

УДК 331.461

DOI: 10.30838/P.СММ.2415.250918.126.142

РИЗИК-ОРІЄНТОВАНИЙ ПІДХІД ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ПРАЦІ НА РОБОЧИХ МІСЦЯХ

ТРЕТЬЯКОВ О. В.^{1*} д.т.н, доц.,
НЕСТЕРЕКО С. В.² к.т.н.,
ДОРОНІН Є. В.³ к.т.н., доц.,
ГОЛОВЕНКО М. М.⁴

^{1*}Кафедра гігієни і фізіології людини, Харківська державна академія фізичної культури, вул. Клочковська, 99, м. Харків, Україна, 61058, тел. +38 (097) 342-31-80, e-mail: mega_ovtr@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0457-9553

²Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, вул. Маршала Бажанова, 17, м. Харків, Україна, 61002, тел. +38 (098) 402-06-37, e-mail: spriz.72@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8255-109X

³Кафедра охорони праці та безпеки життєдіяльності, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, майдан Свободи 4, м. Харків, Україна, 61022, тел. +38 (063) 357-24-46, e-mail: evg-ksame@ukr.net, ORCID:0000-0001-6348-7563

⁴Товариство з обмеженою відповідальністю "Навчально-методичний центр "Новатор Сервіс", майдан Захисників України, 7/8, кімната 31, м. Харків, Україна, 61001, тел. +38 (096) 302-79-87, e-mail: novator.servis@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4569-6246

Мета. Розробка методичного підходу визначення рівня небезпеки для працівників у робочій зоні за умов сумісної дії шкідливих факторів різних класів при проведенні атестації робочих місць за умовами праці. **Методика.** Методи математичного моделювання визначення показників ризику впливу виробничих шкідливих і небезпечних факторів на людину в умовах виробництва. **Результати.** Проаналізована можливість застосування теорії ризику для визначення рівня впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів на працюючу людину. Запропоновано метод оцінки інтегрального ризику у робочій зоні з урахуванням часу перебування працюючих у зоні дії небезпечних факторів, що базується на ймовірнісній моделі впливу шкідливих факторів на здоров'я працівників. Отримані на основі ризик орієнтованого підходу залежності можна застосовувати для атестації робочих місць, визначенні пріоритету заходів з охорони праці з урахуванням рівня виробничого і професійного ризиків. **Наукова новизна.** Запропоновано метод оцінки інтегрального ризику у робочій зоні з урахуванням часу перебування працюючих у зоні дії небезпечних факторів **Практична значимість.** Отримані на основі ризик орієнтованого підходу залежності можна застосовувати для атестації робочих місць, визначенні пріоритету заходів з охорони праці з урахуванням рівня виробничого і професійного ризиків.

Ключові слова: ризик орієнтований підхід; шкідливі та небезпечні виробничі фактори; атестація робочих місць; імовірність.

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА НА РАБОЧИХ МЕСТАХ

ТРЕТЬЯКОВ О. В.^{1*} д.т.н, доц.,
НЕСТЕРЕКО С. В.² к.т.н.,
ДОРОНІН Є. В.³ к.т.н., доц.,
ГОЛОВЕНКО Н. Н.⁴

^{1*}Кафедра гигиены и физиологии человека, Харьковская государственная академия физической культуры, ул. Клочковская, 99, г. Харьков, Украина, 61058, тел. +38 (097) 342-31-80, e-mail: mega_ovtr@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0457-9553

²Кафедра охраны труда и безопасности жизнедеятельности, Харьковский национальный университет городского хозяйства имени А.Н. Бекетова, ул. Маршала Бажанова, 17, г. Харьков, Украина, 61002, тел. +38 (098) 402-06-37, e-mail: spriz.72@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8255-109X

³Кафедра охраны труда и безопасности жизнедеятельности, Харьковский национальный университет имени В.Н. Каразина, пл. Свободы 4, г. Харьков, Украина, 61022, тел. +38 (063) 357-24-46, e-mail: evg-ksame@ukr.net, ORCID:0000-0001-6348-7563

⁴Общество с ограниченной ответственностью "Учебно-методический центр "Новатор Сервис", пл. Защитников Украины, 7/8, комната 31, г. Харьков, Украина, 61001, тел. +38 (096) 302-79-87, e-mail: novator.servis@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4569-6246

Цель. Разработка методического подхода определения уровня опасности для работников в рабочей зоне при условии действия вредных факторов разных классов при проведении аттестации рабочих мест по условиям труда. **Методика.** Ме-

