УДК 655; 519.22/.25
DOI https://doi.org/10.31392/UDU-nc.series5.2026.112.11

Кушлик-Дивульська Ольга Іванівна
кандидат фізико-математичних наук,
доцент кафедри математичної фізики та диференціальних рівнянь
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
olgakushlyk64@gmail.com
orcid.org/0000-0002-4999-6641

Скиба Василь Миколайович
кандидат технічних наук,
доцент кафедри репрографії
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
vasyl.skyba@gmail.com
orcid.org/0000-0003-4534-1960

ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ КОМПЕТЕНТНОСТІ МАЙБУТНІХ ФАХІВЦІВ ПОЛІГРАФІЧНОЇ ГАЛУЗІ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ СТАТИСТИЧНОГО АНАЛІЗУ

В статті проаналізовано рівень математичної освіти в умовах дистанційного навчання, воєнного стану за результатами написання абітурієнтами НМТ. Рівень математичної неграмотності є зростаючим, що негативно впливатиме надалі на економічний розвиток країни.

Показано важливість використання математичних підходів до статистичного аналізу контролю якості у видавничо-поліграфічній галузі: вивчення поверхні задруковуваних матеріалів, визначення індикатора якості нанесення фарби як точності відтворення лінійних розмірів, перевірка вибірки значень нормального розподілу фарби на відбитку, отриманих на деякій ділянці дії фарбового ножа.

Значну увагу сконцентровано на проведенні аналізу бракованої продукції. На прикладі показано використання закону розподілу Пуассона для статистичного аналізу бракованої кількості продукції. Використання програмного документа Microsoft Excel спростило проведення необхідних обчислень: побудова закону розподілу, обчислення найімовірнішої кількості браку, ризик постачальника. Також наведено одноступеневий розрахунок параметрів плану статистичного контролю якості підручників (за міжнародним стандартом) з метою оптимізації витрат.

Продемонстровано розв'язування класичної задачі теорії ймовірності стосовно друку по одному комплекту шкільних підручників на двох різних друкарських машинах з відповідною кількістю браку. Обчислено коефіцієнт кореляції складеного закону розподілу системи (X, Y), де X – кількість комплектів для передрукування першої друкарської машини, Y – сумарна кількість комплектів для передрукування, математично підтверджено необхідність налаштовування першої друкарської машини.

Ключові слова: *математична компетентність, теорія ймовірностей, статистичний аналіз, фахівці поліграфічної галузі, брак, якість продукції, програмне забезпечення, закони розподілу, кореляція.*

У сучасних умовах високої конкуренції на ринку поліграфічних послуг особливого значення набуває ефективне управління якістю продукції. Одним із ключових інструментів для досягнення цієї мети є статистичний аналіз, який дозволяє виявляти, класифікувати та кількісно оцінювати дефекти друкарської продукції. Математична статистика, як розділ прикладної математики, забезпечує наукове підґрунтя для прийняття обґрунтованих технологічних рішень щодо зменшення рівня браку на всіх етапах виробництва. В поліграфічній галузі математична компетентність є критично важливою, оскільки будь-яка помилка в розрахунках призводить до браку всього тиражу, перевитрати дорогих матеріалів та фінансових збитків.

Застосування елементів теорії ймовірності та математичної статистики, дозволяє не лише здійснювати облік дефектів, а й передбачати їх виникнення залежно від технологічних параметрів. Навчальні матеріали, розроблені на основі дисципліни «Вища математика» для студентів НН ВПІ КПІ ім. Ігоря Сікорського демонструють, як статистичні методи можуть бути ефективно інтегровані у виробничу практику. Але тут і потрібні знання шкільного курсу математики, які розвиваються, поглиблюються у вивченні розділів вищої математики.

Ситуація з математичною грамотністю в нашій країні за останні роки набула ознак системної кризи. Невтішні результати НМТ за 2023–2024 роки підтверджують тренд: кількість учнів та учениць, які набирали максимальні 200 балів, скоротилася на 40% – з 1905 до 1131. У 2025 році середній бал НМТ з математики впав до найнижчого за 10 років рівня, якщо враховувати й середні бали ЗНО, яке школярі складали до 2022 року. Дані опублікувало видання «Forbes Ukraine». При цьому показник падає вже третій рік поспіль. Порівняно з 2022 роком він скоротився на 11% – до 132,3 балів [1].

Математична неграмотність – це прямий маркер функціональної неграмотності. За результатами PISA значна частина школярів просто не вміє якісно читати і розуміти текст, без чого неможливо критично оцінити інформацію. Якщо немає математичної грамотності, разом з нею втрачаються і критичне мислення, і здатність до аналізу [2].

Масштаби проблеми вражають: фактично половина підлітків нашої країни не володіє навіть елементарними основами предмета, що ставить під удар не лише їхню подальшу кар’єру, а також інтелектуальний потенціал усієї держави [3].

