

© **О. І. Кушлик-Дивульська**, к.ф.-м.н., доцент, **Б. Р. Кушлик**, к.т.н., доцент, КПІ ім. Ігоря Сікорського, Київ, Україна

**ПРИНЦИПИ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ ПОКАЗНИКІВ
ПРИ АНАЛІЗІ ЯКОСТІ ВІДБИТКІВ
ПЛОСКОГО ОФСЕТНОГО ДРУКУ**

У статті показано використання математичної статистики для визначення виду розподілу основних вимірюваних чинників, що впливають на якість виготовлення малотиражної поліграфічної продукції плоским офсетним друком, виконання основного закону похибок. Розглянуто можливість оптимального налаштування виробничого процесу на відповідному етапі його підготовки з метою економії витратних матеріалів.

Ключові слова: технологічний процес; офсетний друк; кольорні відмінності; густина; розтискування растрової крапки; випадкова величина; нормальний закон розподілу; критерій Пірсона; похибка вимірювань.

Постановка проблеми

Як відомо, методи математичної статистики ефективно використовують для розв'язання багатьох завдань науки, організації технологічного процесу, планування, управління та ціноутворення. Зважаючи на це, слід вміти досліджувати експериментальні вимірювані випадкові величини та використовувати отриману інформацію для налагодження виробничого процесу з метою економії затратних матеріалів, уникаючи грубих та систематичних помилок вимірювань випадкових величин.

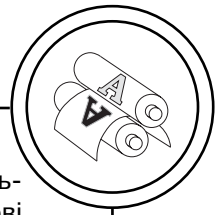
Аналіз попередніх досліджень

Зараз офсетний друк є найбільш відомим і поширеним видом друку, який зазвичай можна

назвати класичним, якщо мовиться про друк на папері та картоні.

Для забезпечення ідентичності відбитків впродовж всього накладу має бути стабільним встановлений оптимальний режим друкування. В офсетному друці стабільність процесу друкування та якість відбитків визначають наступні чинники: процес зволоження, характеристики і склад зволожувальних розчинів, стан і особливості підготовки системи подачі зволожувального розчину в друкарську машину [1].

У статті [2] розглянуто основні питання, які виникають у процесі виготовлення продукції плоским офсетним друком під час приготування зволожувального розчину. Проведено ряд досліджень стосовно можливості на-



лаштування виробничого процесу — виготовлення малотиражної поліграфічної продукції плоским офсетним друком. Отримано можливість досягнення та постійного підтримання балансу «фарба—вода», маючи певні значення та величини подачі фарби та зволожувального розчину відповідно до кількості друкувальних та пробільних елементів на друкарській формі. У статті [8] проведено комплексне дослідження зміни властивостей елементів друкарської форми під впливом друкарського процесу, на основі якого розроблено математичну модель впливу елементів друкарської форми на оптичну густину відбитка у плоскому офсетному друці, що дає можливість оцінювати та прогнозувати властивості друкарських форм.

Також визначено траєкторію зміни кількості фарби чи зволожувального розчину при оптимальному керуванні зі зміною траєкторії руху крапки в сторону «збільшення» чи «зменшення» [4].

Проведено аналіз точності відтворення нейтрально-сірих відтінків за різноманітних режимів кольоровідтворення на підставі дослідження колірних, градаційних і оптичних характеристик тестового тонового оригіналу, проаналізовано динаміку зміни загального контрасту друку та визначено раціональні режими технологій кольоровідтворення для додрукарських процесів підготовки тонового оригіналу [8].

Застосування цифрових технологій для визначення характеристик зволожувальних розчинів дозволяє створити [7] нову інформаційну технологію дослідження параметрів зволожуваль-

них розчинів з антибактеріальними властивостями на основі сучасних програмно-апаратних засобів, яка забезпечує об'єктивність та точність статистичного вимірювання та обробки характеристик зволожувальних розчинів для визначення їх якісного та кількісного складу.

Мета роботи

Застосування статистичних методів аналізу даних, отриманих в результаті виготовлення малотиражної поліграфічної продукції плоским офсетним друком, налаштування друкарської форми за умов можливості нехтування випадкових похибок вимірювань.

Результати проведених досліджень

Група теорем, що встановлює відповідність між теоретичними і експериментальними характеристиками випадкових величин і випадкових подій для великої кількості випробувань над ними, а також зв'язаних з ними граничних законів розподілу, об'єднується під загальною назвою граничних теорем теорії ймовірності.

