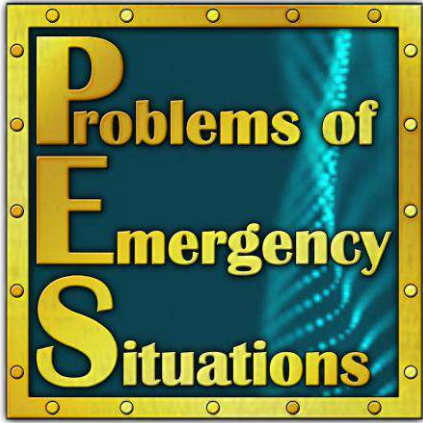


ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

---



Міжнародна  
науково-практична конференція

Проблеми  
надзвичайних  
ситуацій

**МАТЕРІАЛИ КОНФЕРЕНЦІЇ**

Харків  
16 травня 2024 року

*Редакційна колегія*

**РОМАНИЮК Ігор**, т. в. о. ректора Національного університету цивільного захисту України (Україна);  
**ANSZCZAK Marcin**, EngD, Academia Pozarnicza (Poland);  
**CHEN Jenq-Renn**, PhD, Distinguishty Professor, Director, National Kaohsiung University of Science and Technology (Taiwan);  
**DUNCAN Andy**, Ukraine Coordinator, International Committee of the Red Cross (Switzerland);  
**ROTHBACHER Dieter**, Managing Director CBRN Protection GmbH (Austria);  
**ROMANO Luca**, Avvocato dell' Atomo (Italy);  
**SUZUKI Erika**, Cofounder, Head of Business Development, Gamma Reality Inc. (GRI) (USA);  
**SOBOTKOVA Nikola**, Nuvia Company (Czech);  
**TURUTANOV Oleh**, PhD, Comenius University (Slovakia);  
**WOŹNIAK Andrzej**, Deputy Head of Department, Defence & Security Systems Sales and Marketing Department MDS (Poland);  
**ZOLTAN Rajnai**, EngD, Professor, Óbuda University (Hungary);  
**АНДРОНОВ Володимир**, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, Національний університет цивільного захисту України;  
**АФНАСЕНКО Костянтин**, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (Україна);  
**БАМБУРА Андрій**, доктор технічних наук, професор, ДП «Науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (Україна);  
**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, професор, Академія Міністерства надзвичайних ситуацій Азербайджанської Республіки (Баку, Азербайджан);  
**ДАНЧЕНКО Юлія**, доктор технічних наук, професор, Національна академія Національної гвардії України (Україна);  
**КЛЮЧКА Юрій**, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Національний університет цивільного захисту України (Україна);  
**КОНДРАТЬЄВ Андрій**, доктор технічних наук, професор, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова (Україна);  
**НІЖНИК Вадим**, доктор технічних наук, професор, Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (Україна);  
**ОТРОШ Юрій**, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (Україна);  
**ПЕТРУК Василь**, доктор технічних наук, професор, Інститут екологічної безпеки та моніторингу довкілля Вінницького національного технічного університету (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);  
**СУР'ЯНІНОВ Микола**, доктор технічних наук, професор, Одеська державна академія будівництва та архітектури (Україна);  
**ВАСИЛЬЧЕНКО Олексій**, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (Україна);  
**МИХАЙЛОВСЬКА Юлія**, PhD, Національний університет цивільного захисту України (Україна).

*Відповідальний секретар:*

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

*Технічні секретарі:*

**МАЙБОРОДА Роман**, Національний університет цивільного захисту України (Україна).

**ЩОЛОКОВ Едуард**, Національний університет цивільного захисту України (Україна).

**Problems of Emergency Situations:** Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. Харків: Національний університет цивільного захисту України, 2024. 365 с.

У збірнику включено 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; моніторинг 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 № 9 від 08.04.2024 р.).*

## ПРОГНОЗУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ АЛКАНІВ НА ПІДСТАВІ МОДЕЛЮВАННЯ КЛАСТЕРНОЇ БУДОВИ ПОЛУМ'Я

*Трегубов Д.Г.<sup>1</sup>, к.т.н., докторант,*

*Чиркіна-Харламова М.А.<sup>1</sup>, к.т.н.,*

*Гапон Ю.К.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент,*

*Змага Я.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент*

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

<sup>2</sup>*Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*

Знання процесів горіння важливі у кількох областях, що визначає режими технології, описує розвиток пожеж та умови їх гасіння. Процеси горіння описує теплова теорія, а також – пероксидна та ланцюгова щодо окиснення вуглеводнів [1]. Але ці теорії не пояснюють первинний момент ініціювання горіння.

