

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ
ФАКУЛЬТЕТ ОПЕРАТИВНО-РЯТУВАЛЬНИХ СИЛ



МАТЕРІАЛИ КРУГЛОГО СТОЛУ
«Об'єднання теорії та практики –
запорука підвищення готовності
оперативно-рятувальних підрозділів до
виконання дій за призначенням»

22 листопада 2024 року

Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення готовності оперативно-рятувальних підрозділів до виконання дій за призначенням. Матеріали круглого столу. – Черкаси: Національний університет цивільного захисту України, 22 листопада 2024. – 212 с.

У збірці розміщено матеріали круглого столу «Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення готовності оперативно-рятувальних підрозділів до виконання дій за призначенням». У збірці представлено наукові доповіді з наступних напрямків:

- Проблемні питання організації служби та професійної підготовки в ДСНС України в умовах воєнного стану.

- Особливості застосування засобів і способів гасіння пожеж та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій в умовах воєнного стану.

- Актуальні питання створення, переобладнання та використання пожежної та аварійно-рятувальної техніки, оснащення та засоби індивідуального захисту в Україні у мирний та воєнний час.

- Моніторинг поточного стану та оперативні заходи реагування на надзвичайні ситуації чи інциденти, пов'язані з викидом (виливом) небезпечних хімічних та радіоактивних речовин.

- Інноваційні підходи та технології у вдосконаленні роботи оперативно-рятувальних підрозділів ДСНС в умовах воєнного конфлікту.

Редакційна колегія:

кандидат технічних наук, доцент Савельєв Д.І.

кандидат технічних наук, доцент Виноградов С.А.

Редакційна колегія не несе відповідальності за зміст та стилістику матеріалів, представлених у збірнику.

Відповідальний за випуск Савельєв Д.І.

СПОСОБИ ЗАВЕРШЕННЯ ГАСІННЯ РІДИН ПІСЛЯ ФОРМУВАННЯ БАЗОВОГО ПЛАВУЧОГО ШАРУ ПІНОСКЛА

Д.Г. Трегубов, к.т.н., доцент, НУЦЗ України

О.О. Кіреєв, д.т.н., професор, НУЦЗ України

Дані всесвітньої статистики пожеж показують широку поширеність пожеж класу «В». Під час війни ця проблема загострилася. До більш поширених можна віднести пожежі нафтопродуктів «В1». Такі пожежі тривалі та створюють багато небезпечних чинників для людини та важкі умови для гасіння. Сучасні технічні нафтопродукти (спиртовий бензин) містять полярні добавки, що наближає режими їх горіння до пожеж «В2» і надає відповідні обмеження на застосування вогнегасних пін. Основний обсяг нафтопродуктів можна віднести до класу легкозаймистих рідин з температурою спалаху $t_{сп} < 61$ °С, тобто до таких, які можуть за звичайних умов зберігання за певної температури повітря та (або) дії теплового випромінювання нагрітись до $t_{сп}$ і самостійно утворити пару здатну до запалювання. Нормативна база дозволяє встановлення резервуарів об'ємом до 120000 м³, але засоби для їх гасіння не є доскональними. Тому гасіння нафтопродуктів можна віднести до найбільш масштабних та складних випадків пожежогасіння.

На підставі проведеного аналізу, $t_{кип}$ більшості н-алканів та н-спиртів укладаються у плавну залежність [1, 2]. Тому зростання швидкості утворення зони загазованості у гомологічних рядах повинно мати теж плавну залежність. Але $t_{сп}$ та інші параметри горіння й пожежної небезпеки мають осциляційність і ступінчастість, що пояснено та змодельовано як наслідок кластеризації у полум'ї за пероксидним механізмом утворення різних надмолекулярних структур у гомологічному ряду [1–3]. Тому підходи до запобігання або припинення утворення зони загазованості та до пожежогасіння рідин можуть відрізнятися для тієї самої рідини. Зазвичай витрату вогнегасної речовини для гасіння пожеж рідин поділяють на декілька режимів у залежності від $t_{сп}$, але цікавим напрямком дослідження є пошук іншого критерію прогнозування вогнегасного ізолюючого шару, який враховує можливі нелінійності залежностей у гомологічних рядах вуглеводнів.

