ВІДГУК

опонента на дисертацію Козачини Віталія Анатолійовича

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

що подана на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

за спеціальністю 05.26.01 – охорона праці

Відгук складено на основі аналізу тексту дисертації, реферату, опублікованих здобувачем отриманих результатів наукових досліджень та матеріалів впровадження.

Актуальність теми дисертації. Пилове забруднення робочих зон є однією з найважливіших проблем в галузі охорони праці. Дрібнодисперсний пил є одним із найнебезпечніших забруднювачів повітря робочих зон, оскільки складається з дуже малих твердих частинок, які можуть тривалий час перебувати в повітрі та проникати в дихальну систему людини. Під час вдихання дрібнодисперсні частинки потрапляють у дихальні шляхи, подразнюють слизові оболонки та можуть накопичуватися в легенях. Найдрібніші частинки здатні досягати альвеол. Пилове забруднення при тривалому впливі на працівника може викликати хронічні легеневі хвороби пилової етіології, окрім того, можливий розвиток серцево-судинних захворювань, а також зниження захисних функцій імунної системи.

Тому постає важливе завдання в галузі охорони праці, що полягає у розробленні засобів мінімізації рівня пилового забруднення у робочих зонах промислових майданчиків, науковому обґрунтуванні їх використання та оцінці ефективності використання. Наукові результати, отримані в даній дисертації, дозволяють вирішити цей комплекс задач.

Обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, базується на:

1. Широкому використанні фізичного експерименту як методу досліджень.

Вх. № 37-05/90
12.11.2026р.

2. Порівнянні та збігу результатів теоретичних досліджень та експериментальних вимірювань.

3. Ретельній верифікації розроблених чисельних моделей.

4.Порівнянні та збігу отриманих результатів з відомими в світі даними досліджень.

5. Коректній постановці крайових задач.

6. Використанні стійких методів чисельного інтегрування фундаментальних рівнянь механіки суцільного середовища.

7. Коректній постановці задач дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації одержано такі наукові результати:

вперше:

– експериментально встановлено закономірності аеродинаміки потоків при використанні на промислових майданчиках захисних бар'єрів з перфорацією;

– експериментально встановлено закономірності аеродинаміки потоків при використанні на промислових майданчиках захисних бар'єрів складної геометричної форми;

– експериментально і теоретично обґрунтовано застосування на промислових майданчиках захисних бар'єрів складної геометричної форми для захисту повітря від пилового забруднення;

– експериментально визначено кількість пилу, що «захоплює» крапля води при своєму русі в забрудненому середовищі;

– розроблено комплекс CFD моделей для оцінювання ефективності використання захисних бар'єрів з перфорацією; моделі дозволяють враховувати аеродинаміку потоків на промисловому майданчику, різний ступінь перфорації захисного бар'єру та його розміри, інтенсивність пилоутворення, різні метеорологічні умови;

– розроблено комплекс CFD моделей для оцінювання ефективності використання захисних бар'єрів складної геометричної форми; моделі дозволяють

враховувати аеродинаміку потоків на промисловому майданчику, різну форму бар'єрів та їх розміри, інтенсивність пилоутворення, різні метеорологічні умови;

– розроблено математичну модель для експрес-оцінювання ефективності використання габіонів для захисту об'єктів від метальної дії уламків, що утворюються при вибухах дронів;

– розроблено чисельну модель для експрес-оцінювання ефективності використання системи «захисний бар'єр+вторинний вдув» для захисту від термічного ураження корпусу нафтосховища;

дістали подальший розвиток:

– емпірична модель «захоплення» краплею води часток вугільного пилу, що дозволяє визначити масу пилу та час, за який проходить процес «захоплення» пилових часток;

– емпірична модель оцінювання інтенсивності пилоутворення від забрудненої ділянки, яка дає можливість швидко визначити цей важливий параметр при застосуванні моделей масопереносу пилу на промислових майданчиках;

– математична модель дифракції ударної хвилі на об'єктах, що дає можливість проводити розрахунки в багатозв'язних областях;

– математична модель випаровування води зі змоченої поверхні вугілля, що дозволяє, на відміну від існуючих моделей, враховувати вплив аеродинаміки повітряного потоку над областю випаровування на інтенсивність потрапляння парів в повітря.