тоды математического моделирования определения показателей риска влияния производственных вредных и опасных факторов на человека в условиях производства. **Результаты.** Проанализирована возможность применения теории риска для определения влияния вредных и опасных производственных факторов на работающего человека. Предложен метод оценки интегрального риска в рабочей зоне с учетом времени пребывания работающих в зоне действия вредных факторов, который базируется на вероятностной модели влияния вредных факторов на здоровья работников. Полученные на основе риск ориентированного подхода зависимости можно применять для аттестации рабочих мест, определения приоритета мероприятий по охране труда с учетом уровня производственного и профессионального рисков. **Научная новизна.** Предложен метод оценки интегрального риска в рабочей зоне с учетом времени пребывания работающих в зоне действия вредных факторов. **Практическое значение.** Полученные на основе риск ориентированного подхода зависимости можно применять для аттестации рабочих мест, определения приоритета мероприятий по охране труда с учетом уровня производственного и профессионального рисков.

Ключевые слова: риск ориентированный подход; вредные и опасные производственные факторы; аттестация рабочих мест; вероятность.

THE RISK-ORIENTED APPROACH THE DETERMINATION OF WORKING CONDITIONS IN THE WORKPLACE

TRETYAKOV O.V.^{1*} *Dr. Sc. (Tech.), Assoc. Prof.,*
NESTERENKO S.VB.² *Ph.D. (Tech.)*
DORONIN E. V.³ *Ph.D.. (Tech.), Assoc. Prof.,*
GOLOVENKO N. N.⁴

^{1*}Department of Hygiene and Physiology, Kharkiv State Academy of Physical Culture, 99, Klochkovskaya St., Kharkiv, 61058, Ukraine, phone +38 (097) 342-31-80, e-mail: mega_ovtr@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0457-9553

²Department of Labor Protection and Life Safety O.M.Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv 17, Marshal Bazhanov St., Kharkiv, 61002, Ukraine, phone +38 (098) 402-06-37, e-mail: spriz.72@ukr.net, ORCID: 0000-0001-8255-109X

³Labor Supply and Safety of Life Department V. N. Karazin Kharkiv National University, 4 Svobody, Kharkiv, 61022, Ukraine, phone +38 (063) 357-24-46, e-mail: evg-ksame@ukr.net, ORCID: 0000-0001-6348-7563

⁴Limited liability company "Educational Methodical Center "Novator Servis", 7/8, Sachsynykyv Ukraine, 31, Kharkiv, 61001, Ukraine, phone +38 (096) 302-79-87, e-mail: novator.servis@ukr.net, ORCID: 0000-0002-4569-6246

Goal. Development of a methodological approach to determining the level of danger to workers in a zone under joint action of harmful factors of different classes in conducting certification of workplaces for working conditions. **Technique.** Methods of mathematical modelling of risk indicators of the impact of harmful and hazardous production factors per person in terms of production. **The results.** Analyzed the possibility of applying the theory of risk for the determination of the level of impact of harmful and hazardous factors on working man. The method of assessment of cumulative risk in working area with consideration of time working in the area of hazardous factors, based on the probability model of the influence of harmful factors on the health of workers. Obtained on the basis of a risk oriented approach of dependence can apply for the attestation of the workstations, the definition of priority measures for the protection of labour, taking into account the level of industrial and commercial risks. **Scientific novelty.** The method of assessment of cumulative risk in working area with consideration of time working in the area of dangerous factors of **practical importance**; Acquired on the basis of risk-oriented auditing approach can be apply for certification of jobs, identifying priority measures for labor protection with regard to the level of production and professional risks.

Keywords: the risk-oriented approach; harmful and hazardous production factors; attestation of employment probability.

Постановка проблеми

Перехід суспільства до широкого використання ринкових відносин, виникнення різноманітних форм власності потребують розроблення нових методологічних підходів до побудови сучасної моделі управління охороною й безпекою праці, зокрема аттестатії робочих місць за умовами праці, на національному, регіональному й виробничому рівнях, гнучкої та доступної для різних господарських структур і форм власності.

У суспільстві із соціально орієнтованою економікою охорона праці має бути одним з найважливіших завдань соціально-економічної політики як держави, так і кожного підприємства й організації.

В умовах сучасного виробництва окремі заходи щодо поліпшення умов праці для попередження професійних захворювань і травматизму є неефективними. Необхідно здійснювати комплексний аналіз умов праці і створювати в загальній системі керування виробництвом підсистему управління безпекою праці на основі проектних підходів [6]. Управління проектами з охорони праці включає планування з урахуванням результатів аттестатії робочих місць за умовами праці, прийняття рішень та реалізацію заходів, спрямованих на забезпечення безпеки, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці [2]. Наявність множини факторів виробничого середовища породжує задачу визначення інтегрального показника рівня небезпеки для працівників.

