

# ЗАСТОСУВАННЯ ПОСЛІДОВНОГО ВИБІРКОВОГО КОНТРОЛЮ ПРИ ОЦІНЮВАННІ ЯКОСТІ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ І ДАТЧИКІВ

М.М. Морозова

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». 03056, м. Київ, Берестейський проспект, 37. E-mail: m.morozova@kpi.ua

Робота присвячена розгляду вибіркового контролю продукції на основі серії стандартів ДСТУ ISO 2859. Проаналізовано положення стандартів, що визначають методологію оцінювання якості партій за альтернативною ознакою, зокрема ДСТУ ISO 2859-5:2009, який регламентує послідовні вибіркові схеми. Визначено основні параметри контролю, включаючи приймальне число дефектів, число відхилення та функцію операційної характеристики. Дослідження спрямоване на адаптацію вибіркового контролю до специфіки контрольованих вимірювальних пристроїв і датчиків, що дозволяє мінімізувати витрати на перевірку, підвищуючи при цьому ефективність прийняття рішень. Наведено математичну модель вибіркового контролю, яка ґрунтується на біноміальному розподілі та дозволяє аналітично оцінити ймовірність прийняття партії продукції залежно від рівня дефектності та розміру вибірки. Проведено обчислення для різних значень вибірки та ймовірності дефектності, що дозволило оцінити вплив параметрів контролю на ймовірність прийняття партії. У якості прикладу розглянуто контроль терморезисторів номінального опору із встановленими допусками. Виявлено, що збільшення вибірки зменшує ризик пропуску дефектних виробів, а при підвищеному рівні дефектності ймовірність прийняття партії суттєво знижується, що демонструє ефективність послідовного вибіркового контролю. Окрему увагу приділено питанням інтеграції вибіркового контролю в процеси забезпечення якості продукції, що передбачає його раціональне застосування та корегування залежно від умов виробництва. Показано, що використання статистичних методів контролю сприяє зменшенню кількості перевірок без втрати ефективності оцінки якості продукції. Також наголошено на необхідності врахування особливостей виробничих процесів для коректного впровадження вибіркового контролю та забезпечення його відповідності нормативним вимогам. Бібліогр. 11, табл. 1.

*Ключові слова:* план вибіркового контролю, процедура послідовного контролю, контроль якості продукції, контрольовано-вимірювальний пристрій, датчик

**Вступ.** У сучасному виробництві контрольовано-вимірювальних пристроїв (КВП) і датчиків підтримання високої якості продукції є критично важливим для забезпечення точності та надійності контрольовано-вимірювальних і діагностичних робіт. Це актуально й для українських виробників, які прагнуть відповідати міжнародним стандартам та підвищувати конкурентоспроможність на світовому ринку. У цьому контексті впровадження вибіркового контролю відповідно до серії стандартів ДСТУ ISO 2859 є необхідним кроком для досягнення цих цілей.

Стандарти серії ДСТУ ISO 2859 регламентують статистичні методи вибіркового контролю якості продукції за альтернативною ознакою. Вони забезпечують систематичний підхід до оцінювання якості, що дозволяє зменшити ризики випуску неякісної продукції та оптимізувати витрати на контроль. Це особливо важливо в умовах масового виробництва КВП, де повний (суцільний) контроль кожної одиниці продукції є економічно невиправданим. Впровадження серії стандартів ДСТУ ISO 2859 дозволяє українським виробникам підвищити конкурентоспроможність завдяки відповідності міжнародним вимогам. Систематичне застосування статистичного вибіркового контролю забезпечує

стабільну якість продукції, мінімізуючи варіативність характеристик КВП, оскільки навіть незначні відхилення параметрів можуть призвести до суттєвих похибок у вимірюваннях. Використання статистичних методів контролю дозволяє не лише ефективно ідентифікувати дефекти, а й виявляти системні причини їх виникнення на ранніх стадіях виробництва, що, у свою чергу, сприяє оптимізації технологічних процесів, зменшенню витрат на корегування браку та підвищенню загальної продуктивності. Дотримання принципів вибіркового контролю відповідно до положень ДСТУ ISO 2859 забезпечує високу якість продукції, що є ключовим чинником формування довіри споживачів і партнерів, зміцнення позицій вітчизняних підприємств на внутрішньому ринку та створення передумов для розширення виробничого потенціалу в національній економіці.

