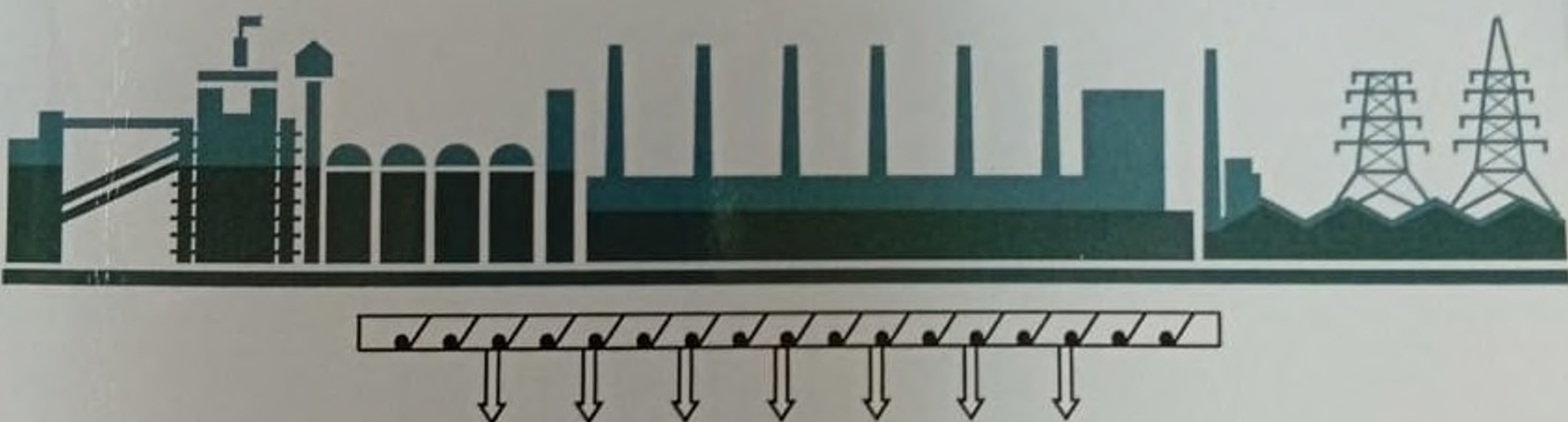




РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ ЗНАЧНОЇ ПРОТЯЖНОСТІ

МОНОГРАФІЯ



**ПІД ЗАГАЛЬНОЮ РЕДАКЦІЄЮ ДОКТОРА
ТЕХНІЧНИХ НАУК, ПРОФЕСОРА
КОВАЛИШИНА ВАСИЛЯ ВАСИЛЬОВИЧА**

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ
З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ**

**ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ**

**РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ГАСІННЯ
ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ ЗНАЧНОЇ
ПРОТЯЖНОСТІ**

**Василь КОВАЛИШИН
Роман ЛОЗИНСЬКИЙ
Тарас БОЙКО
Володимир КОВАЛИШИН
Володимир МАРИЧ
Роман ПЕЛЕХ**

МОНОГРАФІЯ

**Під загальною редакцією доктора
технічних наук, професора
Ковалишина Василя Васильовича**

Львів 2025

УДК 614.8

Рецензенти: **Семерак М. М.** – доктор технічних наук, заслужений діяч науки і техніки, завідувач кафедри теплоенергетики, теплових та атомних станцій інституту енергетики та систем керування НУ ЛП
Поздєєв С.В. – доктор технічних наук, професор кафедри пожежної профілактики у населених пунктах ННІПБ НУЦЗУ

**Рекомендовано до друку Вченою радою
Львівського державного університету безпеки життєдіяльності
(протокол №3 від 31 жовтня 2024 року)**

Ковалишин, Василь Васильович

Розвиток наукових основ гасіння пожеж на об'єктах значної протяжності: монографія/за загальною редакцією доктора технічних наук, професора В.В. Ковалишина. – Львів: Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, 2025.-305 с.

В монографії глибоко розкриваються наукові основи гасіння пожеж на об'єктах значної протяжності шляхом розкриття закономірностей процесів їх розвитку та припинення горіння у разі реалізації запропонованих технологій і способів застосування різних видів вогнегасних речовин з визначеними параметрами подавання, що суттєво сприяє підвищенню ефективності протипожежного захисту таких об'єктів.

Монографія буде корисною для наукових і практичних працівників, а також для студентів, аспірантів і докторантів, які займаються проблемами пожежної безпеки.