Варто відмітити і позитивну динаміку: у 2026 році поріг з математики не подолали 10,67% учасників проти 10,84% у 2025 році та 11,72% у 2024 р. Також результати основних сесій НМТ–2026 з математики показали високу кількість максимальних результатів, хоча предмет традиційно залишається складним для частини вступників. Загалом в Україні 1145 учасників отримали 200 балів з математики [4]. Наведені статистичні дані не є остаточними, оскільки свої результати ще не продемонстрували учасники додаткової сесії.

Тривале навчання математики у підлітковому віці (14–18 років) підтримує пластичність нейронних мереж. А от без неї гіршає здатність планувати та приймати рішення. Наприклад, у Великій Британії, де діти після 16 років можуть не вчити математику взагалі, провели дослідження. Результати показали, що підлітки, які припинили займатися нею після 16 років, мали нижчий рівень GABA – хімічної речовини, критично важливої для розвитку мозку й когнітивних функцій [5].

За дослідженнями НБУ [6] незнання математики веде до загрози фінансової неграмотності.

Якщо ж дивитися ширше, це впливає і на економіку, і на державу загалом.

Інтерес до технічних наук спадає. Кількість заяв на фізику та математику серед абітурієнтів ЗВО становить менше ніж 5% від заяв на менеджмент. Це зменшує здатність країни захищатися від сучасних загроз.

Математика стимулює зростання економіки. У країнах, де діти мають вищий рівень когнітивних навичок, економіка щороку росте на 0,6–0,7% швидше, ніж там, де ці навички в учнів та учениць слабші.

Правонаступність вивчення математики є невід’ємною основою успішного студента, а в майбутньому – теоретика, організатора чи практикуючого виконавця складних технологічних процесів.

Математична компетентність за своєю структурою включає когнітивний, діяльнісний та мотиваційний компоненти. Реалізація вказаних компонентів неможлива без методик планування експериментів, побудов математичних моделей поставлених задач, збору даних та їх опрацювання, де надзвичайно важливу роль мають і знання теорії ймовірностей та математичної статистики. Формуванню математичної компетентності сприяє вивчення основних понять теорії ймовірностей, законів розподілу (правонаступність), опрацювання зібраних експериментальних даних із знанням теоретичної бази та використанням програмних документів.

Контроль якості в поліграфічному виробництві є невід’ємною складовою, що забезпечує стабільність та відповідність продукції технічним вимогам. Застосування статистичних методів дозволяє не лише фіксувати відхилення, а й виявляти закономірності, що призводять до виникнення дефектів.

Особливе спрямування навчального посібника, курсу лекцій «Методи досліджень та обробки у видавництві та поліграфії» (КПІ ім. Ігоря Сікорського, автори П. О. Киричок, Т. Ю. Киричок, Т. А. Роїк, О. І. Бараускєне) – підготовка фахівців, здатних розв’язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру в сфері видавництва та поліграфії, що характеризуються комплексністю і невизначеністю умов, набуття компетентностей у сфері досліджень та інновацій; проєктування, удосконалення та створення нових видів виробів та технологій видавництва та поліграфії [7].

В статті вісника національного університету «Львівська політехніка» (автори Л. Демчук, Р. Байцара) [8] проведено теоретичний аналіз статистичних методів в управлінні якістю виробничих процесів. Вказано на їхні переваги, особливості та специфічні вимоги. Обґрунтовано доцільність та важливість застосування статистичних методів на вітчизняних підприємствах.

Авторами КПІ ім. Ігоря Сікорського К. І. Золотухіною, О. І. Кушлик-Дивульською в журналі «Технологія та техніка друкарства» [9] проаналізовано важливість математичних знань для аналізу достовірності отриманих виробничих, експериментальних даних, їх статистичного опрацювання, побудови математичних моделей для видавничо-поліграфічної галузі тощо. Показано сутність застосування програмних документів (програмного пакета STATISTICA 12) для дослідження виробничих задач у ракурсі інноваційних інформаційних технологій.

Математична статистика та теорія ймовірностей у поліграфічному виробництві застосовуються для контролю якості друку, оптимізації витрат матеріалів та прогнозування зносу обладнання. Ключовими напрямами використання цих методів є аналіз похибок фарбоподачі, статистичний контроль браку та нормування паперу, визначення індикатора якості нанесення фарби як точності відтворення лінійних розмірів [10].

Для ефективного контролю якості та виявлення причин дефектності продукції застосовують систему кількісних оцінок, що дозволяє точно характеризувати стан виробничих процесів. Одним з ключових показників є відсоток браку, який обчислюється за формулою:

$$P = \frac{m}{n} \cdot 100\%,$$

де m – кількість дефектних одиниць, а n – загальний обсяг продукції [11]. Цей індикатор є базовим і широко застосовується для щоденного моніторингу виробничих результатів.

Важливим статистичним параметром виступає середнє арифметичне – показник типового значення контрольованої величини, наприклад, параметра друку чи фізичних властивостей матеріалу. Його аналіз дозволяє виявити систематичні зміщення результатів вимірювання від цільового рівня.

