

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.14564179>

УДК 664.72:621.365.5

ДВУХФАКТОРНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ДЛЯ ЗЕРНОСУШИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Беккулов Б.Р.

Андижанский машиностроительный институт

botirali.bekkulov@mail.ru

Нами разработана зерносушильная установка, работающая конвективным способом [1]. Основными параметрами, влияющие на производительность процесса сушки являются такие, как мощность нагревателя воздуха, скорость потока нагретого воздуха, число оборотов сушильного барабана, число оборотов шнека, исходная влажность зерна, удельная теплоёмкость зерна, а также температура, давление и влажность окружающей среды (рис.1).

Целью данной работы является оптимизация основных параметров зерносушильного устройства путем математического планирования эксперимента.



Рисунок 1. а)-Экспериментальный образец зерносушильного устройства. б)-
Ключ вариации мощности нагревателя воздуха.

С целью проведения полно факторного эксперимента (ПФЭ) вариация мощности нагревателя производилось при помощи переключателя (рис.1), а скорость нагретого воздуха контролировалось путем измерения при помощи прибора TROTEC (Германия) (рис.2).



Рисунок 2. Измерения скорости нагретого воздуха.

На основе результатов ПФЭ, приведенных в табл. 1, находим линейную зависимость производительности сушки Π от мощности нагревателя воздуха P и скорости нагретого воздуха V [2]:

$$\Pi = f(P, V) \quad (1)$$

Таблица 1

Результаты полно факторного эксперимента

Номер эксперимента	Исходные значения		Кодированные значения		Y: Π кг/час			$\bar{\Pi}$, кг/час
	N, кВт	V, м/с	X ₁	X ₂				
1	2	0,25	-	-	130	125	135	130
2	4	0,75	+	+	160	165	170	165
3	4	0,25	+	-	140	150	165	151,6667
4	2	0,75	-	+	120	130	135	128,3333

В табл. 1 преобразованы факторы из натурального масштаба в безразмерный по следующей формуле:

$$X_i = \frac{x_i - x_i^0}{\Delta x_i} \quad (2)$$

Факторы в эксперименте принимали следующие значения:

$$X_1: N = (3 \pm 1) \text{ кВт};$$

$$X_2: V = (0,5 \pm 0,25) \text{ м/с};$$

Эмпирическую зависимость будем искать в следующем виде:

$$Y = b_0 + b_1 \cdot X_1 + b_2 \cdot X_2 \quad (3)$$

С учетом дисперсии каждого из опытов вычислено значение критерия Кохрена:

$$G_p = 0,59375$$

Найдено табличное значение критерия Кохрена. Для этого зададимся уровнем доверительной вероятности $P_G = 0,95$. С учетом этого, а также числа

степеней свободы числителя и знаменателя $f_2 = 4$ по таблице критических значений критерия Кохрена определяем: $G_T = 0,77$. Видно, что расчетное значение меньше табличного, следовательно, дисперсии опытов однородны, а сами опыты воспроизводимы [3, 4].

Для проверки значимости коэффициентов модели вычислена дисперсия единичного измерения, дисперсия среднего значения функции отклика и соответствующее ей среднеквадратичное отклонение.

Для оценки значимости зададимся доверительной вероятностью $P_t = 0,975$ и рассчитаем число степеней свободы $f = 4 \cdot (3 - 1) = 8$. По табличным данным определим критическое значение критерия Стьюдента: $t_T = 2,31$. Рассчитаем теперь значение критерия Стьюдента для каждого из факторов и сравним с табличным значением:

$$t_{p0} = 60,98796 > 2,31; \quad t_{p1} = 6,187184 > 2,31; \quad t_{p2} = 3,237437 > 2,31.$$

Видно, что все коэффициенты модели значимы, поэтому окончательно уравнение регрессии (3) в кодовых переменных приобретает следующий вид:

$$Y = 143,75 + 14,58333 \cdot X_1 + 2,916667 \cdot X_2 \quad (4)$$

Используя (2) и (4) можно получать регрессионное уравнение с исходными переменными:

$$П = 14,58333 \cdot N + 11,6666 \cdot V + 94,1667 \quad (5)$$

Для проверки модели на адекватность вычислена дисперсия адекватности с учетом $f_{ад} = 4 - (2 + 1) = 1$. Вычислено значение критерия Фишера:

$$F_p = 2,53125$$

Для определения табличного значения критерия Фишера зададимся допустимой вероятностью: $P_F = 0,95$. С учетом этого, а также числа степеней свободы числителя $f_{ад} = 1$ и знаменателя $f = 8$ по таблице определяем критическое значение критерия Фишера: $F_T = 5,32$. Видно, что расчетное значение значительно меньше табличного. Это говорит о том, что модель (4) и, следовательно, (5) адекватно описывает данные эксперимента [5].

Уравнение (5) численно решалось с помощью программы EXCEL и получены графические зависимости (рис.3,4,5).

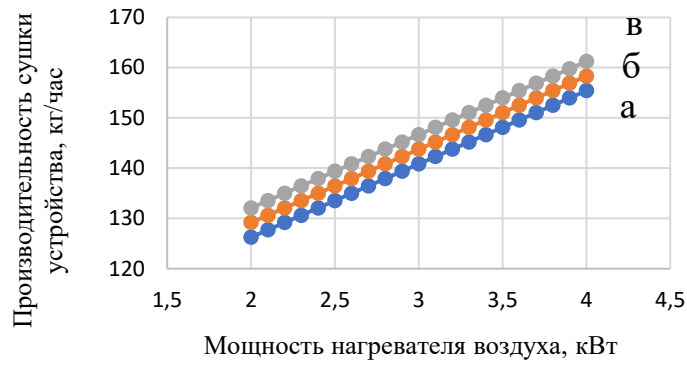


Рисунок 3. Зависимость производительности сушики устройства от мощности нагревателя воздуха: а- при $V=0,25$ м/с ; б- при $V=0,5$ м/с ; в- при $V=0,75$ м/с .

