

Технічні науки

УДК 621.315.2

Алімов Богдан Олександрович

науковий співробітник відділу експериментальних досліджень

Науково-випробувального центру

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту

Алимов Богдан Александрович

научный сотрудник отдела экспериментальных исследований

Научно-испытательного центра

Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты

Alimov Bogdan

Research Fellow of the Department of Experimental Research

Research Center Ukrainian Civil Defense Research Institute

Самченко Тарас Васильович

науковий співробітник відділу речовин і матеріалів

Науково-випробувального центру

Український науково-дослідний інститут цивільного захисту

Самченко Тарас Васильевич

научный сотрудник отдела веществ и материалов

Научно-испытательного центра

Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты

Samchenko Taras

Researcher of the Department of Substances and Materials

Research Center Ukrainian Civil Defense Research Institute

ДИНАМІКА ЗМІНИ ТЕМПЕРАТУРИ У КАБЕЛЬНОМУ ТУНЕЛІ

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В КАБЕЛЬНЫХ

ТОННЕЛЯХ

DYNAMICS OF TEMPERATURE CHANGE IN A CABLE TUNNEL

Анотація. У програмному комплексі CFD була створена математична модель кабельного тунелю, аналогічна до натурного. Проведено обчислювальний експеримент. Моделювання, як метод наукового дослідження дає можливість, не виконуючи матеріально затратних та трудомістких натурних експериментів на моделях проводити всі необхідні дослідження щодо визначення температурних режимів пожежі у кабельних тунелях.

Ключові слова: кабельний тунель, температурний режим пожежі, математичне моделювання.

Аннотация. В программном комплексе CFD была создана математическая модель кабельного туннеля, аналогичная натурного. Проведен вычислительный эксперимент. Моделирование, как метод научного исследования дает возможность, не выполняя материально затратных и трудоемких натурных экспериментов на моделях проводить все необходимые испытания по определению температурных режимов пожара в кабельных туннелях.

Ключевые слова: кабельный тоннель, температурный режим пожара, математическое моделирование.

Summary. In the CFD software package, a mathematical model of the cable tunnel, similar to the full-scale one, was created. A computational experiment was conducted. Modeling as a method of scientific research makes it possible, without performing materially expensive and time-consuming field experiments on models, to carry out all the necessary tests to determine the temperature conditions of a fire in cable tunnels.

Key words: cable tunnel, temperature mode of fire, mathematical modeling.

Постановка проблеми. Кабельна продукція постійно розвивається і вдосконалюється. Для проведення випробувань на вогнестійкість

будівельних конструкцій кабельних тунелів використовується стандартний температурний режим пожежі, який може не відповідати режиму пожежі у реальному кабельному тунелі. Дослідження температурного режиму пожежі є актуальним питанням, так як кабельні тунелі відрізняються геометричною конфігурацією, видом кабелів, що прокладені у них, пожежним навантаженням та аеродинамічними характеристиками. Це може привести до того, що температурний режим пожежі у таких тунелях може відрізнятись як від стандартного так і між собою. У такому разі не можна гарантувати відповідність меж вогнестійкості випробовуваних конструкцій чинним нормативам. В цьому випадку може істотно знизиться безпеку людей і матеріальних цінностей під час пожеж у кабельних тунелях. Сучасне програмне забезпечення з моделювання теплових процесів засобами комп'ютерної газодинаміки (CFD), дозволяє врахувати всі необхідні параметри досліджуваних процесів.

Аналіз останніх досягнень і публікацій. Роботи зарубіжних вчених були присвячені як математичному моделюванню, так і реальним експериментам [5–8]. У роботі [5] встановлено, що ширина тунелю мало впливає на швидкість вигорання пожежного навантаження. Робота [6] описує групу повномасштабних експериментів. Вимірювались розподіли температури в тунелях з різними умовами вентиляції. У чисельному моделюванні [7] проаналізовано причини пожеж у тунелях. Робота [8] присвячена аналізу параметрів швидкості вигорання ізоляції ПВХ-кабелю. Було розглянуто лінійна швидкість поширення пожежі при різному виді укладки кабелів. Незважаючи на практичну значущість таких результатів, відсутні дані про верифікацію математичних моделей пожеж у кабельних тунелях на основі експериментальних даних. Щодо українських учених, то Нуянзін О. М. [2] проаналізував математичні моделі тепломасообміну у камерах вогневих печей, а Ковалишин В. В. у своїх дослідженнях [3–4] дослідив динаміку розвитку пожеж у кабельних спорудах.

