

ВИСНОВОК

про наукову новизну, теоретичне і практичне значення результатів дисертації ТРОШКІНА Сергія Едуардовича на тему «Дослідження вогнестійкості огорожувальних конструкцій вертикальних кабельних тунелів атомних електростанцій за умов реальних пожеж», 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.

Дисертація виконана в межах, окреслених розпорядженням Кабінету Міністрів України від 19.08.2015 № 844-р «Про схвалення Стратегії розвитку системи технічного регулювання на період до 2020 року», пріоритетних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України на 2020-2024 роки, відповідно до «Плану наукової і науково-технічної діяльності ДСНС України на 2022 рік», а також розділу 2, п. 11 «Плану наукової і науково-технічної діяльності Черкаського інституту пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України на 2022 рік». Дослідження було виконано у рамках науково-дослідної роботи РК № 0121U109414 «Удосконалення розрахункового методу прогнозування цілісності залізобетонних конструкцій в умовах пожежі», де здобувач був виконавцем.

Актуальність теми дисертаційної роботи. Досліджуючи рух технологічного процесу з питань вдосконалення електротехнічних систем тощо, залишається відкритим проблематика пожежної безпеки, яка містить в собі серйозну загрозу.

Розгалужені кабельні мережі не лише створюють значне пожежне навантаження, а й сприяють поширенню вогню між будівлями та спорудами, загрожуючи виникненню аварійного стану технологічного процесу енергетичних підприємств.

Розв'язання актуальної проблеми впливу геометричних параметрів вертикальних кабельних тунелів атомних електростанцій, пожежного навантаження, протипожежних перешкод та впливу наявної систем пожежогасіння на вогнестійкість будівельних огорожувальних конструкцій.

Недостатня оцінка, створює ризики пожежної безпеки в розрізі евакуації людей та проведенню аварійно-рятувальних та оперативних робіт з ліквідації наслідків надзвичайної ситуації (надзвичайної події), тоді як завищені коефіцієнти запасу можуть призвести до необґрунтованих витрат. Врахування реалій сьогодення дозволяє оптимізувати витрати на будівництво, зменшуючи їх на 1,5-2%.

Все вище викладене показує актуальність задачі розкриття закономірностей залежностей параметрів температурних режимів пожежі у

вертикальних кабельних тунелях від їхніх конструктивних характеристик оскільки це дозволяє наблизити розрахункові температурні режими пожеж для оцінювання вогнестійкості конструкцій вертикальних кабельних тунелів до реальних режимів пожеж.

Метою роботи є розкриття закономірностей 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 огорожувальних конструкцій кабельних тунелів в умовах реальних пожеж, що виникають в них.

Для досягнення поставленої мети було поставлено наступні науково-технічні задачі:

1. Проаналізувати сучасні методи оцінювання вогнестійкості огорожувальних конструкцій вертикальних кабельних тунелів атомних електростанцій за умови врахування їхніх конструктивних особливостей та пожежного навантаження при побудуванні математичних моделей відповідних температурних режимів пожежі;

2. Обґрунтувати математичні моделі тепломасопереносу при пожежі у вертикальних кабельних тунелях атомних електростанцій що враховують їхні конструктивні особливості та наявне пожежне навантаження на основі застосування числових методів комп'ютерної газо гідродинаміки;

3. Розробити методику і провести експериментальні дослідження температурного режиму у вертикальному кабельному тунелі атомної електростанції при врахуванні реального пожежного навантаження. Вивчити адекватність експериментальних та розрахункових даних за допомогою статистичних критеріїв достовірності статистичних гіпотез при порівняльному аналізі розрахункових та експериментальних даних;

4. Провести числові експерименти щодо вивчення температурних режимів у вертикальних кабельних тунелях з різними конструктивними характеристиками, пожежним навантаженням, та наявних систем пожежогасіння на основі чого виявити закономірності залежності параметрів температурного режиму пожежі від даних характеристик.

