

# Інформаційні технології в економіці, підприємстві та виробництві

УДК 331.45

М.І. Адаменко<sup>1</sup>, О.В. Третяков<sup>2</sup>, О.А. Смирнова<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна, Харків

<sup>2</sup> Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків

## ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ІНФОРМАЦІЙНОГО І МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РИЗИК-ОРІЄНТОВАНОГО ПІДХОДУ ВИЗНАЧЕННЯ УМОВ ПРАЦІ НА ВИРОБНИЦТВІ

*Запропоновано теоретичні основи інформаційних та методичних засад забезпечення ризик-орієнтованого підходу визначення класифікації шкідливих умов праці з урахуванням синергічного ефекту виробничих факторів, які суттєво впливають на стан здоров'я працівників. Наведено системний підхід до визначення впливу сукупності різних факторів ураження на працівника у робочій зоні.*

**Ключові слова:** умови праці, шкідливі і небезпечні виробничі фактори, система «машина – середовище – людина», ризик-орієнтований підхід, синергічний ефект.

### Вступ

**Постановка проблеми.** Стан умов праці на робочих місцях, які визначаються наявністю і рівнем шкідливих і небезпечних виробничих факторів та станом оточуючого середовища, багато в чому визначають рівень травматизму і професійних захворювань на підприємствах. Умови праці на виробництві диференціюються залежно від фактично визначених рівнів факторів виробничого середовища порівняно із санітарними нормами, правилами, гігієнічними нормативами, а також з урахуванням можливого шкідливого впливу їх на стан здоров'я працюючих. Вищенаведене безумовно свідчить про **актуальність обраної теми.**

Основним недоліком Гігієнічної класифікації праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу [1] є те, що вона не пропонує інтегрального показника рівня безпеки для працівників, виходячи з наявності множини факторів виробничого середовища, а пропонує враховувати шкідливі і небезпечні фактори односпрямованої дії та різноспрямованої дії окремо кожний. Такий підхід ні в якому разі не дозволяє визначати рівень безпеки у робочій зоні за допомогою функції ризику, що дозволило би автоматизувати процес атестації робочих місць. Для застосування цих функцій необхідно повністю змінити методичний підхід оцінки стану умов праці за рахунок переходу до ризик-орієнтованого підходу визначення класифікації шкідливих умов праці.

**Аналіз останніх досліджень.** Існуючі методи визначення рівня безпеки від сумісної дії шкідливих факторів засновані на принципі мінімуму Лібіха, недоліком якого є урахування факторів що мають максимальний вплив [2; 3].

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 безпеки виробничого середовища. У роботі [4] запропоновано методика переведення рівнів шкідливих і небезпечних факторів у показники потенційного ризику з подальшим обчисленням величини інтегрального ризику для робочого місця. При такому підході нібито реалізується ризик-орієнтовний підхід визначення безпеки від сумісної дії шкідливих виробничих факторів, але повністю виключаються синергічні ефекти виробничих факторів, які можуть суттєво впливати на стан здоров'я працівників.

Таким чином **метою роботи** є розробка інформаційних та методичних засад забезпечення ризик-орієнтованого підходу визначення класифікації шкідливих умов праці.

### Викладення основного матеріалу

У попередніх публікаціях авторами розглядалося відношення фактору ураження  $F_i$ , як ініціюючого, на показник зміни стану здоров'я людини  $m_i$  (1).

$$F_i \rightarrow m_i. \quad (1)$$

Відношення (1) дає змогу схематично окреслити систему «машина – середовище – людина». Слід зазначити, що є доцільним оцінювати вплив шкідливих або небезпечних факторів на працездатність та стан здоров'я робітника зі застосуванням системного підходу. Потрібно відзначити, що при аналізі вхідного масиву необхідно врахувати фактори односпрямованої дії, фактори різноспрямованої дії [1], а також ті, що можуть проявляти синергічний ефект:

$$\begin{cases} F_{1j} \\ F_{ijn} \end{cases} \rightarrow F_{ijsin}, \quad (2)$$

де  $F_{ij}$ ,  $F_{ijn}$  – шкідливі фактори, які у сукупності проявляють синергічний ефект;

$F_{ijsin}$  – синергічний ефект факторів.

