

**ОЦІНКА УМОВ ПРАЦІ ПРАЦІВНИКІВ ТРАНСПОРТНОЇ ГАЛУЗІ НА  
ОСНОВІ ІНТЕГРАЛЬНОГО ПОКАЗНИКА**

**Третьяков Олег Вальтерович**  
д.т.н., професор  
**Гармаш Богдан Костянтинович**  
к.т.н., доцент  
**Білецька Євгенія Сергіївна**  
здобувач  
Український державний університет залізничного транспорту  
кафедра охорони праці та навколишнього середовища  
м. Харків, Україна

**Вступ.** Щорічна смертність у світі від «пов'язаних з роботою захворювань» становить 2,2 мільйона осіб: такі дані оголошує Всесвітній конгрес з охорони праці. Зокрема зазначається, що у 15 країнах Євросоюзу на їхню частку припадає 120 тисяч смертей, що в 20 разів перевищує кількість смертельних нещасних випадків на виробництві. [1]. Отже, поняття «пов'язані з роботою захворювання» ширше ніж поняття «професійні захворювання» і включає в себе усі захворювання, причиною яких є трудова діяльність. Глобальна оцінка нещасних випадків зі смертельними наслідками, проведена МОП показує, що в світі щорічно на виробництві гине понад 300 000 чоловік [2]. На даний час Україна взяла на себе зобов'язання щодо приведення національного законодавства у відповідність з законодавством ЄС, коли заявила про свій намір приєднатися до Європейського Союзу. Для інтеграції в світове співтовариство виникає потреба у розробці і реалізації основних положень для гармонізації принципів, методів і критеріїв оцінки ризику для здоров'я працівників у виробничих умовах для узгодження з міжнародними підходами [3].

**Мета досліджень.** Розробка методичного забезпечення для визначення рівня небезпеки працівників у робочій зоні із урахуванням сумісної дії

шкідливих факторів різних класів на основі інтегрального показнику – виробничого ризику.

**Матеріали і методи.** Закон Вебера-Фехнера може бути обраний як теоретична основа для формування нової концепції безпеки в організаційно-технічних системах [4]. Оцінки ризику у робочій зоні за умов впливу факторів середовища найчастіше відбуваються із припущенням, що рівень забруднення вже є відомим [5]. Мається на увазі, що  $P = 1$ : тобто, подія забруднення вже відбулась. Відповідно до закону Вебера-Фехнера, при забрудненні атмосферного повітря в загальному випадку, має місце існування деякої функціональної залежності між рівнем забруднення, відчуттям і ризиком:

$$r = 1/k \cdot \lg C/C_0, \quad (1)$$

де  $r$  – рівень ризику;

$C$  – концентрація шкідливих речовин в повітрі, мг/м<sup>3</sup>;

$k$  – коефіцієнт пропорційності;

$C_0$  – найменша концентрація, при якій відчувається дія.

Якщо взяти за основу нормативні показники, необхідність визначати які потрібно експериментально для кожної окремої речовини, в подальшому реально встановити дві закріплені точки залежності (1). А виконавши заміну  $1/k$  на  $\lambda$  для спрощення перетворень, в результаті отримаємо:

$$\begin{cases} 1 \cdot 10^{-6} = \lambda \cdot \lg \text{ГДК}_{\text{сд}}/C_0 \\ 0,5 = \lambda \cdot \lg \text{ЛК}_{50}/C_0 \\ r = \lambda \cdot \lg C/C_0. \end{cases} \quad (2)$$

При розв'язанні системи рівнянь (2) для визначення концентрацій забруднюючих речовин, що перевищують значення  $\text{ГДК}_{\text{сд}}$ , вираз матиме наступний вигляд:

$$r = (0,5 - 1 \cdot 10^{-6}) / [\lg(\text{ЛК}_{50}/\text{ГДК}_{\text{сд}})] \cdot \lg(C/\text{ГДК}_{\text{сд}}) + 1 \cdot 10^{-6}. \quad (3)$$

Далі проводимо розрахунки значення величини річного ризику для кожного фактора  $r_i$ , а потім обчислюємо величину інтегрального ризику:

$$R = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - r_i), \quad (4)$$

Для урахування імовірності перебування працюючого у зоні дії  $i$ -го небезпечного фактору можна визначати імовірність наявності  $i$ -го небезпечного фактору в робочій зоні за наступною формулою:

$$P_{v_i} = P_i^v \cdot P_i^p, \quad (5)$$

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

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

Визначаємо імовірність дії  $i$ -го небезпечного фактору та імовірність перебування працюючого у зоні його дії за наступними формулами:

$$P_i^v = t_i^v / T_{CM} \quad \text{і} \quad P_i^p = t_i^p / T_{CM}, \quad (6)$$

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.

Водночас, коли є одночасна наявність 2, 3, ...  $n$  шкідливих факторів, імовірність їхньої дії можна визначити наступним чином:

$$\begin{aligned} P_v(2) &= P_{v_2} + P_{v_1} - P_{v_2} \cdot P_{v_1} \\ P_v(3) &= P_{v_3} + P_{v_2} - P_{v_3} \cdot P_{v_2} \quad . \\ P_v(n) &= P_{v_n} + P_{v_{n-1}} - P_{v_n} \cdot P_{v_{n-1}} \end{aligned} \quad (7)$$

У випадку, коли відома імовірність дії шкідливих факторів на працюючих, подальше визначення шкідливості виробничого процесу в цілому відбуватиметься таким чином:

$$P_{mn}^0 = \frac{N_1 P_0(1) + N_2 P_0(2) + \dots + N_n P_0(n)}{N}, \quad (8)$$

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.