Доповненням до середнього значення є дисперсія та середньоквадратичне відхилення [12], які характеризують ступінь розкиду значень навколо середнього. Підвищене відхилення часто сигналізує про порушення стабільності технологічного процесу або про вплив випадкових зовнішніх факторів. Для узагальненої оцінки однорідності та передбачуваності процесу використовується коефіцієнт варіації – відношення стандартного відхилення до середнього значення, виражене у відсотках. Усі зазначені показники не тільки забезпечують кількісну оцінку якості, а й виступають основою для прийняття рішень щодо удосконалення технологічних режимів, запобігання виникненню системного браку та підвищення ефективності виробництва в цілому.

В монографії [13] авторів Кушлика Б. Р, Кушлик-Дивульської О. І. для офсетного друку за критерієм Пірсона розглядається приклад перевірки вибірки значень нормального розподілу фарби на відбитку, отриманих на деякій ділянці дії фарбового ножа. Згідно з методикою розрахунку *за критерієм Пірсона* обчислено ймовірності потрапляння випадкового значення у задані інтервали відповідно до очікуваного середнього значення та середньоквадратичного відхилення із використанням функції пакета MS Excel NORM.DIST (x; середнє; станд_відхилення; сукупне).

В статті «Актуальність вивчення теорії ймовірності в шкільній математиці та закладах вищої освіти» (автори О. І. Кушлик-Дивульська, К. І. Золотухіна, Т. В. Авдєєва), опублікованій в журналі «Наука і техніка сьогодні» [14], показано важливість вивчення елементів теорії ймовірностей та математичної статистики в курсі шкільної математики, її правонаступництво для закладів вищої освіти, затребуваність для аналізу закономірностей, опрацювання даних. Отримані експериментальні дані виявлення кількості бракованих підручників за умови однорідності вибірки перевірено із використанням пакета STATISTICA за критерієм Колмогорова-Смірнова.

Метою статті є теоретичне обґрунтування та методичне забезпечення правонаступності вивчення спеціальних розділів вищої математики (зокрема, теорії ймовірностей та математичної статистики) майбутніми спеціалістами на виробництві. Прикладне застосування статистичних методів для моделювання, контролю якості та оптимізації реальних технологічних процесів у поліграфії.

Ефективний аналіз браку у виробництві неможливий без системного збору статистичних даних, опрацювання їх. Термінологічні засади щодо використання, вибору та впровадження статистичних методів закладені в стандартах ДСТУ 3514-97 [15] і ДСТУ «Настанови щодо застосування статистичних методів» згідно з ISO серії 9001 [16].

Один із найпоширеніших розподілів у статистиці браку – *біномний*, який застосовується тоді, коли кожна одиниця продукції має фіксовану ймовірність браку. Ймовірність того, що з n одиниць k виявляться бракованими за умови ρ ймовірність браку, визначається за формулою Бернуллі, де $p_n(k) = C_n^k p^k q^{n-k}$, $q = 1 - p$, $(k = 0, 1, 2, \ldots, n)$. Компоненти формули відповідають технологічному рівню бракованої та якісної продукції.

Для біномного розподілу відомі його числові характеристики, математичне сподівання та дисперсія:

$$M(X) = np;$$
$$D(X) = npq.$$

Для великих обсягів продукції на виробництві (в схемі незалежних повторних випробувань) n досить велике, а ρ або $(1 - p)$ прямує до нуля, тоді біномний закон розподілу апроксимує *розподіл Пуассона*, параметр якого $\lambda = np$, причому $p \le 0{,}1$ або $p \ge 0{,}9$.

Відповідні ймовірності обчислюють за формулою Пуассона:

$$P(X = m) = \frac{\lambda^m}{m!} e^{-\lambda},\ \lambda > 0\ \ (m = 0, 1, 2, \ldots),$$

а числові характеристики

$$M(X) = \lambda,\ D(X) = \lambda,\ \sigma(X) = \sqrt{\lambda}.$$

Розглянемо на прикладі застосування закону розподілу Пуассона в задачі статистичного контролю якості.

Задача. На складі знаходиться 15000 підручників для школярів. Імовірність неправильного брошурування підручника дорівнює ρ = 0,0002. Записати закон розподілу випадкової величини X – кількості бракованих підручників та проаналізувати його.

Розв'язання. Скористаємось функцією Excel категорії «Статистичні» **POISSON.DIST** (*x*; середнє; сукупне) для таких параметрів: x − кількість сприятливих подій; «середнє» − середнє значення $\lambda = n \cdot p$; «сукупне» – логічне значення 0 або 1. За умовою задачі середнє $\lambda = 3$; сукупне – 0, тобто обчислення точної кількості неправильно брошурованих підручників – від 0 до деякого числа із загальної кількості 15000 одиниць. За допомогою функції **POISSON.DIST** побудовано ряд розподілу (можливі також подальші значення випадкової величини, але вони є з досить маленькою ймовірністю), перевірено умову нормування (рис. 1).

