

У процесі дослідження температурних характеристик сушильних камер розрізняють дисперсію температурного процесу і дисперсію вимірювання температурного поля. Температурне поле в момент вимірювання має об'єктивно визначену дисперсію σ_t , незмінну для певного проміжку часу (ступені режиму та інтервалу зміни вологості деревини). У процесі зміни параметрів процесу, тобто при температурному процесі (σ'_t) дисперсія буде завжди більшою ніж у врівноваженому стані, тобто $\sigma'_t \geq \sigma_t$.

Отримуючи в момент вимірювання інформацію про температурний процес можна визначити ентропію об'єкта – $S_{mn}^1(t)$, початкову ентропію температурного процесу – $S_{mn}^0(t)$, отримати інформацію і збільшити ентропію до величини $S_{mn}(t)$. Співвідношення між ентропіями має такий вигляд

$$S_{mn}^1(t) > S_{mn}^0(t) > S_{mn}(t). \quad (29)$$

У цьому випадку ентропія відображає міру незнань у поведінці об'єкту і міру його невизначеності. Управління температурою у сушильній камері для конкретного стану задається температурним інтервалом t_n, t, t_g . Знаючи швидкість зміни температури $dt/d\tau$, можна передбачити і саму зміну температури

$$\Delta t = \left(\frac{dt}{d\tau} \right) \Delta \tau. \quad (28)$$

Таким чином, у процесі контролю можна визначити значення температури у даний час і ймовірність її зміни. Тобто у процесі контролю температури можна встановити не тільки стан системи у даний час, але і ймовірність її зміни в майбутньому, на наступний період. Ентропія у процесі контролю характеризується кількістю можливих станів об'єкту. Кількість інформації вимірювання має такий вигляд

$$S_t = S_{mn}(t) - S_{mn}^0(t). \quad (27)$$

Кількісна оцінка середньої ентропії процесу визначається за рівнянням коли $\tau < \tau_0$ з частотою контролю (ω) в інтервалі $[0,1]$:

$$S_{KT.P.} = S_{PT.P.} = \frac{1}{E} \sum_{i=1}^m \left[\frac{1}{2} \int_0^{\tau} \log \left[(1 - R_i^2(\tau)) \cdot m \right] \cdot dt \right], \quad (28)$$

де: $S_{KT.P.}$, $S_{PT.P.}$ – відповідно, кінцева і початкова температура процесу; m – кількість станів; ω – частота контролю температурного поля, $\omega = T/m$.

УДК 674.001.5

Доц. М.І. Пилипчук, канд. техн. наук;
магістрант С.П. Степанчук – НЛТУ України, м. Львів

МЕТОДИКА ОБРОБЛЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ БАГАТОФАКТОРНОГО ЕКСПЕРИМЕНТУ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕОМ

Розроблено прикладну програму у середовищі MS Excel для оброблення результатів математичного плану багатофакторного експерименту з метою одержання рівняння регресії другого порядку та графічної інтерпретації результатів дослідження у вигляді діаграм.

Ключові слова: методика, експеримент, програма ЕОМ, рівняння регресії, діаграма.

Doc. M.I. Pylypchuk; undergraduate S.P. Stepanchuk – NUFWT of Ukraine, L'viv

Method of treatment of results of multivariable experiment for help of computer

The application program is developed in the environment of MS Excel for treatment of results of mathematical plan of multivariable experiment with the purpose of receipt of equalization of regression of the second order and graphic interpretation of research results as diagrams.

Keywords: method, experiment, computer program, equalization of regression, diagram.

1. Актуальність теми

Планування багатofакторних наукових експериментів для дослідження технологічних процесів на сучасному етапі виконують із застосуванням математичних методів [1-3]. Математичне планування експерименту має низку переваг перед класичним [4, 5], але процес оброблення результатів таких планів експериментів вимагає громіздких розрахунків, які потребують значних затрат часу дослідника та не виключають можливості допущення помилок.

Для оброблення результатів багатofакторних експериментів раціональним є застосування ЕОМ [6]. Середовище MS Excel дає змогу виконувати необхідні обчислення за методикою одержання рівняння регресії на основі результатів дослідів математичного плану багатofакторного експерименту та будувати графічні залежності у вигляді діаграм. Тому вважаємо актуальним розроблення прикладної програми у середовищі MS Excel для оброблення результатів багатofакторних експериментів на основі математичних планів другого порядку, які найбільш широко застосовуються під час дослідження процесів механічного оброблення деревини [3, 6].