ISBN 978-617-95365-6-4

© В.В. Ковалишин, 2025
© Р.Я. Лозинський, 2025
© Т.В. Бойко, 2025
© В.В. Ковалишин, 2025
© В.М. Марич, 2025
© Р.Л. Пелех, 2025
© ЛДУБЖД, 2025

Зміст

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. СТАН РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМИ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ ЗНАЧНОЇ ПРОТЯЖНОСТІ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	8
1.1. Стан пожежної безпеки та умови виникнення пожеж у тунелях різного призначення та об'єктах значної протяжності.....	8
1.2. Теоретичні основи припинення горіння в закритих об'ємах.....	17
1.3. Аналітичні дослідження тепломасообмінних процесів в закритих об'ємах значної протяжності при виникненні пожеж.....	25
1.4. Способи і засоби гасіння пожеж на промислових об'єктах та інших спорудах значної протяжності.....	31
1.5. Аналіз нормативної бази, що забезпечує захист закритих об'ємів.....	38
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ ПІД ЧАС ПОЖЕЖ В КАНАЛАХ ЗНАЧНОЇ ПРОТЯЖНОСТІ.....	51
2.1. Піроліз горючих матеріалів, їх фазовий перехід до газоподібного стану.....	51
2.2. Розробка математичної моделі розвитку пожеж на об'єктах значної протяжності.....	58
2.3. Моделювання тепломасообмінних процесів під час пожеж в каналах значної протяжності.....	65
2.4. Квазістаціонарні процеси тепломасопереносу в каналах значної протяжності під час пожежі.....	75
2.5. Перевірка адекватності математичної моделі пожежі натурному об'єкту.....	83
2.6. Експериментальне дослідження умов виникнення і розвитку пожеж в кабельних тунелях і їх порівняння з теоретичними даними.....	91
Висновки.....	101
РОЗДІЛ 3. ПЕРЕМІЩЕННЯ ВОГНЕГАСНИХ ПОРОШКІВ ПОВІТРЯНИМ ПОТОКОМ В КАНАЛАХ ЗНАЧНОЇ ПРОТЯЖНОСТІ ТА ВПЛИВ ЇХ ІНГІБУВАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НА ОСЕРЕДОК ПОЖЕЖІ.....	104
3.1. Розробка математичної моделі переносу вогнегасних порошків до осередку пожежі.....	104

3.2. Моделювання процесу переносу вогнегасного порошку в потоці повітря.....	115
3.3. Співставлення, порівняння результатів математичного моделювання переносу порошку в поле сили тяжіння з даними експериментальних досліджень.....	119
3.4. Моделювання характеру впливу вогнегасного порошку на осередок великомасштабної пожежі.....	129
3.5. Експериментальна перевірка адекватності математичної моделі гасіння пожеж вогнегасним порошком в натурних умовах.....	134
3.6. Експериментальні дослідження ефективності гасіння пожеж у кабельних тунелях порошками за допомогою рециркуляції летких продуктів згоряння.....	137
Висновки.....	148
РОЗДІЛ 4. ВЗАЄМОДІЯ ГАЗОВИХ ПОТОКІВ ІЗ ДИСПЕРГОВАНОЮ ВОДОЮ У КАНАЛАХ ЗНАЧНОЇ ПРОТЯЖНОСТІ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ОСЕРЕДОК ПОЖЕЖІ....	
4.1. Розробка математичної моделі переносу диспергової води в протяжних каналах.....	151
4.2. Моделювання динаміки дрібнодисперсної рідини в протяжному каналі.....	157
4.3. Вплив диспергової води в потоці повітря на осередок пожежі.....	163
4.4. Експериментальні дослідження по гасінню пожеж дисперговою водою і встановлення адекватності математичної моделі натурному об'єкту.....	173
Висновки.....	177
РОЗДІЛ 5. ДИНАМІКА І ХАРАКТЕР ВПЛИВУ НА ОСЕРЕДОК ПОЖЕЖІ ПАРОГАЗОВИХ ПОТОКІВ (ІНЕРТНИХ ГАЗІВ) В КАНАЛАХ ЗНАЧНОЇ ПРОТЯЖНОСТІ.....	
5.1. Розробка математичної моделі динаміки парогазових сумішей та інертних газів та їхнього впливу на осередок пожежі в каналах значної протяжності.....	179
5.2. Моделювання динаміки парогазових потоків і їх впливу на осередок пожежі в каналах значної протяжності.....	187
5.3. Експериментальна перевірка адекватності математичної моделі гасіння пожеж парогазовою сумішшю.....	191
Висновки.....	202

РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА І ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СПОСОБУ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ІНЕРТНОЮ ПІНОЮ, ЩО УТВОРЕНА НА ОСНОВІ ПРОДУКТІВ ЗГОРЯННЯ В РЕЦИРКУЛЬОВАНОМУ ПОТОЦІ ГАЗІВ.....	204
6.1. Розробка математичної моделі щодо утворення і динаміки інертної піни до осередку пожежі разом із продуктами згорання.....	204
6.2. Дослідження впливу вмісту кисню на осередок пожежі при рециркуляції продуктів згорання в ізольованому об'ємі.....	206
6.3. Комплексний вплив на осередок пожежі продуктів згорання і отриманої на їх основі газомеханічної піни.....	211
6.4. Експериментальні дослідження динаміки пінного потоку і його впливу на осередок пожежі в натурних і лабораторних умовах.....	215
Висновки.....	225
РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА КОМП'ЮТЕРНОГО МЕТОДУ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ РІЗНИМИ ЗАСОБАМИ І ПРОГНОЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ЇХ ВПЛИВУ НА ОСЕРЕДОК ПОЖЕЖІ.....	227
7.1. Розроблення узагальненого підходу до математичного моделювання розвитку та гасіння пожеж різними засобами.....	227
7.2. Розробка алгоритму та програми розрахунку параметрів гасіння пожеж різними засобами.....	239
7.3. Комп'ютерний розрахунок параметрів гасіння пожеж та ефективності впливу на осередок різними засобами.....	242
7.4. Технічні засоби гасіння пожеж в замкнених об'ємах на об'єктах великої протяжності та нормативно правова база для їх застосування.....	251
Висновки.....	271
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	273
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	278

