

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Калашнікова Івана Володимировича**

*«Науково-методологічний інструментарій оцінки територіального ризику на*

*хімічно небезпечних об'єктах»*,

що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

за спеціальністю 05.26.01 – охорона праці

### **Актуальність теми дисертаційної роботи.**

Відомо, що ризик-орієнтований підхід є інноваційним напрямом забезпечення безпеки праці в країнах Євросоюзу. Оцінка ризиків необхідна як на етапі проектування промислового об'єкту, так і в процесі його експлуатації. Але кількісне визначення рівнів ризику являє собою дуже нетривіальну задачу. Для об'єктів підвищеної небезпеки це пов'язано з тим, що вони функціонують як дуже складні технічні системи, що мають багатofункціональні зв'язки. Для впровадження ризик-орієнтованого підходу розроблено спеціальні методики на кшталт FMEA, HAZID, HAZOP тощо. Дані методики спрямовані на виявлення загроз на підприємствах різного профілю. Але їх практичне використання виявило ряд суттєвих недоліків, тому за кордоном розпочався інтенсивний розвиток нового наукового напрямку в галузі безпеки праці – створення так званих «Emergency Decision Support System for Accidental Release», що являють собою якісно новий підхід до рішення проблеми оцінювання рівнів ризику. Цей підхід базується на використанні фундаментальних моделей механіки, за допомогою яких є можливість «побудувати» таку математичну модель об'єкту підвищеної небезпеки, що дозволяє визначити рівень ризику з урахуванням функціонування особливо важливих елементів об'єкту. Саме такий підхід був розроблений в даній дисертації, що обумовлює її актуальність та відповідність сучасним світовим трендам.

*Proc. N 34-05/85*  
*15.04.2021*

## **Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації.**

При проведенні наукових досліджень автор використовував методи системного аналізу, формальної логіки. Було здійснено перевірку наукових положень та розробок автора шляхом використання сучасних підходів – «validation» та «verification». Здійснена перевірка підтвердила валідність розробок автора. Теоретичні дослідження здійснено на основі базових багатофакторних рівнянь механіки суцільного середовища та коректної постановки крайових задач. Для побудови математичних моделей в дисертації використано сучасні методи чисельного моделювання.

### **Наукова новизна отриманих результатів.**

Наукова новизна результатів, що отримані в дисертації така:

– вперше розроблено 2D-, 3D-методи просторово-часового оцінювання потенційного територіального ризику токсичного ураження працівників на хімічно небезпечних об'єктах, що дозволяють врахувати вплив наявності будівель, хімічної трансформації небезпечних речовин у повітрі, ймовірності різних погодних умов на формування зон ризику;

– вперше розроблено балансову модель для оцінювання потенційного територіального ризику токсичного ураження людей на хімічно небезпечних об'єктах при аварійних викидах небезпечних речовин, яка дозволяє враховувати ймовірність різних погодних умов, хімічну трансформацію небезпечних речовин у повітрі, їхнє сухе осадження та вимивання опадами, тип викиду хімічно небезпечної речовини;

– вперше розроблено методи просторово-часового оцінювання територіального ризику термічного ураження персоналу при виникненні екстремальних ситуацій на хімічно небезпечних об'єктах, що дозволяють враховувати наявність будівель, ймовірність різних погодних умов, ймовірність місця займання на формування зон ризику;

– дістав подальшого розвитку 2D-метод експрес-оцінювання безпечного місця розташування сховищ із хімічно небезпечними речовинами, який, на відміну від існуючих, враховує нестаціонарний викид хімічно небезпечних речовин. Цей метод також дозволяє оперативно визначати пояс безпеки для важливих об'єктів при терористичних актах із використанням хімічних агентів;

– дістав подальшого розвитку 3D-метод обґрунтування безпечного місця розташування сховищ із хімічно небезпечними речовинами, який, на відміну від існуючих, враховує вплив наявності будівель, метеорологічних умов, хімічної трансформації небезпечних речовин у повітрі. Цей метод також дозволяє визначати пояс безпеки для важливих об'єктів при терористичних актах із використанням хімічних агентів;