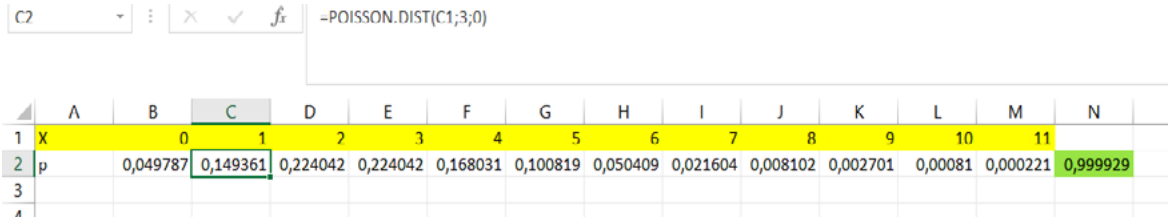


Рис. 1. Побудова закону розподілу за допомогою функції POISSON.DIST

Параметр розподілу, середнє $\lambda = 3$, тому найімовірніша кількість браку становить 2 або 3 підручники, що видно наочно з ряду розподілу:

$$P(X=2)=P(X=3)\approx 0,224042.$$

Регулювання процесу за методом «3-х сигм»: очікуваний брак $\lambda = 3$ (математичне сподівання); середнє квадратичне відхилення $\sigma(X)=\sqrt{3}\approx 1,73$, тому нижня контрольна межа $3-3\cdot\sqrt{3}\approx -2,19$ – процес ідеальний, а верхня межа $3+3\cdot\sqrt{3}\approx 8,19\to 8$, тобто, якщо виявиться більше 9 бракованих підручників – наявність збою, маємо його статистичне доведення. Обчислюють ризик постачальника, тобто ймовірність того, що справна лінія брошурування випадково видає більше 8 бракованих підручників. Обчислимо $P(X\le 8)$ (рис. 2), тоді, відповідно $\alpha = 1-P(X\le 8)=0,00381$, тобто отримано дуже низький показник. Як висновок, для вибіркового контролю проведено одноступеневий розрахунок параметрів плану статистичного контролю якості підручників за міжнародним стандартом:

1. Випадковим чином із партії 15 000 підручників вибирається 3500 екземплярів.
2. Приймається партія, якщо немає браку або виявлено один бракований підручник. Партія бракується, якщо наявні 2 або більше одиниць браку.

Важливість застосування такого методу дає можливість оптимізації витрат, зниження використання людського фактора для контролю якості завдяки скороченню обсягу перевірок на

$$E=\left(1-\frac{n_{виб.}}{n}\right)\cdot 100\%=76,67\%.$$

Для обґрунтування економічної доцільності у висновку використано формулу відносного обсягу контролю (критерій ефективності).

Отриманий високий показник критерію ефективності підтверджує, що інтеграція методів прикладної математики у виробничі алгоритми друкарень є безальтернативним інструментом сучасного менеджменту якості. Демонстрація таких прикладів у межах вивчення вищої математики забезпечує формування розуміння прикладного значення теорії ймовірностей та математичної статистики у майбутніх інженерів-педагогів.

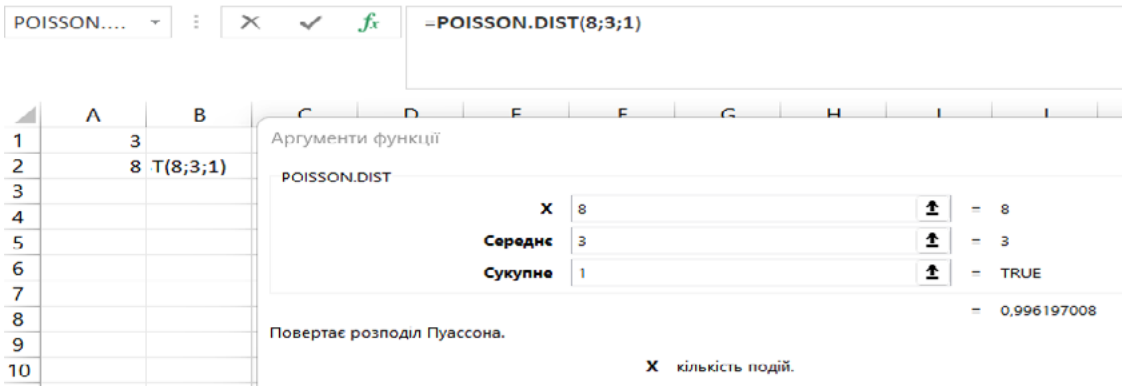


Рис. 2. До обчислення ризику постачальника

Для забезпечення об’єктивності та достовірності результатів контролю впроваджують стандартизовані методики відбору проб, які базуються на принципах теорії ймовірностей, що і було показано в проаналізованій задачі.

Для оцінки сили стохастичного зв’язку та визначення ступеня впливу окремих виробничих факторів на загальний рівень дефектності продукції доцільно застосовувати апарат кореляційного аналізу.

