

УДК [005.31:005.336.3]:[67.02:531.791-002.41]

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4\(35\).142-152](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4(35).142-152)

Н. І. Кім, канд. техн. наук

*Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, Україна**e-mail: kim_ni@mnaui.edu.ua*

Визначення закономірностей оцінок показників якості технологічного процесу на безрозмірній шкалі

В статті визначено головні умови до кількості і якості статистичної інформації для управління якістю технологічного процесу. Показано, що правильність і ефективність вирішення практичних завдань, застосовуючи статистичні методи оцінювання якості, визначається обсягом інформації про функціонування технологічного процесу. Представлено результати дослідження, пов'язані з визначенням закономірностей розподілу оцінок показників якості технологічного процесу на безрозмірній шкалі.

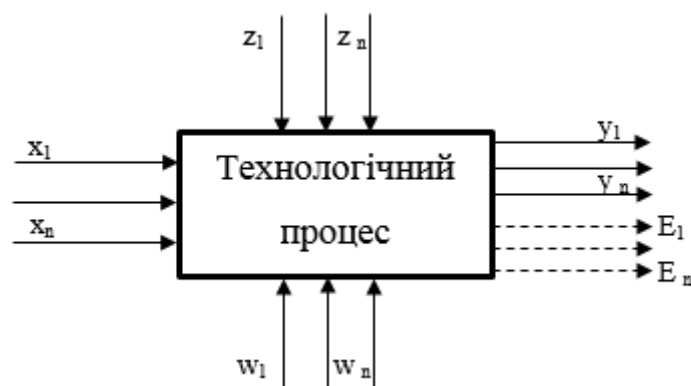
об'єкти кваліметрії, технологічний процес, статистичний аналіз, функції щільності, безрозмірна шкала, узагальнений показник якості

Постановка проблеми. Технологічний процес складає основу будь-якого виробничого процесу, є найважливішою його частиною, пов'язаною з переробкою сировини і перетворенням його в готову продукцію. Якість продукції є найважливішим показником підприємств, які прагнуть розвитку та досягнення успіху в конкуренції серед інших виробників. Особливо дане питання є актуальним для підприємств України, які прагнуть бути конкурентоспроможними на європейському і світовому ринку. Підприємства-лідери світової економіки довели, що для досягнення поставлених високих цілей в області якості продукції або послуг, важливе місце займають розробка і впровадження різних систем управління якістю, які передбачають постійний процес моніторингу, аналізу та постійного управління.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз наукової літератури: Г. П. Клименка, Я. В. Васильченка, М. В. Шаповалова [1], Р. М. Тріща [2], Н.Ю. Микийчук, Т. Г. Бойко, Т. З. Бубела [3], В.В. Ефимова [4] та ін. авторів показав, що проблемам оцінювання якості об'єктів кваліметрії, а саме технологічного процесу приділено велику увагу. Проте не повністю розкрито питання розподілу одиничних показників якості об'єкту кваліметрії на безрозмірній шкалі, що в свою чергу дозволить вирішувати практичні задачі, до яких відноситься визначення ризиків процесів систем управління якістю, або визначення надійності технологічного процесу та ін. Тому необхідно приділити увагу дослідженню закономірності оцінок показників якості технологічного процесу на безрозмірній шкалі.

Постановка завдання. Таким чином, метою статті є дослідження закономірностей оцінок показників якості технологічного процесу на безрозмірній шкалі. Якість виготовлення продукції залежить від якості технологічних процесів, а саме - багатьох факторів технологічного, технічного та організаційного характеру.

Виклад основного матеріалу. Під об'єктом кваліметрії будемо розглядати результат технологічного процесу – виготовлення продукції. Так як продукція – це результат технологічного процесу, розглянемо його основні характеристики.



$X_1 \dots X_n$ – вхідні контролюючі параметри; $Z_1 \dots Z_n$ – управляючі контролюючі фактори;
 $W_1 \dots W_n$ – не контролюючі фактори; $Y_1 \dots Y_n$ – вихідні показники якості;
 $E_1 \dots E_n$ – вихідні економічні показники

Рисунок 1 – Схема функціонування технологічного процесу

Джерело: розроблено автором

Як видно зі схеми рис. 1, технологічний процес являє собою складну систему, поведінку якої необхідно оцінювати, аналізувати, прогнозувати і при необхідності корегувати - керувати нею для забезпечення високої якості продукції [5].

Задані показники якості продукції можна досягти одним з двох принципово відмінних методів - індивідуального виготовлення, як правило це одиничні вироби, де застосовується ручна робота і методи пригонки, а також методом автоматичного отримання готової продукції із заданими параметрами якості на налагодженому устаткуванні. В даній статті будемо розглядати метод автоматичного отримання готової продукції, так як плануємо використовувати статистичні методи для оцінювання якості технологічних процесів.

