

УДК 519.233+681.624

## СТАТИСТИЧНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОПЕРЕДНЬОГО ЗАПОВНЕННЯ ФАРБОЮ ФАРБОДРУКАРСЬКОЇ СИСТЕМИ

У. П. Пановик, Р. І. Петрів

Українська академія друкарства,  
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

*Розглянуто основні етапи, зміст і результати експериментальної перевірки розробленої технології визначення оптимальної кількості циклів попереднього заповнення фарбодрукарської системи фарбою до початку друкування. Упровадження експериментальної технології здійснювалося згідно з визначеним алгоритмом роботи. У процесі пошуку рішень за результатами моделювання було отримано кількісні параметри фактору впливу та результативних ознак. Результативність експериментального дослідження підтверджують достовірні показники, які перевірені за допомогою методів математичної статистики. Встановлено суттєвий вплив кількості циклів попереднього заповнення фарбодрукарської системи фарбою на кількість некондиційних відбитків.*

*Відповідно до завдань дослідження розв'язано оптимізаційну задачу для отримання оптимальних параметрів режиму попереднього заповнення системи фарбою. Обґрунтовано ефективність практичної реалізації розробленої технології для зменшення технологічних витрат.*

**Ключові слова:** *фарбодрукарська система, попереднє заповнення фарбою системи, комп'ютерне симулювання, дисперсійний аналіз, кореляційно-регресійний аналіз, оптимізаційна задача.*

**Постановка проблеми.** Головним завданням офсетного друку є отримання якісного зображення за короткий час. Керування процесом друкування на офсетній машині має забезпечувати оптимальний режим роботи машини, щоб виготовити потрібну кількість відбитків необхідної якості з найменшими витратами праці, часу й матеріалів. Тому світова тенденція полягає в мінімізації часу налагодження офсетних машини до друкування, що дасть змогу значно знизити витрати паперу, а відповідно, суттєво зменшити собівартість накладу.

Одним із шляхів розв'язання цієї проблеми є попереднє заповнення фарбодрукарської системи фарбою ще на стадії підготовки її до друкування. Основним завданням на такому етапі є визначення тривалості заповнення системи фарбою. У статті описуються та аналізуються результати експериментального підтвердження ефективності застосування розробленої інформаційної технології визначення оптимальної кількості циклів попереднього заповнення фарбою фарбодрукарської системи до початку друкування.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** З огляду літературних джерел встановлено, що деякі сучасні офсетні друкарські машини провідних фірм оснащені системами попереднього накочування фарби у фарбодрукарську систему. Наприклад, офсетна друкарська машина Komori Lithrone для зменшення кількості макулатури та забезпечення швидкого виходу на тиражний відбиток містить систему KHS-AI, яка дає змогу друкарю автоматизувати попереднє накочування фарби [1]. А в друкарській машині Komori Spica швидкий вихід на тиражну якість здійснюється за допомогою системи попереднього накочування фарби KPD [2]. Новий клас офсетних друкарських машин Speedmaster для автоматизації допоміжних операцій оснащений програмним пакетом Color Assistant Pro, що сприяє оптимізації процесу попереднього регулювання подання фарби та програмуванню процесу її попереднього накочування у фарбовому апараті [3]. Аналогічні системи є у сучасних офсетних машинах Ryobi, у яких за даними файлу оригінал-макета здійснюється попереднє накочування фарби [4]. Однак інформації про програмне забезпечення цих систем та їхню реалізацію немає.

На поліграфічних підприємствах України використовуються аркушеві та рулонні офсетні машини, які не обладнані такими системами, і весь процес попереднього заповнення фарбодрукарської системи фарбою здійснюється інтуїтивно. Для розв'язання цієї проблеми потрібно розробити інформаційну технологію для визначення необхідної кількості циклів попереднього заповнення фарбою фарбодрукарської системи до початку друкування та за допомогою методів математичної статистики довести достовірність кількісних даних і правильність висунутих гіпотез.

