

### ТЕОРЕТИЧНІ АСПЕКТИ УНІВЕРСАЛІЗАЦІЇ ОЦІНКИ ПРОФЕСІЙНОГО РИЗИКУ В СИСТЕМАХ УПРАВЛІННЯ ОХОРОНОЮ ПРАЦІ

На основі проведеного аналізу відомих методів оцінки професійного ризику встановлено, що жоден з них самостійно не в змозі забезпечити отримання комплексного та об'єктивного результату та практично не враховує впливу «людського» та зовнішніх факторів на стан функціонування ергатичних систем. Автором визначені проблеми та необхідні умови універсалізації оцінки професійних ризиків в системах управління охороною праці та запропонована власна алгоритмічна схема, що може надалі стати основою створення перспективного універсального методу оцінки професійного ризику з урахуванням впливу «людського» та зовнішніх факторів.

В рамках статті, автором представлено формалізовану модель універсального методу оцінки у вигляді функціональної залежності з чотирма змінними. Зазначено, що результат оцінки професійного ризику можна вважати прийнятним, якщо значення функції знаходяться у напівінтервалі  $(-\infty \text{ до } 10^{-6}]$ .

**Ключові слова:** професійний ризик, «людський фактор», охорона праці, безпека, невизначеність, ефективність, система, оцінка

*А.П. Бочковский*

### ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ УНИВЕРСАЛИЗАЦИИ ОЦЕНКИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РИСКА В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ОХРАНОЙ ТРУДА

На основании проведенного анализа известных методов оценки профессионального риска, установлено, что ни один из них не обеспечивает получения комплексного и объективного результата и практически не учитывает влияния «человеческого» и внешних факторов на состояние функционирования эргатических систем. Автором определены проблемы и необходимые условия универсализации оценки профессиональных рисков в системах управления охраной труда и предложена собственная алгоритмическая схема, которая может в дальнейшем стать основой создания перспективного универсального метода оценки профессионального риска, способного учитывать влияние «человеческого» и внешних факторов.

В рамках статьи, автором представлена формализованная модель универсального метода оценки в виде функциональной зависимости с четырьмя переменными. Отмечено, что результат оценки профессионального риска можно считать приемлемым, если значения функции находятся в полуинтервале  $(-\infty \text{ до } 10^{-6}]$ .

**Ключевые слова:** профессиональный риск, «человеческий фактор», охрана труда, безопасность, неопределенность, эффективность, система, оценка

*A. Bochkovsky*

### THEORETICAL ASPECTS OF UNIVERSALIZATION OF PROFESSIONAL RISK EVOLUTION IN OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY MANAGEMENT SYSTEMS

In the article, basing on conducted analysis of known methods of professional risks evaluation, it was set that none of them by oneself is enable to satisfy the enterprises necessities of the composite and objective occupational risks evaluation and also doesn't take into account influence «human» and external factors on the state of the safe functioning of the ergatic system. The problems and necessary conditions of universalization of professional risks evaluation in occupational health and safety management systems were detected and algorithm which can become fundamental basis of perspective universal method of professional risks evaluation taking into account influence «human» and external factors is suggested by the author.

The formalized model of universal method of risks evaluation as functional dependence with four variables were presented within the limits of article. The results of risks evaluation can be considered acceptable provided function value is in a semiinterval  $(-\infty \text{ to } 10^{-6})$  were marked.

**Key words:** professional risk, «human» factor, health and safety measures, safety, uncertainty, effectiveness, system, evaluation

**Постановка проблеми.** Основною метою створення системи управління охороною праці на підприємстві є збереження життя і професійного здоров'я працівника. Ця мета досягається шляхом розробки та впровадження цілого комплексу запобіжних правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів. Однак досягнення бажаного результату, тобто максимальна ефективність цих заходів і засобів, в першу чергу залежить від правильності, точності та об'єктивності проведення процесу ідентифікації потенційних небезпек і оцінки можливих професійних ризиків.

Процес оцінки професійних ризиків є фундаментальною основою та відправною точкою створення безпечних і комфортних умов праці, однак саме він і є найбільш трудомістким та копітким. Як правило саме на цій стадії розробник робить найбільшу кількість помилок. Ці помилки надалі можуть реалізуватися у вигляді випадків виробничого травматизму, профзахворювань, промислових аварій та катастроф і є *завжди можливими*, в силу існування певних факторів невизначеності стану ергатичної системи. Проведені автором попередні дослідження показали, що фактори невизначеності, які чинять визначальний вплив на стан функціонування ергатичної системи в той чи інший період часу, можна умовно поділити на дві основні групи [1]:

1. Зовнішні фактори (фактори навколишнього середовища стохастичної і нестохастичної природи);

2. «Людський фактор».

Згідно із статистичними даними, перше місце (із загальної кількості) серед причин виникнення випадків виробничого травматизму як в Україні, так і у розвинутих країнах світу займають організаційні причини, насамперед, невиконання або неналежне виконання працівником інструкцій та вимог з охорони праці. Такі дані по країнах є практично співвідносними і становлять в середньому 55-70 % від загальної кількості травмованих [2, 3, 4]. Схожа ситуація спостерігається і з причинами виникнення профзахворювань, основними з яких є недосконалість та навмисне нехтування працівниками засобів індивідуального захисту, а також порушення правил охорони праці та режимів праці і відпочинку.

Друге місце належить психофізіологічним причинам (в середньому 20 % від загальної кількості), найчастішими з яких є особиста необережність потерпілого, а також протиправні дії третіх осіб, що викликали травми або смерть [2, 4]. Необхідно зауважити, що такі випадки з часом стають все більш поширеними, навіть у розвинутих країнах з відносно високим і сталим рівнем життя. Наприклад, в США вбивство на робочому місці є основною причиною летальних випадків на виробництві серед жінок та третьою – серед чоловіків [4].

Основними подіями, які призводять до нещасних випадків на виробництві як в Україні, так і інших країнах світу є падіння потерпілого, дорожньо-транспортні пригоди на дорогах загальногo користування, падіння, обрушення та обвалення матеріалів, ґрунту, породи тощо [2, 4].

Таким чином в будь-яких причинах виникнення виробничого травматизму і профзахворювань, а також в подіях, які до них призвели, простежується, насамперед, вина і працівника, і роботодавця, котрі свідомо чи несвідомо порушували вимоги нормативно-правових актів з охорони праці щодо створення здорових, безпечних та комфортних умов праці. Але, незважаючи на те, чия помилка чи халатність або протиправні дії стали причиною травми, профзахворювання або загибелі працівника, зрозуміло є те, що вони прямо пов'язані з дією (свідомою, несвідомою, помилковою) людини, тобто із впливом «людського фактора».

Іншими словами вищенаведені статистичні дані та попередні дослідження свідчать про те, що рівень безпеки функціонування ергатичної системи (в даному випадку кількість випадків виробничого травматизму, профзахворювань) в першу чергу пов'язаний з таким фактором невизначеності як «людський фактор», котрий за своєю природою є стохастичним, тобто такий, що важко піддається точній оцінці та прогнозуванню [1].

Однак виникає питання, чому незважаючи на те, що і у вітчизняному законодавстві, і у законодавстві розвинутих країн прямо прописана вимога проведення оцінки професійних ризиків на всіх стадіях життєвого циклу ергатичної системи (проектування, функціонування тощо) та постійного багатоступеневого моніторингу і керування ними, структура причин виникнення нещасних випадків є доволі сталою, а самі випадки – можливими. Відповідь на це питання, на нашу думку, необхідно шукати в площині двох взаємопов'язаних напрямків:

1. Недосконалості існуючих методів та відсутності єдиного відносно простого, універсального і математично обґрунтованого методу оцінки професійних ризиків (з урахуванням впливу «людського» та зовнішніх факторів);

2. Неефективності системи моніторингу та управління професійними ризиками на підприємствах.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Проблемам оцінки і менеджменту професійних ризиків, а також шляхам їх удосконалення були присвячені роботи таких вчених як Хрупачев А.Г. [4], Буняєв В.В. [5], Измеров Н.Ф. [6], Мельцер А.В. [7], Муртонен М. [8], Пиктушанская Т.Е. [9], Sadhra S.S. [10], Shappell S.A., Wiegmann D.A. [11] та інших. Однак і досі залишається не вирішено проблему створення єдиного універсального, відносно простого методичного підходу та відповідно методу, який можна було б застосовувати на практиці для комплексної оцінки професійних ризиків в рамках системи управління охороною праці на будь-якому підприємстві, незалежно від виду його господарської діяльності.

