ВІДГУК

опонента д.т.н., професора Бурдейної Наталії Борисівни

на дисертаційну роботу Козачини Віталія Анатолійовича

«Розвиток наукових основ оцінювання ефективності захисних конструкцій для захисту робочих зон від пилового та термічного забруднення»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.26.01 – охорона праці

Актуальність теми дисертації. Функціонування багатьох підприємств гірничовидобувної промисловості, металургії та ливарного виробництва, деревообробної промисловості та виробництва будівельних матеріалів, енергогенерації, машинобудування, сільського господарства та харчової промисловості, будівельної галузі супроводжується інтенсивним пиловим та тепловим забрудненням робочих зон. Значна інтенсивність пилового забруднення має місце при несприятливих метеорологічних умовах; при технологічних операціях з високою динамікою – дробленні, шліфуванні, завантаженні, вивантаженні сипучих матеріалів, при зберіганні сипучих матеріалів на відкритих, незахищених від потоків повітря промислових майданчиках тощо. Термічне навантаження на об'єкти критичної інфраструктури, що виникає при аварійних, надзвичайних ситуаціях, є не менш небезпечним, особливо за сучасних викликів часу для нашої країни, яка перебуває під безперервними обстрілами та бомбардуваннями. Пошук простих, дієвих, ефективних та економічно вигідних засобів захисту від пилових та термічних забруднень робочих зон промислових майданчиків на основі розроблення та використання науково обґрунтованих засобів аеродинамічного захисту є актуальною науково-прикладною технічною проблемою.

Основою для обґрунтування та розрахунку засобів захисту від пилового та термічного забруднення, якими являються захисні перфоровані бар'єри, бар'єри

Вх. № 37-05/89
12.11.2026 р.

складної геометричної форми та габіони, є комплекс проведених автором експериментальних досліджень, розроблені на основі їх результатів емпіричні моделі та багатофакторні CFD моделі симуляції процесів аеродинаміки та тепломасообміну для точного прогнозування та перевірки ефективності захисних конструкцій на промислових майданчиках.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертант як керівник або відповідальний виконавець брав участь у виконанні багатьох держбюджетних робіт, які безпосередньо стосуються моделювання процесів забруднення навколишнього середовища та оцінювання ефективності систем захисту робочих зон. Зокрема тих, що виконувалися в рамках наукових робіт Дніпровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Моделювання процесів забруднення навколишнього середовища при надзвичайних ситуаціях та організованих викидах забруднюючих речовин» (№ ДР 0115U007226, відповідальний виконавець), «Захист навколишнього середовища на об'єктах транспортної інфраструктури» (№ ДР 0115U007227, відповідальний виконавець), а також Українського державного університету науки і технологій (УДУНТ) «Розробка теоретичних методів експрес оцінювання техногенного навантаження на навколишнє середовище» (№ ДР 0123U105332, відповідальний виконавець), «Розробка математичних моделей оцінки ефективності систем захисту робочих зон в умовах техногенного навантаження» (№ ДР 0123U105336, керівник роботи).

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, базується на широкому використанні фізичного експерименту як методу дослідження, системного аналізу, коректністю постановки задач дослідження, математичною строгістю поставлених крайових задач, коректним застосуванням методів обчислювальної математики, а також критичним порівнянням та збігом отриманих результатів з відомими в науковій літературі даними інших дослідників, а також розв'язками відомих тестових задач.

Представлена у відповідних положеннях **наукова новизна отриманих результатів** свідчить про значний інноваційний характер дисертаційної роботи. Наукові положення, що виносяться на захист, підтверджують розроблені автором нові підходи до розв'язання важливої науково-прикладної задачі: мінімізації рівня пилового та теплового забруднення на промислових майданчиках. Дисертантом вперше експериментально встановлено закономірності аеродинаміки потоків та теоретично обґрунтовано ефективність різних за формами та конфігураціями конструкцій для захисту робочих зон від пилового та термічного забруднення, а також розроблені комплекси CFD, математичні та чисельні моделі для оцінювання ефективності використання захисних конструкцій від пилового та термічного забруднення, від метальної дії уламків, що утворюються при вибухах дронів та від термічного ураження корпусів нафтосховищ. А також одержали подальший розвиток емпіричні та математичні моделі методів захисту робочих зон від пилового та термічного забруднення

Практичне значення отриманих результатів

Здобувач розробив сучасні чисельні моделі, методи, алгоритми та пакети програм, що дозволяють вирішувати комплекс важливих задач в галузі охорони праці. Теоретичні розробки автора, результати експериментальних досліджень є підставою для обґрунтування, оцінки ефективності використання інженерних засобів захисту робочих зон від пилового та термічного забруднення.

