ISSN 2664-4304

UDC 331.45
DOI: 10.36804/nndipbop.41-3-4.2025.8-14
RESEARCH ARTICLE
OPEN ACCESS

ЗАСТОСУВАННЯ ЕКСПЕРТНИХ МЕТОДІВ ДЛЯ ПЛАНУВАННЯ ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

О. Є. Кружилко[1,2*], Ю. І. Чеберячко[3,1], М. С. Каракай [1], В. В. Вамболь[1], В. І. Федорчук-Мороз[4]

[1]ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», Запоріжжя, Україна
[2]Державна установа «Національний науково-дослідний інститут промислової безпеки та охорони праці», Київ, Україна
[3]Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», Дніпро, Україна
[4]Луцький національний технічний університет, Луцьк, Україна

*E-mail для листування: olkruzhilko@ukr.net

Отримано: 02 грудня 2025; ***Прийнято:*** 23 грудня 2025

Цитувати як: Кружилко, О. Є., Чеберячко, Ю. І., Каракай, М. С., Вамболь, В. В., Федорчук-Мороз, В. І. (2025). Застосування експертних методів для планування заходів з охорони праці. *Проблеми охорони праці в Україні*, 41(3–4), 8–14

У статті представлено комплексний підхід до планування заходів з охорони праці на промислових підприємствах, в якому поєднано експертні методи Delphi та аналіз ієрархій (AHP). Обґрунтовано доцільність застосування експертних оцінок у ситуаціях, коли статистичних даних недостатньо, а виробничі умови характеризуються складністю та високим рівнем невизначеності. Особливу увагу приділено аналізу небезпек у цеху механічної обробки металу різанням, де поєднуються механічні, хімічні, термічні, електричні та організаційні ризики. Представлено результати ідентифікації виробничих небезпек, оцінки їх наслідків та визначення рекомендацій щодо зниження ризиків відповідно до вимог ISO 45001:2018. Обґрунтовано структуру та логіку застосування комбінованого підходу Delphi та AHP, включаючи підготовку інформаційного пакета, організацію опитувань, перевірку узгодженості суджень і визначення ваг критеріїв. Відзначено переваги використання експертних методів (можливість роботи за відсутності точних кількісних даних; можливість урахування практичного досвіду спеціалістів; гнучкість та адаптивність до конкретних умов; комплексність оцінювання завдяки колективному підходу), а також певні обмеження на застосування вказаних методів (суб'єктивність суджень, залежність від компетентності експертів, потреба в ретельній підготовці анкет і контролі за процедурою опитування).

Зазначено, що поєднання вищезазначених методів забезпечує підвищену об'єктивність, узгодженість та прозорість результатів, дозволяючи сформувати ранжований перелік заходів зі зниження ризиків. Практичне застосування методики в умовах реального виробництва підтвердило її ефективність для формування планів заходів, які враховують технічні, економічні та організаційні аспекти. Запропонований підхід може бути інтегрований у систему управління охороною праці підприємства, сприяти підвищенню рівня безпеки, оптимізації ресурсів та забезпеченню безперервного вдосконалення відповідно до циклу PDCA.

Ключові слова: планування, ризик, експертний метод, охорона праці, промислове підприємство.

APPLICATION OF EXPERT METHODS FOR PLANNING OCCUPATIONAL SAFETY MEASURES

O. E. Kruzhilko[1,2*], Yu. I. Cheberiachko[3,1], M. S. Karakai[1], V. V. Vambol[1], V. I. Fedorchuk-Moroz[4]

[1]Technical university «Metinvest polytechnic», LLC, Zaporizhzhia, Ukraine
[2]Public Agency "National Scientific and Research Institute of Industrial Safety and Occupational Safety and Health", Kyiv, Ukraine
[3]Dnipro University of Technology, Dnipro, Ukraine
[4]Lutsk National Technical University, Lutsk, Україна

*E-mail for correspondence: olkruzhilko@ukr.net

Received: 02 December 2025; ***Accepted:*** 23 December 2025

Cite as: Kruzhilko, O. E., Cheberyachko, Yu. I., Karakay, M. S., Vambol, V. V., Fedorchuk-Moroz, V. I. (2025). Application of expert methods for planning occupational safety measures. *Labour Protection Problems in Ukraine*, 41(3–4), 8–14.