Моделювання двовимірної системи випадкових величин є ефективним інструментом оцінки ризиків та взаємозв’язків у поліграфічному виробництві.

Розглянемо на прикладі класичної задачі. На поліграфічному виробництві за одну зміну друкується по одному комплекту шкільних підручників на різних друкарських машинах. Ймовірність того, що один комплект матиме чималу кількість браку та потребуватиме передрукування дорівнює 0,2, а для другого – 0,06. Потрібно скласти закон розподілу системи *(X, Y)*, де *X* – кількість комплектів для передрукування для першої друкарської машини (ймовірність передрукування 0,2), *Y* – сумарна кількість комплектів для передрукування. На основі отриманої моделі обчислити коефіцієнт кореляції та оцінити ступінь залежності.

Випадкова величина *X* набуває можливих значень 0 і 1, а *Y* – 0, 1 та 2. Знайдемо ймовірність ρ_{ij} спільної появи всіх можливих значень x_i та y_j. Позначимо ρ_1 – ймовірність передрукування першого комплекту, ρ_2 – другого. Тоді ймовірності протилежних подій (якісний друк обох комплектів шкільних підручників) будуть відповідно q_1, q_2. За умовою задачі $\rho_1 = 0{,}2$; $\rho_2 = 0{,}06$, тоді $q_1 = 1 - 0{,}2 = 0{,}8$; $q_2 = 0{,}94$.

Знаходимо ймовірності подій:

$$p_{11} = p\{X = 0, Y = 0\} = q_1 q_2 = 0{,}8 \cdot 0{,}94 = 0{,}752;$$

$$p_{12} = p\{X = 0, Y = 1\} = q_1 p_2 = 0{,}8 \cdot 0{,}06 = 0{,}048;$$

$$p_{13} = p\{X = 0, Y = 2\} = 0 \text{ – неможлива подія;}$$

$$p\{X = 1, Y = 0\} = 0 \text{ – неможлива подія;}$$

$$p\{X = 1, Y = 1\} = p_1 q_2 = 0{,}2 \cdot 0{,}94 = 0{,}188;$$

$$p\{X = 1, Y = 2\} = p_1 p_{12} = 0{,}2 \cdot 0{,}06 = 0{,}012.$$

За результатами обчислень таблиця розподілу системи:

Y	*X*	
	0	1
0	0,752	0
1	0,048	0,188
2	0	0,012

Умова нормування системи виконана: 0,752+0,048+0,188+0,012=1.

Ряди розподілу компонентів *X* та *Y* обчислено як суму ймовірностей відповідно за рядками й стовпчиками.

X	0	1	
p	0,8	0,2	
Y	0	1	2
p	0,752	0,236	0,012

Для компонент системи основні числові характеристики:

$$M(X) = 0{,}2;\ D(X) = 0{,}16;\ \sigma(X) = 0{,}4.$$

$$M(Y) = 0{,}26;\ D(Y) = 0{,}2164;\ \sigma(Y) = 0{,}4652.$$

Обчислюємо кореляційний момент випадкових величин *X* та *Y* за формулою

$$K(X,Y) = \sum_{i=1}^{\infty}\sum_{j=1}^{\infty} x_i y_j p_{ij} - M(X) \cdot M(Y):$$

$$K(X,Y) = 1 \cdot 1 \cdot 0{,}188 + 1 \cdot 2 \cdot 0{,}012 - 0{,}2 \cdot 0{,}26 = 0{,}16.$$

Тоді коефіцієнт кореляції *ρ(X, Y)*, як нормований показник стохастичного зв'язку:

$$\rho(X,Y) = \frac{K(X,Y)}{\sigma_x \cdot \sigma_y} = \frac{0{,}16}{0{,}4 \cdot 0{,}4652} \approx 0{,}8598.$$

Одержаний результат свідчить про дуже щільну, яка наближається до лінійної, додатну кореляційну залежність між випадковими величинами X та Y, причому, коли на першій машині зростає брак, загальний брак автоматично зростає. Загальна кількість браку, на 86%, тобто дуже сильно є залежною від роботи першої друкарської машини. Математично отримано підтвердження (обчислення коефіцієнта детермінації), що для зменшення сумарної кількості браку слід переналагоджувати першу друкарську машину.

Графічно облік може супроводжуватися побудовою діаграм Парето (80% проблем викликані 20% причин), гістограм, контрольних графіків. Таким чином, правильна організація збору та обробки статистичних даних є основою для системного покращення якості та зменшення втрат. Автоматизація розрахунків

за допомогою сучасних ERP-систем та табличного процесора Microsoft Excel дозволяє здійснювати такий аналіз у режимі реального часу, забезпечуючи прийняття науково обґрунтованих управлінських рішень та мінімізуючи вплив людського фактора.

Таким чином, статистичні методики розрахунку браку включають як прості формули, так і сучасні підходи до оцінювання стабільності та достовірності. Їх використання дозволяє побудувати ефективну систему контролю якості, орієнтовану не лише на фіксацію проблем, а й на їх попередження через раннє виявлення тенденцій.