**Мета статті** — виконати статистичний аналіз результатів експериментального дослідження визначення оптимальної кількості робочих циклів попереднього заповнення фарбою фарбодрукарської системи, побудувати імітаційну модель взаємозв'язку та розв'язати оптимізаційну задачу.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для виконання поставленого завдання була розроблена технологія визначення оптимальної кількості циклів попереднього заповнення фарбою фарбодрукарської системи [5], алгоритм проведення якої передбачає декілька етапів:

- визначення середнього значення товщини потоку фарби на поверхні накочувального валика для встановлених значень зональних коефіцієнтів заповнення форми за умови отримання на виході фарбодрукарської системи бажаної товщини фарби;
- визначення кількості циклів роботи фарбодрукарської системи, за яких товщина потоку фарби в різних зонах накочувального валика досягне отриманого значення, що відповідає тривалості попереднього заповнення фарбою фарбодрукарської системи за різних значень навантаження;
- проведення серії модельних експериментів із під'єднанням накочувального валика до форми при раніше визначених циклах попереднього заповнення фарбою для того, щоб встановити кількість циклів роботи фарбодрукарської системи до виходу на усталений режим роботи;
- встановлення взаємозв'язку між кількістю циклів попереднього заповнення фарбою фарбодрукарської системи та кількістю некондиційних відбитків.

Усі етапи реалізації технології потрібно вивчати у взаємозв'язку і взаємообумовленості. Для цього є широкий спектр методологічних засобів, які дають змогу кількісно вимірювати досліджувані взаємозв'язки. До того ж розроблена технологія містить оптимізаційну задачу. За результатами модельних експериментів необхідно встановити математичну модель цільової функції оптимізації та мінімізувати її. Унаслідок проведеного статистичного аналізу отримаємо оптимальне значення кількості циклів попереднього заповнення фарбою фарбодрукарської системи.

Визначати оптимальні параметри процесу попереднього заповнення фарбою пропонуємо за допомогою комп'ютерного моделювання на прикладі послідовної восьмиелементної п'ятизонної фарбодрукарської системи з розтиральним циліндром. Для такої фарбодрукарської системи розроблено математичну модель та структурну схему, на основі яких побудовано симулятор у середовищі Matlab Simulink [6]. Визначати кількість циклів попереднього заповнення фарбою будемо при зональних коефіцієнтах заповнення форми від 0,1 до 0,5 з кроком 0,1. Результати модельних експериментів наведено в табл. 1.

Узагальнення й аналіз наведених результатів передбачає виявлення характерних властивостей та закономірностей процесу, взаємозалежностей факторних та результативних ознак. На цьому етапі використовується весь арсенал статистичних методів дослідження, розраховуються узагальнювальні статистичні показники. Для аналізу результатів моделювання використаємо дисперсійний аналіз — метод статистичної оцінки надійності проявлення залежності результативних ознак від фактору впливу, тобто проводиться перевірка статистичних гіпотез щодо середніх у кількох генеральних сукупностях, які мають нормальний розподіл. Суть цього методу полягає в статистичному вивченні вірогідності впливу факторів, а також їх взаємодії на результативну ознаку. За допомогою дисперсійного аналізу виконуються три основні завдання: 1) загальна оцінка істотності відмінностей між груповими середніми; 2) оцінка вірогідності взаємодії факторів; 3) оцінка істотності відмінностей між парами середніх [7].

Для підтвердження наявності зв'язку між ознакою, яка покладена в основу сукупності, і результативною ознакою необхідно перевірити гіпотезу про істотність розбіжності декількох середніх величин [8]. Проведемо порівняння параметрів генеральних сукупностей (середніх значень і дисперсій) за допомогою F-критерію. Визначення фактичного критерію F:

$$F = \sigma_{\text{факт}}^2 / \sigma_{\text{ост}}^2, \quad (1)$$

де  $\sigma_{\text{факт}}^2$  — факторна дисперсія;  $\sigma_{\text{ост}}^2$  — внутрішньогрупова (остаточна) дисперсія,

$$\sigma_{\text{факт}}^2 = \sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - \bar{x})^2 f_j / k - 1, \quad (2)$$

$$\sigma_{\text{ост}}^2 = \sum_{j=1}^k \sum_{i=1}^{f_j} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_j)^2 / n - k, \quad (3)$$

де  $f_j$  — кількість одиниць в  $j$ -й групі;  $\bar{x}_j$  — групове середнє кожної  $j$ -ї групи;  $\bar{x}$  — загальне середнє всієї сукупності;  $k$  — кількість груп спостережень;  $n$  — загальна кількість спостережень.

Висновки про відхилення здійснюються за перевіркою фактичного значення критерію  $F$  (1) з його табличним (стандартним) значенням для відповідного рівня ймовірності ( $P$ ) і цих чисел (табл. 2). Граничний розмір відхилень факторної дисперсії від залишкової встановлюють за таблицями  $F$ -розподілу Фішера-Снедекора. Якщо  $F > F_{табл}$ , то із заданою ймовірністю можна стверджувати, що між факторною та результативною ознакою є взаємозв'язок.

