# РЕЦЕНЗІЯ

на дисертацію Трошкіна Сергія Едуардовича
за темою: «Дослідження вогнестійкості огороджувальних конструкцій вертикальних кабельних тунелів атомних електричних станцій за умов реальних пожеж», поданої на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 «Пожежна безпека»

**Актуальність теми.**

Актуальність теми зумовлена жорсткими вимогами до пожежної безпеки атомних електричних станцій, оскільки будь-яка пожежа на таких об'єктах може призвести до серйозних техногенних аварій. Кабельні тунелі містять значну кількість горючих матеріалів, таких як ізоляція кабелів і пластикові елементи, що сприяє швидкому поширенню вогню. Вертикальні кабельні тунелі є особливо вразливими до швидкого вертикального поширення вогню та диму. Дослідження вогнестійкості огороджувальних конструкцій дозволить оцінити ефективність існуючих протипожежних бар'єрів та розробити рекомендації щодо їх удосконалення, що сприятиме створенню нових вогнестійких матеріалів або модернізації наявних рішень.

Таким чином, розв'язання актуальної задачі впливу геометричних параметрів вертикальних кабельних тунелів атомних електростанцій, пожежного навантаження, протипожежних перешкод та впливу наявної системи пожежогасіння на вогнестійкість будівельних огороджувальних конструкцій є актуальним напрямом досліджень.

**Ступінь наукової обґрунтованості результатів, сформульованих в роботі, їх наукова новизна.**

Дисертація Трошкіна С.Е. містить нові науково обґрунтовані результати. Зокрема на основі отриманих даних у ході проведення досліджень розкрито закономірності залежностей параметрів температурних режимів пожеж у вертикальних кабельних тунелях від їх конструктивних особливостей та пожежного навантаження, як наукового підґрунтя щодо удосконалення методів розрахункового оцінювання вогнестійкості огороджувальних конструкцій кабельних тунелів в умовах реальних пожеж, що виникають в них. При цьому вперше побудовано регресійні залежності максимальної температури, тривалості пожежі в певній локальній зоні та часу досягнення максимальної температури всередині вертикального кабельного тунелю в залежності від пожежного навантаження у перерахунку на 1 м висоти, площі поздовжнього перерізу та висоти до параметрів вертикального кабельного тунелю атомних електростанцій. Побудовані залежності враховують наявність протипожежних перешкод і автоматичної системи пожежогасіння. При цьому максимальна похибка апроксимації не перевищує 5 %.

Автором удосконалено методику проведення експериментальних досліджень щодо пожежі в вертикальному кабельному тунелі. Враховувались початкові дані та граничні умови, які закладалися у комп'ютерну модель, яка має переваги перед розрахунковими дослідженнями. Експериментальна перевірка побудованої моделі тепломасопереносу в вертикальному кабельному

тунелі на натурній моделі висотою 6 м і площею поперечного перерізу 4,68 м$^2$ засвідчила, що відносна похибка при прогнозуванні температури не перевищує 8 %.

Також, удосконалено метод прогнозування вогнестійкості огороджуючих будівельних конструкцій вертикальних кабельних тунелів шляхом використання температурних режимів пожеж, наближених до реальних.

Всі отримані автором результати є новими, достовірними та належно обґрунтованими.

**Практичне значення результатів дисертації** полягає в застосуванні результатів роботи під час проєктування й будівництва нових вертикальних кабельних тунелів атомних електростанцій із врахуванням реального температурного режиму, що залежить від пожежного навантаження, геометричних та аеродинамічних характеристик, наявної системи пожежогасіння тунелю як підґрунтя для вдосконалення чинної і створення нової нормативної бази щодо пожежної безпеки кабельних тунелів атомних електростанцій. Отримані результати досліджень упроваджено в роботу Інституту державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Національного університету цивільного захисту України та приватного підприємства «ПроектБудСтар». Результати дисертації можливо та доцільно використовувати при плануванні та проведені випробувань на вогнестійкість огороджувальних конструкції, що будуть застосовуватись у вертикальних кабельних тунелях.

