

Л. І. ШЕЛУДЬКО, П. Л. ПАШУЛЯ, А. П. ГРАБАРОВСЬКА

## ПОРІВНЯННЯ ПЛАНІВ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ПРОЦЕСУ ЕМУЛЬСІЙНОГО ТРАВЛЕННЯ ДРУКАРСЬКИХ ФОРМ У МАЙЖЕ СТАЦІОНАРНІЙ ОБЛАСТІ

З теорії і практики планування експерименту впливають, по суті, два важливі пункти [4]:

1. План експериментів здебільшого визначає форму статистичного аналізу результатів.

2. Успішне одержання відповідей на питання, які цікавлять експериментатора, без надмірної витрати часу та ресурсів, в значній мірі залежить від правильного вибору плану експериментів.

Отже, вибір плану проведення експериментів є дуже актуальною проблемою.

У [3] показано, яку кількість дослідів необхідно провести, щоб вивчити ту чи іншу сторону процесу емульсійного травлення звичайним однофакторним методом.

У нашій роботі при дослідженні майже стаціонарної області процесу одержання друкарських форм високого друку емульсійним способом травлення наводиться порівняння двох планів: центрального композиційного ротатбельного уніформ-планування (ЦКРП) [3] та плану типу  $B_4$  [1], близького до  $D$ -безперервних планів.

Для визначення всіх коефіцієнтів рівняння регресії, включаючи члени другого порядку (випадок чотирьох змінних), ЦКРП використовує повний факторний експеримент (16 точок): вісім «зоряних» точок з координатами  $(\pm a, 0, 0, 0)$ ;  $(0, \pm a, 0, 0)$ ;  $(0, 0, \pm a, 0)$ ;  $(0, 0, 0, \pm a)$  і мережу точок у центрі експерименту. План  $B_4$  включає повний факторний експеримент типу  $2^4$  у вершинах гіперкубу та 8 «зоряних» точок. Матриці планування вказаних планів наведені в табл. 1, 2.

Для з'ясування ефективності використання того чи іншого плану при дослідженні майже-стаціонарної області процесу емульсійного травлення були проведені досліді за  $B_4$  і ЦКРП. На основі цих дослідів відповідно для планів  $B_4$  були одержані рівняння [5].

Результати досліджень на прикладі швидкості та глибини травлення у «критичному» по ширині пробілі наводяться у табл. 3.

Статистичний аналіз (табл. 4) показує, що технологічні показники процесу, розраховані за виведеними рівняннями відповідних планів, добре узгоджуються з експериментальними даними. Крім того, із

порівняння розрахункових  $\hat{u}_i$  бачимо, що залишкова дисперсія для дослідів, які проводяться за планом  $B_4$ , дещо менша, ніж за ЦКРП. Це дає можливість вважати, що при вивченні майже-стаціонарної області виготовлення друкарських форм емульсійним способом при заздалегідь відомій помилці відтворення доцільно ставити досліді за планом  $B_4$ , який є економічнішим та дає більш точні результати. Якщо помилка відтворення невідома, то досліді необхідно проводити за ЦКРП.

Таблиця 1

Матриця планування для ЦКРП \*

| № дослідю | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>4</sub> |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1         | +              | +              | +              | +              |
| 2         | +              | +              | +              | -              |
| 3         | +              | +              | -              | +              |
| 4         | +              | +              | -              | -              |
| 5         | +              | -              | +              | +              |
| 6         | +              | -              | +              | -              |
| 7         | +              | -              | -              | +              |
| 8         | +              | -              | -              | -              |
| 9         | -              | +              | +              | +              |
| 10        | -              | +              | +              | -              |
| 11        | -              | +              | -              | +              |
| 12        | -              | +              | -              | -              |
| 13        | -              | -              | +              | +              |
| 14        | -              | -              | +              | -              |
| 15        | -              | -              | -              | +              |
| 16        | -              | -              | -              | -              |
| 17        | +2             | 0              | 0              | 0              |
| 18        | -2             | 0              | 0              | 0              |
| 19        | 0              | +2             | 0              | 0              |
| 20        | 0              | -2             | 0              | 0              |
| 21        | 0              | 0              | +2             | 0              |
| 22        | 0              | 0              | -2             | 0              |
| 23        | 0              | 0              | 0              | +2             |
| 24        | 0              | 0              | 0              | -2             |
| 25        | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 26        | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 27        | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 28        | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 29        | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 30        | 0              | 0              | 0              | 0              |
| 31        | 0              | 0              | 0              | 0              |

\* Тут 0, +, - відповідно нульовий, верхній та нижній рівні змінних.

