

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне і практичне значення результатів дисертації МАЙБОРОДИ Романа Ігоровича на тему «Забезпечення стійкості монолітних залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та дефлаграційного вибуху», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 26 «Цивільна безпека» за спеціальністю 261 «Пожежна безпека»

1. Обґрунтування вибору теми дослідження та її зв'язок із планами наукових робіт університету.

Дисертаційну роботу виконано на кафедрі державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки Національного університету цивільного захисту України в рамках Стратегії національної безпеки України, затвердженої Указом Президента України від 26.05.2015 року № 287/2015, відповідно до Розпорядження КМУ від 27 квітня 2011 року № 368–р «Про схвалення Концепції Загальнодержавної цільової соціальної програми захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2012–2016 роки» та «Стратегії реформування системи Державної служби з надзвичайних ситуацій», схваленої Розпорядженням КМУ від 25 січня 2017 р. №61–р. Основні наукові результати є складовою частиною науково-дослідної роботи кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки Національного університету цивільного захисту України № ДР 0123U100665 «Підвищення надійності захисних споруд цивільного захисту», в якій автор брав участь як виконавець.

Актуальність теми дисертаційної роботи. Забезпечення надійності та безпеки будівель та споруд при дії пожежі та вибуху набуває актуальності в умовах сучасних викликів. Однією з найнебезпечніших форм наслідків таких впливів є настання прогресуючого обвалення будівлі – послідовне (ланцюгове) руйнування несучих будівельних конструкцій, що призводить до обвалення всієї споруди або її частин внаслідок локального руйнування/пошкодження. Одні з основних причин, що можуть викликати початкове руйнування конструкцій, є пожежі у поєднанні з внутрішніми вибухами.

Згідно з аналізом наявної статистики, кількість задокументованих випадків прогресуючого обвалення будівель, викликаних різними чинниками, залишається відносно невеликою, проте наслідки таких подій мають надзвичайно руйнівний характер. Окремою категорією є випадки прогресуючого обвалення, спричинені вибуховими навантаженнями, найчастіше газовими або пилоповітряними вибухами, що відбуваються всередині будівель. Задокументовано понад 30 значних інцидентів, де вибухи стали причиною катастрофічних руйнувань.

Дослідження прямо пов'язані із виконанням вимог ДБН В.1.1–7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», ДБН В.1.2–

14:2018 «Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд»: для будинків, що мають клас наслідків (відповідальності) СС3 та СС2 (значні та середні наслідки), передбачається обов'язковий розрахунок на стійкість до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі.

Вирішення цього проблемного питання неможливе без розроблення математичних моделей прогнозування та забезпечення стійкості монолітних залізобетонних будівель в умовах пожежі та дефлаграційного вибуху та методики забезпечення стійкості монолітних залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення, яка дозволяє визначати напружено-деформований стан конструктивної системи під впливом пожежі та вибуху, визначення зруйнованих елементів, вжиття конструктивних рішень або інженерно-технічних заходів з метою попередження прогресуючого обвалення будівель, програмну реалізацію методики.

Метою роботи є розробка методики забезпечення стійкості залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та дефлаграційного вибуху.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання досліджень:

1. Проаналізувати результати досліджень в області розрахунку та забезпечення стійкості до прогресуючого обвалення залізобетонних будівель та споруд внаслідок пожежі та вибуху.

2. Розробити математичні моделі прогнозування та забезпечення стійкості монолітних залізобетонних будівель в умовах пожежі та дефлаграційного вибуху.

3. Розробити методику забезпечення стійкості монолітних залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та дефлаграційного вибуху, яка дозволить визначати напружено-деформований стан конструктивної системи під впливом пожежі та вибуху для подальшого вжиття конструктивних рішень або інженерно-технічних заходів з метою попередження прогресуючого обвалення будівель, програмну реалізацію методики.

4. Провести перевірку достовірності розроблених математичних моделей шляхом порівняння результатів комп'ютерного моделювання з експериментальними даними випробувань на вогнестійкість залізобетонних конструкцій та оцінити ефективність запропонованої методики.

