

## **РЕЦЕНЗІЯ**

на дисертаційну роботу Кравченка Богдана Дмитровича  
«Інтегральна оцінка професійних ризиків при виборі і експлуатації  
засобів індивідуального захисту»,  
подану до спеціалізованої вченої ради PhD 3 на здобуття наукового  
ступеня доктора філософії за спеціальністю 263 «Цивільна безпека»  
галузі знань 26 «Цивільна безпека»

### **Актуальність**

Забезпечення безпечних умов праці є одним із пріоритетних напрямів державної політики України, особливо в умовах функціонування промислових підприємств з високим рівнем професійного ризику. Незважаючи на впровадження сучасних технологій та систем управління, проблема захисту працівників від впливу шкідливих виробничих факторів, зокрема пилу, токсичних газів та аерозолів, залишається надзвичайно гострою. Це підтверджується стійкою тенденцією до зростання професійних захворювань органів дихання серед працівників гірничодобувної, металургійної та машинобудівної галузей.

Особливої актуальності набуває питання комплексної оцінки професійних ризиків при використанні засобів індивідуального захисту органів дихання (ЗІЗОД). Сучасні підходи, як правило, орієнтовані на статичний аналіз окремих технічних характеристик респіраторів, ігноруючи динаміку зміни їх захисних властивостей у процесі експлуатації, вплив людського фактору та економічні наслідки. Дисертаційна робота Кравченка Б.Д. спрямована на розв'язання цієї актуальної науково-прикладної задачі шляхом розроблення інтегральної моделі оцінки професійних ризиків, що одночасно враховує технічні, фізіологічні, організаційні та економічні аспекти.

Водночас ефективність застосування засобів індивідуального захисту визначається не лише їх технічними характеристиками, а й сукупністю чинників, пов'язаних із правильністю вибору, особливостями експлуатації, впливом людського фактору, умовами виробничого середовища та економічною доцільністю використання. Існуючі підходи до оцінювання професійних ризиків здебільшого розглядають ці фактори окремо, що не забезпечує комплексного обґрунтування управлінських рішень.

У зв'язку з цим дисертаційна робота Кравченка Богдана Дмитровича, присвячена розробці інтегрального підходу до оцінювання професійних ризиків при виборі та експлуатації засобів індивідуального захисту органів дихання, є актуальною як у науковому, так і в практичному аспектах. Запропоновані автором рішення спрямовані на підвищення ефективності систем управління охороною праці та створюють передумови для прийняття більш обґрунтованих рішень щодо забезпечення працівників засобами індивідуального захисту.

### **Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Роботу виконано в межах тематичних планів науково-дослідних робіт

Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» та «Фізико-хімічного інституту захисту навколишнього середовища і людини МОН України та НАН України» за темами: «Розробка універсальних засобів індивідуального захисту пролонгованої дії подвійного призначення» (№ ДР 0117U000376) та «Розробка процесу керування ризиками шляхом удосконалення засобів індивідуального захисту та систем моніторингу безпеки техногенних об'єктів» (№ ДР 0125U002025). Здобувач брав участь у цих роботах як виконавець, що підтверджує зв'язок дисертації з пріоритетними науковими напрямками.

### **Огляд змісту роботи**

Дисертаційна робота складається з анотації, списку публікацій здобувача за темою роботи, змісту, вступу, трьох розділів, списку використаних джерел за кожним розділом, висновків та двох додатків. Загальний обсяг роботи становить 338 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, чітко сформульовано мету та завдання, визначено об'єкт, предмет та методи дослідження, викладено наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено відомості про апробацію та публікації.

Перший розділ присвячено аналізу сучасного стану проблеми. Автор здійснив ґрунтовний огляд нормативно-правової бази (ISO 45001, ISO 31000, ДСТУ EN 529, НПАОП тощо), виявив їхні прогалини у врахуванні динамічних ризиків експлуатації ЗІЗОД. Проведено систематизацію методів оцінки ризиків (якісних, кількісних, гібридних) та доведено, що жоден з них окремо не забезпечує комплексної інтегральної оцінки. Розроблено розширену класифікацію професійних ризиків при використанні ЗІЗОД та класифікацію небезпечних чинників за впливом на конструктивні елементи респіратора. Огляд наукових досліджень за п'ятьма напрямками підтвердив фрагментарність існуючих розробок, що дозволило сформулювати наукову проблему та завдання дослідження.