Таблиця 2

Матриця планування для плану типу B<sub>4</sub>

| № дослідю | X <sub>1</sub> | X <sub>2</sub> | X <sub>3</sub> | X <sub>4</sub> |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1         | -              | -              | -              | -              |
| 2         | -              | -              | -              | +              |
| 3         | -              | -              | +              | -              |
| 4         | -              | -              | +              | +              |
| 5         | -              | +              | -              | -              |
| 6         | -              | +              | -              | +              |
| 7         | -              | +              | +              | -              |
| 8         | -              | +              | +              | +              |
| 9         | +              | -              | -              | -              |
| 10        | +              | -              | -              | +              |
| 11        | +              | -              | +              | -              |
| 12        | +              | -              | +              | +              |
| 13        | +              | +              | -              | -              |
| 14        | +              | +              | -              | +              |
| 15        | +              | +              | +              | -              |
| 16        | +              | +              | +              | +              |
| 17        | +              | 0              | 0              | 0              |
| 18        | -              | 0              | 0              | 0              |
| 19        | 0              | +              | 0              | 0              |
| 20        | 0              | -              | 0              | 0              |
| 21        | 0              | 0              | +              | 0              |
| 22        | 0              | 0              | -              | 0              |
| 23        | 0              | 0              | 0              | +              |
| 24        | 0              | 0              | 0              | -              |

Значення  $y_i$ ,  $\hat{y}_i$  для ЦКРП та B<sub>4</sub>

Таблиця 3

| ЦКРП                        |             |   |             | План B <sub>4</sub>         |             |   |             |
|-----------------------------|-------------|---|-------------|-----------------------------|-------------|---|-------------|
| Швидкість травлення, мкм/хв |             | Глибина травлення у «критичному» пробілі, мкм |             | Швидкість травлення, мкм/хв |             | Глибина травлення у «критичному» пробілі, мкм |             |
| y <sub>i</sub>              | $\hat{y}_i$ | y <sub>i</sub>                                | $\hat{y}_i$ | y <sub>i</sub>              | $\hat{y}_i$ | y <sub>i</sub>                                | $\hat{y}_i$ |
| 54                          | 56,08       | 241   | 251,93      | 48                          | 47,56       | 240   | 244,79      |
| 54                          | 51,15       | 212   | 211,23      | 52                          | 53,14       | 291   | 268,33      |
| 54                          | 57,66       | 289   | 246,03      | 46                          | 46,11       | 236   | 245,01      |
| 49                          | 50,10       | 198   | 226,57      | 48                          | 49,20       | 291   | 289,79      |
| 45                          | 48,08       | 340   | 294,05      | 45                          | 47,56       | 223   | 230,99      |
| 43                          | 44,57       | 257   | 269,11      | 52                          | 53,14       | 265   | 273,29      |
| 55                          | 56,72       | 207   | 227,91      | 44                          | 46,11       | 185   | 173,97      |
| 52                          | 50,62       | 259   | 227,21      | 49                          | 49,20       | 235   | 237,51      |
| 49                          | 54,05       | 235   | 229,71      | 53                          | 51,64       | 259   | 231,39      |
| 44                          | 46,84       | 185   | 177,25      | 56                          | 55,22       | 207   | 243,18      |
| 51                          | 54,12       | 265   | 266,09      | 43                          | 48,70       | 257   | 273,89      |
| 44                          | 44,33       | 223   | 234,87      | 45                          | 49,78       | 340   | 306,87      |
| 48                          | 50,61       | 291   | 276,59      | 49                          | 51,64       | 198   | 224,35      |