Статистичний контроль якості є не лише інструментом виявлення дефектів, а й засобом стратегічного управління виробничими процесами. Він поєднує теоретичні методи зі стратегічним управлінням для мінімізації браку. За розрахунками, для поліграфічного підприємства, яке щоденно випускає 30 000 одиниць продукції, навіть 1% браку впродовж року призводить до втрат на суму понад 200 000 грн. Ця сума не включає додаткові витрати на логістику, зберігання та обробку рекламацій. Застосування статистичних методик забезпечує стабільність технологічних процесів, підвищує ефективність роботи персоналу та конкурентоспроможність підприємства загалом.

Висновки

1. Статистичний контроль якості є ключовим елементом ефективного управління на виробництві. Обґрунтовано, що правонаступність між шкільним курсом математики та спеціальними розділами вищої математики (теорією ймовірностей та математичною статистикою) у закладах вищої освіти є базовою передумовою для успішного впровадження систем статистичного управління якістю на виробництві.

2. На практичному прикладі моделювання рідкісних подій за законом розподілу Пуассона в середовищі MS Excel продемонстровано алгоритм визначення оптимальних меж регулювання браку за методом «трьох сигм» та обчислення ризиків постачальника й споживача, обґрунтовано одноступеневий приймальний контроль (згідно з ISO 2859-1).

3. Результати проведеного дослідження свідчать про доцільність широкого впровадження статистичного контролю для управління поліграфічними підприємствами, зокрема щодо першочергового переналагодження конкретних виробничих вузлів (обчислення коефіцієнта кореляції). Статистичний контроль якості є не лише інструментом виявлення дефектів, а й засобом стратегічного управління. Його використання дозволяє побудувати ефективну систему, орієнтовану на раннє виявлення негативних тенденцій та запобігання фінансовим втратам.

Використана література:

1. Результати НМТ з математики впали до мінімуму за 10 років. URL: https://skilky-skilky.info/rezultaty-nmt-z-matematyky-vpaly-do-minimumu-za-10-rokiv (дата звернення: 26.06.2026).
2. Чому важлива математика і як надолужити освітні втрати. *Texty.org.ua.* URL: https://texty.org.ua/fragments/113891/chomu-pohane-znannya-matematyky-nese-serjozni-zahrozy-dlya-ukrayiny-i-yiyi-majbutnoho-rozbir/ (дата звернення: 26.06.2026).
3. Чому діти не знають математику і що з цим робити: дослідження EdEra та Tokarev Foundation. URL: https://ed-era.com/blog/chomu-dity-ne-znayut-matematyku-doslidzhennya/ (дата звернення: 26.06.2026).
4. НМТ-2026: деякі підсумки основних сесій. URL: https://testportal.gov.ua/nmt-2026-deyaki-pidsumky-osnovnyh-sesij/ (дата звернення: 03.07.2026).
5. Zacharopoulos G., Sella F., Cohen Kadosh R. The impact of a lack of mathematical education on brain development and future attainment. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2021. Vol. 118, № 24. e2013155118. DOI: https://doi.org/10.1073/pnas.2013155118.
6. Дослідження «Рівень сформованості компетентності «Підприємливість та фінансова грамотність» у школярів і школярок 10 класу» / Національний банк України. 2024. URL: https://bank.gov.ua/ua/news/all/ukrayinski-pidlitki-mayut-pochatkoviy-riven-finansovoyi-gramotnosti--doslidjennya-nbu (дата звернення: 28.06.2026).
7. Методи досліджень та обробки у видавництві та поліграфії: курс лекцій : навч. посіб. для докторів філософії спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» / П. О. Киричок, Т. Ю. Киричок, Т. А. Роїк, О. І. Бараускєне. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 210 с. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45113/1/Metody_doslid.-2021.pdf (дата звернення: 20.04.2026).
8. Демчук Л., Байцара Р. Статистичні методи в управлінні якістю виробничих процесів. *Вимірювальна техніка та метрологія*. 2014. № 75. С. 136–140. URL: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/3644/vtm75st26.pdf (дата звернення: 20.04.2026).
9. Золотухіна К. І., Кушлик-Дивульська О. І., Поліщук Н. В. Статистична обробка експериментальних даних в поліграфічних технологіях. *Технологія і техніка друкарства.* 2023. № 1(79). С. 35–45. URL: https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(79).2023.273617 (дата звернення: 21.05.2026).
10. Ігнатенко Є. В., Симотюк С. О., Золотухіна К. І. Дослідження методів отримання тактильних елементів на картонному пакованні. *Технологія і техніка друкарства*. 2025. № 4(90). С. 77–91. URL: https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(90).2025.350117 (дата звернення: 21.05.2026).
11. Золотухіна К. І., Скиба В. М., Кушлик-Дивульська О. І. Застосування методу аналітичної ієрархії для вибору матеріалів цифрового друку в умовах обмежених ресурсів. *Технологія і техніка друкарства.* 2026. № 1(91). С. 23–34. URL: https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(91).2026.352410 (дата звернення: 21.05.2026).
12. Кушлик-Дивульська О. І., Горбачук В. М. Теорія ймовірностей та математична статистика: підруч. для здобувачів ступеня бакалавра за техн. та екон. спец. 2-ге вид., перероб. і допов. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2026. 358 с. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/79914 (дата звернення: 22.05.2026).
13. Кушлик Б. Р., Кушлик-Дивульська О. І. Стабілізація друкування малотиражної продукції офсетним друком : монографія. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2017. 162 с.

