

**Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Національний університет цивільного захисту України**



**Матеріали XVI Міжнародної
науково-практичної конференції**

«ТЕОРІЯ І ПРАКТИКА ГАСІННЯ ПОЖЕЖ ТА ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ»

2 травня 2025 року

Черкаси 2025

Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій:
Матеріали XVI Міжнародної науково-практичної конференції – Черкаси:
НУЦЗ України, 2025. – 449 с.

Рекомендовано до друку вченою радою
навчально-наукового інституту
оперативно-рятувальних сил НУЦЗ України
(протокол №5 від 22.04.2025 р.)

Дозволяється публікація матеріалів збірника
у відкритому доступі комісією з питань роботи
із службовою інформацією в НУЦЗ України
(протокол №3 від 26.04.2025 р.)

Національний університет цивільного захисту України, 2025

5. Коли білий фосфор горить, то виділяє отруйні пари, щоб вивести з організму токсичні речовини знадобиться будь-який сорбент.
6. Людина, яка зазнала значного впливу фосфором, повинна пити багато води, молока та лужної негазованої води [1].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Article 2, Section 3 of the Protocol on Prohibitions or Restrictions on the Use of Incendiary Weapons [Пункт 3 Статті 2 Протоколу про заборону або обмеження застосування запалювальної зброї]. Text of the Convention on Conventional Weapons (with Protocols I, II and III) [Текст Конвенції про конкретні види звичайної зброї (з протоколами I, II та III)] (PDF). Організація Об'єднаних Націй. 10 жовтня 1980.
2. Burning munitions cascade down on Ukrainian steel plant, video shows. Reuters. 15 березня 2022. Архів оригіналу за 31 травня 2022. Процитовано 4 квітня 2022..
3. Putin defends 'noble' war amid allegations of chemical weapons use. Arab News. 12 квітня 2022. Архів оригіналу за 12 травня 2022. Процитовано 4 квітня 2022.

УДК 614.841.45

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ЧАСТИНИ РЕЗЕРВУАРА ПІСЛЯ ВІДРИВУ ВІД ДНИЩА В УМОВАХ ПОЖЕЖІ

Юрій КУШКА

*Олег КУЛІЩА, канд. тех. наук, доцент,
Національний університет цивільного захисту України*

Пожежі на об'єктах зберігання горючих рідин, таких як резервуари для нафти, газу чи хімічних речовин, часто супроводжуються руйнуванням конструкцій через перегрів, підвищення тиску та вибухові процеси. Одним із небезпечних явищ є відрив частини резервуара, зокрема його верхньої кришки чи фрагмента стінки, від днища під дією внутрішнього тиску. Такі фрагменти можуть рухатися на значні відстані, створюючи загрозу для персоналу, обладнання та навколишнього середовища. Дослідження параметрів руху цих частин є важливим для прогнозування зон ураження, оцінки ризиків і розробки заходів безпеки. Розглядаються особливості динаміки відірваних частин резервуара в умовах пожежі, включаючи фактори, що впливають на їх рух, та методи аналізу.

Механізм відриву частини резервуара. Відрив частини резервуара від днища зазвичай відбувається внаслідок комбінації теплового впливу та підвищення внутрішнього тиску. Під час пожежі температура стінок резервуара зростає, що призводить до зниження міцності металу через нагрівання. Одночасно горіння вмісту (наприклад, нафтопродуктів) спричиняє швидке утворення парів, які збільшують тиск усередині ємності. Якщо тиск перевищує граничну міцність зварних швів або стінок, відбувається руйнування, і частина конструкції (часто кришка чи верхній сегмент) відривається від днища [1].

Ключові фактори, що впливають на відрив:

- Температура нагріву (вище 500–600 °С метал втрачає до 50% міцності).
- Швидкість зростання тиску (залежить від типу пального та інтенсивності горіння).
- Конструктивні особливості резервуара (товщина стінок, якість зварювання).