Практична цінність дисертаційної роботи

Практична цінність дисертації виражається в наступних аспектах:

1. Експериментальні дослідження, проведені автором, знайшли своє відображення у емпіричних моделях, одні з яких призначені для обґрунтування застосування та вибору місця розташування захисних бар'єрів, інші – для забезпечення необхідною інформацією розроблених CFD-моделей тепломасопереносу на промислових майданчиках.

2. Розроблені автором CFD моделі є сучасним, найбільш ефективним інструментом, який дає можливість досліджувати процеси розповсюдження пилового забруднення, теплових хвиль, у тому числі для областей зі складною геометрією розрахункової області, з урахуванням найбільш важливих фізичних параметрів, мають широкий робочий діапазон та дають можливість проводити значну кількість наукових досліджень без використання фізичного експерименту. Тому оцінювання ефективності застосування засобів захисту у вигляді перфорованих бар'єрів, бар'єрів зі складною конфігурацією, габіонів від пилового та теплового забруднення шляхом використання запропонованих автором CFD моделей є обґрунтованим.

3. Розроблені CFD моделі є швидкорозрахунковими, не вимагають комп'ютерів з високою продуктивністю, що є перевагою при проведенні проєктувальником серійних розрахунків багатьох варіантів захисних конструкцій та розрахункових областей.

4. Якість та надійність розроблених моделей підтверджено впровадженням у виробничий процес Дніпровського відділення Філії «Проектно-вишукувальний інститут залізничного транспорту» АТ «Українська залізниця» та використанням у навчальному процесі Українського державного університету науки і технологій та у виробничій діяльності.

Дисертація Козачини Віталія Анатолійовича виконана 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» (№ держреєстрації 0115U007226), «Захист навколишнього середовища на об'єктах транспортної інфраструктури» (№ держреєстрації 0115U007227), а також Українського державного університету науки і технологій (УДУНТ) «Розробка теоретичних методів експрес-оцінювання техногенного навантаження на навколишнє середовище» (№ держреєстрації 0123U105332), «Розробка

математичних моделей оцінки ефективності систем захисту робочих зон в умовах техногенного навантаження» (№ держреєстрації 0123U105336).

Повнота викладу результатів в наукових публікаціях, зарахованих за темою дисертації

Автор дисертації представив результати своїх досліджень в 52 наукових працях. Серед опублікованих за темою дисертації праць: 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. Таким чином, основні наукові положення та результати дисертаційної роботи повною мірою висвітлені в опублікованих працях здобувача.

Структура, оцінка мови, стилю та оформлення дисертації

Дисертація складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації 345 сторінок. Дисертація містить 186 рисунків, 18 таблиць. Список використаних літературних джерел включає 148 найменувань. Текст дисертації представлено українською мовою. Автор використав сучасну наукову термінологію. Текст дисертації викладено в логічній послідовності. Оформлення дисертації виконано згідно нормативного документа «Вимог до оформлення дисертації», що затверджений наказом № 40 від 12.01.2017 р.

У ***вступі*** здобувач описав актуальність теми дисертації, вказав мету, завдання дослідження. Здобувачем зазначено об'єкт дослідження, предмет дослідження, надано опис методів дослідження. Також наведено наукову новизну та практичну цінність отриманих в дисертації результатів. Автором зазначено його особистий внесок у працях, опублікованих у співавторстві.

У **першому розділі** наведені результати аналізу наукових публікацій стосовно проблеми пилового забруднення, описано негативний ефект від пилового

забруднення та можливі негативні наслідки, що проявляються у легеневих, серцево-судинних захворюваннях. Автор наголошує на тому, що проблема боротьби з пиловим забрудненням повітря в робочих зонах є пріоритетним напрямом охорони праці.

У першому розділі автором виконано аналіз засобів захисту робочих зон від пилового забруднення, наведено їх переваги та недоліки. Здобувач дійшов висновку, що для вирішення проблеми мінімізації рівня пилового забруднення на промислових майданчиках найбільш поширено використовуються захисні бар'єри.