Об'єкт дослідження. Вплив пожежі та дефлаграційного вибуху на стійкість до прогресуючого обвалення монолітних залізобетонних будівель.

Предмет дослідження. Параметри стійкості монолітних залізобетонних будівель при високотемпературних впливах пожежі та динамічного навантаження від внутрішнього дефлаграційного вибуху.

Методи дослідження.

В роботі використовуються наступні методи досліджень: методи експериментального дослідження поведінки зразків при нагріванні, метод скінчених елементів; математичне та комп'ютерне моделювання процесів нестационарного теплообміну між факелом пожежі та будівельними

конструкціями шляхом використання методу нестационарної теплопровідності; для обробки експериментальних даних та верифікації результатів теоретичних досліджень були застосовані методи математичної статистики.

Достовірність та обґрунтованість результатів підтверджується розв'язанням поставленої задачі з використанням результатів чисельних досліджень; використанням у розрахунках фундаментальних закономірностей будівельної механіки, опору матеріалів, методів розрахунку будівельних конструкцій за допомогою сучасних розрахункових комплексів МСЕ; задовільною збіжністю власних результатів комп'ютерного моделювання із експериментальними результатами натурних випробувань (похибка до 10%) у тому числі закордонних, даними комп'ютерного моделювання роботи конструкцій, а також статистичною обробкою отриманих результатів.

Наукові положення, розроблені особисто дисертантом, та їх новизна полягає в наступному:

1. **Вперше розроблено** математичну модель прогнозування поведінки монолітних залізобетонних конструкцій в умовах пожежі та дефлаграційного вибуху, яка на відміну від існуючих враховує нелінійні теплофізичні характеристики матеріалів, температурні режими пожеж, нелінійність законів деформування матеріалів конструкцій, вплив навантаження від дефлаграційного вибуху.

2. **Вперше розроблено** математичну модель розподілу температурних полів у системі «залізобетонна колона–перекриття» при пожежі, яка побудована на базі рівнянь нестационарної теплопровідності, теплового випромінювання, конвективного теплообміну, враховує просторову сумісну теплову взаємодію конструктивних елементів, тепловий контакт у зоні вузла та механізм взаємного опромінювання поверхонь.

3. **Вперше розроблено** методику забезпечення стійкості монолітних залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та дефлаграційного вибуху, яка базується на розроблених математичних моделях та передбачає визначення напружено–деформованого стану конструктивної системи під впливом пожежі та вибуху, визначення зруйнованих елементів, вжиття конструктивних рішень або інженерно–технічних заходів з метою недопущення прогресуючого обвалення будівель.

4. **Удосконалено** комп'ютерну модель стійкості монолітних залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення, яка забезпечує програмну реалізацію розробленої методики.

Рівень теоретичної підготовки здобувача, рівень обізнаності дисертанта з результатами наукових досліджень інших учених.

Здобувач володіє високим рівнем теоретичної підготовки та вміння опановувати сучасні інформаційні технології. Здобувач добре орієнтується в сучасних досягненнях вітчизняних та закордонних вчених за напрямом

роботи.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання результатів роботи під час розробки проектної документації на нове будівництво, реконструкцію, технічне переоснащення, капітальний ремонт, для забезпечення стійкості конструктивних систем будівель в умовах впливу пожежі та дефлаграційного вибуху та у разі необхідності розробляти відповідні конструктивні рішення або інженерно-технічні заходи з метою недопущення прогресуючого обвалення.

Розроблена методика забезпечення стійкості монолітних залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та дефлаграційного вибуху, яка базується на розроблених математичних моделях, є новим підходом, який дозволяє реалізовувати стратегії проєктування, приймати обґрунтовані рішення щодо вибору конструктивних і інженерно-технічних заходів для забезпечення структурної цілісності будівель в умовах комбінованих аварійних навантажень. Використання удосконаленої комп'ютерної моделі дозволяє автоматизувати процес оцінювання стійкості конструктивної системи, здійснювати поетапне дослідження напружено-деформованого стану конструктивної системи та визначати критичні зони руйнування. Це забезпечує практичну цінність як на стадії проєктування нових об'єктів, так і обстеження та реконструкції існуючих споруд, а також може бути використано в системах підтримки прийняття рішень в умовах надзвичайних ситуацій техногенного та воєнного характеру.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в наступному:

1. Розроблена методика забезпечення стійкості монолітних залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та дефлаграційного вибуху застосовується в межах повноважень практичними підрозділами ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області (Акт впровадження від 03.11.2025).