Таблиця 1

**Вплив кількості циклів попереднього заповнення фарбою  $N_{пз}$  на кількість некондиційних відбитків**

$N_{пз}$	Кількість некондиційних відбитків					Сума $\sum x_j$	Групові середні $\bar{x}_j$
	$k_3 = 0,1$	$k_3 = 0,2$	$k_3 = 0,3$	$k_3 = 0,4$	$k_3 = 0,5$		
25	96	89	79	67	57	388	77,6
30	83	77	66	51	37	314	62,8
37	58	50	27	3	16	154	30,8
46	19	6	28	36	37	126	25,2
55	76	68	61	57	53	315	63

Таблиця 2

**Результати дисперсійного аналізу**

Дисперсія	Сума відхилень	Середнє значення відхилень $\sigma^2$	$F_{факт}$	$F_{табл}$ (0,95; 4; 20)
Факторна	10303,04	2575,76	9,28	2,87
Залишкова	5551,6	277,58		

Оскільки  $F = 9,628 > F_{кр} = 2,87$ , то можна стверджувати, що кількість циклів попереднього заповнення фарбодрукарської системи фарбою має суттєвий вплив на кількість некондиційних відбитків як у напрямі збільшення, так і в напрямі зменшення. Відповідно, виникає потреба у визначенні аналітичного вираження зв'язку, у якому зміна результативної ознаки обумовлюється впливом факторних ознак. Для цього проведемо кореляційно-регресійний аналіз даних.

Кореляційно-регресійний аналіз охоплює вимір тісноти й напрямку зв'язку, а також встановлення математичної моделі взаємозв'язку між факторною та результативною ознаками. Основним методом знаходження параметрів моделі зв'язку є метод найменших квадратів [9]. Він полягає в мінімізації суми квадратів відхилень експериментальних значень від значень, встановлених на основі математичної моделі при одних і тих самих значеннях аргументу.

Модель зв'язку подамо як многочлен виразу:

$$F(x, a_0, a_1, \dots, a_m) = a_0 x^m + a_1 x^{m-1} + \dots + a_m. \quad (4)$$

Збільшуючи степінь  $m$  такого полінома, можна досягнути практично максимального наближення розрахункових даних  $F_i(x)$  до експериментальних  $y_i$  з найвищою заданою точністю  $\varepsilon$ .

Тоді умовою найменших квадратів буде:

$$\sum_{i=0}^n [F(x, a_0, a_1, \dots, a_m) - y_i]^2 \rightarrow \min. \quad (5)$$

Необхідною умовою мінімуму функції багатьох змінних є рівність нулю її часткових похідних першого порядку за незалежними змінними  $a_0, a_1, \dots, a_m$ :

$$\begin{aligned} 2 \sum_{i=0}^n [F(x, a_0, a_1, \dots, a_m) - y_i] x_i^m &= 0; \\ 2 \sum_{i=0}^n [F(x, a_0, a_1, \dots, a_m) - y_i] x_i^{m-1} &= 0; \\ \dots & \\ 2 \sum_{i=0}^n [F(x, a_0, a_1, \dots, a_m) - y_i] x_i^0 &= 0. \end{aligned} \quad (6)$$

Розв'язавши систему рівнянь (6) щодо  $a_0, a_1, \dots, a_m$ , отримаємо многочлен степеня  $m$ . Апроксимуючим многочленом вважають той, при якому максимальна за модулем величина відносної похибки  $|\delta(y_i)|_m = |(F(x, a_0, a_1, \dots, a_m) - y_i) / y_i|$  не перевищує заданої точності  $\varepsilon$ . Проведемо розрахунки коефіцієнтів  $a_0, a_1, \dots, a_m$  для поліномів різного степеня ( $m = 2, 3, 4$ ) із заданою точністю  $\varepsilon = 0,05$ . Розв'язуючи системи рівнянь для кожного многочлена, отримуємо значення коефіцієнтів та встановлюємо математичну модель зв'язку. Значення цих многочленів для різних степенів полінома наведено в табл. 3.