2. Опис прикладної програми KoefRR 6.0

Розроблена у середовищі MS Excel програма KoefRR 6.0. призначена для оброблення результатів трифакторного експерименту, виконаного за В-планом другого порядку. Програма KoefRR 6.0 забезпечує виконання таких етапів методики оброблення результатів плану багатofакторного експерименту:

- перевірку відновленості результатів дослідів за критерієм Кохрена;
- розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії;
- оцінку значимості коефіцієнтів регресії за допомогою критерію Стюдента;
- перевірку адекватності рівняння регресії експериментальним даним;
- побудову діаграм результатів дослідження типу "Поверхня" у кодових та натуральних значеннях.

Програма KoefRR 6.0 складається з двох листів Excel. На початку програми (рис. 1) "Лист 1" розміщено табл. 1 для вводу вхідних даних, яка має назву "Результати дослідів". Таблиця розрахована для вводу трьох значень дублювання кожного дослідів. Загальна кількість дослідів В-плану другого порядку трифакторного експерименту становить 14 та плюс один на основному рівні.

Для більш наочного опису програми як приклад наводимо оброблення результатів експериментальних досліджень процесу пиляння деревини стрічковими пилами [7] з метою встановлення залежності питомої роботи різання від подачі на зуб, висоти пропила та породи деревини.

У табл. 2 автоматично вираховуються середні значення, дисперсії кожного дослідів та суми значень кожного із цих показників.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Програма КоefRR 6.0											
2	Дослідження залежності питомої роботи різання											
3	від подачі на зуб, висоти пропилю та породи деревини в процесі пиляння											
4	стрічковими пиляками											
5	Розрахунок виконав:		Спеланжук С.П.									
6	Розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії за В-планом											
7	Число дослідів N= 14											
8	Число факторів дослідів M= 3											
9	Результати дослідів											
10	Середні значення та дисперсії функцій											
11	N	K1	K2	K3	N	Коеф.	Дисперсія					
12	1	81	78	76	1	78,33333333	8,33333333					
13	2	24	25	22	2	23,88888889	2,33333333					
14	3	98	93	97	3	98	7					
15	4	43	41	42	4	42	1					
16	5	105	110	103	5	108	13					
17	6	48	49	45	6	47,33333333	4,33333333					
18	7	118	112	121	7	117	21					
19	8	61	64	60	8	61,88888889	4,33333333					
20	9	85	86	82	9	84,33333333	4,33333333					
21	10	38	37	36	10	37,88888889	0,33333333					
22	11	47	45	46	11	46	7					
23	12	54	56	55	12	55	1					
24	13	45	47	44	13	45,33333333	2,33333333					
25	14	55	53	56	14	54,88888889	2,33333333					
26	15	51	53	50	15	51,33333333	2,38833333					
27	Сума	912	908	897	Сума	905	73					
28	N	X1	X2	X3	N	Значення						
29	1	-1	-1	-1	X1Y	-280,3333333						
30	2	1	-1	-1	X2Y	70,33333333						
31	3	-1	1	-1	X3Y	117,3333333						
32	4	1	1	-1	X1Y	894						
33	5	-1	-1	1	X2Y	-173						
34	6	1	-1	1	X3Y	852						
35	7	-1	1	1	X1X2Y	4						
36	8	1	1	1	X1X3Y	-5,33333333						
37	9	-1	0	0	X2X3Y	-10,88888889						
38	10	1	0	0	T1	0,40824						
39	11	0	-1	0	T2	0,75824						
40	12	0	1	0	T3	0,7						
41	13	0	0	-1	T4	0,5						
42	14	0	0	1	T5	0,06375						
43	15	0	0	0	T6	0,125						
44	Значення коефіцієнтів рівняння регресії											
45	1	B0=	47,51144									
46	2	B1=	-28,83333333	Максимальна дисперсія Dmax= 21								
47	3	B11=	13,50905	Критерій Кохрена розрах. Kk= 0,28787233								
48	4	B12=	0,5	Критерій Кохрена табл. Kk= 0,25 при q=0,05								
49	5	B13=	-0,88888889	Kk= 0,3 при q=0,01								
50	6	B2=	7,033333333	Критерій Стюдента табл. Tstd= 2,08								
51	7	B22=	3,00905	Sb= 0,352348978								
52	8	B23=	-7,333333333									
53	9	B3=	11,33333333									
54	10	B33=	7,50905									