Таким чином, актуальність використання серії стандартів ДСТУ ISO 2859 для українських виробників КВП є беззаперечною. Це не лише сприяє забезпеченню високої якості продукції, але й відкриттю нових можливостей для розвитку та зміцнення позицій українських виробників на міжнародному ринку.

Розгляду питань щодо оцінки та контролю якості продукції присвячена значна кількість публікацій. У [1] обґрунтовується застосування ста-

тистичних методів для оцінки якості продукції; описано застосування семи основних методів контролю якості, включаючи діаграми Парето та Ісикави, гістограми та контрольні карти; наголошено, що використання статистичних методів є важливим інструментом для аналітиків, який допомагає приймати ефективні управлінські рішення. Проте автори зосередилися на програмному аналізі без конкретних виробничих ситуацій та розгляду практичних прикладів.

У [2] зазначено основні методи кваліметрії та запропоновано використовувати адитивний метод кваліметрії для визначення комплексного показника якості багатопараметричного об'єкта; окреслено труднощі, що виникають через специфіку технологічного процесу виробництва.

У [3] вдосконалено методичний підхід до оцінювання якості продукції на основі міжнародних і вітчизняних стандартів, включаючи етап ідентифікації вимог до властивостей продукції; запропоновано використовувати не лише базові, а й цільові показники якості для визначення ефективності підприємства. Пропонований підхід дозволяє проводити моніторинг і контроль якості продукції, сприяючи підвищенню конкурентоспроможності підприємств. Водночас, запропоновані рекомендації є доволі загальними.

У [4] запропоновано схему приймального статистичного контролю, побудовану на експертному та комбінованому методах; зазначено, що пропорований алгоритм забезпечить на підприємствах відповідність продукції вітчизняним і міжнародним стандартам, надасть вітчизняним виробникам конкурентні переваги. Проте відсутність реальних прикладів впровадження на конкретних підприємствах не повною мірою розкриває можливості та не підтверджує доцільності застосування отриманих результатів.

У [5] розглядається різниця між класичними підходами до контролю якості в традиційному виробництві та методами, які застосовуються в сфері адитивного виробництва (3D друк); зазначено, що складні геометричні форми та особливості матеріалів, використовуваних в адитивному виробництві, потребують модифікації стандартних підходів до контролю. Проте практичні приклади застосування нових методів не розглянуто.

У [6] досліджено методику вибору параметрів контролю для радіотехнічних систем з урахуванням технічних характеристик і вимог до точності; пропонується підхід до встановлення допустимих відхилень параметрів, що забезпечує підвищення надійності систем. Проте недостатньо розглянуто практичні аспекти реалізації методики контролю в умовах серійного виробництва.

**Метою** роботи є розгляд потенційних можливостей схем вибіркового контролю, зокрема системи планів послідовного відбирання зразків з партії продукції, індексованих межами прийняття якості, для визначення їхньої придатності до контролю КВП і датчиків, а також створення моделі, яка дозволяє оцінювати ймовірність прийняття або відхилення партії продукції на основі вибірових даних, стосовно КВП і датчиків.

**Основні положення серії стандартів ДСТУ ISO 2859.** Стандарти ДСТУ ISO 2859 охоплюють різні аспекти вибіркового контролю за альтернативною ознакою. Зокрема, ДСТУ ISO 2859-1:2001 [7] описує систему, де приймальний рівень якості є ключовим параметром. Суть його застосування полягає у стимулюванні виробників підтримувати високу якість процесу виробництва та у зменшенні ризику випадкового прийняття неякісних партій споживачами.

ДСТУ ISO 2859-5:2009 [8] доповнює попередній стандарт, визначаючи загальні послідовні вибірові схеми, що дозволяють гнучкіше та ефективніше підходити до контролю якості в умовах серійного виробництва. Цей стандарт описує загальні послідовні вибірові схеми, що доповнюють плани контролю за альтернативною ознакою, визначаючи межі прийняття якості. Суть застосування – економічно та психологічно змусити виробників дотримуватися стандартів якості, зменшуючи ризик прийняття неякісних партій споживачами.

