

О. М. ЧЕРНЯК, Н. А. СОРОКОЛАТ, І. О. БАГАЄВ, Л. Ю. ФАТЄЄВА

ЗАСТОСУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ЗАЛЕЖНОСТІ ДЛЯ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО ОЦІНЮВАННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ, ЯК ОБ'ЄКТА КВАЛІМЕТРІЇ

Предметом дослідження в статті є методика багатокритеріального оцінювання показника безпеки праці на виробництві. **Мета** роботи – розробка методики застосування функціональної залежності для багатокритеріального оцінювання безпеки праці на виробництві з урахуванням особливостей системи шкідливих та небезпечних виробничих чинників. В статті вирішується наступне **завдання**: дослідити можливість застосування функціональної залежності для отримання оцінок різномірних показників безпеки праці на безрозмірній шкалі, при цьому врахувати вид її нерівномірності та узгодити її з особливостями небезпечних чинників на виробництві. Використовуються **методи**: кваліметрії та математичної статистики; експертні. Отримано наступні **результати**: проаналізовано існуючі функціональні залежності між вимірними значеннями показників якості та їх оцінкою на безрозмірній шкалі, які застосовували для оцінювання об'єктів кваліметрії різної природи. Показано, що для об'єктивного оцінювання об'єктів кваліметрії, як правило, потрібно застосовувати нелінійні залежності. Головним завданням дослідника вибрати вид нелінійної залежності, це потребує додаткових наукових досліджень. Інструментом для вибору тої чи іншої нелінійної залежності є розуміння фізичної суті об'єкту кваліметрії, тобто розуміння закономірностей зв'язку між вимірним значенням показників кваліметрії та їх оцінкою. Для цього важливо застосування методів експертних оцінок, адже, як правило, такі закономірності невідомі. Функціональна залежність, яка застосовується для отримання оцінок показників безпеки праці на виробництві є ступеневою і включає параметр форми. Змінюючи параметр форми, змінюється кривизна залежності, цим самим змінюється оцінка на безрозмірній шкалі. Така особливість застосованої залежності дає можливість розробити універсальну методику, тобто, змінюючи параметр форми, дану залежність можна застосовувати для різних показників безпеки праці на будь якому виробництві. Як приклад, у статті розглядається металургійне виробництво, при цьому оцінюються найбільш небезпечні чинники. Розроблено покрокову методику визначення узагальненого показника безпеки праці на виробництві та на прикладі вимірних чисельних значень небезпечних чинників, показано її дієвість та універсальність. **Висновки**: Для визначення узагальненого показника безпеки праці на виробництві пропонується застосування функціональної залежності між окремими показниками шкідливих виробничих чинників та їх значеннями на безрозмірній шкалі, це дає кількісно оцінити безпеку праці на виробництві. За допомогою запропонованої методики можна приймати управлінські рішення, що призводить до мінімізації відхилення дійсних значень шкідливих чинників від оптимальних.

Ключові слова: функціональна залежність; методика оцінювання; багатокритеріальне оцінювання; об'єкт кваліметрії; узагальнений показник; безпека праці.

Вступ

Для успішного розвитку виробничого підприємства, забезпечення конкурентоспроможності продукції та досягнення поставлених стратегічних цілей недостатньо лише вдосконалювати технології, а необхідно забезпечити безпечні умови праці. Для комплексної підтримки безпеки впроваджується система управління безпекою праці, яка враховує процеси ідентифікації, контролю, оцінки та управління. Для ефективності системи контролю необхідно мати науково обґрунтовану методику кількісної оцінки шкідливих факторів з метою контролю та мінімізації їх впливу на організм людини з урахуванням особливостей технологічних процесів.

Технологічні процеси характеризуються: важкістю та інтенсивністю виконуваної роботи; ергономічністю робочого місця; технологічна безпека; рівень технологічної дисципліни; загальна організація робочого процесу; шкідливі та небезпечні фактори. Для комплексної оцінки стану безпеки праці необхідно мати кількісні показники шкідливих виробничих чинників з урахуванням їх технологічних особливостей.

Для отримання кількісних показників якості об'єктів різної природи використовуються методи кваліметрії. Кваліметрія - предмет науки, що вивчає методологію кількісної оцінки якості об'єктів і

процесів різної природи. Під об'єктом кваліметрії в даній статті ми розглядаємо систему шкідливих виробничих чинників які мають вплив на здоров'я та життя працівників.

Система шкідливих виробничих чинників, як об'єкт кваліметрії, має ряд особливостей: можливість проведення вимірювань; різноманітні одиниці та діапазон вимірювань; різний ступінь впливу на організм людини; різна тяжкість наслідків захворювання; можливість використання спеціальних засобів захисту. Такі особливості зумовлюють складність вирішення проблеми кількісної оцінки безпеки праці на виробництві. Для вирішення такої задачі необхідно нанести на безрозмірну шкалу різномасштабні показники різних факторів, що дасть змогу кількісно оцінити узагальнений показник стану безпеки праці в різних галузях економіки.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

На працівника в процесі трудової діяльності впливають шкідливі та небезпечні чинники, внаслідок дії яких погіршується його здоров'я та може привести до непрацездатності. Той факт, що шкідливі та небезпечні чинники мають різні одиниці та діапазон вимірювання ускладнює зробити висновок про комплексну кількісну оцінку стану безпеки праці на робочому місці.