Після відриву фрагмент резервуара набуває початкової швидкості та рухається за певною траєкторією, яка визначається рядом параметрів:

• **Початкова швидкість:** залежить від величини надлишкового тиску в момент розриву. Наприклад, при вибуху пароповітряної суміші швидкість може досягати десятків метрів за секунду.

• **Маса фрагмента:** впливає на кінетичну енергію та дальність польоту. Більші та важчі частини мають більшу інерцію, але меншу висоту підйому.

• **Форма та аеродинаміка:** нерегулярна форма відірваної частини (наприклад, кришки чи деформованої стінки) створює хаотичне обертання, що ускладнює прогнозування траєкторії.

• **Кут відриву:** визначається конструкцією резервуара та напрямком дії тиску. Зазвичай кут становить від 30° до 60° відносно вертикалі.

• **Опір середовища:** сила тертя повітря та вітер впливають на дальність і швидкість падіння.

Типовий сценарій: фрагмент масою 500 кг, відірваний під тиском 0,5 МПа, може пролетіти від 50 до 200 метрів залежно від умов [2].

Для аналізу параметрів руху відірваних частин застосовуються як теоретичні, так і експериментальні методи:

1. Математичне моделювання:

○ Рівняння динаміки польоту: враховують початкову швидкість, масу, гравітацію та аеродинамічний опір.

○ Гідродинамічні моделі: описують розподіл тиску в момент вибуху.

○ Програмне забезпечення (ANSYS, CFD): дозволяє симулювати поведінку конструкції під тепловим і механічним навантаженням.

2. Експериментальні випробування:

○ Моделювання на зменшених копіях резервуарів із контрольованим вибухом.

○ Використання високошвидкісних камер для фіксації траєкторії руху.

3. Аналіз реальних інцидентів:

○ Вивчення аварій на нафтобазах чи хімічних заводах (наприклад, вибух резервуара в Бунцефілді, Великобританія, 2005) для порівняння з теоретичними даними.

Дослідження показують, що дальність польоту фрагмента резервуара може варіюватися від кількох метрів до кількох сотень метрів залежно від об'єму резервуара (наприклад, 1000 м^3 чи $10\,000 \text{ м}^3$), типу пального та інтенсивності пожежі. Максимальна висота підйому зазвичай не перевищує 50–70 м через значну масу фрагментів [3].

Отримані дані дозволяють визначити зони потенційного ураження навколо резервуара, розробити рекомендації щодо розміщення захисних бар'єрів чи евакуаційних зон, удосконалити конструкції резервуарів (наприклад, встановлення клапанів скидання тиску).

Результати досліджень можуть бути використані в таких напрямках: розробка резервуарів із підвищеною стійкістю до теплового впливу та вибухів, визначення мінімально безпечної відстані для розміщення об'єктів поблизу резервуарів, використання даних для прогнозування ризиків під час гасіння пожеж на таких об'єктах і координації дій із застосуванням безпілотних технологій [4].

Висновки. Дослідження особливостей параметрів руху частини резервуара після відриву від днища в умовах пожежі є важливим етапом у підвищенні безпеки на об'єктах із високим ризиком. Аналіз динаміки польоту, енергетичних характеристик і траєкторії дозволяє прогнозувати наслідки аварій і розробляти ефективні заходи протидії. Подальші дослідження мають бути спрямовані на вдосконалення моделей вибухових процесів і створення стандартів для проектування резервуарних конструкцій, стійких до подібних сценаріїв.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коваленко М. М., Сивак В. В. (2016) - "Особливості горіння нафтопродуктів у резервуарах і заходи протипожежного захисту" Пожежна безпека, 1, 12-18.
2. Грищенко В. В., Кобзев І. С. (2015) - "Аналіз пожежної безпеки об'єктів зберігання нафтопродуктів." Збірник наукових праць Українського науково-дослідного інституту цивільного захисту, 2(30), 35-41.
3. Омельченко І. І., Рудик К. М., Матяш В. Г. (2017) - "Оцінка ризиків виникнення пожеж на резервуарних парках." Вісник Національного університету цивільного захисту України, 26, 91-97.
4. Горбатюк М. В., Гладкий Р. В., Лещенко І. І. (2018) - "Методи забезпечення безпеки при пожежах на резервуарах з нафтопродуктами." Проблеми пожежної безпеки, 43, 22-28.

