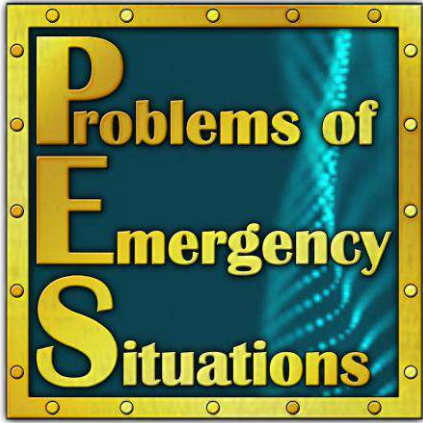


ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ



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);
ГОЛНЬКО 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.).

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПРОТІКАННЯ КОНДЕНСАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У ФРОНТІ ПОЛУМ'Я

Трегубов Д.Г.¹, к.т.н., докторант,

Кірсев О.О.¹, д.т.н., професор,

Слепужніков Є.Д.¹, к.т.н.,

Борсук О.В.², к.т.н.,

Дадашов І.Ф.³, д.т.н.

¹*Національний університет цивільного захисту України,*

²*Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України,*

³*Академія Міністерства з надзвичайних ситуацій Азербайджанської Республіки*

Полум'яне горіння описує теплова теорія як наслідок накопичення тепла; пероксидна теорія – як утворення пероксидів; ланцюгова – як утворення вільних активних радикалів за розгалуженим механізмом [1]. Але ці теорії не описують первинний момент ініціювання полум'я. Розроблено теорію утворення у полум'ї нанопористої квазірідини з формуванням у стінках надвеликих тисків з емісією молекул та ударною іонізацією, що ініціює горіння та викид метану з породи вугілля [2]. У роботі не розглянуто стадію пероксидних комплексів, що властиво самозайманню вугілля та масел [1]. Але можна описати перший етап ініціювання горіння як утворення пероксидних комплексів, які є більш важкими, ніж вихідні молекули, тому мають більші температури плавлення $t_{пл}$ і кипіння $t_{кип}$.

Найменшою надмолекулярною частиною речовини є димер. Кластерна теорія дозволяє пояснити ступінчастість $t_{пл}$ у ряду *n*-алканів [3]. Але у стані газу *n*-алкани є молекулами, що не пояснює ступінчастість температур самоспалахування $t_{сс}$ [4], схожу залежність має розчинність у воді γ [3]. Якщо розчинення у воді є утворенням асоціатів, то самоспалахування це «квазірозчинення» *n*-алканів у кисні з утворенням надмолекулярних структур. Існує подібність графіків $t_{сс}$ та антидетонаційного коефіцієнту АКІ [4]. Можливість кластеризації у полум'ї підтверджує наявність кореляції між $t_{пл}$, $t_{кип}$ і $t_{сс}$. Так: АКІ = $-0,77t_{пл} - 35$ з $R=0,968$. Тобто $t_{пл}$ стає параметром міжмолекулярної взаємодії у полум'ї. За димеризації пероксидних кластерів характерні температури фазових переходів будуть більшими, а конденсація спрощеною відносно вихідних алканів. Додатково конденсацію полегшують високі тиски фронту полум'я.

Розглянемо вплив умов стиснення на зміну $t_{бр}$ *n*-гексану C_6H_{14} за зростання тиску у 10 разів від стандартного. За рівнянням Антуана [5] $t_{бр}$ збільшується на 100 °С, тобто становить близько 168 °С (*n*-декан має $t_{бр} \approx 174,1$ °С). Орієнтуючись на *n*-декан можна очікувати для *n*-гексану у кластерній формі за тиску 1000 кПа зростання $t_{пл}$ з «-95,3» до «-30 °С». У стані конденсату димер пероксидного димеру є тетрамером відносно вихідного алкану, тоді каркасна довжина *n*-гексану з врахуванням молекул кисню: $n_{Секв} = 6 \cdot 4 + 2 = 26$, що відповідає довжині димеру *n*-тридекану з $t_{пл} = -5,5$ °С, $t_{кип} = 235,4$ °С. Конденсат пероксидного тетрамеру можна описати як октамер, тоді довжина *n*-гексану складе $n_{Секв} = 6 \cdot 8 + 4 = 54$, що близько до димеру *n*-октакозану з $t_{пл} = 61$ °С, $t_{кип} = 432$ °С. Нами визначено, що кластери однакової довжини $n_{Секв}$ і молярної маси *M* мають однакову $t_{пл}$ і показник легкості плавлення $n_M = n_{Секв} M^{0,2}$ [4]: $t_{пл} = 101,85 \ln(n_M) - 452,37$, °С. Між $t_{пл}$ та $t_{кип}$ *n*-алканів є лінійна залежність [6]: $t_{кип} = t_{пл} + 9,8992n_C + 109,89$, де n_C – число атомів «С» у молекулі *n*-алкану. За цими формулами визначено умови фазових переходів пероксидних кластерів: для димеру *n*-гексану $t_{пл} = 2$ °С, $t_{кип} = 248$ °С; для тетрамеру – $t_{пл} = 97$ °С, $t_{кип} = 488$ °С, що близько до попередньої оцінки. Точка роси для стехіометричної суміші вуглеводнів становить близько 80 % від $t_{кип}$ (у К), що для