Для переведення розмірностей шкідливих та небезпечних факторів у безрозмірну шкалу пропонується застосування нелінійних математичних залежностей між вимірними показниками шкідливих чинників та їх оцінками на безрозмірній шкалі. Як математичні залежності пропонується застосовувати відомі залежності, виведені Гнеденко і раніше застосовані для оцінювання надійності технічних систем, і мають відношення до теорії екстремальних статистик. Використовуючи теорію екстремальних статистик та запропоновані математичні залежності Гнеденко, дослідник Харрінгтон запропонував методику багатокритеріального оцінювання житлових приміщень [1].

У роботах [2-3] для отримання оцінок різнорозмірних показників якості на безрозмірній шкалі використовували залежність, яка мала подвійний експонентний вигляд. Існує ряд робіт, які пов'язані з оцінюванням якості об'єктів різної природи [4-6], в яких досліджувались інструменти для забезпечення єдності оцінювання якості різних об'єктів. Авторами [7-9] використовувався вид залежностей для тримання оцінки показників якості на безрозмірній шкалі, з застосуванням порядкових статистик. В наукових роботах вчених [10-12] застосовуються багатокритеріальні методи кількісної оцінки процесів, які дозволяють привести до однієї розмірності їх показники. У наукових роботах [13, 14] були запропоновані методики оцінювання якості об'єктів кваліметрії, застосовуючи інтегрування методом трапецій та середніх прямокутників.

Метою роботи є розроблення методики застосування функціональної залежності для багатокритеріального оцінювання безпеки праці на виробництві з урахуванням особливостей системи шкідливих та небезпечних виробничих чинників.

Вирішення завдання

Проаналізовані методики оцінювання застосовуються для оцінки якості продукції і на різні процеси системи менеджменту якості, тому вважаємо, що проведений огляд літератури підтвердив актуальність дослідження, спрямоване на розвиток методів оцінювання безпеки праці.

Пропонується застосовувати вид залежностей, який дозволить оцінити стан безпеки праці на виробництві [15]:

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

де коефіцієнти a та b знаходяться як:

$$b = b_1^{\frac{1}{(q_{\min} - q_{\max})k}}, \quad (2)$$

де:

$$b_1 = \frac{(1 - q_{\max})q_{\min}}{(1 - q_{\min})q_{\max}}, \quad (3)$$

q_{\min} , та q_{\max} – мінімально-допустиме та максимально-допустиме значення показника шкідливого чинника.

Таким чином, після нормування, коефіцієнт a знаходиться як:

$$a = \frac{(1 - q_{\min})}{q_{\min}} b^{kq_{\min}}. \quad (4)$$

Функція (1) має точку перегину при: $q_{\text{неп}} = \frac{\ln a}{k \ln b}$.

Параметр k впливає на крутизну функції вздовж осі ОХ. Змінюючи k , можна керувати кривизною функції (1) і таким чином отримувати різні оцінки при однакових результатах вимірів показника шкідливого чинника.

В графічному вигляді залежність (1) при $k = 1$, показана на рисунку 1.

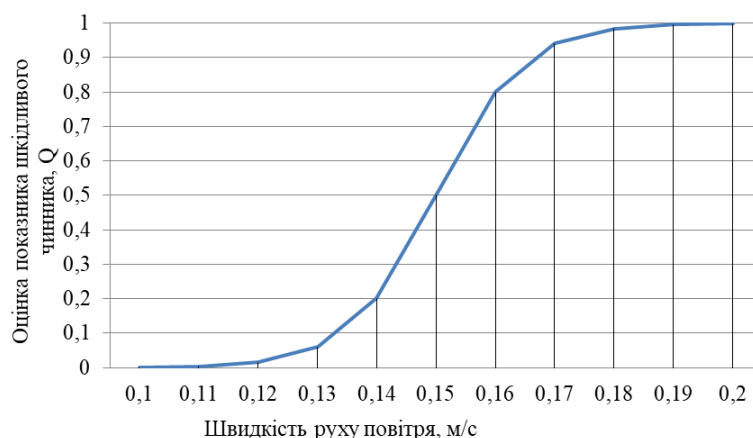


Рис. 1. Вид залежності (1) при $k = 1$

На рисунку 1 показник швидкості руху повітря, який змінюється від $S_{\min} = 0,1$ м/с до $S_{\max} = 0,2$ м/с з

кроком 0,01, щоб наочно показати вид залежності (1). Не залежно від одиниць виміру та від розрядів значення показника шкідливого чинника на

осі ОХ, вид і форма залежності не будуть змінюватися. До зміни форми приведе зміна параметра форми – k .

На рисунку 2 показано серію із п'яти залежностей, при чому коефіцієнт k міняється від 1,2 до 0,8 з кроком 0,1 з ліва на право. По осі ОХ шкала відповідає шкалі одиниць вимірювання і може бути змінена для кожного окремого показника шкідливого чинника. Крайнє ліве значення на цій шкалі (0) відповідає Q_{min} – мінімально-допустимому значенню

показника шкідливого чинника. Крайнє праве значення на цій шкалі (1) відповідає Q_{max} – максимально-допустимому значенню показника шкідливого чинника. Вони відповідають відповідним значенням кожного окремо показника шкідливого чинника. Отже, якщо умови праці мають n показників шкідливих чинників, то для кожного з них необхідно визначити коефіцієнти a та b за формулами (4) та (2) відповідно.