На даний час під час моделювання властивостей речовини надмолекулярну будову не враховують, а застосовують статистичну асоціативну теорію: молекулу замінюють кількома кулями, якими заповнюють матрицю; але модель дискретна та не в змозі описати короткі молекули [2]. Пропонуємо розглянути пероксидні кластери як перший елементарний акт ініціювання горіння. Тоді їх структура та пропорційність з киснем будуть визначати особливості процесу горіння.

Реакції заміщення для ненасичених вуглеводнів мають стадію комплексної сполуки; у насичених – є перерозподіл електронної щільності за довжиною молекули під дією індукційного ефекту метильних груп; міжмолекулярна взаємодія формує квазімезомерний ефект і миттєві ненасичені зв'язки. Для речовин одного класу наявність таких ефектів і валентного кута взаємодії викликає чергування кластеризації: деякі молекули агрегуються кінцевими групами, інші – наступними, що скорочує довжину кластеру  $l_{\text{екв}}$  (кратна 2 або меншому коефіцієнту). Тоді лінійна або експоненційна зміна фізико-хімічних параметрів у гомологічному ряду буде пульсаційною. Частина молекули, яка опинилася у боковому положенні відносно каркасу кластеру, на  $l_{\text{екв}}$  не впливає, але її враховують у загальній молярній масі. Коливальність суттєва для температур плавлення  $t_{\text{пл}}$ . Найменшим кластером є димер;  $t_{\text{пл}}$  корелює з найбільшою  $l_{\text{екв}}$  найменшого кластеру [3].

Аналіз зміни характерних температур н-алканів ( $t_{\text{пл}}$ , спалаху  $t_{\text{сп}}$ , кипіння  $t_{\text{кип}}$ , самоспалахування  $t_{\text{сс}}$ ) та розчинності у воді  $\gamma$  показує, що лише залежність для  $t_{\text{кип}}$  не має пульсацій. Опис коливальності  $t_{\text{пл}}$  н-алканів враховує гексамерну кластеризацію метану, тримерну етану, димерну лінійну – «парних», димерну укорочену на «1» – «непарних» н-алканів від н-пентану [3]. Така будова метану й етану пояснює завищені  $t_{\text{пл}}$  та занижені  $t_{\text{сс}}$ . Тобто для умов самоспалахування теж передбачається кластерна будова, але вже за допомогою пероксидних містків [4].

Передбачаємо: для рідкого стану н-алканів однакову димерну будову без «укорочень»,  $l_{\text{екв}}=2n_c$ ; для твердого – для парних молекул, крім етану, та для пропану – аналогічна будова, для непарних, крім метану та пропану,  $l_{\text{екв}} = 2n_c - 1$  [3]; для самоспалахування – до н-нонану  $l_{\text{екв}}$  близькі до твердого стану, а надалі – кластеризація посередині ланцюга або глобулізація, що зменшує  $l_{\text{екв}}$  [4]; для розчинності у воді до н-октану  $l_{\text{екв}}$  близькі до самоспалахування, а надалі –координаційні числа кластерів збільшуються до 9.

Подібність залежностей для  $t_{\text{сс}}$  та  $f(\gamma)$  передбачає подібність агрегації через молекулу-посередника: пероксидну групу -O-O- або  $\text{H}_2\text{O}$ . Чим більше молекул води агрегує кластер, тим менша розчинність речовини. Агрегація відбувається у двох

перпендикулярних площинах: на кожен не кінцевий атом «С» припадає 4 молекули води. Тоді пропорційність складу горючих сумішей визначає кількість молекул кисню, які може агрегувати кластер горючої речовини (ГР). Пульсації є й в інших параметрів горіння. Для  $t_{сп}$  це пов'язано з кластерною будовою і рідкого стану, і повітряної горючої суміші під час запалювання. Можна сформулювати твердження: речовини, які мають кластери однакової довжини з однаковою молярною масою будуть мати однакове значення певного параметру ( $t_{пл}$ ,  $t_{сс}$  тощо).