The article presents a comprehensive approach to planning occupational safety measures at industrial enterprises by combining expert Delphi methods and analysis of hierarchy processes (AHP). The feasibility of using expert assessments in situations where statistical data is insufficient and production conditions are characterized by complexity and a high level of uncertainty is substantiated. Particular attention is paid to the analysis of hazards in the metal cutting shop, where mechanical, chemical, thermal, electrical and organizational risks are combined. The results of identifying industrial hazards, assessing their consequences using the matrix method and determining recommendations for reducing risks in accordance with the requirements of ISO 45001:2018 are presented. The structure and logic of applying the combined Delphi and AHP approach are substantiated, including preparing an information package, organizing surveys, checking the consistency of judgments and determining the weights of criteria. The advantages of using expert methods are noted (the ability to work in the absence of accurate quantitative data; the ability to take into account the practical experience of specialists; flexibility and adaptability to specific conditions; comprehensiveness of assessment due to a collective approach), as well as certain limitations on the use of these methods (subjectivity of judgments, dependence on the competence of experts, the need for careful preparation of questionnaires and control over the survey procedure).

It is noted that the combination of methods provides increased objectivity, consistency and transparency of results, allowing to form a ranked list of measures to reduce risks. The practical application of the methodology in real production conditions confirmed its effectiveness for the formation of action plans that take into account technical, economic and organizational aspects. The proposed approach can be integrated into the enterprise's occupational health and safety management system, contribute to increasing the level of safety, optimizing resources and ensuring continuous improvement in accordance with the PDCA cycle.

Key words: planning, risk, expert method, occupational safety, occupational safety, industrial enterprise.

ISSN 2664-4304

1. Постановка проблеми. Управління безпекою праці на промисловому підприємстві є достатньо складним і багатоаспектним процесом, який передбачає виконання цілої низки етапів, починаючи від виявлення та ідентифікації небезпек і закінчуючи плануванням та впровадження заходів із мінімізації професійних ризиків. Особливої уваги потребує процес планування та реалізації заходів з охорони праці на підприємствах, що характеризуються високим рівнем небезпеки виробництва, важкими умовами праці, наявністю шкідливих факторів різної природи.

Зокрема, металургійна промисловість належить до галузей з високим рівнем небезпек для працівників через поєднання високих температур, інтенсивних механічних процесів, дії шкідливих хімічних факторів та складності технологічних процесів. Умови праці у металургійному цеху формуються під впливом комплексу фізичних, хімічних, психофізіологічних та організаційних факторів, що потребують системного аналізу для подальшого управління ризиками.

Експертні методи застосовуються тоді, коли інформації про показники, що характеризують стан охорони праці, недостатньо, а ситуація потребує глибокого якісного аналізу. Суть експертних методів полягає в організованому опитуванні групи компетентних спеціалістів (експертів), яким було запропоновано оцінити набір альтернатив або визначити найдоцільніші напрями дій за визначеними критеріями. Результатом є колективне, узгоджене рішення, що має високу ступінь обґрунтованості.

Процес прийняття управлінських рішень завжди передбачає вибір оптимальної альтернативи з множини можливих варіантів, що відповідає визначеному критерію ефективності. В основі цього процесу лежить необхідність оцінювання різних рішень за умов обмеженої інформації, повної або часткової невизначеності. У таких випадках важливим інструментом є методи експертних оцінок, які дозволяють використовувати досвід, інтуїцію та професійні знання фахівців для обґрунтованого вибору найкращого рішення.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

Аналіз наукових джерел і сучасних публікацій свідчить, що процес оцінювання професійних ризиків є багатофакторним і потребує врахування специфіки кожного виду економічної діяльності [1, 2].

Для отримання коректних результатів необхідно всебічно досліджувати наявні шкідливі та небезпечні виробничі фактори, особливості технологічних процесів, характеристики використовуваного обладнання, а також умови, у яких виконується робота. Важливо не лише ідентифікувати ці чинники, а й проаналізувати їхню інтенсивність, частоту прояву та взаємний вплив. На підставі такого аналізу має бути обраний або розроблений підхід (методика) оцінювання ризиків, який найбільш точно відповідає конкретним виробничим умовам. Оптимальна методика повинна забезпечувати комплексне інтегрування всіх релевантних даних, дозволяти порівнювати ризики між різними видами робіт і створювати основу для прийняття управлінських рішень щодо підвищення рівня безпеки праці [3].

Використання експертних методів є виправданим лише за певних умов, зокрема:

- завдання має бути достатньо складним і актуальним, таким, що не може бути вирішене однією особою або суто формальними розрахунками;
- наявна група фахівців, компетентних у визначеній галузі знань, спроможних надати аргументовані оцінки;
- існує інформаційна база, що забезпечує експертів необхідними матеріалами для формування рішень (опис об’єкта експертизи, статистичні дані, аналітичні матеріали тощо).

Організацію експертного опитування зазвичай здійснює керівник або координатор, відповідальний за підготовку і проведення експертизи. Він формує групу експертів, визначає мету, критерії оцінювання, форми та строки проведення. На етапі формування команди важливо забезпечити баланс між кількістю учасників (оптимально 5–15 осіб) і рівнем їх компетентності.