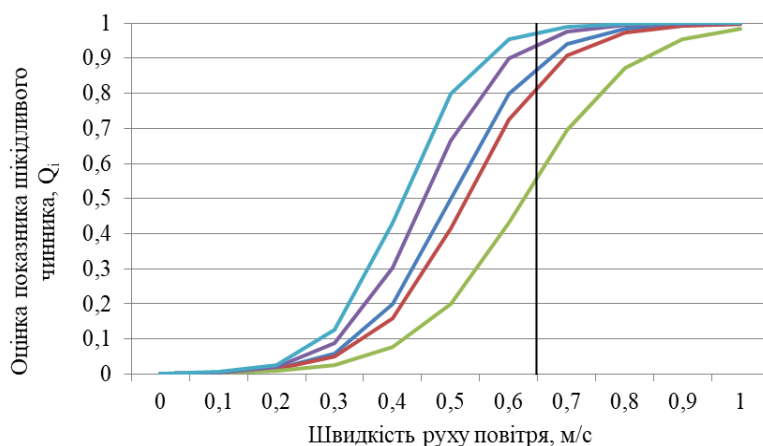


Рис. 2. Серія залежностей (1) при $k = 1,2 - 0,8$ з кроком 0,1 з ліва на право

З рисунка 2 видно, що при показнику якості 0,7 м/с, вимірюваному в одиницях вимірювання, його оцінка на безрозмірній шкалі змінюється від 0,98 при $k = 1,2$ до 0,55 при $k = 0,8$. Отже маючи одне дійсне значення показника шкідливого чинника можемо отримати діапазон значень його оцінок на безрозмірній шкалі. Таким чином можна вибирати один із показників ступені у функції (1) та змінювати оцінку дійсного показника шкідливого чинника на безрозмірній шкалі.

Так як оцінки одиничних показників шкідливих чинників мають однакову шкалу вимірювання (0 - 1), то можна знайти узагальнений показник безпеки праці, застосувавши одну із середніх значень (арифметична, геометрична, гармонійна), які дають змогу звести окремі оцінки. Визначення середнього геометричного значення дасть оцінку безпеки праці нуль, якщо один із показників дорівнюватиме нулю, а одиницю, тобто максимальне значення, можна отримати тільки у випадку, коли всі одиничні показники рівні одиниці. У такому разі узагальнений показник шкідливого чинника розраховується за формулою:

$$W = \sqrt[n]{\prod_{i=1}^n Q_i}, \quad (5)$$

де n – кількість одиничних показників шкідливого чинника; Q_i – значення i -го одиничного показника шкідливого чинника на безрозмірній шкалі.

Таким чином, отримане значення узагальненого показника шкідливих факторів дає підстави приймати

рішення щодо подальших дій щодо покращення безпеки праці.

Пропонуємо покрокову методику визначення узагальненого показника безпеки праці:

Крок 1. Визначити перелік шкідливих та небезпечних чинників на виробництві.

Крок 2. Для кожного шкідливого та небезпечного чинника за нормативними документами визначити максимально - допустиме, мінімально – допустиме та оптимальне (найкраще) значення.

Крок 3. Провести вимірювання цих шкідливих чинників, і результати занести в спеціально підготовлену таблицю.

Крок 4. За формулою (1) визначити оцінку показника шкідливого чинника на безрозмірній шкалі. Для цього необхідно використовувати формули (2 – 4) та призначити параметр форми k . Параметр форми призначається групою експертів.

Крок 5. Визначити узагальнений показник безпеки праці використовуючи формулу (5) з огляду на всі поодинокі показники.

Для підтвердження працездатності методики з оцінювання безпеки праці було проведено дослідження на машинобудівному підприємстві. Для оцінювання розглядалися шкідливі виробничі чинники у ливарному цеху. Ливарний цех обраний як приклад, так як це виробництво з присутністю шкідливих та небезпечних чинників які впливають для здоров'я людини. Визначили, що у ливарному цеху основними шкідливими виробничими чинниками є: мікроклімат (температура повітря, відносна вологість повітря, швидкість руху повітря, інтенсивність теплового випромінювання), шум, локальна вібрація.

Значення шкідливих виробничих факторів вимірювалися та фіксувалися на робочих місцях та у робочій зоні протягом місяця (31 день). Для вимірювання температури повітря, відносної вологості повітря та швидкості руху повітря було використано пристрій – комбінований прилад FLIR EM54. Інтенсивність теплового випромінювання вимірювалася радіометром теплового випромінювання "ТК-метр". Вимірювання рівня шуму

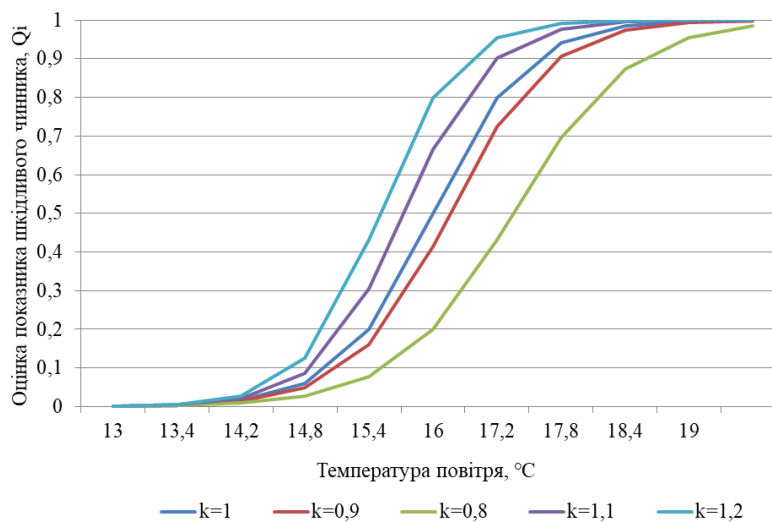
та загальної вібрації здійснювалося цифровим вимірником рівня звуку GM1351 та віброметром AR63A (GM63A). Допустимі норми шкідливих чинників визначено на підприємстві відповідно до чинних нормативних документів.

