

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ



Міжнародна
науково-практична конференція

Проблеми
надзвичайних
ситуацій

МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ

Харків
19 травня 2023 року

Редакційна колегія

САДКОВИЙ Володимир, доктор наук з державного управління, професор, ректор Національного університету цивільного захисту України (Україна);

АНДРОНОВ Володимир, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

БАМБУРА Андрій, доктор технічних наук, професор, ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (Україна);

ВАСИЛЬЧЕНКО Олексій, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

ВАСЮКОВ Сергій, PhD, Національний інститут ядерної фізики (Італія);

GEROLIN Augusto, PhD, Faculty of Sciences University of Ottawa (Canada);

ГОЛІНЬКО Василь, доктор технічних наук, професор, НТУ «Дніпровська політехніка» (Україна);

ГОЛОДНОВ Олександр, доктор технічних наук, професор, ТОВ «Стальпроектконструкція ім. В. М. Шимановського» (Україна);

ДАДАШОВ Ільгар, доктор технічних наук, Академія Міністерства надзвичайних ситуацій Азербайджанської Республіки (Азербайджан);

ДАНЧЕНКО Юлія, доктор технічних наук, професор, Національна академія Національної гвардії України (Україна);

КОНДРАТЬЄВ Андрій, доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова (Україна);

МИХАЙЛОВСЬКА Юлія, PhD, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

ОТРОШ Юрій, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

ПЕТРУК Василь, доктор технічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет (Україна);

РИБКА Євгеній, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

РОМІН Андрій, доктор наук з державного управління, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна);

СЕМКО Володимир, доктор технічних наук, професор, Інституту будівництва факультету цивільної та транспортної інженерії Познанської Політехніки, Познань, (Польща);

SKATKOV Leonid, PhD, Ben Gurion University of Negev (Israel);

СУР'ЯНИНОВ Микола, доктор технічних наук, професор, Одеська державна академія будівництва та архітектури (Україна);

TURUTANOV Oleh, PhD, Comenius University (Slovakia)

Відповідальний секретар:

РАШКЕВИЧ Ніна, PhD, Національний університет цивільного захисту України (Україна)

Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2023. 464 с.

Видання містить матеріали міжнародної науково-практичної конференції «**Problems of Emergency Situations**», яка відбулася на базі Національного університету цивільного захисту України, за такими тематичними напрямками: запобігання надзвичайним ситуаціям; науково-практичні аспекти моніторингу та управління у сфері цивільного захисту; реагування на надзвичайні ситуації та ліквідація їх наслідків; хімічні технології та інженерія, радіаційний та хімічний захист; екологічна безпека та охорона праці.

*Рекомендовано до друку вченою радою факультету пожежної безпеки
(протокол № 8 від 17 квітня 2023 року).*



Шановні колеги та колежанки!

Маю за честь вітати всіх учасників щорічної Міжнародної науково-практичної конференції «Problems of Emergency Situations».

Вперше в історії Державної служби України з надзвичайних ситуацій, починаючи з 2020 року, Національним університетом цивільного захисту України започаткована конференція з можливістю опублікування статей в наукових журналах «Materials Science Forum», «Solid State Phenomena», «Key Engineering Materials», індексованих наукометричною базою Scopus.

На сьогоднішній день в університеті сформувався потужний науковий потенціал, а саме: 50 докторів наук, 179 кандидатів наук та докторів філософії, 36 професорів, 147 доцентів та старших дослідників. За даними міжнародної наукометричної бази Scopus, до профілю університету входить понад 600 статей, h-індекс – 28.

Приємно відзначити участь у конференції великої кількості закладів вищої освіти як України, так і закордонних наукових та освітніх закладів.

У конференції беруть участь вчені з Азербайджану, Естонії, Ізраїлю, Італії, Казахстану, Канади, Малайзії, Нігерії, Німеччини, Польщі, Словаччини, Чехії.

Забезпечення інноваційних напрямків розвитку системи цивільної безпеки, передові ідеї вчених, активне використання сучасних технологій з урахуванням можливостей міжнародного співробітництва сприятимуть досягненню загального результату.

Сподіваюсь, що отримані наукові результати, об'єднані в збірнику Конференції, будуть корисними для всіх учасників та знайдуть своє впровадження в практичній діяльності і в подальшій науково-дослідницькій роботі.

Бажаю всім учасникам невичерпної енергії на шляху нових наукових звершень, налагодження партнерських і дружніх контактів, результативних рішень, творчої наснаги та успіхів у професійній діяльності!

