

О. Черняк, Л. Фатєєва, М. Яковлев, Т. Рибальченко, Д. Зась, В. Кузнєцов

## ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ БЕЗПЕКОЮ ПРАЦІ ВІДПОВІДНО ДО ВИМОГ МІЖНАРОДНОГО СТАНДАРТУ ISO 45001:2018 НА ЕТАПІ ФУНКЦІОНУВАННЯ

**Предметом дослідження** є оцінювання якості системи управління безпекою праці. **Мета роботи** – розроблення методики оцінювання системи управління безпекою праці на етапі функціонування. У статті розв’язуються такі **завдання**: дослідити можливість застосування методів аналізу динамічних характеристик системи управління безпекою праці та розробити алгоритми й методики використання критеріїв непараметричних статистик. Упроваджені **методи**: кваліметрія та математична статистика. **Досягнуті результати**. Проаналізовано вимоги міжнародного стандарту ISO 45001:2018 з метою визначення необхідності проведення моніторингу, вимірювання та аналізу функціонування системи управління безпекою праці, унаслідок якого з’ясовано, що ефективність розроблення та впровадження системи управління безпекою праці залежить від методології оцінювання. Проаналізовано наявні дослідження та публікації з питань оцінювання процесів, зокрема пов’язаних з безпекою праці. Розглянуто методи оцінювання математичних систем оброблення та контролю за грубими помилками та стаціонарністю, що є ключовими для аналізу процесів управління безпекою праці. Детально описано непараметричні критерії для перевірки стаціонарності випадкових процесів. Порівняно послідовності середніх значень і середніх квадратів з очікуваними значеннями, щоб з’ясувати, чи виправдані відхилення гіпотези про стаціонарність. Визначено доцільність застосування цих методів для аналізу систем управління безпекою праці. Проаналізовано динамічний характер процесів і важливість моніторингу та аналізу інформації для забезпечення ефективних практик управління безпекою праці. **Висновки**. Обґрунтовано застосування методів аналізу динамічних характеристик системи управління безпекою праці та розроблено алгоритми й методики використання критеріїв непараметричних статистик, що дають змогу отримати оцінку системи, зважаючи на обмеженість інформації про її показники та відсутність знань закону розподілу їх як випадкової величини.

**Ключові слова**: оцінювання; кваліметрія; узагальнений показник; шкідливі та небезпечні чинники; статистичні методи; система управління безпекою праці.

### Вступ

Оскільки система – це комплекс взаємодіючих елементів, а система управління безпекою праці – це комплекс взаємодіючих процесів, тому пропонується оцінювати систему управління безпекою праці способом оцінювання комплексу взаємозалежних процесів. Для відповідності до вимог міжнародного стандарту [1] щодо проведення моніторингу вимірювання та оцінювання процесів у сфері безпеки та гігієни праці необхідно створити систему вимірювання та постійного контролю якості цих процесів. Під якістю процесів розуміємо показники результатів вимірювання шкідливих і небезпечних чинників. Наступним етапом необхідно об’єднати оцінки різних чинників в один масив інформації та спробувати оцінити його як одне ціле. Така процедура дозволить збільшити кількість інформації про оцінки якості системи як сукупність процесів завдяки об’єднанню всіх оцінок показників шкідливих та небезпечних чинників в один масив.

Унаслідок цього можна більш об’єктивно та надійно оцінити систему загалом.

Управління безпекою праці на будь-якому підприємстві відбувається із взаємодією людини та складних технічних систем, що призводить до виникнення ситуацій, які потребують ефективних принципів та підходів до їх вирішення. Одним із таких принципів є аналіз ризиків, що полягає у виявленні, оцінюванні та усуненні можливих небезпечних чинників, які можуть спричинити нещасні випадки, професійні захворювання або матеріальні збитки.

З розвитком теорії ймовірностей та математичної статистики статистичні методи застосовуються для виконання різноманітних практичних завдань, що можна подати у вигляді основних груп: статистичний аналіз точності та стабільності процесів; статистичне регулювання процесів; статистичний приймальний контроль; статистичні методи оцінювання якості; статистичне прогнозування якості процесів і продукції.

Виконання окреслених завдань можливе за допомогою двох груп методів – параметричних і непараметричних статистик. Непараметричні статистики не вимагають знання закону розподілу випадкової величини, а використовують лише вибіркові значення з генеральної сукупності. Їх недолік полягає в тому, що вони потребують великого обсягу статистичних показників (великої вибірки), але основною перевагою є їх здатність вирішувати практичні завдання без знань закону розподілу випадкових величин показників якості. Параметричні статистики завжди потребують значної кількості статистичної інформації та припущення знання закону розподілу випадкових величин показників якості. Тому, залежно від цих двох факторів, визначається група методів для ефективного виконання практичних завдань управління якістю.

Для кількісного оцінювання системи управління безпекою праці необхідно:

- розробити процедуру збору та підготовки інформації про показники шкідливих і небезпечних чинників;
- визначити форми та методи аналізу інформації про показники шкідливих і небезпечних чинників;
- обґрунтувати критерії для оцінювання системи та розробити відповідні методики.