– удосконалено метод оцінювання ефективності використання повітряної завіси біля промислової будівлі для зниження ризику токсичного ураження персоналу на промисловому майданчику, який, на відміну від існуючих, враховує нестаціонарний просторовий розподіл концентрації хімічно небезпечної речовини біля будівлі;

– науково обґрунтовано ефективність використання екрану на промисловій будівлі для локального зниження ризику токсичного ураження персоналу на промисловому майданчику;

– вдосконалено метод оцінювання ефективності використання повітряного душу в промисловому приміщенні для зниження ризику токсичного ураження персоналу при виникненні екстремальної ситуації, який, на відміну від існуючих, враховує нестаціонарність процесу емісії хімічно небезпечної речовини та наявність перешкод у робочому приміщенні;

– дістав подальшого розвитку метод розрахунку руху небезпечних речовин у дихальних шляхах працівника при вдиханні ним забрудненого повітря, який, на відміну від існуючих, враховує геометричну форму дихальних шляхів та нестаціонарний процес руху хімічно небезпечних речовин у них.

### **Практична цінність дисертаційної роботи:**

– Створено високоефективну комп'ютерно-інформаційну систему оцінювання потенційного територіального ризику токсичного та термічного ураження працівників, аналогів якої немає. Система дозволяє на сучасному рівні отримати рішення комплексу задач в галузі охорони праці, рішення яких раніше не могло бути отримано у зв'язку з відсутністю відповідних технологій рішення.

– Запропоновано комп'ютерно-інформаційну систему оцінювання потенційного територіального ризику токсичного та термічного ураження працівників, що сприяє керуванню безпекою праці на новому, більш ефективному рівні, що дозволяє створити надійні та безпечні умови праці.

– Запропоновано методи захисту робочих зон від токсичного забруднення, що дозволяють з мінімальними фінансовими затратами, але ефективно організувати локальний захист працівників при раптовій емісії хімічно небезпечних речовин.

– На базі розробленої автором комп'ютерно-інформаційної системи оцінювання потенційного територіального ризику можливо створення бази даних щодо рівнів ризику на території хімічно небезпечних об'єктів для різних умов функціонування, що дозволяє підвищити загальний рівень безпеки на об'єкті.

Крім цього, дослідження автора проводилися в рамках наукової роботи кафедри гідравліки та водопостачання Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна відповідно до програм науково-дослідних робіт: «Розробка методів аналізу та прогнозу якості повітряного середовища в робочих та цивільних приміщеннях» (№ держреєстрації 0115U007224, 2016-2018 рр.); «Захист інфраструктури при терористичних актах» (№ держреєстрації 0115U007228, 2016-2018 рр.); «Захист навколишнього середовища на об'єктах транспортної інфраструктури» (№ держреєстрації 0115U007227, 2016-2018 рр.); «Моделювання процесів забруднення навколишнього середовища при надзвичайних ситуаціях та організованих викидах забруднюючих речовин» (№ держреєстрації 0115U007226, 2016-2018 рр.); «Моделі та методи оцінки

ризик, рівня забруднення навколишнього середовища при надзвичайних ситуаціях» (№ держреєстрації 0120U101078, 2020-2021 рр.).

Розробки автора впроваджено в практику Державної служби з надзвичайних ситуацій України (ДСНС України) та в навчальний процес Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

### **Повнота викладу результатів в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації**

Наукові дослідження автора наведені в 45 наукових працях, а саме: в 1 колективній монографії, у 27 статтях (з них 23 статті – у наукових фахових виданнях України (з них 9 – у виданнях, включених до міжнародної наукометричної бази Index Copernicus), 2 статті – у виданнях, включених до міжнародної наукометричної бази Scopus), у 17 тезах доповідей.

Можна вважати, що результати досліджень автора опубліковані належним чином.

### **Структура, оцінка мови, стилю та оформлення дисертації**

Текст дисертації представлено на українській мові.

Дисертація містить: анотацію, вступ, сім розділів, висновки, список використаних джерел, додатки.