Отримані експериментальні значення наведених вище показників шкідливих чинників та результати математичних перетворень наведено у таблиці 1.

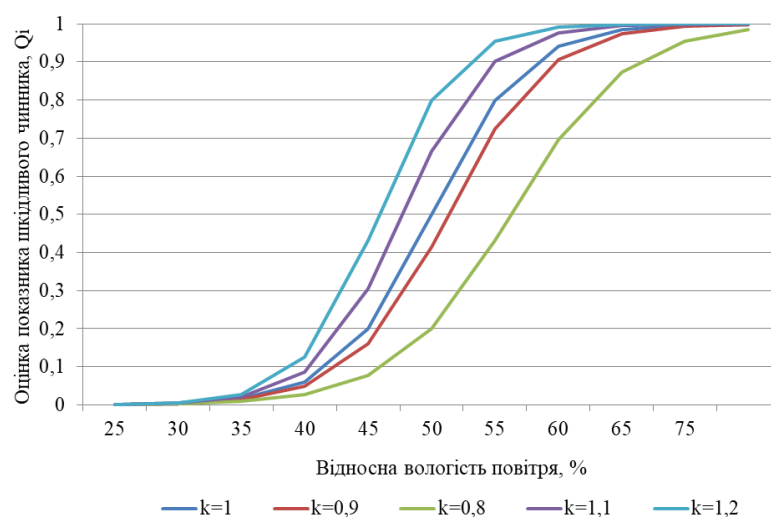
Таблиця 1. Результати впровадження методики оцінки безпеки праці на виробництві

№	Показники шкідливих чинників	q_{min}	q_{max}	q_{omn}	q_i	k	Q
1	Температура повітря, °C	13	19	16	17	1	0,99
2	Відносна вологість повітря, %	25	75	50	70	0,8	0,5
3	Швидкість руху повітря, м/с	0	0,5	0	0,1	1,1	0,9
4	Інтенсивність теплового випромінювання, Вт/м ²	0	140	0	94	1	0,75
5	Шум, дБа	60	80	70	65	1	0,5
6	Локальна вібрація, м/с ²	0	0,2	0	0,09	1,2	0,88

На рисунку 3 представлено графічні зображення залежностей для оцінювання шкідливих виробничих чинників.

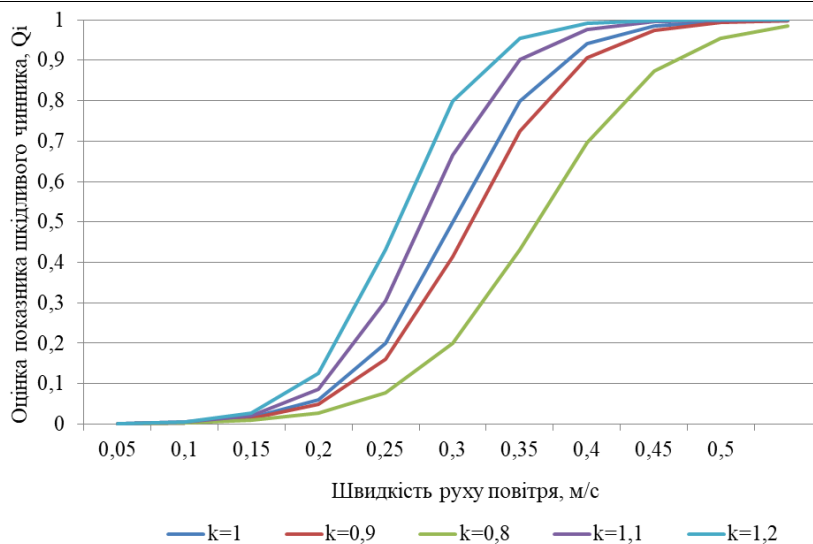


а)

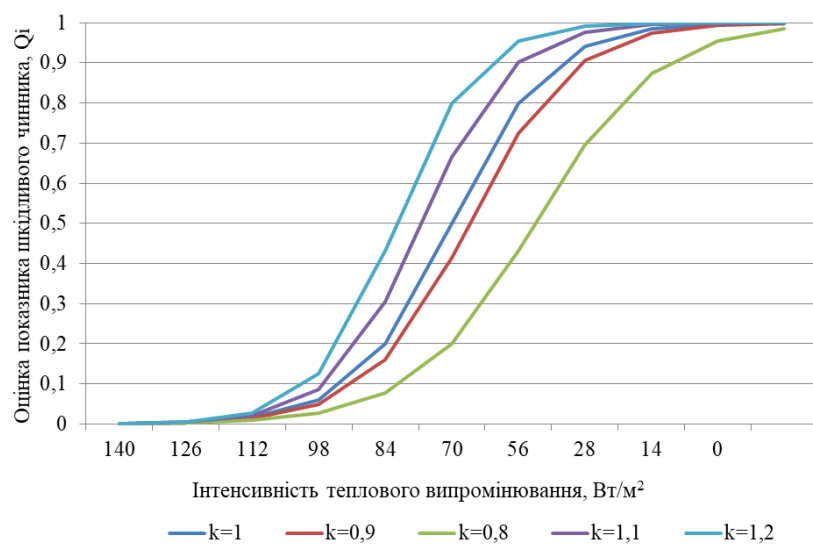


б)