#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Стандарт ISO 45001:2018 "Системи управління охороною здоров'я та безпекою праці. Вимоги та настанови щодо застосування" висуває вимоги до системи управління охороною здоров'я та безпекою праці (ОЗіБП), а також містить настанови щодо їх використання, щоб дати змогу організації створити безпечні та здорові умови праці на робочому місці, запобігаючи травмам і погіршенню стану здоров'я, що пов'язані з виробництвом, та активно вдосконалюючи свої показники діяльності у сфері ОЗіБП [1].

Для ефективного вирішення питань забезпечення безпеки праці на підприємстві необхідно, щоб були розроблені та науково обґрунтовані методики та процедури оцінювання безпеки праці. Вони мають бути уніфіковані та мати статус нормативного документа. Аналіз вимог ISO 45001:2018 підтверджує необхідність оцінювати стан безпеки праці. Так, наприклад, у розділах стандарту містяться певні положення.

– *Розділ 6.1.2.2.* Методологія та критерії для оцінювання ризиків у галузі ОЗіБП мають бути

визначені організацією, зважаючи на їх сфери дії, характер та вчасність. Документована інформація, пов'язана з цими методами та критеріями, має керуватися та зберігатися.

– *Розділ 9.1.1.* Щоб забезпечувати досягнення очікуваних результатів системи управління ОЗіБП, необхідно здійснювати моніторинг, вимірювання та аналіз процесів. Організація має оцінювати показники в галузі ОЗіБП та визначати результативність системи управління ОЗіБП. Необхідно, щоб організація визначала методи моніторингу, вимірювання, аналізу та оцінювання показників, наскільки це застосовне, щоб гарантувати придатні результати та критерії, відповідно до яких організація оцінюватиме показники в галузі ОЗіБП [1].

На практиці оцінювання умов праці зводиться до ідентифікації шкідливих та небезпечних чинників, пов'язаних із трудовою діяльністю, та встановлення кількісного ступеня ризику порушення здоров'я працівника. Для належного прогнозування та мінімізації шкідливих і небезпечних чинників необхідно їх оцінювати, а оцінки повинні мати кількісний вираз.

Методи кваліметрії впроваджують для отримання кількісних показників якості різних об'єктів [2–5], зокрема системи шкідливих виробничих чинників, які можуть вплинути на здоров'я та життя працівників. Кваліметрія є наукою, що вивчає методологію кількісного оцінювання якості об'єктів і процесів різної природи [6–9]. Розглянемо систему шкідливих та небезпечних виробничих чинників як об'єкт кваліметрії.

Для того, щоб обрати той чи інший метод кваліметрії для оцінювання системи управління безпекою праці, необхідно розглянути її особливості. Важливою ознакою системи управління безпекою праці є те, що вона характеризується багатьма показниками шкідливих і небезпечних чинників, які мають різномірні та різнорозмірні шкали. Тому одне із завдань кваліметрії – оцінювання різнорозмірних показників шкідливих і небезпечних чинників за єдиною безрозмірною шкалою, що дасть змогу надалі отримувати комплексний чи узагальнений показники.

У роботі [3] для перетворення різномірних одиничних показників шкідливих чинників у безрозмірну шкалу запропоновано використовувати експоненціальний розподіл з теорії екстремальних статистик. У дослідженні [10] автори використовували систему з десяти математичних залежностей між окремими різнорозмірними показниками шкідливих

чинників та їх оцінками на безрозмірній шкалі від 0 до 1. Це дало змогу отримати кількісну безрозмірну оцінку безпеки умов праці на виробництві. Для визначення параметра форми математичних залежностей упроваджувався метод аналізу ієрархій, оснований на порівнянні чинників, щоб приймати рішення щодо оцінки безпеки та гігієни праці за однією з десяти залежностей. Розроблена методика була апробована на підприємстві, і результати підтвердили, що з її допомогою можна отримати кількісну оцінку безпеки умов праці на виробництві.

У дослідженні [11] пропонується використовувати функцію помилки (*erf*) для отримання оцінок небезпечних чинників на безрозмірній шкалі. Застосовуючи функцію щільності розподілу випадкових величин шкідливих чинників, автори розробили функцію щільності їх оцінок на безрозмірній шкалі та отримали функціонально залежні статистики, які дозволяють визначити ризик потрапляння оцінки в інтервал небезпечної оцінки. Науковці в роботі [12] для визначення комплексного показника шкідливого виробничого чинника рекомендують застосовувати метод інтегрування, тобто знаходження площі під ламаною поверхнею, отриманою внаслідок з'єднання точок на площині системи координат  $XOY$ . Автори використовують квадратурні формули

з методом середніх прямокутників і пропонують алгоритм визначення комплексного показника безпеки праці шляхом інтегрування.

У проаналізованих дослідженнях визначено основу для поліпшення системи управління безпекою праці на підприємстві.

**Мета роботи** – розробити методику оцінювання системи управління безпекою праці на етапі функціонування.

### Розв'язання завдання

Розглянуті наявні методики використовуються для оцінювання показників шкідливих і небезпечних чинників у певний момент часу. Але стандарт ISO 45001:2018 [1] вимагає, щоб організація постійно і з установленою періодичністю оцінювала показники шкідливих і небезпечних чинників та системи управління повністю.

На першому етапі пропонується виміряти показники шкідливих і небезпечних чинників протягом певного періоду та отримати часовий ряд  $m$  оцінок показників шкідливих і небезпечних чинників. Якщо таких чинників декілька ( $n$ ), тоді отримаємо серію –  $n$  таких часових рядів (рис. 1).

