

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»**



**27 жовтня 2023 року
Харків**

ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ КОМІТЕТ

Голова:

АНДРОНОВ Володимир Анатолійович, проректор з наукової роботи – начальник науково-дослідного центру Національного університету цивільного захисту України, Заслужений діяч науки і техніки України, доктор технічних наук, професор.

Заступник голови:

ПОНОМАРЕНКО Роман Володимирович, начальник факультету оперативно-рятувальних сил Національного університету цивільного захисту України, доктор технічних наук, професор.

Члени оргкомітету:

СЛЕПУЖНИКОВ Євген Дмитрович, начальник кафедри спеціальної хімії та хімічної технології факультету оперативно-рятувальних сил Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук.

ЛІСНЯК Андрій Анатолійович, начальник кафедри пожежної тактики та аварійно-рятувальних робіт факультету оперативно-рятувальних сил Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук, доцент.

КОВАЛЬОВ Павло Анатолійович, начальник кафедри пожежної та рятувальної підготовки факультету оперативно-рятувальних сил Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук, доцент.

КАЛИНОВСЬКИЙ Андрій Якович, начальник кафедри інженерної та аварійно-рятувальної техніки факультету оперативно-рятувальних сил Національного університету цивільного захисту України, кандидат технічних наук, доцент.

Технічний секретар:

МІНСЬКА Наталя Вікторівна, доцент кафедри спеціальної хімії та хімічної технології факультету оперативно-рятувальних сил Національного університету цивільного захисту України, доктор технічних наук, доцент.

Об'єднання теорії та практики – запорука підвищення готовності оперативно-рятувальних підрозділів до виконання дій за призначенням. Матеріали круглого столу. – Харків: Національний університет цивільного захисту України, 27 жовтня 2023. – 178 с.

Організаційний комітет (редакційна колегія) не несе відповідальності за зміст та стилістику матеріалів, представлених у збірнику.

© Національний університет
цивільного захисту України, 2023

КОЕФІЦІЄНТ ГАЛЬМУВАННЯ ДИФУЗІЇ ЯК ГОЛОВНИЙ ПАРАМЕТР ІЗОЛЮЮЧИХ ЗАСОБІВ ПОЖЕЖОГАСІННЯ

*Трегубов Д.Г., к.т.н., доцент, Кіреєв О.О., д.т.н., професор
Національний університет цивільного захисту України
Дадашов І.Ф., д.т.н., професор, Академія МНС Азербайджанської Республіки*

На об'єктах промисловості, за зберігання і перевезення паливо-мастильних матеріалів можливе ураження боєприпасами ємностей з горючими та токсичними рідинами з наступним розливом, утворенням зони небезпечної загазованості. У її внутрішній частині концентрації пари більші за нижньою концентраційну межу поширення полум'я φ_n . У цій області можливо запалювання горючої повітряної суміші з вибухом. У зоні, яка обмежується граничнодопустимою концентрацією за токсичністю можливо отруєння людей. Небезпечна хмара поширюється від місця утворення за напрямком вітру на певну відстань відповідно до умов у середовищі, простіше проводити не ліквідацію, а запобігання виникнення таких ситуацій. За умов військових дій особливо важливо мати ефективні, швидкодіючі засоби зменшення або повної ліквідації зони загазованості на тривалий період.

Найпростішим способом зменшення зони загазованості є розведення небезпечних рідин безпечними розчинниками. Так, для припинення горіння водою водорозчинної рідини її необхідно розбавити до мольної частки 0,01(ацетон)–0,2(оцтова кислота) [1] (у 5–100 разів). Тобто необхідні великі кількості розчинника та вільний об'єм ємності для його розташування, що на практиці частіше неможливо. Небезпеку зони загазованості можна зменшити шляхом її осадження, розбавлення або хімічного впливу. Але це є тимчасовим заходом, оскільки невдовзі зона загазованості знов утвориться.

Більшу тривалість періоду меншої небезпеки забезпечують засоби ізоляції поверхні, які зменшують масові швидкості випаровування $v_{m(e)}$ та вигорання $v_{m(b)}$. Засіб ізоляції сповільнює дифузію пари горючої рідини у зону горіння. Плавучими засобами для цього є піни, спінений поліакрілатний гель, закритопористий твердий негорючий матеріал (піноскло, FG) та FG з шаром гелю. Більшість з них сповільнює випаровування за рахунок вмісту води. Звичайні піни швидко руйнуються, особливо за умови контакту з полярними рідинами, а більшість ефективних піноутворювачів є певною мірою токсичними та не забезпечують тривалий захист. Шар гранул FG має малу ізолюючу дію, що компенсують додатковою подачею гелю. FG та неорганічний гель разом утворюють засіб охолоджуючо-ізолюючої дії, де кожний компонент надає власний внесок у загальну дію [2].