5. Розробити розрахункову методику оцінювання вогнестійкості залізобетонних огорожувальних конструкцій вертикальних кабельних тунелів атомних електростанцій з використанням виявлених закономірностей залежності параметрів температурних режимів пожеж від конструктивних характеристик кабельних тунелів і пожежного навантаження.

Об'єкт досліджень – теплові процеси, які відбуваються у вертикальних кабельних тунелях атомних електричних станціях в умовах пожеж, наближених до реальних.

Предмет досліджень – вплив конструктивних параметрів та пожежного навантаження кабельних тунелів на вогнестійкість їхніх огорожувальних будівельних конструкцій.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проведено на основі систем диференціальних рівнянь Нав'є – Стокса для неперервних середовищ типу, рівнянь теплообміну залізобетонних конструкції вертикальних кабельних тунелів в умовах наближених до реальних пожеж та використання рівняння Фур'є. Для розв'язку рівнянь у дисертації використано метод граничних або кінцевих елементів, методи статистичного оброблення експериментальних і розрахункових даних, методи неув'язок, метод Гальоркіна та оптимізаційні методи. Дослідження по проведенню експерименту виконано у моделі вертикального кабельного тунелю запроектованого за аналогом в натуральну величину кабельних тунелів реакторного відділення реакторів типу ВВЕР на Тренувально-спортивному комплексі 1-го Державного пожежно-рятувального загону Головного Управління ДСНС України у Запорізькій області з охорони об'єктів. Для побудовання математичних моделей закономірностей впливу параметрів теплових процесів пожежі був використаний регресійний аналіз.

Наукові положення, розроблені особисто дисертантом, та їх новизна полягає у розкритті закономірностей 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 огорожувальних конструкцій кабельних тунелів в умовах реальних пожеж, що виникають в них. При цьому було отримано такі нові наукові дані. При цьому вперше:

1. 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 %;

2. 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 м² засвідчила, що відносна похибка при прогнозуванні температури не перевищує 8 %;

3. Удосконалено модель тепломасопереносу при пожежі у вертикальних кабельних тунелях атомних електричних станцій, яка спирається на рівняння Нав'є–Стокса, доповнені рівнянням стану газу по компонентах, тиску, зберігання моменту, компонентів і маси. Модель дозволяє отримати розподіл температури по огорожувальним конструкціям кабельного тунелю в

довільний момент часу, динаміку розповсюдження пожежі і її тривалість. Встановлено, що граничні пластичні моменти для монолітних залізобетонних огорожувальних конструкцій, визначені за розрахованими температурними режимами пожежі за запропонованими математичними моделями у 1,5 рази менші за моменти, отримані за умови теплового впливу стандартного температурного режиму пожежі;

4. Удосконалено метод прогнозування вогнестійкості огорожуючих будівельних конструкцій вертикальних кабельних тунелів шляхом використання температурних режимів пожеж, наближених до реальних.

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 в застосуванні результатів роботи під час проектування 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 ПП «ПроектБудСтар». Результати дисертаційної роботи можливо та доцільно використовувати при плануванні та проведенні випробувань на вогнестійкість огорожувальних конструкцій, що будуть застосовуватись у вертикальних кабельних тунелях.

Особистий внесок здобувача заключається у формулюванні мети й завдань дослідження, аналізі літературних джерел, вивчення впливів температурного режиму пожежі у вертикальному кабельному тунелі атомних електростанцій на межу вогнестійкості огорожувальних будівельних конструкцій, організації та проведенні натурних експериментів з моделювання пожежі у вертикальному кабельному тунелі, а також аналізі отриманих даних експериментальних та розрахункових досліджень. Результати роботи впроваджені дисертантом особисто із дотриманням академічної доброчесності.