Метод автоматичного отримання готової продукції на налагодженому устаткуванні характеризується розсіюванням дійсних значень показників їх якості, причиною якого є вплив випадкових і систематичних факторів.

Систематичні фактори, які впливають на розсіювання дійсних значень показників якості – це фактори, пов'язані з неточністю, зносом і деформацією обладнання та інструменту.

Випадковим фактором вважається фактор, який для різних виробів (продукції) даної партії має різні значення, причому його поява не підпорядковується ніякій видимій закономірності. В результаті виникнення випадкових факторів відбувається розсіювання показників якості виробів (продукції), виготовлених при одних і тих умовах. Розсіювання показників якості викликано сукупністю багатьох причин випадкового характеру, які не піддаються точному попередньому визначенню і виявляють свою дію одночасно і незалежно один від одного.

В результаті виникнення випадкових факторів при виготовленні партії виробів на налагодженому устаткуванні істинний показник якості кожного виробу є випадковою величиною і може приймати будь-яке значення в межах певного інтервалу. Для виявлення та аналізу закономірностей розподілу показників якості при їх розсіянні успішно застосовуються методи математичної статистики.

Багато технологічних процесів вимагають застосування сучасних засобів управління, включаючи самоналагоджуючі системи адаптивного і автоматичного управління, що забезпечують оптимальний хід технологічного процесу навіть при випадкових коливаннях характеристик матеріалу і інтенсивності зносу обладнання, а також при температурних, силових та інших показниках [6].

При управлінні якістю в таких умовах застосовується математична статистика в основному для проведення статистичного аналізу. Мета статистичного аналізу полягає в дослідженні властивостей випадкової величини. Експериментальною основою такого дослідження є результати неодноразового вимірювання значень досліджуваної випадкової величини показника якості, які зазвичай розглядаються як випадкова вибірка з генеральної сукупності.

При оцінюванні якості готової продукції з використанням статистичного аналізу в кожному конкретному практичному випадку може вирішуватися ряд завдань, кожне з них включає два етапи: обробку вибірки і прийняття рішення. Іншими словами, будь-яке завдання статистичного аналізу в кінцевому підсумку спрямоване на прийняття рішення. Так як існують умови невизначеності через обмежений обсяг і випадковий характер вибірки, прийняте рішення носить імовірнісний характер.

Завдання, які вирішуються при оцінюванні якості з використанням статистичного аналізу можна розділити на три великих класи – статистичне оцінювання, перевірка статистичних гіпотез і обчислення оцінки функції розподілу. Вони істотно розрізняються як за внутрішнім змістом, так і за методами їх вирішення.

Завдання оцінювання в статистиці завжди спрямоване на обчислення кількісних характеристик випадкової величини за результатами кінцевої вибірки. При оцінюванні зазвичай розрізняють правило оцінювання, яке називається оціночною функцією, і значення, до яких призводить це правило, застосоване до конкретної вибірки.

При перевірці статистичної гіпотези зазвичай ставиться мета визначити за вибіркою властивості випадкової величини або сукупності їх. При цьому властивості можуть виражатися як кількісно, так і якісно, відповідно до цього гіпотеза може носити як кількісний, так і якісний характер [7].

Визначення функції розподілу випадкових величин показників якості об'єктів кваліметрії можна вважати несуттєвим завданням, але тільки в разі необмежених можливостей в отриманні статистичного матеріалу. Дійсно, в такому випадку за допомогою широко відомих методів можна дуже точно оцінювати параметри розподілів і мати невеликі помилки при перевірці гіпотез. Якщо ж необхідно оцінити функцію розподілу випадкових величин, то це нескладно виконується одним з поширених методів, наприклад за допомогою побудови полігону частот або гістограми, але такі підходи побудовані на принципі групування статистичних даних, що вимагає великої кількості статистичної інформації.

На практиці дуже часто доводиться працювати в умовах обмежених обсягів статистичної інформації. Особливо гостро це відчують служби контролю якості підприємств, що мають дрібносерійне виробництво. Таке ж становище існує у виробництві і експлуатації дорогих і високонадійних технічних виробів. Аналогічні приклади можна відшукати в медицині, біології і т. д. При аналізі статистичного матеріалу обмеженого обсягу завдання оцінювання функції розподілу приймає проблематичний характер [8].

Уміння будувати хорошу (в імовірнісному сенсі) оцінку функції розподілу при малих кількостях статистичної інформації дає можливість обчислювати хороші оцінки моментів випадкової величини і більш впевнено, тобто з меншими помилками першого і другого роду, приймати рішення при перевірці статистичних гіпотез.