Атестація робочих місць передбачає комплексну оцінку факторів виробничого середовища і характеру праці, відповідність їх характеристик стандартам безпеки праці, будівельним та санітарним нормам і правилам.

Небезпеки мають потенційний, тобто скритий характер. Умови, при яких реалізуються потенційні небезпеки є причинами. Вони характеризують сукупність обставин, завдяки яким небезпеки мають прояв і викликають ті чи інші небажані наслідки, наносять шкоду. Форми шкоди або небажаних наслідків різноманітні: травми різної важкості, захворювання, що визначаються сучасними методами, шкода довкіллю тощо. Тріада «небезпека – причини – небажані наслідки» – це логічний процес розвитку, який реалізує потенційну небезпеку у реальну шкоду (наслідки). Наявність потенційних небезпек знаходить своє відображення в аксіомі: «Життєдіяльність людини потенційно небезпечна».

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Об'єктом аналізу небезпек є система «людина – машина – навколишнє середовище», в яку об'єднані технічні об'єкти, люди і довкілля, взаємодіючи один з одним.

Під потенційною небезпекою і шкідливістю виробничих процесів розуміють наявність шкідливих і небезпечних факторів, дія яких на людину може привести до виробничої травми або професійному захворюванню.

Існуючі методи визначення рівня небезпеки від сумісної дії шкідливих факторів у виробничих умовах засновані на принципі мінімуму Лібіха, недоліком якого є урахування факторів що мають максимальний вплив [3, 5]. У той же час, інші фактори, навіть якщо вони не мають перевищення допустимих нормативів, теж впливають на стан здоров'я працівників. Одним із засобів подолання цього протиріччя є впровадження ймовірнісних оцінок рівня небезпеки виробничого середовища.

Система управління охороною праці та політика підприємства в галузі охорони праці – складний вид проектно-орієнтованої діяльності в системі «людина – машина – робоча зона». Ця діяльність має такі, подібні з будь-яким іншим менеджментом, ознаки: мета – рівень виробничої безпеки; певні терміни виконання (початок і закінчення); встановлені фінансові, матеріальні та трудові ресурси; процеси, заходи та операції, які необхідні для досягнення мети [8].

Відмінності проектів з охорони праці: цільова функція проекту – безпека – не пов'язана з прибутком від виготовлення та реалізації продукту або надання послуги; унікальність – спосіб утворення небезпечних факторів та властивості чинників шкідливого впливу; умови реалізації – спрямованість на забезпечення безпеки працівників в процесі праці.

Теоретичною основою для формування концепції безпеки в організаційно-технічних системах є аксіома про потенційну небезпеку, принцип Фармера, закон Вебера-Фехнера, принцип мінімуму Лібіха, закон толерантності Шелфорда [3]. Ризик скорочення тривалості життя при дії шкідливих факторів у робочій зоні підприємств визначається на основі відомого закону Вебера-Фехнера [3]. Інші підходи оцінки ризику розглянуті в роботах [1, 4, 7, 8]. Рівень впливу факторів середовища на стан людей визначається на основі даних у формі залежності «доза – ефект» [1]. У загальному випадку в охороні праці результатом проектів є деякий продукт або послуга, які характеризуються ціною і мірою ризику.

Ризик в основному оцінюють ймовірнісною характеристикою (безрозмірною величиною від 0 до 1), але можливе використання і частоти реалізації ризику. Частота реалізації – це число випадків можливого прояву небезпеки за певний період часу. Наприклад, на рік, – тоді одиниці виміру ризику можуть бути такими – [1/рік] або [людей/рік].

Можна виділити дві давно сформовані точки зору на ризик – перша заснована на наукових і технічних оцінках: так званий теоретичний ризик, друга залежить від людського сприйняття ризику: так званий ефективний ризик [8].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

Необхідно запропонувати визначати рівень небезпеки у робочій зоні за допомогою функції ризику, що дозволить автоматизувати процес атестації робочих місць за умовами праці. Це дозволить уникнути суб'єктивного впливу при визначенні класу умов праці і, відповідно, встановленні компенсацій і пільг за роботу у шкідливих умовах праці. Вирішення цієї задачі забезпечить єдиний підхід до оцінки результатів атестації робочих місць за умовами праці не залежно від галузі і, одночасно, забезпечить реалізацію принципів концепції припустимого ризику.