Підбір експертів проводиться з урахуванням їхнього професійного досвіду, участі у подібних проєктах, наукових досягнень, практичної діяльності у сфері безпеки праці. Інформація про кандидатів може містити дані про освіту, стаж роботи, наявність тематичних публікацій. Ефективність експертної оцінки значною мірою залежить від якості інформації, наданої фахівцям. Організатор формує інформаційний пакет, що містить опис об’єкта, перелік можливих заходів або стратегій, критерії оцінювання, а також статистичні або аналітичні матеріали [4].

У сфері управління ризиками експертні методи застосовуються для визначення ймовірності настання небезпечних подій, оцінки тяжкості їх наслідків і вибору найбільш ефективних заходів щодо мінімізації ризиків. На підприємствах харчової промисловості, де одночасно присутні механічні, хімічні, термічні та ергономічні ризики, такий підхід дає змогу комплексно оцінити небезпеки [5].

Експертна група отримує набір можливих заходів для зниження ризиків – від технічних (модернізація обладнання, автоматизація процесів) до організаційних (навчання персоналу, впровадження стандартів безпеки, посилення контролю). Кожен варіант оцінюється за низкою критеріїв, результати узагальнюються у вигляді вагових коефіцієнтів, що відображають значущість кожного заходу. Після цього визначається інтегральна оцінка ефективності, на основі якої формується програма заходів зі зниження виробничих ризиків.

Процес проведення експертної оцінки зазвичай включає кілька послідовних етапів:

- підготовчий етап – постановка завдання, визначення критеріїв і складу експертів;
- збір інформації – формування матеріалів і анкет для опитування;
- оцінювання альтернатив – присвоєння кожному варіанту певних вагових показників;
- аналіз результатів – обробка анкет, узгодження думок, визначення середніх оцінок;
- прийняття рішення – вибір найоптимальнішого варіанту дій або стратегії.

До головних переваг використання експертних методів належать: можливість роботи за відсутності точних кількісних даних; можливість урахування практичного досвіду спеціалістів; гнучкість і адаптивність до конкретних умов; комплексність оцінювання завдяки колективному підходу.

Водночас існують і певні обмеження на застосування вказаних методів: суб’єктивність суджень, залежність від компетентності експертів, потреба в ретельній підготовці анкет і контролі за процедурою опитування. Саме тому якість організації експертизи має ключове значення для достовірності результатів.

У практиці управління охороною праці експертні оцінки мають велике значення, оскільки приймаються рішення, що безпосередньо впливають на безпеку людей, умови праці та стан виробничого середовища. Часто такі

ISSN 2664-4304

рішення приймаються в умовах неповної інформації, коли точні кількісні дані про ризики або наслідки відсутні, а досвід спеціалістів стає основним джерелом оцінювання. Експертні оцінки у сфері охорони праці не лише допомагають вибрати ефективні заходи зниження ризиків, а й сприяють формуванню корпоративної культури безпеки. Залучення фахівців до колективного процесу прийняття рішень підвищує рівень відповідальності, мотивує персонал до дотримання правил безпеки та забезпечує узгодженість дій між різними рівнями управління [5, 6].

Кінцевим результатом упровадження експертних методів є не лише зниження рівня травматизму, а й підвищення ефективності системи управління охороною праці в цілому. Це забезпечує економічні переваги (зменшення витрат на лікарняні, компенсації, простої) та покращує репутацію підприємства як соціально відповідального роботодавця.

Метою роботи є розкриття особливостей комплексного застосування експертних методів: Delphi та аналізу ієрархій (AHP) у процесі оперативного планування заходів з безпеки праці на промисловому підприємстві.

Методики, матеріали та результати дослідження. У межах дослідження запропоновано гнучку процедуру застосування комбінованого підходу, що включає кілька послідовних етапів. Кожен з етапів є важливим у забезпеченні точності оцінювання, оцінки повноти зібраних даних і можливості подальшої інтеграції результатів у процеси системи управління охороною праці. У сучасних умовах, коли виробнича діяльність характеризується динамічними змінами, високим рівнем невизначеності та постійним ускладненням технологічних процесів, підприємства потребують інструментарію, здатного оперативно адаптуватися до цих змін та надавати керівникам достовірну інформацію для вибору ефективних заходів із мінімізацією ризиків. Позитивний досвід використання експертних методів у різних галузях дозволяє стверджувати, що комбінація експертних методів (Delphi та AHP) дозволить забезпечити більш структурований, відтворюваний і прозорий процес формування управлінських рішень з планування заходів з безпеки праці [7, 8].

