

ДОСЛІДЖЕННЯ З ВИЗНАЧЕННЯ НЕБЕЗПЕЧНИХ ФАКТОРІВ ПОЖЕЖІ В ТУНЕЛЯХ

Пожежі в кабельних тунелях на відміну від пожеж у приміщеннях, у вугільних шахтах і на інших об'єктах, мають свою специфіку. З метою встановлення ефективності гасіння пожеж у кабельних тунелях різними засобами проведені паралельно експерименти в лабораторних умовах без впливу на осередок пожежі будь-якого засобу і з впливом на нього різних засобів пожежогасіння. Експериментальні дослідження в лабораторних умовах виникнення і розвитку пожеж в кабельних тунелях з геометричним масштабом моделювання 1:4, що відповідає реальному об'єкту з наведеним діаметром 2 м і довжиною тунелю до 10 м при числі Рейнольдса до 10000, що знаходиться в турбулентній області течії газів. Встановлено в лабораторних умовах, що концентрація кисню в зоні горіння може знизитися до 5%, що підтверджується даними дослідження великомасштабних пожеж, а також даними математичного моделювання, вказуючи тим самим на нерозривний зв'язок процесів газообміну і теплообміну при пожежах.

Ключові слова: установка визначення ефективності гасіння, горіння кабелю в тунелі, концентрація кисню, температура

Для правильного прогнозу процесів горіння та гасіння в закритих об'ємах необхідно розробити математичну модель, яка враховує піроліз твердих горючих матеріалів, вступ в хімічні реакції з киснем газоподібних продуктів які розкладаються, їх вплив на температуру з урахуванням надходження повітря збіднілого на кисень на осередок пожежі, а це неможливо зробити достовірно без експериментальних досліджень [1].

Мета і задачі проведених досліджень. Отримання експериментальних даних для наукового обґрунтування закономірностей розвитку пожеж та їх гасіння в каналах значної протяжності та розробка на цій основі високоефективних заходів пожежогасіння.

Задачі досліджень: визначити динаміку температури та кількісний та якісний склад продуктів згорання в кабельному тунелі при різних режимах вентиляції.

Пожежі в кабельних тунелях на відміну від пожеж у приміщеннях, у вугільних шахтах і на інших об'єктах мають свою специфіку [2, 3]. Для дослідження таких процесів, а також процесів гасіння пожеж різними засобами сконструйована фізична модель (рис. 1), що представляє собою установку або камеру для визначення ефективності горіння кабельної продукції та її ефективності гасіння різними засобами в замкнутому об'ємі. Для закритих об'ємів спосіб визначення ефективності гасіння різними вогнегасними речовинами відсутній.

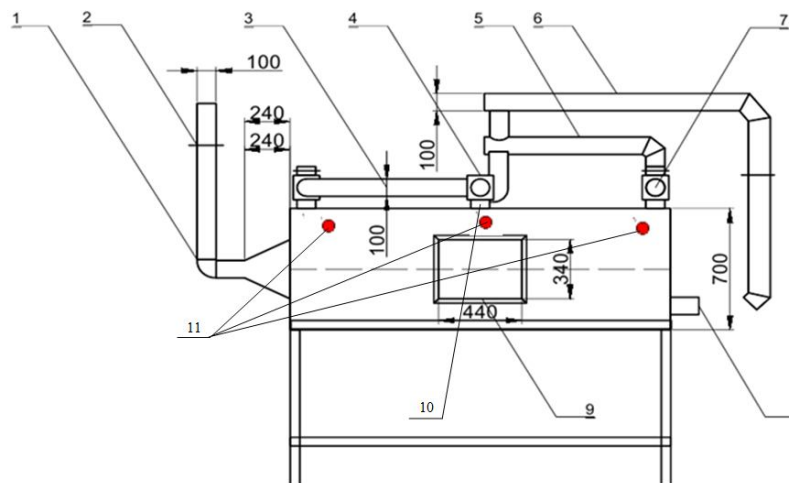


Рис. 1. Установка визначення горіння кабелю та ефективності гасіння різними вогнегасними речовинами в закритих об'ємах класу «А», «В», «Е»: 1 – трубопровід для видалення в атмосферу, 2 – шубер, 3 – холодильник, 4 – вентилятор, 5,6 – трубопровід для проведення рециркуляції, 7 – отвір для подачі вогнегасного порошку, 8 – отвір для підсмоктування повітря, 9 – оглядове вікно, 10 – електродвигун, 11 – отвори для відбору проб