Формулювання мети статті

Розробка методичного підходу визначення рівня небезпеки для працівників у робочій зоні за умов сумісної дії шкідливих факторів різних класів при проведенні атестації робочих місць за умовами праці.

Викладення основного матеріалу

Теоретичний ризик виражається у формі статистичного показника, який часто зводиться до ймовірності деякого небажаної події. Зазвичай ймовірність такої події і деяка оцінка очікуваної

шкоди об'єднується в один показник, який комбінує набір ймовірностей ризику і шкоди або винагороди. Таким чином, в статистичній теорії прийняття рішень, функція ризику оцінки $\delta(x)$ для параметра θ , обчислена при деяких спостережуваних параметрах x , визначається як математичне очікування функції втрат $L(\theta, \delta(x))$:

$$R(\theta) = \int L(\theta, \delta(x)) \cdot f(x | \theta) dx, \quad (1)$$

де $L(\theta, \delta(x))$ – функція втрат від параметра оцінки θ і значення оцінки $\delta(x)$;

$f(x | \theta)$ – ймовірність небажаної події.

На практиці, як правило, використовують приватні форми виразу (1), які складаються в тому, що залежність істотно спрощується, якщо врахувати конкретні умови виконання оцінки ризику. Ймовірність небажаної події, визначається частотою реалізації небезпек:

$$P = f(x | \theta) = \frac{N(t)}{Q(x)}, \quad (2)$$

де $N(t)$ – число небажаних подій за час t ;

$Q(x)$ – загальне число подій в системі.

Так, оцінки ризику у робочій зоні при впливі факторів середовища виконуються за умов припущення, що рівень забруднення відомий [8]. Це означає, що подія забруднення вже відбулась, тобто $P = 1$.

Для функції втрат $L(\theta, \delta(x))$ зазвичай приймають деяку вартісну міру одиниці ризику, яка характеризує наслідки деякої події. Вартісна міра ризику з точки зору роботодавця може бути прийнята згідно до законодавства рівною розміру п'ятирічного заробітку працівника. Подібну вартісну оцінку можна встановити і для інших рівнів тяжкості небажаних подій.

Надалі, в рамках цього дослідження будемо розглядати наслідки від впливу несприятливих факторів середовища для умов $P = 1$. Пропонується не використовувати вартісну міру ризику, оскільки вона віддзеркалює рівень розвитку суспільних відносин, а не характеристики якості організаційно-технічної системи. Для визначення наслідків можна використовувати функцію ризику, яка характеризує величину ймовірності ушкодження здоров'я працівників.

На даний час для визначення ризику від забруднення повітря хімічними речовинами в Україні впроваджена міжнародна методика [7], яка при оцінці ризику передбачає, що:

– для не канцерогенних речовин та канцерогенів негенотоксичної дії передбачається наявність порогових рівнів, нижче від яких шкідливі ефекти не виникають;

– канцерогенні ефекти, обумовлені дією генотоксичних канцерогенних чинників, можливі за дії будь-яких доз, що викликають пошкодження

генетичного матеріалу; для такого роду сполук відсутні порогові рівні.

Характеристику ризику розвитку не канцерогенних ефектів здійснюють шляхом порівняння фактичних рівнів експозиції з безпечними (референтними) рівнями впливу та визначенням коефіцієнта небезпеки:

$$HQ = AD/RfD \text{ або } HQ = AC/RfC \quad (3)$$

де HQ – коефіцієнт небезпеки;

AD – середня доза, мг/кг;

AC – середня концентрація, мг/м³;

RfD – референтна(безпечна) доза, мг/кг;

RfC – референтна концентрація, мг/м³.

За інгалаційного надходження, якщо цього не потребують спеціальні задачі дослідження, немає необхідності розраховувати дозу впливу, а розрахунок коефіцієнта небезпеки можна здійснювати за формулою:

$$HQ = C_i / RfC \quad (4)$$

де HQ – коефіцієнт небезпеки впливу і-тої речовини;

C_i – рівень впливу і-тої речовини, мг/м³;

RfC – безпечний рівень впливу, мг/м³.