У **другому розділі** систематизовані методи досліджень процесів переносу пилового, теплового забруднень на промислових майданчиках, наведені їх переваги та недоліки. Проведений автором аналіз дозволив зробити висновок про те, що метод чисельного моделювання є важливим інструментом дослідження, який дозволяє аналізувати потік повітря, потік теплових хвиль, отримувати поле концентрації та температури в областях, що є складними з точки зору геометрії.

Очевидним є факт, що використання комерційних пакетів комп'ютерних програм (наприклад, ANSYS) є економічно затратним через високу вартість самого пакету, а також суттєво ускладнюється через необхідність отримання сертифікату користувача. Тому автор робить висновок про необхідність створення ефективних і економічних методів чисельного дослідження процесів пилового забруднення робочих зон на об'єктах гірничо-промислового комплексу.

В третьому розділі автором запропоновано емпіричні моделі для розрахунку інтенсивності емісії пилу при різній швидкості повітряного потоку. Отриману емпіричну залежність можна використовувати при проведенні обчислювальних експериментів переносу пилу на промисловому майданчику. Здобувач отримав емпіричну модель залежності вологості вугілля від часу та швидкості повітряного потоку, яку можна використовувати при визначенні часу, коли необхідно повторно проводити зрошення джерела емісії пилу.

В третьому розділі автор представив емпіричну модель, що дозволяє визначати масу пилу, що «захоплює» крапля води за певний проміжок часу. Дана емпірична

модель та емпірична модель, що визначає інтенсивність пилоутворення для конкретних метеорологічних умов, інкорпоровані у CFD-модель процесу зменшення пилового забруднення повітря шляхом подачі води у пилову хмару.

В четвертому розділі представлено результати експериментальних досліджень, проведених здобувачем, що підтверджують зниження інтенсивності пилоутворення за рахунок використання перфорованих бар'єрів та бар'єрів з додатковими елементами та можуть бути використані для їх раціонального розташування.

На наступному етапі автором були побудовані CFD-моделі для аналізу рівня пилового забруднення робочої зони з урахуванням використання перфорованих бар'єрів та бар'єрів з додатковими елементами. Процедура розрахунку за розробленими CFD-моделями передбачає використання емпіричних моделей для визначення інтенсивності емісії пилу.

У п'ятому розділі дисертації розкриті результати експериментальних досліджень, проведених здобувачем, що підтверджують зниження інтенсивності пилоутворення за рахунок використання бар'єрів складної геометричної форми та можуть бути використані для їх раціонального розташування.

Далі автором були побудовані CFD-моделі для аналізу рівня пилового забруднення робочої зони з урахуванням використання бар'єрів складної геометричної форми. Процедура розрахунку за розробленими CFD-моделями передбачає використання емпіричних моделей для визначення інтенсивності емісії пилу.

Здобувачем проведено ґрунтовну верифікацію розроблених CFD-моделей, адекватність результатів перевірялась шляхом розв'язання відомих тестових задач. Перевагою розроблених CFD-моделей є швидкість розрахунку та відсутність необхідності у проведенні додаткових фізичних експериментів, вся вхідна інформація є типовою.

В **шостому розділі** здобувач наводить рішення комплексу задач, що пов'язані з ураженням об'єктів критичної інфраструктури. Наведено детальний опис

розроблених математичних моделей та значна кількість прикладів рішення на їх базі актуальних прикладних задач щодо захисної дії габіонів та вдуву охолодженого повітря. В цілому, аналізуючи матеріали шостого розділу, можна зробити висновок – автором створений новий сучасний інструментарій вирішення сучасних задач в галузі охорони праці.

У **висновках** здобувачем сформульовані отримані в дисертації наукові та практичні результати.

У додатках автором представлені акти, що підтверджують впровадження отриманих результатів дисертації, та список публікацій здобувача, в яких відображені результати проведених досліджень.

Наукова термінологія, що використовується в дисертації, є загальновживаною. Стиль тексту, викладення наукових положень, висновків, результатів досліджень є логічним та забезпечує їх доступне сприйняття, аналіз, застосування.

Ознак порушення академічної доброчесності не виявлено.

Слід зазначити наступні зауваження щодо дисертації:

1. У роботі доцільно навести порівняльний аналіз розроблених емпіричних залежностей із визнаними міжнародними аналогами (зокрема нормативними моделями пилоутворення AP-42 US EPA та європейськими стандартами) для наукового обґрунтування меж валідності запропонованих емпіричних коефіцієнтів щодо різних типів промислового пилу.