Необхідно досягти деяке мінімальне сповільнення дифузії пари горючої рідини. За даної температури над рідиною виникає пара у концентрації φ_{np} , її необхідно зменшити до φ_n , тоді коефіцієнт сповільнення дифузії $K = \varphi_{np} / \varphi_n$. В момент гасіння поверхня рідини має температуру кипіння t_{bp} , а концентрація пари 100 %, тоді для бензину з $\varphi_n = 1$ % $K = 100/1 = 100$; для метанолу з $\varphi_n = 6,98$ % $K = 100/6,98 = 14,3$. Для пін сповільнення випаровування визначають за ізолюючою здатністю за вогнегасним шаром піни, оскільки сповільнення дифузії визначати важко внаслідок її швидкого руйнування. Сповільнення дифузії можна тестувати за зміною інтенсивності випаровування: за t_{bp} – за параметром «масова швидкість вигорання» $v_{m(b)}$, як граничний випадок $v_{m(e)}$. Але за стандартних умов $v_{m(b)}$ для бензину виявляється на два порядки більшою за $v_{m(e)}$ внаслідок теплового потоку від полум'я до поверхні рідини.

Досліджували гальмування дифузії пари ряду полярних та неполярних рідин (метанол, дихлоретан, ізопропанол, ізопентанол, бензен, бензин) крізь гель, нанесений на сітку з різними витратами до $0,45$ г/см², за параметром «коефіцієнт сповільнення дифузії» протягом години K_1 ($\tau = 1$ год) та доби K_{24} ($\tau = 24$ год) за $t = 15, 20, 25$ °С. $K = 1$ означає відсутність сповільнення дифузії, $K < 1$ – прискорення (спостерігається за $h_{FG} = 1-2$ см), $K > 1$ – сповільнення. Визначали втрату маси ємності з рідиною або ємності з рідиною та

ізолюючим шаром гелю після заданого часу витримання. Результати визначення коефіцієнту сповільнення дифузії у досліді K_{24} можна описати рівнянням:

$$K_{24} = \frac{600}{t_{bp}} \gamma \left(\frac{70 + t_{bp}}{t_{bp} + 1 + 100\gamma} \right), \quad (1)$$

де γ – відносна розчинність; t_{bp} – температура кипіння, °С.

Для зменшення різноманітності впливів на процес випаровування для подальшого дослідження було обрано рідини з близькими t_{bp} : бензен – 80,1 °С, 1,2-дихлоретан – 82,3 °С, ізопропанол – 83,5 °С. Встановили, що K становить від 30 для неполярних рідин до 4 для полярних, але зі стабільним у часі сповільненням дифузії. Через добу витримання ізолююча здатність гелю, який отримали за витрати $F = 0,1$ г/см² зменшується у два рази; для 0,45 г/см² – лише на 25 %, тобто ізолююча здатність краще збережена у часі. З урахуванням того, що за витрати гелю 0 г/см² (відсутність гелю на сітці) параметр K теж становитиме «0», отримані дані можна узагальнити формулою ($R=0,998$ та середнє відхилення 0,5):

$$K = (10^{-4})^F + \left(4,44 + \frac{\tau^{0,12}}{0,09\gamma^{2,5} + 0,026} \right) F^{0,11 + \left(0,45 - \frac{0,6579}{(0,6\gamma^{1,5} + 1,5)} \right) \tau^{\left(\frac{0,45}{0,5\gamma + 0,37} \right)}}. \quad (2)$$

Вплив температури на досліджуваний процес виявився складним. Очікували, що за 15°С показники K_1 та K_{24} будуть більшими ніж для 20–25 °С. Але це спостерігається не для всіх речовин, оскільки можливі не однакові зміни у надмолекулярній будові різних рідин за зміни температури. Хоча t_{bp} досліджуваних рідин приблизно однакові, в них різняться t_{mp} . Це свідчить про різний коефіцієнт кластеризації, еквівалентну довжину кластеру $n_{секв}$, показник «легкість плавлення» $n_M = n_{секв} \cdot M^{0,2}$ [3] та $t_{mp} = 101,85 \ln(n_M) - 452,37$, °С. Кореляція цих залежностей для бензену виникає за будови гексамеру, для 1,2-дихлоретану – тетрамеру.

Для утворення суцільного шару гелю з заповненням порожнин у плавучому зернистому носії потрібно збільшувати витрати гелю. До значень $F = 0,6$ г/см² – K зростає повільно, а за більших витрат – різко. Це свідчить про зміну механізму ізоляції: від звуження каналів дифузії до утворення суцільного шару гелю зі збільшенням його товщини. За $F = 0,6$ г/см² формується суцільний шар гелю з $K=20$. Значення показника $K=30$ близькі до дослідів на сітці та отримані за шару гелю на FG 1,5 мм. За притоплення FG шаром гелю його незначна ізолююча дія зникає, і залишається функція плавучого носія з охолоджуючою дією. Експериментальні дані описує залежність: $K = 0,986 \cdot 1,092^{50F}$ з $R^2 = 0,98$.