2. Розроблена методика забезпечення стійкості монолітних залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та дефлаграційного вибуху використовується для розробки проектної документації ПП «ПРОЕКТБУДСТАР» (Акт впровадження від 03.11.2025).

3. Теоретичні положення роботи використані в навчальному процесі для підготовки здобувачів за другим (магістерським) рівнем вищої освіти галузь знань 26 «Цивільна безпека», спеціальність 261 «Пожежна безпека» (Акт впровадження від 31.10.2025).

Повнота викладу матеріалів дисертації в публікаціях та особистий внесок здобувача в публікації.

Особистий внесок здобувача та результати дисертації повною мірою викладені в зазначених публікаціях.

Наукові праці, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації.

Публікації у наукових фахових виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus:

1. Skob Y., Dreval Y., Vasilchenko A., **Maiboroda R.** Selection of Material and Thickness of the Protective Wall in the Conditions of a Hydrogen Explosion of Various Power. *Key Engineering Materials*. 2023. 952. P. 121–129. doi: <https://doi.org/10.4028/p-ST1VeT>.

Особистий внесок – взято участь у розробці математичної моделі поширення хвилі вибуху, яка враховує тривимірний нестационарний характер вибухового процесу. Проведено розрахунок надлишкового тиску та імпульсу фази стиснення хвилі вибуху з побудовою просторово-часових полів у зоні ураження.

2. **Maiboroda, R.**, Zhuravskij, M., Otrosh, Y., Karpuntsov, V. Determination of the Required Area of Easily Removable Structures to Protect against Progressive Collapse. *In Key Engineering Materials*. 2024. 1004. P. 73–83. doi: <https://doi.org/10.4028/p-v0xa6h>.

Особистий внесок – розроблення імітаційної моделі для визначення необхідної площі легкоскладних конструкцій для захисту від прогресуючого обвалення, яке виникає через вибух.

Публікації в наукових фахових виданнях України, що входять до міжнародних наукометричних баз:

3. Отрош Ю.А., **Майборода Р.І.**, Ромін А.В. Дослідження методик розрахунку прогресуючого обвалення. *Механіка та математичні методи*. 2023. 2, С. 25–40. URL: <https://doi.org/10.31650/2618-0650-2023-5-2-25-40>.

Особистий внесок – узагальнення чинників, які спричиняють виникнення прогресуючого обвалення внаслідок пожежі, в результаті аналізу наукових праць виявлено відсутність єдиної методики розрахунку стійкості конструкцій до прогресуючого руйнування за умов комбінованої дії пожежі та вибуху.

4. **Майборода Р.І.**, Отрош Ю.А. Програмна реалізація оцінювання стійкості будівель до прогресуючого обвалення. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2025. 1(41), С. 177–193. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/25353>.

Особистий внесок – розроблення комп'ютерної моделі з оцінювання стійкості залізобетонних монолітних будівель до прогресуючого обвалення під впливом комбінованої дії пожежі та внутрішнього дефлаграційного вибуху, визначення особливостей розрахунку.

5. **Майборода Р.І.**, Отрош Ю.А. Удосконалення математичної моделі теплопередачі системи «залізобетонна колона–перекриття». *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. 2025. 1(19). С. 97–108. URL: [https://doi.org/10.33269/nvcz.2025.1.\(19\).97-108](https://doi.org/10.33269/nvcz.2025.1.(19).97-108).

Особистий внесок – розроблення та удосконалення математичної моделі розподілу температурних полів у системі «залізобетонна колона–перекриття» при пожежі, яка враховує просторову сумісну теплову взаємодію конструктивних елементів, тепловий контакт у зоні вузла та механізм взаємного опромінення поверхонь.

