

АКУСТИЧНИЙ МОНІТОРИНГ МАСШТАБНИХ ПОЖЕЖ З РІДКИМИ ОРГАНІЧНИМИ РЕЧОВИНАМИ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА

В.В. Тютюник, док. тех. наук, професор, Д.В. Усачов, ад'юнкт

Національний університет цивільного захисту України

Сучасні міста представляють собою високорозвинуті та виокремлені структури, які охоплюють просторовий та часовий розподіл параметрів життєдіяльності. Залежно від чисельності населення вони розділяються на категорії, такі як невеликі, малі, середні, великі і т.д., а також за функціональним спрямуванням, таким як промислові, транспортні, наукові, історичні та багатогалузеві [1].

Місто представляє собою не лише скупчення матеріальних об'єктів, таких як житлові та виробничі будівлі, комунікаційні системи та інші, але й складну, цілісну та динамічну систему, в якій взаємодіють люди, природа, економіка і суспільство. Складовими компонентами міста є наступні елементи: територія з власним ландшафтом, природними ресурсами та забудовою, які формують міське середовище; населення, розділене на працездатну (трудові ресурси) та непрацездатну частину; сфера формування міста (підприємства промисловості, транспорту, будівництва тощо, незалежно від розміру і форми власності); сфера обслуговування або міське господарство; соціальна сфера.

Оберненою стороною життєдіяльності міста є те, що у процесі його функціонування та розвитку створюються передумови для виникнення ризиків, які негативно впливають на стан природно-екологічного, економіко-технічного та соціально-політичного балансу як на території міста, так і в регіоні. [2].

На сьогодні до небезпек з великим рівнем соціальних та матеріальних збитків можна віднести масштабні пожежі з легкозаймистими речовинами до яких відносяться рідкі органічні речовини (РОР). Останнім часом в різних місцях стали траплятися різноманітні надзвичайні ситуації, серед яких значна кількість вибухів та масштабних пожеж з різним рівнем небезпеки (РОР). Деякі із них включають:

– вибух цистерни з легкозаймистою рідиною, яка була частиною вантажного поїзда з 40 цистернами на залізничній станції "Шебелинка" в Харківській області. Цю пожежу оцінено як акт диверсії, проте вона не призвела до втрат життів або постраждалих, і рух залізничного транспорту не був припинений (січень 2015 року);

– пожежа на автозаправній станції в місті Миколаїв, викликана ворожим обстрілом. Три мирні мешканці отримали смертельні поранення, але пожежу вдалося локалізувати на площі десять квадратних метрів (березень 2022 року);

– пожежа на АЗС у Новобаварському районі Харкова. Пожежа спалахнула коли рф завдала ударів по місту. Вибухнула цистерни з газом. Поранених внаслідок вибуху та пожежі немає (квітень 2023 року);

– вибух бензовозу у Київській області, на автодорозі Харків–Київ. Внаслідок цього водій втратив життя, а на місці події спалахнула велика пожежа (травень 2023 року).



Рис. 1. Алгоритм встановлення природи кінетичних ефектів процесу високотемпературного окислення (горіння) деяких рідких органічних речовин методом акустичної емісії

У результаті збільшення такого роду НС пропонується проведення досліджень щодо реєстрації спектрів акустичної емісії від осередків займання деяких РОР та аналізу, згідно даних рис. 1, впливу фізико-хімічних характеристик цих речовин на кінетику їх високотемпературного окиснення (горіння).

Для вирішення мети роботи пропонується виконати наступні завдання дослідження, згідно даних рис. 1, включають [3]:

1. Визначення характеристичних піків ($A_m(f)$) амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) акустичного сигналу активного високотемпературного окиснювально-відновного процесу від кількості атомів вуглецю ($n(C)$) у вуглецевому каркасі молекули РОР та їх молярної маси (M).

2. Встановлення залежності амплітуди характеристичних піків ($A_m(f)$) АЧХ та фрактальної розмірності (D) прийнятого акустичного сигналу від динаміки згасання процесу горіння РОР у часі в залежності від $n(C)$.