Одним з таких параметрів може бути масова швидкість вигорання V_m . Звертає на себе увагу нелогічність поведінки V_m в гомологічному ряду н-спиртів. Очікувалося, що V_m буде пропорційна $t_{кип}$ або $t_{сп}$. Але виявилось, що формування даного параметру набагато складніше – він є результатом дії комплексу факторів: $t_{сп}$, $t_{кип}$, $t_{сс}$, нижньої КМПП, молярної маси, а наявність коливальності цього параметру у гомологічному ряду вимагає враховувати $t_{пл}$ (але масова швидкість випаровування не має коливальності, що свідчить про пероксидну кластерну будову саме у полум'ї. За довідковими даними більшу V_m має н-бутанол; але у досліді – н-гептанол, що можна пояснити кращою

змочуваністю вільних бортів. Інтерпретації результатів досліду заважає вміст води з різною часткою у різних технічних спиртах, що визначається точкою азеотропності ($t_{\text{кип}}$ спирту-ректифікату на $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ менша за $t_{\text{кип}}$ хімічно чистого спирту). Але й тут є аномалія: очікувалося, що вміст води буде зменшувати V_m , оскільки зростають $t_{\text{сп}}$ та $t_{\text{сс}}$, тобто умови утворення горючої пари та її запалювання погіршуються (на практиці – навпаки).

На даний час розвивається напрямок пожежогасіння рідин на основі твердого плавучого зернистого засобу, наприклад, піноскла (ПС). Під час вигорання поверхня рідини має $t_{\text{кип}}$, але за ізолювання – зменшується. Якщо головним механізмом припинення горіння є охолодження, то відповідний ефект досягається за охолодження поверхні менше, ніж $t_{\text{сп}}$. Однаковий шар ПС надає приблизно однакове охолодження поверхні та ізолювання випаровування, але ці ефекти становлять різну частку від $t_{\text{кип}}$ та нижньої КМПП, тому зниження V_m за накопичення шару ПС не є абсолютно синхронним. Вміст води створює багато гальмівних факторів на процес горіння: збільшуються $t_{\text{сп}}$ та $t_{\text{сс}}$, нижня КМПП, пара води флегматизує зону горіння, зменшуються теплота згорання та температура полум'я, може посилити змочування сталевих поверхонь вільних бортів, що збільшує площу горіння та V_m (але під час подавання ПС такого ефекту немає).

Для будь-яких горючих рідин існує вогнегасний шар ПС; для більш летких, таких як пентан, досягає 50 см. Тому компромісним варіантом пожежогасіння є використання ПС як базової вогнегасної речовини (над плавучим шаром якої ще триває послаблене горіння). Найпростішим шляхом покращення вогнегасних властивостей ПС є його змочування водою або розчином інгібітора з одноетапним подаванням засобу. Це зменшує плавучість ПС (не притоплює, ізолюючи частину загального шару) і збільшує занурену (охолоджуючу). Вологе ПС у 5 разів краще охолоджує гарячу поверхню рідини, ніж сухе, та має вогнегасний шар ПС на 1–2 см менше. Плавучість 0,46–0,76 сухого та 0,44–0,74 вологого ПС у спиртах – це набагато більше, ніж в алканах: для сухого 0,36–0,58, для вологого ПС 0,31–0,49 [4], що пропорційно густинам рідин, рис. 1.

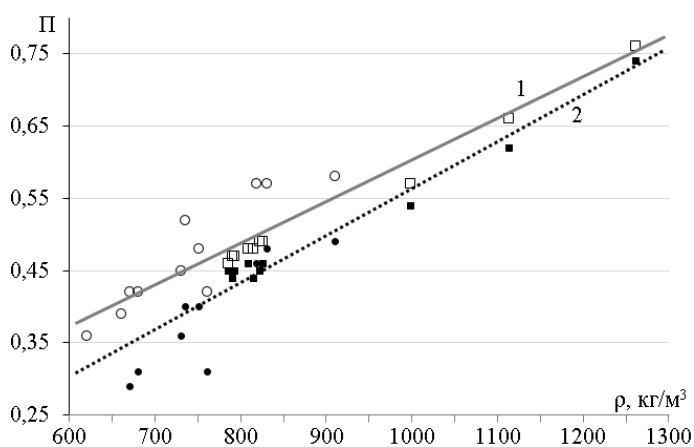


Рисунок 1 – Плавучість піноскла:
 1, ○, □ – сухе ПС; 2, ●, ■ – вологе ПС; ○, ● – алкани, □, ■ – спирти