Відповідно:

$$\begin{cases} m_{ij} \\ m_{ijn} \end{cases} \rightarrow m_{ijsin}, \quad (3)$$

де  $m_{ij}$ ,  $m_{ijn}$  – вплив шкідливих факторів, які у сукупності проявляють синергічний ефект;  $m_{ijsin}$  – синергічний вплив факторів.

Таким чином схема для розкриття структури системи, що досліджується: набуває наступного вигляду (рис. 1).



Рис. 1. Схема системи «машина – середовище – людина» з урахуванням синергічних ефектів:

$m_{1sin} \dots m_{ijsin}$  – синергічний вплив факторів;  
 $m_{1Asin} \dots m_{kAsin}$  – синергічний вплив факторів після дії оператора А

Використовуючи результати, які можуть бути отриманими при моделюванні процесів у системі (рис. 1), можливо отримати дані щодо розрахунку ризиків ураження робітників від дії шкідливих та небезпечних факторів. Однак, враховуючи те, що кожен фактор ураження є по суті функцією, означеною формулою (4):

$$F_i = f(t_{вп}, \vartheta, S_d \dots), \quad (4)$$

де  $F_i$  – фактор ураження;  $t_{вп}$  – час впливу;  $\vartheta$  – інтенсивність впливу;  $S_d$  – сектор (площа) дії.

У подальшому буде потрібно розв'язання задач «управляючого комплексу». Як найпростіше, для цього можливо застосувати математичний апарат дослідження операцій. Під операціями у даному

випадку будуть матися на увазі засоби захисту з подальшим вибором раціональних рішень щодо їх розподілу.

У відносно найпростішому випадку будемо вважати, що отримані показники піддаються точному кількісному вимірюванню з існуючими однозначними залежностями між ними. Такий підхід дозволить розподіляти ресурси захисту при допомозі моделей математичного програмування:

$$\sum_{i=1}^b \sum_{j=1}^d N_{ij} Y_{ij} \rightarrow \min, \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^b Y_{ij} \geq T_j \quad (j = \overline{1, d}), \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^b Y_{ij} \leq Q_i \quad (i = \overline{1, b}), \quad (7)$$

$$Y_{ij} \geq 0 \quad (i = \overline{1, b}; j = \overline{1, d}), \quad (8)$$

де  $Y_{ij}$  – розподіл  $i$ -го матеріального ресурсу для виконання  $j$ -го заходу;  $N_{ij}$  – норматив витрати  $i$ -го матеріального ресурсу для виконання  $j$ -го заходу;  $T_j$  – необхідний обсяг ресурсів для виконання  $j$ -го заходу;  $Q_i$  – наявний обсяг  $i$ -го матеріального ресурсу.

У випадку, якщо ми маємо справу тільки з законами розподілення випадкових реалізацій досліджуваних у системі процесів, можливо рекомендувати використання моделей масового обслуговування. Найпростіша модель одно каналної системи з постійними параметрами потоку завдань і швидкості обслуговування буде описуватися рівняннями:

$$\bar{h} = \frac{\rho}{1 - \rho}, \quad (9)$$

$$\bar{u} = \frac{\rho^2}{1 - \rho}, \quad (10)$$

$$\bar{Z} = \rho, \quad (11)$$

де  $\bar{h}$  – середнє число завдань у системі;  $\bar{u}$  – середнє число завдань у черзі на обслуговування;  $\bar{Z}$  – середнє число завдань, які обслуговуються ( $\bar{Z} = \bar{h} - \bar{u}$ );  $\rho$  – інтенсивність обслуговування.

Для системи з  $l > \rho$  можливо застосувати рівняння:

$$\bar{u} = \frac{P_0 \times \rho^{l+1}}{1 \times l! \left(1 - \frac{\rho}{l}\right)^2}, \quad (12)$$

$$\bar{h} = \bar{u} + \rho, \quad (13)$$

$$\bar{Z} = \rho, \quad (14)$$

де  $P_0$  – ймовірність нульового чекання по всіх каналах.