Поєднання експертних методів Delphi та AHP дозволяє отримати узгоджене, прозоре та кількісно обґрунтоване ранжування заходів. Навіть за обмеженого бюджету можна забезпечити суттєве зниження ризиків, підвищити залученість працівників і створити відтворювану модель для інших підрозділів. Залучення не менше ніж 5–8 експертів вважається доцільним для забезпечення статистичної надійності результатів у процесі застосування методів Delphi та AHP. У деяких випадках кількість експертів може зростати до 10–15, що дозволяє охопити ширший спектр фахових думок та мінімізувати упередженість.

Перед початком оцінювання експертам необхідно надати якісно підготовлений інформаційний пакет, який має містити:

- статистичні дані про нещасні випадки, інциденти, небезпечні події;
- опис виробничого процесу та технологічних операцій;
- перелік можливих заходів із коротким техніко-економічним обґрунтуванням;
- критерії та шкали для подальшого оцінювання.

Delphi передбачає проведення кількох анонімних раундів опитування. Зазвичай достатньо 2–4 раундів, упродовж яких:

- експерти висловлюють індивідуальні оцінки;
- узагальнені результати передаються експертам для аналізу;
- учасники можуть переглянути свої судження, скоригувати оцінки або аргументувати власну позицію;
- процес триває доти, доки не буде досягнуто прийнятного рівня консенсусу.

Анонімність дозволяє уникнути домінування авторитетних осіб і зменшує ризик групового мислення.

Для AHP зазвичай застосовується класична шкала Сааті, цілі числа (1,…,9), або шкала дробових чисел (0,…,1), а також можливі інші варіанти шкал, визначені організатором експертного опитування. Участь експертів у процедурі AHP полягає в здійсненні парних порівнянь як між критеріями, так і між альтернативами в межах кожного критерію. Після цього виконується математична обробка: обчислюються ваги критеріїв, ранжуються альтернативи, а також визначається узгодженість суджень.

Перевірка узгодженості включає такі показники: *CI* – індекс узгодженості, *RI* – випадковий індекс, *CR* – коефіцієнт узгодженості.

CI (Consistency Index, індекс узгодженості):

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n-1}, \quad (1)$$

де $\lambda_{\max}$ – найбільше власне число матриці порівнянь; n – кількість критеріїв.

При цьому $\lambda_{\max}$ може бути розрахована за формулою:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{(A\omega)_i}{\omega_i}, \quad (2)$$

де n – розмірність матриці парних порівнянь; A – матриця парних порівнянь; ω – вектор власних ваг (нормалізований власний вектор); $(A\omega)_i$ – i-та компонента вектора, отриманого множенням матриці A на вектор ваг ω.

Індекс узгодженості показує, наскільки коректно експерти робили попарні порівняння критеріїв. Якщо всі судження абсолютно логічні, тоді $CI = 0$.

RI (Random Index, випадковий індекс) – цей індекс характеризує середній рівень неузгодженості, який отримали б «випадкові» судження. Значення вказаного індексу залежить від кількості критеріїв (n), для n=5 значення індекса обирається $RI = 1{,}12$.

CR (Consistency Ratio, коефіцієнт узгодженості):

$$CR = \frac{CI}{RI}. \quad (3)$$

Коефіцієнт узгодженості – це відношення фактичної неузгодженості (*CI*) до очікуваної випадкової (*RI*). Якщо $CR \le 0{,}10$ вважається, що судження достатньо узгоджені і їх можна використовувати. Якщо $CR > 0.10$, потрібно переглянути матрицю порівнянь – можливо, експерт припустився логічної суперечності.

Для практичної апробації запропонованого підходу обрано варіант комбінованого використання методів Delphi та AHP в умовах промислового підприємства для планування заходів зі зниження виробничих ризиків у цеху механічної обробки металу різанням. Вказаний підрозділ спеціалізується на виготовленні деталей корпусного типу, валів, втулок та елементів прецизійних механізмів. Технологічний процес включає:

- токарні, фрезерні, свердлильні, розточувальні операції;
- шліфування з використанням абразивних інструментів;

ISSN 2664-4304

- переміщення заготовок мостовими й підвісними кранами;
- ручне налагодження, регулювання та очищення верстатів;
- обробку мастильно-охолоджувальними рідинами (МОР);
- ручний контроль якості та вимірювання.

На основі аналізу умов праці в цеху металорізального виробництва визначено такі групи можливих інцидентів (небажаних подій): механічні травми, хімічні та термічні впливи, електричні небезпеки, а також небезпечні виробничі фактори середовища.

Характерні виробничі небезпеки у цеху механічної обробки металу різанням подано у табл. 1.