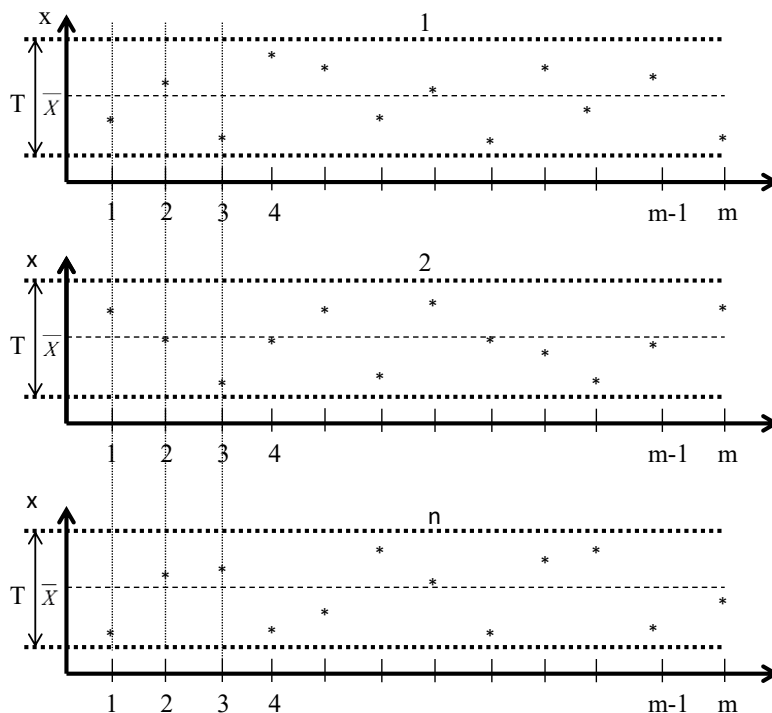


Рис. 1. Оцінки  $n$  шкідливих і небезпечних чинників протягом однакового часового інтервалу  $m$

На наступному етапі для оцінювання системи управління безпекою праці необхідно об'єднати показники шкідливих і небезпечних чинників в один масив і отримаємо  $m$  оцінок показників шкідливих і

небезпечних чинників, які в сукупності характеризують систему управління безпекою праці протягом певного проміжку часу (рис. 2).

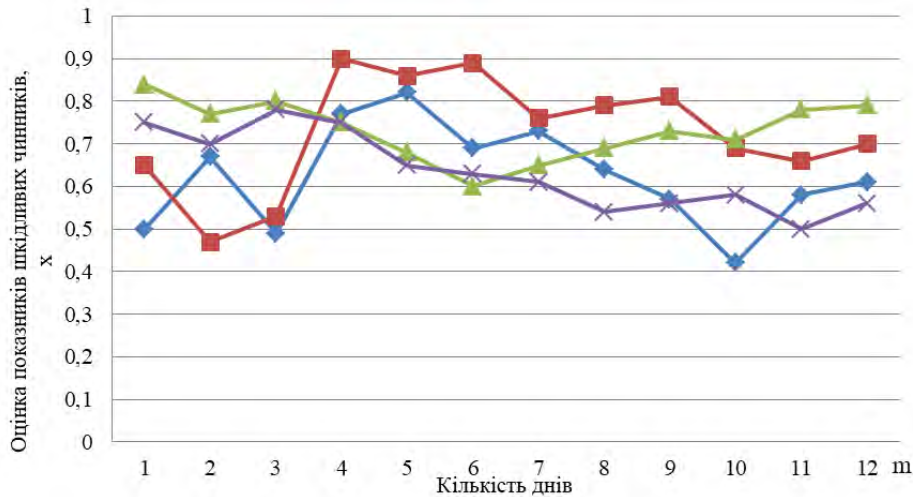


Рис. 2. Масив  $m$  оцінок показників шкідливих і небезпечних чинників

Наступним кроком є підготовка масиву оцінок показників шкідливих та небезпечних чинників до математичного опрацювання. Для цього потрібно перевірити всі значення на наявність грубих помилок. Пропонується застосовувати критерій, що належить до непараметричних статистик, оскільки нам поки невідомий закон розподілу показників шкідливих і небезпечних чинників як випадкової величини. І тому підходить критерій, який ґрунтується на теоремі Р. Фішера [13].

Розглянемо сутність критерію Р. Фішера та запропонуємо методику оцінювання системи на наявність грубих помилок. Нехай є масив  $x$  оцінок показників  $n$  шкідливих і небезпечних чинників у вигляді безрозмірної величини від 0 до 1. Якщо впорядкувати всі значення за зростанням, то отримаємо варіаційний ряд вигляду:  $x_1 > x_2 > x_3 > \dots > x_n$ . Тоді з теореми Фішера випливає, що з імовірністю необхідно очікувати на виконання нерівності:

$$|x_n - \bar{x}_{n-1}| \geq S_{n-1} t_\alpha \sqrt{\frac{n+1}{n(n-1)}}, \quad (1)$$

$$\text{де } \bar{x}_{n-1} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} x_i}{n-1}, \quad S_{n-1} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x}_{n-1})^2}{n-1}}. \quad (2)$$

Для побудови критерію, необхідного для оцінювання елементів масиву, які різко виділяються, потрібно задатися настільки малий рівень значущості  $\alpha$ , щоб здійснення умови (1) було