УДК 614.8

КОМБІНОВАНІ ВОГНЕЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ КРЕМНЕЗЕМУ ТА ФОСФОРВМІСНИХ АНТИПІРЕНІВ

Наталія ЛИСАК, аспірант

Ольга СКОРОДУМОВА, д.т.н, професор

Антон ЧЕРНУХА, к.т.н, доцент

Національний університет цивільного захисту України

Незважаючи на постійне удосконалення технологій та заходів безпеки, а також значний прогрес, якого досягнуто за останні роки в галузі вогнезахисту, ризик виникнення пожеж залишається серйозною загрозою для життя та здоров'я людей. Найбільшу небезпеку в цьому контексті становлять житлові та громадські будівлі, де активно використовуються матеріали із високим рівнем горючості, зокрема деревина та екструдований пінополістирол (XPS).

Одну із провідних ролей у вирішенні цієї проблеми відіграє пасивний протипожежний захист, ключовим напрямом якого є використання вогнезахисних покриттів, що здатні знижувати горючість конструкційних матеріалів та перешкоджати розповсюдженню вогню. Досить перспективними в галузі вогнезахисту є кремнеземвмісні покриття, що також характеризуються механічною міцністю, стійкістю до дії несприятливих кліматичних факторів та екологічною безпечністю. Зокрема, на основі результатів раніше проведених досліджень було розроблено просту та економічно доступну технологію одержання таких покриттів для текстильних матеріалів [1].

Проте постійне підвищення стандартів пожежної безпеки вимагає пошуку нових засобів вогнезахисту або удосконалення наявних. Відомо, що покращити властивості системи можна шляхом її модифікування. Передусім, додавання спеціальних компонентів дає змогу підвищити термостійкість і стабільність та загалом підвищити вогнезахисну ефективність покриттів. На окрему увагу заслуговують фосфорвмісні антипірени, що є екологічно безпечною альтернативою галогенопохідних вуглеводнів, що використовувалися раніше. Сполуки фосфору є дієвими вогнезахисними агентами завдяки здатності забезпечувати комплексний протипожежний ефект як у конденсованій, так і у газовій фазах [2].

Метою представленої роботи було дослідження впливу ортофосфатної кислоти, натрій гексаметафосфату та фосфатних буферних розчинів на властивості гелів