ДСТУ ISO 2859-10:2009 [9] надає загальне уявлення про теорію приймального контролю за альтернативною ознакою, містить стисле викладення схем вибірки та планів приймання, заснованих на цій ознаці. Дана частина стає в нагоді підприємствам, щоб ефективно контролювати якість продукції, зменшуючи витрати на контроль і підвищуючи точність оцінки якості, впроваджувати методи вибіркового контролю у свої виробничі процеси.

Для виробників КВП і датчиків впровадження вибіркового контролю за стандартами серії ДСТУ ISO 2859 має наступні переваги:

1. Підвищення ефективності виробництва. Застосування вибіркового контролю дозволяє зменшити обсяги перевірок, що скорочує витрати та час на контроль якості без підвищення ризику погіршення якості продукції.

2. Відповідність міжнародним стандартам. Використання цих стандартів забезпечує гармонізацію з міжнародними вимогами, що є ключовим фактором для експорту продукції та розширення ринків збуту.

3. Покращення репутації та довіри споживачів. Систематичний підхід до контролю якості підви-

щує довіру клієнтів до продукції, що сприяє зміцненню позицій компанії на ринку.

Впровадження вибіркового контролю відповідно до серії стандартів ДСТУ ISO 2859 також сприяє розвитку національної промисловості та її інтеграції у світову економічну спільноту. Відповідність продукції міжнародним стандартам відкриває нові можливості для експорту та співпраці з іноземними партнерами. Крім того, підвищується загальний технологічний рівень виробництва та стимулювання впровадження сучасних методів управління якістю.

Застосування стандарту ДСТУ ISO 2859-5:2009 [8] дозволяє підприємствам ефективно керувати ризиками, пов'язаними з якістю продукції. Використання послідовних вибірових схем контролю забезпечує баланс між ризиками виробника та споживача, мінімізуючи ймовірність постачання неякісної продукції на ринок. Це особливо важливо в умовах сучасного ринку, де репутація компанії та підвищення довіри споживачів до вітчизняної продукції є ключовими факторами успіху.

Впровадження статистичного вибіркового контролю вимагає глибокого розуміння методології та правильної інтерпретації результатів. Недостатня обізнаність персоналу або неправильне застосування стандарту можуть призвести до хибних висновків щодо якості продукції. Тому важливо забезпечити належну підготовку фахівців та адаптацію внутрішніх процесів підприємства до вимог стандарту.

У підсумку, впровадження ДСТУ ISO 2859-5:2009 [8] стосовно КВТ і датчиків зумовлене цілями підвищення ефективності контролю якості, зниження витрат і забезпечення відповідності продукції міжнародним стандартам. Це сприятиме зміцненню позицій українських виробників, підвищенню конкурентоспроможності їх продукції на внутрішньому та міжнародному ринках.

**Розробка математичної моделі.** У контексті інформаційно-вимірювальної техніки, КВП і датчиків особливу увагу приділяють адаптації стандартних методів вибіркового контролю до вимог галузі. Це стосується й розроблення математичних моделей, які враховують особливості контрольовано-вимірювальних засобів і дають змогу оптимізувати процес контролю якості [10]. Такі моделі сприяють підвищенню точності прогнозування якості продукції та зниженню ймовірності постачання дефектних виробів. Окрім того, слід зазначити, що недостатня обізнаність персоналу щодо методів статистичного контролю може призвести до неправильного впровадження схем відбирання та, як наслідок, до зниження ефективності контролю якості. Тому освітні програми, тренінги з цього напрямку мають бути невід'єм-

ною складовою успішного впровадження стандартів. Необхідно забезпечувати належну підготовку персоналу та адаптацію методів контролю до специфічних умов виробництва [11].

Послідовний вибіровий контроль за стандартом ДСТУ ISO 2859-5:2009 [8] передбачає оцінку якості партії продукції шляхом послідовного відбору та перевірки одиниць продукції до формування рішення про прийняття або відхилення партії.

