

# ЕКОНОМІКА Й ОРГАНІЗАЦІЯ ПОЛІГРАФІЇ ТА ВИДАВНИЧОЇ СПРАВИ

УДК 655.0025

*Р. М. МАШТАЛІР, А. М. ВОЗНИЙ, О. М. БОЖЕНКО*

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ НОВОЇ ТЕХНІКИ НА ОСНОВІ ЗАСТОСУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ

У Директивах XXIV з'їзду КПРС по п'ятирічному плану розвитку народного господарства на 1971—1975 рр. науково-технічний прогрес названо одним із основних шляхів забезпечення значного піднесення матеріального і культурного рівня життя народу. Запровадження технічного прогресу в промисловості повинно спиратися на всебічний і глибокий економічний аналіз технічних рішень з метою вибору оптимального. Проблема економічної ефективності, таким чином, є і проблемою технічного прогресу. Це зумовлюється тим, що суспільству потрібна не всяка техніка, а лише економічно вигідна.

При техніко-економічному обґрунтуванні напрямів технічного прогресу в поліграфії та виборі оптимальних технічних рішень необхідно забезпечити комплексний підхід і врахування різних факторів, які впливають на ефективність нової техніки. Такий підхід до розрахунку економічної ефективності нової техніки вимагає значних витрат часу. Так, при визначенні економічної ефективності застосування повноформатних гнучких фотополімерних друкарських форм у книжковому виробництві і потребі у зв'язку з цим дослідити різні технологічні способи виготовлення друкарських форм при різних тиражності, ілюстративності форм і річній програмі виникає необхідність дати економічну оцінку більше 1000 варіантів технічних рішень (в нашому випадку досліджено 1296 варіантів — 9 технологічних способів виготовлення форми  $\times$  6 діапазонів тиражів  $\times$  8 діапазонів ілюстративності  $\times$  3 діапазони річної програми).

Очевидно, що економічне обґрунтування напрямів технічного прогресу потребує застосування математичних методів і моделей з використанням обчислювальних машин. Моделювання виробничих процесів — важлива передумова ефективного застосування ЕОМ. Напрями моделювання виробничих процесів у поліграфії можуть бути різні. Виникає необхідність у створенні загальної моделі роботи поліграфічного підприємства для оцінки ефективності всього комплексу виробничо-господарських процесів і окремих моделей деяких однорідних ланок виробництва з метою оперативного планування виробничого процесу з використанням швидкодіючих ЕОМ.

Питання моделювання окремих ланок поліграфічного виробництва ще не знайшли належного дослідження, тому створення таких моделей з використанням ЕОМ — справа першочергова. Вибір оптимального організаційно-технічного рішення з їх сукупності без моделювання і застосування ЕОМ надзвичайно трудомісткий.

У статті зроблено спробу скласти модель залежності приведених витрат на виготовлення друкарської форми від ряду параметрів і розв'язати її на ЕОМ. Для моделювання процесу розрахунку приведених

витрат ( $z$ , крб.) залежно від ілюстративності ( $x$ , %), тиражу ( $y$ , тис. прим.) і нумера технологічних способів виготовлення друкарської форми ( $N$ ) пропонується побудова функції

$$z = F(x, y, N, \bar{C}_1, \bar{C}_2, \dots, \bar{C}_m), \quad (1)$$

де  $\bar{C}_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ ) — деякі постійні, які визначаються з конкретних умов виробництва і є постійними до моменту зміни цих умов.

Для побудови такої функції доцільно застосувати теорію кореляції. Функція  $z = F(x, y, N, \bar{C}_1, \bar{C}_2, \dots, \bar{C}_m)$  в загальному випадку не може бути лінійною.

Зупинимось на питанні побудови згаданої функції за таким алгоритмом. Спочатку створимо залежність приведених витрат від ілюстративності. Наступний етап — створення залежності приведених витрат від тиражу і технологічних способів виготовлення форм.

Аналіз залежності приведених витрат від ілюстративності і тиражу для технологічних способів виготовлення друкарських форм (див. таблицю) показав, що вона є закономірною, хоч і нерівномірною. На основі складених графіків можна легко встановити аналітичну залежність приведених витрат від ілюстративності. Аналогічно можна встановити залежність приведених витрат від тиражу для різних технологічних способів виготовлення друкарських форм.

