

## РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, професора, начальника науково-дослідної лабораторії радіаційного, хімічного та біологічного захисту навчально-наукового інституту інженерної та спеціальної підготовки Національного університету цивільного захисту України Кустова Максима Володимировича на дисертацій роботу Майбороди Романа Ігоровича за темою «Забезпечення стійкості монолітних залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та дефлаграційного вибуху», поданою на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 - пожежна безпека.

### **Актуальність роботи.**

Забезпечення надійності та безпеки будівель і споруд за дії пожежі та вибуху є особливо актуальним в умовах сучасних викликів. Однією з найнебезпечніших форм наслідків таких впливів є прогресуюче обвалення - ланцюгове руйнування несучих конструкцій із частковим або повним обваленням споруди внаслідок локального пошкодження. Пожежі, особливо у поєднанні з внутрішніми дефлаграційними вибухами газо- чи пилоповітряних сумішей, формують одночасно температурний та короткочасний імпульсний силовий вплив високої інтенсивності, що прискорює втрату несучої здатності елементів і зв'язків у вузлах та підвищує ймовірність обвалення. Наслідки таких подій мають катастрофічний характер і супроводжуються значними матеріальними збитками та людськими втратами, що підкреслює практичну значущість проблеми. Водночас більшість наукових досліджень і нормативних підходів розглядають пожежу та вибух як окремі впливи, тоді як реальні аварійні сценарії часто є комбінованими і реалізуються на рівні просторової роботи системи. Актуальність підсилюється вимогами чинних норм: ДБН В.1.1-7:2016 та ДБН В.1.2-14:2018 передбачають обов'язкову перевірку будівель класів наслідків СС2-СС3 на стійкість до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі, EN 1990 та EN 1991-1-7 вимагають врахування ризику можливості настання прогресуючого обвалення від внутрішніх вибухів. Це обумовлює потребу в розробленні відповідних математичних моделей і методик для оцінювання напружено-деформованого стану конструктивної системи та обґрунтуванні конструктивних й інженерно-технічних заходів, спрямованих на попередження прогресуючого обвалення. Отже, з огляду на вищевикладене, обрана тема дослідження є актуальною, оскільки спрямована на підвищення рівня пожежної безпеки будівель за комбінованої дії пожежі та внутрішнього дефлаграційного вибуху.

### **Новизна наукових положень.**

Новизна наукових положень одержаних результатів:

– 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;

– 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;

– 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;

– удосконалено комп'ютерну модель стійкості монолітних залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення, яка забезпечує програмну реалізацію розробленої методики.

#### **Практичне значення дисертаційних досліджень.**

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що вони можуть бути безпосередньо використані в інженерній практиці під час проєктування та перевірки конструктивних систем будівель і споруд на етапах нового будівництва, реконструкції, технічного переоснащення та капітального ремонту. Запропоновані положення і розрахункові підходи дають можливість забезпечувати стійкість монолітних залізобетонних будівель за комбінованої дії пожежі та дефлаграційного вибуху, а також своєчасно визначати потребу у впровадженні конструктивних рішень і/або інженерно-технічних заходів, спрямованих на недопущення прогресуючого обвалення. Таким чином, результати роботи можуть слугувати практичною основою для підвищення рівня пожежної безпеки та надійності будівель до найбільш несприятливих аварійних сценаріїв. Розроблена методика забезпечення стійкості монолітних залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та дефлаграційного вибуху та виконана її програмна реалізація, забезпечує можливість обґрунтованого вибору заходів підсилення та підвищення живучості конструктивної системи з урахуванням одночасного температурного та імпульсного навантаження. Це розширює можливості інженера-проєктувальника щодо прийняття рішень, спрямованих на локалізацію руйнувань і запобігання глобальному розвитку можливої аварії.

#### **Ступінь обґрунтованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій.**

Достовірність і обґрунтованість отриманих результатів підтверджується тим, що поставлену задачу розв'язано із використанням даних чисельних досліджень; у розрахунках використано фундаментальні положення будівельної механіки та опору матеріалів, а також сучасні методики розрахунку будівельних конструкцій із застосуванням актуальних програмних комплексів



які використовують МСЕ. Результати авторського комп'ютерного моделювання демонструють задовільну збіжність з експериментальними даними натурних випробувань (похибка не перевищує 10%), зокрема з опублікованими закордонними результатами, а також узгоджуються з даними альтернативного моделювання роботи конструкцій. Додатковим підтвердженням слугує статистична обробка отриманих результатів.

**Повнота викладення основних результатів в опублікованих наукових працях.**

Основні результати виконаних досліджень було оприлюднено, обговорено та позитивно оцінено на всеукраїнських, міжнародних наукових конференціях:

- міжнародна науково-практична конференція «Problems of Emergency Situations», м. Харків, НУЦЗ України (2022 р., 2023 р., 2024 р., 2025 р.);
- вебінар «Запобігання надзвичайним ситуаціям та їх ліквідація», м. Харків, НУЦЗ України, (2022 р.);
- міжнародна науково-практична конференція молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту», м. Харків, НУЦЗ України, (2023 р.);
- круглий стіл (вебінар) «Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, реагування та ліквідація їх наслідків», м. Харків, НУЦЗ України, (2023 р., 2024 р.);
- XIII Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист» (м. Черкаси, 2023 р., 2024 р.); науково-практична конференція «Актуальні проблеми інженерної механіки», (м. Одеса, 2023 р., 2024 р., 2025 р.).