Таблиця 1 – Характерні виробничі небезпеки у цеху механічної обробки металу різанням

Типи виробничих небезпек	Опис виробничих небезпек
Механічні	Контакт з обертовими частинами, ризик затягування одягу, травмування стружкою, виліт інструмента
Ергономічні	Статичні пози, перенавантаження через ручне переміщення важких заготовок
Хімічні	Вплив аерозолів і парів МОР, контакт зі шліфувальним пилом
Пожежні	Загоряння МОР, абразивного пилу, електропроводки
Електротравматизм	Несправні обладнання, електропроводка, відсутність/несправність засобів електрозахисту
Фізичні	Підвищений шум, вібрація, локальне освітлення недостатньої якості
Травмування при вантажопідйомних роботах	Падіння заготовок, обрив строп

У процесах механічної обробки металів працівники зазнають впливу значної кількості небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Відповідно до вимог стандарту ISO 45001:2018 необхідно проводити ідентифікацію небезпек, оцінку ризиків та визначати заходи управління з метою зниження ймовірності виникнення подій та мінімізації їхніх наслідків. У найпростішому випадку оцінку ризиків може бути проведено матричним методом. Для його використання пропонуються такі шкали оцінювання:

- ймовірність настання інциденту (P): 1 – низька, 2 – середня, 3 – висока;
- тяжкість наслідків інциденту (S): 1 – легкі наслідки, 2 – середні, 3 – тяжкі;
- ризик $R = P \times S$.

Наслідки реалізації ймовірних небезпек у цеху механічної обробки металу різанням, розрахункові значення ризику та рекомендації щодо мінімізації ризиків подано у табл. 2.

Таблиця 2 – Наслідки реалізації ймовірних небезпек у цеху механічної обробки металу різанням та рекомендації щодо мінімізації ризиків

№	Небезпека	Небажана подія	Існуючі заходи	P	S	R	Рекомендації
1	Металева стружка	Порізи, травми кистей	Окуляри, рукавички, екрани	3	1	3	Регулярне очищення, додаткові щитки
2	Летюча стружка	Потрапляння в очі	Захисні окуляри	2	2	4	Боковий захист, екрани
3	Рухомі частини верстата	Затягування одягу	Інструктаж, заборона вільного одягу	1	3	3	Блокування, датчики кожуха
4	Важкі заготовки	Падіння при стропуванні	Навчання, стропи, сигнальник	2	3	6	Подвійний контроль зачеплення
5	Обертання шпинделя	Відліт уламків інструменту	Захисні кожухи	1	3	3	Контроль стану інструменту
6	Слизька підлога	Падіння працівника	Прибирання, покриття	2	1	2	Протиковзкі накладки
7	Гаряча емульсія МОР	Опіки	Екрани, закритий підвід МОР	2	2	4	Термоконтроль і бар'єри
8	Контакт із МОР	Подразнення шкіри	Рукавички, мазі	3	1	3	МОР зниженої агресивності
9	Аерозолі МОР	Респіраторне подразнення	Вентиляція	2	2	4	Локальна аспірація
10	Гаряча стружка	Мікроопіки	Спецодяг, щитки	2	1	2	Теплостійкі рукавиці
11	Пошкоджена ізоляція	Електротравма	Огляди	2	3	6	Заміна кабелів
12	Коротке замикання	Займання МОР	Автоматика	1	3	3	Діагностика електросистеми
13	Шум понад 85 дБ	Погіршення слуху	Навушники	3	2	6	Шумоізоляція
14	Вібрація	Мікротравми	Антивібраційні рукавиці	2	1	2	Обмеження часу роботи
15	Недостатній рівень освітленості	Мікротравми	Освітлення	2	1	2	Локальне LED-освітлення

ISSN 2664-4304

Проведена оцінка ризиків дозволяє систематизувати небезпеки, притаманні процесам механічної обробки металу, а також визначити пріоритети для впровадження заходів з управління охороною праці. Найвищі ризики пов'язані з падінням заготовок, впливом шуму та можливими електричними інцидентами. Рекомендовані інженерні, організаційні та засоби індивідуального захисту спрямовані на зниження цих ризиків до прийнятного рівня.

Формування переліку заходів з мінімізації професійних ризиків проведено групою експертів на основі аналізу інформації про виробничі небезпеки та наслідки реалізації ймовірних небезпек у цеху механічної обробки металу, з урахуванням вимог стандартів ISO 45001:2018. Перелік заходів з мінімізації професійних ризиків представлено в табл. 3.