Коефіцієнт небезпеки розраховують окремо за умов короткотривалого (гострого), підгострого і тривалого впливу хімічної речовини. При цьому період осереднення експозиції і відповідних безпечних рівнів впливу має бути аналогічним. Критерії для характеристики коефіцієнта небезпеки наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

**Критерії не канцерогенного ризику/
The criteria is not carcinogenic risk**

Характеристика ризику	Коефіцієнт небезпеки (HQ)
Ризик виникнення шкідливих ефектів розглядають як зневажливо малий	< 1
Гранична величина, що не потребує термінових заходів, однак не може розглядатися як досить прийнятна	1
Ймовірність розвитку шкідливих ефектів зростає пропорційно збільшенню HQ	>1

Характеристику ризику розвитку не канцерогенних ефектів за комбінованого впливу хімічних речовин проводять на основі розрахунку індексу небезпеки за формулою:

$$HI = \sum HQ_i \quad (5)$$

де HQ_i – коефіцієнти небезпеки для окремих компонентів суміші хімічних речовин, що впливають.

За аналогічною методикою розраховується індивідуальний канцерогенний ризик CR :

$$CR = LADD \cdot SF, \quad (6)$$

де $LADD$ – середня добова доза протягом життя, мг/(кг·доба);

SF – фактор нахилу, (мг/(кг·доба))⁻¹.

Розробка методу оцінки інтегрального ризику у робочій зоні.

У загальному випадку при забрудненні атмосферного повітря, відповідно до закону Вебера-Фехнера, має місце існування деякої функціональної залежності між рівнем забруднення, відчуттям і ризиком:

$$r = \frac{1}{k} \cdot \lg \frac{C}{C_0}, \quad (7)$$

де r – рівень ризику;

C – концентрація шкідливих речовин в повітрі, мг/м³;

k – коефіцієнт пропорційності;

C_0 – найменша концентрація, при якій відчувається дія.

На основі нормативних показників, визначених експериментально для кожної речовини, можна встановити дві закріплені точки залежності (7). Для спрощення перетворень виконаємо заміну $1/k$ на λ

$$\begin{cases} 1 \cdot 10^{-6} = \lambda \cdot \lg \frac{ГДК_{сд}}{C_0} \\ 0,5 = \lambda \cdot \lg \frac{ЛК_{50}}{C_0} \\ r = \lambda \cdot \lg \frac{C}{C_0} \end{cases} \quad (8)$$

Розв'язання системи рівнянь (8) для концентрацій забруднюючих речовин, що перевищують $ГДК_{сд}$:

$$\lambda = \frac{0,5 - 1 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{ЛК_{50}}{ГДК_{сд}}}, \quad (9)$$

$$C_0 = \frac{ГДК_{сд}}{10^{\frac{10^{-6}}{0,5 - 10^{-6}} \lg \frac{ЛК_{50}}{ГДК_{сд}}}},$$

$$r = (0,5 - 10^{-6}) \cdot \left(\frac{\lg \frac{C}{ГДК_{сд}}}{\lg \frac{ЛК_{50}}{ГДК_{сд}}} + \frac{10^{-6}}{0,5 - 10^{-6}} \right) \quad (10)$$

$$r = \frac{0,5 - 1 \cdot 10^{-6}}{\lg \frac{ЛК_{50}}{ГДК_{сд}}} \lg \frac{C}{ГДК_{сд}} + 1 \cdot 10^{-6}. \quad (11)$$

Рівняння (9) – (11) підтверджують, що наслідки дії хімічних факторів відповідають закону Вебера-Фехнера. Відмінність (10) від класичного виразу для залежності Вебера-Фехнера полягає в тому, що (10) містить вільний член 10^{-6} , який характеризує верхню границю дії. Другою відмінністю виразу (10) є введення нормування ризику в координатах $ЛК_{50}$ і $ГДК_{сд}$. Це дозволяє обчислити тангенс кута нахилу лінійної залежності ризику від логарифма нормованого відносно $ГДК_{сд}$ речовини, що діє. Таким чином отримана залежність (10) є узагальненням закону Вебера-Фехнера стосовно дії хімічних речовин на людський організм. За аналогією визначимо залежності ризику для шуму, іонізуючого випромінювання та електромагнітних коливань (таблиця 2).

Ключовою дією при оцінці рівня небезпеки є перетворення інформації про деяку властивість параметрів середовища в показники ризику. Складність, що виникає на цій стадії, зв'язана, перш за все, з тим, що всі попередні дослідження характеру дії шкідливих речовин і інших факторів проводилися, як правило, без врахування взаємного впливу факторів.

Тому питання про перетворення «доза – ефект», повинно вирішуватися виходячи з наявних експериментальних даних. У зв'язку з цим положенням вказане перетворення може здійснюватися відносно кожної елементарної властивості з подальшим зведенням окремих показників до єдиного критерію якості системи в цілому. Хоча у загальному випадку, якщо розглядати характер причинно-наслідкового зв'язку в послідовності подій «дія – відчуття – реакція», це не є принциповим

Розглянемо алгоритм перетворення параметрів середовища в показник техногенного ризику. Вирази для розрахунку потенційного ризику при дії різномірних факторів приведені в таблиці 2. Коефіцієнти b вибираються для кожної речовини, що діє, а коефіцієнт k для відповідного інтервалу частот електромагнітних коливань.