Другий розділ присвячено теоретичним основам інтегральної оцінки. Розглянуто фундаментальні концепції управління ризиками (ALARP, модель «швейцарського сиру», Bow-Tie). Особливу увагу приділено теоретичним засадам оцінки надійності людини на основі методу SPAR-H, де систематизовано вплив експлуатаційних факторів ЗІЗОД на працездатність. Обґрунтовано теоретико-методичні основи ідентифікації ризиків шляхом інтеграції методів HAZOP та FMEA, показано їхню взаємодоповнюваність та недоліки. Викладено теоретичні основи розрахунку коефіцієнта захисту респіратору та прогнозування ресурсу захисної дії фільтрів, включаючи рівняння Вілера-Йонаса. Сформульовано економічні та організаційні засади вибору ЗІЗОД, обґрунтовано критерій сукупних витрат та вплив опору диханню на продуктивність праці.

Третій розділ містить основні авторські розробки. Розроблено модифіковану модель надійності людини на основі SPAR-H із введенням коригувальних коефіцієнтів  $K_t$ ,  $K_n$ ,  $K_p$ ; експериментально підтверджено її адекватність. Удосконалено методику ідентифікації експлуатаційних ризиків

через інтеграцію HAZOP та FMEA, створено відповідне «Положення про ідентифікацію невідповідностей та розрахунок пріоритетного числа ризику». Запропоновано конструктивні рішення для підвищення герметичності респіраторів: локальна перфорація обтюратора (зниження коефіцієнта проникнення на 65-68 %) та вставки-індикатори контролю натягу ремінців. Розроблено математичні моделі оцінювання захисної ефективності та програмний комплекс для прогнозування ресурсу фільтрів. Сформовано комплексний економічний критерій вибору ЗІЗОД. На основі всіх попередніх розробок запропоновано інтегральний показник професійного ризику IPR, який є мультиплікативним добутком п'яти складових, та обґрунтовано механізм його безперервного вдосконалення на основі циклу PDCA.

Висновки логічно узагальнюють отримані результати, демонструють досягнення поставленої мети та вирішення всіх завдань.

Додатки містять розроблене «Положення про ідентифікацію невідповідностей та розрахунок пріоритетного числа ризику засобів індивідуального захисту працівників» та перелік публікацій автора.

### **Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій**

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані в дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими та достовірними. Їх достовірність забезпечується комплексним використанням сучасних методів дослідження, що включають теоретичний аналіз, математичне моделювання, експериментальні дослідження, чисельне моделювання та статистичну обробку отриманих результатів.

Кравченко Б.Д. належним чином обґрунтував актуальність обраної теми, коректно визначив об'єкт та предмет дослідження, сформулював мету та завдання. Дисертаційна робота має чітку структуру, носить комплексний характер та ґрунтується на сучасних методах теорії ризику, математичного моделювання, економічного аналізу та експериментальних досліджень. Достовірність отриманих результатів забезпечується використанням апробованого математичного апарату, значного обсягу експериментальних даних, отриманих із залученням добровольців в умовах акредитованої лабораторії, а також збігом теоретичних та експериментальних результатів з невизначеністю, що не перевищує 15 %.

### **Наукова новизна отриманих результатів, положень та висновків дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертаційного дослідження є обґрунтованими, достовірними та мають суттєву наукову новизну. Зокрема, автором:

- вперше запропоновано інтегральну модель оцінки професійних ризиків при виборі та експлуатації ЗІЗОД, яка комплексно враховує людський фактор, експлуатаційні ризики, захисну ефективність, прогнозований ресурс захисної дії та економічні критерії. Модель представлено у вигляді мультиплікативного добутку п'яти безрозмірних складових, що дозволяє кількісно оцінювати інтегральний професійний ризик (IPR) та обирати оптимальний варіант захисту;