За відомою теоремою Ляпунова та теоремою Лінденберга-Леві, вплив кожного окремого доданка на суму за великих n дуже малий, у разі необмеженого збільшення кількості доданків закон розподілу їх суми необмежено наближається до нормального з математичним сподіванням і дисперсією, які дорівнюють сумам відповідних числових характеристик доданків, тобто можна сформулювати простішу форму центральної гра-



ничної теореми, коли випадкові величини $X_1, X_2, \dots, X_n, \dots$ — взаємно-незалежні.

Справедлива теорема [5].

Теорема. Якщо випадкова

величина $Y = \bigcup_{i=1}^n X_i$ є об'єднан-

ням великого числа взаємно незалежних величин, вплив кожної з яких на всю суму є дуже незначним, то Y має розподіл близький до нормального.

Центральна гранична теорема пояснює значне поширення нормального закону розподілу і є теоретичною основою застосування нормального розподілу для багатьох практичних задач: за широких припущень сума великого (але скінченного) числа незалежних випадкових величин розподілена згідно із законом близьким до нормального.

Для підвищення продуктивності процесу налагодження друкування і якості продукції, особливо під час переналагодження друкарських апаратів при друкуванні малих тиражів ви-

сокоякісної повноколірної продукції, коли вимагається рівномірність і насиченість відбитка по всій його площині та під час контролю якості роботи машин після ремонту і профілактики вузлів, удосконалено тест-форму [1] з урахуванням значних площ проміжних елементів (рис. 1).

Порівняння результатів вимірювання 51-ого і 101-ого відбитків для встановлення величини відхилення від унормованого за стандартом ISO 12647-2 значення для визначення ефективності забезпечення контролю рівня подавання фарби і прийняття рішення щодо можливого переналагодження машини наведено далі у таблиці 1.

Як видно з результатів, наведених у табл. 1, значення по шести ділянках тест-форми (див. рис. 1) свідчать про необхідність збільшення подавання фарби на ділянки, де співвідношення друкувальних та проміжних елементів 2:1. Таким чином, за розробленим методом контролю рівномірності подавання фарби

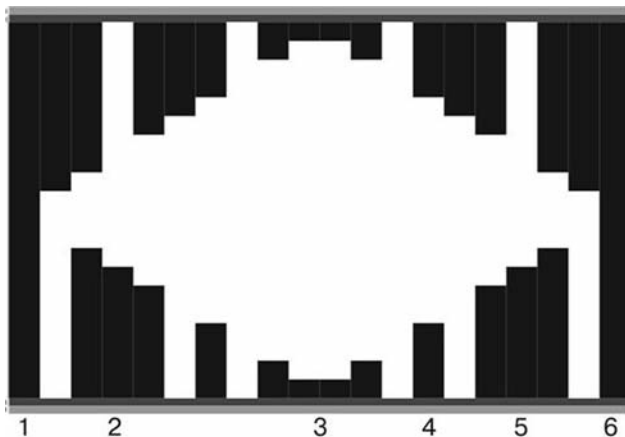
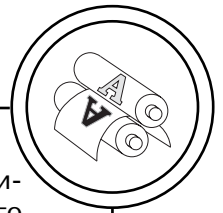


Рис. 1. Тест-форма для контролю рівномірності подавання фарби на друкарську форму



значно менше проводиться вимірювань, ефективно оцінюється рівень подавання фарби за шістьма ділянками зображення тест-форми, які регламентують співвідношення друкувальних і проміжних елементів 2:1 і проміжних елементів до друкувальних 5:2, два контрольні відбитки 51-й і 101-й зі 101 дають можливість прийняти рішення щодо переналадження процесу друкування чи продовження його. Постає питання доцільності проведення подальших вимірювань з метою призупинки налаштування основних показників. Отже, використаємо підлягання отриманих значень у вибірках нормальному закону розподілу за критерієм Пірсона.

Розглядається приклад перевірки нормального розподілу вибірки з вимірювання значень, отриманих на ділянці дії фарбового ножа № 3 для тесту, де вимірювання було проведено на відбитку № 90, для якого значення можна вважати стабілізованими, але і можна продовжити ще налаштування. У табл. 2 наведено дані проведених вимірювань,

де ΔE — колірні відмінності вимірюного кольору від еталонного значення, D — оптична густина фарби; $\Delta S_{\text{відн.}}$ 80 %, 40 % — розтискування растрової крапки (зміна відносної площі друкувальних елементів при стабільній подачі фарби та зволожувального розчину).