3. Оцінка початкового (τ_1) та кінцевого (τ_2) часу горіння первинної хмари парів РОР, а також тривалості їх горіння ($\Delta\tau = \tau_2 - \tau_1$), залежно від АЧХ прийнятого акустичного сигналу.

4. Встановлення, за результатами аналізу АЧХ прийнятого акустичного сигналу, залежність між термодинамічними і кінетичними параметрами процесу високотемпературного окислення (горіння) деяких РОР в залежності від $n(C)$ і P .

5. Встановлення взаємозв'язку між АЧХ прийнятого акустичного сигналу та способом гасіння різноманітних джерел масштабних пожеж на території міста, залежно від фізико-хімічної природи та термодинамічних показників займання РОР.

Приєм та аналіз акустичного сигналу в процесі високотемпературного окислення РОР, як на етапі первинного займання, так і в процесі протікання реакції горіння, реалізовано у роботі шляхом перетворення сигналу $A(t)$ у числовий ряд $X = x_1, x_2, \dots, x_N$, з подальшим застосуванням методу фрактального R/S -аналізу – методу, оснований на використанні для аналізу результатів

спостережень безрозмірного показника у вигляді відношення розмаху ($R = x_{max} - x_{min}$) накопиченого відхилення від середнього до середньоквадратичного відхилення (S).

Використання R/S -аналізу для оцінки числового ряду X прийнятого акустичного сигналу $A(t)$ обумовлено наявністю відношення сигнал/шум менше одиниці, що є умовою функціонування нормально-розподіленої системи або близької до неї. В результаті цього, на основі R/S -аналізу в роботі оцінена фрактальна структура ряду X як сукупності фонового сигналу та корисного акустичного сигналу, отриманого у процесі високотемпературного окислення РОР.

З урахуванням особливостей акустичних спектрів для РОР, які були піддані високотемпературному окисленню, виконано розрахунок фрактальної розмірності (D_r), яка віддзеркалює ступінь подібності амплітудно-часових характеристик РОР, що аналізувалися, а також характеризує динаміку процесів горіння та затухання горіння РОР (для зразків постійного об'єму). Фрактальна розмірність D_r (як ступінь зламаності ряду) визначалася як $D_r = 2 - H$, де H – показник Херста. Показник H визначався із умови $R/S = (\alpha A)^H$, де A – кількість періодів спостереження, α – константа, яка задається. При цьому, Херст емпірично розраховував константу α для порівняно короткострокових тимчасових рядів природних явищ як 0,5 [4, 5].

ЛІТЕРАТУРА

1. Левчук К.О., Романюк Р.Я. Сталий розвиток міста як ключовий фактор розвитку економіки України. *Математичне моделювання*. 2022. № 1(46). С. 131–140. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://matmod.dstu.dp.ua/article/view/258455/255221>
2. Тютюник В.В., Ященко О.А., Рубан І.В., Тютюник О.О. Особливості функціонування системи ситуаційних центрів на різних стадіях розвитку надзвичайних ситуацій. Науковий журнал "Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони". Київ: Національний університет оборони України імені Івана Черняхівського. 2022. Вип. 1(43). С. 41–52.
3. Tiutiunyk V.V., Kalugin V.D., Levterov A.A., Sydorenko O.V., Starodubtsev S.A., Usachov D.V. Establishing the nature of kinetic effects of the high-temperature oxidation (combustion) process of some liquid organic matters by acoustic radiation. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. 2023. 6. pp. 203–212. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19622>
4. Wu Z., Lou Y., Yin S., Wang A., Liu H., Sun W., Zuo Y., Chen B. Acoustic and fractal analyses of the mechanical properties and fracture modes of bedding-containing shale under different seepage pressures. *Energy Science and Engineering*. 2020. 8. pp. 3638–3656. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doi.org/10.1002/ese3.772>
5. Yang H. Fractal analysis of acoustic emission parameter series of coal with different properties under uniaxial loading. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2017. 81. 012071. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/81/1/012071>