**Структура і зміст дисертації.**

Дисертація складається зі вступу, п'яти розділів і загальних висновків, списку використаних літературних джерел (202 найменування): містить 214 сторінок друкованого тексту, з яких 153 сторінки основної частини дисертації (у якому – 23 таблиці, 75 рисунків) та додатки.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми, сформульовано об'єкт та предмет дослідження, мету й завдання дослідження, наукову новизну та практичне значення, представлено загальну характеристику дослідження.

У *першому розділі* проаналізовано стан безпеки використання вертикальних кабельних тунелів, а саме: сучасний стан кабельних тунелів в Україні й світі; особливості прокладення кабельних ліній; аварійні ситуації в сучасних вертикальних кабельних тунелях; небезпечні фактори, що виникають під час пожеж; особливості гасіння пожеж тунелів; описано процес вдосконалення генераторів піни високої кратності, які використовуються для гасіння пожеж кабельних тунелів; проаналізовано температурний режим пожежі, який використовується для оцінки вогнестійкості елементів огороджуючих конструкцій в світі та ступінь вогнестійкості елементів будівельних конструкцій.

У *другому розділі* схарактеризовано принципи моделювання процесу тепломасоперенесення під час пожежі у вертикальних кабельних тунелях; описано математичні моделі процесів теплопередачі у внутрішньому просторі та математичні моделі теплофізичних характеристик будівельних матеріалів вертикальних кабельних тунелів, теплообмін між середовищем пожежі та

поверхнею елементів будівельних конструкцій; проаналізовано сценарій можливого розвитку пожежі та вибір математичної моделі для описання теплообміну під час пожежі у приміщеннях або секціях вертикальних кабельних тунелів; проведено моделювання процесу тепломасоперенесення у вертикальному кабельному тунелі та створено алгоритм побудови комп'ютерної моделі.

У *третьому розділі* розроблено й обґрунтовано методику експериментальних досліджень пожеж у вертикальних кабельних тунелях атомної електростанції, а також описано необхідні засоби. Доведено адекватність комп'ютерного моделювання.

У *четвертому розділі* досліджено температурні режими пожежі у вертикальних кабельних тунелях із різними параметрами та обрано математичний апарат для чисельного дослідження. Сплановано повний факторний обчислювальний експеримент щодо визначення температурного режиму під час пожежі та при повільному горінні у вертикальному кабельному тунелі атомної електростанції, представлено його результати у вигляді регресії максимальної температури, тривалості пожежі та часу досягнення максимальної температури без та з урахуванням поправочних коефіцієнтів систем пожежогасіння вертикальних кабельних тунелів атомних електростанцій.

У *п'ятому розділі* розроблено й описано методику розрахункового оцінювання вогнестійкості огороджувальних конструкцій вертикальних кабельних тунелів із обраною моделлю теплопередачі залізобетонних конструкцій. Досліджено прогрів залізобетонних конструкцій під час пожежі у вертикальному кабельному тунелі на основі зафіксованих за повного факторного експерименту температурних режимів пожежі. Сформульовано рекомендації щодо застосування запропонованого підходу під час розрахункового оцінювання вогнестійкості огороджувальних конструкцій вертикальних кабельних тунелів.

Завдяки виконаним дослідженням було розкрито закономірності залежностей параметрів температурних режимів пожеж у вертикальних кабельних тунелях від їх конструктивних особливостей та пожежного навантаження, як наукового підґрунтя щодо удосконалення методів розрахункового оцінювання вогнестійкості огороджувальних конструкцій кабельних тунелів в умовах реальних пожеж, що виникають в них.

**Повнота викладу основних результатів дисертації у наукових публікаціях.**

Результати досліджень, що висвітлені у дисертації, було опубліковано у 15 наукових працях, з яких 4 наукові статті у наукових фахових виданнях України, 1 стаття в закордонному виданні, що входить до наукометричної бази даних Scopus, а також у тезах 10 доповідей на міжнародних і всеукраїнських науково-практичних конференціях.

1. С. Трошкін. Проведення повного факторного обчислювального експерименту щодо визначення температурного режиму при пожежі у вертикальному кабельному тунелі атомної електричної станції / М. Сур'янінов,

Д. Трошкіна // Науковий вісник ЧІПБ НУЦЗУ: «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація». – Черкаси, 2023. № 2(7). – С. 241–255.

Особистий внесок – проведення розрахунку обсилювального експерименту.