Результати досліджень, викладені в дисертації, опубліковано у 16 наукових працях, серед яких: 5 статей у фахових виданнях України, 1 публікація у закордонному фаховому виданні, 2 статті у виданнях, проіндексованих у базах даних Scopus, а також 8 тез доповідей у матеріалах наукових конференцій. Робота обговорювалась на засіданнях кафедри державного нагляду у сфері пожежної та техногенної безпеки навчально-наукового інституту пожежної та техногенної безпеки Національного університету цивільного захисту України (березень 2023 р., серпень 2023 р., березень 2024 р., серпень 2024 р., грудень 2024 р., березень 2025 р., серпень 2025 р.).

**Коротка характеристика роботи.**

У першому розділі проаналізовано наукові джерела та нормативні документи щодо прогресуючого обвалення монолітних залізобетонних будівель. Показано, що наявні підходи здебільшого спрощені й не враховують комбіновану дію пожежі та внутрішнього дефлаграційного вибуху; уточнено проблемність і неоднозначність термінів «прогресуюче обвалення». Обґрунтовано необхідність розроблення відповідної методики забезпечення стійкості монолітних залізобетонних будівель за комбінованих аварійних впливів.



У другому розділі розроблено математичні моделі роботи монолітних залізобетонних конструкцій при пожежі та дефлаграційному вибуху з урахуванням нелінійних властивостей матеріалів, температурних режимів і вибухового навантаження. Запропоновано модель визначення температурних полів у вузлі «колона-перекриття», що враховує нестационарну теплопровідність, випромінювання, конвекцію та теплову взаємодію елементів.

У третьому розділі наведено розроблену методику забезпечення стійкості монолітних будівель до прогресуючого обвалення за високотемпературного та динамічного вибухового впливів; виконано її програмну реалізацію в ЛПРА-САПР на прикладі 6-поверхової виробничої будівлі. Чисельним розрахунком показано істотне зростання переміщень і зниження несучої здатності конструкцій при поєднанні пожежі та вибуху.

У четвертому розділі підтверджено достовірність математичних моделей зіставленням з експериментальними даними натурних випробувань, представлено економічне обґрунтування: витрати на заходи, прораховані за методикою, у кілька разів менші за витрати на відновлення будівлі після прогресуючого обвалення.

#### **Оцінка оформлення дисертації.**

Дисертаційна робота містить анотацію, зміст, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел і додатки. Загальний обсяг становить 233 сторінки, з них 175 сторінок – основний текст. Роботу проілюстровано 69 рисунками та наведено 26 таблиць. Список використаних джерел налічує 118 найменувань.

Дисертація за змістом відповідає спеціальності 261 - пожежна безпека. Обсяг та оформлення дисертації є такими, що відповідають вимогам наказу Міністерство освіти і науки України від 12.01.2017 р. №40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» Перелік опублікованих праць за темою дослідження в повному обсязі відображає зміст дисертаційної роботи.

#### **Відсутність порушення академічної доброчесності.**

За підсумками аналізу кваліфікаційної роботи та публікацій автора ознак порушення принципів академічної доброчесності не встановлено. Факти фальсифікації або фабрикації матеріалів у роботі не виявлені.

#### **Зауваження та дискусійні положення:**

Позитивно оцінюючи основні результати дисертаційної роботи в цілому, слід зробити певні зауваження, які полягають у наступному:

- при моделюванні напружено-деформованого стану залізобетонних конструкцій під час пожежі доцільно було б врахувати ослаблення зчеплення арматури з бетоном у вигляді додаткових спеціальних скінченних елементів;

- в дослідженні розглядалися зразки арматури зі сталей сучасних класів, однак значну частку залізобетонних будівель в Україні зведено у 1950-1970 роках. При цьому застосовувалася арматура інших марок і сортamentів, характеристики якої відрізняються від сучасних аналогів. Тому доцільно було б провести моделювання із застосуванням характеристик типових для того періоду сталей та виконати порівняльний аналіз отриманих результатів з метою



визначення можливості застосування результатів роботи для будівель старої забудови;

– не зрозуміло, яким чином приймалися часові кроки при розрахунках теплових режимів;

– у роботі трапляються поодинокі незначні стилістичні та редакційні неточності.

Наведені зауваження є переважно дискусійними та не впливають на загальну позитивну оцінку роботи, не знижують її наукової новизни й практичної значущості.

### **Висновки.**

Загалом кваліфікаційна робота є цілісною за змістом і відзначається актуальністю обраної теми, містить належний рівень теоретичних досліджень, характеризується науковою новизною та практичною значущістю, а наведені зауваження не знижують цінності отриманих результатів і загальної позитивної оцінки роботи. Дисертація Майбороди Романа Ігоровича «Забезпечення стійкості монолітних залізобетонних будівель до прогресуючого обвалення внаслідок пожежі та дефлаграційного вибуху» відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 «Про затвердження вимог до оформлення дисертацій» (зі змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» (ПКМ України від 12.01.2022 № 44). Дисертація може бути представлена для офіційного захисту в разовій спеціалізованій вченій раді, а її автор Майборода Роман Ігорович заслуговує на присудження ступеня йому доктора філософії за спеціальністю 261 - пожежна безпека.

### **Рецензент:**

Начальник науково-дослідної лабораторії  
радіаційного, хімічного та біологічного  
захисту навчально-наукового інституту  
інженерної та спеціальної підготовки  
Національного університету цивільного  
захисту України,  
доктор технічних наук, професор



Максим КУСТОВ

«14» 01 2026 р.