Довжина камери становить 2 м, а її висота і ширина у просвіті 0,6 м і 0,4 м відповідно. Таким чином, наведений діаметр камери дорівнює

$$d = \frac{4S}{\Pi} = \frac{4 \cdot 0,6 \cdot 0,4}{2(0,6+0,4)} = 0,48 \text{ м.}$$

При реальному наведеному діаметрі кабельного тунелю 2 м геометричний масштаб моделювання становить 1:4.

Потужність витяжної вентиляції забезпечує рух повітряного потоку всередині камери від 0,024 до 0,076 м³/с із середньою швидкістю 0,1 – 0,3 м/с. Це відповідає числу Рейнольдса

$$Re = \frac{ud}{\nu} = \frac{(0,1-0,3) \cdot 0,48}{1,5 \cdot 10^{-5}} \approx 3000-10000.$$

Таким чином, режим руху газів в камері турбулентний, як в реальному об'єкті, тобто значно більший за поріг ламінарного руху, рівний 2000.

Кабельна продукція розміщується на лотках на висоті 20, 30 см від нижнього рівня камери. В камеру згорання завантажують 7,25 кг кабельної продукції, з якої 5 кг – це горюча ізоляція, кабелі довжиною 1 м, п'ять частин займають площу 0,3 м². Підпалюють кабельну лінію протягом 4 хв газовим пальником, з робочою довжиною 30 см, висота полум'я – 15 см, зі сторони отворів, через які подається повітря для підтримки горіння. За даний період часу настає стійке полум'яне горіння.

Запалювання здійснюється при швидкості потоку повітря, на вході в камеру, 0,024 – 0,076 м³/с. Підсмоктування повітря проходить через отвори: перший – круглий, площею 0,00785 м², другий прямокутної форми, – із змінною площею від 0,078 м² до 0,0 м².

При площі верхнього отвору 0,078 м² продукти згорання виділяються через отвір, оскільки, верхня частина знаходиться значно вище від рівня нейтральної зони. При площі верхнього отвору менше 0,028 м² продукти згорання видаляються практично повністю витяжною вентиляцією.

Максимального значення (700–800 °С) температура в камері досягає на 10–12 хвилині вільного горіння.

Під час горіння кабельного ізоляційного матеріалу проходить утворення значної кількості продуктів згорання, що викликає зменшення притоку свіжого повітря в камеру. На початку розвитку горіння температура швидко зростає завдяки достатній кількості кисню в камері. Із зменшенням припливу повітря температура горіння знижується до 470–500 °С і має хвилеподібний процес горіння до початку затухання.

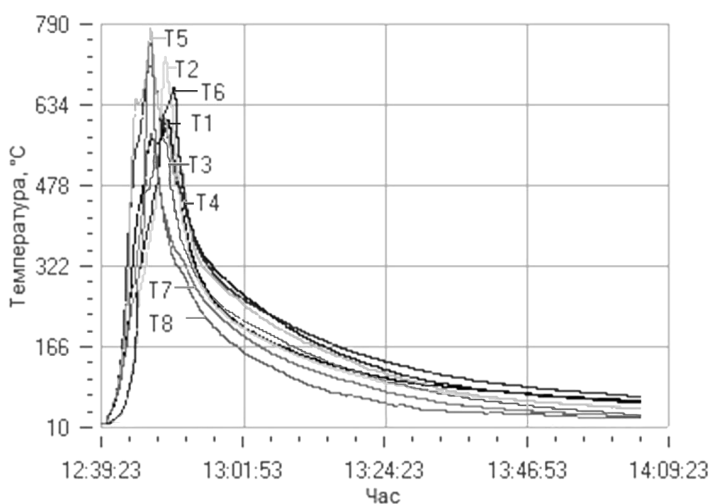
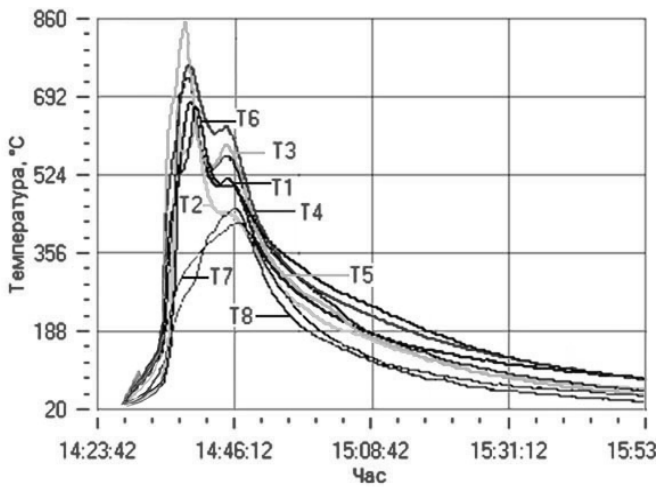