Таблиця 3

**Апроксимація многочленами  $F_m(x_i)$  різних степенів**

$x_i$	25	30	37	46	55
$y_i$	77,6	62,8	30,8	25,2	63
$F_2(x_i)$	82,765	54,450	31,374	30,101	60,775
$\delta_2(y_i)$	0,06656	-0,13296	0,01863	0,19449	-0,03532
$F_3(x_i)$	79,422	60,597	36,157	27,371	69,972
$\delta_3(y_i)$	0,02348	-0,03508	0,17394	0,08617	0,11067
$F_4(x_i)$	77,601	62,801	30,802	25,204	63,005
$\delta_4(y_i)$	0,0000128	0,0000231	0,0000733	0,000144	0,000087

Аналіз результатів апроксимації засвідчив, що максимальна за модулем похибка  $\delta(y_i)$  не перевищує заданої точності для многочлена четвертого степеня і становить  $\delta_4(y_i) = 0,000087$ . Отже, многочлен  $F_4(x_i)$  найкраще наближений до експериментальних даних із точністю  $\varepsilon = 0,05$ . Підставляємо визначені коефіцієнти у рівняння та отримуємо математичну модель зв'язку:  $F(x) = -0,000577x^4 + 0,097752x^3 - 5,854x^2 + 144,875x - 1189,058$ . Степінь тісного зв'язку між ознаками підтверджується коефіцієнтом кореляції  $r = 1,0$  та коефіцієнтом детермінації  $r^2 = 1,0$ . Цей поліном і буде визначати математичну модель оптимізаційної задачі.

Пошук оптимального варіанта буде полягати в мінімізації цільової функції з огляду на обмеження на змінні [10]. Задача оптимізації містить цільову функцію  $F(x)$ , значення якої характеризує ступінь досягнення мети та область допустимих значень  $X \in [25; 55]$ , серед елементів якої здійснюється пошук. Отже, потрібно знайти таке значення із множини допустимих розв'язків, якому відповідає мінімальне значення цільової функції:

$$F(x^*) \rightarrow \min_{x^* \in X} F(x). \quad (7)$$

Математичний апарат пошуку мінімуму полягає в знаходженні екстремуму  $F(x^*) \rightarrow \text{extr}_{x^* \in X} F(x)$ . Достатня умова екстремуму функції однієї змінної:

$$1) \frac{dF(x)}{dx} = 0; \quad 2) \frac{d^2F(x)}{dx^2} > 0 \text{ — мінімум; } \frac{d^2F(x)}{dx^2} < 0 \text{ — максимум.}$$

Отже, запишемо необхідні умови екстремуму першого порядку:

$$\frac{dF(x)}{dx} = -0,0023x^3 + 0,2933x^2 - 11,708x + 144,875 = 0.$$

Звідси отримуємо корені кубічного рівняння:  $x^{(1)*} = 24,66, x^{(2)*} = 60,9, x^{(3)*} = 42,78$ . Перевіримо виконання достатніх умов екстремуму:

$$\frac{d^2F(x)}{dx^2} = -0,0069x^2 + 0,5862x - 11,708;$$

$$f''(x^{(1)*}) = -1,46 < 0, \quad f''(x^{(2)*}) = -23,08 < 0, \quad f''(x^{(3)*}) = 0,69 > 0.$$

Тому в точках  $x^{(1)*}, x^{(2)*}$  — локальний максимум, до того ж вони не входять в область допустимих значень. Локальним мінімумом буде точка  $x^{(3)*} = 42,78$ , а значення цільової функції в цій точці дорівнює 20,74.

За результатами мінімізації цільової функції вважаємо, що оптимальною кількістю циклів попереднього заповнення фарби у фарбодрукарській системі буде 43 цикли. Перевіримо ці розрахунки за допомогою симулювання фарбодрукарської системи. Обчислену оптимальну кількість циклів попереднього заповнення вводимо в симулятор моделі фарбодрукарської системи та визначаємо кількість некондиційних відбитків у цьому режимі (рис. 1б). Під час попереднього заповнення фарбою фарбодрукарської системи впродовж 43 циклів середня кількість некондиційних відбитків становить 22 і є найменшою серед раніше визначених.

Аналіз результатів симулювання засвідчує, що, використовуючи режим попереднього заповнення фарбою, ми суттєво зменшуємо кількість витратних матеріалів. Якщо вважати, що тривалість виходу на усталений режим фарбодрукарської системи з коефіцієнтами заповнення форми друкувальними елементами від 0,1

до 0,5 становить 200 циклів роботи машини (рис. 1а), то, відповідно, стільки ж відбитків за такого режиму друкування будуть некондиційними. А за попереднього заповнення системи фарбою час виходу фарбодрукарської системи на усталений режим роботи скорочується в 6,5 раза, відповідно, кількість некондиційних відбитків зменшується в 9 разів.