Якщо значення фактора менше прийнятого нормативного значення, то величина ризику розраховується з припущення лінійної зміни його величини від значення фактора:

$$r_i = \alpha \cdot F, \quad (12)$$

де $\alpha = 10^{-6}/ГДР$;

F – величина фактора $F < ГДР$.

Таблиця 2

Розрахунок потенційного ризику при дії різнорізних факторів / Calculation of the potential risk of different factors

Фактор	Норматив	Надмірний рівень	Формула для розрахунку ризику
Хімічні речовини (мг/м ³)	ГДК _{сл.} , залежить від речовини	ЛК ₅₀	$r = 10^{-6} + b \cdot \lg \frac{C}{ГДК}$
Шум (дБА)	ГДР	130 дБА	$r = 10^{-6} + 0,038 \cdot \lg \frac{I}{I_0}$
Іонізуюче випромінювання (мЗв рік ⁻¹)	Ліміт дози ГДР=20	>50	$r = 10^{-6} + 0,358 \cdot \lg \frac{D_E}{ГДР}$
Електромагнітні коливання (В/м)	ПДЕЕ, залежить від частоти	>500	$r = 10^{-6} + k \cdot \lg \frac{E}{ПДЕЕ}$

Розрахунок сумарного ризику виконується в такій послідовності. Спочатку розраховуються значення величини річного ризику для кожного фактора r_i , а потім обчислюється величина інтегрального ризику:

$$R = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - r_i), \quad (13)$$

Таким чином, отримано єдиний підхід до розрахунку оцінки параметрів робочої зони. Він позбавлений необхідності вводити множину шкал для характеристики якості середовища. Використання оцінки у вигляді відношення двох величин еквівалентно переходу від інтенсивності до екстенсивної характеристики впливу – дози, яка, як відомо, є інтегральною величиною і визначається з врахуванням часу дії. Отримані залежності можна застосовувати для атестації робочих місць, визначенні пріоритету заходів з охорони праці з урахуванням рівня виробничого і професійного ризиків.

Але такий підхід не можна визначити як абсолютно вірний тому, що від не враховує ймовірність перебування працюючого у зоні дії i -го небезпечного фактору. При врахуванні цього ймовірність наявності i -го небезпечного фактору в робочій зоні може бути визначена за формулою:

$$P_{v_i} = P_i^v \cdot P_i^p, \quad (14)$$

де P_i^v – ймовірність дії i -го небезпечного фактору;

P_i^p – ймовірність перебування працюючого у зоні дії i -го небезпечного фактору.

Ймовірність дії i -го небезпечного фактору та ймовірність перебування працюючого у зоні його дії визначається за формулами:

$$P_i^v = \frac{t_i^v}{T_{CM}} \quad \text{і} \quad P_i^p = \frac{t_i^p}{T_{CM}}, \quad (15)$$

де t_i^v – час дії i -го небезпечного фактору;
 t_i^p – час перебування працюючого у зоні дії i -го небезпечного фактору;
 T_{CM} – тривалість зміни.

Якщо підставити ці вирази у формулу (14) отримаємо ймовірність дії i -го небезпечного фактору на працюючого:

$$P_{v_i} = \frac{1}{T_{CM}^2} (t_i^v \cdot t_i^p). \quad (16)$$

При наявності 2, 3, ... n шкідливих факторів ймовірність їх дії визначається:

$$\begin{aligned} P_v(2) &= P_{v_2} + P_{v_1} - P_{v_2} \cdot P_{v_1} \\ P_v(3) &= P_{v_3} + P_{v_2} - P_{v_3} \cdot P_{v_2} \quad \dots \quad (17) \\ P_v(n) &= P_{v_n} + P_{v_{n-1}} - P_{v_n} \cdot P_{v_{n-1}} \end{aligned}$$

На рис. 1 наведена залежність ймовірності дії на працюючого n шкідливих факторів.