14. Кушлик-Дивульська О. І., Золотухіна К. І., Авдєєва Т. В. Актуальність вивчення теорії ймовірності в шкільній математиці та закладах вищої освіти. *Наука і техніка сьогодні.* 2024. № 7(35). С. 358–372. URL: https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-7(35)-358-372 (дата звернення: 26.05.2026).
15. ДСТУ 3514-97. Статистичні методи контролю та регулювання. Терміни та визначення. Чинний від 1997-07-01. Київ : Держстандарт України, 1997. URL: https://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY_ALL/DSTU1/dstu_3514-97.pdf (дата звернення: 20.03.2026).
16. ДСТУ ISO 10017:2023 (ISO 10017:2021, IDT). Управління якістю. Настанови щодо застосування статистичних методів відповідно до ISO 9001:2015. Чинний від 2024-08-01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2023. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_10017_2023_upravlinnya_yakistyu._nastanovi_shchodo_za.pdf (дата звернення: 20.03.2026).

References:

1. Rezul′taty NMT z matematyky vpaly do minimumu za 10 rokiv [NMT mathematics results have dropped to a 10-year low]. URL: https://skilky-skilky.info/rezultaty-nmt-z-matematyky-vpaly-do-minimumu-za-10-rokiv (Last accessed: 26.06.2026). [in Ukrainian].
2. Chomu vazhlyva matematyka i yak nadoluzhyty osvitni vtraty [Why Mathematics Is Important and How to Make Up for Educational Losses]. *Texty.org.ua.* URL: https://texty.org.ua/fragments/113891/chomu-pohane-znannya-matematyky-nese-serjozni-zahrozy-dlya-ukrayiny-i-yiyi-majbutnoho-rozbir/ (Last accessed: 26.06.2026). [in Ukrainian].
3. Chomu dity ne znayut′ matematyku i shcho z tsym robyty: doslidzhennya EdEra ta Tokarev Foundation [Why children don't know mathematics and what to do about it: a study by EdEra and the Tokarev Foundation]. URL: https://ed-era.com/blog/chomu-dity-ne-znayut-matematyku-doslidzhennya/ (Last accessed: 26.06.2026). [in Ukrainian].
4. NMT-2026: deyaki pidsumky osnovnykh sesiy [NMT-2026: some results of the main sessions]. URL: https://testportal.gov.ua/nmt-2026-deyaki-pidsumky-osnovnyh-sesij/ (Last accessed: 03.07.2026). [in Ukrainian].
5. Zacharopoulos G. et al. The impact of a lack of mathematical education on brain development and future attainment. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS). 2021. Vol. 118, № 24.
6. Doslidzhennya «Riven′ sformovanosti kompetentnosti «Pidpryyemlyvist′ ta finansova hramotnist′» u shkolyariv i shkolyarok 10 klasu» / Natsional′nyy bank Ukrayiny [National Bank of Ukraine. Study: «Level of Development of the 'Entrepreneurship and Financial Literacy' Competence Among 10th-Grade Students»]. 2024. URL: https://bank.gov.ua/ua/news/all/ukrayinski-pidlitki-mayut-pochatkoviy-riven-finansovoyi-gramotnosti--doslidjennya-nbu (Last accessed: 28.06.2026). [in Ukrainian].
7. Kyrychok P. O., Kyrychok T. Yu., Roik T. A., Barauskiene O. I. Metody doslidzhen′ ta obrobky u vydavnytstvi ta polihrafiyi [Methods of research and processing in publishing and printing]. Kyiv : KPI named after Igor Sikorskyi, 2021. 210 p. URL: https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/45113/1/Metody_doslid.-2021.pdf (Last accessed: 20.04.2026). [in Ukrainian].
8. Demchuk L., Baytsara R. Statystychni metody v upravlinni yakistyu vyrobnychykh protsesiv [Statistical Methods in Quality Management of Production Processes]. Vymiryuval′na tekhnika ta metrolohiya. 2014. № 75. P. 136–140. URL: https://science.lpnu.ua/sites/default/files/journal-paper/2017/jun/3644/vtm75st26.pdf (Last accessed: 20.04.2026). [in Ukrainian].
9. Zolotukhina K. I., Kushlyk-Dyvulska O. I., Polishchuk N. V. Statystychna obrobka eksperymental′nykh danykh v polihrafichnykh tekhnolohiyakh [Statistical processing of experimental data in printing technologies]. Tekhnolohiya i tekhnika drukarstva. 2023. № 1(79). P. 35–45. URL: https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(79).2023.273617 (Last accessed: 21.05.2026). [in Ukrainian].
10. Ihnatenko YE. V., Symotiuk S. O., Zolotukhina K. I. Doslidzhennya metodiv otrymannya taktyl′nykh elementiv na kartonnomu pakovanni [Investigation of methods for producing tactile elements on cardboard packaging]. Tekhnolohiya i tekhnika drukarstva. 2025. № 4(90). P. 77–91. URL: https://doi.org/10.20535/2077-7264.4(90).2025.350117 (Last accessed: 21.05.2026). [in Ukrainian].
11. Zolotukhina K. I., Skyba V. M., Kushlyk-Dyvulska O. I. Zastosuvannya metodu analitychnoyi iyerarkhiyi dlya vyboru materialiv tsyfrovoho druku v umovakh obmezhenykh resursiv [Application of the Analytic Hierarchy Process for Selecting Digital Printing Materials Under Resource Constraints]. Tekhnolohiya i tekhnika drukarstva. 2026. № 1(91). P. 23–34. URL: https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(91).2026.352410 (Last accessed: 21.05.2026). [in Ukrainian].
12. Kushlyk-Dyvulska O. I., Gorbachuk V. M. Teoriya ymovirnostey ta matematychna statystyka [Probality theory and mathematical statistics]. Kyiv: KPI named after Igor Sikorskyi, 2026. 358 p. URL: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/79914 (Last accessed: 22.05.2026). [in Ukrainian].
13. Kushlyk B. R., Kushlyk-Dyvulska O. I. Stabilizatsiya drukuvannya malotyrazhnoyi produktsiyi ofsetnym drukom [Stabilization of Small-Run Offset Printing]. Kyiv: Igor Sikorsky KPI, «Politekhnika» Publishing House, 2017. 162 p. [in Ukrainian].
14. Kushlyk-Dyvulska O. I., Zolotukhina K. I., Avdieieva T. V. Aktual′nist′ vyvchennya teoriyi ymovirnosti v shkil′niy matematytsi ta zakladakh vyshchoyi osvity [The Relevance of Studying Probability Theory in School Mathematics and Higher Education Institutions]. Nauka i tekhnika s′ohodni. 2024. № 7(35). P. 358–372. URL: https://doi.org/10.52058/2786-6025-2024-7(35)-358-372 (Last accessed: 26.05.2026). [in Ukrainian].
15. DSTU 3514-97. Statystychni metody kontrolyu ta rehulyuvannya. Terminy ta vyznachennya [State Standard of Ukraine. Statistical methods of control and regulation. Terms and definitions]. Kyiv: Derzhstandart Ukrayiny, 1997. URL: https://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY_ALL/DSTU1/dstu_3514-97.pdf (Last accessed: 20.03.2026). [in Ukrainian].
16. DSTU ISO 10017:2023 (ISO 10017:2021, IDT). Upravlinnya yakistyu. Nastanovy shchodo zastosuvannya statystychnykh metodiv vidpovidno do ISO 9001:2015 [Quality management – Guidance on statistical techniques for ISO 9001:2015]. URL: https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/dstu_iso_10017_2023_upravlinnya_yakistyu._nastanovi_schodo_za.pdf (Last accessed: 20.03.2026). [in Ukrainian].

