

## **МОДЕЛЮВАННЯ Й ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ ФОТОПОЛІМЕРНИХ ДРУКАРСЬКИХ ФОРМ**

З точки зору загальних кібернетичних уявлень про хіміко-технологічні процеси [7] виготовлення фотополімерних друкарських форм (ФДФ) з твердих фотополімеризуючих матеріалів (ТФПМ) на першому етапі можна формалізовано описати структурною моделлю (рис. 1) як взаємодію технологічних операторів, що визначаються вхідними перемінними (факторами) та вихідними параметрами якості ФДФ.

Оскільки виготовлення ФДФ — це складний квазідетермінований процес, його математичне моделювання та оптимізація здійснюються лише за допомогою експериментально-статистичного методу планування експериментів [1].

Параметрами моделювання та оптимізації вибрані такі показники якості ФДФ [4]: графічна точність відтворення друкуючих елементів ( $y_1\%$ ), мінімальна оптична щільність у світах растрових зображень ( $y_2$ ), глибина пробільних елементів ( $y_3$  мкм),

характер профілю друкуючих елементів ( $y_4$  град). Всі інші показники якості ФДФ прийняті стабільними ( $y_i \geq [y_{i \min}]$  чи  $y_i \leq [y_{i \max}]$ ) (табл. 1).

Відбір факторів процесу проводили за допомогою симплексного методу планування експерименту. Фактори процесу та інтервали їх зміни наведені в матриці планування експерименту (табл. 2).

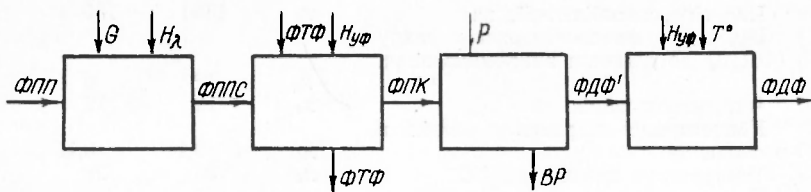


Рис. 1. Структурна модель виготовлення ФДФ з твердих фотополімеризуючих матеріалів:

1 — гіперсенсібілізація; 2 — експонування; 3 — розчинення пробілів; 4 — додаткова обробка; ФПП — фотополімеризуючі пластини; ФППС — сенсібілізовані ФПП; ФПК — фотополімерні копії; ФТФ — фотоформа;  $G$  — витримування ФПП в атмосфері газу з низькою реакційною здатністю;  $H_\lambda$  — попереднє опромінення ФПП активним світлом відповідної довжини хвилі;  $H_{УФ}$  — ультрафіолетове випромінювання;  $P$  — розчинник;  $ВР$  — відпрацьований розчинник;  $T^o$  — термообробка.

Для проведення дослідів використані ТФПМ «Целофот», розроблені в УНДІПП [6] та модельний тест-об'єкт, що включає 22-польну растрову шкалу ( $54 \text{ см}^{-1}$ ), міру роздільної до  $120 \text{ см}^{-1}$

Таблиця 1

Обмеження якості ФДФ

Показники якості	Умовні позначення	Допустимі значення
Роздільна здатність ( $P_a$ ), $\text{см}^{-1}$	$y_7$	120
Мікрогеометрія поверхні $R_a$ , мкм	$y_8$	0,16
Видільна здатність ( $B_a$ ), мкм	$y_7$	60
Сприйняття і віддача фарби ( $K_a$ ), %	$y_8$	50
Тиражестійкість ( $T$ ), тис. відбитків	$y_9$	250
Ступінь автоприправки $\Delta h$ , мкм	$y_{10}$	50
Придатність до матрицювання, матриць	$y_{11}$	2

і видільної здатності (60 мкм і більше), пробільні та друкуючі елементи різної ширини (50...1000 мкм) й інші елементи. Тест-об'єкт був виготовлений на фототехнічній плівці ФТ-111 нп.

Гіперсенсібілізацію (ГС) ТФПМ в даному випадку здійснювали витримуванням їх в атмосфері двоокису вуглецю протягом 90...300 хв при витраті 0,6 м<sup>3</sup>/год. Експонували ТФПМ з застосуванням джерел УФ-випромінювання люмінесцентних ламп ЛУФТ-60, для контролю та дозування фотоактивного потоку застосовували експозиметр КАЕ-7. Розчинення пробільних елементів відбувалось у машині ФВФ-65 [9]. Якість ФДФ контролювали

Таблиця 2

## Інтервали варіювання факторів

Фактори	Умовні позначення	Основний рівень $x_i^0$	Інтервал варіювання $\Delta i$
Час гіперсенсibilізації, хв	$x_1$	180	180
Відстань фотополімерного шару (ФПШ) до джерела випромінювання, см	$x_2$	18	18
Час експонування, хв	$x_3$	12	12
Концентрація гідроокису натрію в розчині, %	$x_4$	0,2	0,15
Температура вимивання, °С	$x_5$	30	20
Час додаткового експонування, хв	$x_6$	5	5
Температура сушіння ФДФ, °С	$x_7$	50	20

за допомогою мікротвердоміра ПМТ-3, проектора ЧП-2, профілографа-профілометра 201 та інших приладів за відомими методами [2].