– вперше запропоновано здійснювати оцінку деструктивного впливу мікроклімату підмаскового простору (температури, вологості) та фізіологічного навантаження (частоти пульсу) на функціональну надійність працівника через систему лінійних коригувальних коефіцієнтів  $K_t$ ,  $K_n$ ,  $K_p$ , що інтегровані в модифікований метод SPAR-H;

– вперше розроблено новий методологічний підхід до вибору ЗІЗОД, який полягає в одночасному врахуванні витрат на закупівлю та обслуговування, економічних наслідків професійних захворювань, втрат продуктивності праці та економічних наслідків нещасних випадків;

– удосконалено математичні моделі оцінювання захисної ефективності ЗІЗОД та прогнозування ресурсу захисної дії фільтрувальних елементів, які, на відміну від існуючих номінальних розрахунків, враховують реальні умови експлуатації через оцінювання параметрів дихального процесу, концентрацію шкідливих речовин та характеристики сорбційного матеріалу;

– удосконалено методику ідентифікації та оцінювання експлуатаційних ризиків ЗІЗОД шляхом інтеграції методів HAZOP та FMEA, адаптованих до життєвого циклу засобів індивідуального захисту, що дозволяє визначати пріоритетне число ризику (RPN) та обґрунтовувати запобіжні заходи.

### **Значення роботи для науки, практики та суспільства**

Наукове значення дисертаційної роботи полягає у створенні цілісної методології інтегрального оцінювання професійних ризиків, яка поєднує технічні, фізіологічні, організаційні та економічні підходи. Розроблена модель IPR суттєво розширює межі класичного ризик-менеджменту, акцентуючи увагу на динамічній взаємодії людини, засобу захисту та виробничого середовища. Отримали подальший розвиток методи оцінки надійності людини (SPAR-H) та методи ідентифікації експлуатаційних ризиків (HAZOP та FMEA). Розроблено математичний апарат для прогнозування захисних властивостей респіраторів з урахуванням реальних умов експлуатації.

Практичне значення результатів полягає у створенні науково-методичного забезпечення для ризик-орієнтованого вибору та експлуатації ЗІЗОД. Розроблені алгоритм комплексного оцінювання, «Положення про ідентифікацію невідповідностей та розрахунок пріоритетного числа ризику засобів індивідуального захисту працівників» та програмний комплекс прогнозування ресурсу фільтрів можуть бути впроваджені на промислових підприємствах для підвищення рівня безпеки праці. Конструктивні удосконалення респіраторів (локальна перфорація, індикатори натягу) мають безпосереднє практичне застосування. Результати економічного обґрунтування дозволяють оптимізувати витрати на забезпечення засобами захисту з урахуванням довгострокових соціально-економічних наслідків.

Суспільне значення визначається спрямованістю роботи на зниження рівня професійної захворюваності та виробничого травматизму, що безпосередньо впливає на збереження життя, здоров'я та працездатності працівників. Робота сприяє імплементації європейських принципів управління безпекою праці, що узгоджується з Директивою 89/391/ЄЕС та Рамковою стратегією ЄС з безпеки і здоров'я на роботі на 2021-2027 роки.

Результати роботи впроваджено в навчальний процес НТУ «Дніпровська політехніка» при підготовці магістрів за спеціальностями K10 «Цивільна безпека» та G16 «Гірництво та нафтогазові технології», а також на виробництві засобів індивідуального захисту в ТОВ НВП «СТАНДАРТ».

#### **Відповідність дисертаційної роботи встановленим вимогам**

Дисертаційна робота Кравченка Богдана Дмитровича є завершеним самостійним науковим дослідженням, виконаним на належному теоретичному та методичному рівнях. Структура роботи є логічною, поставлені мета і завдання повністю узгоджуються зі змістом проведених досліджень, а отримані результати характеризуються внутрішньою послідовністю та достатнім рівнем наукового обґрунтування.

Зміст дисертації відповідає заявленій темі, а її оформлення та структура узгоджуються з вимогами наказу Міністерства освіти і науки України № 40 від 12 січня 2017 року (зі змінами) «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» та чинного Порядку присудження ступеня доктора філософії.

За обсягом виконаних досліджень, рівнем наукової новизни, практичною значущістю та обґрунтованістю отриманих результатів дисертаційна робота відповідає вимогам, що висуваються до кваліфікаційних наукових праць на здобуття ступеня доктора філософії.