Синхронну інтенсивність зміни мають  $U_n$  та  $\Delta t_{сп}$  *n*-алканів, схожу –  $\gamma_{\Delta f}$ ; асинхронну –  $E_{min}$  та  $\Delta \Delta f(\gamma)$ , що свідчить про подібність надмолекулярної будови. Але усі ці параметри описують різні процеси та етапи горіння. Тобто пероксидна кластеризація є дуже чутливим процесом до зовнішніх умов та має багато варіантів для реалізації.  $U_n$ ,  $\gamma_{\Delta f}$ ,  $\Delta t_{сп}$  пов'язані з поширенням полум'я з найменшою швидкістю за умов передачі тепла теплопровідністю;  $U_n$  визначають для умов повного згоряння, за умов верхньої КМПП є критична нестача, а за  $t_{сп}$  – критичний надлишок повітря. Протиколівальна подібність  $E_{min}$  з  $\gamma$  є тому, що  $E_{min}$  – визначає не поширення горіння, а прогрів найменшого об'єму для формування пероксидного кластеру, подібного до аналогічної структури у водному розчині.

Передбачаємо, що за виникнення горіння усі молекули ГР агрегують усі молекули кисню суміші у суцільну полімероподібну структуру, у якій можна виділити базовий кластер, що визначає її властивості. Для різних умов горіння є певна стехіометрична пероксидна пропорція: 1) для нижньої КМПП –  $\beta = 3n_c + 1$  описує мономер, де на кожному карбоні є 2 гідропероксидні групи та пероксидні містки з паралельним та наступним мономером; 2) для верхньої КМПП –  $\beta = 0,25n_c + 1$  описує мономер з паралельних алкан-димерів, зв'язаний пероксидними містками з таким паралельним та наступним мономером; 3) для стехіометричної концентрації повного згоряння –  $\beta = 1,5n_c + 0,5$  описує мономер з послідовних алкан-димерів, в якому на кожному карбоні є 1 гідропероксидна група та пероксидні містки з паралельним та наступним мономером; 4) для нижньої ДМ –  $\beta = 2n_c$  описує молекулу з 2 гідропероксидними групами на кожному карбоні; 5) для верхньої ДМ –  $\beta = 1n_c$  описує молекулу, яка зв'язана пероксидними містками з 2 паралельними; 6) для верхньої межі холодного полум'я – суміш пероксидних полімерів лінійних алкан-димерів з  $\beta = 0,5$  та пероксидних паралельних димерів з 1 пероксидним містком на кожному карбоні з  $\beta = 0,5n_c$  у співвідношенні 95/5 %. Поза концентраційних меж не утворюється суцільних надмолекулярних структур.

Незалежно від числа бокових пероксидних груп,  $l_{екв}$  враховує усі каркасні атоми й пероксидні містки. Для  $t_{сс}(n_c)$  *n*-алканів:  $t_{сс} = 8884,6(10n_{Mcc} - 12)^{-0,621}$ , °C, де  $n_{Mcc}$  – показник легкості плавлення,  $n_{Mcc} = n_{еквCC} M^{0,2}$ ;  $n_{еквCC} - l_{екв}$  пероксидного кластеру під час самоспалахування;  $M$  – молярна маса мономеру, г/моль. Формула описує  $t_{сс}$  алканів нормальної та ізомерної будови з  $R = 0,996$ .

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Тарахно О.В., Трегубов Д.Г., Жернокльов К.В., Коврегін В.В. Основні положення процесу горіння. Харків: НУЦЗ України, 2020. 408 с.
2. Yaxin, A., Karteek, K., Sanket, A. (2018). Development of New Transferable Coarse-Grained Models of Hydrocarbons. *J. Phys. Chem.* 122. 28. 7143–7153.
3. Трегубов Д. й ін. 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. Tregubov, D. et al. (2023). Cluster Mechanism of the Explosive Processes Initiation in the Matter. *Key Engineering Materials.* 952. 131–142.