практично неможливим. Використання критерію полягає в тому, що за заданою величиною та обсягом масиву  $n$  з табл. 1 визначається коефіцієнт:

$$\eta = t_\alpha \sqrt{\frac{n+1}{n(n-1)}}. \quad (3)$$

Таблиця 1. Критичні значення для критерію Фішера [13]

$n$	$\alpha = 0,05$	$\alpha = 0,01$	$\alpha = 0,001$
2	15,561	77,961	779,667
3	3,513	8,104	25,8
4	2,054	3,770	8,353
5	1,520	2,522	4,716
6	1,242	1,947	3,313
7	1,068	1,618	2,601
8	0,948	1,403	1,167
9	0,859	1,250	1,879
10	0,791	1,136	1,671
11	0,736	1,047	1,515

Потім за формулою (2) визначається нерівність (1). Якщо величина  $x_n$  така, що виконується нерівність (1), величину  $x_n$  не можна вважати практично випадковою та використовувати в цьому масиві. Якщо після підстановки виявиться, що

$$|x_n - \bar{x}_{n-1}| < S_{n-1} t_\alpha \sqrt{\frac{n+1}{n(n-1)}}, \quad (4)$$

то практично достовірно (з імовірністю  $1-\alpha$ ) можна вважати величину  $x_n$  випадковою і подальший аналіз масиву необхідно проводити, беручи до уваги що

величину. Зауважимо, що ймовірність виконання окремо взятих нерівностей

$$x_n \geq \bar{x}_{n-1} + S_{n-1} t_{\alpha} \sqrt{\frac{n+1}{n(n-1)}}, \quad (5)$$

$$x_n \leq \bar{x}_{n-1} - S_{n-1} t_{\alpha} \sqrt{\frac{n+1}{n(n-1)}} \quad (6)$$

дорівнюють  $\alpha/2$ .

Якщо в масиві є два результати, один з яких викликає сумнів через те, що він значно більший за інші величини, а інший – через те, що він значно менший, то спочатку перевіряють гіпотезу про те, чи можна відкинути як грубе одне з підозрілих спостережень, наприклад, максимальне. Якщо виявиться, що це значення необхідно відкинути, то знову підраховують величини (2) за  $n-1$  елементів масиву, які залишилися, і потім перевіряють гіпотезу про можливість відкинути спостереження з мінімальним значенням.

Застосування цього критерію для оцінювання помилок масиву є доцільним у нашому випадку, оскільки масив складається з багатьох показників  $m$ , що зі свого боку мають багато оцінок показників шкідливих і небезпечних чинників  $n$ . Тому кількість елементів у масиві відповідатиме числу  $mn$ . Цього достатньо для забезпечення потрібної потужності критерію Фішера для оцінювання значень масиву, які різко виділяються [14–16].

Наступним кроком є прийняття управлінського рішення. Якщо масив інформації, що визначає систему за допомогою оцінювання показників шкідливих і небезпечних чинників, готовий, тобто відсутні грубі помилки, то необхідно оцінити цей масив на стаціонарність, оскільки від стаціонарності чи нестаціонарності процесу залежить вибір математичного апарату подальших досліджень.

### Оцінювання системи управління безпекою праці на стаціонарність

Оскільки на систему управління безпекою праці впливає значна кількість факторів і більшість з них може змінюватися в часі, це призводить до нестаціонарності динамічних характеристик процесу. Зазначене ускладнює аналіз динамічних характеристик процесу і управління ним, тобто запровадження коригувальних і запобіжних дій.

Для доказу стаціонарності випадкового процесу теоретично необхідно переконатися, що його

досліджувані статистичні характеристики не змінюються з часом. Зрозуміло, що в практиці така перевірка практично нездійсненна, оскільки кількість можливих статистичних характеристик нескінченна, а для повного опису випадкового процесу необхідно обчислити ці характеристики. Проте, якщо вважати слушними деякі важливі припущення, які зазвичай виконують більшість технологічних випадкових процесів, можна запропонувати низку практичних критеріїв стаціонарності [17]. Під випадковим процесом розуміємо розсіювання точкових показників шкідливих і небезпечних чинників у часі, отриманих методом узагальненого показника з використанням функцій бажаності.

Перше важливе припущення полягає в тому, що якщо досліджувані процеси нестаціонарні, то статистичні характеристики, які обчислюють за однією реалізацією шляхом усереднення на коротких інтервалах часу, будуть істотно змінюватися від одного інтервалу часу до іншого, в іншому випадку процеси є стаціонарними. Слово "істотно" означає, що зміни будуть більшими, ніж варто було б очікувати внаслідок статистичної вибіркової мінливості. Якщо це припущення приймається, перевірка випадкових процесів на стаціонарність полягає в дослідженні поведінки окремих реалізацій, тобто протягом певного проміжку часу. Інакше можна сказати, що доказ внутрішньої стаціонарності процесу на певному проміжку часу може бути доказом стаціонарності всього часового ряду процесу.

Друге важливе припущення зводиться до того, що для випадкових процесів достатньо перевірити слабку стаціонарність. Якщо це припущення приймається, то перевірка стаціонарності обмежується аналізом лише середніх значень і середнього квадратичного відхилення часового ряду.