**Метою** цієї роботи є аспектація універсалізації оцінки професійних ризиків з урахуванням впливу «людського» та зовнішніх факторів в системах управління охороною праці на підприємствах.

Досягнення поставленої мети у роботі передбачається у процесі вирішення таких **задач**:

- аналіз відомих методів оцінки професійних ризиків;
- аспектація проблематики та необхідних умов універсалізації оцінки професійних ризиків;
- алгоритмізація універсального методу оцінки професійних ризиків в системах управління охороною праці на підприємствах;
- формалізація кількісної оцінки професійних ризиків з урахуванням впливу «людського» та зовнішніх факторів.

**Виклад основного матеріалу.** Методологія створення комфортних та безпечних умов праці на підприємствах базується на виконанні двох основних принципів, які сформульовані у провідних європейських та світових стандартах та рекомендаціях щодо впровадження та функціонування систем менеджменту професійної безпеки і здоров'я. В узагальненому вигляді ці принципи можна сформулювати таким чином:

1. Ідентифікація всіх можливих небезпек та ризиків;
2. Усунення, а за неможливості, мінімізація ідентифікованих ризиків.

Виконання зазначених принципів, досягається послідовним проходженням п'яти основних кроків, в яких відображається сутність процесу менеджменту ризиків:

1. Ідентифікація потенційних небезпек (ризиків);
2. Оцінка та розподіл ідентифікованих ризиків за пріоритетами;
3. Розробка заходів щодо усунення (мінімізації) професійних ризиків;
4. Впровадження розроблених заходів;
5. Моніторинг, перевірка та корегування.

Найбільш складним і відповідальним кроком, який саме й забезпечує можливість здійснення менеджменту та подальшу його ефективність, є процес оцінки професійних ризиків.

Складність процесу оцінки полягає в тому, що виконавцю (групі виконавців) необхідно найбільш точно визначити імовірність стану дослідної системи та її складових елементів на всіх стадіях життєвого циклу у той чи інший період часу (за крок) в умовах існування певної невизначеності.

Відповідальність же проведення такого процесу полягає у ціні можливої помилки, яка буде вимірюватись життям і здоров'ям працівника.

Оцінка професійних ризиків на сучасних підприємствах проводиться за допомогою якісних, кількісних та комбінованих методів, яких налічується близько сотні [1]. Найбільш відомими та затребуваними на практиці як у світі, так і в Україні є такі:

1. Мозковий штурм;
2. Контрольні листи;
3. Метод Файн-Кінні;
4. Облік ризику (risk score);
5. Оцінка ризиків на основі матриці «ймовірність-збиток»;
6. Risk assessment code;
7. Метод побудови матриці наслідків і вірогідності;
8. Система Елмері;
9. Структуровані (частково структуровані) інтерв'ю;
10. Метод Делфі;
11. Попередній аналіз небезпек (РНА);
12. Дослідження небезпеки та працездатності (HAZOP);
13. Структурований аналіз сценаріїв (SWIFT);
14. Аналіз першопричини (RCA);
15. Аналіз видів та наслідків відмов (FMEA);
16. Аналіз дерева несправностей (FTA);
17. Аналіз дерева подій (ETA);
18. Аналіз причин та наслідків;
19. Аналіз «краватка-метелик»;
20. Причинно-наслідковий аналіз;
21. Аналіз рівнів захисту (LOPA);
22. Метод Національного науково дослідного інституту промислової безпеки та охорони праці (Україна);
23. Аналіз впливу «людського фактора» (HRA);
24. Аналіз прихованих дефектів (SA) і аналіз паразитних ланцюгів (SCA);
25. Марковський аналіз
26. Аналіз мереж Петрі;
27. Аналіз структурної схеми надійності (RBD) та інші.

Мозковий штурм є найбільш простим якісним методом оцінки професійного ризику, який полягає в створенні групою експертів в результаті процесу доброзичливої дискусії конкретних рішень та критеріїв щодо ідентифікації потенційних небезпек в рамках функціонування дослідної системи, можливих її відмови за операціями і способами керування виявленими професійними ризиками.

Позитивними сторонами методу можна вважати, насамперед, легкість його застосування, можливість залучення до процесу великої кількості експертів і фахівців, що безпосередньо беруть участь у функціонуванні дослідної системи, застосування під час дискусії спеціальних методів, які сприяють продукуванню нових нестандартних ідей та рішень відносно проблем, що розглядаються.

Недоліками методу є неможливість здійснення кількісної оцінки професійного ризику за допомогою математичних розрахунків, можлива некомпетентність експертів з певних питань та їх мала чисельність, що ставить під сумнів всеосяжність ідентифікації потенційних небезпек, а також відсутність об'єктивного підходу, щодо оцінки проявів впливу «людського» та зовнішніх факторів на стан функціонування ергатичної системи.

Застосування контрольних листів є ще одним якісним методом оцінки професійного ризику на підприємствах. Його суть полягає у розробці переліку потенційних небезпек (ризиків), або можливих відмов дослідної ергатичної системи, спираючись на досвід попередніх оцінок професійного ризику чи статистичні результати щодо відмов аналогічних систем, які відбулися раніше.

Позитивними рисами застосування контрольних листів, як методу оцінки професійного ризику, можна вважати його простоту, можливість застосування на будь-якому етапі функціонування ергатичної системи, залучення до процесу оцінки працівників, які не є експертами, але мають практичний досвід виконання дослідних операцій, що теоретично сприяє підвищенню об'єктивності методу.

Серед основних недоліків методу необхідно відмітити неможливість отримання кількісного результату оцінки, низьку мотивацію працівників, що долучаються до процесу оцінки, та, як наслідок, високий ступінь її формалізації, а також відсутність в рамках методу дієвих інструментів щодо оцінки впливу на дослідну систему (операцію) «людського» та зовнішніх факторів.

Метод Файн-Кінні є одним з найбільш розповсюджених для практичного застосування на підприємствах і базується на визначенні професійного ризику (P) як певної комбінації трьох основних факторів: схильності працівника до впливу небезпечного чи шкідливого виробничого фактора (C), вірогідності виникнення небезпеки на робочому місці (B) та важкості можливих наслідків її реалізації (T).

$$P = C \times B \times T \quad (1)$$

Схильність до ризику працівника в числових значеннях варіюється від 0 (не схильний до ризику) до 10 (постійна схильність), аналогічним чином визначається і вірогідність виникнення небезпеки – 0 (неможлива) до 10 (очікувано відбудеться). Тяжкість наслідків варіюється від 1 (мінімальні) до 100 (катастрофа з великою кількістю жертв) [12]. Комбінація зазначених факторів класифікує професійний ризик за ступенем прийнятності (серйозності) на п'ять основних груп:

1. Від 0 – 20, прийнятний ризик;
2. Від 20 – 70, можливий ризик, який необхідно контролювати;
3. Від 70 – 200, серйозний ризик, необхідні удосконалення заходів безпеки;
4. Від 200 – 400, високий рівень ризику, необхідні негайні та серйозні удосконалення заходів безпеки;
5. Більше 400, неприпустимий (дуже високий) ризик, необхідна негайна та повна зупинка діяльності.

Кінцевим результатом проведення оцінки ризиків є формування їх в упорядковану систему у вигляді матриці та складання відповідних виробничих карт професійних ризиків.

Перевагами методу Файн-Кінні можна вважати його простоту, зрозумілість, залучення до проведення оцінки безпосередніх виконавців процесу та менеджерів середньої ланки (начальників структурних підрозділів), отримання результату оцінки ризику у кількісному вигляді, існування чітких критеріїв оцінки серйозності (прийнятності) професійних ризиків, можливість складання карт ризику, а також узгодженість з рекомендаціями міжнародних стандартів серії OHSAS.