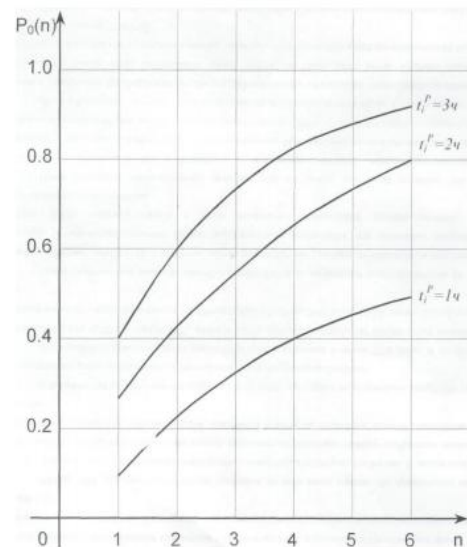


Рис. 1 – Залежність $P_0(n)$ дії i -ої кількості шкідливих факторів при $t_j^p = \text{const}$ /

The dependence $P_0(n)$ of the action i -th number of harmful factors at $t_j^p = \text{const}$

Якщо звісна ймовірність дії шкідливих факторів на працюючих, то можна визначити шкідливість виробничого процесу в цілому:

$$P_{nn}^0 = \frac{N_1 P_0(1) + N_2 P_0(2) + \dots + N_n P_0(n)}{N}, \quad (18)$$

де N_1, N_2, \dots, N_n – кількість працюючих, які підпадають під дію 1, 2, 3, ... n шкідливих факторів;

$P_0(1), P_0(2), \dots, P_0(n)$ – імовірність дії на працюючих 1, 2, 3, ... n шкідливих факторів;

N – загальна чисельність працюючих.

Кількісна оцінка потенційної шкідливості виробничих процесів. Імовірність дії j -го небезпечного фактору может бути визначена за формулою:

$$P_{b_j} = P_j^b \cdot P_j^p \cdot P_j^{nc}, \quad (19)$$

де P_j^b – імовірність наявності у робочій зоні j -го небезпечного фактору (речовини);

P_j^p – імовірність перебування людини у зоні дії j -го небезпечного фактору(речовини);

P_j^{nc} – вражаюча здатність j -го небезпечного фактору(речовини).

Імовірність наявності у робочій зоні j -го небезпечного фактору (речовини) та імовірність перебування людини у зоні дії цього фактору визначається за формулою (15). А вражаюча здатність j -го небезпечного фактору (речовини) визначається як:

$$P_j^{nc} = \frac{d_j}{D_j}, \quad (20)$$

d_j – фактичний рівень (вміст) j -го небезпечного фактору (речовини);

D_j – граничний рівень (вміст) j -го небезпечного фактору (речовини).

Граничний рівень (вміст) j -го небезпечного фактору (речовини) – це такий, при якому працюючі підлягають найшвидшій евакуації з опарної зони.

Якщо підставити у формулу (19) вирази для P_j^b , P_j^p і P_j^{nc} отримаємо:

$$P_{b_j} = \frac{t_j^b \cdot t_j^p \cdot d_j}{T_{CM}^2 \cdot D_j}. \quad (21)$$

Імовірність шкідливої дії m факторів визначається за формулою:

$$P_b(m) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P_{b_j}). \quad (22)$$

На рис. 2 наведена залежність можливості дії на людину m шкідливих факторів.

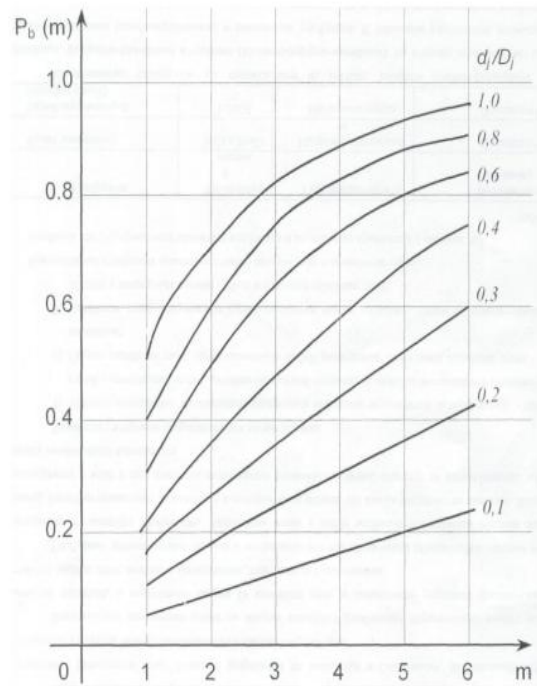


Рис. 2 – Залежність $P_b(m)$ від m -ої кількості шкідливих факторів та d_j/D_j ($t_j^b t_j^p = \text{const}$) / Reliance $P_b(m)$ from t -th number of harmful factors and d_j/D_j ($t_j^b t_j^p = \text{const}$)