Рис. 2. Динаміка температури в кабельному тунелі при максимальному підсмоктуванні повітря

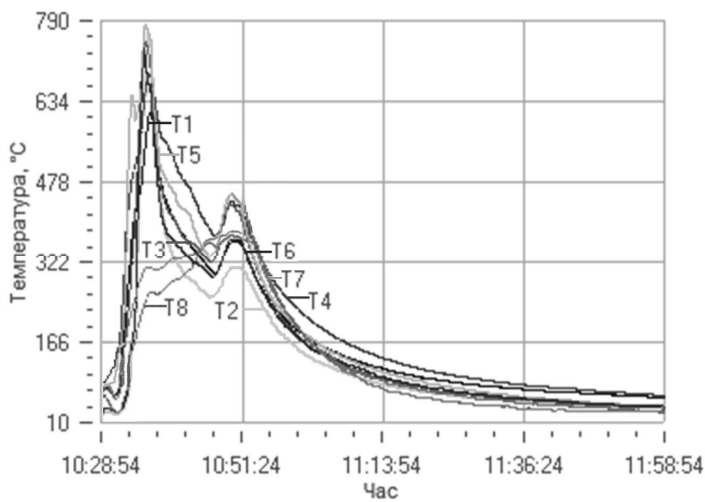
З метою встановлення ефективності гасіння пожеж у кабельних тунелях різними засобами попередньо проведені експерименти в лабораторних умовах без впливу на осередок пожежі будь якого засобу.

Для проведення дослідів в цих умовах було використано 5 кг горючої ізоляції з металевими провідниками. Підпалювання проходило протягом 4 хв, при роботі припливної вентиляції. На рис. 2-6 представлені результати вимірювання в часі температури пожежних газів в кабельному тунелі при різних режимах вентиляції аж до закриття отворів. Також на рисунках 2-6 представлено покази термопар Т1-Т8, встановлених на різних рівнях по об'єму камери.



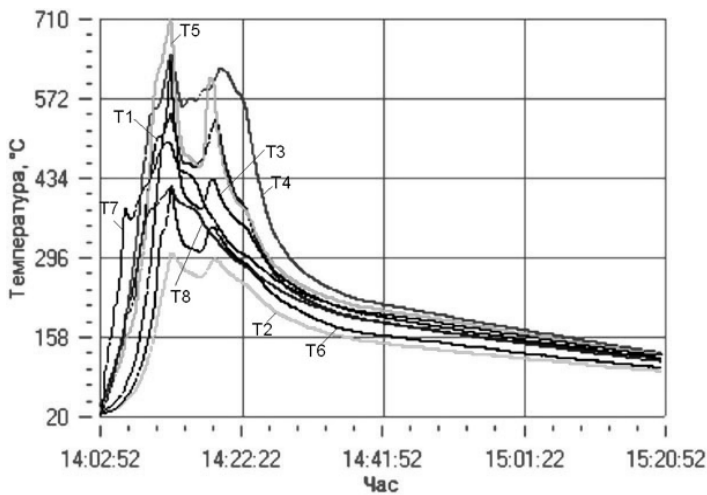
Підпалювання проходило протягом 4 хв. Максимального значення температура горіння досягла на 12 хв, після чого відбувалося затухання. Швидкість руху повітря на виході напірної порожнини вентилятора 4,2–4,5 м/с. Площа отворів для підсмоктування (припливу) повітря $F_{отв} = 0,0638 \text{ м}^2$.

