

УДК 664.72

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ У ПРОЦЕСІ ОХОЛОДЖЕННЯ ПШЕНИЦІ

Ялпачик Федір Юхимович д.т.н., професор
Верхоланцева Валентина Олександрівна аспірантка
Таврійський державний агротехнологічний університет

Yalpachik V.

Verholantseva V.

Tavria State Agrotechnological University

Анотація: в роботі з метою встановлення взаємного впливу факторів охолодження наведено методику математичного планування експерименту для отримання статистичної математичної моделі об'єкту досліджень у вигляді відповідних рівнянь регресії, аналіз яких підтвердив адекватність проведених теоретичних та експериментальних досліджень. Для оцінки істинного значення вимірюваної величини проведено математичну обробку результатів дослідів, з урахуванням їх кількості, довірчої ймовірності та допустимої помилки, вираженої в частках середньоквадратичного відхилення. Також в роботі наведений факторний експеримент, який проводився для двох зерносховищ з метою визначення впливу температури та терміну зберігання зерна на клейковину пшениці, індекс деформації клейковини та вологість пшениці, обробка результатів якого здійснена у програмному пакеті MathCad.

Ключові слова: методика, температура, клейковина, індекс деформації, вологість, помилка, охолодження, пшениця.

Постановка проблеми

Враховуючи складність процесу охолодження зерна у зерносховищі, для визначення оптимальних параметрів необхідно враховувати не тільки окремі фактори охолодження але і взаємний їх вплив.

Аналіз останніх досліджень

Апріорний аналіз при проведенні експеримента показав, що дослідження мають вагомe значення перевірки адекватності теоретичних і експериментальних досліджень у більшості випадків для цього використовують повнофакторний експеримент.

Для виявлення взаємного впливу показників якостей зерна необхідно провести статистичний аналіз за допомогою повнофакторного експеримента.

Формулювання мети досліджень

З метою встановлення взаємного впливу факторів охолодження необхідно застосувати методику математичного планування експерименту, задачею якої є одержання статистичної математичної моделі об'єкту досліджень у вигляді відповідних рівнянь регресії.

Основні результати досліджень

Однією з основних задач математичної обробки результатів досвіду є оцінка істинного значення [1, 2, 3, 4] вимірюваної величини. Для невеликої кількості експериментальних даних розраховуються основні числові характеристики змінних як випадкових величин. При вимірах фізичних величин, коли основну роль грають випадкові помилки, всі оцінки точності можна зробити тільки з певною ймовірністю. Для виявлення випадкової помилки вимірювання необхідно виміру повторити кілька разів.

При плануванні експерименту вирішується питання про число повторності досвіду при визначенні тієї чи іншої вимірюваної величини. Грунтуючись на роботах [1, 2, 3, 4, 5] з урахуванням [6, 7, 8, 9] для визначення кількості повторності дослідів необхідно задатися наступними величинами:

- довірчою ймовірністю $-\alpha$, тобто, ймовірністю того, що значення вимірюваної величини X не вийдуть за довірчі межі $\pm \Delta x$, обумовлені довірчою ймовірністю. При звичайних дослідженнях в техніці для знаходження залежностей впливу різних факторів достатня довірча ймовірність $\alpha = 0,95$ при відносній помилку не більше 5%;

- допустимою помилкою $-\varepsilon$, вираженої в частках середньоквадратичного відхилення σ .

Залежно від обраної довірчої ймовірності α та допустимої помилки ε з таблиці [8] вибирається необхідне число повторності дослідів рівне $n = 3$.