Наведено плавучість у наступних рідинах: *вода*; *алкани* – пентан, гептан, октан, декан, додекан, петролейний ефір, уайт-спірит, бензин, керосин, дизельне пальне, машинне мастило; *спирти* – метанол, етанол, ізопропанол, н-бутанол, н-пентанол, н-гептанол, н-октанол, етиленгліколь, гліцерин.

Якщо порівнювати рідини з однаковою каркасною довжиною молекули, то у спиртах плавучість набагато більша (у бутанолі – 0,48, у пентані – 0,36), а якщо дивитись за густиною – то в алканах плавучість сухого ПС дещо більша (у додекані – 0,48, у метанолі – 0,47), а вологого – дещо менша (у додекані – 0,4, у метанолі – 0,45). Це показує, що змочуваність ПС алканами більша, ніж спиртами з тією самою густиною. Крім того, процеси охолодження поверхні рідини, що горить, ПС, яке змочене водою, будуть різнитися залежно від температури цієї рідини: до 100 °С – повільний нагрів води; до 120 °С – повільне закипання; вище за 120 °С – швидке закипання з розбризуванням гарячих крапель води.

На даний час більш досліджено завершення гасіння розпиленням у полум'я 10 % розчинів хлористого кальцію та рідкого скла, які реагують з утворенням на поверхні ПС ізолюючого шару негорючого гелю. Шар ПС частково притоплюється, але гель не повинен торкатися горючої рідини, тому його товщина має бути пропорційною до витрати нанесення гелю: для витрати 0,2 г/см² несучий шар сухого ПС становить 12 см [4]. Хлористий кальцій, крім того, створює на полум'я інгібруючий вплив. Притоплення гелем ПС збільшує товщину охолодженого шару гарячої рідини, але майже не змінює теплового балансу всередині шару «рідина+ПС». Це означає, що існує ефективна глибина охолодження, яка визначає найменшу витрату ПС для гасіння лише охолодженням: 4–6 см вогнегасного шару ПС (2–3 см зануреної частини), за яких відбувається стабілізація значень для рідин з великими $t_{сп}$.

Можна подавати розпилену воду або розчин інгібітора у полум'я, тоді крім інгібування буде задіяно охолодження поверхні ПС та рідини після занурення ПС, як і у разі змочування ПС. Досліджують також покриття шару ПС насипом антипірену або речовинами, що плавляться або спучуються під дією полум'я, що посилює ізолюючий ефект ПС. Можливо завершення гасіння й іншими стандартними засобами: піни середньої кратності, вогнегасний аерозоль, порошки загального та спеціального призначення, негорючі газу.

Таким чином, формування базового шару ПС на рідині, що горить, створює достатні умови для надійного завершення гасіння багатьма методами, більшість з яких не забруднюють рідину, що горить.

ЛІТЕРАТУРА

1. Трегубов Д. Г. та ін. Співвідношення властивостей у гомологічних рядах вуглеводнів. Проблеми надзвичайних ситуацій. Харків: НУЦЗ України, 2023. №2(38). С. 96–118.
2. Tregubov D. et al. Nonlinearities correlation of n-alkanes and n-alcohols physico chemical properties. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2024. №1(39). С. 4–24.

3. Tregubov D., Slepuzhnikov E., Chyrkina M., Maiboroda A. Cluster Mechanism of the Explosive Processes Initiation in the Matter. Key Engineering Materials. 2023. Vol. 952. P. 131–142.