У табл. 2 одразу пораховано середнє арифметичне значення вибірки та середньоквадратичного відхилення кожної досліджуваної величини за відомими формулами середнього вибіркового та вибіркової дисперсії.

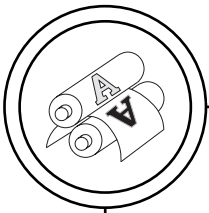
Розглянемо критерій згоди Пірсона [5] для перевірки гіпотези H_0 : генеральна сукупність має нормальний закон розподілу $N(a, \sigma^2)$, де $a = \bar{x}$, $\sigma^2 = s^2$.

Розбиваємо числову вісь на r інтервалів, що не перетинаються: h_1, h_2, \dots, h_r ; n_i — кількість елементів вибірки, що потрапили в інтервал $h_i (i = 1, 2, \dots, r)$. Позначимо через $p_i = P(X \in h_i)$; тоді np_i — теоретичні частоти. За формулою обчислення ймовірності

Таблиця 1

Контрольні показники відбитків

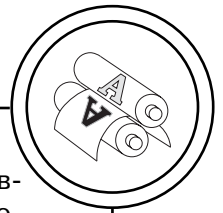
Назва показника	Дані по шести ділянках 51-о відбитка відповідно	Дані по шести ділянках 101-о відбитка відповідно	Стандартні значення
Оптична густина D , відносні одиниці	1,0; 1,4; 1,6; 1,6; 1,4; 1,2	1,2; 1,4; 1,6; 1,6; 1,4; 1,1	1,4±0,05
Колірні відмінності ΔE , відносні одиниці	12; 6; 2; 4; 5; 5	12; 4; 2; 4; 2; 10	4–5
Розтискування ΔS , % поля 40 % поля 80 %	7; 10; 12; 12; 12; 7	5; 7; 10; 10; 5; 5	У межах 5–12 %



Таблиця 2

Результати вимірювання відбитка з тестовим зображенням

№ вимірювання	ΔE	D	$\Delta S_{\text{відн. 80 \%}}$	$\Delta S_{\text{відн. 40 \%}}$	№ вимірювання	ΔE	D	$\Delta S_{\text{відн. 80 \%}}$	$\Delta S_{\text{відн. 40 \%}}$
1	16,24	0,89	5	6	25	16,17	0,9	5	7
2	16,11	0,89	5	7	26	16,2	0,91	5	7
3	16,21	0,86	5	7	27	16,28	0,93	5	7
4	16,25	0,89	4	7	28	16,15	0,91	5	7
5	16,19	0,93	4	7	29	16,17	0,9	4	7
6	16,18	0,9	5	7	30	16,2	0,91	5	7
7	16,31	0,91	5	7	31	16,12	0,9	4	7
8	16,17	0,97	5	7	32	16,22	0,92	5	7
9	16,2	0,91	5	7	33	16,18	0,94	4	7
10	16,12	0,9	5	7	34	16,29	0,88	5	7
11	16,22	0,92	4	7	35	16,09	0,89	5	7
12	16,18	0,94	5	7	36	16,25	0,93	5	6
13	16,23	0,88	5	7	37	16,11	0,89	5	7
14	16,09	0,89	5	6	38	16,21	0,87	5	7
15	16,25	0,93	5	7	39	16,09	0,89	5	7
16	16,17	0,89	4	7	40	16,24	0,9	5	7
17	16,21	0,87	4	7	41	16,11	0,89	4	7
18	16,25	0,89	5	7	42	16,31	0,87	5	7
19	16,19	0,92	4	7	43	16,25	0,89	4	7
20	16,16	0,93	5	7	44	16,19	0,92	5	7
21	16,2	0,89	5	7	45	16,22	0,88	5	6
22	16,19	0,95	5	6	\bar{X}	16,2	0,9	4,73	6,89
23	16,28	0,93	5	7	σ	0,0596	0,0234	0,4539	0,2939
24	16,13	0,91	4	7					



$$\begin{aligned}
 P(\alpha < X < \beta) &= \\
 &= \Phi\left(\frac{\beta - a}{\sigma}\right) - \\
 &\quad - \Phi\left(\frac{\alpha - a}{\sigma}\right) \quad (1)
 \end{aligned}$$