**Приведені витрати на виготовлення однієї друкарської форми формату  $60 \times 90^{1/16}$  при обсягу річної програми 10 тис. первинних аркушів набору**

Варіанти виготовлення	Тираж видання, тис. примірників	Витрати, крб.								
		13,55	15,27	15,93	16,45	17,31	18,19	19,51	21,00	
I. Наборна форма	25,0	13,55	15,27	15,93	16,45	17,31	18,19	19,51	21,00	
II. Гартова стереотипна форма	25,0	19,07	21,40	22,45	22,84	23,97	25,05	26,65	28,32	
	50,0—100,0	25,62	28,41	29,59	30,35	31,32	33,13	35,07	35,90	
	200,0	28,80	33,96	36,56	37,07	20,93	44,56	47,98	52,33	
	300,0	31,86	39,37	43,41	45,00	50,30	55,69	61,00	66,25	
	400,0	35,11	44,89	50,30	54,34	60,22	66,87	74,18	82,65	
	500,0	38,20	50,27	57,12	62,15	69,54	77,81	87,01	97,86	
III. Гальваностереотипна форма, підлита друкарським сплавом	25,0	26,78	29,61	30,13	30,51	31,20	31,70	32,97	33,13	
	50,0—100,0	32,37	35,16	35,68	36,05	36,77	37,44	38,56	38,83	
	200,0	35,41	38,61	39,12	39,48	40,21	40,88	42,00	42,13	
	300,0	38,45	42,06	42,57	43,93	43,66	44,34	45,45	45,58	
	400,0	42,08	46,10	46,62	47,00	47,57	48,23	49,34	49,47	
	500,0	45,14	49,54	50,05	50,42	51,15	51,81	52,94	53,06	
IV. Гальваностереотипна форма, підлита пластмасою	25,0	22,22	23,82	24,44	24,79	25,52	26,19	27,34	28,50	
	50,0—100,0	25,73	27,55	28,16	28,54	29,27	29,96	31,06	32,26	
	200,0	27,66	29,71	30,32	30,69	31,40	32,09	33,43	34,57	
	300,0	29,55	31,84	32,45	32,83	33,56	34,25	35,34	36,52	
	400,0	31,82	34,31	34,94	35,31	36,06	36,73	37,84	39,03	
	500,0	33,73	36,37	37,08	37,44	38,18	38,86	39,97	41,16	
V. Пластмасова стереотипна форма	25,0	24,46	25,57	26,09	26,45	27,18	27,87	29,00	30,12	
	50,0—100,0	27,32	29,08	29,60	29,96	30,68	31,35	32,52	33,62	
	200,0	29,16	43,58	44,09	44,47	45,16	45,84	47,00	48,10	
	300,0	42,68	58,04	58,56	58,94	59,64	60,29	61,48	62,57	
	400,0	44,52	72,53	73,04	73,41	74,11	74,11	75,97	77,06	
	500,0	58,02	87,02	87,52	87,89	88,59	89,27	90,45	91,53	
VI. Мікроцинкова форма емульсійного травлення (з використанням фотонаборних машин)	25,0—100,0	30,32	30,23	29,58	27,78	27,63	25,51	23,85	22,0	
	200	43,41	44,19	43,54	41,76	41,59	39,48	37,85	35,98	
	300	55,44	58,15	57,50	55,70	55,58	53,43	51,79	50,52	
	400	69,51	72,14	71,47	69,67	69,53	67,40	65,76	62,30	
	500	82,61	86,62	85,97	84,17	83,94	82,87	80,26	78,45	