4. Дадашов І.Ф., Кіреєв О.О., Трегубов Д.Г., Тарахно О.В. Гасіння горючих рідин твердими пористими матеріалами та гелеутворюючими системами. Х.: НУЦЗУ, 2021. 240 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/14033>

ЗАСТОСУВАННЯ БПЛА ПІД ЧАС ЛІКВІДАЦІЇ ПОЖЕЖ У ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМАХ У ПЕРІОД ВОЄННОГО СТАНУ	62
12. <i>М.М. Кравцов (ХНАДУ)</i>	
ОСОБЛИВОСТІ ГАСІННЯ ПЛАМІННЯ ЛІТІЙ-ІОННОГО АКУМУЛЯТОРА ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ	66
13. <i>Н.М. Лисак, О.Б. Скородумова, А.А Чернуха (НУЦЗ України)</i>	
ВОГНЕЗАХИСНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ КРЕМНЕЗЕМУ ТА ФОСФАТНИХ БУФЕРНИХ РОЗЧИНІВ	71
14. <i>А.А. Лісняк (НУЦЗ України)</i>	
ЩОДО ОПТИМІЗАЦІЇ КЛАСИФІКАЦІЇ ПРИЛАДІВ ГАСІННЯ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ СИЛ ТА ЗАСОБІВ	73
15. <i>В.С. Мирошкін, Н.І. Гузар, О.І. Гірський, В.М. Баланюк, В.С. Пикус, Д.О. Чалий (ЛДУБЖД)</i>	
ВИКОРИСТАННЯ ШВИДКОГОРЯЩИХ АЕРОЗОЛЬУТВОРЮВАЛЬНИХ СУМІШЕЙ ДЛЯ ГАСІННЯ ПОЖЕЖ КЛАСУ В	75
16. <i>С.Ю. Назаренко, М.В. Єфременко (НУЦЗ України)</i>	
ШТУЧНЕ СТАРІННЯ ГУМОКОРДНИХ МАТЕРІАЛІВ	76
17. <i>С.Ю. Назаренко (НУЦЗ України)</i>	
ДІАГНОСТУВАННЯ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ПОЖЕЖНИХ РУКАВІВ ВИСОКОГО ТИСКУ ТИПУ 1 SN	78
18. <i>О. Нуянзін¹, С. Трошкін¹ (ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України² ГУ ДСНС України у Дніпропетровській області)</i>	
РЕКОМЕНДАЦІЇ ДЛЯ ОСІБ РЯДОВОГО, НАЧАЛЬНИЦЬКОГО СКЛАДУ ТА ПРАЦІВНИКІВ ДСНС УКРАЇНИ, ЯКІ БЕРУТЬ УЧАСТЬ У ЗАХОДАХ З ЕВАКУАЦІЇ МАЛОМОБІЛЬНИХ ГРУП НАСЕЛЕННЯ, ВКЛЮЧАЮЧИ ОСІБ З ІНВАЛІДНІСТЮ	81
19. <i>В.В. Олійник, О.Є. Басманов (НУЦЗ України)</i>	
МОДЕЛЬ НАГРІВУ ВЕРТИКАЛЬНОГО СТАЛЕВОГО РЕЗЕРВУАРА В УМОВАХ ПОЖЕЖІ РОЗЛИВУ	83
20. <i>К.М. Остапов (НУЦЗ України)</i>	
ОСОБЛИВОСТІ ВІДЧИНЕННЯ ТА ВИДАЛЕННЯ ЗАКЛИНЕНИХ ДВЕРЕЙ ПРИ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОДАХ	88
21. <i>К.М. Остапов (НУЦЗ України)</i>	
ЩОДО ТРАНСПОРТУВАННЯ ПОСТРАЖДАЛОГО ПРИ РУЙНУВАННІ БУДІВЕЛЬ, В РЕЗУЛЬТАТІ РАКЕТНО-БОМБОВИХ УДАРІВ	91
22. <i>О.Г. Поліванов (НУЦЗ України)</i>	
СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ НАСТІЛЬНОЇ І НАВІСНОЇ ТРАЕКТОРІЙ З ВРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ БІЧНОГО ВІТРУ	94
23. <i>Д.Г. Трегубов, О.О. Кірєєв (НУЦЗ України)</i>	
СПОСОБИ ЗАВЕРШЕННЯ ГАСІННЯ РІДИН ПІСЛЯ ФОРМУВАННЯ БАЗОВОГО ПЛАВУЧОГО ШАРУ ПІНОСКЛА	97