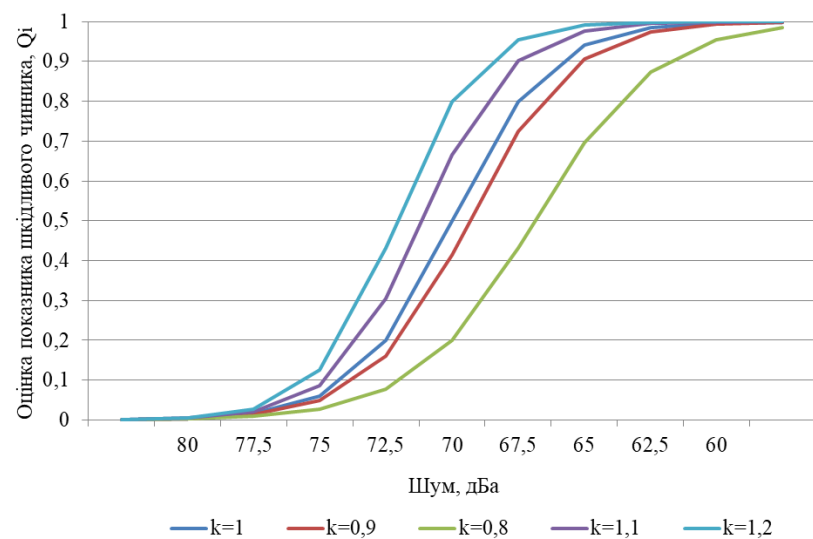
Рис. 3. Графічне зображення залежностей для оцінювання показників шкідливих чинників: а) температури повітря; б) відносної вологості повітря



в)



з)



д)

Рис. 3. Графічне зображення залежностей для оцінювання показників шкідливих чинників: в) швидкості руху повітря; г) інтенсивності теплового випромінювання; д) шуму;

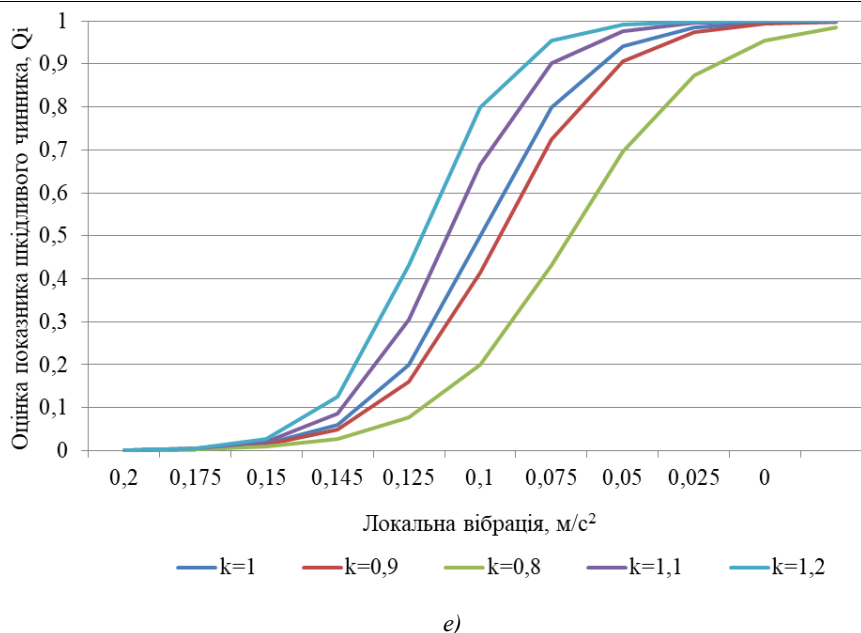


Рис. 3. Графічне зображення залежностей для оцінювання показників шкідливих чинників: е) локальної вібрації.

Знайдемо узагальнений показник, застосувавши одну із середніх значень. В даному випадку застосовується середнє геометричне значення.

$$W = \sqrt[5]{0,99 \cdot 0,5 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 0,5 \cdot 0,88} = 0,73.$$

Отже, за допомогою функціональної залежності та експертів, можна отримувати узагальнений показник безпеки праці на виробництві. Розроблена методика оцінювання являється універсальною, та може бути застосована для оцінювання безпеки праці на виробництвах різних галузей національної економіки.

Висновки

Для оцінювання безпеки праці застосовуються інструменти кваліметрії, оскільки дозволяють

отримати кількісну оцінку шкідливих та небезпечних чинників. Визначено, що система шкідливих виробничих чинників як об'єкт кваліметрії має ряд особливостей, які необхідно враховувати при вирішенні завдання кількісного оцінювання безпеки праці на виробництві.

Таким чином, застосування функціональної залежності між окремими показниками шкідливих виробничих чинників та їх значеннями на безрозмірній шкалі забезпечує отримання кількісної оцінки безпеки праці на виробництві. За допомогою запропонованої методики можна приймати управлінські рішення, що призводять до мінімізації відхилення дійсних значень шкідливих чинників від оптимальних.