Особливості та шляхи вирішення задач оцінювання якості продукції як дискретних випадкових величин в умовах малої кількості статистичної інформації полягають в ефективному використанні статистичної інформації обмеженого обсягу. Інформаційний підхід є корисним і результативним при вирішенні завдань статистичного аналізу.

Інформаційний підхід дозволяє оцінити якість статистичного аналізу. Припустимо, що величина I'_N визначає кількість інформації про досліджуване явище, отримане з вибірки обсягу N за допомогою одного методу, а величина I''_N характеризує інший метод. Тоді при співвідношенні $I'_N > I''_N$ завжди можна вважати, що якість аналізу, при якому використовується перший метод, вищий. При оцінюванні, наприклад, щільності розподілу потрібно розглядати якість оцінки $f^*(x)$, обчисленої за результатами кінцевої вибірки, визначаючи його аналогічним чином [9].

Оцінка являється ефективною, якщо вона володіє мінімальною дисперсією відхилень від оцінюваного показника якості. Якість оцінки цілком визначається вибірковою розподілом [10]. При визначенні якості з інформаційних позицій, щільністю вибіркового розподілу є функція $\varphi_N(H)$, яка дійсно цілком визначає якість оцінки $f^*(x)$. Наприклад, якість оцінки, що має щільність $\varphi_N(H)$ виду 1, вище ніж для оцінки з щільністю виду 2 (рис. 2) [9], так як має меншу дисперсією. Але дисперсія є міра розкиду випадкової величини $f^*(x)$ і є однією з характеристик вибіркового розподілу $\varphi_N(H)$.

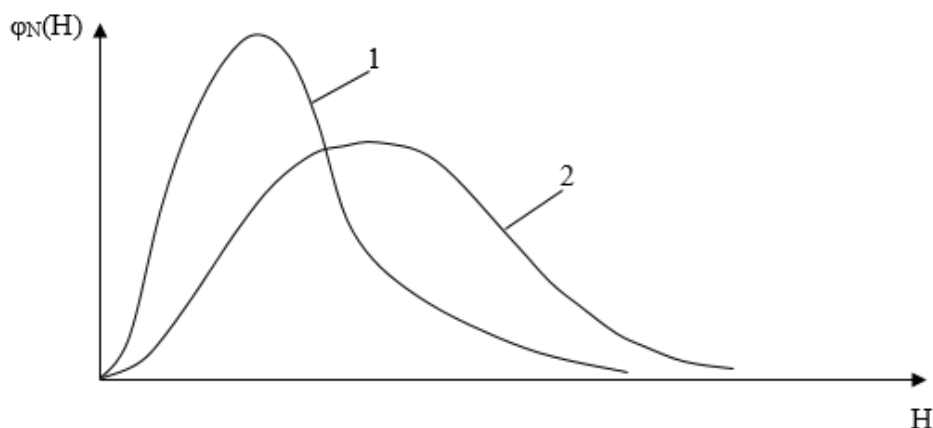


Рисунок 2 – Щільності вибіркового розподілу

Джерело: розроблено автором

Рівень якості оцінки, визначений за інформаційним критерієм, збігається з рівнем ефективності оцінки. Але дисперсія в повному обсязі визначає щільність $\varphi_N(H)$ і, отже, не може повністю характеризувати якість оцінки, а задає тільки його частину. Можна стверджувати, що мінімум дисперсії служить необхідною, але не достатньою умовою високої якості оцінки. Необхідною і достатньою умовою високої якості оцінки, як видно з рис. 2, є мінімум математичного очікування величини $f^*(x)$ при мінімальній дисперсії.

Оцінити якість абсолютно не представляється можливим, тому що для цієї мети необхідно було б знати кількість інформації, що міститься у вибірці обсягу N . Визначення цієї величини в даний час не може бути отримано об'єктивно. В будь-якому випадку суб'єктивність методу буде накладати свій відбиток.