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

1. **С. Трошкін**, М. Сур'янінов, Д. Трошкіна. Проведення повного факторного обчислювального експерименту щодо визначення температурного режиму при пожежі у вертикальному кабельному тунелі атомної електричної станції. // Науковий вісник ЧІПБ НУЦЗУ: «Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація» – Черкаси, 2023. № 2(7). – С.241-255. <https://doi.org/10.31731/2524.2636.2023.7.2.241.255>

Здобувачу особисто належить узагальнення та аналіз отриманих даних під час проведення повного факторного обчислювального експерименту в умовах теплового впливу температурного режиму пожеж у вертикальних кабельних тунелях.

2. **С. Трошкін**, С. Поздєєв, О. Некора, А. Беліков. Визначення адекватності математичних моделей тепломасообміну під час виникнення пожеж у вертикальних кабельних тунелях атомних електричних станцій. // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – Київ, 2023. №2(16) – С.153-161. [https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.2\(16\).153-161](https://doi.org/10.33269/nvcz.2023.2(16).153-161)

Здобувачу особисто належить визначення адекватності обчислювальних експериментальних даних тепломасообміну отриманих у ході проведення польових експериментальних та обчислювальних досліджень.

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. <https://doi.org/10.33042/2522-1809-2023-6-180-168-175>

Здобувачу особисто належить обґрунтування методики розрахунку за запропонованою математичною моделлю тепломасопереносу в умовах нагрівання за температурним режимом пожежі наближеного до реального та виконання відповідних розрахунків.

4. **С. Трошкін**, С. Сідней, Е. Тищенко, В. Некора. Дослідження адекватності результатів математичного моделювання динаміки пожежі в приміщенні за допомогою програмного комплексу FDS // Науковий вісник АПБ ім. Героїв Чорнобиля: «Пожежна безпека: теорія і практика». – Черкаси, 2015. №1 (20). – С.104-109. http://www.irbis-nbuv.gov.ua/Pbtp_2015_20_17.pdf

Особистий внесок – проведення математичних розрахунків з використанням програмних комплексів.

Здобувачу особисто належить математичні моделі процесу тепломасопереносу в приміщеннях та встановлення адекватності результатів математичного моделювання.

Статті у наукових фахових виданнях України та інших країн, у тому числі, що входять до міжнародних наукометричних баз:

5. **S. Troshkin**, O. Kulitsa, S. Pozdieiev, N. Zaika, T. Kostenko, S. Sidnei. Determination of heat transfer process in vertical cable tunnels of nuclear power plants under real fire conditions. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. №5/10 (125). С.34-42. <https://doi.org/10.15587/1729->

4061.2023.289291 (Включено до міжнародної наукометричної бази Scopus).

Здобувачу особисто належить узагальнення та аналіз експериментальних даних, отриманих у ході проведення польових експериментальних та обчислювальних досліджень, виявлення основних закономірностей впливу конструктивних особливостей, а також визначення тепломасопереносу в умовах реальних пожеж.

Наукові праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

7. **Troshkin S.** Evaluation of fire resistance of reinforced concrete vertical cable tunnel walls under conditions similar to realistic temperature regimes // XII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students “Current Challenges of Modern Technologies” Ternopil, 2023. P.11-13. (Форма участі – онлайн інтернет-конференція).

Здобувачу особисто належить методика проведення польових експериментальних та обчислювальних досліджень, виявлення основних закономірностей впливу конструктивних особливостей, а також визначення тепломасопереносу в умовах реальних пожеж.

8. **Troshkin S.** Analysis of results of natural fire tests at Zaporizhzhia NPP. // Proceedings of the XI International Scientific and Technical Conference for Students, Postgraduates, and Young Scientists “Youth: Science and Innovations”. Dnipro, 2023. P.278-279. (Форма участі – онлайн інтернет-конференція).

Здобувачу особисто належить аналіз експериментальних даних, отриманих у ході проведення польових експериментальних та обчислювальних досліджень.

9. **Troshkin S.** Modeling methods of cable placement in tunnels and round cross-section collectors using the sketchup. // XII International Scientific and Practical Conference of Young Scientists and Students “Current Challenges of Modern Technologies” Ternopil, 2023. P.14. (Форма участі – онлайн інтернет-конференція).