для нормального розподілу одержимо при $a = \bar{X}$, $\sigma = s$, $h_i = (x_i, x_{i+1})$

$$\begin{aligned}
 p_i = P(x_i < X < x_{i+1}) &= \\
 &= \Phi\left(\frac{x_{i+1} - \bar{X}}{s}\right) - \\
 &\quad - \Phi\left(\frac{x_i - \bar{X}}{s}\right).
 \end{aligned}$$

За критерій перевірки гіпотези H_0 беруть величину

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^r \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i} \quad (2)$$

Число k степенів вільності дорівнює $k = r - 1 - 1$, де l — кількість параметрів розподілу. Для нормального розподілу $k = r - 3$.

За умови справедливості нульової гіпотези за даним рівнем значущості α і кількістю степенів вільності k за таблицею розподілу χ^2 знаходимо критичну точку $\chi_{k;\alpha}^2$ з рівності $P(\chi^2 > \chi_{k;\alpha}^2) = \alpha$.

Якщо $\chi^2 < \chi_{k;\alpha}^2$, то гіпотеза H_0

приймається, якщо $\chi^2 \geq \chi_{k;\alpha}^2$, то гіпотеза H_0 відхиляється. Тоді, як гіпотеза відкидається, потрібно, по-перше, збільшити обсяг вибірки (кількість іспитів) і провести нову перевірку, якщо й це не допоможе, то треба знайти інший вираз для закону розподілу.

Отже, щоб при заданому рівні значущості α перевірити гіпотезу про нормальний розподіл генеральної сукупності, потрібно:

— Обчислити вибіркву середню \bar{X} і вибіркве середнє квадратичне відхилення σ .

— Обчислити теоретичні частоти.

— Порівняти емпіричні і теоретичні частоти за допомогою критерію Пірсона.

— За таблицею критичних точок розподілу χ^2 за заданим рівнем значущості α та числу степенів вільності знаходять критичну точку $\chi_{k;\alpha}^2$ зробити відповідні висновки стосовно зробленої гіпотези.

За даними таблиці 2 для кожної вимірної величини висуваємо гіпотезу H_0 — гіпотеза про нормальний закон розподілу, хоча, як видно з побудованих гістограм (рис. 2), для кольорних відмінностей вимірюного кольору від еталонного значення та оптичної густини фарби маємо подібний вигляд щільності функції нормального розподілу, а для розтискування растрової крапки можна допустити помилку.

Аналогічно опрацьовані всі дані для інших показників, які далі занесені до таблиці.

Згідно з описаною методикою розрахунку за критерієм Пірсона, визначено інтервали для кожної з вибірок (для ΔE , D , $\Delta S_{\text{відн.}}$ 80 % та $\Delta S_{\text{відн.}}$ 40 %) та кількість значень, що у них потрапляють. Розраховано ймовірності потрапляння випадкового значення у задані інтервали відповідно до очікуваного середнього значення та середньоквадратичного

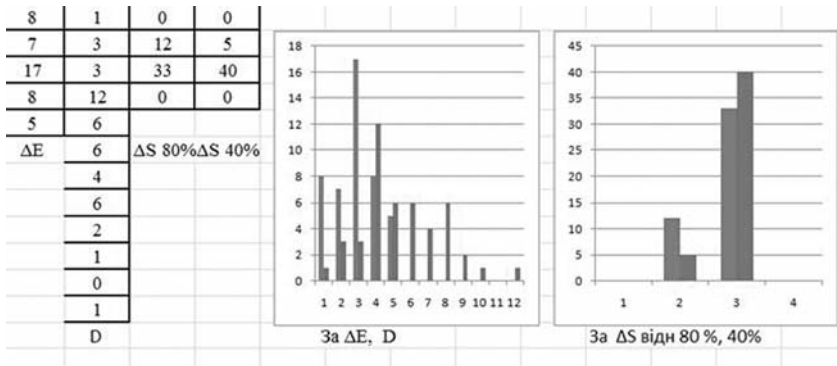
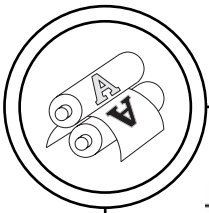


Рис. 2. Витяг з MSExcel: гістограми за вимірними даними

відхилення, використовуючи функцію пакету MS Excel *НОРМРАСП* ($X; \chi_{CP}; \sigma; 1$), також значення величини χ^2 -статистики (формула 2).