Недоліками цього методу є можливість внесення помилок виконавцями на певних стадіях оцінки (суб'єктивність методу), високий ступінь невизначеності факторів C, B, T, що безумовно ставить під сумнів об'єктивність результату оцінки, відсутність чіткого механізму оцінки впливу на стан ергатичної системи проявів «людського» та зовнішніх факторів.

Достатньо близькими до методу Файн-Кінні за характером є також такі відомі методи оцінки (що до речі теж спираються на рекомендації стандартів серії OHSAS) як побудова графі оцінки ризику, облік ризику (risk score), оцінка ризиків на основі матриці «ймовірність-збиток» та risk assessment code. Зазначені методи, які ми ретельно проаналізували у попередніх дослідженнях [1], мають схожі переваги і недоліки з методом Файн-Кінні тому в рамках цієї статті розглядатись не будуть.

Метод побудови матриці наслідків і вірогідності застосовують під час попередньої оцінки ризиків та їх подальшого ранжирування за пріоритетом (тяжкості наслідків впливу, у разі його реалізації у небезпеку, вірогідності такої реалізації тощо). Форма матриці на практиці, найбільш часто застосовується для аналізу критичності в рамках методу FMEA, встановлення пріоритетних заходів після проведення дослідження небезпеки і працездатності системи HAZOP, а також у разі відсутності достатньої інформації щодо проведення ретельного аналізу небезпек (в тому числі кількісного).

Переваги цього методу полягають у можливості ранжування професійних ризиків та відносної легкості застосування його на практиці.

Недоліками можна вважати високий ступінь суб'єктивності методу, залежність результатів від рівня ретельності проведення аналізу (кваліфікації виконавця), неможливість універсальності матриці для застосування на різних підприємствах, відсутність об'єктивного підходу до всеосяжної оцінки впливу на стан системи «людського» та зовнішніх факторів стохастичної природи (за рахунок можливості складання матриці виключно для конкретних ситуацій).

Система Елмері базується на постійному дослідженні семи груп факторів, які безпосередньо впливають на безпеку праці. Такими факторами є: виробничий процес; порядок та чистота; безпека під час роботи з виробничим обладнанням; фактори навколишнього середовища; ергономіка; проходи і проїзди; шляхи евакуації та можливість надання першої медичної допомоги. За результатами дослідження по кожному робочому місту заповнюється спеціальна анкета, в якій навпроти кожного пункту проставляється лише дві оцінки «добре» чи «незадовільно». Після виставлення оцінок розраховується індекс Елмері, який у відсотковому відношенні може варіюватись від 0 до 100.

Перевагами цього методу є його легкість, зрозумілість та швидкість проведення (оцінка одного робочого місця займає від 10 до 20 хвилин). Метод дає змогу ідентифікувати небезпеки як на кожному робочому місці, так і в цілому на підприємстві, та частково враховує вплив на стан системи зовнішніх факторів. Процес проведення не потребує від дослідника особливих навичок і компетенції та може застосовуватись на будь-якому підприємстві чи в організації.

Недоліками можна вважати неможливість проведення об'єктивного процесу оцінки у разі відсутності працівника на робочому місці або певних даних щодо робочого місця, яке атестується. Також в рамках цього методу не передбачена оцінка можливої помилковості дій працівника при виконанні певних операцій (впливу на хід виконання процесу «людського фактора»).

Сутність проведення структурованих (частково структурованих) інтерв'ю полягає в обмеженому у часі опитуванні людей, що задіяні (можуть бути задіяні) в процесі функціонування дослідної системи або мають відповідний досвід, згідно із заздалегідь розробленим переліком питань. Після збору відповідей їх аналізують і роблять висновки щодо оцінки рівня професійних ризиків.

Перевагами цього методу є можливість залучення до процесу оцінки великої кількості людей, що дає змогу найбільш повно дослідити проблему, а відсутність під час інтерв'ю інших людей дає змогу опитуваному в більшості випадків повно та відверто визначити свою думку з цього питання.

Недоліками методу є неможливість отримання кількісних результатів оцінки професійного ризику з урахуванням впливу на стан системи «людського» та зовнішніх факторів, а також досить значні витрати часу на проведення процесу опитування. Окрім того, складання запитань для досягнення ефективного результату потребує від розробника (групи розробників) наявності достатньо глибоких відповідних фахових знань та досвіду.

Метод Делфі є певним різновидом такого методу оцінки ризиків як мозковий штурм. Відмінність методу Делфі полягає в забезпеченні процесу анонімності висловлення власної думки певним експертом, який при цьому має можливість ознайомитись з думками інших експертів з цього питання.

Перевагами методу Делфі є можливість вільного висловлення експертом своєї думки (в тому числі непопулярної) без огляду на те, яким чином її будуть сприймати інші члени експертної групи, зокрема більш авторитетні, а також залучення до проведення процесу оцінки експертів з інших країн. Проведення процесу опитування експертів триває до тих пір, доки не буде досягнуто однотайної думки з того чи іншого спірного питання.

До основних недоліків методу можна віднести значні затрати часу на збір, впорядкування та аналіз інформації, а також неможливість отримання науково обґрунтованого кількісного результату оцінки професійного ризику з урахуванням впливу «людського» та зовнішніх факторів.

Попередній аналіз небезпек. Метод полягає в проведенні процесу ідентифікації небезпечних подій, що можуть порушити нормальний режим роботи дослідної системи. Основою проведення процесу ідентифікації небезпек є збір інформації про систему та умови її функціонування, а саме дані щодо обладнання (кількість та порядок його розташування), речовин і матеріалів, які використовуються в технологічному процесі, умов виробничого середовища та інші.

Перевагами методу можна вважати можливість його застосування на всіх стадіях життєвого циклу дослідної системи (навіть ще до етапу проектування, коли інформація про систему є дуже обмеженою), а також проведення процесу ранжирування ризиків та небезпек в рамках систем, що вже функціонують.

Недоліки методу закладені власно у його назву, тобто метод можна застосовувати лише для отримання попередніх, необ'єктивних результатів, котрі, однак, можуть бути потім використані в інших методах як вхідна інформація для більш детальної оцінки професійного ризику.

Метод HAZOP (дослідження небезпеки та працездатності) є якісним методом оцінки, метою якого є ідентифікація небезпек (відмов елементів системи), а також їх причин та наслідків.

Процес оцінки проводиться шляхом умовного подрібнення дослідної системи на складові частини (підсистеми, елементи, компоненти) та їх подальшого аналізу з метою визначення можливого стану відхилення системи в умовах впливу тих чи інших небезпечних факторів, номенклатури таких факторів, а також ймовірності виникнення відповідних небажаних наслідків.

До кожної підсистеми та елемента (компонента) системи застосовують заздалегідь зроблені певні ключові та керуючі слова, які дають змогу дослідити та виявити можливі зміни (відхилення) елементів системи від нормального режиму роботи. У разі виявлення таких відхилень з'ясовуються причини, які їх викликали, визначаються можливі наслідки настання небезпечної події та розробляються заходи щодо усунення таких причин або (за неможливості їх усунення) мінімізації важкості наслідків.

Перевагами методу HAZOP є забезпечення детального та комплексного дослідження системи, що в свою чергу створює передумови для всебічної оцінки ризику, в тому числі дає змогу достатньо детально оцінити можливі причини та наслідки помилок операторів системи (вплив «людського фактора»). Залучення ж до виконання процесу оцінки фахівців з досвідом практичної роботи у суміжних галузях безумовно підвищує ступінь її об'єктивності. Також перевагою методу є можливість його поетапного застосування для досить широкого спектра процесів і систем, а реєстрація проміжних результатів, дає змогу більш детально проаналізувати певні етапи досліджень у разі виникнення спірних чи небажаних результатів.

До основних недоліків зазначеного методу можна віднести неможливість отримання кількісних результатів оцінки, значні витрати часу та ресурсів (матеріальних, людських) на його проведення, можливість внесення помилок у вигляді впливу «людського фактора» під час складання експертних оцінок та ключових слів, а також недооцінку чи неврахування всіх можливих факторів (зовнішніх та «людського»), які можуть викликати відхилення в системі, але не визначені для аналізу в рамках відповідного дослідження.