Якщо звісна імовірність дії шкідливих факторів на працюючих, то можна визначити шкідливість виробничого процесу в цілому:

$$P_{nb}^b = \frac{N_1 P_b(1) + N_2 P_b(2) + \dots + N_m P_b(m)}{N}. \quad (22)$$

Висновки

Отримано єдиний підхід до розрахунку виробничого ризику в залежності від параметрів робочої зони з урахуванням часу перебування працюючих у зоні дії небезпечних факторів. Він позбавлений необхідності вводити множину шкал для характеристики якості середовища. Отримані на основі ризик орієнтованого підходу залежності можна застосовувати для атестації робочих місць, визначенні пріоритету заходів з охорони праці з урахуванням рівня виробничого і професійного ризиків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Басиль Е.Е. Риск сокращения продолжительности жизни: рабочая зона / Басиль Е.Е., Изотов С.А., Гогунский В.Д. // Труды Одес. политехн. ун-та. - Вып. 2. - 1997. - С.133 – 135.
2. Гогунский, В.Д. Управление рисками в проектах з охорони праці як метод усунення шкідливих і небезпечних умов праці / В.Д. Гогунский, Ю.С. Чернега // Вост.-Европейский журнал передовых технологий. – № 1/10 (61). 2013 – С. 83 – 85.
3. Гогунский, В.Д. Теория и практика оценки риска здоровью от воздействия факторов внешней среды / В.Д. Гогунский, С.В. Руденко, И.В. Урядникова // Безопасность жизни і діяльності людини – освіта, наука, практика: зб. наук. пр. X міжнар. наук.-метод. конф. – К. : 2011. — С. 170 — 175.

4. Гогунский, В.Д. Практические задачи измерения качества в проектах / В.Д. Гогунский, Т.М. Олех, А.Г. Оборская // Вост.-Европ. журн. передовых технологий. – Харьков: Технолог. центр, 2012. – №1/11 (55). – С. 6–8.
5. ДСТУ ISO 14001:2006. Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 14001:2004, IDT). – К.: 2006. – 17 с.
6. Закон України «Про охорону праці.» – Редакція від 18.11.2012 [Електронний ресурс]. – <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>. – 16.09.2013.
7. Методичні рекомендації «Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря» [Електронний ресурс]. – Затв. наказом МОЗ України 13.04.2007 р. № 184. – <http://ua-info.biz/legal/baseuw/ua-qmwote/index.htm>
8. Руденко С.В. Оценка экологической безопасности в проектах: монография / С.В. Руденко, В.Д. Гогунский. – Одесса: Феникс, 2006. – 144 с.

REFERENCES

1. Basil E.E. The risk of reducing of life: work free / Basil E.E., Isotov S.A., Gogunskiy V.D. // *Odes'kyi Politechnichnyi Universytet. Pratsi*. Vol. 2.- 1997. – pp. 133-135.
2. Gogunskiy V.D. Risk management in projects with labor as a method of eliminating the hazardous working conditions / V.D. Gogunskiy, U.S. Chernega // *Eastem-European Journal of enterprise technologies* .- No 1/10(61). 2013. pp. 83-85.
3. Gogunskiy V.D. Theory and practice of assessment of risk to health from the effect environmental factors / V.D. Gogunskiy, S.V. Rudenko, I.V. Uryadnikova // *Security of life and human activity – education, science, and practice: a collection of scientific papers. X international scientific-methodical Conference*. – К.: 2011 – pp. 170 – 175.
4. Gogunskiy V.D. Practical problems of measurement of quality in the projects / V.D. Gogunskiy, T.M. Olech, A.G. Oborskaya // *Eastem-European Journal of enterprise technologies* .- No 1/11(55). – pp. 6 – 8.
5. DSTU ISO 14001:2006. Environmental management systems. Requirements and instructions for use. – К.: 2006. – 17 p.
6. Law of Ukraine “On the protection of labor” – Editorial from 18.11.2012 [Electronic resurse]. – <http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>. – 16.09.2013.
7. Methodical recommendations «Risk assesment for human health from air pollution» [Electronic resourse].- Order of Ministry of health of Ukraine 13.04.2007 p. № 184. – <http://ua-info.biz/legal/baseuw/ua-qmwote/index.htm>
8. Rudenko S.V. Evaluation of ecological safety in projects: monograph / S.V. Rudenko, V.D. Gogunskiy. – Odessa: Fenics, 2006. – 144 p.

Надійшла до редколегії 3.10.2018 р.