Введемо основні параметри та позначення, що визначатимуть ймовірнісний підхід до контролю якості продукції:

- $p$  – ймовірність дефекту в одиниці продукції, тобто частка дефектних одиниць серед усієї партії;
- $n$  – загальна кількість перевірених одиниць продукції до моменту прийняття рішення;
- $d$  – кількість виявлених дефектних одиниць серед перевірених;
- $Ac$  – приймальне число дефектів, тобто максимальна допустима кількість дефектних одиниць, при якій партія ще може бути прийнята;
- $Re$  – число відхилення, тобто мінімальна кількість дефектних одиниць, після якої партія обов'язково повинна бути відхилена. Зазвичай значення  $Re = Ac + 1$ .

Ймовірність прийняття партії при дефектності  $p$ :

$$L(p) = P(d \leq Ac | n, p), \quad (1)$$

де  $P(d \leq Ac | n, p)$  – ймовірність того, що кількість дефектних одиниць  $d$  буде меншою або дорівнюватиме  $Ac$  (приймальному числу дефектів), за умови, що перевірили  $n$  одиниць продукції та ймовірність дефекту в одиниці продукції дорівнює  $p$ ; позначення  $d \leq Ac$  означає, що кількість дефектних одиниць  $d$  має бути меншою або дорівнювати приймальному числу дефектів  $Ac$ .

У процесі контролю якості важливо оцінити, наскільки ймовірною є подія, яка полягає в тому, що партія продукції відповідає встановленим критеріям прийнятності. У цьому контексті використовується біноміальний розподіл, який визначає ймовірність кількості дефектних одиниць у вибірці з фіксованого обсягу. Якщо випадковою змінною  $d$  позначити кількість дефектних одиниць у вибірці з  $n$  перевірених виробів, то ймовірність того, що  $d$  прийме конкретне значення  $k$ , визначається за допомогою біноміального розподілу:

$$P(d = k | p) = \binom{n}{k} \cdot p^k \cdot (1 - p)^{n-k}, \quad (2)$$

де  $P(d = k | n, p)$  – ймовірність події, що серед перевірених  $n$  одиниць буде рівно  $k$  дефектних одиниць, за умови, що ймовірність дефекту в окремій одиниці продукції дорівнює  $p$ ;  $(1 - p)$  – ймовірність того, що окремий виріб не є дефектним;  $d = k$

означає, що хочемо отримати рівно  $k$  дефектних одиниць серед  $n$  перевірених; позначення  $|n, p$  означає, що ймовірність  $P$  визначається з урахуванням двох умов: кількості перевірених одиниць  $n$  і ймовірності дефекту в одиничному виробі  $p$ ;  $\binom{n}{k}$

– біноміальний коефіцієнт, що визначає кількість можливих способів вибору  $k$  дефектних одиниць серед  $n$ , тобто  $\binom{n}{k} = \frac{n!}{k!(n-k)!}$ . Формула біноміального розподілу дозволяє аналітично визначати ймовірність різних сценаріїв при перевірці якості продукції. Це дає змогу оптимізувати контрольні процедури та мінімізувати витрати при одночасному забезпеченні високої надійності оцінки.

Формула (2) ґрунтується на припущенні, що кожен виріб у вибірці, незалежно від інших, має однакову ймовірність бути дефектним. Це характерно для вибіркового контролю продукції за умови, що вибірка здійснюється з поверненням або якщо розмір партії є значно більшим за вибірку.

Далі, спираючись на (1), встановлюємо ймовірність того, що, якщо перевіримо певну кількість одиниць із партії, кількість виявлених дефектів буде достатньо малою для того, щоб партія була прийнята. Ймовірність прийняття партії, якщо кількість дефектних одиниць  $d$  буде від 0 до  $Ac$ :

$$L(p) = \sum_{k=0}^{Ac} \binom{n}{k} \cdot p^k \cdot (1-p)^{n-k}, \quad (3)$$

де  $\sum_{k=0}^{Ac}$  – сума ймовірностей для всіх можливих значень  $k$  від 0 до  $Ac$ . Тобто підсумовуємо ймовірності того, що в партії буде 0 дефектів, 1 дефект, 2 дефекти і так далі, аж до  $Ac$  дефектів. Формула підсумовує ймовірності для кожного можливого значення  $k$  дефектних одиниць (від 0 до  $Ac$ ).