Третє важливе припущення полягає в тому, що довжина досліджуваного часового ряду процесу велика порівняно з величиною випадкових помилок, які містяться в цьому процесі. Іншими словами, довжина процесу має бути настільки великою, щоб можна було відокремити систематичні складові помилки від випадкових складових. Зазначимо, що обґрунтованість такого припущення залежить від специфічних умов задачі, яку розглядають. Проаналізувавши процеси системи управління безпекою праці, можна стверджувати, що ця вимога підходить для оцінювання динамічних характеристик процесів, що розглядаються.

Маючи на увазі ці припущення, перевірку стаціонарності випадкового процесу можна здійснити способом, описаним нижче, – дослідженням кількох часових рядів (реалізацій) процесів розсіювання узагальнених показників шкідливих і небезпечних чинників. Реалізацією є часовий ряд значень узагальненого показника шкідливих і небезпечних чинників, які вимірювались впродовж певного часу.

Для оцінювання стаціонарності процесу застосуємо критерії непараметричних статистик – критерій серій та критерій інверсій [17].

Для початку необхідно отримати реалізацію для кількох шкідливих і небезпечних чинників в одній системі координат, як показано на рис. 2. У своїй реалізації чинники мають бути незалежними.

Після цього необхідно обчислити середнє значення  $\bar{X}_i$  за формулою:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{j(i)}, \quad (7)$$

де  $n$  – кількість реалізацій процесу;  $i$  – порядковий номер конкретного значення показника шкідливих і небезпечних чинників.

Необхідно обчислити середнє значення квадратів  $\bar{X}_{(i)}^2$  за формулою:

$$\bar{X}_{(i)}^2 = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{j(i)}^2. \quad (8)$$

Далі складаються послідовності вигляду:

$$\begin{aligned} & \bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots, \bar{x}_n \\ & \bar{x}_1^2, \bar{x}_2^2, \bar{x}_3^2, \dots, \bar{x}_n^2. \end{aligned} \quad (9)$$

Потім перевіряються послідовності середніх значень і середніх значень квадратів на наявність тренду чи відхилень, які перевищували б очікувані величини відхилень, зумовлених вибірковою мінливістю.

Відповідно до поля розсіювання середніх значень і квадратів середніх значень можна будувати висновки про стаціонарність чи нестаціонарність процесу розсіювання випадкових показників. Але остаточну перевірку вибірових величин на наявність нестаціонарного тренда можна виконувати різними способами.

Якщо вибіровий розподіл, вищий від зазначених величин, відомий, можна використовувати різні параметричні критерії. Однак для того, щоб знайти вибірові розподіли середніх значень і дисперсії, необхідно мати детальні відомості про частотний склад процесу. Але в нашому випадку така інформація відсутня. Тому доцільніше і надалі

застосовувати для цієї мети непараметричні методи, що не потребують знання вибірових розподілів. Наприклад, критерій "Серії" та критерій "Тренд".

Припустимо, що послідовності середніх значень  $(\bar{x}_1, \bar{x}_2, \bar{x}_3, \dots, \bar{x}_n)$  і середніх значень квадрата  $(\bar{x}_1^2, \bar{x}_2^2, \bar{x}_3^2, \dots, \bar{x}_n^2)$  є вибіровими значеннями випадкової величини розсіювання розмірів у часі, що має дійсне середнє значення  $\mu_x$  і дійсне середнє значення квадрата  $\sigma_x^2$  відповідно [17]. Якщо ця гіпотеза правильна, то зміни вибірових значень у послідовностях є випадковими й не містять тренда. Отже, кількість серій у послідовності, де серії визначаються за будь-якою заданою величиною, дорівнюватиме очікуваному їх числу в послідовності незалежних випадкових спостережуваних значень. Крім того, число інверсій у послідовності дорівнюватиме очікуваному числу інверсій у послідовності незалежних випадкових спостережуваних значень тієї самої змінної. Якщо число серій або інверсій значно відрізняється від очікуваного, наведеного в таблицях [17], то гіпотезу про стаціонарність можна відкинути. В інших випадках її можна прийняти.

Необхідно перелічити кілька важливих особливостей зазначених непараметричних критеріїв нестаціонарності [17].

1. Немає необхідності знати ширину смуги частот досліджуваних процесів або поле розсіювання.
2. Не потрібно точно знати час опосередкування, використане визначення середніх значень і середніх значень квадратів.
3. Не обов'язково, щоб досліджувані процеси були цілком випадковими. Можна отримати достовірні висновки навіть тоді, коли процес містить гармонійні складники або основний період незначний порівняно з часом середовищ, що використовувалося для визначення середніх значень і середніх значень квадрата.

### Пропозиції подальших досліджень

Подальшими дослідженнями в частині оцінювання якості системи управління безпекою праці на етапі функціонування може бути вивчення законів розподілу числових значень одиничних показників шкідливих і небезпечних чинників упродовж певного часу як випадкових величин. Це дасть змогу прогнозувати надійність системи управління безпекою праці та вчасно проводити коригувальні дії.

Оскільки міжнародний стандарт ISO 45001:2018 оснований на принципах оцінювання та управління ризиками, то, знаючи закон розподілу випадкових величин показників шкідливих і небезпечних чинників протягом певного проміжку часу, можна визначати ймовірність їх виходу за межі поля допуску, що теж дозволить вчасно проводити коригувальні дії. Для цього планується отримати функції щільності оцінок одиничних показників на безрозмірній шкалі, що дасть змогу визначати ризик потрапляння числового значення оцінки показника шкідливого та небезпечного чинника в будь-який інтервал оцінювання.

