

Матеріали 3-ї Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми пожежної безпеки 2024» («Fire Safety Issues 2024»). – Х.: НУЦЗ України, 2024. – 261 с.

Організаційний комітет:

Голова оргкомітету

Гвоздь Віктор – тимчасово виконуючий обов'язки ректора НУЦЗ України, кандидат технічних наук, професор, заслужений працівник цивільного захисту України, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Заступник голови оргкомітету

Андронов Володимир – проректор НУЦЗ України з наукової роботи - начальник науково-дослідного центру, доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки України, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Члени оргкомітету

Ключка Юрій – проректор з навчальної та методичної роботи НУЦЗ України, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Мирошник Олег – заступник начальника Черкаського інституту пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля з навчальної та наукової роботи, доктор технічних наук, професор (м. Черкаси).

Ромін Андрій – начальник факультету пожежної безпеки НУЦЗ України, доктор наук з державного управління, професор, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Колєнов Олександр – заступник начальника факультету оперативно-рятувальних сил, кандидат наук з державного управління, доцент, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Пономаренко Роман – начальник факультету оперативно-рятувальних сил, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Метельов Олександр – начальник факультету техногенно-екологічної безпеки, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Tünde Anna Kovács – доцент, Факультет інженерії механіки та техніки безпеки, PhD, Університет Обуда (м. Будапешт).

Zoltán Nyíkes – доцент, PhD, Університет Мілтона Фрідмана (м. Будапешт).

Гасанов Халід Шариф огли – начальник кафедри безпеки життєдіяльності, кандидат технічних наук, доцент, Академія МНС Азербайджанської Республіки (м. Баку).

Linda Makovická Osvaldová – доцент, кафедра протипожежної інженерії, PhD, Жилінський університет (м. Жиліна).

Ágoston Restás – начальник кафедри протипожежного захисту та менеджменту рятувальних операцій, PhD, Університет державної служби (Людовика) (м. Будапешт).

Прусський Андрій – начальник кафедри профілактики пожеж та безпеки життєдіяльності, доктор технічних наук, професор, Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (м. Київ).

Карабин Василь – професор кафедри цивільного захисту та протимінної діяльності Львівського державного університету безпеки життєдіяльності, доктор технічних наук, професор (м. Львів).

Ніжник Вадим – начальник науково-дослідного центру протипожежного захисту, доктор технічних наук, професор, Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту (м. Київ).

Олійник Володимир – начальник кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного

*Д.Г. Трезубов, к.т.н., доцент, Національний університет цивільного захисту України
Ф.Д. Трезубова, Національний університет цивільного захисту України*

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

Недоліком багатьох методик розрахунку параметрів речовин, у тому числі пожежонебезпечних, є відсутність способів врахування взаємодії на надмолекулярному рівні, який на нашу думку визначає коливальності певних параметрів для гомологічних рядів. Але існують дані про наявність таких структур та їх вплив на деякі параметри. Так, найпростішим арифметичним параметром, який корелює з властивостями речовин є еквівалентна довжина кластеру, яка може бути не пропорційною до довжини молекули [1].

Попередні дослідження показали подібність між процесами розчинності н-алканів у воді та умовою їх самоспалахування [2], тому процес виникнення горіння можна описати агрегацією усіх молекул горючої речовини з усіма молекулами кисню суміші у суцільну полімероподібну структуру з пероксидними групами у якості зв'язуючих ланок. В цій структурі можна виділити найменший базовий кластер, який визначає її властивості. Для дуже багатих та бідних сумішей з'являється надлишок горючої речовини або кисню, які разом з азотом повітря заважають утворитися цій цілісній структурі.

Для усіх завершених пероксидних співвідношень можна розрахувати стехіометричні концентрації повітряних сумішей [3]:

$$\varphi_{\text{смк}} = 100/(1 + 4,76\beta), \% \quad (1)$$

де β – стехіометричний коефіцієнт, який показує кількість молів кисню для утворення певної пероксидної пропорції на 1 моль горючої речовини.