Таблиця 3 – Перелік заходів з мінімізації професійних ризиків

Захід	Орієнтовна вартість	Характеристика
Встановлення та регулярна перевірка інженерних засобів захисту	Висока	Значно знижує ймовірність травм від рухомих частин, уламків інструменту, викиду МОР.
Модернізація вентиляції та локальних аспіраційних систем	Висока	Захист від аерозолів та парів МОР, зниження частоти подразнень та респіраторних проявів.
Навчання персоналу та регулярні короткі інструктажі	Низька	Підтримує загальний рівень безпеки, знижує кількість помилок та небезпечних дій.
Оновлення та стандартизація ЗІЗ (окуляри з боковим захистом, теплостійкі рукавиці, спеціальний одяг)	Середня	Допомагає зменшити частоту легких травм (порізи, опіки, мікротравми).
Підвищення культури безпечного стропування та транспортування заготовок	Середня	Підвищення рівня знань стропальників з питань: контроль зачеплення, огляд стропів, маркування та використання стандартизованої оснастки.
Підвищення якості освітлення робочих зон (заміна на LED, додаткові світильники)	Висока	Мінімізує мікротравми, помилки позиціонування інструменту та проблеми з контролем процесів.
Поліпшення системи прибирання МОР та стружки	Низька	Включає локальні піддони, стійкі до масла покриття, чіткий графік очищення. Важливо для зниження ризику ковзання й вторинних травм.
Поліпшення стану підлоги й організація протиковзких покриттів	Низька	Зменшує ризик падінь, які є однією з найбільш частих категорій інцидентів на виробництві.
Програма зниження шуму (технічна й організаційна)	Середня	Включає заміну зношених елементів верстатів, встановлення шумопоглинальних екранів, технічне обслуговування шпинделів.
Систематичне технічне обслуговування обладнання та електросистем	Низька	Особливо важливо для запобігання електротравмам, займання МОР, руйнування інструментів та аварійних зупинок.

На наступному етапі експертами визначено критерії, які будуть використовуватись у процесі оцінювання заходів для зниження ризиків:

К1. Результативність заходу (ступінь забезпечення зниження ризику настання травматичної події).

К2. Ефективність заходу (зваженість витрат матеріальних та людських ресурсів для втілення заходу).

К3. Стабільність результату (ступінь забезпечення стійкого незмінного позитивного результату).

К4. Швидкість впровадження (швидкість у часі, з якою даний захід може бути реалізований).

К5. Легкість впровадження (відсутність потреби у складних технічних рішеннях, проєктуванні, перериванні виробничого процесу, спецдозволах тощо).

Шкали взаємного оцінювання критеріїв пропонується використовувати від 0 (низька) до 1 (висока). Результати взаємного оцінювання критеріїв за методом АНР дозволили визначити відносну вагу кожного із запропонованих критеріїв (табл. 4).

Таблиця 4 – Відносна вага критеріїв

	Критерії					Середньо геометрична сума оцінок	Вага критерію
	К1	К2	К3	К4	К5		
К1	1,00	2,00	1,50	2,50	2,50	1,80	0,33
К2	0,50	1,00	3,50	2,25	0,75	1,24	0,23
К3	0,67	0,29	1,00	0,30	0,50	0,49	0,09
К4	0,40	0,44	3,33	1,00	0,75	0,85	0,15
К5	0,40	1,33	2,00	1,33	1,00	1,07	0,20

Результати обробки даних, отриманих експертним шляхом, за формулами (1), (2) та (3): λ_{max} = 5,42; CI = 0,11; RI (n=5) = 1,12; CR = 0,0982. Матриця (див. табл. 4) вважається узгодженою, оскільки виконується умова CR < 0,10 [8].

На завершальному етапі здійснюється підсумкове ранжування заходів зі зниження ризику: експерти виставляють оцінки кожного заходу за визначеними критеріями, загальний бал розраховується з як сума

ISSN 2664-4304

добутків експертних оцінок на вагу критерію. Результати подають у вигляді узагальненої таблиці (табл. 5).

Таблиця 5 – Результати ранжування заходів зі зниження ризику

Захід	Критерій / його вага, експертна оцінка заходу					Загальний бал
	К1 / 0,29	**К2 / 0,25**	**К3 0,09**	**К4 / 0,18**	**К5 / 0,19**	
1. Встановлення та регулярна перевірка інженерних засобів захисту	0,92	0,75	0,85	0,90	0,95	0,88
2. Підвищення культури безпечного стропування та транспортування заготовок	0,95	0,72	0,88	0,80	0,70	0,82
3. Модернізація вентиляції та локальних аспіраційних систем	0,77	0,80	0,95	0,85	0,71	0,79
4. Програма зниження шуму (технічна та організаційна)	0,70	0,65	0,85	0,95	0,90	0,78
5. Систематичне технічне обслуговування обладнання та електросистем	0,75	0,58	0,61	0,83	0,95	0,75
6. Поліпшення стану підлоги та організація протиковзких покриттів	0,85	0,57	0,74	0,77	0,45	0,68
7. Підвищення якості освітлення робочих зон (заміна на LED, додаткові світильники)	0,83	0,45	0,65	0,67	0,53	0,64
8. Оновлення та стандартизація ЗІЗ (окуляри з боковим захистом, теплостійкі рукавиці, спеціальний одяг)	0,63	0,59	0,71	0,55	0,53	0,60
9. Поліпшення системи прибирання МОР та стружки	0,42	0,65	0,51	0,63	0,67	0,56
10. Навчання персоналу та регулярні короткі інструктажі	0,63	0,59	0,35	0,58	0,41	0,54