### Висновки

У статті обґрунтовано застосування методів аналізу динамічних характеристик системи управління безпекою праці та розроблено алгоритми й методики використання критеріїв непараметричних статистик, що дозволяють отримати оцінку системи, зважаючи на обмеженість інформації про її показники та відсутність знання закону розподілу їх як випадкової величини.

Запропоновано методику оцінювання числових значень одиничних показників шкідливих і небезпечних чинників упродовж певного часу. Вирішено насамперед проаналізувати числові значення, отримані внаслідок вимірювань, та перевірити масив інформації на наявність грубих помилок. Для цього застосовано критерій Фішера, що належить до непараметричних статистик, тому його можна використовувати, не знаючи закону розподілу випадкових величин. У статті впроваджено повноцінну методику визначення грубих помилок і для зручності практичного застосування подано табличні критичні значення для критерію Фішера.

Для оцінювання системи управління безпекою праці проаналізовано часовий ряд числових значень показників шкідливих і небезпечних чинників на стаціонарність. Адже відомо, що вибір того чи іншого математичного апарату для оцінювання якості залежить від стаціонарності процесу. Якщо процес не стаціонарний, ефективними будуть непараметричні методи оцінювання, якщо стаціонарний – можна застосовувати параметричні методи.

### Список літератури

1. ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use. URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html> (дата звернення: 23.02.2024).
2. Кучерук В. Ю., Глушко М. В. Оцінювання якості відгуків на основі кваліметричного методу "The value of opinion". *Наукові праці Вінницького національного технічного університету*. Вип. 3, Вересень 2022. Р. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2022-2-22-34>
3. Ginevicius R., Trishch R., Bilan Y., Lis M., Pencik J. Assessment of the Economic Efficiency of Energy Development in the Industrial Sector of the European Union Area Countries. *Energies*. 2022. № 15. 3322 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15093322>
4. Stefanovića V., Urošević S., Mladenović-Ranisavljević I., Stojilković P. Multi-criteria ranking of workplaces from the aspect of risk assessment in the production processes in which women are employed. *Safety Science*. 2019. № 116. P. 116–126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.03.006>
5. Ginevicius R., Trišč R., Remeikienė R., Zielińska A., Strikaitė-Latušinskaja G. Evaluation of the condition of social processes based on qualimetric methods: The COVID-19 case. *Journal of International Studies*. 2022. № 15(1). P. 230–249. DOI: <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2022/15-1/15>
6. Кім Н. І. Узагальнений показник якості об'єктів кваліметрії різної природи. *Вісник аграрної науки Причорномор'я*. 2021. Вип. 1. С. 94–101. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1\(109\)-12](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1(109)-12)
7. Кучерук В. Ю., Глушко М. В. Покращення якості рекомендаційних систем на основі кваліметричних методів вимірювання. *Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах*. 2022. Вип. 2, С. 65–72. DOI: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-70-2-9>
8. Буданов П. Ф., Бойко Т. Г., Грінченко Г. С., Нечуйвітер О. П., Цихановська І. В. Застосування методів кваліметрії для оцінки комплексних показників якості багатопараметричних об'єктів. *Машинобудування*. 2022. № 30. С. 73–84. DOI: <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2022-30>
9. Рудик Ю. І. Оцінювання безпеки складних організаційно-технічних систем кваліметричними методами з урахуванням ризиків: дис. д-ра техн. наук: 05.01.02 "Стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення". 2021. Львів, 312 с.

10. Черняк О. М., Тріщ Р. М., Денисенко А. М. Методика оцінювання шкідливих чинників, які впливають на здоров'я робітників машинобудівного підприємства. *Вісник НТУ "ХПІ", Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. 2019. № 5 (1330). С. 70–76. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2019.05.09>
11. Сороколат Н. А., Фатєєва Л. Ю. Оцінювання якості процесів системи управління безпекою праці, згідно вимог міжнародного стандарту ISO 45001:2018. *Машинобудування*. 2022. № 29. С. 89–96. DOI: <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2022-29-89-96>
12. Черняк О. М., Сороколат Н. А., Фатєєва Л. Ю., Багасєв І. О., Тріщ Ю. В. Застосування методу інтегрування для отримання комплексного показника безпеки праці. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Нові рішення в сучасних технологіях*. 2023. № 1(15). С. 60–67. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2023.01.08.11>
13. Fisher R. A. *Statistical methods for research workers*. Edinburgh and London: Oliver and Boyd. 1936. 339 p.
14. Арпентьєв Б. М., Тріщ Р. М., Лаврентьєва А. В. Статистичні методи як інструмент оцінювання якості. *Стандартизація, сертифікація, якість. Науково-технічний журнал*. 2004. № 5. С. 67–71.
15. Тріщ Р. М., Михайлов В. В. Багатомірний статистичний контроль показників якості технологічного процесу. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2005. № 5. Ч. 1, Т. 1 (69): Технічні науки. С. 34–38.
16. Тріщ Р. М. Оцінка технологічних систем по параметру якості. *Вісник Хмельницького національного університету*. 2007. № 1. С. 51–54.
17. Julius B., Piersol A. *Random Data: Analysis and Measurement Procedures*. Hoboken, New Jersey, John: Wiley and Sons, Incorporated. 1971. 594 p.