Здобувачу особисто належить аналіз методів використання математичних моделей та інноваційних технологій.

10. **Troshkin S.** Methods modeling of horizontal cable tunnels using sketchup. // XXIV International Scientific and Practical Online Conference for Higher Education Students and Young Scientists “Science and Technology of the XXI Century” Kyiv, 2023. P.47-48. (Форма участі – онлайн інтернет-конференція).

Здобувачу особисто належить аналіз методів використання математичних моделей та інноваційних технологій.

11. Удовенко М., Федченко С., **Трошкін С.** Розробка методу визначення температури у перерізі плоских залізобетонних плит при пожежі // Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту». – Харків. – 2022. С.90. (Форма участі – онлайн інтернет-конференція).

Здобувачу особисто належить обґрунтування методу проведення випробувань на вогнестійкість плоских залізобетонних плит.

12. **Трошкін С.**, Неділько І., Удовенко М., Поздєєв С. Дослідження поведінки сталезалізобетонної плити за умови впливу стандартного температурного режиму пожежі // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів, студентів, ад'юнктів (аспірантів). – Черкаси. – 2022. С.65-66. (Форма участі – онлайн інтернет-конференція).

Здобувачу особисто належить обґрунтування методики поведінки елементів сталезалізобетонних плит в умовах стандартного температурного режиму пожежі.

13. **Трошкін С.**, Удовенко М. Пожежна безпека кабельних тунелів атомних електричних станцій // Матеріали XV Міжнародної науково-практичної конференції магістрантів та аспірантів. – Харків. – 2021. С.173-174. (Форма участі – онлайн інтернет-конференція).

Здобувачу особисто належить аналіз пожежної безпеки кабельних тунелів атомних електричних станцій.

14. Данкевич І., Канюк В., Неділько І., Сідней А., Лазумирська А., **Трошкін С.**, Сопільник В., Сідней С. Дослідження прогріву залізобетонної плити в умовах стандартного температурного режиму пожежі // Матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. – Черкаси. – 2021. С.23-24. (Форма участі – онлайн інтернет-конференція).

Здобувачу особисто належить обґрунтування методики оцінки вогнестійкості залізобетонних плит в умовах стандартного температурного режиму пожежі.

15. **Трошкін С.Е.** Дослідження адекватності результатів математичного моделювання динаміки пожежі в приміщенні // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції курсантів та студентів «Пожежна та техногенна безпека: наука і практика». – Черкаси. – 2016. С.65-66. (Форма участі – очна).

Здобувачу особисто належить обґрунтування методики проведення математичних розрахунків динаміки пожежі із підтвердженням адекватності моделі.

16. **Трошкін С.Е.**, Кропива М.А. Валідація і верифікація проекту динаміки пожежі в будівлі з використанням програмного забезпечення FDS // Матеріали III Всеукраїнсько студентського науково-практичного семінару «Досвід впровадження у навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій». – Кропивницький. – 2015. С.25-28. (Форма участі – очна).

Здобувачу особисто належить обґрунтування методики проведення математичних розрахунків динаміки пожежі підтверджуючі валідацію і верифікацію проекту.

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.

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 214 сторінок складається з анотації, змісту, переліку умовних позначень, вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел зі 202 найменування і 3 додатків, містить 75 рисунків та 23 таблиці, 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 ТРОШКІНА Сергія Едуардовича на тему «Дослідження вогнестійкості огорожувальних конструкцій вертикальних кабельних тунелів атомних електричних станцій за умов реальних пожеж» 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 – розкриття закономірностей 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 огорожувальних конструкцій кабельних тунелів в умовах реальних пожеж, що виникають в них.

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.

Т.в.о. начальника кафедри пожежної профілактики
у населених пунктах навчально-наукового інституту
пожежної безпеки Національного університету
цивільного захисту України, д.т.н., професор

Юрій ОТРОШ

Підпис Юрія Отроша
14.02.2023 р.
Заст. нач-ка кат. ВН