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, котрим присвячується стаття. У даній роботі проаналізовано методи математичного моделювання та засоби обчислювальної газогідродинаміки, а також переваги їх використання при вивченні впливу пожежного навантаження та конструктивних характеристик кабельних тунелів на температурний режим пожежі.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою роботи є перевірка адекватності CFD-моделей пожеж у кабельних тунелях створених у програмному комплексі Fire Dynamics Simulator 6.2 на основі експериментальних даних для їх подальшого використання при вивченні впливу пожежного навантаження та конструктивних характеристик кабельних тунелів на температурний режим пожежі.

На випробувальному полігоні УкрНДІЦЗ було проведено експериментальні дослідження за методикою описаною у [9]. Для кореляції результатів було проведено 2 експерименти. Тривалість кожного з них склала 30 хв. Усереднені результати по кожній з 30 встановлених термопар показано. Аналізуючи отримані графіки температури у кабельному тунелі, можна констатувати, що найвища температура спостерігається в зоні осередку пожежі біля кабелів. Вона знаходиться в межах 700-1000 °C в залежності від розташування місця контролю. Теплова енергія розповсюджується інтенсивніше в бік отвору виходу продуктів горіння. Температура знаходиться в межах 300-500 °C. У зоні між осередком пожежі та місцем підпору повітря температура знаходиться в межах 80-200 °C. Для проведення обчислювального експерименту з використанням створеної математичної моделі кабельного тунелю для випробувань використана нижченаведена послідовність розрахункових процедур:

1. За допомогою CAD програми створюється геометрична конфігурація кабельного тунелю необхідних розмірів. Всередині створюються моделі кабелів, сталених кутків, отвору для виходу продуктів

горіння та місця підпору повітря. Геометрична модель імпортується в середовище розрахункового комплексу FDS.

2. Вводяться початкові параметри моделювання, як неможливо змінити у процесі розрахунку: початкова температура середовища, підпір повітря з одного боку тунелю, необхідний час пожежі (30 хв.).

Аналізуючи порівняння дисперсії результатів математичного моделювання процесу теплообміну при пожежі у кабельному тунелі та експериментальних даних можна констатувати, що жодне із значень критеріїв адекватності не перевищує допустимих значень, відносне відхилення складає 8,58 %, що показує ефективність моделювання теплових процесів для проведення подальших досліджень температурних режимів пожежі у кабельних тунелях.

Висновки. Розраховано відносне відхилення результатів математичного моделювання від експериментальних даних, яке складає 8,58 %. Результати проведеного дослідження показують ефективність моделювання теплових процесів для проведення подальших досліджень температурних режимів пожежі у кабельних тунелях.

Література

1. Обґрунтування та розрахунок параметрів гасіння пожеж інертними газами з наступною їх рециркуляцією в кабельних тунелях / В.В. Ковалишин, В.М. Ковальчик, С.І. Гончаренко // Пожежна безпека : теорія і практика : зб. наук. праць. Черкаси: АПБ, 2014. № 17. С. 39-44.
2. Ковалишин В. В. Моделювання впливу парогазових потоків на пожежу в каналах великої довжини // Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки. Київ: УкрНДІЦЗ, 2011. № 1 (23). С. 191-199.
3. Ковалишин В. В. Перевірка на адекватність моделювання процесів розвитку і гасіння пожеж в кабельних тунелях (в обмежених об'ємах) //

Науковий вісник Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки. Київ: УкрНДІЦЗ, 2013. № 1 (27). С. 38-44.

4. Ji J. et al. Influence of aspect ratio of tunnel on smoke temperature distribution under ceiling in near field of fire source // *Applied Thermal Engineering*. 2016. Т. 106. С. 1094-1102.
5. Tian X. et al. Full-scale tunnel fire experimental study of fire-induced smoke temperature profiles with methanol-gasoline blends // *Applied Thermal Engineering*. 2017. Т. 116. С. 233-243.
6. Modic J. Fire simulation in road tunnels // *Tunnelling and underground space technology*. 2003. Т. 18. №. 5. С. 525-530.
7. Vaari J. et al. Numerical simulations on the performance of waterbased fire suppression systems // *VTT Technol*. 2012. Т. 54.
8. Обґрунтування методики експериментального дослідження температурного режиму пожежі у кабельному тунелі / С.В. Поздєєв, Т.В. Самченко, О.М. Нуянзін // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека № 1 (5) 2018. Київ : УкрНДІЦЗ, 2018.