Розраховане значення слід порівняти з критичним, яке також зручно обчислюється за формулою в MS Excel *ХИ2ОБР*($\alpha; k$). Для кожної з вибірок кількість

ступенів вільності буде дещо відрізнятися, наприклад, для вибірки за ΔE $k = 2$, для вибірки за D $k = 9$, а для вибірок за $\Delta S_{\text{відн. 80\%}}$ та $\Delta S_{\text{відн. 40\%}}$ $k = 1$.

У всіх випадках розрахунки показують, що значення величин χ^2 є меншими за значення $\chi^2_{\text{крит}}$ ($5,723 < 5,99146; 12,39 <$

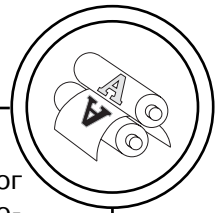
Таблиця 3
Розрахунок відповідності нормальному розподілу вибірки за D

Знач. ΔE	К-ть елем.	x_{imin}	x_{imax}	$P(x_{\text{imin}})$	$P(x_{\text{imax}})$	p_i	np_i	$n_i - np_i$	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
0,86	1,00	0,855	0,865	0,017	0,045	0,028	1,3	-0,3	0,067
0,87	3,00	0,865	0,875	0,045	0,103	0,058	2,6	0,4	0,050
0,88	3,00	0,875	0,885	0,103	0,201	0,098	4,5	-1,5	0,494
0,89	12,00	0,885	0,895	0,201	0,340	0,139	6,4	5,6	4,936
0,9	6,00	0,895	0,905	0,340	0,506	0,166	7,6	-1,6	0,335
0,91	6,00	0,905	0,915	0,506	0,607	0,165	7,5	-1,5	0,318
0,92	4,00	0,915	0,925	0,670	0,807	0,137	6,3	-2,3	0,823
0,93	6,00	0,925	0,935	0,807	0,902	0,095	4,4	1,6	0,620
0,94	2,00	0,935	0,945	0,902	0,957	0,027	2,5	-0,5	0,111
0,95	1,00	0,945	0,955	0,957	0,984	0,011	1,2	-0,2	0,042
0,96	0,00	0,955	0,965	0,984	0,995	0,004	0,5	-0,5	0,498
0,97	1,00	0,965	0,975	0,995	0,999	0,004	0,2	0,8	4,098

$n = 45$
 $n^* = 46$
 $k = 9,00$

$\Sigma = 0,982$

$\chi^2 = 12,390$
 $\chi^2_{\text{крит}} = 16,91897762$



$< 16,9189; 2,837 < 3,8414; 1,007 < 3,8414$), тому гіпотеза про відповідність вибірок нормальному закону розподілу приймається.

У табл. 3, 4 та 5 показані проведені розрахунки відповідності нормальному розподілу вибірки даних за D , за $\Delta S_{\text{відн. 80\%}}$ та $\Delta S_{\text{відн. 40\%}}$.

Отже, вже на відлагодженому поліграфічному виробництві, де досягнуто певною мірою збалансований стан між фарбою і зволожуючим розчином, що зберігає стабільність на формі, на накатних фарбових валиках і на офсетному полотні із

дотриманням загальних вимог до основних показників зволожуючого розчину (водневий показник, загальна жорсткість, електропровідність, температура у блоці охолодження та в зволожуючому апараті) якість продукції змінюється за нормальним законом.

Загальновідомо, під час проведення вимірювань на його результат впливає достатня кількість чинників, які породжують похибки вимірювань: грубі, систематичні та випадкові. Випадкові похибки виникають внаслідок великої кількості різних

Таблиця 4
Розрахунок відповідності нормальному розподілу вибірки за $\Delta S_{\text{відн. 80\%}}$

Знач. ΔE	К-ть елем.	x_{imin}	x_{imax}	$P(x_{\text{imin}})$	$P(x_{\text{imax}})$	p_i	np_i	$n_i - np_i$	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
3,00	0,00	2,5	3,500	0,000	0,003	0,003	0,1	-0,1	0,148
4,00	12,00	3,500	4,500	0,003	0,304	0,300	13,5	-1,5	0,170
5,00	33,00	4,500	5,500	0,304	0,954	0,651	29,3	3,7	0,470
6,00	0,00	5,500	6,500	0,954	1,000	0,046	2,0	-2,0	2,049