У випадку необхідності моделі цих класів можуть описувати і більш складні процеси, що дає змогу рекомендувати їх для визначення вихідних

параметрів ризик-розрахунків. Потрібно відзначити, що для особливих випадків можливо також використання моделей теорії ігор, логічних моделей, семантичних мереж, продукційних систем та ін. Однак, для загальних випадків запропонованого підходу буде достатньо для отримання первинного масиву щодо визначення ризиків.

Для безпосереднього визначення ризиків в початковій фазі застосовується алгоритм п'яти кроків [5]. У випадку, який досліджується, він буде мати наступний вигляд (рис. 2):



Рис. 2. Алгоритм п'яти кроків для процесів, які досліджуються

По першому кроку виконується збір та аналіз всіх матеріалів по обліку та аналізу нещасних випадків та випадків професійних захворювань для даної галузі виробництва (або для конкретного виробництва) з метою дати відповіді на наступні запитання:

- якими є первинні та вторинні джерела потенційної небезпеки?
- якою є генеза первинних та вторинних джерел потенційної небезпеки?
- за яких умов і де саме ці джерела потенційної небезпеки можуть уразити працівника даної галузі виробництва (або конкретного виробництва)?

По другому кроку проводиться аналіз потенційної потужності виявлених джерел небезпеки та визначається можлива зона ураження негативними факторами з метою відповіді на такі запитання:

- якою була у минулому і очікується зараз послідовність утворення негативних факторів, інтенсивність їх прояву, частота їх утворення, швидкість та тривалість негативного впливу небезпечних чинників за умови відсутності інженерно-технічних та організаційних запобіжних заходів?

- як будуть змінюватися вказані характеристики при застосуванні різних варіантів запобіжних заходів?

По третьому кроку за результатами аналізу та прогнозування можливих змін у характеристиках негативних факторів для відповіді на наступні запитання:

- якою є чисельність населення на прилеглий території та ступінь його уразливості від прогнозованого ураження певного типу та інтенсивності?

- якою є ступінь уразливості території виробничого об'єкту від прогнозованого ураження певного типу та інтенсивності?

По четвертому кроку на основі проведеного аналізу джерел потенційної небезпеки і потенційних об'єктів ураження (ділянок виробництва або окремих робочих місць) формулюються відповіді на наступні запитання:

- яким може бути сценарій розвитку подій при виникненні потенційно небезпечного виробничого фактору (факторів)?
- в чому можуть проявлятися первинні та вторинні наслідки прояву джерел потенційної небезпеки?
- якою є ймовірність реалізації такого сценарію?
- яким є можливий рівень втрат від окремих негативних чинників та від їх комплексного впливу?
- якими можуть бути диференційовані та інтегральні ризики життєдіяльності виробничого об'єкту?

По п'ятому кроку з урахуванням економічних, соціальних, санітарно-гігієнічних та екологічних вимог і можливостей даного виробничого об'єкту розробляються відповіді на наступні запитання:

- яким є припустимі рівні ризику за видами потенційних джерел для даного виробництва?
- якими будуть сценарії розвитку подій, ймовірності прояву негативних факторів та втрати трудових і матеріальних ресурсів після здійснення різних варіантів запобіжних заходів?
- який із варіантів запобіжних заходів забезпечує досягнення припустимого рівня ризику при мінімальних витратах на його реалізацію?
- які додаткові заходи потрібні для зменшення і контролю за залишковими ризиками на підприємстві?

При цьому ризик можна представити як функціонал від набору функцій, які можливо визначити за специфікою роботи підприємства, що досліджується. Вплив вражаючих факторів на працівника в залежності від визначаючих параметрів, можна представити у вигляді:

$$n_1(x_1 \dots x_m), n_2(y_1 \dots y_m), \dots, n_i(z_1 \dots z_m), \quad (15)$$

де X, Y, Z – комплекси параметрів, що визначають вплив відповідних уражаючих факторів;

$n_1, n_2, \dots, n_i$  – впливи вражаючих факторів на працівника;

$x_1 \dots x_m, y_1 \dots y_m, z_1 \dots z_m$  – параметри відповідних вражаючих факторів.