#### **Повнота викладення результатів дослідження в опублікованих працях**

Основні результати дисертаційного дослідження достатньою мірою висвітлено в наукових публікаціях автора та апробовано на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях.

За темою дисертації опубліковано 25 наукових праць, серед яких 7 статей у фахових наукових виданнях України, 2 статті у виданнях, що індексуються в міжнародній наукометричній базі Scopus, а також 16 тез доповідей міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференцій.

Опубліковані праці достатньо повно відображають зміст дисертаційної роботи, її основні наукові результати, положення, висновки та практичні рекомендації. Рівень апробації отриманих результатів є достатнім і відповідає вимогам до дисертаційних досліджень такого рівня.

#### **Відсутність порушень академічної доброчесності**

Під час аналізу дисертаційної роботи та наукових публікацій здобувача порушень принципів академічної доброчесності не встановлено.

Дисертація є результатом самостійно виконаного наукового дослідження. Використання наукових праць інших авторів здійснено з дотриманням вимог академічної етики та з належним оформленням бібліографічних посилань.

Підстав вважати, що дисертаційна робота містить ознаки академічного плагіату, фабрикації або фальсифікації результатів дослідження, немає.

#### **Дискусійні положення та зауваження**

Загалом позитивно оцінюючи науковий рівень дисертаційної роботи, вважаю за доцільне висловити окремі зауваження та побажання, які мають рекомендаційний характер.

1. У першому розділі дисертації доцільно було б розширити порівняльний аналіз сучасних комплексних підходів до оцінювання професійних ризиків, зокрема моделей, що використовують методи нечіткої логіки або машинного навчання. Це дозволило б більш чітко визначити місце запропонованої інтегральної моделі серед існуючих наукових підходів.

2. Під час економічного обґрунтування запропонованих рішень доцільно було б доповнити дослідження аналізом чутливості інтегрального економічного критерію до зміни основних вхідних параметрів, що дозволило б повніше оцінити практичні межі застосування розробленої методики.

3. У роботі використано значну кількість спеціалізованих термінів, окремі з яких наведено безпосередньо у тексті дисертації. Для покращення сприйняття матеріалу доцільно було б розширити перелік основних понять і термінів, подавши їх у вигляді окремого глосарію.

4. Формування коригувальних коефіцієнтів математичної моделі потребує більш детального теоретичного обґрунтування. Зокрема, доцільно пояснити вибір саме лінійної залежності та її переваги порівняно з іншими можливими видами апроксимації.

5. Запропонована інтегральна модель професійного ризику ґрунтується на мультиплікативному поєднанні окремих складових. Водночас доцільним було б навести додаткові аргументи щодо вибору саме такого способу інтегрування факторів або виконати його порівняння з альтернативними підходами.

6. Список наукових праць здобувача є достатнім і повністю відображає результати дисертаційного дослідження. У тексті дисертації доцільно частіше наводити посилання на власні наукові публікації автора, що дозволило б чіткіше простежити взаємозв'язок між результатами дослідження та їх апробацією.

Наведені зауваження мають дискусійний характер, не впливають на загальну позитивну оцінку роботи та не зменшують наукової цінності отриманих результатів.

#### **Загальний висновок**

Дисертаційна робота Кравченка Богдана Дмитровича на тему «Інтегральна оцінка професійних ризиків при виборі і експлуатації засобів індивідуального захисту» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому одержано нові науково обґрунтовані результати, що мають істотне значення для розвитку методів оцінювання професійних ризиків під час вибору та експлуатації засобів індивідуального захисту органів дихання.

За рівнем наукової новизни, обґрунтованістю отриманих результатів, їх практичним значенням та повнотою оприлюднення дисертаційна робота відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12 січня 2022 року (зі змінами), а також вимогам, що висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Вважаю, що Кравченко Богдан Дмитрович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю 263 «Цивільна безпека» галузі знань 26 «Цивільна безпека».

Рецензент,  
к.т.н., доцент, доцент кафедри охорони  
праці та цивільної безпеки  
Національного технічного університету  
«Дніпровська політехніка»

Олег МУХА