Проведені автором експериментальні дослідження дозволили: встановити закономірності аеродинаміки потоків на промислових майданчиках, що є основою для обґрунтування використання захисних бар'єрів для захисту робочих зон від пилового та термічного забруднення; розробити емпіричні моделі, що визначають інтенсивність виносу пилу з забрудненої ділянки, масу захопленого краплею води пилу при зрошенні забрудненої пилом області, які забезпечують вхідною інформацією чисельні моделі масопереносу.

На базі розроблених здобувачем чисельних моделей та пакетів програм

можна визначити ефективність використання захисних бар'єрів на промисловому майданчику для зменшення пилоутворення або теплового забруднення. Перевагою розроблених чисельних моделей є широкий робочий діапазон, оперативність проведення обчислювальних експериментів з їх використанням, можливість розв'язання багатофакторних задач тепломасопереносу в областях складної геометричної форми.

Наукові розробки автора дисертації впроваджені у Дніпровському відділенні Філії «Проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту» АТ «Українська залізниця» та в навчальному процесі Українського державного університету науки і технологій.

Повнота викладу результатів в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації. За темою дисертації опубліковано 52 наукові праці, з яких: 2 монографії; 1 стаття в закордонному науковому періодичному виданні, проіндексованому в міжнародній наукометричній базі даних Scopus; 4 статті у наукових періодичних виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України категорії А; 23 статті у наукових періодичних виданнях, включених до переліку наукових фахових видань України категорії Б; 9 тез доповідей; 13 праць, які додатково відображають наукові результати.

Структура, оцінка мови, стилю та оформлення дисертації. Текст дисертації представлено українською мовою. Дисертація складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 345 сторінок, містить 186 рисунків, 18 таблиць. Список використаних літературних джерел містить 148 бібліографічних назв.

У **вступі** автор чітко обґрунтував актуальність теми дисертації, мету та основні завдання дослідження. Також визначив об'єкт, предмет і методи досліджень, визначив наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів із зазначенням особистого внеску.

У **першому розділі** дисертації автор здійснив аналіз, класифікацію пилового

забруднення, його характеристику, властивості як чинника, що є причиною виникнення легеневих, серцево-судинних захворювань у працівників. Наведено результати системного аналізу можливих негативних наслідків для працівників в умовах пилового забруднення, серед яких можуть бути хронічні та навіть онкологічні захворювання. Це вказує на важливість розробки методів зниження пилового забруднення робочих зон, класифікацію яких наведено автором в даному розділі. Чітко вказано на недоліки, переваги існуючих методів, що зараз використовуються в світі для рішення поставленого класу задач. На підставі результатів проведеного критичного аналізу було обґрунтовано вибір напрямку проведення наукових досліджень.

У **другому розділі** дисертант розглянув методи наукового дослідження процесів тепломасопереносу в галузі охорони праці, відзначив їх переваги та недоліки. Огляд наукових публікацій, проведений в рамках цього розділу, показав, що, по-перше, основним, найбільш потужним інструментом в наукових дослідження проблеми захисту робочих зон від пилового та термічного забруднення є CFD моделювання, а, по-друге, існує певний дефіцит швидкорозрахункових CFD моделей, важливих для проведення серійних розрахунків, прискорення отримання результатів розрахунків та зниження вартості проєктних робіт. Встановлено, що важливим інструментом дослідження даної проблеми є використання фізичного експерименту, як такого, що дає можливість науково обґрунтовувати використання захисних конструкцій та визначати їх оптимальне положення. Також фізичний експеримент необхідний з огляду отримання вхідних даних, наприклад, стосовно інтенсивності джерела пилу, для подальшого застосування розроблених CFD моделей.

В **третьому розділі** дисертації автор наводить результати наукових досліджень процесів пилоутворення. На базі проведених експериментальних досліджень отримано емпіричну модель залежності інтенсивності виносу вугільного пилу від швидкості повітряного потоку, встановлено залежність зміни

концентрації пилу з відстанню від площинного джерела емісії. Автором отримано важливі результати щодо факторів, які безпосередньо впливають на інтенсивність пилоутворення: отримано залежність зміни вологості вугільного пилу з часом, на її базі розроблено експрес-метод визначення часу наступного зволоження джерела емісії вугільного пилу.