$n = 45$
 $n^* = 45$
 $k = 1,00$

$\Sigma = 1,000$

$\chi^2 = 2,837$
 $\chi^2_{\text{крит}} = 3,841459149$

Таблиця 5
Розрахунок відповідності нормальному розподілу вибірки за $\Delta S_{\text{відн. 40\%}}$

Знач. ΔE	К-ть елем.	x_{imin}	x_{imax}	$P(x_{\text{imin}})$	$P(x_{\text{imax}})$	p_i	np_i	$n_i - np_i$	$\frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}$
5	0,00	4,5	5,500	0,000	0,000	0,000	0,0	0,0	0,000
6	5,00	5,500	6,500	0,000	0,093	0,093	4,2	0,8	0,161
7	40,00	6,500	7,500	0,093	0,981	0,888	40,0	0,0	0,000
8	0,00	7,500	8,500	0,981	1,000	0,019	0,8	-0,8	0,846

$n = 45$
 $n^* = 45$
 $k = 1,00$

$\Sigma = 1,000$

$\chi^2 = 1,007$
 $\chi^2_{\text{крит}} = 3,841459149$



причин, які не підлягають точному врахуванню і дають у кожному окремому випадку інше значення. Кожна з причин породжує при вимірюванні невелику похибку v_i , при додаванні яких

сумарна похибка $V = \sum_{i=1}^n v_i$ —

випадкова величина є сумою великої кількості незначних незалежних одна від одної випадкових величин і згідно з наслідком теореми Ляпунова має нормальний розподіл. Припускаючи, що немає грубих і систематичних помилок (їх уникають дотриманням правил використання вимірювальних приладів, заміною недосконалих приладів, грамотністю виконавця тощо), можна вважати, що результатом вимірювання є випадкова величина X , математичне сподівання

якої \bar{X} дорівнює істинному значенню a вимірюваної випадкової величини $M(X) = a$.

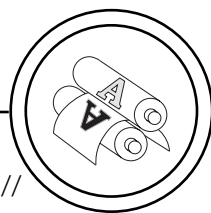
Оскільки сумарна похибка $V = X - a$ підпорядковується нормальному закону розподілу, то можливий результат вимірювання $X = a + V$ теж є нормальним законом.

Висновки

Важливими є вміння перевірки відповідності вибірових даних, отриманих в результаті експериментальних досліджень, нормальному розподілу. На відлагодженому виробництві якість продукції змінюється за нормальним законом внаслідок того, що виробнича похибка є результатом сумарної дії великого числа випадкових величин.

Список використаної літератури

1. Кушлик Б. Р. Удосконалення технології друкування малотиражної продукції плоским офсетним друком : дис. ...канд. техн. наук: 05.05.01 / К., НТУУ «КПІ», 2014. — 190 с. — Бібліогр. : С. 134–148.
2. Величко О. М. Моделювання робочого стану зволожувального розчину для плоского офсетного друку / О. М. Величко, О. І. Кушлик-Дивульська, Б. Р. Кушлик // Збірник наукових праць за матеріалами VII міжн. наук. конф. «Сучасні проблеми математичного моделювання, прогнозування та оптимізації». — Кам'янець-Подільський, 2016. — С. 7–11.
3. Зоренко Я. В. Параметри тонових оригіналів у сучасних методах кольоровідтворення / Я. В. Зоренко // Технологія і техніка друкарства. — К. : ВПІ НТУУ «КПІ». — 2015. — № 1(47). — С. 24–29. — Режим доступу : <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/43270>.
4. Кушлик-Дивульська О. І. Математична теорія оптимального керування в практичних задачах / О. І. Кушлик-Дивульська, Б. Р. Кушлик // Технологія і техніка друкарства. — К. : ВПІ НТУУ «КПІ». — 2015. — № 1(47). — С. 61–68. — Режим доступу : <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/43278>.
5. Кушлик-Дивульська О. І. Теорія ймовірностей та математична : навч. посіб. — О. І. Кушлик-Дивульська, Н. В. Поліщук, Б. П. Орел, П. І. Штабалюк. — К. : НТУУ «КПІ», 2014. — 212 с. — Бібліогр.: С. 205. — Режим доступу : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/18378>.
6. Морфлюк В. Ф. Цифрові засоби статистичного визначення та формування бази даних характеристик зволожувальних розчинів з антибак-



теріальними властивостями / В. Ф. Морфлюк, І. С. Карпенко, В. В. Чуркін // Технологія і техніка друкарства. — К. : ВПІ НТУУ «КПІ». — 2016. — № 2(52). — С. 75–84. — Режим доступу : <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/69834>.