Для дослідження завдання оцінювання функції розподілу і її щільності визначимо функціонал в наступному вигляді:

$$H_N = \int_U f^*(x) \ln \frac{f^*(x)}{f(x)} dx. \quad (1)$$

Таким чином, ми маємо право назвати величину H_N умовною апостеріорною ентропією, яка залишається після обробки результатів вибірки, тобто після знаходження оцінки $f^*(x)$. Умовна ентропія, яка існує до побудови оцінки $f^*(x)$,

обчислюється аналогічно:

$$H_0 = \int_U f_0(x) \ln \frac{f_0(x)}{f(x)} dx. \quad (2)$$

Для обчислення величини H_0 необхідно мати щільність $f_0(x)$. Тоді величина умовної інформації, що береться з вибірки обсягу N шляхом обчислення оцінки $f^*(x)$, може бути представлена зазвичай як різниця апіорної і апостеріорної умовних ентропій:

$$I_N = H_0 - H_N. \quad (3)$$

Очевидно, що міру I_N можна вважати точною характеристикою якості статистичного аналізу, хоча вона і відображає кількість умовної інформації, отриманої з вибірки при аналізі. При обчисленні I_N за формулою (3) з урахуванням (1) і (2) отримаємо випадкове вибірконе значення, безпосередньо за яким не можна зробити певного висновку щодо якості аналізу. Достовірне судження можна формулювати тільки за величинами, які мають достатню стійкість. До таких величин відносяться вибіркві оцінки моментів випадкової величини. Тому при оцінюванні функції розподілу і її щільності, для визначення якості оцінювання, будемо використовувати математичне сподівання $M[I_N]$ і дисперсію $D[I_N]$ величини I_N . При цьому необхідною і достатньою умовою більш високої якості оцінювання, як і раніше, будемо вважати мінімум математичного сподівання $M[I_N]$ при мінімальній дисперсії $D[I_N]$.

В умовах обмеженої інформації зазвичай оперують малою вибіркою, під якою розуміється мале число спостережень над випадковою величиною, що описує досліджуване явище. Але таке формулювання відносно і не завжди визначає межу між малою та великою вибіркою. Розрізняти великі і малі вибірки необхідно, але чіткої межі між ними встановити не можна. Вибірка, взята з сукупності з невеликим розкидом ознак, може вважатися великою, тоді як вибірка такого ж обсягу, взята з більш різномірної сукупності, виявиться меншою. Питання про те, до якої категорії віднести вибірку, вирішується в кожному конкретному випадку.

Важливо мати на увазі, що до великих вибірок можна застосовувати апарат теорії малих вибірок, тоді як зворотне призводить до значних помилок. У сумнівних випадках для отримання надійних результатів рекомендується користуватися апаратом малих вибірок. У великих вибірках середні значення контрольованих величин тісніше групуються біля генеральної середньої, що дозволяє отримувати більш точні і надійні результати, тоді як в малих вибірках доводиться задовольнятися більш широкими межами для середніх або меншою вірогідністю результатів. Проте теорія малих вибірок [11] знайшла в практиці широке застосування.

Якщо немає можливості точно оцінити кількість інформації, з якою має справу статистик, то це необхідно зробити хоча б наближено. У багатьох методах статистичної обробки вибірки використовується ідея угруповання даних (гістограма, критерій χ^2 і т. д.). При аналізі вибірок значного обсягу з використанням цих методів зазвичай вдається отримати задовільний результат. Але групування спостережень викликає зазвичай зменшення інформації, яка отримується з вибірки.

Таким чином, вибірку можна вважати малою, якщо при її обробці методами, заснованими на угрупованні спостережень, можна вирішити завдання з необхідною точністю і достовірністю результату. У цьому визначенні сконцентровані всі основні положення, розглянуті нами. З нього випливає, що вибірку можна вважати великою, якщо при її обробці є можливість перейти до угруповання спостережень без відчутної втрати інформації. При цьому повинні досягатися задані точність і достовірність. Межу, що розділяє великі і малі вибірки, не можна, розуміти як точку в ряду цілих

чисел. Але найістотнішим, що впливає з визначення малої вибірки, і на чому вже наголошувалося, є необхідність при обробці малої вибірки індивідуального підходу до кожної окремої реалізації.

Правильність і ефективність вирішення практичних завдань визначається обсягом інформації про функціонування технологічного процесу, яку можна розділити на консервативну і оперативну. До консервативної інформації відноситься знання закону розподілу і знаходження ефективних статистичних оцінок його параметрів, а до оперативної – обсяг вибірки. Під інформацією, в даному випадку, будимо розуміти відображення випадкової вибірки досліджуваного явища, тому можна сказати, що при статистичному аналізі відбувається вилучення інформації з вибірки.

Розглянемо інформаційне забезпечення процесу управління якістю статистичними методами. Об'єм оперативної інформації - обсягу вибірки з генеральної сукупності, може бути знайдений з інформаційної моделі:

$$D(X) \geq \frac{1}{I(X)}, \quad (4)$$

де $I(X)$ – кількість інформації щодо параметра X , яка складається з кількості консервативної інформації $I_K(X)$ та кількості оперативної інформації n .