Наступним етапом буде визначення імовірність дії на працюючих  $j$ -го небезпечного фактору за формулою:

$$P_{b_j} = P_j^b \cdot P_j^p \cdot P_j^{nc}, \quad (9)$$

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);

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

Отже, підставивши у формулу (9) вирази для  $P_j^b, P_j^p$  і  $P_j^{nc}$ , формула отримає наступний вигляд:

$$P_{b_j} = \frac{t_j^b \cdot t_j^p \cdot d_j}{T_{CM}^2 \cdot D_j}. \quad (10)$$

Для визначення загальної імовірності шкідливої дії  $m$  факторів використовуємо формулу:

$$P_b(m) = 1 - \prod_{j=1}^m (1 - P_{b_j}). \quad (11)$$

**Результати і обговорення.** Отримані залежності при застосуванні для атестації робочих місць значно полегшать оцінку факторів виробничого середовища і трудового процесу. Аналіз карт умов праці за результатами

атестації робочих місць кранового цеху АФ-1 виробничого підрозділу «Локомотивне депо Основа» був проведений на основі алгоритму перетворення параметрів середовища у показник виробничого ризику (табл. 1):

**Таблиця 1**

**Результати розрахунку оцінки параметрів робочої зони кранового цеху АФ-1**

№ Робочого місця	Робоче місце, професія, цех (дільниця, відділ)	Клас умов праці	Фактори виробничого середовища і трудового процесу	Нормативне значення (ГДК), (ГДР)	Фактичне значення	Потенційний ризик, $r_i$	Інтегральний ризик, $R_{int}$
1	2		3	4	5	6	7
11	Електрозварник (зайнятий різанням та ручним зварюванням)	3.2	ШХР, марганець	0,2	0,24	0,009003	0,7749 52
			ШХР, оксид заліза	6	6,7	0,008205	
			ІЧ випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	140	358	0,156705	
			Робоча поза	10	38	0,728481	
12	Електрозварник ручного зварювання	3.2	ШХР, марганець	0,2	0,26	0,012955	0,6124 67
			ШХР, оксид заліза	6	7	0,011461	
			ІЧ	140	388	0,170137	

			випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>				
			Робоча поза	10	26	0,521402	
13	Електрозварник (зайнятий різанням та ручним зварюванням)	3.2	ШХР, марганець	0,2	0,25	0,011019	0,7236 31
			ШХР, оксид заліза	6	7	0,011461	
			ГЧ випромінювання, Вт/м <sup>2</sup>	140	342	0,149074	
			Робоча поза	10	34	0,667787	
16	Машиніст крана	3.2	Шум, дБА	80	83	0,000609	0,000609
33	Слюсар з ремонту рухомого складу (випробування дизелів)	3.1	Шум, дБА	80	90	0,001945	0,001945

Проведена оцінка умов праці у підсумку свідчить про те, що робочі місця № 11, № 12, № 13 відносяться до 3.2 класу відповідно до [6], але згідно з розрахунками показники інтегрального ризику відповідно до [7] є надмірними. Показник інтегрального ризику робочого місця № 16 за розрахунками є гранично – допустимими ( $\approx 10^{-4}$ ) згідно [7], але відноситься до 3.2 класу відповідно до [6]. За результатами розрахунків показник інтегрального ризику для робочого місця № 33 дорівнює  $\approx 10^{-3}$ , але умови праці відповідно до [6]

визначені такі, що відповідають 3.1 класу. Маємо доведену суб'єктивність [6] щодо оцінки фактичних умов та характеру праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища.

**Висновки.** Запропоноване методичне забезпечення для визначення рівня потенційної небезпеки у робочій зоні працівників залізничного транспорту враховує сумісну дію шкідливих факторів різних класів на основі інтегрального показнику. Такий підхід до оцінки умов праці вирішує питання щодо вдосконалення системи медико-гігієнічного моніторингу. Впровадження інтегрального показника шкоди дозволить провести об'єктивну оцінку кількісної оцінки збитку здоров'ю людей, що наноситься шкідливими і небезпечними чинниками виробничого середовища.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ILO Introductory Report: Decent Work - Safe Work. Geneva, International Labor Office, 2006. 56 p.
2. Linn H.I., Amendola A.A. Occupational Safety Research: Overview. *Encyclopedia of Occupational Safety and Health. International Labor Organization.* Geneva, 2005. URL: [https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed\\_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms\\_116863.pdf](https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/---safework/documents/publication/wcms_116863.pdf) (last access: 7.08.2020).
3. ISO 45001 Системи менеджменту охорони здоров'я і безпеки праці. Вимоги з застосування. URL: <https://www.iso.org/standard/63787.html> (дата звернення 5.08.2020).
4. Гогунский, В.Д., Руденко С.В., Урядникова И.В. Теория и практика оценки риска здоровью от воздействия факторов внешней среды. *Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика* : зб. наук. пр. X міжнар. наук.-метод. конф. Київ : Центр учбової літератури, 2011. С. 170—175.
5. Басиль Е.Е., Изотов С.А., Гогунский В.Д. Риск сокращения продолжительности жизни: рабочая зона. *Труды Одесского политехнического университета.* 1997. Вып. 2. С.133—135.

6. Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу» / Наказ МОЗ України № 248 від 08 квіт. 2014 р. URL: <https://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0472-14> (дата звернення 23.08.2020).
7. ISO 31000 Risk management. Principles and guidelines. URL: <https://risk-engineering.org/ISO-31000-risk-management/> (last access: 23.08.2020).