Відомим методом пилопригнічення є подача води у пилову хмару. Здобувачем у рамках третього розділу побудовано ефективну чисельну модель для моделювання процесу подачі води в область забрудненого повітря, обґрунтування та визначення ефективності застосування цього методу. Маса пилу, що захоплюється краплею води, визначається за допомогою емпіричної моделі, побудованої автором на основі проведених експериментальних досліджень, детально описаних у даному розділі.

Четвертий розділ дисертації присвячено дослідженню аеродинаміки повітряних потоків на промисловому майданчику при використанні бар'єрів з різним ступенем перфорації та при наявності додаткових елементів, а саме: повністю перфорований бар'єр; частковою перфорований знизу бар'єр; частковою перфорований зверху бар'єр; частковою перфорований знизу бар'єр та з додатковим горизонтальним елементом. В рамках цих досліджень проведені експерименти, за результатами яких побудовані емпіричні моделі оцінки швидкості повітря за відповідним захисним бар'єром в залежності від швидкості потоку перед бар'єром та встановлено положення аеродинамічної тіні, в якій швидкість мінімальна. Дані результати дозволяють визначати місце раціонального розташування бар'єру на промисловому майданчику за умови, що локальна швидкість повітряного потоку менше швидкості, при якій починається пилоутворення.

В цілому, аналізуючи дані четвертого розділу, можна зробити висновок – автором створений новий, ефективний, сучасних інструментарій вирішення задач

в галузі охорони праці, пов'язаних зі зниженням рівня пилового забруднення в робочих зонах.

П'ятий розділ дисертації присвячено дослідженню аеродинаміки повітряних потоків на промисловому майданчику при використанні наступних захисних бар'єрів: бар'єр, що має криволінійну форму; бар'єр, що має додатковий елемент у вигляді «шафи»; бар'єр, що має додаткові елементи у вигляді «сходинок». В рамках цих досліджень проведені експерименти, за результатами яких побудовані емпіричні моделі оцінки швидкості повітря за відповідним захисним бар'єром в залежності від швидкості потоку перед бар'єром та встановлено положення аеродинамічної тіні, в якій швидкість мінімальна. Дані результати дозволяють визначати місце раціонального розташування бар'єру на промисловому майданчику з умови, що локальна швидкість повітряного потоку менше швидкості, при якій починається пилоутворення.

Наступним етапом в рамках п'ятого розділу була розробка 2D та 3D CFD моделей з метою дослідження процесу масопереносу пилу при наявності відповідного захисного бар'єру. Моделюючими рівняннями чисельних моделей є рівняння потенціального руху та рівняння Г. І. Марчука для масопереносу пилу. Результати обчислювальних експериментів дозволяють отримати концентраційне поле пилу в розрахунковій області і, відповідно, встановити кількісно ефективність використання того чи іншого бар'єру. Варто відзначити багатофакторність розроблених чисельних моделей, високу швидкість розрахунку, можливість їх застосування для областей зі складною геометричною формою.

В розділі представлена верифікація розроблених чисельних моделей шляхом порівняння результатів обчислювальних експериментів з результатами експериментальних досліджень, результатами досліджень інших авторів та розв'язанням відомих модельних задач. Верифікація підтвердила адекватність розроблених чисельних моделей.

В рамках даного розділу виконано розрахунок показника ризику потенційної

небезпеки *HQ*. Результати розрахунку довели, що використання захисного бар'єру даної форми дає можливість значно зменшити ризик появи захворювання у працівників.

Шостий розділ дисертації присвячено вирішенню особливо важливих задач в галузі охорони праці, пов'язаних із захистом об'єктів критичної інфраструктури від ураження. Представлено комплекс розроблених багатофакторних чисельних моделей, що дозволяють аналізувати ефективність використання габіонів з різним наповненням для захисту об'єктів, а також визначати ефективність використання спеціальних бар'єрів та вдуву повітря на зниження температурного навантаження на стінки нафтосховищ. Слід підкреслити, що дані розробки здобувача є вагомим внеском в рішення особливо важливої проблеми для України.