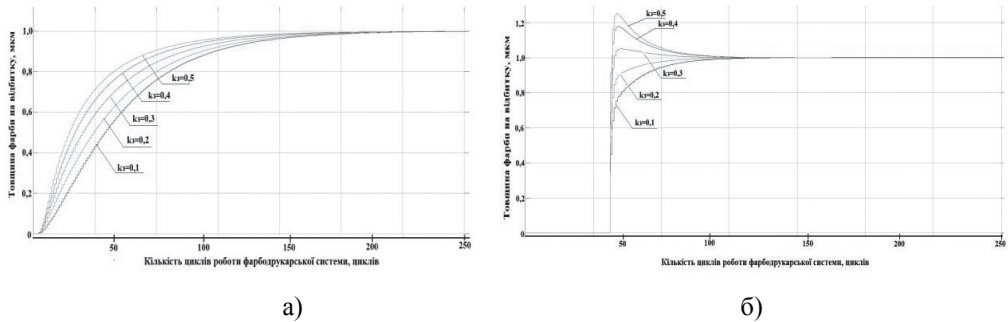


Рис. 1. Перехідні процеси виходу фарбодрукарської системи на усталений режим роботи для  $k, = 0,1 \div 0,5$  за:

а) — робочого режиму роботи; б) — режиму попереднього заповнення фарбою

**Висновки.** Здійснено аналіз отриманих експериментальних даних задля перевірки ефективності використання технології визначення оптимальної кількості циклів попереднього заповнення фарбою фарбодрукарської системи. За допомогою методів математичної статистики проводилася систематизація та опрацювання отриманих показників на формульовальному етапі експериментального дослідження. Проведено однофакторний дисперсійний аналіз виходу некондиційної продукції під час використання режиму попереднього заповнення фарбодрукарської системи фарбою. Результати здійсненого дослідження свідчать про те, що кількість некондиційних відбитків зростає як за збільшення, так і за зменшення кількості циклів попереднього заповнення фарбою. Побудовано математичну модель взаємозв'язку між факторною та результативною ознаками із застосуванням апроксимації методом найменших квадратів. Отримані показники кореляційно-регресійного аналізу свідчать про високу збіжність результатів експерименту з апроксимованою функцією. Розглянуто оптимізаційну задачу задля визначення оптимальних циклів попереднього заповнення фарбою системи.

Результати проведеного статистичного аналізу вказують на ефективність застосування розробленої технології та доречність її впровадження в процес попереднього налаштування фарбодрукарських систем. Використовуючи режим попереднього заповнення фарбою, скорочують як час виходу фарбодрукарської системи на усталений режим роботи, так і кількість некондиційних відбитків.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Путеводитель по drupa 2016. Publish. 2016. № 5. URL: <https://www.publish.ru> (дата звернення: 20.03.2020).



2. Komori Spica – машина, с которой просто. КомпьюАрт. 2008. № 9. URL: <http://www.compuart.ru> (дата звернення: 18.02.2020).
3. Вилсон Д. Дж. Рулонная офсетная печатная машина: механизмы, эксплуатация, обслуживание. Москва : ЦАПТ, 2007. 424 с.
4. Кодинский А. Такой разный эконом-класс. «Золотая середина»: полуформатные печатные машины. Курсив. 2006. № 6. URL: <http://www.kursiv.ru> (дата звернення: 10.02.2020).
5. Пановик У. П. Методика визначення оптимальної кількості циклів попереднього заповнення фарбою фарбодрукарських систем з розтиральними циліндрами : тези доп. наук.-техніч. конф. професорсько-викладацького складу, наукових працівників і аспірантів. Львів : УАД, 2017. С. 105.
6. Верхола М. І., Пановик У. П. Визначення оптимальної кількості циклів попереднього заповнення фарбою фарбодрукарської системи з врахуванням дії розтирального циліндра. Поліграфія і видавнича справа. 2018. № 1 (75). С. 90–99.
7. Руденко В. М. Математична статистика. Видавництво «Центр навчальної літератури», 2017. 304 с.
8. Реброва И. А. Планирование эксперимента : учеб. пособ. Омск : СибАДИ, 2010. 105 с.
9. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. 3-е изд. Киев : Диалектика, 2007. 912 с.
10. Нефёдов Ю. М., Балицька Т. Ю. Методи оптимізації в прикладах і задачах : навч. посіб. Київ : Кондор, 2011. 324 с.