Для кожного виду виникнення та поширення горіння існує певна стехіометрична пероксидна пропорція, якою можна описати повітряні суміші та певні межі горіння: 1) нижня КМПП моделюється полімером, мономер якого на кожному карбоні має 2 гідропероксидних групи та дві алкілпероксидні, якими зв'язаний з паралельними мономерами та ще 2 – з сусідніми мономерами лінійного розташування, але за «погонного» розрахунку на 1 молекулу витрачається молекул кисню $3n_c+1$; 2) верхня КМПП моделюється полімером, мономер якого складається з алкан-димеру паралельного розташування, який зв'язаний алкілпероксидними групами з таким самим мономером, та ще 4 – з сусідніми мономерами лінійного розташування, але за «погонного» розрахунку на 1 молекулу витрачається молекул кисню $0,25n_c+1$; 3) стехіометрична концентрація повного згоряння моделюється полімером, мономер якого є послідовним алкан-димером та має на кожному карбоні 1 гідропероксидну та 1 алкілпероксидну групи, остання зв'язує цей мономер з паралельним, та ще 1 алкілпероксидну, яка зв'язує його з сусідніми мономерами лінійного розташування, але за «погонного» розрахунку на 1 молекулу витрачається молекул кисню $1,5n_c+0,5$; 4) нижня детонаційна межа моделюється полімером, мономер якого має 4 алкілпероксидні групи на кожному карбоні, якими зв'язаний з паралельними мономерами, але за «погонного» розрахунку на 1 молекулу витрачається молекул кисню $2n_c$; 5) верхня детонаційна межа моделюється полімером, кожний мономер якого зв'язаний пероксидними містками з 2 сусідніми паралельними мономерами, але за «погонного» розрахунку на 1 молекулу витрачається молекул кисню $1n_c$; 6) верхня межа холодного полум'я моделюється як суміш пероксидних полімерів лінійних алкан-димерів з $\beta = 0,5$ та пероксидних паралельних димерів з 1 алкілпероксидною групою на кожному карбоні з $\beta=0,5n_c$ у співвідношенні 95/5 %. Поза концентраційних меж не утворюється суцільних надмолекулярних структур.

Достатньо довідкових даних [4] є лише для встановлення кореляцій розрахункових моделей стосовно КМПП та стехіометричної концентрації. Для відповідних моделей № 1–

З достовірність апроксимації довідкових даних становить не менше ніж 0,99, рис. 1.

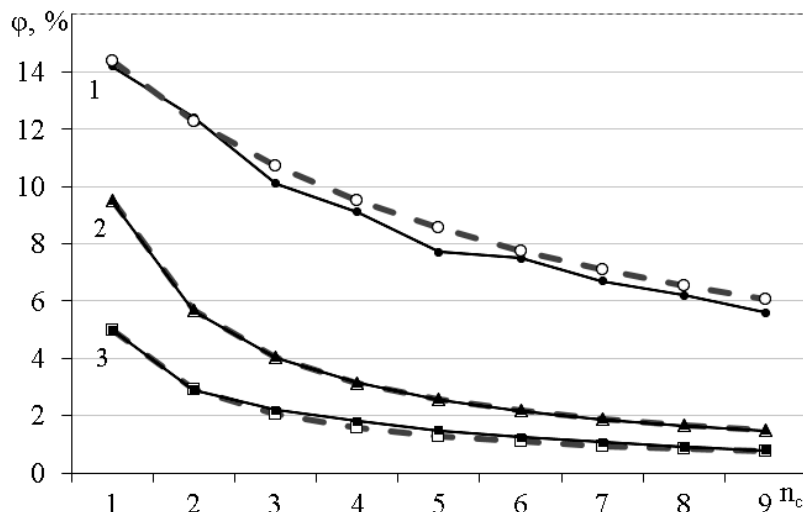


Рис. 1. Відповідність концентраційних меж за пероксидною моделлю «- - -» до довідкових даних «—» [4]:

1 – верхня КМПП, 2 – стехіометрична концентрація, 3 – нижня КМПП

Але незалежно від кількості агрегованих «кисневих» груп можна говорити про каркасну довжину кластеру з урахуванням «кисневих» містків. Такі моделі було створено для опису $t_{пл}$ та γ н-alkanів [2, 5], табл. 1 (кратність кластеризації, ланка місця кластеризації у вуглеводні, довжина кластеру).