<i>Ганна КУЧЕР, Олександр ЧЕРНЕНКО</i>	
ЗАСТОСУВАННЯ ФОСФОРУ В ЗОНІ БОЙОВИХ ДІЙ –	
ЗАСТЕРЕЖЕННЯ ТА ДОМЕДИЧНА ДОПОМОГА	296
<i>Юрій КУШКА, Олег КУЛІЦА</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПАРАМЕТРІВ РУХУ ЧАСТИНИ	
РЕЗЕРВУАРА ПІСЛЯ ВІДРИВУ ВІД ДНИЩА В УМОВАХ ПОЖЕЖІ	298
<i>Наталія ЛИСАК, Ольга СКОРОДУМОВА, Антон ЧЕРНУХА</i>	
КОМБІНОВАНІ ВОГНЕЗАХИСНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ БУДІВЕЛЬНИХ	
МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ КРЕМНЕЗЕМУ	
ТА ФОСФОРВМІСНИХ АНТИПІРЕНІВ	300
<i>Дмитро ЛУЦЕНКО, Марина ЧИРКІНА-ХАРЛАМОВА</i>	
АНАЛІЗ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ ТЕХНОГЕННОГО	
ХАРАКТЕРУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ В УКРАЇНІ	302
<i>Артем МАЙБОРОДА, Денис ГРИЦЮК, Вадим МАТЕРИКІН</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОЄМНОСТІ ВОДИ В УМОВАХ РХБЗ: РОЗРОБКА	
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ПОЖЕЖНОГО	
ЗАХИСТУ ТА ДЕЗАКТИВАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ	303
<i>Андрій МЕЛЬНИЧЕНКО, Радион ВАЦІЮК</i>	
МОДЕЛЮВАННЯ НАДЗВИЧАЙНОЇ СИТУАЦІЇ ТЕХНОГЕННОГО	
ХАРАКТЕРУ НА ПІДПРИЄМСТВІ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ	306
<i>Олег МИРОШНИК, Наталія ШКОТКІНА</i>	
ОПТИМІЗАЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ПІДСИСТЕМИ	
ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ І ЛІКВІДАЦІЇ	
ЇХ НАСЛІДКІВ В ОРГАНІЗАЦІЯХ І НА ОБ'ЄКТАХ	
ГАЛУЗЕЙ ПРОМИСЛОВОСТІ	308
<i>Ігор НЕКЛОНСЬКИЙ, Денис ДЗЮБАНОВ</i>	
ПРОГНОЗУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ УТВОРЕННЯ У ПОРОЖНИНІ СИЛОСУ	
ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА ВИБУХОНЕБЕЗПЕЧНОГО СЕРЕДОВИЩА.....	309
<i>Іван НЕСЕН, Ігор МЕЛЬНИК</i>	
ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАХОДІВ ІНЖЕНЕРНОГО ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ХІМІЧНОЇ	
ПРОМИСЛОВОСТІ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ	310
<i>Іван НЕСЕН, Максим ФАТЕНКО</i>	
ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ВДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ	
БУДІВНИЦТВА ФОРТИФІКАЦІЙНИХ СПОРУД У СУЧАСНИХ УМОВАХ	311
<i>Аліна НІКІТІНА, Роман ПОНОМАРЕНКО</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПРОЦЕСІВ У ПІДКОСТЮМНОМУ	
ПРОСТОРІ ЗАХИСНОГО ОДЯГУ ПОЖЕЖНОГО-РЯТУВАЛЬНИКА.....	313
<i>Віталій НУЯНЗІН, Maria RAYKOVA, Владислав ІВАНЬКО, Дмитро ОРЕЛ</i>	
АНАЛІЗ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ	
ПОКАЗНИКІВ ПОЖЕЖОНЕБЕЗПЕЧНОСТІ МАСЕЛ І ЖИРІВ	314
<i>Віталій НУЯНЗІН, Алеся ПОЧТАРЕНКО, Валентин БОЙКОВ, Дмитро ОРЕЛ</i>	
АНАЛІЗ ТИПОВИХ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ З ЛЗР	
ТА ГР В УМОВАХ ВІЙСЬКОВОГО СТАНУ	316
<i>Віталій НУЯНЗІН, Валентин СОЛОМАХА, Оксана ТРУХАЧОВА</i>	
АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ НЕБЕЗПЕКИ	
ІСКРОУТВОРЕННЯ В ЄМНІСНОМУ ОБ'ЄМНОМУ РЕЗЕРВУАРІ.....	317
<i>Rezzak ELAZAT, Vitalii NUIANZIN, Artem MAIBORODA</i>	
ENERGY CHARACTERISTICS OF ETHER IN THE	
CONTEXT OF FIRE HAZARD	318
<i>Олександр НУЯНЗІН, Михайло КРОПИВА, Людмила САЧНКО, Ritoldas ŠUKYS</i>	
ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕСТІЙКОСТІ КАБЕЛЬНИХ ПРОХОДОК	
ОБ'ЄКТІВ КРИТИЧНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ	321