З нерівності (4) видно, що зменшення дисперсії вимагає збільшення кількості інформації. Для цього необхідно розробити методи отримання більшого обсягу необхідної інформації без збільшення обсягу контрольної вибірки. Іншими словами, для використання статистичних методів управління якістю, необхідно знання закону розподілу і його ефективних статистичних оцінок. Чим точніше знайдена функція щільності розподілу, і чим ефективніше статистичні оцінки, тим менше необхідний обсяг вибірки.

В результаті були отримані 5 функцій, за допомогою яких можна було отримувати оцінки показників якості процесів на безрозмірній шкалі.

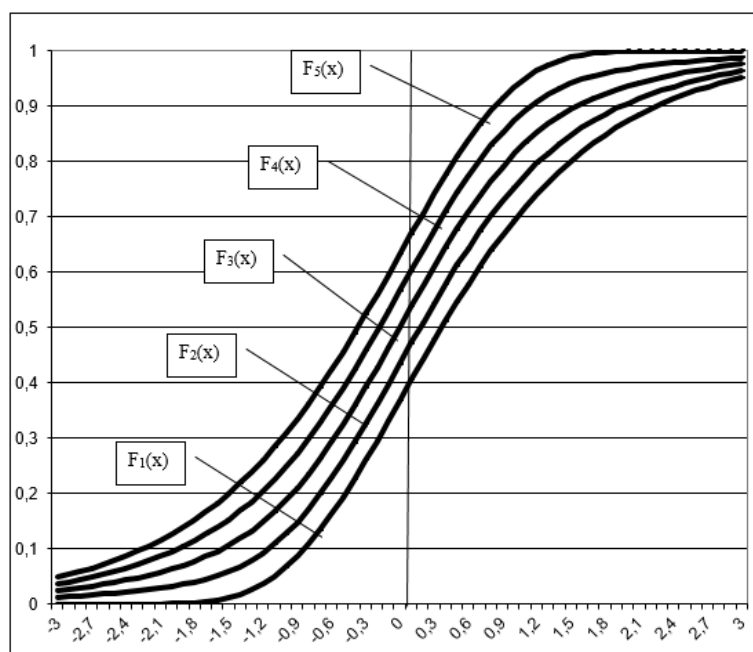


Рисунок 3 – Система залежностей показників якості та їх оцінками на безрозмірній шкалі
Джерело: розроблено автором

З (рис 3) видно, що один і той же процес може бути оцінений по п'яти залежностям і, не дивлячись на те, що вони мають подібний вигляд, вони дають різні оцінки. В такому разі можна зробити висновок, що їх можна застосовувати для оцінки якості об'єктів різної природи, якщо до них ставляться різні вимоги. Тобто, один і той показник якості може мати п'ять значень його оцінок на безрозмірній шкалі. Мається на увазі, що це дає можливість вибору, чи зробити оцінку жорсткою, чи послабити її.

У даній статті представлено дослідження функцій щільності випадкових величин оцінок показників якості об'єктів кваліметрії на безрозмірній шкалі та визначення імовірності їх попадання в заданий інтервал оцінювання.

Нехай випадкова величина X підпорядкована нормальному закону розподілу та пов'язана з випадковою величиною Y залежністю:

$$F(x) = y = \frac{1}{1 + ab^{-kx}} \quad (5)$$

Знайдемо щільність ймовірностей випадкової величини Y . Як відомо, рівняння знаходження функції щільності ймовірностей $q(y)$ випадкової величини Y має вигляд:

$$q(y) = f(\psi(y))|\psi'(y)|, \quad (6)$$

де $f(x)$ – щільність ймовірностей випадкової величини X ;

$\psi(y)$ – обернена функція до $y = \varphi(x)$.

Якщо відома функція щільності ймовірностей $q(y)$ для випадкової величини Y , то можна розв'язати ряд практичних задач, зокрема знайти ймовірність того, що значення випадкової величини Y попадає в деякий проміжок (c, d) :

$$P(c < y < d) = \int_c^d f(y) dy = F(d) - F(c), \quad (7)$$

де $F(y)$ – функція розподілу випадкової величини Y .

Розглянемо деяку задачу, в якій: $Q_{\min} = -10$; $Q_{\max} = 10$; $k = 1$; $m_x = 0$; $\sigma_x = 1$. Тоді $a = 3.164$; $b = 2.239$

Знайдемо імовірність того, що значення випадкової величини Y попадуть в проміжок (c, d) . Для цього необхідно обчислити інтеграл:

$$P(c < y < d) = \int_c^d f(y) dy. \quad (8)$$

В результаті розрахунків отримали результати, представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Імовірності попадання значення випадкової величини у проміжок $(c - d)$.