З попереднього експерименту отримані три значення клейковини: 27,9%; 27% і 27,3%. Для оцінки істинного значення вимірюваної величини приймають її середнє арифметичне значення, яке визначається за формулою:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}, \quad (1)$$

$$\bar{X} = \frac{27,9 + 27 + 27,3}{3} = 27,4.$$

У класичній теорії помилок доведено, що випадкові помилки підкоряються нормальному закону розподілу. Для оцінки величини випадкової помилки вимірювання найбільш поширена оцінка за допомогою середньоквадратичного відхилення.

$$S_x = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}, \quad (2)$$

де $(n-1) = f$ - число ступенів свободи.

$$S_x = \sqrt{\frac{(27,9 - 27,4)^2 + (27 - 27,4)^2 + (27,3 - 27,4)^2}{3-1}} = 0,46.$$

Квадрат цієї величини називається дисперсією окремого вимірювання і визначається з виразу:

$$S_x^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2, \quad (3)$$

$$S_x^2 = 0,21.$$

Среднеквадратична помилка середнього результату дорівнює:

$$S_{x_{cp}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}}, \quad (4)$$

$$S_{x_{cp}} = \frac{0,46}{\sqrt{3}} = 0,266.$$

Величина довірчої помилки (абсолютна похибка) визначається з виразу:

$$\varepsilon = \frac{t_T S_x}{\sqrt{n}}, \quad (5)$$

де $\frac{S_x}{\sqrt{n}}$ - середнеквадратична помилка середнього результату;

t_T - значення критерію Стюдента (знаходять за таблицями) [3]; при

$$\alpha = 0,95 \text{ і } f = n - 1 = 3 - 1 = 2, \quad t_T = 4,30.$$

$$\varepsilon = 4,3 \cdot 0,266 = 1,14.$$

Так як відносна помилка не повинна перевищувати 5%, перевіримо справедливості умови:

$$\Delta \geq \frac{\varepsilon}{\bar{X}} \cdot 100\%, \quad (6)$$

$$\frac{1,14}{27,4} \cdot 100\% = 4,2\% < 5\%.$$

Умову (6) виконано. Отже, необхідне число повторності дослідів дорівнює 3.

Факторний експеримент проводився для двох зерносовищ №1 і №2 з метою:

- визначити вплив температури та терміну зберігання на клейковину пшениці;
- визначити вплив температури та терміну зберігання на індекс деформації клейковини пшениці;

- визначити вплив температури та терміну зберігання на вологість пшениці.

При проведених експериментальних дослідженнях в якості функцій відгуків вибиралися y_i наступні параметри:

- 1) клейковина пшениці - y_1 ;
- 2) індекс деформації клейковини пшениці - y_2 ;
- 3) вологість пшениці - y_3 .

При визначенні зони зміни клейковини, індексу деформації клейковини і вологості пшениці, основними вхідними (змінюються) факторами x_i були:

1. Термін зберігання зерна - x_1 ;
2. Температура зберігання зерна - x_2 .

Вибрані фактори та рівні варіювання для всіх проведених експериментів зведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Інтервали і рівні варіювання факторів при визначенні зони зміни клейковини, індексу деформації клейковини і вологості при зберіганні пшениці в зерносховище № 1 і зерносховище № 2

Найменування фактора	Код. значення	Одиниці вимірювання	Інтервал варіювання	Рівні факторів		
				нижній	основний	верхній
Для зерносховища №1						
Термін зберігання	X_1	міс.	2,5	1	3,5	6
Температура	X_2	°C	3	1	4	7
Для зерносховища №2						
Термін зберігання	X_1	міс.	2,5	1	3,5	6
Температура	X_2	°C	3	7	10,5	14

Вихідні дані для визначення коефіцієнтів регресії при визначенні зони зміни параметрів у першому та другому зерносховищі у яких використовувався процес охолодження пшениці наведені в таблицях 2 ... 3.

Таблиця 2

Вихідні дані для визначення коефіцієнтів регресії при визначенні зони зміни клейковини, індексу деформації клейковини і вологості при зберіганні пшениці в зерносховище № 1

Досліди	x_0	Планування		Функції відгуків		
		x_1	x_2	\bar{y}_1	\bar{y}_2	\bar{y}_3
1	+1	+1	+1	27,4	66	13,5
2	+1	-1	+1	27,5	68	13
3	+1	+1	-1	27,9	60	12,2
4	+1	-1	-1	27,7	65	12,5

Примітка: \bar{y} - середнє значення функції відгуку при триразовій повторності дослідів.