Список літератури

1. Тріщ Г. М. Розробка методології оцінювання процесів систем управління якістю підприємств з урахуванням вимог міжнародних стандартів: дис. канд. техн. наук : 05.01.02 "Стандартизація, сертифікація та метрологічне забезпечення". 2014. Харків, 162 с.
2. Ginevicius R., Trishch H., Petraskevicius V. Quantitative assessment of quality management systems' processes. *Economic Research-Ekonomiska Istraživanja*. 2015. Vol. 1. №. 28. P. 1096–1110. DOI: <https://doi.org/10.1080/1331677X.2015.1087676>.
3. Тріщ Г. М., Денисенко М. В. Аналіз стану системи управління якістю в динаміці. *Технологический аудит и резервы производства*. 2014. №1/5 (15). С. 14–16. DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2014.21717>.
4. Trishch R., Cherniak O., Kupriyanov O., Luniachek V., Tsykhanovska I. Methodology for multi-criteria assessment of working conditions as an object of qualimetry. *Engineering Management in Production and Services*. 2021. №13 (2). P. 107–114. DOI: <https://doi.org/10.2478/emj-2021-0016>.
5. Trishch R., Nechuviter O., Dyadyura K., Vasilevskyi O., Tsykhanovska I., Yakovlev M. Qualimetric method of assessing risks of low quality products. *MM Science Journal*. 2021. №4. P.4769–4774. DOI: https://doi.org/10.17973/MMSJ.2021_10_2021030.
6. Argotti Y., Baron C., Esteban P. Quality quantification in Systems Engineering from the Qualimetry Eye. 2019 *IEEE International Systems Conference (SysCon)*. 2019. P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1109/SYSCON.2019.8836756>.
7. Горбенко Н. А., Катрич О. А. Оценивание процессов системы менеджмента качества предприятий на соответствие требований международных стандартов серии ISO 9000. *Вісник Національного технічного університету „ХПИ” : Збірник наукових праць. Серія: Механіко-технологічні системи та комплекси*. 2014. № 40 (1083). С. 20–25.

8. Черкашина О. С. Керування якістю технологічних процесів в машинобудуванні з застосуванням трипараметричного моделювання. *Машинобудування*. 2019. №23. С. 159–165. DOI: <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2019-23-159-165>.
9. Ким Н. И., Трищ Р. М. Закономерности рассеивания безразмерных показателей качества объектов различной природы. *Системы управления, навигации та зв'язку. Серія: Метрологія та вимірювальна техніка*. 2016. № 4 (40). С. 143–145.
10. Zhang C., Chen C., Streimikiene D., Balezentis T. Intuitionistic fuzzy MULTIMOORA approach for multi-criteria assessment of the energy storage technologies. *Applied Soft Computing*. 2019. №79. P. 410–423. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.04.008>.
11. Alamerew Y.A., Kambanou M. L., Sakao T., Brissaud D. A Multi-Criteria Evaluation Method of Product-Level Circularity Strategies. *Sustainability*. 2020. 12 (12): 5129. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12125129>.
12. Zolfani S., Maknoon R., Zavadskas E. Multiple Nash Equilibriums and evaluation of strategies. New application of MCDM methods. *Journal of Business Economics and Management*. 2015. № 16. P. 290–306. DOI: <https://doi.org/10.3846/16111699.2014.967715>.
13. Черняк О. М., Сороколат Н. А., Каницька І. В. Застосування методу інтегрування для оцінювання якості об'єктів кваліметрії. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. Харків: НТУ «ХПІ». 2020. № 4 (6). С. 93–98. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2020.14.169>.
14. Черняк О. М., Сороколат Н. А., Каницька І. В. Графоаналітичний метод визначення комплексного показника якості об'єктів кваліметрії. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2020. № 4 (14). С. 169–175. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2020.14.169>.
15. 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).