2. Узагальнення масиву обчислювальних результатів у вигляді параметричних закономірностей (функціональних залежностей ефективності екрана від ступеня перфорації, співвідношення геометричних розмірів, швидкості потоку та дисперсності пилу) дозволило б встановити фізичні межі достовірності розрахунків та окреслити перелік прикладних задач, розв'язання яких гарантується даним математичним інструментарієм.

3. У розроблених моделях масопереносу пилової хмари доцільно було б деталізувати полідисперсну структуру твердої фази. Диференційоване врахування гранулометричного розподілу аерозолю (зокрема виокремлення респірабельних

часток PM10 та PM2.5 з урахуванням їхньої аеродинамічної крупності та швидкості гравітаційного осадження) дозволить встановити фракційну сепараційну здатність бар'єрів щодо дрібнодисперсного пилу.

4. Для адекватного відтворення просторових вихрових структур, крайових ефектів обтікання бар'єрів скінченної довжини та вторинних циркуляцій доцільно розширити застосування повнорозмірних тривимірних (3D) моделей аеродинаміки та тепломасопереносу з оцінкою похибки 2D-наближення.

5. Отримані поля концентрацій пилу та температур доцільно розвинути до визначення інтегрального професійного ризику за всією робочою зоною, а також до розрахунку гранично допустимого часу безпечного перебування працівників відповідно до чинних санітарно-гігієнічних нормативів.

6. У роботі відсутнє пряме зіставлення запропонованого чисельного комплексу з міжнародними стандартизованими пакетами моніторингу дисперсії домішок (зокрема референтним гаусовим програмним комплексом AERMOD US EPA). Доцільно навести порівняльну оцінку та обґрунтувати фізичні й масштабні переваги розроблених мікромасштабних CFD-моделей для зон рециркуляції та аеродинамічної тіні за перфорованими перешкодами.

7. Під час математичного моделювання термічного навантаження на об'єкти інфраструктури та робочі зони розглянуто переважно конвективний перенос тепла. Оскільки в умовах великомасштабних пожеж нафтосховищ визначальним фактором ураження є променистий теплообмін (радіаційна складова за законом Стефана–Больцмана), неврахування випромінювання звужує область температурної адекватності отриманих розрахункових залежностей.

8. При побудові чисельних моделей автор використовує розщеплення вихідних диференціальних рівнянь за фізичними процесами та просторовими координатами. Потребує додаткового наукового обґрунтування вибір застосованих різницевих схем дробових кроків щодо забезпечення їх консервативності, а також результати дослідження чисельного алгоритму на монотонність та стійкість розв'язку (зокрема виконання критерію Куранта–Фрідріхса–Леві).

Слід наголосити, що ці зауваження жодним чином не применшують актуальність, важливість результатів досліджень автора.

Загальні висновки

На основі вищесказаного вважаю, що дисертація Козачини Віталія Анатолійовича виконана автором самостійно на актуальну тему, що містить нове розв'язання важливої наукової проблеми в галузі охорони праці. Дана дисертація за метою, об'єктом, предметом та завданнями досліджень дисертаційна робота відповідає формулі та паспорту спеціальності 05.26.01 – охорона праці.

Наведені у дисертації результати наукових досліджень можна класифікувати к нові і обґрунтовані, вони мають наукове і практичне значення для рішення важливої задачі щодо забезпечення необхідних умов праці на промислових об'єктах.

В цілому, можна вважати, що дисертація Козачини Віталія Анатолійовича «Розвиток наукових основ оцінювання ефективності захисних конструкцій для захисту робочих зон від пилового та термічного забруднення» за актуальністю, новизною результатів, високим рівнем проведених досліджень та експериментів відповідає вимогам пп. 7, 8 і 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затверджений Постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197, а її автор Козачина Віталій Анатолійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.26.01 – охорона праці.

Опонент
д.т.н., професор, професор кафедри
охорони праці та цивільної безпеки
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка» Юрій ЧЕБЕРЯЧКО

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» * І.к. 02070743 *

Підпис Чеберячко Ю
засвідчую:
вчений секретар
Вченої ради
Калюжна Т