Після проведення серії дослідів (табл. 3) та обробки даних [1, 3] одержано такі лінійні рівняння регресії, що є моделлю процесу отримання ФДФ, як сума часткових цільових функцій:

Таблиця 3

## Матриця планування та результати дослідів

№ досліді	Фактори							Змінні стану			
	$x_1$ хв	$x_2$ см	$x_3$ хв	$x_4$ %	$x_5$ °С	$x_6$ хв	$x_7$ °С	$y_1$ %	$y_2$ од. опт. щільності	$y_3$	$y_4$ град
1	90	13	9,5	0,175	27	4,0	38	11,3	0,53	1,16	83
2	270	13	9,5	0,175	27	4,0	38	5,2	0,16	0,97	69
3	180	28	9,5	0,175	27	4,0	38	9,2	0,34	1,10	80
4	180	18	19,5	0,175	27	4,0	38	6,3	0,07	0,90	71
5	180	18	12,0	0,295	27	4,0	38	12,1	0,46	0,96	80
6	180	18	12,0	0,2	43	4,0	38	9,8	0,34	1,03	78
7	180	18	12,0	0,2	30	8,5	38	8,5	0,3	1,02	76
8	180	18	12,0	0,2	30	5,0	54	8,3	0,34	1,03	77

$$y_1 = 8,8 - 6,2x_1 + 1,0x_2 - 2,9x_3 + 5,2x_4 + 1,2x_5 + 0,6x_6 + 0,4x_7,$$

$$y_2 = 0,33 - 0,37x_1 - 0,006x_2 - 0,33x_3 + 0,18x_4 + 0,084x_5 - 0,016x_6 + 0,034x_7,$$

$$y_3 = 1,02 - 0,19x_1 + 0,04x_2 - 0,216x_3 - 0,09x_4 + 0,016x_5 - 0,012x_7,$$

$$y_4 = 76 - 14,0x_1 + 4,6x_2 - 7,8x_3 + 5,4x_4 + 3,8x_5 - 1,4x_6 + 0,8x_7.$$

Еагомість факторів оцінювали за критерієм Стьюдента [1, 3]. Як бачимо (рис. 2), що за впливом на якісні показники ФДФ фактори можна розміщати в таких рядах (в міру зменшення впливу):

$$y_1 - x_1 > x_4 > x_3 > x_5 \geq x_2 > x_6 \geq x_7, \quad y_2 - x_1 \geq x_3 > x_4 > x_5 > x_7 \geq x_6 \geq x_2,$$

$$y_3 - x_3 \geq x_1 > x_4 > x_2 \geq x_5 \geq x_7 > x_6, \quad y_4 - x_1 > x_3 > x_4 \geq x_2 \geq x_5 > x_6 > x_7.$$

Найбільше впливають на якість ФДФ тривалість гіперсенсibiliзації ( $x_1$ ), експозиції ( $x_3$ ) та дії вимивного розчину ( $x_4, x_5$ ). Крім того, на формування профілю друкуючих елементів ( $y_1$ ) деякою мірою впливає відстань до освітлювача ( $x_2$ ) у вибраному інтервалі вимірювань. На якість ФДФ не впливають час додаткового експонування та температури сушіння ФДФ.