Кожна складова суми (3) обчислюється за допомогою біноміального розподілу  $\binom{n}{k} \cdot p^k \cdot (1-p)^{n-k}$ , що дає ймовірність того, що серед  $n$  одиниць продукції є рівно  $k$  дефектних.

**Етапи послідовного контролю та приклади.** Процедура послідовного контролю включає наступні етапи:

1. Спочатку перевіряють одиниці продукції одну за одною.
2. Після перевірки кожної одиниці збільшують  $n$  на 1. Якщо одиниця є дефектною, тоді збільшують  $d$  на 1.
3. Далі формують наступні правила прийняття або відхилення партії:

- якщо  $d \leq Ac$ , тоді партія приймається;

- якщо  $d \geq Re$ , тоді партія відхиляється;
- якщо  $Ac < d < Re$ , тоді продовжують перевірку партії.

Розглянемо приклад контролю партії терморезисторів номіналом 10 кОм при 25°C. У партії максимальне відхилення опору від номінального значення не повинно перевищувати  $\pm 3\%$ . Припустимо, що для вибіркового контролю встановлені наступні параметри:

- $Ac = 2$  – максимально допустима кількість дефектів;
- $Re = 3$  – число відхилення.

У процесі перевірки партії продукції здійснюється поетапний відбір і тестування окремих зразків до моменту прийняття остаточного рішення щодо всієї партії. Вибірка складається зі 100 одиниць ( $n = 100$ ). Якщо після перевірки виявлено 2 або менше дефектних терморезисторів, тоді партія приймається. Якщо кількість дефектних одиниць досягла 3 або більше, то партія відхиляється.

У таблицях стандарту ДСТУ ISO 2859-5:2009 [8] для кодового знаку розміру вибірки  $J$  зазначено, що розмір вибірки знаходиться в діапазоні 80...125 одиниць.

Для детальнішого аналізу проведемо розрахунки ймовірності прийняття партії  $L(p)$  за формулою (3) для трьох випадків: для  $n = 80$  (мінімальна вибірка),  $n = 100$  (середня вибірка) та  $n = 125$  (максимальна вибірка) для того, щоб оцінити вплив розміру вибірки на ймовірність прийняття партії. Проміжне значення  $n = 100$  було обрано як середнє в інтервалі 80...125. Обчислення ймовірності  $L(p)$  для рівня дефектності (ймовірності дефекту в одиниці продукції)  $p = 0,02$ :

$$\begin{aligned} L(0,02) &= \sum_{k=0}^2 \binom{80}{k} \cdot 0,02^k \cdot (1-0,02)^{80-k} = \\ &= \sum_{k=0}^2 \binom{80}{k} \cdot 0,02^k \cdot (0,98)^{80-k}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L(0,02) &= \sum_{k=0}^2 \binom{100}{k} \cdot 0,02^k \cdot (1-0,02)^{100-k} = \\ &= \sum_{k=0}^2 \binom{100}{k} \cdot 0,02^k \cdot (0,98)^{100-k}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L(0,02) &= \sum_{k=0}^2 \binom{125}{k} \cdot 0,02^k \cdot (1-0,02)^{125-k} = \\ &= \sum_{k=0}^2 \binom{125}{k} \cdot 0,02^k \cdot (0,98)^{125-k}. \end{aligned}$$

Також проведемо обчислення ймовірності для рівнів дефектності  $p = 0,01$  та  $p = 0,03$ . Зведемо

всі розрахунки в таблицю. У вибіркового контролю існує критична межа дефектності продукції, за якою система контролю повинна приймати жорсткіші рішення. Коли рівень дефектності підвищується (наприклад, до 3 %), то ймовірність прийняття партії суттєво зменшується. Це означає, що система вибіркового контролю ефективно реагує на погіршення якості продукції, забезпечуючи захист кінцевого споживача та відповідність стандартам.

Як видно з таблиці, при  $p = 0,03$  ймовірність прийняття партії зменшується, у порівнянні з  $p = 0,01$  та  $p = 0,02$ :

- для  $n = 80$  прийняття партії ще можливе з ймовірністю  $\sim 56,8$  %, що вже є досить ризикованим;
- для  $n = 125$  ймовірність прийняття зменшується до 27,3 %, що підтверджує посилення контролю при збільшенні розміру вибірки.