References

1. Trishch, G. M. (2014), "Development of a methodology for evaluating the processes of enterprise quality management systems taking into account the requirements of international standards" ["Rozrobka metodolohiyi otsynuyannya protsesiv systemy upravlinnya yakystyu pidpriumstv z urakhuvannyam vymoh mizhnarodnykh standartiv"], *dissertation of candidate of technical sciences tech. Sciences: 05.01.02 "Standardization, certification and metrological support"*, Kharkiv, 162 p.
2. Ginevičius, R., Trishch, H., Petraškevičius, V. (2015), "Quantitative assessment of quality management systems' processes", *Economic Research-Ekonomska Istraživanja*, No. 28:1, P. 1096–1110. DOI: <https://doi.org/10.1080/1331677X.2015.1087676>.
3. Trishch, G. M., Denysenko, M. V. (2014), "Analysis of Quality Management System in the Dynamics" ["Analiz stanu systemy upravlinnya yakystyu v dynamitsi"], *Technology Audit and Production Reserves*, No 1 (5), P. 14–16, DOI: <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2014.21717>.
4. Trishch, R., Cherniak, O., Kupriyanov, O., Luniachek, V., Tsykhanovska, I. (2021), "Methodology for multi-criteria assessment of working conditions as an object of qualimetry", *Engineering Management in Production and Services*, No. 13(2), P. 107–114. DOI: <https://doi.org/10.2478/emj-2021-001612>.
5. Trishch, R., Nechuviter, O., Dyadyura, K., Vasilevskiy, O., Tsykhanovska, I., Yakovlev, M. (2021), "Qualimetric method of assessing risks of low quality products", *MM Science Journal*, No 4, P. 4769–4774. DOI: https://doi.org/10.17973/MMSJ.2021_10_2021030.
6. Argotti, Y., Baron, C., Esteban, P. (2019), "Quality quantification in Systems Engineering from the Qualimetry Eye", *IEEE International Systems Conference (SysCon)*, P. 1–8. DOI: <https://doi.org/10.1109/SYSCON.2019.8836756>.
7. Gorbenko, N. A., Katrich, O. A. (2014), "Evaluation of the processes of the quality management system of enterprises for compliance with the requirements of international standards of the series ISO 9000" ["Otsenivaniye protsessov systemy menedzhmenta kachestva predpriyatiy na sootvetstviye trebovaniy mezhdunarodnykh standartov serii ISO 9000"], *Bulletin of the National Technical University "KhPI": Collection of scientific papers. Series: Mechanical-technological systems and complexes*, No. 40 (1083), P. 20–25.
8. Cherkashina, O. (2019), "Management of quality of technological processes in mechanical engineering using three-parameter modeling" ["Keruvannya yakystyu tekhnolohichnykh protsesiv v mashynobuduvanni z zastosuvannyam tryparametrychnoho modelyuvannya"], *Engineering*. No. 23, P. 159–165. DOI: <https://doi.org/10.32820/2079-1747-2019-23-159-165>.
9. Kim, N.I., Trishch, R.M. (2016), "Laws of dispersion quality indicators dimensionless objects of different nature" ["Zakonomernosti rasseivaniya bezrazmernykh pokazateley kachestva ob'yektiv razlichnoy prirody"], *Control, navigation and communication systems. Series: Metrology and measuring technology*, No. 4 (40), P. 143–145.
10. Zhang, C., Chen, C., Streimikiene, D., Balezentis, T. (2019), "Intuitionistic fuzzy MULTIMOORA approach for multi-criteria assessment of the energy storage technologies", *Applied Soft Computing*, No. 79, P. 410–423. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.asoc.2019.04.008>.
11. Alamerew, Y.A.; Kambanou, M.L.; Sakao, T., Brissaud, D. (2020), "A Multi-Criteria Evaluation Method of Product-Level Circularity Strategies", *Sustainability*, No. 12, 5129. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12125129>.
12. Zolfani, S., Maknoon, R., Zavadskas, E. (2015), "Multiple Nash Equilibriums and evaluation of strategies. New application of MCDM methods", *Journal of Business Economics and Management*, No. 16, P. 290–306. DOI: <https://doi.org/10.3846/16111699.2014.967715>.
13. Cherniak, O., Sorocolat, N., Kanytska, I. (2020), "Application of the integration method for assessing the quality of qualimetry objects" ["Zastosuvannya методу intehruvannya dlya otsynuyannya yakosti ob'yektiv kvalimetriyi"], *Bulletin of*

- the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology, Kharkiv, NTU "KhPI", No. 4 (6), P. 93–98. DOI: <https://doi.org/10.20998/2413-4295.2020.04.14>.*
14. Cherniak, O., Sorocolat, N., Kanytska, I. (2020), "Graph analytical method for determining the complex quality indicator of qualimetry objects", ["Hrafoanalitichnyy metod vyznachennya kompleksnoho pokaznyka yakosti ob'ektiv kvalimetriyi"], *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 4 (14), P. 169–175. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2020.14.169>.
15. Kim, N. I. (2021), "Generalized indicator of qualimetry objects quality of various nature" ["Uzahal'neny pokaznyk yakosti ob'ektiv 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).

Надійшла (Received) 29.03.2022

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Черняк Олена Миколаївна – кандидат технічних наук, доцент, Українська інженерно-педагогічна академія, старший викладач кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій, Харків, Україна; e-mail: olena-cherniak@ukr.net; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6167-8809>.

Черняк Елена Николаевна – кандидат технических наук, доцент, Украинская инженерно-педагогическая академия, старший преподаватель кафедры автоматизации, метрологии и энергоэффективных технологий, Харьков, Украина.

Cherniak Olena – PhD (Engineering Sciences), Associate Professor, Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, Senior Lecturer of the Department of Automation, Metrology and Energy Efficient Technologies, Kharkiv, Ukraine.

Сороколат Наталія Андріївна – Українська інженерно-педагогічна академія, аспірантка кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій; Харків, Україна; e-mail: n.a.sorokolat@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0140-9364>.

Сороколат Наталия Андреевна – Украинская инженерно-педагогическая академия, аспирантка кафедры автоматизации, метрологии и энергоэффективных технологий, Харьков, Украина.

Sorocolat Nataliia – Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, graduate student Department of Automation, Metrology and Energy Efficient Technologies, Kharkiv, Ukraine.

Багаєв Ігор Олександрович – Українська інженерно-педагогічна академія, аспірант кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій; Харків, Україна; e-mail: i.a.bagayev@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9101-5114>.

Багаев Игорь Александрович – Украинская инженерно-педагогическая академия, аспирант кафедры автоматизации, метрологии и энергоэффективных технологий, Харьков, Украина.

Ihor Bahaiev – Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, graduate student Department of Automation, Metrology and Energy Efficient Technologies, Kharkiv, Ukraine.

Фатєєва Ліна Юрїївна – Українська інженерно-педагогічна академія, аспірантка кафедри автоматизації, метрології та енергоефективних технологій; Харків, Україна; e-mail: linafat81@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6460-0772>.

Фатеева Лина Юрьевна – Украинская инженерно-педагогическая академия, аспирантка кафедры автоматизации, метрологии и энергоэффективных технологий, Харьков, Украина.

Lina Fatieieva – Ukrainian Engineering Pedagogics Academy, graduate student Department of Automation, Metrology and Energy Efficient Technologies, Kharkiv, Ukraine.

ПРИМЕНЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ДЛЯ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ОЦЕНИВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТРУДА, КАК ОБЪЕКТА КВАЛИМЕТРИИ

Предметом исследования в статье является методика многокритериального оценивания показателя безопасности труда на производстве. **Цель** работы – разработка методики применения функциональной зависимости для многокритериального оценивания безопасности труда на производстве с учетом особенностей системы вредных и опасных производственных факторов. В статье решается следующая **задача**: исследовать возможность применения функциональной зависимости для получения оценок разноразмерных показателей безопасности труда на безразмерной шкале, при этом учесть ее неравномерность и согласовать ее с особенностями опасных факторов на производстве. Используются методы квалиметрии и математической статистики; экспертные. Получены следующие **результаты**: проанализированы существующие функциональные зависимости между измеренными значениями показателей качества и их оценкой на безразмерной шкале, которые использовались для оценки объектов квалиметрии различной природы. Показано, что для объективной оценки объектов квалиметрии, как правило, следует применять нелинейные зависимости. Главной задачей исследователя выбрать вид нелинейной зависимости, это требует дополнительных научных исследований. Инструмент для выбора той или иной нелинейной зависимости является понимание физической сущности объекта квалиметрии, то есть понимание закономерностей связи между измеренным значением показателей квалиметрии и их оценкой. Для этого важно применение методов экспертных оценок, ведь обычно такие закономерности неизвестны. Функциональная зависимость, применяемая для получения оценок показателей безопасности труда на производстве, является ступенчатой и включает параметр формы.

Изменяя параметр формы, меняется кривизна зависимости, тем самым меняется оценка на безразмерной шкале. Такая особенность применяемой зависимости позволяет разработать универсальную методику, то есть, изменяя параметр формы, данную зависимость можно применять для различных показателей безопасности труда на любом производстве. В качестве примера в статье рассматривается металлургическое производство, при этом оцениваются наиболее опасные факторы. Разработана пошаговая методика определения обобщенного показателя безопасности труда на производстве и примере измеренных численных значений опасных факторов, показаны ее действенность и универсальность. **Выводы:** Для определения обобщенного показателя безопасности труда на производстве предлагается применение функциональной зависимости между отдельными показателями вредных производственных факторов и их значениями на безразмерной шкале, что дает количественную оценку безопасности труда на производстве. С помощью предлагаемой методики можно принимать управленческие решения, что приводит к минимизации отклонения действительных значений вредных факторов от оптимальных.

Ключевые слова: функциональная зависимость; методика оценки; многокритериальное оценивание; объект квалиметрии; обобщенный показатель; безопасность труда.

APPLICATION OF FUNCTIONAL DEPENDENCE FOR MULTI-CRITERIAL ASSESSMENT OF LABOR SAFETY AS AN OBJECT OF QUALIMETRY

The **subject** matter of the article is the method of multi-criteria assessment of the indicator of labor safety in production. The **goal** of the work is to develop a methodology for applying functional dependence for multi-criteria assessment of labor safety in production, taking into account the characteristics of the system of harmful and dangerous production factors. The following **task** is solved in the article: to explore the possibility of using a functional dependence to obtain estimates of different-dimensional labor safety indicators on a dimensionless scale, while taking into account its unevenness and coordinating it with the characteristics of hazardous factors in production. **Methods** are used: qualimetry and mathematical statistics; expert. The following **results** were obtained: the existing functional dependencies between the measured values of quality indicators and their assessment on a dimensionless scale, which were used to evaluate qualimetry objects of various natures, were analyzed. It is shown that for an objective assessment of qualimetry objects, as a rule, nonlinear dependencies should be used. The main task of the researcher is to choose the type of nonlinear dependence; this requires additional scientific research. The tool for choosing one or another non-linear relationship is the understanding of the physical essence of the qualimetry object, that is, the understanding of the patterns of the relationship between the measured value of the qualimetry indicators and their assessment. For this, it is important to use the methods of expert assessments, because usually such patterns are unknown. The functional dependence used to obtain estimates of labor safety indicators in production is stepwise and includes a form parameter. By changing the shape parameter, the curvature of the dependence changes, thereby changing the estimate on the dimensionless scale. This feature of the applied dependence allows us to develop a universal methodology, that is, by changing the shape parameter, this dependence can be applied to various indicators of labor safety in any production. As an example, the article considers metallurgical production, while assessing the most dangerous factors. A step-by-step methodology for determining a generalized indicator of labor safety in production and an example of measured numerical values of hazardous factors has been developed, its effectiveness and versatility have been shown. **Conclusions:** to determine the generalized indicator of occupational safety at work, it is proposed to use the functional relationship between individual indicators of harmful production factors and their values on a dimensionless scale, which gives a quantitative assessment of occupational safety at work. With the help of the proposed method, you can make management decisions, which minimizes the deviation of the actual values of harmful factors from the optimal ones.

Keywords: functional dependence; assessment methodology; multi-criteria assessment; qualimetry object; generalized indicator; labor safety.

Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Черняк О. М., Сороколат Н. А., Багаєв І. О., Фатєєва Л. Ю. Застосування функціональної залежності для багатокритеріального оцінювання безпеки праці, як об'єкта квалиметрії. *Сучасний стан наукових досліджень та технологій в промисловості*. 2022. № 1 (19). С. 76–84. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.19.076>

Cherniak, O., Sorocolat, N., Bahaiev, I., Fatieieva, L. (2022), "Application of functional dependence for multi-criterial assessment of labor safety as an object of qualimetry", *Innovative Technologies and Scientific Solutions for Industries*, No. 1 (19), P. 76–84. DOI: <https://doi.org/10.30837/ITSSI.2022.19.076>