Інтервал (c - d)	0,1-1	0,2 - 1	0,3 - 1	0,4 - 1	0,5 - 1	0,6 - 1	0,7 - 1	0,8 - 1	0,9 - 1
Імовірність	0,903	0,614	0,353	0,177	0,076	0,027	0,006	0,003	0,001

Джерело: розроблено автором

Отже, знаючи закон розподілу одиничних показників якості об'єкту кваліметрії та знаючи залежність з їх оцінками на безрозмірній шкалі, можна вирішувати практичні задачі з визначення імовірності попадання оцінок показників якості в заданий інтервал. Вирішення таких задач актуально при визначенні ризиків процесів систем управління якістю, чи визначенні надійності технологічного процесу та ін.

Для апробації запропонованої методики оцінювання якості об'єктів кваліметрії різної природи, а саме технологічного процесу пропонується її застосувати для дослідження багатомірного контролю якості технологічного процесу виготовлення

рослинної олії

Згідно вимог міжнародних стандартів ДСТУ ISO 9001:2015 [70], де указано, що оцінювання системи управління якістю (СУЯ) в цілому повинна здійснюватись з урахуванням оцінок окремих процесів [65]:

– п. 4.1 – вказує на необхідність здійснення моніторингу та вимірювання процесів;

– п. 5.4.2 – висуває вимоги до планування, яке повинно забезпечувати цілісність СУЯ;

– п. 5.5.2 – містить вимоги до діяльності представника у сфері якості, який повинен надавати найвищому керівництву інформацію про функціонування окремих процесів та СУЯ в цілому;

– п. 5.6.2 – потребує здійснення аналізування з боку керівництва за результатами функціонування окремих процесів та СУЯ в цілому;

– п. 8 – вимагає проведення моніторингу та вимірювання процесів і здійснення внутрішніх аудитів для встановлення чи відповідає СУЯ запланованим заходам.

Отже процеси необхідно оцінювати і пропонується застосовувати розроблену методикку для оцінювання якості процесів на прикладі процесу виготовлення рослинної олії. Нехай вимоги до якості процесу виготовлення рослинної олії на підприємстві установлені нормативними документами і зведені у таблицю 2, у якій встановлено максимальне, мінімальне та оптимальне значення одиничних значень показників якості процесу.

Згідно із запропонованою методикою необхідно установленими методами та приладами отримати виміряні значення показників якості процесу та занести результати у таблицю 2.

Групою експертів, в залежності від важливості показника якості визначаються параметри форми k для кожного із показників якості та заносяться у табл. 2.

За формулою 9 визначається оцінка одиничного показника якості на безрозмірній шкалі та заноситься у таблицю 2.

$$f(q) = \frac{1}{1 + ab^{-kq}}, \quad (9)$$

Узагальнену оцінку якості можна знаходити за формулою:

$$W = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n Q_i}, \quad (10)$$

де Q_i – значення i -ого показника якості на безрозмірній шкалі.

Також для визначення узагальненого показника якості можна рекомендувати оцінку в іншій формі, так, наприклад, визначати W за формулою середньої гармонійної, так як середнє геометричне позитивних величин більше або дорівнює їх середньої гармонійної.

$$\frac{1}{W} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{Q_i}, \quad (11)$$

де Q_i – одинична оцінка i -ого показника якості, обчислена за формулою (1).

Ще одну узагальнену оцінку якості W можна запропонувати як середнє арифметичне одиничних оцінок Q_i , що визначаються за формулою (1), так як середнє арифметичне більше середнього геометричного і середнього гармонійного:

$$W = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i. \quad (12)$$

Вибираючи метод отримання узагальненого показника якості можна понижувати або підвищувати вимоги до оцінювання якості об'єкту.

За однією із формул (10) – (12) визначається узагальнений показник якості однієї реалізації процесу. Згідно результатів оцінювання якості процесу, представлених у таблиці 2 отримали такі результати узагальненого показника якості однієї реалізації: $Q = 0,87$.

Таблиця 2 – Значення показників якості процесу механічної обробки.

№	Показник якості	q_{\max}	q_{\min}	$q_{\text{опт}}$	q_i	k	Q
1	Шум, дБ	140	40	40	60	1	0,95
2	Вібрація, м/с ²	1,5	0,1	0,1	0,15	1	0,92
3	Середній час, хв.	0,6	0,4	0,5	0,5	1	1
4	Рівень готової продукції, %	100	90	100	96	1	0,64
5	Рівень дисципліни на робочому місці, бали	5	0	5	4	1	0,92
	Узагальнений показник						0,87

Джерело: розроблено автором

Таким чином, отримане значення узагальненого показника якості дає підстави власнику процесу чи керівництву підприємства приймати рішення стосовно подальших дій з управління процесом. Зазначимо, що запропонований метод спрощує процес аналізування причин, які викликали зниження рівня якості процесу, оскільки з розрахунку видно, якому фактору слід приділити більшої уваги.