Рис. 1. Вхідні дані та розрахунок коефіцієнтів рівняння регресії

У табл. 3 наведено кодові значення чинників кожного дослідів плану експерименту, на основі яких розраховуються проміжні дані обчислень (табл. 4), які необхідні для наступного визначення коефіцієнтів рівняння регресії. У табл. 5 програма розраховує і показує значення коефіцієнтів рівняння регресії. Під позицією 6 представлено результати перевірки відновленості результатів дослідів за допомогою критерію Кохрена.

На рис. 2 представлено фрагмент програми подальших розрахунків. У табл. 1 визначено розрахункові значення критерію Стюдента (табл. 1) для кожного із коефіцієнтів рівняння регресії.

Наступним кроком у методиці розрахунків є оцінка значимості кожного із коефіцієнтів рівняння регресії. Для цього у визначену кольором клітинку 2 необхідно ввести табличне значення критерію Стюдента. Результати оцінки значимості коефіцієнтів виводяться у вигляді даних табл. 3.

Останнім етапом методики і кроком програми є перевірка отриманого рівняння регресії на адекватність, яка виконується за критерієм Фішера. Для цього за одержаним рівнянням регресії розраховуються значення функції кожного дослідів плану, які виведені у вигляді табл. 4. Результати визначення середньоквадратичної похибки між експериментальними та розрахунковими значеннями функціональної залежності виводяться у вигляді табл. 5. Перевірка адекватності рівняння здійснюється шляхом порівняння розрахункового значення критерію Фішера із табличним, яке вибирається за даними [3, 5] і вводиться у виділену кольором клітинку 6. Результат про адекватність одер-

жаного рівняння регресії виводиться у полі "Рівняння регресії": "ТАК" – якщо умова адекватності виконується; "НІ" – якщо умова не виконується.

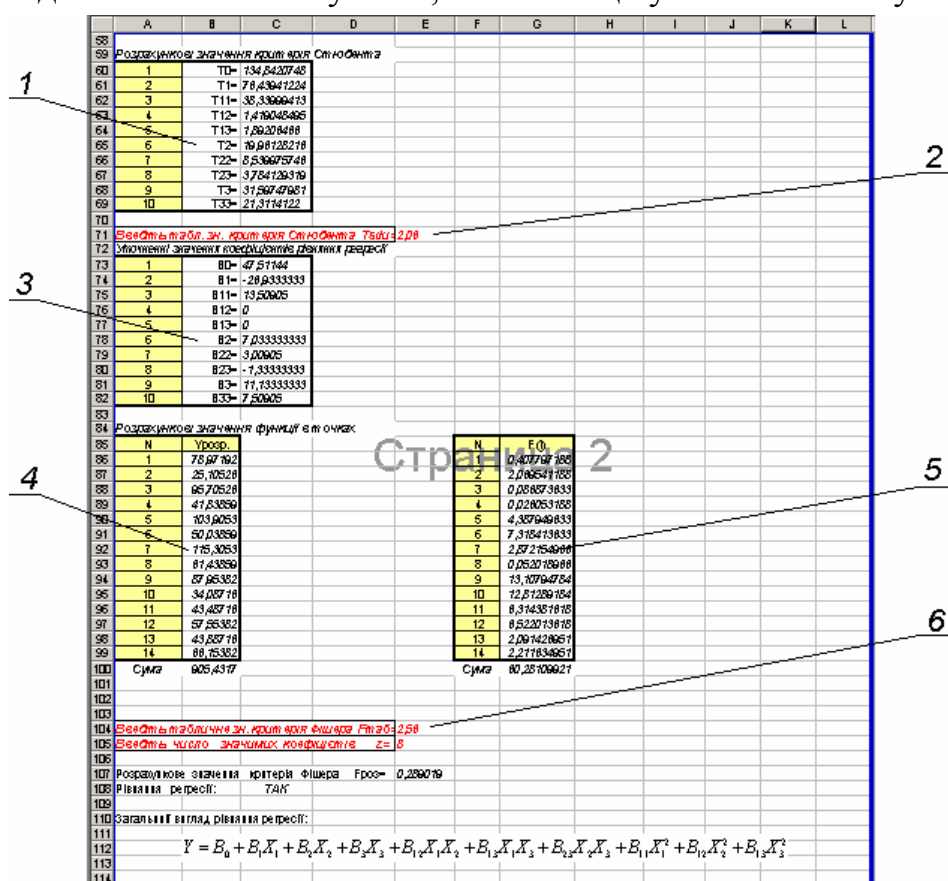


Рис. 2. Оцінка значимості коефіцієнтів рівняння регресії та перевірка рівняння на адекватність

