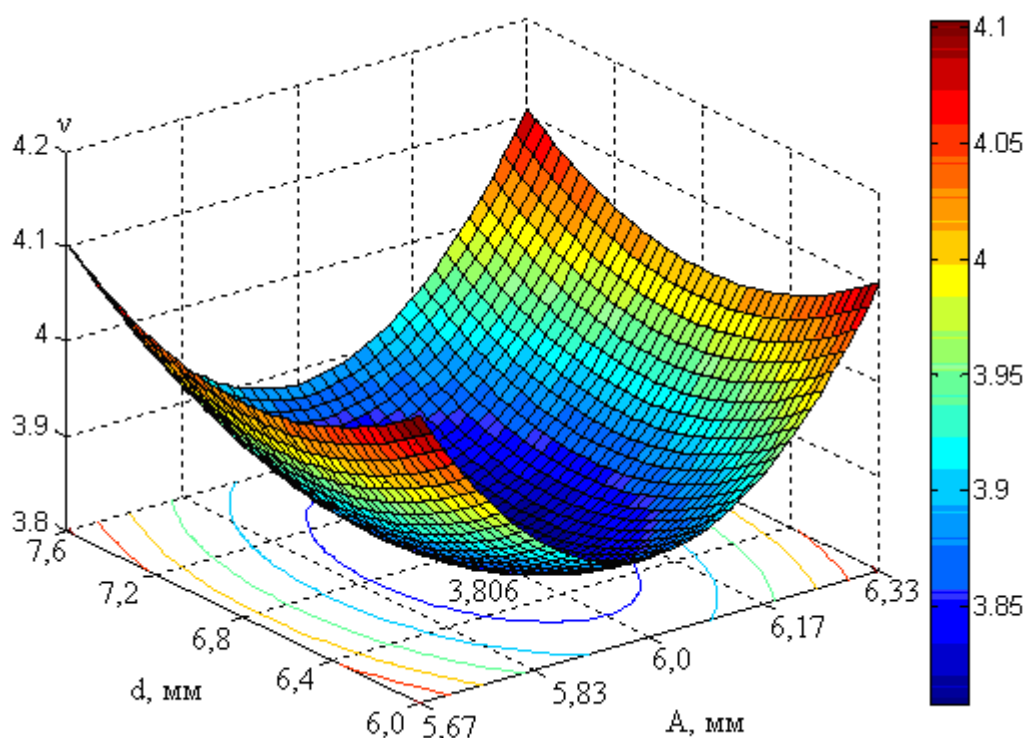


Рис.3. График поверхности отклика и ее двухмерное пересечение, что характеризуют однородность смеси при $x_1=0$

Из рисунка 3 видно, что минимальное значение коэффициента вариации составляет 3,806 и имеет место при диаметре отверстий нижнего решета 6,72 мм и амплитуде колебаний решет 5,88 мм. Можно сделать вывод, что оптимальные значения рассматриваемых факторов находятся в пределах $d = 6.5-7.0$ мм и $A = 5,8-6,0$ мм.

Выводы. Применение методики планирования многофакторного эксперимента позволило определить оптимальные технологические и конструктивные параметры решетчатого дозирующего устройства с возвратно-вращательным движением рабочего органа для обеспечения минимального значения коэффициента вариации, равного 3,8: амплитуда колебаний решет

составляет 5,5-6,0 мм, диаметр отверстий нижнего решета 6,5-7 мм, частота колебаний решет 9-11 Гц.

Список литературы

1. Степук Л.Я. Механизация дозирования в кормоприготовлении. / Минск: Ураджай, 1986. 152 с.
2. Видинеев Ю.Д. Дозаторы непрерывного действия, - М.: Энергия, 1981. – 273 с.
3. Орлов С.П. Дозирующие устройства.-М: Машиностроение, 1966. – 288 с.
4. Решітчастий дозатор сипучих кормів: Пат. на корисну модель. №34366 Украина, МПК G01F 11/00 / Бойко І.Г., Русальов О.М., Скорик О.П. u200605866; Заявл. 03.03.2008; Опубл. 11.08.2008, Бюл. №15, 2008р.
5. Мельников С.В., Алешкин В.Р., Роцин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов.–Л.: Колос, 1980.–168 с.

Анотація

Результати експериментальних досліджень решітного дозатора сипучих концентрованих кормів

Русальов А.М.

У статті приведені результати експериментальних досліджень решітного дозатора сипучих концентрованих кормів з метою визначення його раціональних конструктивно-режимних параметрів.

Abstract

**Results of experimental researches of the latticed metering device of friable
концентрированных forages**

A. Rusalev

In the articles the resulted results of experimental researches of the latticed metering device of the friable concentrated forages with the purpose of determination his rational structurally regime parameters.