Припустимо, що підприємство випускає великі партії терморезисторів. При цьому обсяг великої партії у виробництві терморезисторів може становити від кількох тисяч до сотень тисяч одиниць залежно від виробничих можливостей та потреб ринку. Якщо частка дефектної продукції становить 1 %, то система вибіркового контролю продовжує приймати більшість партій, оскільки ймовірність виявлення дефектів залишається відносно низькою. Проте зі зростанням рівня дефектності до 3 % ефективність контролю підвищується (посилюється): збільшення обсягу вибірки значно знижує ймовірність проходження бракованої продукції. Це підтверджує, що послідовний вибіркового контроль дозволяє ефективно оцінювати якість партії та забезпечувати дотримання стандартів надійності й точності контрольно-вимірювальних пристроїв, а також їх складових і датчиків.

У даному прикладі дефект – це вихід значення електричного опору терморезистора за встановлені допуски. Якщо опір терморезистора при температурі 25°C виходить за межі допустимого діапазону  $\pm 3$  % від номіналу (тобто не потрапляє в інтервал 9700...10300 Ом), тоді такий виріб вважається дефектним.

Послідовні плани відбору одиниць продукції для контролю дозволяють зменшити середню кількість перевірених одиниць порівняно з фіксованими планами, особливо коли якість продукції стабільно висока або низька. Однак вони ви-

магають постійного моніторингу та можуть бути складнішими в реалізації.

Для ретельнішого визначення параметрів планів послідовного відбирання рекомендується звертатися до планів для нормального, послабленого та посиленого перевіряння зі стандарту ДСТУ ISO 2859-5:2009 [8] і скеровуватися табличними значеннями для успішної реалізації процедури вибіркового контролю.

### Висновки

1. Аналіз вибіркового контролю за серією стандартів ДСТУ ISO 2859 показав, що використання статистичних методів оцінювання якості продукції дає змогу ефективно знижувати ризики виробника та споживача. Стандарти цієї серії встановлюють чіткі критерії приймання партій на основі визначених граничних значень дефектності, що мінімізує вплив суб'єктивних факторів під час контролю.

2. Впровадження послідовних вибірових схем забезпечує баланс між витратами на перевірку та рівнем контролю якості. Використання стандартних підходів до вибіркового контролю дає змогу підприємствам зменшувати навантаження на перевірочні процеси без втрати ефективності оцінки якості партій. Аналіз стандартів демонструє залежність ймовірності прийняття партії від рівня дефектності та розміру вибірки, що є важливим фактором при серійному виробництві вимірювальних пристроїв.

3. Запропонована математична модель вибіркового контролю ґрунтується на біноміальному розподілі та дає можливість розраховувати ймовірність прийняття партії виробів для різних значень рівня дефектності. Результати моделювання підтвердили ефективність вибіркового контролю: збільшення вибірки знижує ризик пропуску дефектних виробів, а підвищення рівня дефектності сприяє жорсткішим рішенням щодо відхилення партії.

4. Приклад застосування вибіркового контролю до терморезисторів продемонстрував практичну значущість запропонованої моделі. Показано, що використання вибірових схем контролю забезпечує раціональний баланс між витратами на перевірку та рівнем якості продукції, дозволяючи підвищити ефективність процесів приймання продукції.

5. Подальші завдання у цьому напрямі можуть бути спрямовані на адаптацію методів вибіркового контролю до умов виробництва різних типів контрольно-вимірювальних пристроїв і датчиків. Особливу увагу слід приділити вдосконаленню методології розрахунку параметрів контролю з урахуванням варіативності технологічних процесів і розширенню застосування адаптивних схем вибіркового контролю в умовах змінного рівня дефектності виробів.