Таблиця 1. Моделювання довжин кластерів н-alkanів

пс	Стан плавлення			Розчинність			Самоспалахування		
	кластеризація		$n_{с_{кв}}$	кластеризація		$n_{с_{кв}} + n_{H_2O}$	кластеризація		$n_{с_{кв}} + n_{O_2}$
	кратність	ланка		кратність	ланка		кратність	ланка	
1	6	1	6	6	1	12	3	1	6
2	3	1	6	3	1	9	2	1	6
3	2	1	6	2	1	8	2	2	6
4	2	1	8	2	2	8	2	2	8
5	2	2	9	2	3	8	2	2	10
6	2	1	12	2	3	10	2	2	12
7	2	2	13	2	3	12	2	2	14
8	2	1	16	2	1	18	2	2	16
9	2	2	17	3	3	24	2	3	16
10	2	1	20	3	2	30	2	4	16
11	2	2	21	4	3	36	2	5	16
12	2	1	24	4	1	52	2	6	16
13	2	2	25	4	2	48	2	7	16
14	2	1	28	6	1	90	2	8	16
15	2	2	29	9	1	144	2	9	16
16	2	1	32	9	1	153	2	1	16*
17	2	2	33	3	1	54	2	1	16*
18	2	1	36	3	4	48	2	1	13*
19	2	2	37	7	1	140	2	1	12*
20	2	1	40	3	2	60	2	1	12*

* - інші ланки карбонового ланцюга знаходяться у стані глобул.

Короткі молекули вуглеводнів часто мають аномальні властивості. Так, серед н-

алканів метан та етан мають завищені $t_{пл}$ та занижені t_{cc} , розчинність у воді. Це вимагає більшої довжини кластерів, тому для моделювання $t_{пл}$, t_{cc} та γ метану випробувано гексамерну будову, для етану – тримерну (для самоспалахування – як суміш кластерів різної кратності). Прогнозовані довжини кластерів n-алканів для умов самоспалахування певним чином корелюють з відповідними характеристиками для умов плавлення та розчинності у воді, табл. 1, що свідчить про концептуальну близькість лінійної будови надмолекулярних структур.

На підставі раніше розробленого показника «легкості плавлення» [6] розроблено формулу для опису залежності $t_{cc}(n_c)$ для n-алканів аналогічного вигляду до $t_{пл}(n_c)$:

$$t_{cc} = -204,6 \ln(10n_{Mcc} - 9) + 1440,9, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2)$$

де n_{Mcc} – модифікований показник легкості плавлення для характеристики кластерної будови за умов самоспалахування, $n_{Mcc} = n_{еквCC} M^{0,2}$; $n_{еквCC}$ – еквівалентна довжина пероксидного кластеру вуглеводню у повітряній суміші під час самоспалахування, розрахована за методикою [7]; M – молярна маса мономерного стану речовини, г/моль.

Формула виду (2) дозволяє добирати довжини та кратність кластерів та забезпечує для алканів нормальної та ізомерної будови опис залежності $t_{cc}(n_c)$ з коефіцієнтом кореляції $R = 0,98$. Похибки розрахунку скоріш за все визначаються помилками у моделюванні надмолекулярної будови алканів.

Таким чином, параметри горіння n-алканів корелюють з описом їх агрегування у надмолекулярні структури з молекулами кисню у вигляді об'ємної полімерної сітки, мономер якої має певні пероксидні пропорції та довжину.