#### REFERENCES

1. Putevoditel' po drupa 2016. (2016). Publish, 5. Retrieved from <https://www.publish.ru> (data zvernennja: 20.03.2020) (in Russian).
2. Komori Spica – mashina, s kotoroj prosto. (2008). Komp'juArt, 9. Retrieved from <http://www.compuart.ru> (data zvernennja: 18.02.2020) (in Russian).
3. Vilson, D. Dzh. (2007). Rulonnaja ofsetnaja pechatnaja mashina: mehanizmy, jekspluatacija, obsluzhivanie. Moskva : CAPT (in Russian).
4. Kodinskij, A. (2006). Takoj raznyj jekonom-klass. «Zolotaja seredina»: poluformatnye pechatnye mashiny: Kursiv, 6. Retrieved from <http://www.kursiv.ru> (data zvernennja: 10.02.2020) (in Russian).
5. Panovyk, U. P. (2017). Metodyka vyznachennia optymalnoi kilkosty tsykliv poperednoho zapovnennia farboiu farbodrukarskykh system z roztyralnymy tsylindramy : tezy dop. nauk.-tekhnich. konf. profesorsko-vykladatskoho skladu, naukovykh pratsivnykiv i aspirantiv. Lviv : UAD, 105 (in Ukrainian).
6. Verkhola, M. I., & Panovyk, U. P. (2018). Vyznachennia optymalnoi kilkosty tsykliv poperednoho zapovnennia farboiu farbodrukarskoi systemy z vrakhuvanniam dii roztyralnoho tsylindra: Polihrafiia i vydavnycha sprava, 1 (75), 90–99 (in Ukrainian).
7. Rudenko, V. M. (2017). Matematychna statystyka. Vydavnytstvo «Tsentr navchalnoi literatury» (in Ukrainian).
8. Rebrova, I. A. (2010). Planirovanie jeksperimenta. Omsk : SibADI (in Russian).
9. Drejper, N., & Smit, G. (2007). Prikladnoj regressionnyj analiz. 3-e izd. Kiev : Dialektika (in Russian).



10. Nefodov, Yu. M., & Balytska, T. Yu. (2011). *Metody optymizatsii v prykladakh i zadachakh*. Kyiv : Kondor (in Ukrainian).

doi: 10.32403/1998-6912-2020-1-60-66-74

## STATISTICAL ANALYSIS OF RESEARCH RESULTS OF THE PREVIOUS INK FILLING PARAMETERS AT THE INK PRINTING SYSTEM

U. P. Panovyk, R. I. Petriv

*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine  
ulianapanovuk@gmail.com*

*The main stages, content, and results of experimental verification of the developed technology to determine the optimal number of cycles of previous ink filling at the ink printing system before the beginning of printing are considered in the article. The introduction of experimental technology has been carried out following the algorithm defined. In the process of finding solutions by simulation results, quantitative parameters of the influence factor and the resulting signs have been obtained. The effectiveness of the experimental research is confirmed by reliable indicators, which are tested using methods of mathematical statistics. Single-factor variance analysis of the substandard products output using the previous ink filling mode at the ink printing system has been carried out. A significant influence of the cycle's number of previous ink filling at the ink printing system on the number of substandard imprints has been established. The experimental data have been approximated by a polynomial using the least-squares method. For the smallest relative errors obtained, a mathematical model of the relationship between the measured values is established. Correlation-regression analysis establishes a close relationship between the factor and the resulting sign.*

*Following the objectives of the research, the optimization task has been carried out to obtain optimal parameters of the previous ink filling system. The efficiency of practical implementation of the developed technology to reduce technological costs is substantiated. When using the previous ink filling mode, both the time of the ink printing system exit to the steady-state mode of operation and the number of substandard imprints are reduced. The results of the statistical analysis indicate the effectiveness of the developed technology and the appropriateness of its implementation in the process of the printing system's previous adjusting.*

**Keywords:** *ink printing system, previous ink filling of system, computer simulation, single-factor analysis of variance, correlation-regression analysis, optimization problem.*

*Стаття надійшла до редакції 10.04.2020.*

*Received 10.04.2020.*