Обчислення ймовірності  $L(p)$  для рівнів дефектності  $p$  та кількості вибірок  $n$

Рівень дефектності $p$	$n = 80$	$n = 100$	$n = 125$
0,01 (1 %)	0,953447	0,920627	0,869316
0,02 (2 %)	0,784419	0,676686	0,542519
0,03 (3 %)	0,568123	0,419775	0,272667

## Список літератури

1. Парфенцева Н.О., Голубова Г.В. (2023) Статистичні методи контролю якості як інструмент дослідження даних у пакеті Statistica. *Статистика України*, **100**, 19–26. DOI: [https://doi.org/10.31767/su.1\(100\)2023.01.02](https://doi.org/10.31767/su.1(100)2023.01.02)
2. Буданов П.Ф., Бойко Т.Г., Грінченко Г.С., Нечуйвігер О.П., Цихановська І.В. (2022) Застосування методів кваліметрії для оцінки комплексних показників якості багатопараметричних об'єктів. *Машинобудування*, **30**, 73–84. DOI: <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2022-30-73-84>
3. Світлийшин І.І. (2023) Методичний підхід до оцінювання якості продукції. *Економіка, управління та адміністрування*, **1(103)**, 64–69. DOI: [https://doi.org/10.26642/ema-2023-1\(103\)-64-69](https://doi.org/10.26642/ema-2023-1(103)-64-69)
4. Корецька О.В. (2023) Використання статистичних методів в управлінні якістю продукції. *Проблеми сучасних трансформацій. Серія: економіка та управління*, **8**, 1–5. DOI: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2023-8-10-02>
5. Цибуленко В.О., Воронцов Б.С. (2023) Забезпечення контролю якості для традиційного і адитивного виробництва. *Матеріали науково-технічної конференції «Прогресивна техніка, технологія та інженерна освіта»*, 192–195. DOI: <https://doi.org/10.20535/2409-7160.2023.XXIII.278009>
6. Герасимов С.В., Грідина В.В. (2018) Методика обґрунтування номенклатури параметрів контролю радіотехнічних систем і призначення їх допустимих відхилень. *Системи обробки інформації*, **2(153)**, 159–164. DOI: <https://doi.org/10.30748/soi.2018.153.20>
7. ДСТУ ISO 2859-1:2001 *Статистичний контроль. Вибірковий контроль за альтернативною ознакою. Частина 1. Плани вибіркового контролю, визначені прийнятним рівнем якості для послідовного контролю партій (ISO 2859-1:1999, IDT)*.
8. ДСТУ ISO 2859-5:2009 *Статистичний контроль. Вибірковий контроль за альтернативною ознакою. Частина 5. Система планів послідовного відбирання, індексованих межами прийняття якості (МПЯ) для послідовного вибіркового перевірення партій (ISO 2859-5:2005, IDT)*.
9. ДСТУ ISO 2859-10:2009 *Статистичний контроль. Контроль за альтернативною ознакою вибіркової. Частина 10. Вступ до серії стандартів ISO 2859 щодо відбирання проб за альтернативною ознакою (ISO 2859-10:2006, IDT)*.
10. Непран А.А., Воронкова А.А., Чуйко Н.В. (2023) Використання статистичних методів в управлінні якістю продукції. *Проблеми і перспективи розвитку підприємництва*, **30**, 96–105. DOI: <https://doi.org/10.30977/PPV.2226-8820.2023.30.96>
11. Панкратова О.М. (2021) Підвищення кваліфікації персоналу в сучасних умовах та розвиток тенденцій корпоративних освітніх процесів. *Економіка та суспільство*, **25**, 1–6. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-25-7>