Таблиця 3

Вихідні дані для визначення коефіцієнтів регресії при визначенні зони зміни клейковини, індексу деформації клейковини і вологості при зберіганні пшениці в зерносховище № 2

Досліди	x_0	Планування		Функції відгуків		
		x_1	x_2	\bar{y}_1	\bar{y}_2	\bar{y}_3
1	+1	+1	+1	27,2	73	14
2	+1	-1	+1	27	75	13,5
3	+1	+1	-1	27,8	68	12,2
4	+1	-1	-1	27,3	74	12,7

Примітка: \bar{y} - середнє значення функції відгуку при триразовій повторності дослідів.

А коефіцієнти рівнянь регресії для всіх проведених експериментів наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Коефіцієнти рівнянь регресії при визначенні зони зміни клейковини, індексу деформації клейковини і вологості

Коефіцієнт регресії	Зерносховище № 1			Зерносховище № 2		
	Функції відгуків					
	\bar{y}_1	\bar{y}_2	\bar{y}_3	\bar{y}_1	\bar{y}_2	\bar{y}_3
b_0	-12,9	68,7955	12,2	27,5	64,83	17,41
b_1	7,25	-1,61	-0,04	0,15	-0,72	0,51
b_2	4,76	-0,04	0,08	-0,04	0,79	-0,29
b_{12}	-0,007	0,00225	-0,0019	0,0023	0,0015	0,0031

З урахуванням значущих коефіцієнтів рівняння регресії приймають вигляд:

– для зерносховища № 1

$$y_1 = -12,9 + 7,25x_1 + 4,76x_2; \quad y_2 = 68,7955 - 1,61x_1 - 0,04x_2; \quad y_3 = 12,2 - 0,04x_1 + 0,08x_2.$$

– для зерносховища № 2

$$y_1 = 27,5 + 0,15x_1 - 0,04x_2; \quad y_2 = 64,83 - 0,72x_1 + 0,79x_2; \quad y_3 = 17,41 - 0,51x_1 - 0,29x_2.$$

Після обчислення коефіцієнтів регресії був проведений статистичний аналіз рівнянь регресії, що складається з наступних етапів:

- Оцінка дисперсії відтворюваності (або оцінка помилки досвіду).
- Оцінка значимості коефіцієнтів рівняння регресії.
- Оцінка адекватності моделі.

Висновки

Статистичний аналіз рівнянь регресії показав, що для розрахункових і теоретичних критеріїв Фішера дотримується нерівність, що підтверджує адекватність проведених експериментальних досліджень за допомогою повнофакторного експерименту. У результаті проведення досліджень у роботі були отримані рівняння регресії, що описують показники якості зерна в залежності від температури та терміну зберігання. Аналіз рівнянь регресії показав, що математична модель адекватно описує проведені експериментальні дослідження з імовірністю 5 %.

Список літератури

1. Завалишин Ф. С. Методи досліджень по механізації сільськогосподарського виробництва. / Ф. С. Завалишин, М. Г. Мацнев – М.: Колос, 1982. – 231с.
2. Мельников С. В. Планирование експеримента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Роцин. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1980. – 168с., ил.
3. Мальцев П. М. Основы научных исследований. / П. М. Мальцев, Н. А. Емельянова – Киев: Вища школа,

1982. – 192с.

4. Бондарь А. Г. Планирование эксперимента в химической технологии./ А. Г. Бондарь, Г. А. Статюха // Вища школа, - Киев, 1976, - 180 с.

5. Хикс Ч. Основные принципы планирования эксперимента. Пер. с англ. / Ч. Хикс – М.: Мир. 1967, – 406 с.

6. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. / А. А. Спиридонов М.: Машиностроение, 1981 – 184с.,ил.

7. Барабашук В. И. Планирование эксперимента в технике / В. И. Барабашук, Б. П. Креденцер, В. И. Мирошниченко. – К.: Техника, 1984. – 200 с.