Висновки. В результаті проведеного дослідження визначено головні умови до кількості і якості статистичної інформації. Показано, що правильність і ефективність вирішення практичних завдань, застосовуючи статистичні методи оцінювання якості, визначається обсягом інформації про функціонування технологічного процесу, яку можна розділити на консервативну і оперативну. До консервативної інформації відноситься знання закону розподілу і знаходження ефективних статистичних оцінок його параметрів, а до оперативної – обсяг вибірки.

Запропоновано функції щільності законів розподілу випадкових величин оцінок показників якості на безрозмірній шкалі. Так як запропонована математична залежність (5) не лінійна, то функції щільності оцінок не співпадають з функціями щільності показників якості.

Знаючи функції щільності можна визначити імовірності попадання випадкової величини оцінки показника якості в різні інтервали на безрозмірній шкалі. Так, при заданих умовах, імовірність попадання в інтервал 0,1 – 1 становить 0,903, а в інтервал 0,4 – 1 становить 0,177, що доказує нерівномірність щільності розподілу.

Отримане значення узагальненого показника якості дає підстави власнику процесу чи керівництву підприємства приймати рішення стосовно подальших дій з управління процесом. Зазначимо, що запропонований метод спрощує процес аналізування причин, які викликали зниження рівня якості процесу, оскільки з розрахунку видно, якому фактору слід приділити більшої уваги.

Список літератури

1. Клименко Г. П., Васильченко Я. В., Шаповалов М. В. Якість і надійність технологічних систем. Краматорськ : ДДМА, 2018. 200 с.
2. Трищ Р. М. Точечная и интервальная оценки качества изделий. *Вісник НТУ «ХПИ». Збірник наукових праць. НТУ «ХПИ»*. 2006. Вип. 27. С. 96-102.
3. Микійчук М. М., Бойко Т. Г., Бубела Т. З. Параметрична модель для оцінювання якості

- технологічних процесів. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Автоматика, вимірювання та керування*. 2007. Вип. 574. С. 89–93.
4. Ефимов, В.В., Барт Т.В. Статистические методы в управлении качеством продукции: учебное пособие. М. : КноРус, 2006. 233 с.
 5. Болотніков А.О. Стандартизація та сертифікація товарів і послуг. К. : МАУП, 2005. 144 с.
 6. Трищ Р.М., Слитюк Е.А. Обобщённая точечная и интервальная оценки качества изготовления детали ДВС. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2006. №1. С. 63-67.
 7. Сотниченко В. Тенденції якості у новому тисячолітті. *Стандартизація, сертифікація, якість*. 2000. №4. С. 48–51.
 8. Ким Н.И., Денисенко А.Н., Трищ А.Р. Квалиметрический подход к оцениванию качества объектов различной природы статистическими методами. *Збірник наукових праць «Системи управління, навігації та зв'язку» Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. Метрологія та вимірювальна техніка*. 2017. Вип. 4(44). С. 56 -59.
 9. Трищ Р. М., Ким Н. И. Закономерности рассеивания безразмерных показателей качества объектов различной природы. *Збірник наукових праць «Системи управління, навігації та зв'язку» Полтавського національного технічного університету імені Юрія Кондратюка. Метрологія та вимірювальна техніка*. 2016. №4. С. 143-145.
 10. Trisch R., Gorbenko E., Dotsenko N., Kim N., Kiporenko A. Development of qualimetric approaches to the processes of quality management system at enterprises according to international standards of the ISO 9000 series. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2016. 4(3(82)). P. 18–24.
 11. Rebelo M. F., Santos G., Silva R. Integration of management systems: towards a sustained success and development of organizations. *Journal of Cleaner Production*. 2016. Vol. 127. P. 96–111.