Рис. 3. Динаміка температури в кабельно-му тунелі при робочій витяжній вентиляції та відкритих отворах для підсмоктування повітря розміром 0,05 м?



Підпалювання проходило також протягом 4 хв, при робочій припливній вентиляції. Максимального значення температура горіння досягла на 12 хв, після чого відбувалося затухання з повторним спалахом і подальшим горінням. Зниження температури до $100 \text{ }^\circ\text{C}$ відбувалось 70 хв від початку горіння.

Рис. 4. Динаміка температури в кабельно-му тунелі при робочій витяжній вентиляції та відкритих отворах для підсмоктування повітря розміром 0,036 м?



Підпалювання проходило протягом 4 хв, при робочій припливній вентиляції, при відкритому отворі для підсмоктування повітря площею $0,036 \text{ м}^2$. Максимального значення температура горіння досягла на 12 хв, після чого відбувалося затухання з повторним спалахом, на 18-й хв, і подальшим горінням. Зниження температури до $100 \text{ }^\circ\text{C}$ відбулося через 86 хв з початку дослідів.

Рис. 5. Динаміка температури в кабельно-му тунелі при робочій витяжній вентиляції та відкритих отворах для підсмоктування повітря розміром 0,022 м?

Підпалювання проходило протягом 4 хв, при робочій припливній вентиляції. Максимального значення температура горіння досягла на 12 хв, після чого відбувалося затухання з повторним спалахом і подальшим горінням. Зниження температури до $100 \text{ }^\circ\text{C}$ відбувалося протягом 60 хв після припинення горіння.

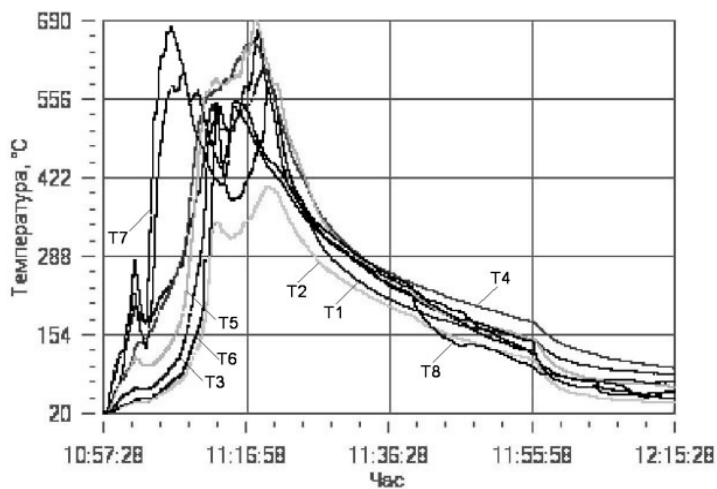


Рис. 6. Динаміка температури в кабельному тунелі при закритих отворах припливу повітря

Під час проведення експерименту вимірювали не тільки значення температури, а й концентрації різних пожежних газів. У табл. 1 наведено експериментальні дані температури, концентрацій кисню і метану при виникненні, розвитку і згасанні пожежі в кабельному тунелі без впливу на нього будь-якого засобу пожежогасіння.

Таблиця 1

Експериментальні дані по пожежі в кабельному тунелі

№ з/п	Час горіння, хв	Температура (максимальна) °C	Вміст	
			Кисню	Метану
1	0	19	21,33	0
2	4	400	5,28	1,78
3	6	620	5,03	1,37
4	8	750	6,76	1,43
5	12	490	16,87	0,54
6	17	345	19,35	0,41
7	20	250	21,12	0,16
8	30	130	20,84	0,08
9	87	50	20,65	0

Тут відлік часу взято з моменту займання кабелю, не рахуючи час розпалювання, що дорівнював 4 хв.