пероксидних димерів *n*-алканів з $n_c = 1-20$ складає $-100-400$ °С, для тетрамерів – $50-900$ °С. Такі температури є у підготовчій зоні фронту полум'я, тому конденсаційні процеси можливі. Для пероксидних тетрамерів перехід у квазірідкий стан у підготовчій зоні дефлаграційного полум'я можливий для усіх *n*-алканів, а кристалізація – від пропану. Стиснення полегшує ці процеси.

Теплова теорія пояснює межу підготовчої зони та зони горіння кінетичного полум'я нагрівом до t_{cc} . Можна очікувати, що за t_{cc} йде пероксидна кластеризація з конденсацією. Таке припущення пояснює меншу t_{cc} довгих вуглеводнів, оскільки вони мають простіші умови для конденсації. Тоді поширення фронту полум'я від джерела запалювання йде за принципом нарощування шарів надмолекулярної структури, але попередні шари відразу руйнуються та формують зону горіння. Можна оцінити товщину шару горючої повітряної суміші, де горючої речовини достатньо для утворення суцільної мономолекулярної плівки. Різниця у густині рідин та газів становить приблизно у 1000 разів. Тоді мономолекулярна плівка горючої рідини утворить близько 1000 шарів молекул, що становить близько 0,001 мм. Оскільки метан на горіння 1 моллю потребує 9,52 моль повітря, то можна прийняти, що шар повітряної суміші для утворення цілісної плівки буде у 10 разів більшим – 0,01 мм, що співпадає з відомою товщиною фронту полум'я $\delta_{фп}$.

Тоді електрична іскра має прогріти таку сферу, об'єму якої достатньо для утворення на її поверхні плівки горючої речовини. Якщо порівняти кубічний елемент горючої суміші з гранню 0,01 мм, то такий об'єм прямокутного сектору сфери буде за радіусу 0,0125 мм. Але зовнішня поверхня цього сектору у 5,4 рази є більшою за фронт $0,01 \times 0,01$ мм. Рівність буде для сфери радіусом 0,03 мм, що становить $3\delta_{фп}$. Але середня частина сфери – це область плазми, яка у конденсації участі не приймає. Тому прогріта сфера має бути більшою. На практиці приймають радіус мінімальної незгасаючої сфери – $3,7 \delta_{фп}$ [1].

Змодельовано 4 схеми ініціювання та поширення полум'я: 1) за досягнення t_{cc} в усій суміші йде одночасний процес пероксидної кластеризації з конденсацією у губчасту плівкову структуру; 2) як за схемою 1, але за рахунок стиснення; 3) для дефлаграційного горіння за t_{cc} у фронті полум'я утворюється суцільна кластерна плівка; 4) для детонаційного горіння за певного тиску у фронті полум'я утворюється суцільна кластерна плівка або наноаерозоль.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тарахно О.В. та ін. Основні положення процесу горіння. Харків: НУЦЗ України, 2020. 408 с. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/11382>
2. Каїм С.С., Каїм С.Д., Рок Р. Механізм генерації «гарячих точок» у фронтах детонаційних хвиль в конденсованих енергетичних матеріалах. Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології. 2009. Т. 7. №4. С. 1201–1226.
3. Трегубов Д. та ін. Співвідношення властивостей у гомологічних рядах вуглеводнів. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2023. № 2(38). С. 96–118.
4. Tregubov, D. et al. (2023). Cluster Mechanism of the Explosive Processes Initiation in the Matter. Key Engineering Materials. 952. 131–142.
5. Search for Species Data by Chemical Name, NIST Chemistry WebBook, U.S. Department of Commerce. Doi: 10.18434/T4D303.
6. Трегубов Д., Тарахно О., Соколов Д., Трегубова Ф. Осциляційність характерних температур *n*-алканів внаслідок кластерної будови речовини. Проблеми надзвичайних ситуацій. 2020. № 32. С. 14–30.

<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 SiO_2 – фосфатовмісна добавка	236
<i>Лисак Н.М., Скородумова О.Б., Чернуха А.А., Курепін В.М.</i> Вплив добавок H_3PO_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> Поверхневе 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