## References

1. Parfentseva, N.O., Holubova, H.V. (2023) Statistical methods for quality control: A tool for data analysis in the statistica package. *Statystyka Ukrainy*, **100**, 19–26 [in Ukrainian]. DOI: [https://doi.org/10.31767/su.1\(100\)2023.01.02](https://doi.org/10.31767/su.1(100)2023.01.02)
2. Hrinchenko, H., Budanov, P., Boyko, T., Nechuyviter, O., Tsykhanovska, I. (2022) Application of qualimetry methods for evaluation of complex quality indicators of multiparameter objects. *Mashynobuduvannia*, **30**, 73–84 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2022-30-73-84>
3. Svitlyshyn, I.I. (2023) Methodological approach to product quality assessment. *Ekonomika, upravlinnia ta administruvannia*, **1(103)**, 64–69 [in Ukrainian]. DOI: [https://doi.org/10.26642/ema-2023-1\(103\)-64-69](https://doi.org/10.26642/ema-2023-1(103)-64-69)
4. Koretska, O. (2023) Using statistical methods of product quality management. *Problemy suchasnykh transformatsii. Serii: ekonomika ta upravlinnia*, **8**, 1–5 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.54929/2786-5738-2023-8-10-02>
5. Tsybulenko, V.O., Vorontsov, B.S. (2023). Quality control for traditional and additive manufacturing. In: *Proceedings of the scientific and technical conference «Advanced engineering, technology and engineering education»*, 192–195 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.20535/2409-7160.2023.XXIII.278009>
6. Herasimov, S.V., Gridina, V.V. (2018) Method justification nomenclature control parameters of radio systems and purpose of their permissible deviations. *Systemy obrobky informatsii*, **2(153)**, 159–164 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.30748/soi.2018.153.20>
7. DSTU ISO 2859-1:2001. *Statistical control. Selective control by an alternative feature. Part 1: Sample control plans determined by the acceptance level of quality for sequential batch control tatystrychnyi kontrol (ISO 2859-1:1999, IDT)* [in Ukrainian].
8. DSTU ISO 2859-5:2009. *Statistical control. Selective control by an alternative feature. Part 5. System of sequential sampling plans indexed by quality acceptance limits (QAL) for sequential sampling of batches (ISO 2859-5:2005, IDT)* [in Ukrainian].
9. DSTU ISO 2859-10:2009. *Statistical control. Selective control of an alternative characteristic. Part 10. Introduction to the ISO 2859 series of standards on sampling for alternative characteristics (ISO 2859-10:2006, IDT)* [in Ukrainian].
10. Nepran, A.A., Voronkova, A.A., Chuiko, N.V. (2023) Writing of statistical methods in managing product quality. *Problemy i perspektyvy rozvytku pidpriemnytstva*, **30**, 96–105 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.30977/PPV.2226-8820.2023.30.96>
11. Pankratova, O.M. (2021) Improvement of staff in modern conditions and development of trends in corporate educational processes. *Ekonomika ta suspilstvo*, **25**, 1–6 [in Ukrainian]. DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-25-7>

## APPLICATION OF SEQUENTIAL SAMPLING INSPECTION FOR QUALITY CONTROL OF MEASURING DEVICES AND SENSORS

M.M. Morozova

National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute». 37 Beresteysky Ave., 03056, Kyiv, Ukraine.

E-mail: m.morozova@kpi.ua

This paper focuses on the implementation of sampling inspection based on the ISO 2859 series of standards. The provisions of these standards defining the methodology for lot quality assessment based on an attribute are analyzed, in particular ISO 2859-5:2005, which regulates sequential sampling plans. The key control parameters are determined, including the acceptance number, rejection number, and operating characteristic function. The research aims to adapt sampling inspection to the specifics of measuring and control devices and sensors, allowing for a reduction in inspection costs while improving decision-making efficiency. A mathematical model of sequential sampling inspection is presented, based on the binomial distribution, enabling an analytical assessment of the lot acceptance probability depending on the defect level and sample size. Calculations for various sample sizes and defect probabilities are performed, allowing for an evaluation of how control parameters affect the lot acceptance probability. As a case study, the inspection of thermistors with a specified nominal resistance tolerance is considered. It is established that increasing the sample size reduces the risk of defective items being accepted, while at an elevated defect level, the lot acceptance probability decreases significantly, demonstrating the effectiveness of sequential sampling inspection. Special attention is given to integrating sampling inspection into quality assurance processes, ensuring its rational application and adjustment based on production conditions. It is shown that the use of statistical inspection methods reduces the number of inspections without compromising quality assessment effectiveness. The necessity of considering production process specifics for the proper implementation of sampling inspection and ensuring its compliance with regulatory requirements is also emphasized. 11 Ref., 1 Tabl.

*Keywords:* sampling inspection plan, sequential sampling procedure, product quality control, measuring device, sensor

Отримано 27.03.25

Отримано у переглянутому вигляді 17.04.25

Прийнято 13.05.25