O. Kushlyk-Dyvulska, V. Skyba. Developing Mathematical Competence for Statistical Analysis among Future Printing Industry Professionals

The article analyzes the level of mathematical education under the conditions of distance learning and martial law, based on the results of the National Multi-subject Test (NMT) taken by university entrants. The level of mathematical illiteracy is growing, which will negatively impact the country’s economic development in the future.

The paper demonstrates the importance of applying mathematical approaches to the statistical analysis of quality control in the publishing and printing industry. This includes examining the surface of printed substrates, defining the ink application quality indicator as the accuracy of reproducing linear dimensions, and verifying a sample of normally distributed ink values on a print obtained within a specific operational area of the ink knife.

The main focus is concentrated on the analysis of defective products. An example illustrates the application of the Poisson distribution for the statistical analysis of the number of defective products. The use of Microsoft Excel simplified the necessary computations: constructing the probability distribution, calculating the most probable number of defects, and determining the supplier’s risk. Furthermore, a single-stage calculation of the parameters for a statistical quality control plan for textbooks (according to international standards) is presented to optimize costs.

The solution to a classical probability theory problem is demonstrated, involving the printing of one set of school textbooks on two different printing presses with their respective defect rates. The correlation coefficient of the joint distribution of the system (X, Y) is calculated, where X represents the number of sets to be reprinted by the first printing press, and Y is the total number of sets for reprinting. This mathematically confirms the necessity to adjust the first printing press.

Key words: *mathematical competence, probability theory, statistical analysis, printing industry professionals, defects, product quality, software, probability distributions, correlation.*

Дата першого надходження статті до видання: 31.08.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.09.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 27.10.2026



Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу CC BY 4.0