6. **Майборода, Р.**, Отрош, Ю. Дослідження методики розрахунку стійкості до прогресуючого обвалення будівель внаслідок пожежі та вибуху. *Комунальне господарство міст*. 2025. 3(191). С. 485–495. URL: <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2025-3-191-485-495>.

Особистий внесок – аналіз наукових джерел щодо можливості проведення розрахунків на стійкість залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та внутрішнього дефлаграційного вибуху, розроблення методики забезпечення стійкості залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та внутрішньому дефлаграційному вибуху.

7. **Maiboroda R.**, Otroch Yu. Improved thermomechanical model for predicting the behaviour of reinforced concrete structures under fire and explosion conditions. *Mechanics and Mathematical Methods*. 2025. VII (2). P. 66–85. URL: <https://doi.org/10.31650/2618-0650-2025-7-2-66-85>.

Особистий внесок – розроблення математичної моделі для прогнозування поведінки монолітних залізобетонних конструкцій при дії підвищених температур пожежі та надлишкового тиску від дефлаграційного вибуху.

Публікації у закордонних фахових виданнях:

8. Purdenko, R., **Maiboroda, R.**, Rashkevich, N., Otrosh, Y. Development of a Numerical Model of the «Soil–Foundation–Building» System. *In Applied Mechanics and Materials*. 2024. 924, P. 191–199. doi: <https://doi.org/10.4028/p-5oeggb>.

Особистий внесок – постановка проблеми та завдання, огляд проблематики, проведення чисельних розрахунків прогресуючого обвалення будівлі внаслідок пожежі та вибуху.

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

9. **Майборода Р.І.** Аналіз можливості проведення розрахунків на стійкість будівель та споруд до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі. *Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків. Матеріали круглого столу (вебінару)*. м. Харків: НУЦЗ України, 2023. С. 112–113. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/17084>.

Особистий внесок – формування наукового завдання щодо необхідності забезпечення стійкості будівель в умовах пожежі.

10. **Майборода Р.І.**, Отрош Ю.А. Необхідність дослідження і підвищення протидії конструкцій прогресуючому (каскадному) обваленню будівель та споруд. *Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту: матеріали міжнародної науково–практичної конференції молодих учених*. м. Харків: НУЦЗ України, 2023. С. 69. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/17664>.

Особистий внесок – проведений критичний огляд проблематики щодо відсутності обґрунтованих методик розрахунку стійкості будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та вибухів.

11. **Майборода Р.І.**, Отрош Ю.А. Огляд методів розрахунку прогресуючого обвалення при виникненні пожежі. *Надзвичайні ситуації:*

безпека та захист: Матеріали XIII Всеукраїнської науково–практичної конференції з міжнародною участю. м. Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України. 2023. С. 135–136. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/18473>.

Особистий внесок – порівняння основних методів розрахунку стійкості будівель до прогресуючого обвалення, які використовуються в різних країнах.

12. **Майборода Р.І.,** Отрош Ю.А. Прогресуюче обвалення будівель в умовах сьогодення. XV Міжнародна наукова конференція Європейської Асоціації наук з безпеки (EAS) «Безпека людини у сучасних умовах». м. Харків: НТУ «ХПІ», 2023. С. 25–27. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19092>.

Особистий внесок – формування проблематики відсутності єдиної методики розрахунку стійкості будівель до прогресуючого обвалення в умовах пожежі з акцентом на необхідність врахування комбінацій аварійних навантажень.

13. **Майборода Р.І.,** Отрош Ю.А. Необхідність дослідження несучих залізобетонних конструкцій прогресуючому обваленню будівель та споруд в умовах вибуху та післявибухової пожежі. *Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків*. Матеріали круглого столу (вебінару). м. Харків: НУЦЗ України, 2024. С. 34–35. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19881>.

Особистий внесок – оцінювання сучасного стану вивчення питання прогресуючого обвалення будівель в умовах вибуху та пожежі після вибуху.

14. **Майборода Р.І.,** Отрош Ю.А. Сучасний стан можливості проведення розрахунків на стійкість будівель та споруд до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі. *Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків*. Матеріали круглого столу (вебінару). м. Харків: НУЦЗ України, 2024. С. 104–105. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19974>.