Загальний обсяг дисертації – 313 сторінок. Робота містить 121 рисунок, 36 таблиць, в список використаних літературних джерел входять 170 бібліографічних назв.

У **вступі** автор обґрунтував актуальність теми, мету, завдання дослідження, об'єкт, предмет, методи досліджень. Далі ним сформульована наукова новизна роботи, практична цінність отриманих результатів. Наприкінці вступу автор вказав свій особистий внесок.

**Перший розділ** дисертації містить аналіз результатів дослідження у наукових публікаціях, що присвячені розробці методів та моделей оцінювання ризиків. Аналіз літературних джерел за темою дисертації виконано ретельно та логічно. Показано,

що в світі є нестача високоефективних методів, що дозволяли б здійснювати оцінювання ризику ураження працівників при виникненні екстремальних ситуацій на підприємствах. У зв'язку з цим виникає очевидна проблема створення нових технологій, що спрямовані на рішення задач даного класу.

**Другий розділ** присвячено розробці нових розрахункових технологій, що розроблені автором для оцінювання просторово-часового розподілу потенційного територіального ризику. Тут слід підкреслити, що саме рішення задачі по визначенню *«просторово-часового»* розподілу потенційного територіального ризику є новим підходом в галузі охорони праці. Також необхідно відзначити, що автор розробив дві технології для оцінювання ризику: одна технологія – для оцінювання ризику токсичного ураження працівників, інша технологія – для оцінювання ризику термічного ураження працівників. Важливим аспектом є те, що автор розробив субмоделі, що дозволяють здійснювати оцінювання ризику токсичного ураження працівників з урахуванням хімічної трансформації небезпечних речовин в повітрі робочих зон. Тобто автором розглядається комплексний підхід до вирішення поставленої проблеми. Слід вказати на наступну особливість розробок автора – розроблені методи оцінювання територіального ризику представлені у вигляді ієрархії математичних моделей. Думаю, що це дозволяє вирішувати задачу оцінювання територіального ризику більш ефективно: при нестачі початкових даних оцінювання ризику може здійснюватись за допомогою *«балансової»* моделі, а при початкових даних в достатній кількості – з використанням дво- або тривимірної моделі. Опис розроблених моделей в розділі наданий дуже добре.

**Третій розділ** дисертації присвячено прикладному використанню технологій, розроблених в розділі 2 дисертації. За допомогою цих технологій автор вирішив три класи задач. Перший клас – оцінювання ризику токсичного ураження працівників при раптовій емісії хімічно небезпечних речовин на промисловому майданчику. Другий клас задач – оцінювання ризику термічного ураження працівників при появі

зон горіння на промисловому майданчику. Третій клас задач – оцінювання ризику термічного ураження працівників всередині промислової будівлі. Аналіз матеріалів цього розділу підтверджує високу ефективність розроблених автором методів визначення територіального ризику ураження працівників на потенційно небезпечних об'єктах.

Матеріали **четвертого розділу** містять розробки автора щодо створення нової комп'ютерної технології для визначення безпечного місця розташування сховищ з небезпечними речовинами або для визначення місця розташування полігонів, де може мати місце раптовий викид високотоксичних речовин. Розв'язок цієї задачі є дуже важливим з точки зору того, що зараз має місце перепрофілювання підприємств, перехід підприємств на випуск нових видів продукції, при виготовленні яких використовуються хімічно небезпечні речовини. Розв'язок задачі отримано на принципово новому рівні. Для цього автор використав теорію акад. Марчука Г.І. – теорію суміжних рівнянь. Переваги розробленої автором технології підтверджено прикладом рішення ряду важливих задач, що наведені в даному розділі.