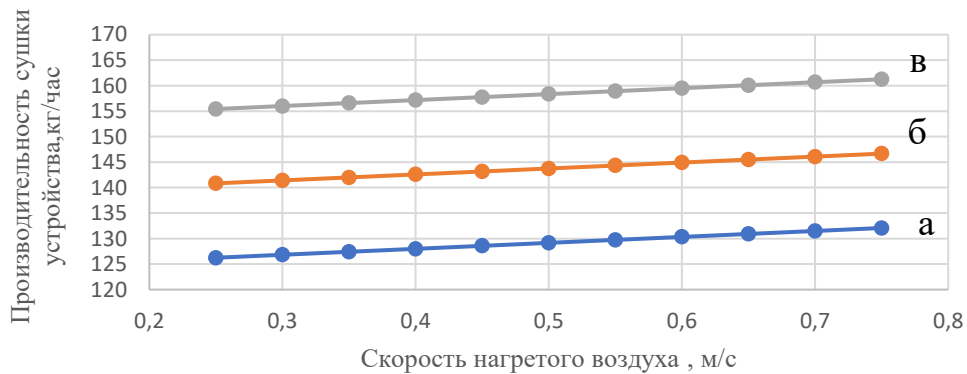


Рисунок 4. Зависимость производительности сушики устройства от скорости нагретого воздуха: а-при $N=2$ кВт ; б-при $N=3$ кВт; в-при $N=4$ кВт.

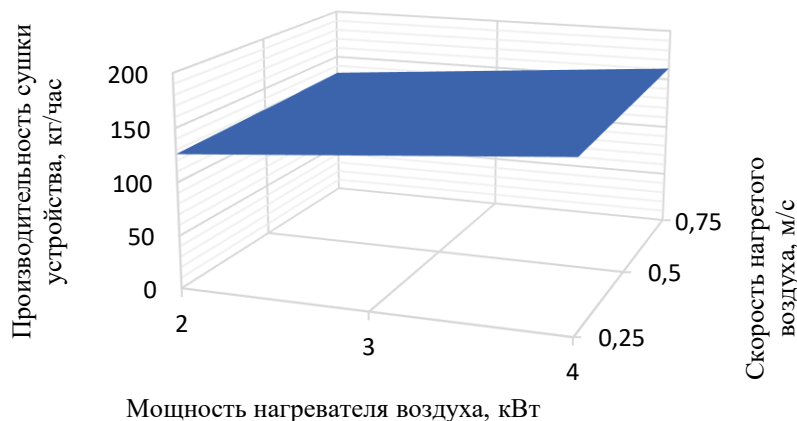


Рисунок 5. Зависимость производительности сушики устройства от мощности нагревателя воздуха и скорости нагретого воздуха.

Из рис. 3 и 4 видно, что максимальная производительность сушки устройства составляет 161,25 кг/час, при скорости нагретого воздуха $V = 0,75$ м/с и мощности нагревателя воздуха $P = 4$ кВт [6].

Из рис. 5 видно, что повышение производительности сушки устройства более 150 кг/час можно достигать при мощности нагревателя воздуха $P = 3,5$ кВт и скорости нагретого воздуха $V \geq 0,45$ м/с.

Таким образом, в заключении можно отметить, что:

1. Обработкой экспериментальных значений получено уравнение регрессии:

$$P = 14,58333 \cdot P + 11,6666 \cdot V_x + 94,1667$$

где, P - производительность сушки устройства, кг/час; P – мощность нагревателя воздуха, кВт; V - скорости нагретого воздуха, м/с.

2. Статистическим расчетом определено, что модель адекватно к значениям эксперимента. Поэтому, этот модель может быть использована для описания процесса сушки зерна [7].

Список использованных источников

1. Беккулов Б.Р., Алиев Р., Собиров Х.А. и др. Передвижное сушильное устройство для зернистых продуктов. Заявка на патент FAP №20170050, от 02.05.17.
2. Реброва И.А. Планирование эксперимента: учебное пособие. – Омск: СибАДИ, 2010. – 105 с.
3. Беккулов Б. Р., Ибрагимжанов Б. С., Рахмонкулов Т. Б. ПЕРЕДВИЖНОЕ СУШИЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ЗЕРНИСТЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРОДУКТОВ //Современные тенденции развития аграрного комплекса. – 2016. – С. 1282-1284.
4. Беккулов Б. Р., Ибрагимжанов Б. С., Тожибоев Б. М. Дон куритишининг замонавий курилмалари //Инновацион ривожланиш муаммолари: ишлаб чиккариш, таълим, илм-фан Вазирлик микёсидаги илмий-техникавий анжуман материаллари туплами.-Андижон: АндМИ. – 2017. – С. 381-385.
5. Беккулов Б. Р., Атабаев К., Рахмонкулов Т. Б. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ШАЛЫ В СУШИЛЬНОМ БАРАБАНАЕ //Бюллетень науки и практики. – 2022. – Т. 8. – №. 7. – С. 377-381.
6. Беккулов Б. Р., Собиров Х. А., Рахманкулов Т. Б. РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВО ДЛЯ СУШКИ ШАЛА //Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы. – 2020. – С. 429-438.
7. Bekkulov B. R. ABOUT VALUE DRYING OF THE DEVICE IN PROCESSING OF GRAINS //Irrigation and Melioration. – 2018. – Т. 2018. – №. 1. – С. 60-63.