Отже, в результаті комплексного застосування методів Delphi та AHP в сфері охорони праці формується підсумкова модель, яка містить:

- множину рекомендованих заходів зі зниження ризику;
- інтегральні ваги критеріїв;
- оцінку узгодженості думок експертів та оцінку узгодженості експертних оцінок;
- підсумкове ранжування альтернатив.

Така модель дозволяє керівництву розуміти не лише кінцевий рейтинг заходів, а й причини, які визначили той чи інший пріоритет.

На основі отриманих даних формується конкретний план дій, у якому визначаються:

- пріоритетні заходи (у порядку, починаючи від першого);
- попередні фінансові оцінки щодо бюджету плану заходів;
- альтернативні варіанти плану заходів у разі зміни бюджету;
- відповідальні виконавці;
- орієнтовний календар реалізації;
- індикатори ефективності реалізації заходів.

Після впровадження плану заходів проводиться аналіз результативності. Якщо деякі заходи не продемонстрували очікуваного ефекту, їх переглядають і можуть ініціювати повторний раунд Delphi або повторне застосування AHP з урахуванням нових даних. Це дозволяє підтримувати цикл PDCA (Plan–Do–Check–Act), що є ключовим елементом системи управління охороною праці.

Обговорення результатів. Результати практичного застосування свідчать, що поєднання Delphi та AHP суттєво збільшує ефективність процесу прийняття рішень. Серед ключових переваг слід відзначити: швидке формування узгоджених пріоритетів, зменшення суб'єктивності та конфліктів між підрозділами, наявність документованої та прозорої процедури вибору рішень, можливість аргументувати розподіл фінансових коштів на заходи з охорони праці.

Наукові огляди підтверджують, що комбінований підхід сьогодні належить до найбільш ефективних інструментів для оцінювання ризиків та ранжування заходів у різних галузях. Особливо цінною є можливість безпосередньої інтеграції результатів застосування експертних методів у систему управління охороною праці відповідно до стандарту ISO 45001:2018. Така інтеграція забезпечує системність і послідовність у процесі оцінювання небезпек, відповідність вимогам міжнародного аудиту, прозорість результатів планування заходів з безпеки праці для керівництва, а також підвищення рівня довіри персоналу до рішень у сфері безпеки.

Саме використання результатів застосування експертних методів (Delphi та AHP) у процеси планування, аналізу ризиків, моніторингу та перегляду заходів дозволяє перетворити експертні оцінки з формального аналітичного документа на реальний інструмент управління. Також можуть застосовуватися інші експертні методи.

Висновки. Проведене дослідження підтвердило ефективність комбінованого використання методів Delphi та AHP для обґрунтування рішень з управління професійними ризиками на промислових підприємствах. Поєднання цих підходів дозволило зменшити вплив суб'єктивності, отримати узгоджені оцінки та сформувати прозорий механізм ранжування заходів. Застосування методики в умовах цеху механічної обробки металу різанням дало змогу систематизувати виробничі небезпеки, виконати кількісну оцінку ризиків та

ISSN 2664-4304

визначити оптимальні напрями мінімізації їх впливу. Отримані результати свідчать про високу ефективність аналітичної моделі Delphi–AHP у плануванні та коригуванні заходів з охорони праці, що відповідає вимогам стандарту ISO 45001:2018. Методика може бути рекомендована до використання в системах управління охороною праці різних підприємств, забезпечуючи підвищення рівня безпеки, оптимізацію витрат та активізацію процесу безперервного вдосконалення. Таким чином, результати роботи підтверджують можливість застосування комбінованих експертних методів як інструменту стратегічного та оперативного планування заходів зі зниження професійних ризиків.

Конфлікт інтересів. Під час проведення дослідження щодо змісту статті конфлікту інтересів сторін не спостерігалось.