Таким чином, ізоляція водовмісним гелем значно слабша для полярних водорозчинних рідин, але надає ефект, стійкий у часі. Тобто рідина, яка дифундує крізь гель, формує над його поверхнею концентрацію пари пропорційно до вмісту в утвореному з гелем розчині. А шар піноскла до 4 см майже не має ізолюючої дії, $K \approx 1$. Ізоляцію слаборозчинних у воді рідин забезпечує неорганічний гель; тривалий та надійний ізоляційний ефект досягається за подачі зернистого піноскла фракції 1–1,5 см шаром 15 см та нанесенням на нього гелю шаром 1,5 мм (0,8 г/см²). Така система забезпечує стабільне сповільнення випаровування неполярних рідин у 30 разів, полярних – у 4 рази. Ефект пожежогасіння досягається у комбінації ізолюючого та охолоджуючого ефектів утвореного бінарного вогнегасного шару.

ЛІТЕРАТУРА

1. Трегубов Д.Г., Тарахно О.В. Розбавлення пароповітряного простору паром негорючого компоненту. Проблемы пожарной безопасности. 2013. № 33. С. 183–187.
2. 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.
3. Трегубов Д., Шаршанов А., Соколов Д., Трегубова Ф. Прогнозування найменших надмолекулярних структур алканів нормальної та ізомерної будови. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2022. № 35. С. 63–75. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/15915>.

З М І С Т

СЕКЦІЯ 1 «МОНІТОРИНГ ОПЕРАТИВНОЇ ОБСТАНОВКИ ТА ПЕРШОЧЕРГОВІ ЗАХОДИ РЕАГУВАННЯ НА НАДЗВИЧАЙНІ СИТУАЦІЇ АБО ПОДІЇ, ПОВ'ЯЗАНІ З ВИЛИВОМ (ВИКИДОМ) НЕБЕЗПЕЧНИХ ХІМІЧНИХ ТА РАДІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН»

<i>Белюченко Д. Ю.</i> Особливості організації професійної підготовки рятувальників-верхолазів для проведення аварійно-рятувальних робіт за різних умов	5
<i>Крицький О. І., Боярський В. Б., Масляк С. М.</i> Моніторинг оперативної обстановки та першочергові заходи реагування на надзвичайні ситуації або події, пов'язані з вилливом (викидом) небезпечних хімічних та радіоактивних речовин	7
<i>Бурменко О. А.</i> Особливості попередження надзвичайних ситуацій регіонального рівня в умовах обмежених оперативних можливостей аварійно-рятувальних підрозділів в Україні	11
<i>Гапон Ю. К., Бажанова К. В.</i> Використання потенціометричних досліджень для попередження виникнення аварій на атомних електростанціях	13
<i>Дорошенко Д. О., Ключка Ю. П.</i> Визначення оцінки утворення пожежовибухонебезпечної концентрації в приміщенні при витіканні природного газу	15
<i>Кіреєв О. О.</i> Вогнегасні засоби на основі легких сипких матеріалів для гасіння пожеж резервуарів з горючими рідинами	17
<i>Ковальов П. А.</i> Дослідження діяльності рятувальників	19
<i>Криворучко Є. М., Дубінін Д. П.</i> Застосування розбірної проміжної ємності під час забезпечення заходів з деконтамінації в сучасних умовах	21
<i>Кулаков О. В.</i> Тактика застосування безпілотних літальних апаратів для моніторингу хімічної обстановки в зоні надзвичайної ситуації	23
<i>Майборода А. О.</i> Аналіз процесу створення білкового піноутворювача для вогнегасіння	25
<i>Макаренко В. С., Кіреєв О. О.</i> Дослідження вогнегасних властивостей шарів сипучих матеріалів на гептані	27
<i>Абрамов Ю. О., Кривцова В. І., Михайлюк А. О.</i> Контроль технічного стану газогенератору системи зберігання та подачі водню як складова його пожежної профілактики	29
<i>Мінська Н. В., Кулик А. О., Козловський Ю. О.</i> Дослідження робочих характеристик газового сенсору на основі ZnO.	31
<i>Неклонський І. М., Гноєва М. В.</i> Мережева модель аварійно-рятувальних і інших невідкладних робіт при ліквідації наслідків хімічної аварії	34
<i>Остапов К. М.</i> Динаміка розвитку надзвичайних ситуацій пов'язаних з викидом небезпечних хімічних речовин	36
<i>Ковальов О. О., Рагімов С. Ю.</i> До питання організації моніторингу атмосферного повітря	38
<i>Скородумова О. Б., Чеботарьова О. М.</i> Шляхи підвищення вогнезахисту текстильних матеріалів	40
<i>Слепужніков Є. Д., Лимар Є. Д., Колтунов Д. Є.</i> Деконтамінаційна обробка відібраних проб небезпечних хімічних речовин	42
<i>Трегубов Д. Г., Кіреєв О. О., Дадашов І. Ф.</i> Коефіцієнт гальмування дифузії як головний параметр ізолюючих засобів пожежогасіння	44
<i>Трегубов Д. Г., Слепужніков Є. Д.</i> Радіаційна безпека обробки сільськогосподарської продукції іонізуючим випромінюванням	46
<i>Удовенко М. Ю., Нуянзін В. М.</i> Розвиток діджиталізації в ДСНС України	48
<i>Чиркіна М. А., Ганич С. О.</i> Міжнародна взаємодія при транскордонних надзвичайних ситуаціях на промислових підприємствах	50