У **висновках** до розділів і загальних висновках роботи викладено отримані автором наукові й прикладні результати та перспективи їхнього використання. Висновки по роботі відповідають меті і задачам дослідження, свідчать про їх повну реалізацію та висвітлюють усі результати, що отримані при дослідженнях.

У додатках наведено акти впровадження результатів дисертації, а також список публікацій здобувача за темою дисертації. Наукова термінологія, що використовується в дисертації є загальновживаною. Стиль тексту, викладення нових наукових положень, висновків, результатів досліджень е логічним та забезпечує їх доступне сприйняття, аналіз, застосування. Порушення академічної доброчесності з боку автора дисертації не виявлені.

У процесі опрацювання дисертаційної роботи виникла низка **зауважень і запитань**:

1. Мета дисертації сформульована дещо вужче, ніж тема проведеного дисертаційного дослідження, оскільки у формулюванні «Мета та завдання дисертаційної роботи полягає у підвищенні ефективності захисту робочих зон…» акцент зміщується з розроблення теоретичного інструментарію оцінювання ефективності захисних конструкцій на підвищення ефективності захисту та

створення засобів аеродинамічного захисту.

2. Термін «метальна дія уламків» звучить дещо не коректно, оскільки метальна дія – це властивість вибуху розганяти і відкидати тіла, тому можливо більш вдалими з точки зору технічної термінології були вирази «уражальна дія уламків», «ударна дія уламків» або «уламкова дія вибуху».

3. Із тексту дисертації не зрозуміло, за яким критерієм визначається найбільш оптимальне місце розташування захисних бар'єрів.

4. Здобувач навів важливі результати стосовно процесу захоплення краплею води часток пилу. Було б доцільно провести такі дослідження не тільки для води, а й для інших рідин.

5. Результати обчислювальних експериментів наведені у вигляді матриць, що є дуже інформативним для швидкого їх аналізу. Але мав би сенс також навести результати у вигляді ізоліній концентрації пилу на промислових майданчиках.

6. Чисельна модель для оцінювання впливу теплової хвилі на об'єкт критичної інфраструктури є двовимірною. Для практики було б доцільно також розробити тривимірну модель теплопереносу.

7. В рамках сучасних тенденцій мав би сенс розробити чисельну модель на основі рівнянь Нав'є-Стокса.

8. При створенні CFD-моделі для розрахунку аеродинаміки та розповсюдження пилу на території промислового майданчика із застосуванням захисного бар'єру відповідного типу обчислювальні експерименти проведені для випадку конвекції, можливо доцільно було б провести обчислювальні експерименти для іншого стану атмосфери, наприклад, інверсії.

9. Для більшої наочності було б доцільно показати функціональні зв'язки між різними підпрограмами, що розроблені здобувачем.

Слід зазначити, що наведені вище зауваження не зменшують цінність основних наукових положень, висновків і рекомендацій, що захищаються дисертантом, і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновки

Дисертація Козачини Віталія Анатолійовича «Розвиток наукових основ оцінювання ефективності захисних конструкцій для захисту робочих зон від пилового та термічного забруднення» є завершеним самостійним дослідженням, яке вирішує актуальну науково-прикладу проблему з охорони праці з мінімізації рівня пилового та теплового забруднення на промислових майданчиках.

Сформульовані в роботі наукові положення, висновки і рекомендації достатньо обґрунтовані, а їхня достовірність і новизна не викликають сумніву. Зміст реферату повністю відповідає тексту дисертації. За напрямом обраних і вирішених питань дисертаційна робота відповідає паспорту спеціальності 05.26.01 – охорона праці.

Таким чином, за об'ємом, змістом, рівнем та оформленням в цілому дисертаційна робота Дисертація Козачини Віталія Анатолійовича «Розвиток наукових основ оцінювання ефективності захисних конструкцій для захисту робочих зон від пилового та термічного забруднення» за актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю, рівнем та обсягом проведених досліджень, якістю оформлення дисертаційна робота відповідає пп. 7, 8 і 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України № 1197 від 17 листопада 2021 р., а її автор Козачина Віталій Анатолійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.26.01 – охорона праці.

Опонент доктор технічних наук,
професор, професор кафедри фізики
Київського національного університету
будівництва і архітектури Наталія БУРДЕЙНА

Підпис Наталії БУРДЕЙНОЇ засвідчую
Проректор з наукової роботи
та інноваційного розвитку КНУБА Олександр КОВАЛЬЧУК