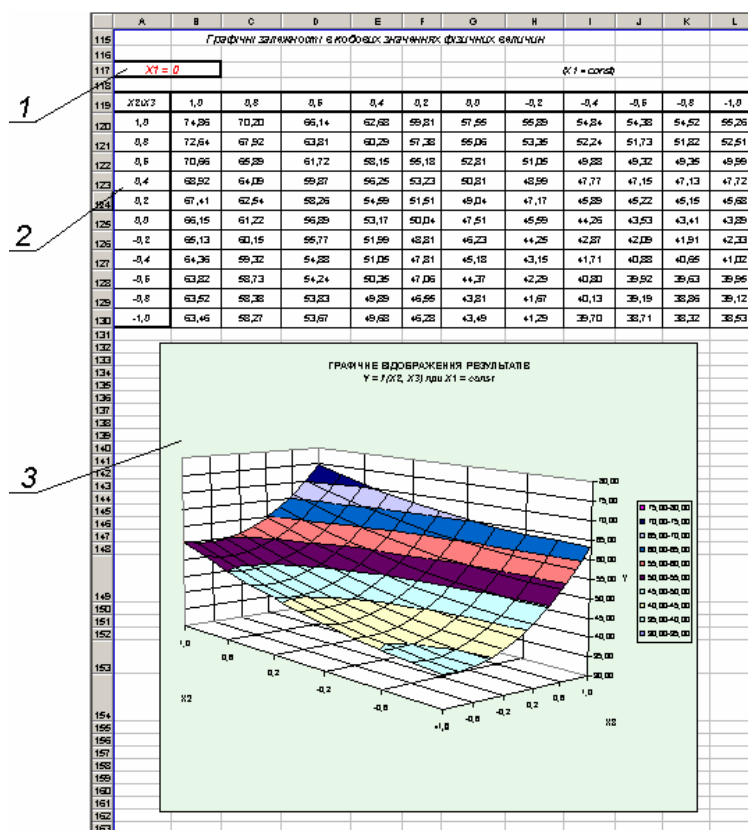


Рис. 3. Діаграма результатів дослідження у кодових значеннях чинників

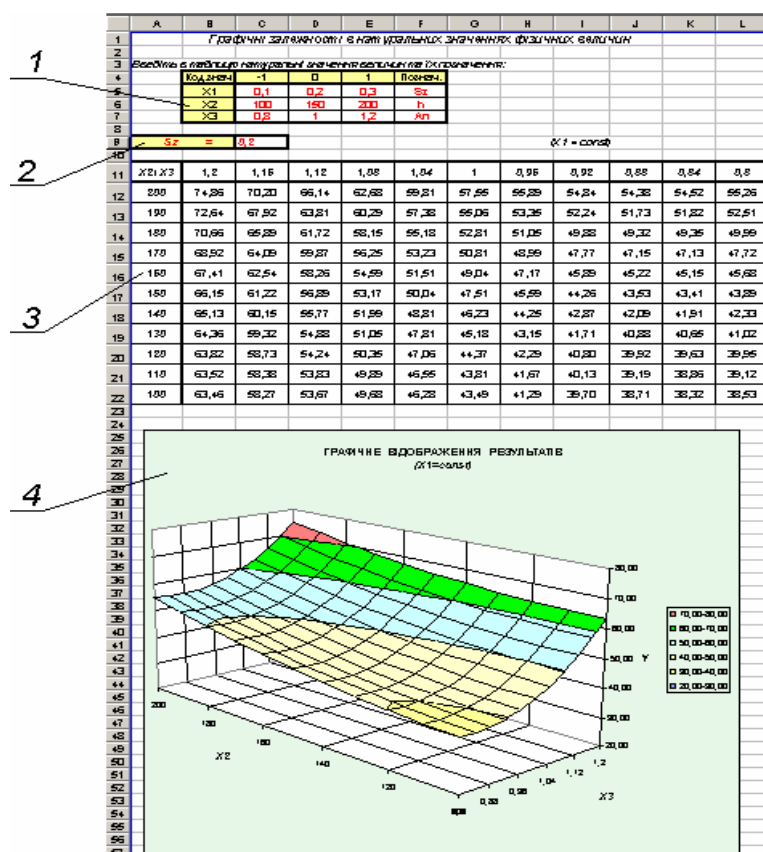


Рис. 4. Графічне відображення результатів у натуральних значеннях

Нижче на першому листі програми розміщені три діаграми типу "Поверхня", побудовані за одержаним рівнянням регресії у кодових значеннях чинників. Кожна з діаграм є тривимірною графічною залежністю функції від двох досліджуваних чинників (рис. 3). При цьому значення третього чинника можна змінювати в межах від -1 до $+1$, вводячи його у спеціально виділену клітинку 1. Таким чином забезпечується можливість вибрати потрібну діаграму залежно від домінуючих чинників. У табл. 2 наведено розрахункові значення функції при зміні двох досліджуваних чинників у кодових значеннях, за даними якої побудована діаграма 3.

На другому листі програми ("Натур. знач.") будуються аналогічні діаграми в натуральних значеннях чинників (рис. 4). У табл. 1 вводяться натуральні значення чинників, що відповідають кодовим значенням -1 та $+1$ та їх позначення. Значення чинника, що приймається постійним під час побудови діаграм, вводиться у виділену клітинку 2. У табл. 3 наведено розрахункові значення функції від двох досліджуваних чинників у натуральних значеннях. Форма діаграми 4, побудованої при натуральних значеннях чинників, ідентична діаграмі 3, яка побудована при кодових значеннях чинників.

Обидва листи програми поділені на сторінки для роздруку. MS Excel дає змогу виводити на друк всі сторінки або друкувати вибіркові номери сторінок чи задані області листа. Тобто, за необхідністю діаграми можна будувати для різних рівнів значень третього чинника як у кодових, так і у натуральних значеннях чинників.

Діаграми, побудовані у кодових значеннях чинників, забезпечують наочність аналізу отриманого рівняння регресії, а діаграми в натуральних зна-