Обробка експериментальних даних, отриманих в лабораторних умовах, показала, що при виникненні навіть дрібномасштабної пожежі концентрація кисню спочатку різко падає і досягає значення всього на 5% через 8–10 хв з урахуванням часу розпалу, після чого у міру загасання пожежі концентрація кисню поступово відновлюється.

Висновки

1. Проведено експериментальні дослідження в лабораторних умовах виникнення і розвитку пожеж в кабельних тунелях з геометричним масштабом моделювання 1:4, що відповідає реальному об'єкту з наведеним діаметром 2 м і довжиною каналу до 10 м при числі Рейнольдса до 10000, що знаходиться в турбулентній області течії газів.

2. Встановлено при експериментальних дослідженнях в лабораторних умовах, що концентрація кисню в зоні горіння може знизитися до 5%, а температура в цій же зоні наближується до максимуму що підтверджується даними дослідження великомасштабних пожеж, вказуючи тим самим на нерозривний зв'язок процесів газообміну і теплообміну при пожежах.

Список літератури:

1. Дмитровский С. Ю. Динамика температуры в кабельных туннелях при рециркуляции продуктов горения / С. Ю. Дмитровский, А. В. Ревякин // Горноспасательное дело: Сб. науч. тр. – Донецк: НИИГД, 2006. – Вып. 43. – С. 90 – 96.
2. Ковалишин В. В. Моделювання виникнення і розвитку пожеж в закритих об'ємах великої протяжності / В. В. Ковалишин // Пожежна безпека : Зб. наук. праць. – Л., 2011. – № 18. – С. 21-26.
3. Ковалишин В. В. Моделювання характеру впливу вогнегасного порошку на осередок пожежі спільно з рециркуляцією продуктів горіння / В. В. Ковалишин // Проблеми пожежної безпеки. – Х. : НУГЗУ, 2011. – Вып. 30. – С. 113-122.

В. В. Ковалишин

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПРИ ПОЖАРАХ В ТОННЕЛЯХ

Пожары в кабельных туннелях в отличие от пожаров в помещениях, в угольных шахтах и на других объектах имеют свою специфику. Для определения эффективности тушения пожаров в кабельных туннелях различными способами проведены лабораторные эксперименты как без подачи огнетушащих веществ так и при различных условиях их подачи. Экспериментальные лабораторные исследования проведены для процессов развития пожаров в кабельных туннелях с геометрическим масштабом моделирования 1:4, которые отвечают реальному объекту с приведенным диаметром 2 м и длиной туннеля до 10 м при числе Рейнольдса до 10000, что находится в турбулентной зоне истечения газов. В результате определена концентрация кислорода в зоне горения – до 5%, что подтверждается данными исследований крупномасштабных пожаров, а также данными математического моделирования, и является доказательством неразрывности связи процессов газообмена и теплообмена на пожаре.

Ключевые слова: установка для определения эффективности тушения, горение кабеля в туннеле, концентрация кислорода, температура горения.

V.V. Kovalyshyn

STUDY TO DETERMINE THE DANGEROUS FACTORS OF FIRES IN TUNNELS

Fires in cable tunnels as opposed to fires in buildings, in coal mines and other facilities have their own peculiarities. In order to establish the effectiveness of extinguishing fires in cable tunnels in various ways the experiments were conducted in the laboratory. The experiments were conducted both with using and without using of any fire-extinguishing means. During experimental studies in the laboratory the conditions of fire development in cable tunnels were made. There was created a model of an object with 1:4 geometric scale that allows to simulate the conditions of a tunnel with 2 m in diameter and a length of 10 m characterized with Reynolds number 10000 (the turbulent gas flow field). According to the results the oxygen concentration in the combustion zone may be reduced to 5% (which was confirmed by the study of large-scale fires and mathematical modeling), which confirms the inextricable link of gas exchange and heat transfer processes during fires.

Keywords: device for determining the effectiveness of suppression, cable tunnel fire, oxygen concentration, temperature