<i>Глушкова Д.Б., Волчук В.М.</i> Оцінка властивостей деталей, зміцнених детонаційним напиленням, з використанням теорії фракталів	222
<i>Горбачова О.Ю., Буйських Н.В., Мазурчук С.М., Ломага В.В.</i> Щодо зміни властивостей деревини осики та вільхи після ацетилювання	224
<i>Гузій С.Г.</i> Визначення хімічної стійкості затверділих радіоактивних відходів в шлаколузній матриці за допомогою тривалого вилугування	226
<i>Дігтяр С.В., Никифоров В.В., Мальований М.С., Гуглич С.І., Krusir G.</i> Ефективна технологія переробки ціанобактерій	228
<i>Карандашов О.Г., Авраменко В.Л., Підгорна Л.П.</i> Розробка епоксидних склопластиків зі зниженою горючістю	230
<i>Курська Т.М., Григоренко Н.В.</i> Визначення впливу магнію гідрофосфату на реологічні властивості вогнезахисних фарб на алюмосилікатній основі	232
<i>Лесько А.С., Мельниченко А.С., Кулаков О.В., Катунін А.М.</i> Реалізація алгоритму прогнозування інтенсивності сорбції небезпечних газоподібних матеріалів	234
<i>Лисак Н.М., Скородумова О.Б., Чернуха А.А., Кочубей В.В.</i> Дослідження процесів гелеутворення у вогнезахисних композиціях системи золь $\text{SiO}_2$ – фосфатовмісна добавка	236
<i>Лисак Н.М., Скородумова О.Б., Чернуха А.А., Курепін В.М.</i> Вплив добавок $\text{H}_3\text{PO}_4$ та фенолу на гелеутворення в кремнеземистих вогнезахисних покриттях для будівельних матеріалів	238
<i>Ляшок Л.В., Тульський Г.Г., Васильченко О.В., Доронін Є.В.</i> Електрохімічне одержання оксидів вольфраму з відходів псевдосплаву карбідного типу WC-Co	240
<i>Мазурчук С.М., Горбачова О.Ю., Буйських Н.В., Матвійчук А.В.</i> Щодо міцності клейового з'єднання в різних умовах експлуатації	242
<i>Москаленко О.А.</i> Особливості структур шлаковмісних портландцементів призначених для відновлення зруйнованих бетонних конструкцій та споруд	244
<i>Піскун І.О., Шишкіна О.О.</i> Шляхи підвищення якості екологічного цементу	246
<i>Погрібний М.А., Реброва О.М., Васильченко О.В., Шевченко С.М., Грицай А.О.</i> Поверхнєве зміцнення виробів криволінійного профілю шляхом гартування з нагрівом СВЧ	247
<i>Попов О.О., Ковач В.О., Яцишин Т.М., Пилипчук Є.В., Яцишин А.В.</i> До питання оцінки ефективності захисту матеріалів від радіаційного випромінювання	249
<i>Пурис В.В., Лебедєв В.В., Черкашина М.К., Соколова А.К.</i> Розробка модифікованого агломерату відходів поліамідів: проблеми регулювання та технологічні особливості одержання	251
<i>Сидоренко В.Л., Пруський А.В., Єременко С.А., Власенко Є.А.</i> Радіаційний захист: оцінка радіаційного ризику з огляду загальних принципів	253
<i>Тараненкова В.В., Шарапов М.М., Миргород О.В., Пирогов О.В.</i> Дослідження потрійних сполук системи $\text{CaO-BaO-Al}_2\text{O}_3$ , які можуть використовуватися для отримання глиноземних цементів	255
<i>Трегубов Д.Г., Чиркіна-Харламова М.А., Гапон Ю.К., Змага Я.В.</i> Прогнозування параметрів пожежної небезпеки алканів на підставі моделювання кластерної будови полум'я	257
<i>Трегубов Д.Г., Кірєєв О.О., Слепужніков Є.Д., Борсук О.В., Дадашов І.Ф.</i> Дослідження можливості протікання конденсаційних процесів у фронті полум'я	259
<i>Чиркіна-Харламова М.А., Слепужніков Є.Д.</i> Аналіз ефективності заходів контролю та моніторингу радіаційної безпеки в Україні	261
<i>Цапко Ю.В., Бондаренко О.П., Цапко О.Ю., Суханевич М.В.</i> Деякі аспекти вогнезахисту бетону застосуванням штукатурки	263