2. С. Трошкін. Визначення адекватності математичних моделей тепломасообміну під час виникнення пожеж у вертикальних кабельних тунелях атомних електричних станцій / С. Поздєєв, О. Некора, А. Бєліков // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – Київ, 2023. №2(16). – С. 153–161.

Особистий внесок – проведення визначення адекватності.

3. S. Troshkin. Conducting a natural fire test in the vertical cable tunnel of a nuclear power plant // Scientific and technical collection Municipal economy of cities. – Kharkov, 2023. №6 (180). – P. 168–175.

Особистий внесок – проведення математичного моделювання.

4. С. Трошкін. Дослідження адекватності результатів математичного моделювання динаміки пожежі в приміщенні за допомогою програмного комплексу FDS / С. Сідней, Е. Тищенко, В. Некора // Науковий вісник АПБ ім. Героїв Чорнобиля: «Пожежна безпека: теорія і практика». – Черкаси, 2015. №1 (20). – С. 104–109.

Особистий внесок – проведення математичних розрахунків з використанням програмних комплексів.

5. S. Troshkin. Determination of heat transfer process in vertical cable tunnels of nuclear power plants under real fire conditions / S. Pozdieiev, N. Zaika, O. Kulitsa, T. Kostenko, S. Sidnei // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. №5/10 (125). – С. 34–42.

Особистий внесок – проведення натурного та обчислювальних випробувань.

**Зауваження та дискусійні положення:**

1. В дисертації не розглянуто вплив хімічного складу ізоляції кабельних ліній на їхню здатність до поширення полум'я.
2. Без обґрунтувань шляхом порівняння різних типів термопар та іншого обладнання здобувач для вимірювання температур в печі та на залізобетонних конструкціях вибрав термопари ТХА, однак критеріїв вибору (вартість, точність, їх наявність, доступність чи ін.) не вказав.
3. З дисертації залишилось незрозумілим чи можливо для побудови температурних режимів пожежі використовувати зонні моделі.
4. В дисертації недостатньо приділено уваги впливу параметрів поперечного перерізу тунелів на температурний режим пожежі у них.
5. В анотації до дисертації використовується словосполучення «розв'язання актуальної проблеми», проте здобувач виконував поставлене наукове завдання, а не проблему.
6. В тексті наявні пунктуаційні та орфографічні помилки, описки.

Всі наведені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертації. Зауваження можуть бути предметом подальших досліджень автора.

**Оцінка мови і стилю дисертації.**

Мова та стиль викладення відповідає критеріям науковості: логічність викладення положень, об'єктивність, послідовність. Текст викладений на достатньому науковому рівні і забезпечує доступність сприйняття. Композиція розділів відповідає послідовності конкретних завдань, що успішно вирішуються. Основні теоретичні положення не є суперечливими, оскільки вони аргументовані й підкріплені висновками роботи.

**Відомості про дотримання академічної доброчесності.**

За результатами аналізу дисертаційної роботи та публікацій автора порушень академічної доброчесності не виявлено. Елементи фальсифікації чи фабрикації тексту в роботі відсутні.

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

Зміст дисертації відповідає чинним вимогам до оформлення дисертації, встановленим освітньо-науковою програмою «Пожежна безпека» галузі знань 26 «Цивільна безпека», спеціальності 261 «Пожежна безпека».

**Висновки.**

Вважаю, що дисертація Трошкіна Сергія Едуардовича на тему «Дослідження вогнестійкості огороджувальних конструкцій вертикальних кабельних тунелів атомних електричних станцій за умов реальних пожеж» є завершеною кваліфікаційною науковою роботою, яка містить низку нових, актуальних та достовірних результатів, що свідчать про її високу наукову цінність та практичну значущість у сфері пожежної безпеки. Дисертація повністю 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», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України № 44 від 12.01.2022 та рекомендована мною для захисту в разовій спеціалізованій вченій раді.

Автор дисертації Трошкін Сергій Едуардович заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії за спеціальністю 261 «Пожежна безпека», галузі знань 26 «Цивільна безпека».

**Рецензент:**
доктор філософії,
доцент кафедри пожежної профілактики
у населених пунктах навчально-наукового
інституту пожежної безпеки
Національного університету
цивільного захисту України

Ніна РАШКЕВИЧ

« 7 » березня 2025 р.