Структурований аналіз сценаріїв (SWIFT) є за своєю суттю спрощеною альтернативою методу HAZOP і заснований на дослідженні групою експертів системи та її елементів, шляхом застосування стандартних контрольних фраз «що станеться, якщо» і підказок щодо подальших сценаріїв розвитку подій та відповідно ідентифікації потенційних небезпек.

Основними перевагами методу SWIFT є його відносна простота, можливість застосування для дослідження будь-яких систем та процесів, нових видів ризиків, а також відносна швидкість ідентифікації потенційних небезпек завдяки застосуванню контрольних фраз. В рамках виконання методу можна створювати реєстр ризиків, що дає змогу більш чітко розробляти заходи щодо їх мінімізації (усунення).

До основних недоліків методу можна віднести неможливість отримання кількісного результату оцінки ризику, необхідність наявності у ведучого достатньо високої кваліфікації

для правильної організації процесу обговорення та складання всебічної системи контрольних питань і підказок. Також метод потребує наявності відповідного досвіду в учасників дискусії, що необхідно для більш детальної ідентифікації небезпек та визначення повного реєстру ризиків (для мінімізації впливу «людського фактора» в процесі оцінки).

Аналіз першопричини (RCA). Цей метод в галузі охорони праці та промислової безпеки в основному застосовується для дослідження причин виникнення нещасних випадків. Метод полягає у формуванні експертної групи, яка встановлює галузь застосування та мету методу, а також збирає статистичні дані і опитує працівників, що зайняті в виробничому процесі (з метою отримання інформації щодо відмов дослідної системи). На основі отриманих даних група проводить структурований аналіз для встановлення першопричини виникнення нещасного випадку. Такий аналіз можна проводити різними методами (наприклад, шляхом п'ятикратного ставлення питання «чому» сталася ця відмова, складання карти першопричин тощо), які за своєю суттю можуть сприяти досягненню мети досліджень (переважна більшість з них розглянуті в рамках цієї статті). Після проведення структурованого аналізу група розробляє відповідні рекомендації та висновки.

Перевагами методу RCA можна вважати детальний та досить глибинний розгляд всіх можливих гіпотез щодо встановлення першопричин відмов елементів системи. Це досягається завдяки застосуванню процесу структурованого аналізу, використанню статистичних даних і об'єктивних свідчень працівників які залучені до виробничого процесу, а також отриманню на виході рекомендацій та висновків експертів, що спрямовані на розробку відповідних заходів безпеки.

До недоліків методу відносяться відсутність можливості отримання результатів кількісної оцінки професійного ризику, неможливість (в деяких випадках) на практиці впровадження рекомендованих заходів безпеки, та можливість внесення помилок експертною групою під час аналізу системи (вплив «людського фактора»).

Аналіз видів та наслідків відмов (FMEA) застосовується для ідентифікації всіх видів можливих відмов системи, її елементів, а також відмов пов'язаних з помилками оператора (дією «людського фактора»). Метод полягає у визначенні для кожного з елементів (компонентів, етапів тощо) дослідної системи, заздалегідь сформованою робочою групою, можливих видів відмов, їх причин та наслідків. Також в рамках виконання методу FMEA, може застосовуватись удосконалений підхід (FMESA), коли групою експертів може додатково класифікуватися кожен з визначених (ідентифікованих) видів відмов за критичністю. Тобто визначається, до яких наслідків впливу може призвести певна відмова певного елемента (ранжирування ризиків).

Перевагами методу FMEA (FMESA) є можливість ідентифікації ризиків на навчальних етапах створення технічних систем (етапі проектування тощо), врахування можливих помилок оператора таких систем (проявів «людського фактора»), визначення рангу пріоритетності ризику. Зазначені переваги, в свою чергу, дають змогу підвищити ефективність та визначити пріоритетність запобіжних заходів, а також отримати кількісні результати оцінки рівня професійного ризику.

До основних недоліків методу можна віднести складність та трудомісткість його застосування для аналізу складних технічних систем, необхідність (для якісного проведення аналізу) наявності повної інформації щодо елементів дослідної системи, неможливість проведення процесу комплексної ідентифікації відмов, а також ризик внесення помилок членами робочої групи під час аналізу системи та розробки відповідних рекомендацій (не виключений вплив на результати «людського фактора»).

Аналіз дерева несправностей (FTA). Основою методу є побудова логічної діаграми (дерева) попередньо ідентифікованих (дедуктивним методом) потенційних небезпечних факторів та їх взаємозв'язків, які можуть призвести до виникнення небезпечної події. Діаграма будується у вигляді символів (елементів), кожен з яких несе певне логічне та смислове навантаження.



Перевагами методу є його зрозумілість, наочність, простота, можливість отримання за його допомогою кількісних результатів вірогідності настання кінцевої небезпечної події (у разі, якщо відомі значення вірогідності початкової події). Метод дає змогу комплексно проаналізувати систему від кінцевої небезпечної події до початкових факторів, які змогли її викликати, а також дослідити вплив на систему помилок операторів (вплив «людського фактора») та зовнішніх факторів (в тому числі природних явищ). Безумовною перевагою цього методу також можна вважати можливість застосування для його реалізації стандартного пакета прикладного програмного забезпечення.

До недоліків необхідно віднести досить високі вимоги до кваліфікації експертів, які проводять процес ідентифікації факторів та побудови логічної схеми їх взаємозв'язків, високий ступінь невизначеності навчального стану дослідної системи, що може призвести до помилкових результатів оцінки вірогідності виникнення та виду кінцевої небезпечної події (вплив «людського фактора»). Метод FTA дає змогу розглядати лише два спрощених варіанти стану системи: «працездатна» чи «непрацездатна», що на практиці є недостатнім.

Аналіз дерева подій (ETA) базується на побудові графічної схеми (дерева) послідовності розвитку певної (обраної) початкової події за взаємовиключними варіантами «так» чи «ні» відповідно до наявності та варіантів функціонування або відмов розроблених заздалегідь систем безпеки. Для кожної системи безпеки лініями позначаються нормальний режим її роботи та аварійний. Умовна вірогідність настання аварійного режиму (відмови системи безпеки) визначається експертами у вигляді експертних оцінок або за допомогою методу FTA. Таким чином ця схема наочно відображує можливі варіанти розвитку початкової події.

Перевагами методу можна вважати його простоту, наочність (завдяки побудові графічної схеми), можливість досліджувати (на відміну від методу FTA) послідовність розвитку подій.

До недоліків методу можна віднести необхідність завчасної ідентифікації початкових подій, що можна зробити тільки застосовуючи інші методи (метод не є універсальним). Метод не враховує впливу «людського» і зовнішніх факторів на процес розвитку подій та потребує високого рівня підготовки експертів, які оцінюють вірогідність настання аварійного режиму роботи. Аналіз дерева подій можна застосовувати тільки для двох станів системи: нормального та аварійного, що на практиці не є вичерпним, оскільки найбільш трудомісткими для ідентифікації є так звані «приховані» відмови, які можуть проявлятися лише при певних режимах роботи системи.

Аналіз причин та наслідків. Метод побудовано на основі комбінації двох розглянутих вище методів ETA та FTA. Метод ґрунтується на ідентифікації певної небезпечної події та побудові графічної діаграми для визначення умов і причин виникнення відмов, що можуть призвести до цієї події, вірогідності того чи іншого варіанта розвитку події, а також її наслідків.

Переваги та недоліки цього методу є аналогічними методам ETA та FTA, однак він є більш детальним і в той же час більш складним.

Метод «краватка-метелик» використовують для дослідження ризиків, шляхом аналізу (за допомогою діаграми, яка за своїм виглядом схожа на класичну краватку-метелик) сценаріїв розвитку небезпечної події від причин до наслідків. Аналіз причин, в рамках виконання цього методу, проводять за допомогою побудови дерева несправностей, а наслідків – за допомогою методу ETA. Діаграму «краватка-метелик» зазвичай на практиці будують на етапі проведення мозкового штурму. Центральним вузлом діаграми є обрана для аналізу небезпечна подія, лінії по ліву сторону від вузла визначають зв'язки причини та небезпечної події, а по праву з'єднують її з кожним можливим наслідком. Вертикальні риси (бар'єри), які перетинають зазначені лінії відповідають передбаченим заходам безпеки.