«...Нашим головним завдання була і залишається якісна підготовка фахівців!...»

Ректор Національного університету
цивільного захисту України

Володимир САДКОВИЙ

МОДЕЛЮВАННЯ НАДМОЛЕКУЛЯРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЦЕСІВ ІНІЦІАЦІЇ ВИБУХУ

*Трегубов Д.Г.¹, к.т.н.,
Слепужніков Є.Д.¹, к.т.н.,
Чиркіна М.А.¹, к.т.н., доцент,
Майборода А.О.², к.п.н., доцент*

¹Національний університет цивільного захисту України,

²Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України

Вибухонебезпечність можна розглядати у декількох напрямках: небезпека детонації, небезпека самоспалахування, наявність концентраційних меж вибухонебезпеки (КМПП, ДМ). Відповідні параметри необхідно знати, щоб запобігати виникненню горіння, детектувати його виникнення та використовувати процеси горіння з певною технологічною метою.

Властивості речовини у твердому стані пов'язані з наявністю зв'язків між молекулами з утворенням надмолекулярних структур, що певним чином співвідноситься з параметрами полум'яного горіння тієї ж самої речовини у газоподібному стані. Аналіз співвідношень характерних температур (плавлення $t_{пл}$, кипіння $t_{кип}$, самоспалахування $t_{сс}$, спалаху $t_{сп}$) у гомологічному ряду *n*-алканів показує, що порівняно з $t_{сс}$ достатньо близький характер має зміна $t_{пл}$, але з дзеркальним виглядом залежності. Для $t_{сс}$ лише на початку залежності від n_C її характер приблизно збігається з іншими характерними температурами; помітною є коливальність, що може свідчити про наявність надмолекулярної будови зі зміною принципу кластеризації для різних представників ряду *n*-алканів. Кореляція $t_{сс}$ з $t_{кип}$ та $t_{пл}$ становить $R=0,82-0,9$ [1].

Відмінностями залежності для $t_{пл}$ від $t_{сс}$ є наявність негативного температурного коефіцієнту (NTC) в області метану й етану, а також стабілізація $t_{сс}$ з тенденцією до NTC, починаючи з $n_C=11$. Це збігається з початком перебільшення $t_{пл}$ над $t_{сс}$. Останнє означає, що у випарах крім мономерів може бути й певна частка димерів, що визначається законами Рауля та Дальтона для випаровування сумішей взаєморозчинних рідин. Алкан-димер, який має замість C_{18} вже C_{36} , скоріше перетвориться на глобулу. Тобто, графік $t_{сс}(n_C)$ має три ділянки, що передбачає наявність не менше ніж трьох відмінних типів надмолекулярних структур, що характеризують початок перекисної кластеризації.

Перекисна ініціація процесів самоспалахування відбувається легше для більш довгих молекул, але при цьому виділяється менше тепла. Водночас, для згорання більш важких молекул потрібно більше кисню, тому можна розрахувати різні стехіометричні коефіцієнти утворення різних структур перекисної кластеризації, як первинного етапу, так і меж горіння та детонації. Існує також перекисна теорія детонації, за якою передбачають спочатку утворення радикалу парафінового вуглеводню, а потім – послідовне приєднання перекисних групи. Водночас схильність до детонації пов'язують з октановим числом; розрізняють дослідницьке, моторне та усереднене (АКІ).

Врахування надмолекулярної будови можна проводити шляхом її моделювання й визначення середньої еквівалентної довжини найменшого кластеру $n_{Секв}$ за кількістю атомів карбону у найдовшому карбоновому ланцюзі [1, 2]. Даний параметр визначали як середнє значення між лінійною та циклічною формою димерів (координаційний коефіцієнт $K=2$) у співвідношенні 50/50 % (для метану додатково враховували суміш димерів та гексамерів $K=6$, для етану – димерів та тримерів $K=3$) з врахуванням довжини пероксидної групи «-O-O-» як «1».

На підставі стехіометричного коефіцієнту реакції горіння β молекулярного стану речовини та еквівалентної довжини пероксидного кластеру $n_{\text{Секв}}$ розроблено формулу для опису зміни t_{cc} та АКІ для *n*-алканів ($R=0,998$):

$$N_{\text{C}_{\text{eq}}} = \left(\frac{6200}{n_{\text{C}_{\text{eq}}}} \right)^{0.9}, \quad t_{\text{ai}} = \frac{3000}{\beta^{0.2} n_{\text{C}_{\text{eq}}}} + 100, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad \text{АКІ} = \frac{725}{\beta^{0.1} n_{\text{C}_{\text{eq}}}^{0.15}} + 376, \quad (1)$$

де $N_{\text{C}_{\text{eq}}}$ – обернена модифікована еквівалентна довжина пероксидного кластеру.