Варіанти виготовлення	Тираж видання, тис. примірників	Витрати, хрб.							
VIa. Мікроцифрова форма емульсійного травлення (з використанням існуючої техніки фотографування рядковідливного набору)	25,0—100,0	29,57	29,99	28,95	27,90	26,94	25,37	23,84	22,20
	200,0	42,62	43,96	42,92	41,88	38,82	37,80	37,81	36,17
	300,0	55,68	57,92	56,88	55,83	54,86	53,28	51,75	50,14
	400,0	68,74	71,85	70,83	69,81	68,83	67,26	65,74	64,11
	600,0	82,33	86,37	85,30	84,28	83,31	81,75	80,22	78,57
VII. Фотополімерна форма (з використанням фотонаборних машин)	25,0—100,0	29,51	28,89	28,24	26,46	26,25	24,15	22,47	20,78
	200,0	30,37	29,83	29,19	27,42	27,10	25,09	23,45	21,75
	300,0	31,23	30,81	30,15	28,38	28,20	26,04	24,39	22,61
	400,0	32,06	31,77	31,11	29,31	29,12	27,00	25,32	23,68
	500,0	32,96	32,78	32,07	30,21	29,96	27,98	26,30	24,61
VIIa. Фотополімерна форма (з використанням існуючої техніки фотографування рядковідливного набору)	25,0—100,0	28,43	28,64	27,67	26,72	25,75	24,04	22,39	20,88
	200,0	29,25	29,69	28,63	27,47	26,70	25,00	23,47	21,83
	300,0	30,13	30,63	29,57	28,63	27,67	25,97	24,44	22,79
	400,0	30,95	31,59	30,55	29,59	28,60	26,90	25,39	23,77
	500,0	31,84	36,54	31,50	30,55	29,48	27,76	26,34	24,73

Примітка. Витрати поділено на колонки за ступенем ілюстративності, вираженим у процентах: перша — 0, друга — 5, третя — 15, четверта — 25, п'ята — 35, шоста — 50, сьома — 65, восьма — 85.

Для знаходження наближеної оцінки параметрів рівняння і виявлення емпіричних залежностей окремих економічних та інших показників у процесі виробництва, що є необхідною умовою застосування електронно-обчислювальних машин у промисловості, ми пропонуємо метод найменших квадратів.

Якщо деякий економічний або інший показник залежить від величини  $\xi_1, \xi_2, \dots, \xi_n$  і зазнає впливу інших факторів, які не обліковуються, то методом найменших квадратів знаходять мінімальне значення функції

$$S^2(a_1, a_2, \dots, a_m) = \sum_{i=1}^n [\bar{f}(\xi_i; a_1, a_2, \dots, a_m) - y_i]^2, \quad (2)$$

де  $y = \bar{f}(\xi_i; a_1, a_2, \dots, a_m)$  — відомий вигляд емпіричної формули, а  $y_i$  — дані експерименту.

У формулі (2) коефіцієнти  $a_i$  слід визначити так, щоб  $[S]^2 = \min$ . Звідси, використовуючи необхідні умови екстремума функції декількох змінних, одержуємо так звану нормальну систему для визначення коефіцієнта  $a_i$  ( $i=1, 2, \dots, m$ )

$$\frac{\partial S}{\partial a_1} = 0, \quad \frac{\partial S}{\partial a_2} = 0, \quad \dots, \quad \frac{\partial S}{\partial a_m} = 0. \quad (3)$$

Якщо система (3) має єдине рішення, то воно буде шуканим. Система (3) спрощується, якщо прийняти окремий вид функції  $y$ , наприклад,

$$y = \bar{f}(x_i; a_1, a_2, \dots, a_m) = a_0 + a_1 x + \dots + a_m x^m = \sum_{i=0}^m a_i x^i \quad (4)$$

Підставляючи вказану залежність у формулу (2) і провівши диференціювання по кожному  $a_i$ , після простих математичних перетворень одержимо нормальну систему алгебраїчних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} a_0 n + a_1 \sum_{i=1}^n x_i + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^2 + \dots + a_m \sum_{i=1}^n x_i^m = \sum_{i=1}^n y_i; \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_i + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^2 + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^3 + \dots + a_m \sum_{i=1}^n x_i^{m+1} = \sum_{i=1}^n x_i y_i; \\ \dots \\ a_0 \sum_{i=1}^n x_i^m + a_1 \sum_{i=1}^n x_i^{m+1} + a_2 \sum_{i=1}^n x_i^{m+2} + \dots + a_m \sum_{i=1}^n x_i^{2m} = \sum_{i=1}^n x_i^m y_i. \end{array} \right.$$

Метод найменших квадратів має таку властивість, що коли  $S^2 = \min$ , то й самі відхилення

$$\varepsilon_j = \bar{f}(x_i; a_1, a_2, \dots, a_m) - y_i$$

досить малі за абсолютною величиною.