Перевагами методу є простота його реалізації у порівнянні з методами ETA та FTA, наочність та, як наслідок, доступність представлення необхідної інформації, в першу чергу відносно ефективності певних заходів безпеки в рамках системи управління охороною праці.

Недоліками методу можна вважати його певну спрощеність (в рамках виконання методу розглядаються окремі причини, що викликають небезпечну подію, а не їх сукупність),

слабку передбачуваність впливу на систему «людського» та зовнішніх факторів, а також можливість внесення помилок експертами (групою експертів) на стадіях проведення мозкового штурму, визначення причин, наслідків і необхідних заходів безпеки.

Причинно-наслідковий аналіз застосовують для ідентифікації та дослідження всіх можливих причин (встановлених емпіричним шляхом) виникнення небезпечної події і всіх можливих гіпотез сценаріїв розвитку від причини до наслідку (причинно-наслідкових зв'язків). Результати аналізу представляють у вигляді діаграми Ісікави («рибного кістяка») або у вигляді дерева (за аналогією з деревом несправностей тільки побудованим зліва на право). Незалежно від того, який вид діаграми застосовується, причини небезпечної події структуруються в певні групи (категорії), які представляються у вигляді основних ребер кістяка (чи основних гілок), від яких відгалужуються більш дрібні «кісточки» (гілочки), що конкретизують їх та встановлюють певні взаємозв'язки між ними (шляхом постановки логічних запитань на кшталт «чому?»).

В якості основних категорій зазвичай виділяють виробниче обладнання, персонал, виробниче середовище, технологічні процеси та інші.

Перевагами методу є застосування структурованого аналізу, що дозволяє групі експертів більш детально і повно розглянути всі можливі гіпотези та знайти консенсус відносно того, які з них є найбільш вірогідними, а також визначити необхідні корегувальні заходи безпеки. Метод дає змогу завдяки побудові зрозумілої графічної діаграми встановити необхідні причинно-наслідкові зв'язки між факторами та провести аналіз всіх ребер («кісточок») на предмет повноти і послідовності ідентифікованих причин.

До недоліків методу можна віднести нехтування впливом на дослідну систему певних проявів «людського» та зовнішніх факторів (помилки оператора, що призвели до аварії, помилки проектувальників, вплив непрогнозованих природних явищ тощо), а також можливі помилки самих експертів, що встановлюють причини і причинно-наслідкові зв'язки. Метод не призначений для проведення самостійного аналізу системи та може застосовуватись лише в рамках проведення мозкового штурму.

Аналіз рівнів захисту (LORA). Основою методу є визначення пар причина-наслідок (на основі збору статистичних даних відносно частоти виникнення причин небезпечної події та її наслідків) з наступною ідентифікацією і оцінкою можливих відмов рівнів захисту (в тому числі незалежних, таких, як блокування безпеки, системи аварійного керування та інші). Наступним етапом є визначення частоти реалізації небезпечної події (як комбінації частоти початкових причин, вірогідності відмов рівнів захисту та вірогідності реалізації інших можливих факторів, наприклад певних проявів «людського фактора»), розрахунок рівня ризику та порівняння отриманого результату з відповідним прийнятним показником (прийнятним рівнем ризику).

Перевагами методу можна вважати його відносну простоту і зрозумілість. Процес проведення методу не потребує залучення значних ресурсів та витрат часу на реалізацію, а комплексне визначення частоти причин небезпечної події, вірогідності відмов рівнів захисту та реалізації інших факторів (наприклад, «людського фактора»), що можуть впливати на виникнення небезпек значно підвищують його об'єктивність, особливо у порівнянні з експертними методами оцінки.

До недоліків можна віднести неможливість одночасного розгляду декількох пар причина-наслідок, які в реальності знаходяться завжди у взаємодії між собою (є характерним для складних технічних систем) та спільно чинять вплив на сценарій розвитку події, а також на види та тяжкість наслідків. В рамках виконання методу, групою експертів можуть бути внесені певні помилки (вплив «людського фактора»), що може вплинути на точність результату оцінки, який, до речі, не завжди може бути отримано у кількісному вигляді.

Оцінка ризику за методикою Національного науково дослідного інституту промислової безпеки та охорони праці (ННДІПБОП, Україна) заснована на оцінці фактичного стану рівня технічної безпеки устаткування, будівель (споруд); дотримання працівниками чинних норм, правил та інструкцій з охорони праці; аналізі, що враховує наявність за звітний період нещасних випадків і перевишень на робочих місцях гранично допустимих норм

або концентрацій шкідливих виробничих факторів. Рівень ризику, згідно з цією методикою визначається за формулою:

$$P = K_T \times K_3 \times (7800 - K_0 + S_{шб} + 0,1) \times 9 \times 10^{-7}, \quad (2)$$

де  $K_T$  – коефіцієнт технічної небезпеки обладнання;

$K_3$  – коефіцієнт технічної небезпеки будівель(споруд);

7800 – встановлений емпіричним шляхом необхідний максимальний бал, при якому ризик виникнення нещасного випадку є мінімальним;

$K_0$  – коефіцієнт організаційної безпеки;

$S_{шб}$  – сума штрафних балів, яка оцінюється за відповідною шкалою балів.

Коефіцієнт технічної небезпеки обладнання  $K_T$  визначається за формулою:

$$K_T = \frac{O_o}{O_3}, \quad (3)$$

де  $O_o$  – кількість обладнання, машин, механізмів на ділянці (у структурному підрозділі, на підприємстві), що відповідає вимогам безпеки;

$O_3$  – загальна кількість обладнання, машин, механізмів на ділянці (у структурному підрозділі, на підприємстві).

Коефіцієнт організаційної безпеки  $K_0$  складається з суми оціночних балів кожного нормативного показника і визначається за формулою:

$$K_o = \sum_{i=1}^n M_i = \sum_{i=1}^n (B_{yi} \times H_{ei}), \quad (4)$$

де  $M_i$  – оцінний бал відповідного нормативного показника;

$B_{yi}$  – умовний бал для оцінки ризику відповідного нормативного показника;

$H_{ei}$  – рівень виконання нормативного показника, дорівнює співвідношенню між фактично отриманими та нормативно встановленими показниками ( $H_{fi} / H_{ni}$ ).

За довідковими таблицями визначаються умовні показники і види ризиків.

Позитивною стороною методики ННДПБОП можна вважати спробу врахувати в процесі визначення ризику таку його важливу складову, як «людський фактор» (однак не повною мірою) та можливість отримання кількісного результату оцінки професійного ризику.

Недоліками методу є складність та громіздкість його реалізації, що може призвести до внесення певної кількості помилок в процес проведення розрахунків. Необхідно зазначити, що для проведення розрахунків необхідна наявність великої кількості статистичних даних, які не завжди є. Також статистичні дані за звітні періоди, на погляд автора, не можна вважати достовірними для проведення майбутніх розрахунків ризику, оскільки вони не є стабільними. Метод не враховує впливу на стан безпеки системи зовнішніх факторів.

Аналіз впливу «людського фактора» (HRA). Метод базується на визначенні групою експертів відмов технічної системи, що пов'язані з помилками оператора, аналізі виявлених помилок та розробці відповідних заходів безпеки (або відповідних рекомендацій). Взагалі процес реалізації методу передбачає виконання дев'яти основних послідовних етапів, а саме: формулювання завдання (на основі визначення дій людини під час виконання нею посадових обов'язків); його аналіз; аналіз помилок оператора; визначення сценаріїв розвитку подій з урахуванням можливих взаємозв'язків між діями оператора та іншими факторами (технологічним обладнанням, факторами виробничого середовища, зовнішніми факторами тощо); ідентифікацію помилок, що потребують кількісної оцінки; кількісну оцінку ідентифікованих помилок та пов'язаних з ними відмов; ранжирування помилок за значущістю; розробку заходів (рекомендацій) безпеки; реєстрацію необхідної інформації щодо проведеного аналізу HRA.

Метод дає змогу, хоча і в досить формальний спосіб, оцінити якісно та кількісно одну з головних причин, що призводить до нещасних випадків, промислових аварій та катастроф – прояви «людського фактора», що і є його головною перевагою.