7. Скиба В. М. Тиражна стабільність друкарських форм / В. М. Скиба // Технологія і техніка друкарства. — К. : ВПІ НТУУ «КПІ». — 2015. — № 1(47). — С. 30–39. — Режим доступу : <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/43272>.

References

1. Kushlyk, B. R. (2014). *Udoskonalennia tekhnolohii drukuvannia malotyrazhnoi produktsii ploskym ofsetnym drukom [The improvement of technological process for high-quality reproduction of low-run jobs in offset printing]*. PhD thesis: 05.05.01 / Kyiv, NTUU 'KPI' [in Ukrainian].

2. Velychko, O. M. & Kushlyk-Dyvulska, O. I. & Kushlyk, B. R. (2016). Modeliuvannia robochoho stanu zvolozhuvalnoho rozchynu dlia ploskoho ofsetnoho duku [Dampening solution for offset printing work mode modelling]. *Journals of Suchasni problemy matematychnoho modeliuvannia, prohnozuvannia ta optymizatsii – Modern problems of methematic modelling, forecasting and optimization*, 7–11 [in Ukrainian].

3. Zorenko, Ia. V. (2015). Parametry tonovykh oryhinaliv u suchasnykh metodakh kolorovidtvorennia [Halftone originals' parameters in modern color reproduction methods]. *Journal of Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva – Technology and techniques of typography*, 1, 24–29. Retrieved from <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/43270> [in Ukrainian].

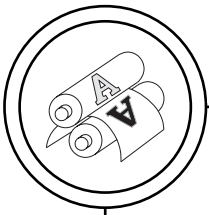
4. Kushlyk-Dyvulska, O. I. & Kushlyk, B. R. (2015). Matematychna teoriia optymalnoho keruvannia v praktychnykh zadachakh [Mathematical theory of optimal control in practical tasks]. *Journal of Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva – Technology and techniques of typography*, 1, 61–68 Retrieved from <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/43278> [in Ukrainian].

5. Kushlyk-Dyvulska, O. I. & Polishchuk, N. V. & Orel, B. P. & Shtabaliuk, P. I. (2014). *Teoriia imovirnostei ta matematychna statystyka [Probability theory and mathematical statistics]*. Kyiv: NTUU 'KPI'. Retrieved from <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/18378> [in Ukrainian].

6. Morfliuk, V. F. & Karpenko, I. S. & Churkin, V. V. (2016). Tsyfrovii zasoby statystychnoho vyznachennia ta formuvannia bazy danykh kharakterystyk zvolozhuvalnykh rozchyniv z antybakterialnymy vlastyviostiamy [Digital methods of statistical determination of forming the database for the parameters of dampening solutions with anti-bacterial effect]. *Journal of Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva – Technology and techniques of typography*, 2, 75–84. Retrieved from <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/69834> [in Ukrainian].

7. Skyba, V. M. (2015). Tyrazhna stabilnist drukarskykh form [Printing stability of printing plates]. *Journal of Tekhnolohiia i tekhnika drukarstva – Technology and techniques of typography*, 1, 30–39 Retrieved from <http://ttdruk.vpi.kpi.ua/article/view/43272> [in Ukrainian].

В статье показано использование математической статистики для определения вида распределения основных показателей, влияющих на изготовление малотиражной полиграфической продукции плоской офсетной печатью,



выполнение основного закона ошибок. Рассмотрена возможность оптимальной настройки производственного процесса на определенном этапе его подготовки с целью экономии расходных материалов.

Ключевые слова: технологический процесс; офсетная печать; цветовые отличия; плотность; растискивание растровой точки; случайная величина; нормальный закон распределения; критерий Пирсона; ошибка измерений.

In this article, the use of mathematical statistics is shown for determining the type of distribution of the main parameters influencing the quality of production of short-run printing products via offset printing, and implementation of the main error law is shown. The ability to optimally set the production process at a certain stage of its preparation with the aim of economizing waste is considered.

Keywords: technological process; offset printing; color deviations; density; dot gain; random variable; normal distribution law; Pearson criteria; measurement error.

Рецензент — О. В. Зоренко, к.т.н., доцент,
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції 20.01.17