Як приклад покажемо застосування викладеного методу до створення згаданої функціональної залежності приведених витрат ( $z$ , крб.) від ілюстративності ( $x$ , %) і тиражу ( $y$ , тис. прим.) для «Гартової стереотипної форми» — одного з технологічних варіантів виготовлення друкарської форми, які досліджувалися при економічному обґрунтуванні застосування гнучких повноформатних фотополімерних друкарських форм у книжковому виробництві.

Аналіз показав, що експериментальні дані можна обробляти вказаним методом для  $m=2$ , тобто залежності приведених витрат від ілюстративності слід шукати у вигляді

$$z_i = a_{0i} + a_{1i} \cdot x_i + a_{2i} \cdot x_i^2, \quad (5)$$

де  $i$  — зміни 1, 2, 3, 4, 5, 6 і відповідають у неявному вигляді певному значенню тиражу.

Оскільки аналіз показав, що залежності коефіцієнтів  $a_{0i}$ ,  $a_{1i}$ ,  $a_{2i}$  від тиражу ( $y$ , тис. прим.) змінюються слабо нерівномірно (у зв'язку з неперервністю процесу), то вказані залежності мають вигляд:

$$\begin{aligned} a_{0i} &= t_1 = A_0 + A_1 y + A_2 y^2; \\ a_{1i} &= t_2 = B_0 + B_1 y + B_2 y^2; \\ a_{2i} &= t_3 = C_0 + C_1 y + C_2 y^2. \end{aligned} \quad (6)$$

Після з'єднання залежностей (5) і (6) функція приведених витрат набере значення

$$z = (C_0 + C_1 y + C_2 y^2) x^2 + (B_0 + B_1 y + B_2 y^2) x + A_0 + A_1 y + A_2 y^2.$$

Коефіцієнти  $a_{0i}$ ,  $a_{1i}$ ,  $a_{2i}$  для досліджуваного технологічного варіанта виготовлення друкарських форм, а також  $A_i$ ,  $B_i$ ,  $C_i$  визначалися вказаним методом на ЕОМ «Промінь-М». Час обчислення прирівнювався до часу занесення коефіцієнтів в ОЗУ машини.

У результаті розрахунку одержано коефіцієнти і зроблено перевірку функції. Для нашого прикладу коефіцієнти мають такі числові значення:

$$\begin{array}{lll} C_0 = -0,24560 \cdot 10^1, & B_0 = 0,80021 \cdot 10^1, & A_0 = 0,20065 \cdot 10^2, \\ C_1 = -0,34620 \cdot 10^1, & B_1 = 0,12625 \cdot 10^2, & A_1 = -0,56781 \cdot 10^1, \\ C_2 = -0,39065 \cdot 10^{-1}, & B_2 = 0,51902 \cdot 10^0, & A_2 = -0,24520 \cdot 10^0 \end{array}$$

Функція набирає вигляду

$$z = -[0,39065 \cdot 10^{-1}y^2 + 0,34620 \cdot 10^1y + 0,24560 \cdot 10^1]x^2 + \\ + [0,51902 \cdot 10^0y^2 + 0,12625 \cdot 10^2y + 0,80021 \cdot 10^1]x - \\ - 0,24520 \cdot 10^0y^2 + 0,56781 \cdot 10^1y + 0,20065 \cdot 10^2.$$

Перевірка функції показала, що помилка не перевищує 5%. При необхідності створення більш точної залежності можна збільшити  $m$ , тобто надати їй значення  $m=3, 4, \dots$

Для створення залежності знайдених коефіцієнтів  $C_i, B_i, A_i$  від  $N$  можна користуватися цим же способом, застосувавши до розрахунку більший степінь  $m$ , або побудувавши для них інтерполяційний поліном.

*R. M. MASHTALER, A. M. VOZNY, O. N. BOZHENKO*

**THE PERFECTION OF THE SUBSTANTIATION OF ECONOMIC EFFECTIVENESS  
OF TECHNIQUES ON THE BASIS OF APPLICATION OF MATHEMATICAL  
METHODS**

**Summary**

It is dealing with the questions of perfection of economic substantiation of new technique on the basis of application of the mathematical methods.

In particular the possibility of use of variants of technical solutions of the method of the smallest quads vor the economic value is substantiated.