ВСТУП

Актуальність теми. На промислових об'єктах підвищеної небезпеки часто трапляються загоряння з подальшим швидким розвитком і розповсюдженням пожежі. Стан їх протипожежного захисту не завжди відповідає сучасним вимогам, а підвищення енергоємності технологічних процесів сприяє зростанню ризику і рівня небезпечних негативних наслідків від пожеж та аварій, а також матеріального збитку від них. Значною мірою це пов'язано з недостатньою ефективністю засобів та способів протипожежного захисту таких об'єктів, насамперед, значної протяжності (кабельні та транспортні тунелі, шахти, підвальні приміщення тощо).

Як відомо, ліквідація пожеж, особливо розвинених, включає створення вибухобезпечної концентрації газів в об'ємі, припинення полуменевого горіння і охолодження технологічного устаткування. Для зниження температури при об'ємному гасінні пожеж, зменшення вмісту кисню в зоні пожежі, запобігання утворенню вибухонебезпечної суміші і охолодження зони горіння та навколишніх конструкцій використовують інертну парогазову суміш, піну, продукти згорання, що рециркулюють, вогнегасні порошки. Але у кожному конкретному випадку треба підбирати способи та засоби пожежогасіння з урахуванням особливостей об'ємно-планувальних рішень та пожежної навантаги.

Основними вимогами до сучасних способів і засобів гасіння пожеж в ізольованих і напівізольованих об'єктах середньої та великої протяжності, а також у підземних комунікаціях та спорудах є мобільність, автономність і висока інтенсивність гасіння осередків горіння в короткі терміни. Цим вимогам в деякій мірі відповідають способи і засоби ліквідації пожеж шляхом водяного, порошкового, пінного впливу на осередок пожежі. До цих способів також належить інертизація ізольованих обсягів інертними газами або шляхом рециркуляції продуктів згорання.

Проблемам пожежної безпеки об'єктів електроенергетики завжди приділялася та приділяється велика увага. Пожежі, які там виникають, призводять до значних матеріальних втрат як на електростанціях, так і у користувачів електроенергії. Найчастіше пожежі на об'єктах електроенергетики виникають в кабельних тунелях. Незважаючи на застосування останнім часом кабелів нового типу з важкогорючою оболонкою, кількість пожеж не знижується. Згідно зі статистичними даними, матеріальні втрати від пожеж у кабельних тунелях, значно перевищують загальну кількість втрат від пожеж на інших спорудах об'єктів електроенергетики. За останні 25 років збитки внаслідок загорянь в кабельних спорудах великих об'єктів енергетики становили понад 70% від загальної суми збитків, заподіяних пожежами (це без врахування причин, пов'язаних з війною).

Способи та технічні засоби протипожежного захисту, що застосовуються на об'єктах електроенергетики та інших об'єктах (шахти, тунелі, підвали), де є канали значної протяжності, а це, переважно, засоби водяного та пінного пожежогасіння, недостатньо ефективні, насамперед, через значні прямі та побічні збитки та матеріальні втрати від застосування цих вогнегасних речовин. Використання таких технологій гасіння пожеж в закритих об'ємах стримується через невизначеність параметрів їх подавання та комплексного вивчення їх впливу на пожежу в закритому об'ємі.

Тому, розвиток наукових основ гасіння пожеж на об'єктах значної протяжності шляхом розкриття закономірностей процесів їх розвитку та припинення горіння у разі реалізації запропонованих способів і технологій застосування різних видів вогнегасних речовин з визначеними параметрами подавання, є актуальною науково-прикладною проблемою, вирішення якої сприяє підвищенню ефективності протипожежного захисту таких об'єктів.

Наукове видання

**Василь КОВАЛИШИН
Роман ЛОЗИНСЬКИЙ
Тарас БОЙКО
Володимир КОВАЛИШИН
Володимир МАРИЧ
Роман ПЕЛЕХ**

РОЗВИТОК НАУКОВИХ ОСНОВ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ НА ОБ'ЄКТАХ ЗНАЧНОЇ ПРОТЯЖНОСТІ

Монографія

Літературний редактор

Галина ПАДИК

Комп'ютерна верстка

Маріанна КЛИМУС

Друк

Назарій ПЕТРОЛЮК

Підписано до друку 07.04.2025 р.
Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman.
Папір офсетний. Ум. Друк. арк. 19,2

Друк ЛДУБЖД
79007, Україна, м. Львів, вул. Клепарівська, 35
Тел. /факс: (032)233-24-79
E-mail: vnrd@ldubgd.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №7249 від 09.02.2021 р.