Матеріали **п'ятого розділу** дисертації містять розробки автора щодо створення нової технології оцінювання ризику токсичного ураження працівників при втіканні токсичних речовин з майданчика в робоче приміщення. Як відомо, така задача називається «пов'язаною» та відноситься до групи дуже складних задач в галузі охорони праці. Складність її рішення полягає в необхідності визначення зон хімічного забруднення на території підприємства сумісно з визначенням динаміки забруднення повітря в робочих зонах всередині промислових будівель. Автор дає докладний опис розроблених комп'ютерних технологій для оцінювання ризику токсичного ураження працівників та зниження ризику ураження шляхом використання системи «повітряний душ» в робочому приміщенні.

Матеріали **шостого розділу** дисертації містять розробки автора, що дозволяють зменшити ризик токсичного ураження працівників при аварійній емісії хімічно

небезпечних речовин на промисловому об'єкті. Ефективність запропонованих методів захисту підтверджена експериментальними та теоретичними дослідженнями на базі розробленої комп'ютерної методології. Наведено результати досліджень, що дозволяють рекомендувати дані методи захисту до практичного використання.

Матеріали **сьомого розділу** дисертації можна поділити на дві частини. Перша частина – це опис розробленої комп'ютерно-інформаційної системи. Автор наочно показує функціональні можливості різних елементів системи, що дозволяє швидко аналізувати її працездатність. Друга частина – результати тестування розроблених моделей. Результати всебічного тестування підтверджують адекватність побудованих методів розрахунку.

**Висновки** містять найбільш вагомні наукові та практичні результати дисертації.

У *додатках* представлено документи про впровадження результатів дисертації та список публікацій автора роботи за темою дисертації.

В тексті дисертації використовується сучасна наукова термінологія. Матеріали досліджень, результати, висновки представлено у зручному для аналізу та обговорення вигляді.

Потрібно відзначити, що в роботі відсутні ознаки порушення академічної доброчесності.

**Дискусійні положення та зауваження по дисертації:**

1. В дисертації не вказані особливості розроблених методів в порівнянні з сучасними закордонними комерційними кодами.

2. Автор не надав детальної інформації щодо переваг розроблених методів у порівнянні з відомою вітчизняною методикою оцінювання наслідків аварій на хімічно небезпечних об'єктах та транспорті.

3. Рішення прикладних задач здійснено для умов конвекції, але бажано було б провести розрахунки також для інших метеоумов – наприклад, інверсії.



4. Слід було навести порівняльні результати розрахунку ризику ураження працівників, що отримані на базі розроблених методів та, наприклад, за допомогою відомої моделі Гауса.

5. Мало б сенс здійснити додаткові експерименти по визначенню впливу різної швидкості повітряної зависи на ефективність локального захисту робочої зони.

6. Автор дисертації розробив метод оцінювання територіального ризику термічного ураження працівників, що базується на використанні двовимірного рівняння енергії. Було б доцільно також розробити метод, що використовує тривимірне рівняння теплопереносу.

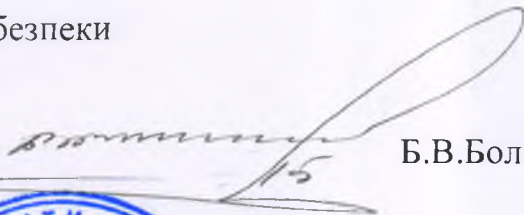
7. Ряд ілюстративних матеріалів, що представлені у вигляді матриці ризику, краще було б привести у вигляді ізолінії ризику.

Слід підкреслити, що ці зауваження не впливають на рівень дисертації.

#### **Загальні висновки**


В цілому, можна вважати, що дисертація Калашнікова Івана Володимировича «Науково-методологічний інструментарій оцінки територіального ризику на хімічно небезпечних об'єктах» за актуальністю, новизною результатів, високим рівнем проведених досліджень та експериментів відповідає вимогам пп. 9, 10 і 12 «Порядку присудження наукових ступенів» МОН України, а її автор Калашніков Іван Володимирович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.26.01 – охорона праці.

Професор кафедри цивільної безпеки  
НУ «Львівська політехніка»  
д.т.н., доцент



Б.В.Болібрух

Підпис Б.В. Болібруха засвідчує  
Вчений секретар НУ «Львівська політехніка»  
к.т.н., доцент



Р.Б.Брилинський