## References

1. ISO 45001:2018 "Occupational health and safety management systems – Requirements with guidance for use", available at: <https://www.iso.org/standard/63787.html> (last accessed: 23.02.2024).
2. Kucheruk V., Hlushko M. (2022), "Assessing the quality of feedback based on the qualimetric method "The value of opinion"" ["Otsiniuvannia yakosti vidhukiv na osnovi kvalimetrychnoho metodu "The value of opinion""], *Scientific papers of Vinnytsia National Technical University*, No. 3. P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2022-2-22-34>
3. Ginevicius, R., Trishch, R., Bilan, Y., Lis, M., Pencik, J. (2022), "Assessment of the Economic Efficiency of Energy Development in the Industrial Sector of the European Union Area Countries", *Energies*, No. 15, 3322 p. DOI: <https://doi.org/10.3390/en15093322>
4. Stefanovića, V., Urošević, S., Mladenović-Ranisavljević I., Stojilković, P. (2019), "Multi-criteria ranking of workplaces from the aspect of risk assessment in the production processes in which women are employed", *Safety Science*, No. 116, P. 116–126. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2019.03.006>
5. Ginevičius, R., Trišč, R., Remeikienė, R., Zielińska, A. Strikaitė-Latušinskaja, G. (2022), "Evaluation of the condition of social processes based on qualimetric methods: The COVID-19 case", *Journal of International Studies*, No. 15(1), P. 230–249. DOI: <https://doi.org/10.14254/2071-8330.2022/15-1/154>
6. Kim, N. (2021), "Generalized indicator of qualimetry objects quality of various nature" ["Uzahal'nenyuy pokaznyk yakosti ob'yektiv kvalimetriyi riznoyi pryrody"], *Bulletin of Agrarian Science of the Black Sea Coast*, No. 1, P. 94–101. DOI: [https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1\(109\)-12](https://doi.org/10.31521/2313-092X/2021-1(109)-12)
7. Kucheruk, V., Hlushko, M. (2022), "Improving the quality of recommender systems based on qualitative measurement methods". ["Pokrashchennia yakosti rekomendatsiinykh system na osnovi kvalimetrychnykh metodiv vymyriuvannia"], *Measuring and computing devices in technological processes*, No. 2, P. 65–72. DOI: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-70-2-9>
8. Budanov, P., Grinchenko, H., Nechuyviter, O., Tsykhanovska, I. (2022), "Application of qualimetry methods to evaluate complex quality indicators of multi-parameter objects" ["Zastosuvannia metodiv kvalimetrii dlia otsinky kompleksnykh pokaznykiv yakosti bahatoparmetrychnykh ob'ektiv"], *Engineering*, No. 30, P. 73–84. DOI: <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2022-30>
9. Rudyk, Y. (2021), "Safety assessment of complex organizational and technical systems by risk-based qualimetric methods" ["Otsiniuvannia bezpeky skladnykh orhanizatsiino-tekhnichnykh system kvalimetrychnykh metodamy z urakhuvanniam ryzykiv"], dissertation of doctor of technical sciences: 05.01.02 "Standardization, certification and metrological support", Lviv, 312 p.
10. Cherniak, O., Trishch, R., Denysenko, A. (2019), "Methods of assessing the harmful factors affecting the health of workers of a machine-building enterprise" ["Metodyka otsiniuvannia shkidlyvykh chynnykiv, yaki vplyvaiut na zdorovia



- robitnykiv mashynobudivnoho pidpriemstva"], *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies*, No. 5 (1330), P. 70–76. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2019.05.09>
11. Sorocolat, N., Fatieieva, L. (2022), "Quality assessment of the occupational safety management system processes according to the requirements of the ISO 45001:2018 international standard" ["Otsiniuvannia yakosti protsesiv systemy upravlinnia bezpekoiu pratsi, zghidno vymoh mizhnarodnoho standartu ISO 45001:2018"], *Engineering*, No. 29, P. 89–96. DOI: <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2022-29-89-96>
  12. Cherniak, O., Sorocolat, N., Fatieieva, L., Bahaiev, I., Trishch, Y. (2023), "Application of the integration method to obtain a complex indicator of labor safety" ["Zastosuvannia metodu intehrivannia dlia otrymannia kompleksnoho pokaznyka bezpeky pratsi"], *Bulletin of the National Technical University «KhPI» Series: New solutions in modern technologies*, No. 1(15), P. 60–67. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2023.01.08.11>
  13. Fisher, R. (1936), *Statistical methods for research workers*, Edinburgh and London: Oliver and Boyd, 339 p.
  14. Arpentiev, B., Trishch, R., Lavrentieva, A. (2004), "Statistical methods as a tool for quality assessment" ["Statystychni metody yak instrument otsiniuvannia yakosti"], *Standardisation, certification, quality. Scientific and technical journal*, No. 5, P. 67–71.
  15. Trishch, R., Mykhailov, V. (2005), "Multidimensional statistical control of process quality indicators" ["Bahatomirnyi statystychnyi kontrol pokaznykiv yakosti tekhnolohichnoho protsesu"], *Bulletin of Khmelnytskyi National University*, No. 5, vol. 1 (69): Technical sciences, P. 34–38.
  16. Trishch, R. (2007), "Assessment of technological systems by quality parameter" [Otsinka tekhnolohichnykh system po parametru yakosti], *Bulletin of Khmelnytskyi National University*, No. 1, P. 51–54.
  17. Julius, B., Piersol, A. (1971), *Random Data: Analysis and Measurement Procedures*, Hoboken, New Jersey, John: Wiley and Sons, Incorporated, 594 p.