Тоді оцінку рівня можливого ризику виникнення сукупного впливу шкідливих уражаючих факторів можна записати у вигляді наступного співвідношення:

$$R = R(n_1(X), n_2(Y) \dots n_i(Z)), \quad (16)$$

при умові, що

$$R \rightarrow \min, \quad (17)$$

де  $R$  – ризик виникнення сукупного впливу шкідливих уражаючих факторів.

Таким чином, за результатами прогнозування обстановки щодо впливу шкідливих та небезпечних факторів ураження на працівників, можливостей підприємства щодо засобів локалізації цих впливів та наведених алгоритмів можливо розрахувати ризики втрати працездатності та отримання працівниками професійних захворювань.

### Висновки

Своєчасна локалізація небезпек, шкідливих та небезпечних факторів будь-якого походження потребує системного підходу та адекватного науково-методичного інструментарію для оцінювання ризиків життєдіяльності та мінімізації ймовірних негативних наслідків.

Головну складність для математичного моделювання ризиків у системі «машина – середовище – людина» становить невизначеність просторово-часових і об'ємо-потужнісних параметрів процесів прояву небезпечних та шкідливих факторів та їх впливу на працівника у робочому середовищі. Для інформаційно-аналітичної підтримки розв'язання задач оцінювання виробничих ризиків можливо застосовувати підходи формалізації співвідношення між ризиками з одного боку та ступенем небезпеки факторів ураження з іншого боку.

Таким чином, наведені теоретичні основи надають можливість класифікації шкідливих умов праці з урахуванням ризик-орієнтованого підходу та з розробкою у подальших роботах моделей системного визначення ризиків для будь-якого підприємства.

### Список літератури

1. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» наказ МОЗ від 08.04.2014 р. № 248.

2. Гогунський В.Д. Теорія і практика оцінки ризику здоров'ю от воздействия факторов внешней среды / В.Д. Гогунський, С.В. Руденко, И.В. Урядникова // *Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика: зб. наук. пр. X міжнар. наук.-метод. конф. – К.: Центр учбової літератури, 2011. – С. 170-175.*

3. ДСТУ ISO 14001:2006. Системи екологічного керування. Вимоги та настанови щодо застосування (ISO 14001:2004, IDT). – К.: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ України, 2006. – 17 с.

4. Гогунський В.Д. Визначення рівня небезпеки у робочій зоні за умов сумісної дії факторів різних класів / В.Д. Гогунський, О.С. Харковенко, Т.В. Кравченко, Ю.С. Чернега // *Інформаційні технології в освіті, науці та виробництві. – 2013. – Вип. 4(5). – С. 24-31.*

5. ISO 31000 - Risk management [Електронний ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.iso.org/iso-31000-risk-management.html> 14.06. 2017.

Надійшла до редколегії 15.05.2017

**Рецензент:** д-р техн. наук проф. Г.А. Кучук, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків.

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНФОРМАЦИОННОГО И МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСЛОВИЙ ТРУДА НА ПРОИЗВОДСТВЕ

Н.И. Адаменко, О.В. Третьяков, Е.А. Смирнова

*Предложены основные теоретические положения информационного и методического основ обеспечения риск-ориентированного подхода определения классификации вредных условий труда с учетом синергетического эффекта производственных факторов, которые существенно влияют на состояние здоровья работников. Приведен системный подход к определению влияния совокупности различных факторов поражения на работника в рабочей зоне.*

**Ключевые слова:** условия труда, вредные и опасные производственные факторы, система «машина-среда-человек», риск-ориентированный подход, синергетический эффект.

### THEORETICAL FOUNDATIONS OF INFORMATION AND METHODOLOGICAL SUPPORT OF THE RISK-ORIENTED APPROACH FOR DETERMINING THE CONDITIONS OF LABOR ON PRODUCTION

N. Adamenko, O. Tretyakov, O. Smirnova

*Theoretical bases of information and methodical bases of maintenance of the risk-focused approach of definition of classification of harmful working conditions with allowance for a synergetic effect of production factors which essentially influence a state of health of workers are offered. A systematic approach to determining the effect of a combination of different factors of damage on an employee in the work area is given.*

**Keywords:** working conditions, harmful and dangerous production factors, "machine-environment-human" system, risk-oriented approach, synergetic effect.