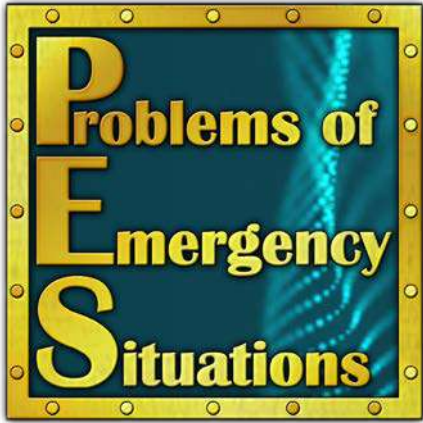


ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

---



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).*

<b>Машиністов В.Є., Балакін В.Ф., Романько Я.В., Мешкова А.Г.</b> Забезпечення радіаційної безпеки забруднених радіонуклідами речовин шляхом їх перемішування	329
<b>Мінська Н.В., Кулинич Ю.В., Бобрін М.М.</b> Дослідження наноструктур оксиду цинку для виявлення вибухонебезпечних і легкозаймистих газів	331
<b>Скородумова О.Б., Тарахно О.В., Бабаєв А.М., Чернуха А.А.</b> Дослідження фосфорвмісних кремнеземистих покриттів на основі рідкого скла для вогнезахисту текстильних матеріалів	332
<b>Скородумова О.Б., Шаршанов А.Я., Чеботарьова О.М., Курепін В.М., Mashkov V.</b> Оптимізація складів вогнезахисних композицій для текстильних матеріалів в системі гель кремнекислоти - $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ - $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$	334
<b>Скрипинець А.В., Саєнко Н.В., Биков Р.О., Саєнко Л.В.</b> Дослідження ефективності застосування епоксиретанових демпфуючих елементів у системах віброударозахисту	336
<b>Трегубов Д.Г., Слепужніков Є.Д., Чиркіна М.А., Майборода А.О.</b> Моделювання надмолекулярних особливостей процесів ініціації вибуху	338
<b>Тульський Г.Г., Ляшок Л.В., Васильченко О.В., Литвинова Т.М., Скатков Л.І.</b> Електрохімічний синтез нанопористих електропровідних матриць для створення композиційних матеріалів	340
<b>Цанко Ю.В., Бондаренко О.П., Мазурчук С.М., Горбачова О.Ю.</b> Ефективність вогнезахисту дерев'яних споруд	342
<b>Шабанова Г.М., Тараненкова В.В., Миргород О.В., Пирогов О.В.</b> Аналіз деяких експериментальних даних потрійних сполук системи $\text{CaO-BaO-Al}_2\text{O}_3$	344
<b>Шахов С.М., Виноградов С.А., Грищенко Д.В.</b> Аналіз фізико-хімічних властивостей модифікованих добавок та механізм їх вогнегасної дії	346
<b>Шахов С.М., Виноградов С.А., Кодрик А.І., Тітенко О.М.</b> Удосконалення дослідного зразку системи генерування компресійної піни	348
<b>Шишкіна О.О., Домнічев А.О.</b> Підвищення швидкості формування структури бетону та величини його міцності при тепловій обробці виробів	350
<b>Lebedeva K., Cherkashina A., Tykhomyrova T., Lebedev V., Bordun I.</b> Study of smart bioactive humic-polymeric hydrogel transdermal materials	352
<b>Lebedev V., Mirosnichenko D., Shestopalov O., Hrubnik A., Nyakuma B.</b> Study of polymer inorganic composites for electromagnetic radiation absorption using potassium titanates	354
<b>Melnychenko A., Kustov M., Mykhaylova L.</b> Forecasting the consequences of emergency situations at chlorine storage facilities	356
<b>Starokadomsky D., Reshetnyk M.,</b> Effects of thermo-hardening and thermo-plastification at 200–280 °C for microfilled epoxy-composites. examples for filling by siliconcarbide, titaniumnitride, gypsum G5 and cement M400	358
<b>Tarasov V., Shpilinskaja O., Trefilova L., Hapon Y., Dubtsov I.</b> Composite material $\text{ZnS}(\text{Ag})/{}^6\text{LiF}$ with improved performance for thermal neutron detection	360

## СЕКЦІЯ 5. ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

<b>Артем'єв С.Р., Прохоренков В.В.</b> Передумови виникнення ризиків травматизму працівниками залізничного транспорту	362
<b>Бондаренко О.О.</b> Методи визначення екологічної небезпеки промислових підприємств	364
<b>Бригада О.В.</b> Проникність засобів індивідуального захисту органів дихання для скловолокна	366

**МОДЕЛЮВАННЯ НАДМОЛЕКУЛЯРНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОЦЕСІВ ІНІЦІАЦІЇ ВИБУХУ**

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

<sup>1</sup>Національний університет цивільного захисту України,

<sup>2</sup>Черкаський 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 згоряння 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  $\beta$  молекулярного стану речовини та еквівалентної довжини пероксидного кластеру  $n_{\text{Секв}}$  розроблено формулу для опису зміни  $t_{\text{cc}}$  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  $t_{\text{tr}}$ , 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.