References

1. Klymenko H. P., Vasylychenko Ya. V. & Shapovalov M. V. (2018). *Yakist i nadiinist tekhnolohichnykh system [Quality and reliability of technological systems]*. Kramatorsk : DDMA [in Ukrainian].
2. Trishch R. M. (2006). Tochechnaia i intervalnaia otsenki kachestva izdelii [Point and interval assessment of product quality]. *Visnyk NTU «KhPI». Zbirnyk naukovykh prats. NTU «KhPI», 27, 96-102* [in Russian].
3. Mykyichuk M. M., Boiko T. H. & Bubela T. Z. (2007). Parametrychna model dlya otsiniuvannia yakosti tekhnolohichnykh protsesiv [Parametric model for assessing the quality of technological processes]. *Visnyk Natsionalnogo universytetu «Lvivska politekhnika». Avtomatyka, vymiriuvannia ta keruvannia, 574, 89–93* [in Ukrainian].
4. Efimov, V.V. & Bart T.V. (2006). *Statisticheskie metody v upravlenii kachestvom produktsii [Statistical methods in product quality management]*. М. : KnoРус [in Russian].
5. Bolotnikov A.O. (2005). *Standartyzatsiia ta sertyfikatsiia tovariv i poslug [Standardization and certification of goods and services]*. Kiev : MAUP [in Ukrainian].
6. Trishch R.M. & Slitiuk E.A. (2006). Obobshchennaia tochechnaia i intervalnaia otsenki kachestva izhotovleniia detali DVS [Generalized point and interval estimates of the quality of manufacturing an ICE part]. *Vostochno-Evropeskii zhurnal peredovykh tekhnologii, Vol. 1, 63-67* [in Russian].
7. Sotnychenko V. (2000). Tendentsii yakosti u novomu tysiacholitti [Quality trends in the new millennium]. *Standartyzatsiia, sertyfikatsiia, yakist, 4, 48–51* [in Ukrainian].
8. Kim N.I., Denisenko A.N. & Trishch A.R. (2017). Kvalimetricheskii podkhod k otsenivanniu kachestva obektov razlichnoi prirody statisticheskimi metodami [Qualimetric approach to assessing the quality of objects of various nature by statistical methods]. *Zbirnyk naukovykh prats «Systemy upravlinnia, navigatsii ta zviazku» Poltavskogo natsionalnogo tekhnichnogo universytetu imeni Yuriia Kondratiuka. Metrologiia ta vymiriuvanna tekhnika, 4(44), 56 -59* [in Russian].
9. Trishch R. M. & Kim N. I. (2016). Zakonomernosti rasseivanniia bezrazmernykh pokazatelei kachestva obektov razlichnoi prirody [Regularities of scattering of dimensionless quality indicators of objects of various nature]. *Zbirnyk naukovykh prats «Systemy upravlinnia, navigatsii ta zviazku» Poltavskogo natsionalnogo tekhnichnogo universytetu imeni Yuriia Kondratiuka. Metrologiia ta vymiriuvanna tekhnika, 4, 143-145* [in Russian].
10. Trisch R., Gorbenko E., Dotsenko N., Kim N. & Kiporenko A. (2016). Development of qualimetric approaches to the processes of quality management system at enterprises according to international standards of the ISO 9000 series. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(3(82)), 18–24* [in English].
11. Rebelo M. F., Santos G. & Silva R. (2016). Integration of management systems: towards a sustained success and development of organizations. *Journal of Cleaner Production, Vol. 127, 96–111* [in English].

Nataliia Kim, PhD tech. sci.

Mykolayiv National Agrarian University, Mykolaiv, Ukraine

Determining of Regularities of Evaluations of Technological Process Quality Indicators on a Sizeless Scale

The purpose of the article is to study the patterns of evaluation of quality indicators of the technological process on a sizeless scale. The quality of production depends on the quality of technological processes, namely - many factors of technological, technical and organizational nature.

The technological process is the basis of any production process, is the most important part of it, associated with the processing of raw materials and its transformation into finished products. Product quality is the most important indicator of companies seeking to develop and succeed in competition among other manufacturers. This issue is especially relevant for Ukrainian companies seeking to be competitive in the European and world markets.

To manage the quality of the object often have to use statistical methods of evaluation and management, where, as basic information you need to know not the law of distribution of quality in its units, and know the law of distribution of their assessments on a sizeless scale, therefore, research related to determining the patterns of distribution of assessments of quality indicators of the technological process on a sizeless scale. Knowing the law of distribution of unit quality indicators of the object of qualimetry and knowing the dependence with their estimates on a sizeless scale, it is possible to solve practical problems to determine the probability of getting estimates of quality indicators in a given interval. The solution of such problems is relevant in determining the risks of the processes of quality management systems, or determining the reliability of the technological process and other indicators.

As a result of the study, the main conditions for the quantity and quality of statistical information were identified. It is shown that the correctness and efficiency of solving practical problems, using statistical methods of quality assessment, is determined by the amount of information about the functioning of the technological process, which can be divided into conservative and operational. Conservative information includes knowledge of the distribution law and finding effective statistical estimates of its parameters, and operational - the sample size.

qualimetry objects, technological process, statistical analysis, density function, sizeless scale, generalized quality indicator

Одержано (Received) 06.04.2021

Прорецензовано (Reviewed) 14.04.2021

Прийнято до друку (Approved) 26.04.2021