| ЦКРП                           |             |   |             | План $B_4$                     |             |   |             |
|--------------------------------|-------------|---|-------------|--------------------------------|-------------|---|-------------|
| Швидкість травлення,<br>мкм/хв |             | Глибина травлення<br>у «критичному»<br>пробілі, мкм |             | Швидкість травлення,<br>мкм/хв |             | Глибина травлення<br>у «критичному»<br>пробілі, мкм |             |
| $y_i$                          | $\hat{y}_i$ | $y_i$   | $\hat{y}_i$ | $y_i$                          | $\hat{y}_i$ | $y_i$   | $\hat{y}_i$ |
| 45                             | 44,81       | 236   | 241,89      | 54                             | 55,22       | 289   | 254,89      |
| 52                             | 57,73       | 291   | 254,73      | 54                             | 48,70       | 212   | 209,57      |
| 47                             | 49,35       | 240   | 242,27      | 54                             | 49,78       | 241   | 261,35      |
| 50                             | 50,50       | 234   | 248,04      | 50                             | 52,67       | 230   | 227,62      |
| 53                             | 47,20       | 231   | 240,88      | 53                             | 50,34       | 220   | 222,40      |
| 56                             | 53,86       | 233   | 225,20      | 57                             | 56,23       | 236   | 218,18      |
| 53                             | 50,89       | 236   | 269,72      | 54                             | 54,78       | 230   | 247,84      |
| 51                             | 48,95       | 190   | 202,71      | 52                             | 53,28       | 200   | 199,17      |
| 58                             | 55,08       | 186   | 197,21      | 58                             | 56,73       | 195   | 195,83      |
| 56                             | 57,63       | 256   | 304,04      | 57                             | 57,67       | 260   | 246,17      |
| 51                             | 44,33       | 273   | 250,88      | 55                             | 54,34       | 270   | 268,80      |
| 53                             | 53,19       | 249   | 257,27      |                                |             |   |             |
| 56                             | 53,19       | 260   | 257,27      |                                |             |   |             |
| 54                             | 53,19       | 250   | 257,27      |                                |             |   |             |
| 52                             | 53,19       | 236   | 257,27      |                                |             |   |             |
| 51                             | 53,19       | 230   | 257,27      |                                |             |   |             |
| 55                             | 53,19       | 331   | 257,27      |                                |             |   |             |
| 51                             | 53,19       | 245   | 257,27      |                                |             |   |             |

$y_i$  — експериментальні дані  $\hat{y}_i$ , одержані на основі виведених рівнянь.

Таблиця 4

## Статистичний аналіз досліджуваних планів

| Параметри оптимізації                    | Тип плану | Ступінь вільності | Дисперсія відтворення | Залишкова дисперсія | F розрахункове | F табличне |
|--|-----------|-------------------|-----------------------|---------------------|----------------|------------|
| Швидкість травлення                      | $B_4$     | $f=9$<br>$f=6$    | 6,074                 | 16,10               | 2,65           | 4,0        |
|  | ЦКРП      | $f=16$<br>$f=6$   |                       | 16,44               | 2,70           |            |
| Глибина травлення у «критичному» пробілі | $B_4$     | $f=9$<br>$f=6$    | 1137,22               | 932,71              | 0,821          | 4,0        |
|  | ЦКРП      | $f=16$<br>$f=6$   |                       | 1237,22             | 1,09           |            |

## ЛІТЕРАТУРА

- Голикова Т. И., Микешина Н. Г. Материалы 2-й Всесоюзной конференции по планированию эксперимента. М., 1968.
- Налимов В. В., Чернова Н. А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М., «Наука», 1965.
- Пашуля П. Л., Шелудько Л. І., Грабаровська А. П. Застосування методу симплексного планування для знаходження оптимальних умов одержання друкарських форм емульсійним способом травлення. «Поліграфія і видавнича справа» № 5. Вид-во Львівського ун-ту, 1970.
- Финни Д. Введение в теорию планирования экспериментов. М., «Наука», 1970.
- Шелудько Л. І., Грабаровська А. П., Пашуля П. Л. Математичні моделі основних параметрів процесу емульсійного травлення. «Поліграфія і видавнича справа» № 7. Вид-во Львівського ун-ту, 1972.

L. I. SHELUDKO, P. L. PASHULA, A. P. GRABAROVSKAYA

**A COMPARISON OF THE DESIGNS AT THE INVESTIGATION  
OF THE POWDERLESS ETCHING PROCESS IN THE ALMOST  
STATIONARY REGION**

Summary

A comparison of two plans—the central composition rotatable uniform design (CCRD) and the design of the  $B_4$  type similar to D-continuous designs is accomplished. The conclusion is made that at the investigation of the almost stationary region of the powderless etching of printing forms process with a beforehand known reproduction error, the experiments should be conducted according to the design  $B_4$ , which is more economic in regard to the quantity of tests and offers more accurate results. With the unknown error of reproduction the experiments should be accomplished according to the CCRD. Tabl. 4. Ref. 5.

---