8. Бондарь А. Г. Планирование эксперимента. / А. Г. Бондарь и др. – К.:Вища школа, 1980. – 264 с.

9. Веденяпин Г. В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. - 3-е изд. / Г. В. Веденяпин. – М.: Колос, 1973. – 199 с.

References

1. Zavalishin F. S. *Metodyi issledovaniy po mehanizatsii selskohozyaystvennogo proizvodstva.* / F. S. Zavalishin, M. G. Matsnev – М.: Kolos, 1982. – 231s.

2. Melnikov S. V. *Planirovanie eksperimenta v issledovaniyah selskohozyaystvennykh protsessov* / S. V. Melnikov, V. R. Aleshkin, P. M. Roschin. – 2-e izd., pererab. i dop. – L.: Kolos. Leningr. otd-nie, 1980. – 168s., il.

3. Maltsev P. M. *Osnovy nauchnykh issledovaniy.* / P. M. Maltsev, N. A. Emelyanova – Kiev: Vischa shkola, 1982. – 192s.

4. Bondar A. G. *Planirovanie eksperimenta v himicheskoy tehnologii.*/ A. G. Bondar, G. A. Statyuha // Vischa shkola, - Kiev, 1976, - 180 s.

5. Hiks Ch. *Osnovnyye printsipy planirovaniya eksperimenta.* Per. s angl. / Ch. Hiks – М.: Mir. 1967, – 406 s.

6. Spiridonov A. A. *Planirovanie eksperimenta pri issledovanii tehnologicheskikh protsessov.* / A. A. Spiridonov М.: Mashinostroenie, 1981 – 184s.,il.

7. Barabaschuk V. I. *Planirovanie eksperimenta v tehnike* / V. I. Barabaschuk, B. P. Kredentser, V. I. Miroshnichenko. – К.: Tehnika, 1984. – 200 s.

8. Bondar A. G. *Planirovanie eksperimenta.* / A. G. Bondar i dr. – К.:Vischa shkola, 1980. – 264 s.

9. Vedenyapin G. V. *Obschaya metodika eksperimentalnogo issledovaniya i obrabotki opytnykh dannykh.* - 3-е izd. / G. V. Vedenyapin. – М.: Kolos, 1973. – 199 s.

МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ПРОЦЕССЕ ОХЛАЖДЕНИЯ ПШЕНИЦЫ

Аннотация: в работе с целью установления взаимного влияния факторов охлаждения приведена методика математического планирования эксперимента для получения статистической математической модели объекта исследований в виде соответствующих уравнений регрессии, анализ которых подтвердил адекватность проведенных теоретических и экспериментальных исследований. Для оценки истинного значения измеряемой величины проведено математическую обработку результатов опытов, с учетом их количества, доверительной вероятности и допустимой ошибки, выраженной в долях среднеквадратического отклонения. Также в работе приведен факторный эксперимент, который проводился для двух зернохранилищ с целью определения влияния температуры и срока хранения зерна на клейковину пшеницы, индекс деформации клейковины и влажность пшеницы, обработка результатов которого осуществима в программном пакете MathCad.

Ключевые слова: методика, температура, клейковина, индекс деформации, влажность, ошибка, охлаждение, пшеница.

METHODS OF EXPERIMENTAL RESEARCH IN THE COOLING PROCESS OF WHEAT

Summary: in this paper in order to establish the mutual influence of factors cooling the technique of mathematical planning of the experiment to obtain statistical mathematical model of the object of research in the form of the corresponding regression equations, whose analysis has confirmed the adequacy of the theoretical and experimental studies. In order to assess the true value of the measurand carried out mathematical processing of experimental results, taking into account their number, and a confidence level of permissible error, expressed as a fraction of the standard deviation. Also in the paper is a factorial experiment, which was conducted for two granaries in order to determine the effect of temperature and duration of storage of grain in the wheat gluten, gluten deformation index and humidity of wheat processing results are feasible in the software package MathCad.

Keywords: methods, temperature, gluten index strain, humidity, error, cooling, wheat.