Основними недоліками методу можна вважати його неточність, яка обумовлена саме різноманіттям проявів «людського фактора», а також великою кількістю інших важко передбачуваних та неконтрольованих факторів, котрі впливають на стан функціонування дослідної ергатичної системи.

Аналіз прихованих дефектів (SA) і аналіз паразитних ланцюгів (SCA). Ці методи були розроблені з метою ідентифікації прихованих дефектів технічної системи (помилки при проектуванні обладнання, програмного забезпечення тощо) та відповідно визначення паразитних ланцюгів, які можуть впливати на нормальний режим роботи системи. Метод SA є більш об'ємним та детальнішим за метод SCA і зазвичай останній виконується в рамках реалізації методу аналізу прихованих дефектів. Під час реалізації методу SA, виконавець (група виконавців) проводить збір початкових даних і за допомогою залучення додаткових методів (побудов графічних діаграм по типу «дерева несправностей» або інших, схем по типу «ліс», що відображують взаємозв'язки між вхідними і вихідними параметрами системи, допоміжних слів, питань та словосполучень), ідентифікує приховані дефекти та на основі проведених досліджень складає звіт з рекомендаціями щодо безпеки.

Перевагами методу є можливість ідентифікації певних небезпек на початкових стадіях створення технічної системи (стадії проектування), а також виявлення неявних, прихованих дефектів елементів системи та їх зв'язків, що можуть призвести за певних умов до виникнення небезпеки.

Основними недоліками методу є його складність та можливий вплив на результати проявів «людського фактора» у вигляді помилок виконавця, який будує і оцінює графічні схеми, а також видає кінцеві рекомендації. Для виконання методу та отримання більш точних результатів, в тому числі для врахування впливу на систему «людського» та зовнішніх факторів, виконавцю необхідно залучати інші методи, що потребує від нього досить високої кваліфікації.

Марковський аналіз. Кількісний метод аналізу надійності, який базується на розрахунку ймовірності перебування системи в тому чи іншому стані в той чи інший момент часу. Стан системи визначається комбінацією працездатного та непрацездатного стану її елементів. Метод реалізується за допомогою побудови матриць і діаграм (у вигляді певної блок-схеми) переходів (діаграм Маркова), які дають можливість наочно відобразити процес відмов та відновлення системи у вигляді переходів від одного блока стану системи до іншого, причому сума всіх ймовірностей стану системи дорівнює одиниці.

Перевагами методу є можливість розрахунку ймовірностей стану системи, в рамках якої можливі багаторазові відмови, моделювання пріоритетів її відновлення, а також отримання кількісних результатів оцінки та можливість застосування для розрахунків спеціального програмного забезпечення.

Основний недолік методу полягає в тому, що зі збільшенням кількості елементів в дослідній системі, зростає кількість її ймовірних станів та переходів між ними і, як наслідок, відповідно може збільшуватись кількість помилок при отриманні кінцевих результатів оцінки. Метод не дає змоги об'єктивно оцінити можливі помилки оператора, тобто вплив «людського фактора» на стан системи в тій чи іншій період часу. До недоліків можна також віднести його складність, необхідність наявності у виконавців спеціальних знань та компетенції в галузі прикладної математики, а також повної інформації щодо всіх можливих ймовірностей переходів системи з одного стану в іншій.

Аналіз мереж Петрі застосовується для моделювання динамічних дискретних систем і є аналогічним марковському аналізу та має схожі з ним переваги та недоліки.

Метод аналізу структурної схеми надійності (RBD) ґрунтується на розрахунку надійності елементів дослідної системи з побудовою відповідної блок-схеми (Reliability Block Diagram, RBD). Метод може застосовуватись на різних етапах життєвого циклу системи (проекування, експлуатації та інших).

В рамках виконання методу формулюється завдання на розрахунок надійності, в якому визначаються призначення системи, її склад, параметри функціонування, показники на-

дійності, ознаки відмов, умови експлуатації, вимоги до точності результатів розрахунку тощо. На основі поставленого завдання будується структурна блок-схема надійності, на якій вказані елементи та взаємозв'язки між ними (паралельно-послідовна схема), що можуть стати причиною відмови системи, а також складається набір розрахункових формул.

Перевагами цього методу є його наочність та можливість (за умови залучення інших методів) отримання кількісних результатів оцінки. В рамках методу розглядається надійність всіх елементів системи та їх взаємозв'язки, що можуть призвести до відмов. Метод є дуже популярним на практиці під час інженерних розрахунків надійності нескладних технічних систем (в яких ймовірність відмови одного з елементів не впливає на ймовірність відмови іншого).

Недоліками методу є можливість розглянути лише два можливі стани елементів системи – працездатний або непрацездатний. Метод не може ефективно застосовуватись для систем зі складними взаємозв'язками між елементами, а для досягнення точного результату, виконавцю необхідно чітко уявляти всі можливі варіанти їх функціонування, що є не завжди можливим. І нарешті, зазначений метод не є самостійним та застосовується в більшості випадків як попередній етап аналізу для інших методів, а також не дає змоги оцінити вплив проявів «людського» (як головної причини відмов технічних систем) та зовнішніх факторів.

Взагалі смислове поняття терміна «метод» (від грецького *methodos* – шлях, спосіб дослідження) передбачає виконання повного циклу проведення процесу дослідження за допомогою певних прийомів та операцій для досягнення бажаного результату (у нашому випадку комплексної та об'єктивної оцінки професійного ризику). Згідно з більшістю відомих світових рекомендацій і стандартів в галузі професійної безпеки та здоров'я повний (комплексний) цикл процесу оцінювання професійного ризику зазвичай передбачає виконання таких етапів:

1. Ідентифікація ризику;
2. Оцінка наслідків реалізації ризику у небезпеку;
3. Оцінка імовірнісних характеристик ризику, в тому числі впливу «людського» та зовнішніх факторів;
4. Оцінка ефективності заходів і засобів керування ризиками;
5. Кількісна оцінка рівня ризику;
6. Порівняльна оцінка ризику (наприклад прийнятний, недопустимий та інші).

Однак, як видно з результатів проведеного аналізу, будь-який з відомих методів може забезпечити виконання лише максимум декількох із шести зазначених етапів оцінки. Тобто комплексного виконання процесу оцінки, жоден з них окремо забезпечити не в змозі, так само як і високий ступінь точності такої оцінки. Таким чином, на практиці, підприємства вимушені проводити поетапну оцінку професійних ризиків за допомогою одночасного використання цілої низки методів.

Окрім того, використання того чи іншого методу для оцінки обов'язково потребує ще проведення процесу попереднього обґрунтування можливості його використання на тому чи іншому етапі.

Така ситуація з одного боку значно ускладнює проведення процесу оцінки і його зрозумілість, а з іншого боку приховує певні небезпеки, які можуть виражатися у прямій залежності зростання кількості можливих помилок відносно кількості методів, що залучені до виконання процесу оцінки, внесення додаткових помилок на стадії обґрунтування, а також в проведенні підприємством неповного процесу оцінки чи взагалі її формалізації. Залежність зростання кількості помилок від кількості методів оцінки можна пояснити тим, що апріорі кожен з методів в тому чи іншому аспекті приховує певні неточності і має певні недоліки, відповідно чим більше методів ми залучаємо, тим більше помилок може бути на виході.

З іншого боку, процес обґрунтування прийнятності використання того чи іншого методу для певного етапу, є доволі суб'єктивним (тобто помилковим), оскільки рекомендації до застосування розробляються, виходячи з думки експерта чи групи експертів («людський фактор»). І нарешті, використання великої кількості методів в реальних умовах підприємства веде до можливого нехтування процесом оцінки (або його формалізації) керівництвом, оскі-

льки він пов'язаний з необхідністю наявності фахівців, що мають відповідні компетенції, яких на переважній більшості підприємств (особливо малих і середніх) просто не вистачає.

Тобто є очевидним той факт, що на сьогодні день необхідно, спираючись на досвід використання існуючих методів, вирішити проблему з розробкою та існуванням **єдиного, універсального відносно простого методу оцінки професійного ризику**, який би давав змогу об'єктивно та кількісно, за допомогою математичного інструментарію оцінити професійні ризики, а також був би зручний для використання на кожному підприємстві у вигляді програмного забезпечення, яке не потребує від користувача спеціальних знань і умінь. Оскільки зазначений метод повинен вирішувати всі зазначені вище шість етапів комплексної оцінки професійного ризику, необхідно визначити необхідні умови реалізації кожного з етапів.