Особистий внесок – обґрунтування необхідності створення єдиної методики, яка б враховувала комбіновані аварійні дії, теплофізичні зміни властивостей матеріалів, зміну механічних властивостей матеріалів при пожежі.

15. **Майборода Р.І.** Необхідність розрахунку стійкості будівель до прогресуючого обвалення при пожежі та вибуху. *Problems of Emergency Situations*: матеріали Міжнародної науково–практичної конференції. м. Черкаси: НУЦЗ України, 2025. С. 87–88. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/25067>.

Особистий внесок – обґрунтування необхідності проведення розрахунків стійкості будівель до прогресуючого обвалення при пожежі та вибуху.

16. **Майборода Р.І.,** Отрош Ю.А. Оцінка стійкості монолітних залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та вибуху. *Актуальні проблеми інженерної механіки*: XI Міжнародна науково–технічна конференція. м. Одеса : ОДАБА, 2025. С. 131–133. URL:

Особистий внесок – проведення чисельних розрахунків прогресуючого обвалення будівлі внаслідок пожежі та вибуху.

2. Оцінка мови і стилю дисертації.

Мова та стиль викладення відповідає критеріям науковості: логічність викладення положень, об'єктивність, послідовність. Структуру роботи загалом можна схарактеризувати як таку, що логічно підпорядковується поставленій меті. Структура розділів відповідає послідовності конкретних завдань, що успішно вирішуються. Основні теоретичні положення та висновки роботи не є суперечливими, оскільки вони аргументовані й підкріплені доречними прикладами.

Дисертацію заслухано та обговорено на розширеному засіданні кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки Національного університету цивільного захисту України (протокол №13 від 03 листопада 2025 року). У ході обговорення дисертації суттєвих зауважень, які стосуються суті роботи, не було висунуто.

3. Відповідність змісту дисертації спеціальності з відповідної галузі знань, з якої вона подається до захисту.

Робота повністю відповідає вимогам, що ставляться до дисертації на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 «Пожежна безпека», а саме: вона виконана на актуальну тему, сформульовані в ній наукові положення, висновки та рекомендації є обґрунтованими, достовірними, містять наукову новизну та мають практичну значущість.

4. Дотримання нормативних вимог щодо оформлення дисертації.

Дисертаційна робота подана за традиційною схемою, викладена українською мовою загальним об'ємом 233 сторінки, складається з анотації, змісту, переліку умовних позначень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел зі 118 найменувань і 3 додатків, містить 69 рисунків та 26 таблиць, що дозволило автору запропонувати ряд наукових положень, висновків і рекомендацій, отриманих на основі вивчення цієї значної кількості наукової літератури з даної проблематики.

5. Рекомендації дисертації до захисту.

Дисертаційна робота МАЙБОРОДИ Романа Ігоровича на тему «Забезпечення стійкості монолітних залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та дефлаграційного вибуху» є завершеним науковим дослідженням, виконаним самостійно автором на актуальну тему. Робота містить теоретичні розробки та практичні пропозиції, спрямовані на вирішення важливої науково-практичної задачі в галузі пожежної безпеки – забезпечення стійкості монолітних

залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та дефлаграційного вибуху.

Дисертаційна робота відповідає спеціальності 261 «Пожежна безпека» та відповідає вимогам постанови Кабінету Міністрів України «Про затвердження Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 року №44 та може бути рекомендована для захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

Головуючий на розширеному засіданні
кафедри державного нагляду у сфері
пожежної та техногенної безпеки
доцент кафедри державного нагляду у сфері
пожежної та техногенної безпеки навчально-наукового
інституту пожежної та техногенної безпеки
Національного університету
цивільного захисту України,
кандидат технічних наук, доцент



Денис КОЛЕСНИКОВ

Підпис доцента Дениса КОЛЕСНИКОВА засвідчую
Вчений секретар Національного
університету цивільного захисту України,
кандидат психологічних наук,
старший науковий співробітник



Андрій ПОБІДАШ