ЛІТЕРАТУРА:

- [1]. Tregubov D. et al. Oscillation and Stepwise of Hydrocarbon Melting Temperatures as a Marker of their Cluster Structure. *Solid State Phenomena*. 2022. Vol. 334. P. 124–130.
- [2]. Трегубов Д.Г. та ін. Аналіз співвідношення властивостей у гомологічних рядах вуглеводнів з метою врахування наявності надмолекулярної будови речовини. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2023. № 38. С. 96–118.
- [3] Тарахно О.В. та ін. Теорія розвитку та припинення горіння. Практикум. Ч. I: Харків: НУЦЗ України, 2010. 309 с.
- [4]. Glassman I., Yetter R. A. Combustion. London: Elsevier, 2014. 757 p.
- [5]. Трегубов Д.Г., Тарахно О.В. Соколов Д.Л., Трегубова Ф.Д. Ідентифікація кластерної будови вуглеводнів за температурами плавлення. *Проблеми надзвичайних ситуацій*. 2021. № 34. С. 94–109. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/15983>
- [6]. 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.
- [7]. Tregubov D., Slepuzhnikov E., Chyrkina M., Maiboroda A. Cluster Mechanism of the Explosive Processes Initiation in the Matter. *Key Eng. Materials*. 2023. Vol. 952. P. 131–142.

*D.G. Tregubov, Ph.D., associate professor, National University of Civil Protection of Ukraine,
F.D. Tregubova, student, National University of Civil Protection of Ukraine*

FIRE HAZARD PARAMETERS PREDICTION BASED ON THE FLAME CLUSTER STRUCTURE STAGE MODELING

In the article, the "oxygen" proportions of the n-alkane molecules association into clusters are developed, which allow determining the characteristic concentration limits for the flaming combustion and detonation occurrence, the clusters lengths are determined, and a formula is developed that allows predicting the n-alkanes autoignition temperatures.

<i>Кердивар Владислав, Кальченко Ярослав</i> Визначення параметрів електричних кабельних виробів при короткому замиканні	68
<i>Катунін Альберт, Роянов Олексій, Кулаков Олег</i> Вплив домішок на температуру нагрівання кабельних виробів в процесі експлуатації	73
<i>Лисак Н.М., Скородумова О.Б., Чернуха А.А., Калашнікова В.С.</i> Дослідження впливу фосфорвмісних компонентів на властивості вогнезахисного покриття деревини	74
<i>Саєнко Н.В., Скрипинець А.В.</i> Комплексна оцінка пожежної безпеки вібропоглинаючої мастики в залізничній інфраструктурі	77
<i>Скрипинець А.В., Саєнко Н.В.</i> Дослідження адгезійно-міцностних властивостей вогне-та вібропоглинаючої композиції для застосування в залізничному транспорті	80
<i>Ференц Н.О.</i> Дослідження природних цеолітів для забезпечення технологічних апаратів і трубопроводів	82
<i>Антошкін О.А., Ковшарь А.Г.</i> Аналіз методів випробування пожежних сповіщувачів	84
<i>Миргород О.В., Десятерик М.А., Омелянчук М.Б.</i> Деякі полімерні матеріали, що використовуються у сучасному будівництві	86
<i>Ковальов А.І., Пурденко Р.Р., Качкар Є.В.</i> Методологія оцінювання вогнестійкості вогнезахисених будівельних конструкцій будівлі	89
<i>Трегубов Д.Г., Трегубова Ф.Д.</i> Прогнозування параметрів пожежної небезпеки на підставі моделювання етапу кластерної будови полум'я	92
<i>Фещук Ю.Л., Сізіков О.О., Голікова С.Ю.</i> Аналіз положень ДБН В.1.2-7:2021, пов'язаних з суттєвими експлуатаційними характеристиками будівельної продукції	95
<i>Підкопай О.Ю., Дурсєв В.О.</i> Моделювання роботи чутливого елемента з суперпарамагнітними частками при слабкому магнітному полі	97
<i>Скрипник А.В., Дурсєв В.О.</i> Моделювання роботи чутливого елемента з однодоменими феромагнітними матеріалами	99