Перший та другий етапи - ідентифікація ризику та оцінка наслідків його реалізації, передбачає збір вичерпної інформації про потенційні небезпеки (включаючи прояви впливу «людського» та зовнішніх факторів), у тому числі збір відповідних статистичних даних на самому підприємстві (якщо ідентифікація проводиться на існуючому об'єкті), а у разі проектування технічної системи – на аналогічних об'єктах, що вже функціонують, а також необхідний аналіз таких даних, визначення пріоритетних (за важкістю можливих наслідків) ризиків та постановка завдань на виконання наступних етапів.

Оскільки якісне вирішення аналітичних завдань поки що входить виключно до компетенції людини (штучний інтелект на сучасному етапі розвитку не в змозі якісно вирішувати такі складні завдання), то необхідною умовою виконання першого та другого етапів є створення експертної групи, до складу якої обов'язково повинні входити відповідні галузеві фахівці і спеціалісти з охорони праці, а також застосування для проведення процесу ідентифікації певної удосконаленої квінтесенції відомих експертних методів оцінки ризику. Такий процес може передбачати збір інформації про потенційні небезпеки із застосуванням спрощеного варіанта системи Елмері із заповненням відповідних анкет, а також збір статистичних даних по кожному робочому місцю (для систем, що проектуються такі операції доцільно проводити на аналогічних діючих підприємствах з подібними технічними системами).

Етап збору інформації може виконуватись силами відповідного підприємства. Зібрана та упорядкована інформація поступає до іншої (міжнародної) групи експертів, до складу якої, з метою мінімізації кількості помилок, повинні залучатися відповідні галузеві фахівці з інших міст чи країн (як в режимі онлайн-конференції, так і анонімно). Така група аналізує отримані дані, здійснює процес ідентифікації небезпек, ранжирує ризики (за тяжкістю наслідків тощо) та робить необхідні висновки, відображуючи їх у вигляді оцінок в анкетах.

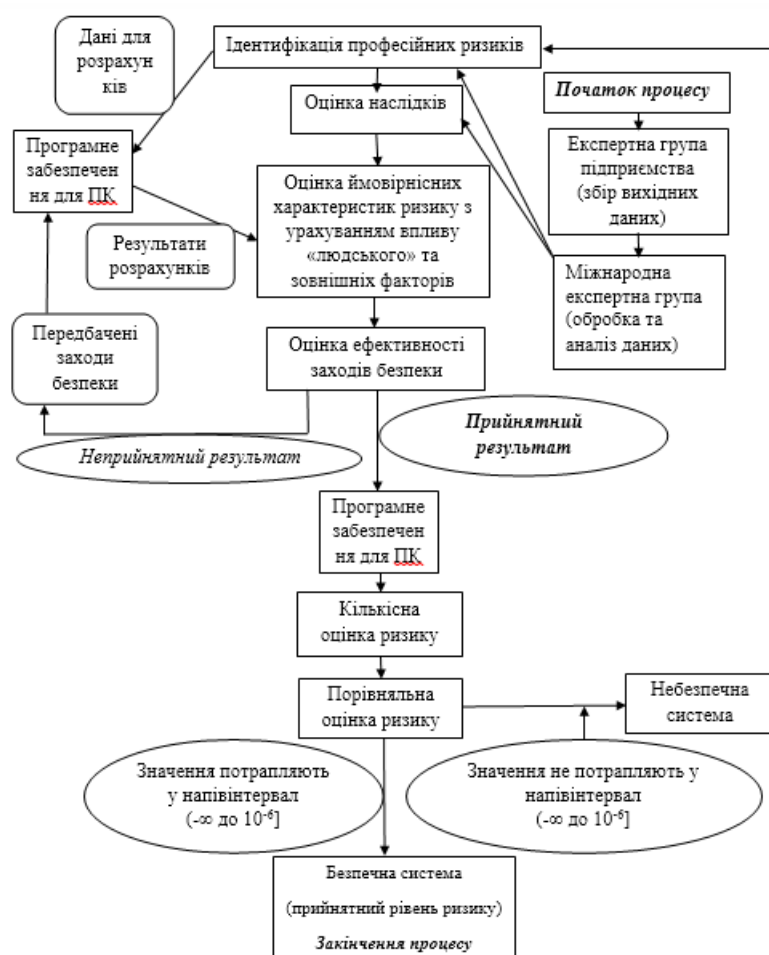
Створення **міжнародних галузевих експертних груп** та обмін відповідною інформацією в епоху глобальної інтернетизації не є проблемою, а збільшення кількості залучених до процесу експертів дасть змогу більш детально розглянути проблему та значно мінімізувати можливу кількість помилок шляхом зменшення впливу «людського фактора» у вигляді суб'єктивного погляду на вирішення поставлених завдань.

Якісне виконання третього і п'ятого етапів – оцінки ймовірнісних характеристик ризику та впливу «людського» і зовнішніх факторів, а також їх кількісна оцінка можливі лише за умови створення стандартного програмного забезпечення, яке б швидко обробляло внесені вхідні дані (в тому числі дані щодо можливого впливу «людського» та зовнішніх факторів). Таке програмне забезпечення можна створити на основі існуючих інструментальних методів визначення ймовірності, що застосовуються у прикладній математиці. Вхідними даними для такої програми будуть результати експертних оцінок та, за можливості, інструментальних вимірювань, що отримані під час виконання перших двох етапів з урахуванням застосованих у системі запобіжних засобів і заходів безпеки. А вихідними – кількісні результати ймовірності виникнення та оцінки відповідних професійних ризиків з урахуванням впливу «людського» та зовнішніх факторів. Створення такої програми звісно ж передбачає концентрацію зусиль не тільки математиків і програмістів, а й галузевих фахівців, спеціалістів з охорони праці, які повинні поставити завдання на проектування програми щодо її функціональності та точності отримання бажаних кількісних результатів.

Зазначена комп'ютерна програма повинна забезпечувати також і виконання четвертого етапу – оцінку ефективності заходів безпеки. Необхідною умовою виконання даного етапу, є отримання проміжних результатів оцінки, а саме ймовірності виникнення тої чи іншої ідентифікованої небезпеки, або прояву «людського» та зовнішніх факторів (результат виконання третього етапу), а також можливості їх співвідношення із застосованими заходами безпеки. У разі отримання високих (неприйнятних) значень ймовірності прояву певних небезпек, група експертів переглядає застосовані заходи і засоби безпеки з метою їх удосконалення та повертає удосконалену інформацію для проведення повторного етапу – оцінки ймовірнісних характеристик ризику. Така процедура повторюється до тих пір, поки не буде досягнуто необхідного ступеня ефективності заходів безпеки.

Прийнятними результатами кількісної оцінки професійного ризику (результати виконання п'ятого та шостого етапів) можуть вважатися всі значення, що потрапляють у напівінтервал  $(-\infty \text{ до } 10^{-6}]$ , де значення  $10^{-6}$  є загальноприйнятою величиною прийнятного ризику.

Таким чином майбутній універсальний метод оцінки професійного ризику можна схематично представити у вигляді певного алгоритму, рис. 1.



**Рисунок 1** – Алгоритмічна схема процесу оцінки ризику з урахуванням впливу «людського» та зовнішніх факторів

Найбільш складними операціями в наведеній схемі є отримання ймовірнісних характеристик та кількісних результатів оцінки професійного ризику. Складність проведення операцій пояснюється високим ступенем невизначеності стану дослідної ергатичної системи, яка визначається наявністю в її складі таких стохастичних факторів як «людський» та зовнішні, причому перший з них є найбільш вагомим.

Згідно з рекомендаціями OHSAS 18001:2007 (ДСТУ OHSAS 18001:2010 «Система управління гігієною та безпекою праці»), в узагальненому вигляді модель кількісної оцінки професійного ризику можна розглядати як комбінацію двох змінних: ймовірності настання небезпечної події та тяжкості її наслідків.