Надійшла 05.03.2024

*Відомості про авторів / About the Authors*

**Черняк Олена Миколаївна** – кандидат технічних наук, доцент, Навчально-науковий інститут "Українська інженерно-педагогічна академія" Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, доцент кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій, Харків, Україна; e-mail: olena-cherniak@ukr.net; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6167-8809>

**Фатєєва Ліна Юрійвна** – Навчально-науковий інститут "Українська інженерно-педагогічна академія" Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна, аспірантка кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій, Харків, Україна; e-mail: linafat81@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6460-0772>

**Яковлев Максим Юрійович** – доктор технічних наук, професор, Центральний науково-дослідний інститут озброєння і військової техніки Збройних Сил України, Київ, Україна; e-mail: myyg2015@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3009-0719>

**Рибальченко Тетяна Павлівна** – Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", аспірантка кафедри мехатроніки та електротехніки, Харків, Україна; e-mail: rybalchenko97tanya@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0008-5162-3634>

**Зась Денис Сергійович** – Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", аспірант кафедри мехатроніки та електротехніки, Харків, Україна; e-mail: d.s.zas@khai.edu; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0001-5089-4060>

**Кузнєцов Валерій Дмитрович** – Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний інститут", аспірант кафедри мехатроніки та електротехніки, Харків, Україна; e-mail: v.kuznietsov@khai.edu; ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0006-1145-9281>

**Cherniak Olena** – PhD (Engineering Sciences), Associate Professor, Educational and Scientific Institute "Ukrainian Engineering Pedagogics Academy" V. N. Karazin Kharkiv National University, Associate Professor at the Department of Automation, Metrology and Energy Efficient Technologies, Kharkiv, Ukraine.

**Fatieieva Lina** – Educational and Scientific Institute "Ukrainian Engineering Pedagogics Academy" V. N. Karazin Kharkiv National University, Postgraduate Student at the Department of Automation, Metrology and Energy Efficient Technologies, Kharkiv, Ukraine.

**Yakovlev Maxym** – Doctor of Sciences (Engineering), Professor, The Central Research Institute of the Armed Forces of Ukraine, Kharkiv, Ukraine.

**Rybalchenko Tetiana** – National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Postgraduate Student at the Department of Mechatronics and Electrical Engineering, Kharkiv, Ukraine.

**Zas Denys** – National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Postgraduate Student at the Department of Mechatronics and Electrical Engineering, Kharkiv, Ukraine.

**Kuznietsov Valerii** – National Aerospace University "Kharkiv Aviation Institute", Postgraduate Student at the Department of Mechatronics and Electrical Engineering, Kharkiv, Ukraine.

## **ASSESSMENT OF THE QUALITY OF THE LABOUR SAFETY MANAGEMENT SYSTEM IN ACCORDANCE WITH THE REQUIREMENTS OF THE INTERNATIONAL STANDARD ISO 45001:2018 AT THE STAGE OF OPERATION**

The **subject matter** of the article is the assessment of the quality of the occupational safety management system. The **goal** of the article is to develop a methodology for assessment of the occupational safety management system at the stage of operation. The article solves the following **task**: to investigate the possibility of applying methods for analysing the dynamic characteristics of the occupational safety management system and to develop algorithms and methods for using the criteria of non-parametric statistics. **Methods** are used: qualimetry and mathematical statistics. The following **results** were obtained: an analysis of the requirements of the international standard ISO 45001:2018 was carried out to determine the need to monitor, measure and analyse the functioning of the occupational safety management system, which revealed that the effectiveness of the development and implementation of the occupational safety management system depends on the assessment methodology. An analysis of existing research and publications on the evaluation of processes, including those related to occupational safety, is carried out. The methods for evaluating mathematical systems for processing and controlling gross errors and stationarity, which are key to the analysis of occupational safety management processes, are considered. Non-parametric criteria for checking the stationarity of random processes are considered in detail. Sequences of means and means squares are compared with expected values to determine whether rejections of the stationary hypothesis are justified. The expediency of using these methods for analysing occupational safety management systems is determined. The dynamic nature of the processes and the importance of monitoring and data analysis to ensure effective safety management practices are analysed. **Conclusions**: The application of methods for analysing the dynamic characteristics of the occupational safety management system is substantiated and algorithms and methods for using the criteria of non-parametric statistics are developed, which allow to obtain an assessment of the system, taking into account the limited information about its indicators and the lack of knowledge of the law of their distribution as a random variable.

**Keywords**: assessment; qualimetry; summary indicator; harmful and dangerous factors; statistical methods; labor safety management system.

### *Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions*

Черняк О. М., Фатєєва Л. Ю., Яковлев М. Ю., Рибальченко Т. П., Зась Д. С., Кузнєцов В. Д. Оцінювання якості системи управління безпекою праці відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 45001:2018 на етапі функціонування. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2024. № 1 (27). С. 226–235. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2024.27.226>

Cherniak, O., Fatieieva, L., Yakovlev, M., Rybalchenko, T., Zas, D., Kuznietsov, V. (2024), "Assessment of the quality of the labour safety management system in accordance with the requirements of the international standard ISO 45001:2018 at the stage of operation", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (27), P. 226–235. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2024.27.226>