Необхідно відрізнити перекисну умову ініціювання процесів горіння (самоспалахування, детонації та інших) від перекисної умови згоряння суміші. При цьому і для ініціювання горіння, і для процесів згоряння можна розрахувати стехіометричні концентрації (СМК) для утворення певних надмолекулярних структур перекисного типу як миттєвих, так і результуючих (за кількістю перекисних груп на молекулу). Існують дискретні співвідношення які модулюють НКМПП – $\beta=2n_c+2$, ВКМПП – $\beta=0,5n_c$, НДМ – $\beta=2n_c$, ВДМ $\beta=n_c$, СМК – $\beta=2n_c$ та $\beta=2$ як 75/25 %, между холодного полум'я – 95/5 % з $\beta=0,5$ та $\beta=0,5n_c$.

З врахуванням $n_{\text{Секв}}$ алкан-похідних впроваджено показник $K_D = n_M/M_{\text{Секв}}$, де $M_{\text{Секв}}$ – молекулярна маса базису кластера, n_M – показник «легкість плавлення» ($n_M = n_{\text{Секв}} M^{0.2}$), який можна знайти з формули [3]: $t_{\text{mp}} = 101,85 \ln(n_M) - 452,37$. Показник K_D має кореляцію з АКІ *n*-алканів $R=0,92$. Отримано кореляцію показника K_D зі швидкістю детонації V_D [4] деяких вибухових речовин, а також значення координаційного коефіцієнту для їх кластеризації у речовину. Загальна кореляція виявилась слабкою з $R^2=0,78$, але якщо розглянути окремо алкан-похідні та ароматичні вибухові речовини, то відповідні розрахункові залежності забезпечують $R^2=0,95$: для алкан-похідних $V_D=1562,1 \ln(1+(K_D-1)100)+671,25$; для ароматичних – $V_D=1750,5 \ln(1+(K_D-1)100)-1198$, м/с. Похибка даної апроксимації визначається ймовірною наявністю іншого базису кластеру (ніж прийнято у розрахунку), відмінністю $t_{\text{пл}}$ від температури зміни кристалічної будови t_{tr} , а також тим, що та ж сама вибухова речовина за різної густини та дисперсності має різні показники детонації. Можливість врахування наявності надмолекулярних структур на етапі виникнення горіння у розрахунках опосередковано підтверджує їх існування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Tregubov D., Tarakhno O., Sokolov D., Trehubova F. The oscillation of *n*-alkanes characteristic temperatures under the action the cluster structure of substance. Problems of emergency situations. 2020. № 32. P. 14–30.
2. Tregubov D., Tarakhno O., Deineka V., Trehubova F. Oscillation and Stepwise of Hydrocarbon Melting Temperatures as a Marker of their Cluster Structure. Solid State Phenomena. 2022. V. 334. P. 124–130.
3. Трегубов Д. Г., Шаршанов А. Я., Соколов Д. Л., Трегубова Ф. Д. 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>
4. Meyer R., Köhler J., Homberg A. Explosives. Weinheim: Wiley-VCH, 2016. 422 p.

Наукове видання

«Problems of Emergency Situations»

*Матеріали
Міжнародної науково-практичної конференції
19 травня 2023 року*

Problems of Emergency Situations: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Харків : Національний університет цивільного захисту України, 2023. 464 с.

укр. і англ. мовами

За зміст публікацій відповідальність несуть автори

61023, Україна, м. Харків, вул. Чернишевська, 94

Відповідальний за випуск: Ю. А. Отрош

Технічні редактори: Н. В. Рашкевич, О. В. Васильченко, Ю. А. Отрош, Ю. В. Михайловська

Підписано до друку 17.04.2023

Друк. арк. 53,6

Тир. 100

Ціна договірна

Формат 60x84 1/16

Віддруковано: ТОВ «ДРУКАРНЯ МАДРИД»

61024, Харків, вул. Гуданова, 18.

Тел.: 0800-33-67-62.

www.madrid.in.ua info@madrid.in.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4399 від 27.08.2012 року