

Ж 6747
1980.4

ISSN 0025-4649

7

АСЛО-ЖИРОВАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

1980

4



МАСЛИЧНОЕ СЫРЬЕ И РАСТИТЕЛЬНЫЕ МАСЛА

УДК 543.812 : 665.347.8.002.3

Влияние ряда факторов на точность измерения влажности семян подсолнечника

Г. К. РЫБАЛКО, Б. Н. ГОНЧАРЕНКО, Н. С. GERMAN
Киевский технологический институт пищевой промышленности

При определении влажности семян подсолнечника посредством измерения величины затухания энергии колебаний сверхвысокочастотных радиоволн в трехсантиметровом диапазоне, проходящих через испытуемый материал, точность измерения может зависеть от ряда факторов: утечки энергии по краям образца из-за дифракции, непостоянных плотности и размеров частиц гранулированных материалов, изменения температуры, наличия в материале химически связанной воды и др.

Определение степени влияния причин, снижающих точность измерений, проведено по методике полного факторного эксперимента (ПФЭ). Цель его — построение интерполяционной формулы, адекватной процессу измерения влажности семян подсолнечника микроволновым методом. Под адекватностью в данном случае подразумевается способность модели предсказывать результаты измерения в диапазоне от 3 до 20% влажности с допустимой абсолютной погрешностью $\pm 0,5\%$.

В нашем эксперименте исследовалось влияние влажности, температуры и плотности засыпки семян. Ряд факторов — толщина слоя подсолнечника, размеры рупорных антенн, частота СВЧ-колебаний — поддерживался на постоянном уровне, а влиянием маслячности

семян на используемую в испытаниях конструкцию устройства можно было пренебречь. Влажность изменялась в пределах 3—20%, плотность засыпки семян определялась числом встряхиваний от нуля (без встряхивания — БВ) до трех (СВ), температура — от 15 до 20°С.

Матрица планирования эксперимента приведена в таблице, где 1 — код.

Статистический анализ данных эксперимента осуществлялся в три этапа. На первом определялись дисперсия каждого опыта (число наблюдений $n=3$) S^2 , а также дисперсия эксперимента (при числе опытов $N=8$) S_y^2 , или дисперсия воспроизводимости.

По данным таблицы $S_1^2=S_2^2=1$; $S_3^2=12$; $S_4^2=8,14$; $S_5^2=S_6^2=27$; $S_7^2=3$; $S_8^2=7$.

Дисперсия воспроизводимости $S_y^2=10,89$ при условии однородности дисперсий (значение расчетного критерия Кохрена меньше табличного $G_{табл}=0,4377 > G_{расч}=0,313$).

На втором этапе вычислялись коэффициенты уравнения регрессии

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_4x_1x_2 + b_5x_1x_3 + b_6x_2x_3, \quad (1)$$

где y — величина затухания;
 x_1 — влажность семян;
 x_2 — температура;
 x_3 — плотность засыпки;
 x_1x_2, x_1x_3, x_2x_3 — взаимодействия факторов x_1, x_2, x_3 ;
 $b_0 \div b_6$ — коэффициенты, соответственно равные 414,12; -71,3; -3,9; -1,3; -3,9; -0,625; -0,125.

Номер опыта в матрице	Случайный номер реализации	Влажность семян		Плотность засыпки		Температура		Затухание делений аттенуатора		
		1	%	1	БВ СВ	1	°С	y_1	y_2	y_3
1	3	—	3	—	БВ	+	20	485	484	486
2	1	—	3	+	СВ	+	20	485	484	486
3	4	+	20	—	БВ	+	20	351	351	345
4	2	+	20	+	СВ	+	20	332	336	336
5	7	—	3	—	БВ	—	15	480	480	489
6	5	—	3	+	СВ	—	15	480	489	489
7	8	+	20	—	БВ	—	15	350	353	353
8	6	+	20	+	СВ	—	15	355	340	336

Проверка значимости коэффициентов уравнения регрессии показала, что значимыми являются коэффициенты b_0, b_1, b_2, b_4 , так как их абсолютные величины превосходят доверительный интервал, определяемый как

$$\Delta b_i = \pm 2 \frac{S_y^2}{N \cdot n} = \pm 1,35. \quad (2)$$

Тогда уравнение (1) принимает такой вид:

$$\hat{y} = 414,12 - 71,3x_1 - 3,9x_2 - 3,9x_1x_2. \quad (3)$$

При этом в нем учитывается влияние на затухание только значимых факторов x_1 — влажности и x_2 — температуры, так как плотность засыпки семян не оказывает существенного влияния на результат измерения.

На третьем этапе анализа проверялась гипотеза об адекватности уравнения регрессии по критерию Фишера

$$F_{\text{расч}} = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_y^2} \leq F_{\text{табл}}, \quad (4)$$

где $S_{\text{ад}}^2$ — дисперсия адекватности.

В данном случае она вычисляется как

$$S_{\text{ад}}^2 = \frac{\sum^N n (y_n - \hat{y}_n)^2}{N - K - 1} = 5,922, \quad (5)$$

где K — число факторов.

Тогда

$$F_{\text{расч}} = \frac{5,922}{10,89} = 0,544 < F_{\text{табл}} = 246. \quad (6)$$

Следовательно, уравнение регрессии адекватно описывает процесс измерения влажности семян подсолнечника по затуханию энергии СВЧ-колебаний.

При проектировании лабораторного макета устройства СВЧ-измерителя влажности семян было учтено значение влияния температурного фактора путем подачи на один из входов дифференциального усилителя сигнала от устройства термокомпенсации, выполненного в виде мостовой схемы на термисторах.