Однак є зрозумілим, що певна небезпечна подія, залежно від обставин (впливу вищезазначених факторів тощо) може відбутися або ні та відповідно мати різні за своєю тяжкістю наслідки, тому і універсальну модель оцінки професійного ризику формально, на думку автора, треба розглядати як таку функціональну залежність двох залежних змінних:

$$R = f(T, V), \quad (5)$$

де  $R$  – ризик виникнення небезпечної події;

$T$  – тяжкість її наслідків;

$V$  – ймовірність її настання.

Оскільки ймовірність настання небезпечної події ( $V$ ) напряму залежить від впливу «людського» та зовнішніх факторів, а також наявності та ефективності передбачених заходів безпеки то вона теж, в свою чергу, буде мати вигляд функціональної залежності з трьома змінними:

$$V = f(V_l, V_z, K_{zb}), \quad (6)$$

де  $V_l$  – ймовірність впливу на стан системи «людського фактора»;

$V_z$  – ймовірність впливу на стан системи зовнішніх факторів;

$K_{zb}$  – коефіцієнт, що враховує наявність та ефективність передбачених заходів і засобів безпеки.

Тому універсальну модель методу кількісної оцінки професійних ризиків, остаточно, можна представити у такому формалізованому кінцевому вигляді:

$$R = f(T, V_l, V_z, K_{zb}), \quad (7)$$

Результати оцінки ризику в такому разі можна вважати прийнятними, якщо значення функції знаходяться в напівінтервалі  $(-\infty \text{ до } 10^{-6}]$ , де значення  $10^{-6}$  є загальноприйнятою величиною прийнятного ризику.

**За підсумками цієї статті можна зробити такі висновки:**

1. Жоден з проаналізованих відомих методів не є універсальним і не пристосований для проведення комплексного та об'єктивного процесу (виконання всіх необхідних етапів) кількісної оцінки професійних ризиків з урахуванням впливу «людського» та зовнішніх факторів. Усі методи є складними, потребують від виконавця спеціального рівня знань та значних витрат часу на їх проведення, що в свою чергу робить неможливим або формальним процес оцінювання професійних ризиків на сучасних підприємствах.

2. Проведення об'єктивної та комплексної оцінки ризику з урахуванням впливу «людського» та зовнішніх факторів залежить від виконання певних умов, ключовими з яких є створення міжнародних експертних груп фахової спрямованості з можливістю он-лайн спілкування, а також стандартного програмного забезпечення для персональних комп'ютерів з метою проведення кількісної оцінки професійних ризиків на основі результатів роботи зазначених експертних груп.

3. Запропонована алгоритмічна схема може стати фундаментальною основою перспективного універсального методу оцінки професійного ризику, який би давав змогу враховувати вплив «людського» та зовнішніх факторів на стан безпечного функціонування ергатичної системи.

4. Модель перспективного універсального методу кількісної оцінки ризику з урахуванням впливу «людського» та зовнішніх факторів, формально можна представити у вигляді функціональної залежності з чотирма змінними. Результати оцінки ризику можна вважати прийнятними, якщо значення функції знаходяться у напівінтервалі  $(-\infty \text{ до } 10^{-6}]$ .



### Список літератури:

1. Бочковський А.П. «Людський фактор» та ризик виникнення небезпек: випадковість чи закономірність / А.П. Бочковський. – Одеса: Юридична література, 2015. – 137 с.
2. Електронний ресурс: <http://www.social.org.ua>
3. Загребина Л. Своевременная оценка рисков рабочей среды – гарантия безопасности труда [Електронний ресурс] / Загребина Л., Владимиров Н. // Starpaugstskolu zinātniski praktiskās un mācību metodiskās konferences raksti. – Рига: Институт транспорта и связи, 2008. Режим доступа: [http://www.tsi.lv/sites/default/files/editor/science/Publikacij/Education/2009/17\\_zagrebina\\_vladimirov.pdf](http://www.tsi.lv/sites/default/files/editor/science/Publikacij/Education/2009/17_zagrebina_vladimirov.pdf)
4. Хрупачев А.Г. Профессиональный риск. Теория и практика расчета / Под ред. А.Г. Хрупачева, А.А. Хадарцева. – Тула: Изд-во ТулГУ, 2011. – 330 с.
5. Буняев В.В. Прогнозирование риска приобретения профессиональных заболеваний на основе нечетких моделей принятия решений / В.В. Буняев, Н.А. Корневский, С.А. Филист // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – № 2. – С. 15-18.
6. Измеров Н.Ф. Оценка профессионального риска и управление им – основа профилактики в медицине труда / Н.Ф. Измеров // Гигиена и санитария. – 2006. – № 5. – С. 14-16.
7. Мельцер А.В. Гигиеническое обоснование комбинированных моделей оценки профессионального риска / А.В. Мельцер, А.В. Киселев // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – № 4. – С. 1-5.
8. Муртонен М. Оценка рисков на рабочем месте – практическое пособие. Субрегиональное бюро МОТ для стран Восточной Европы и Центральной Азии. Режим доступа: [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-moscow/documents/publication/wcms\\_312452.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/---sro-moscow/documents/publication/wcms_312452.pdf)
9. Пиктушанская Т.Е. Опыт использования математической модели при оценке апостериорного профессионального риска // Медицина труда и промышленная экология. – 2009. – № 12. – С. 41-44.
10. Sadhra S.S. Occupational Health: Risk Assessment and Management / S.S. Sadhra, K.G. Rampal. – Boston; Oxford: Blackwell Science. – 1999. – 492 p.
11. Shappell S.A., Wiegmann D.A. The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) // FSF Flight Safety Digest. – 2001, Feb. – P. 15-28.
12. Електронний ресурс: <http://www.trudcontrol.ru>

### References:

1. Bochkovsky A.P. (2015). «The human factor" and the risk of hazards, accident or regularity». Odesa: Yurydechna literatura (in Ukr.)
2. Elektronnyy resurs: <http://www.social.org.ua>
3. Zagrebina L. & Vladimirov N. (2008). Timely evaluation of the working environment risks – safety guarantee. Riga: Institut transporta i svyazi. Retrieved from [http://www.tsi.lv/sites/default/files/editor/science/Publikacij/Education/2009/17\\_zagrebina\\_vladimirov.pdf](http://www.tsi.lv/sites/default/files/editor/science/Publikacij/Education/2009/17_zagrebina_vladimirov.pdf)
4. Hrupachev A.G (2011). «Professional risk. Theory and practice of calculating». Tula: TulGU (in Rus.).
5. Bunyaev V.V. (2006). Risk prediction of of acquisition of occupational diseases on the basis of indistinct models of decision-making. Vestnik novyh meditsinskih tehnologiy (Bulletin of new medical technologies), 2, 15-18 (in Rus.).
6. Izmerov N.F. (2006). Evaluation of occupational risk and its management - the basis of prevention in occupational medicine. Gigiena i sanitariya (Hygiene and sanitation), 5, 14-16 (in Rus.).
7. Meltser A.V. (2009). Hygienic substantiation of combined models of professional risk assessment. Meditsina truda i promyshlennaya ekologiya (Labour medicine and industrial ecology), 4, 1-5 (in Rus.).
8. Murtonen M. (2007). Risk assessment in the workplace - a practical guide. Subregionalnoe byuro MOT diya stran Vostochnoy Evropy i Tsentralnoy Azii (ILO Subregional Office for

Eastern Europe and Central Asia). Retrieved from [http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/sro-moscow/documents/publication/wcms\\_312452.pdf](http://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---europe/---ro-geneva/sro-moscow/documents/publication/wcms_312452.pdf)

9. Piktushanskaya T.E. (2009). Experience in the use of mathematical models in the assessment of a posteriori occupational risk. *Meditina truda i promyshlennaya ekologiya (Labour medicine and industrial ecology)*, 12, 41-44 (in Rus.).

10. Sadhra S.S. *Occupational Health: Risk Assessment and Management* /S.S. Sadhra, K.G. Rampal. – Boston; Oxford: Blackwell Science. – 1999. – 492 p.

11. Shappell S.A., Wiegmann D.A. The Human Factors Analysis and Classification System (HFACS) // *FSF Flight Safety Digest*. – 2001, Feb. – P. 15-28.

12. Elektronniy resurs: <http://www.trudcontrol.ru>