ченнях чинників дають змогу здійснювати аналіз суті процесу, що досліджується, з точки зору фізики явища.

3. Висновки

1. Реалізація алгоритму оброблення результатів багатфакторного експерименту у вигляді прикладної програми на ЕОМ забезпечує високу швидкість та точність виконання громіздких розрахунків і виключає можливість помилок.
2. Використання для розроблення даної програми середовища MS Excel дає змогу у зручній формі виводити проміжні результати поетапного виконання розрахунків, що забезпечує можливість їх послідовного аналізу на кожному з етапів.
3. Розроблена прикладна програма КоefRR 6.0 дає змогу в автоматичному режимі виконувати оброблення результатів багатфакторного експерименту з метою одержання рівняння регресії та графічних залежностей у вигляді діаграм "Поверхня".
4. Забезпечення програмою графічного відображення результатів дослідження у вигляді діаграм гарантує наочність та можливість детального аналізу отриманих функціональних залежностей.

Література

1. Налимов В.В. Теория эксперимента. – М.: Наука, 1971. – 256 с.
 2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 279 с.
 3. Пижурин А.А., Розенблит М.С. Исследование процессов деревообработки. – М.: Лесн. пром-сть, 1984. – 232 с.
 4. Пилипчук М.І., Григор'єв А.С., Шостак В.В. Основи наукових досліджень процесів механічного оброблення деревини: Навч. пос. – Львів, 1999. – 181 с.
 5. Білей П.В., Довга Н.Д., Ханик Я.М., Сорока Л.Я. Методологія наукових досліджень технологічних процесів: Навч. пос. – Львів: Вид. дім "Панорама", 2003. – 182 с.
 6. Пилипчук М.І., Кірик М.Д., Григор'єв А.С. та ін. Математичне планування багатфакторного експерименту: Посібник для ВНЗ. – Львів: УкрДЛТУ, 2004. – 54 с.
 7. Кірик М.Д. Різання деревини та деревних матеріалів: Навч. посіб. – Львів: Світ, 2000. – 218 с.
-