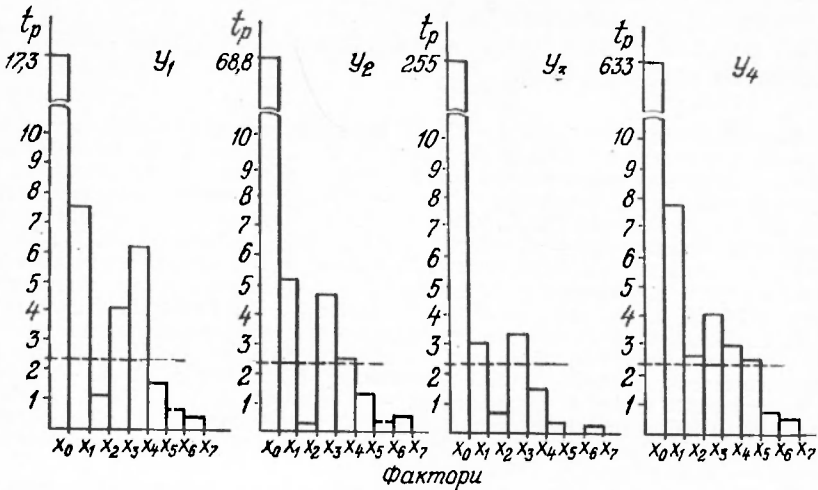


Рис. 2. Оцінка вагомості коефіцієнтів рівнянь математичної моделі процесу виготовлення ФДФ ( $t_T=2,31$  — табуйоване значення критерію Стьюдента, значення  $x$  та  $y$  наведені у тексті).

Таблиця 4

Матриця пошуку оптимальних умов виготовлення ФДФ

№ досліду	Умовне позначення симплексу	Фактори					Змінні стану			
		$x_1$ хв	$x_2$ см	$x_3$ хв	$x_4$ %	$x_5$ °С	$y_1$ %	$y_2$ од. опт. щільності	$y_3$	$y_4$ град
1		90	13	9,5	0,175	27	11,3	0,53	1,16	83
2		270	13	9,5	0,175	27	5,2	0,16	0,97	69
3		180	28	9,5	0,175	27	9,2	0,34	1,10	80
4		180	18	19,5	0,175	27	6,3	0,07	0,89	71
5		180	18	12,0	0,295	27	12,1	0,46	0,96	80
6	123456	180	18	12,0	0,2	43	9,8	0,34	1,03	78
7	234567	305	25	15,5	0,23	33	6,4	0,18	0,99	75
8	234678	265	23	14,4	0,09	35	3,2	0,07	0,95	71
9	246789	300	10	18,9	0,173	39	3,0	0,07	0,86	66
10	2478910	350	17,6	19,0	0,136	22	2,3	0,07	0,71	69

Одержані дані відповідають результатам раніше проведених дослідів [2, 4, 5, 8] та уявленням фізико-хімії та фізико-механіки полімерів, розглянутих стосовно ТФПМ [8].

Оптимізація технології виготовлення ФДФ здійснена на основі одержаної моделі за допомогою симплексного методу [3, 5].

Результати пошуку оптимальної області значень вхідних перемінних процесу виготовлення ФДФ (табл. 4) дали змогу виявити такі режими ФДФ: тривалість гіперсенсibilізації й експонування — відповідно 270...350 хв, 10...18 хв, відстань до освітлювача 8...16 см, концентрацію луку у вимивному розчині 0,1...0,2% та температуру вимивання 27...33° С.

Ці режими забезпечують отримання ФДФ з необхідними показниками якості [2, 8, 9].

**Список літератури:** 1. Адлер Ю. П. Введення и планирование експеримента. — М.: Металлургия, 1969. 2. Белицкая С. И., Шибанов В. В., Васильев В. Б. Влияние состава фотополимерной композиции и режимов изготовления на качество фотополимерных печатных форм. — Полиграфическая промышленность, 1976, № 10. 3. Бондарь А. Г., Статюха Г. А. Планирование эксперимента в химической технологии. — К.: Вища школа, 1976. 4. Васильев В. Б., Белицкая С. И., Козак Л. И., Лазаренко Э. Т. Выбор показателей качества печатных форм методом априорного ранжирования. — Полиграфическая промышленность, 1979, № 7. 5. Васильев В. Б., Белицкая С. И., Козак Л. И., Лазаренко Э. Т. Симплексное планирование эксперимента как метод определения потенциального качества фотополимерных печатных форм. — Полиграфическая промышленность, 1979, № 7. 6. Золотухин А. В., Куропась Р. С. Внедрение фотополимерных форм в производство. — Полиграфия, 1979, № 3. 7. Кифаров В. В. Методы кибернетики в химической технологии. — М.: Химия, 1976. 8. Лазаренко Э. Т., Розум А. Ф., Забуйский А. И. Фотополимерные печатные формы. — Киев: Техника, 1978. 9. Макаровский Б. С., Баран Р. П., Белицкая С. И. Оборудование для изготовления фотополимерных печатных форм. — Полиграфия, 1975, № 11.

Mathematical shaping of the technology of the photopolymer printing formes production from hard polymerizing materials by method of factor experiment has been carried out.

Such major factors as durability of hypersensibilization of photopolymerizing plates, exposing of the printing areas and washing out the blank areas and concentration of hydroxide of sodium in the washing out solution are optimized with the usage of symplex method and provides the required indices of photopolymer printing formes qualities.

Стаття надійшла в редколегію 23 лютого 1980 року