ЛІТЕРАТУРА

1. Golinko V., Cheberyachko S., Deryugin O., Tretyak O., Dusmatova O. (2020). Assessment of the Risks of Occupational Diseases of the Passenger Bus Drivers. *Safety and Health at Work*, 11(4), 543–549.
2. Bochkovskyi A. P. (2020). Actualization and ways of system approach to risk management in occupational health and safety. Social development and Security, 10(3), 93 – 103. DOI: https://doi.org/10.33445/sds.2020.10.3.8
3. O. Kruzhilko, N. Volodchenkova, V. Maystrenko, B. Bolibrukh, V. Kalinchyk, A. Zakora, A. Feshchenko, S. Yeremenko. (2021). Mathematical modelling of professional risk at Ukrainian metallurgical industry enterprises. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering.* 108 (1): 35–41. https://journalamme.org/resources/html/ article/details?id=224392
4. Володченкова Н. В., Репін М. В., Черніков Д. О. (2024). Апріорна оцінка ефективності рішень з управління безпекою праці. *Проблеми охорони праці в Україні*, 40(1-2), 66–69. https://doi.org/10.36804/nndipbop.40-1-2.2024.66-69
5. Цопа В. А., Яворська О. О., Брезіцька М. С., Чеберячко С. І., Дерюгін О. В., Яворський А. В. (2022). Аналіз моделей керування професійними ризиками за міжнародними стандартами. *Проблеми охорони праці в Україні*, 38(3-4), 16-24. https://doi.org/10.36804/nndipbop.38-3-4.2022.16-24
6. Петренко, І., Ченчева, О., Зозуля, С., Шевченко, В., Логвінков, С. Методика визначення ризиків на основі аналізу травматизму працівників промислових підприємств. *Комунальне господарство міст*, 2024. 1(182), 215–222. https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-1-182-215-222
7. Khan M.R., Alam M.J., Tabassum N., Khan N.A. (2022). A Systematic Review of the Delphi–AHP Method in Analyzing Challenges to Public-Sector Project Procurement and the Supply Chain: A Developing Country's Perspective. *Sustainability*. 14(21):14215. URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/14/21/14215?utm_source=chatgpt.com
8. Lamii N., Bentaleb F., Fri M., Mabrouki C., Semma E. (2022). Use of DELPHI-AHP Method to Identify and Analyze Risks in Seaport Dry Port System. *Transactions on Maritime Science*. 11(1): 185–206. URL: https://www.toms.com.hr/index.php/toms/article/view/468? articlesBySimilarityPage=2&utm_source=chatgpt.com

REFERENCES

1. Golinko V., Cheberyachko S., Deryugin O., Tretyak O., Dusmatova O. (2020). Assessment of the Risks of Occupational Diseases of the Passenger Bus Drivers. *Safety and Health at Work*, 11(4), 543–549.
2. Bochkovskyi A. P. (2020). Actualization and ways of system approach to risk management in occupational health and safety. Social development and Security, 10(3), 93 – 103. DOI: https://doi.org/10.33445/sds.2020.10.3.8
3. Kruzhilko O. O., N. Volodchenkova, V. Maystrenko, B. Bolibrukh, V. Kalinchyk, A. Zakora, A. Feshchenko, S. Yeremenko. (2021). Mathematical modelling of professional risk at Ukrainian metallurgical industry enterprises. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering.* 108 (1): 35–41. https://journalamme.org/resources/html/ article/details?id=224392
4. Volodchenkova N. V., Repin M. V., Chernikov D. O. (2024). A priori assessment of the effectiveness of occupational safety management solutions. Occupational Safety Problems in Ukraine, 40(1-2), 66-69. https://doi.org/10.36804/nndipbop.40-1-2.2024.66-69.
5. Tsopa V. A., Yavorska O. O., Brezitka M. S., Cheberyachko S. I., Deryugin O. V., Yavorsky A. V. (2022). Analysis of occupational risk management models according to international standards. Occupational Safety Problems in Ukraine, 38(3-4), 16–24. https://doi.org/10.36804/nndipbop.38-3-4.2022.16–24.
6. Petrenko, I., Chencheva, O., Zozulya, S., Shevchenko, V., Logvinkov, S. Methodology for determining risks based on the analysis of injuries of workers in industrial enterprises. Municipal Economy, 2024. 1(182), 215–222. https://doi.org/10.33042/2522-1809-2024-1-182-215-222Khan M.R., Alam M.J., Tabassum N., Khan N.A. (2022). A Systematic Review of the Delphi–AHP Method in Analyzing Challenges to Public-Sector Project Procurement and the Supply Chain: A Developing Country's Perspective. *Sustainability*. 14(21):14215. URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/14/21/14215?utm_source=chatgpt.com
7. Lamii N., Bentaleb F., Fri M., Mabrouki C., Semma E. (2022). Use of DELPHI-AHP Method to Identify and Analyze Risks in Seaport Dry Port System. *Transactions on Maritime Science*. 11(1): 185–206. URL: https://www.toms.com.hr/index.php/toms/article/view/468? articlesBySimilarityPage=2&utm_source=chatgpt.com