

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ**



**МАТЕРІАЛИ
3-ї Міжнародної науково-практичної конференції
«Проблеми пожежної безпеки 2024»
(«Fire Safety Issues 2024»)**



ХАРКІВ 2024

Шановні колеги та колежанки!



Маю за честь вітати учасників Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми пожежної безпеки 2024», напями якої є актуальними щодо вирішення проблемних питань сучасності у сфері пожежної безпеки та забезпечення протипожежного захисту.

Сьогодні, незважаючи на військову агресію з боку Росії, наш університет, як і весь народ України, продовжує свою діяльність у всіх сферах, зокрема, і в науковій. Потужний науковий потенціал провідного закладу вищої освіти Державної служби України з надзвичайних ситуацій у сфері цивільного захисту складає 50 докторів наук, 200 кандидатів наук, 30 професорів, 180 доцентів та старших дослідників і наразі охоплює велику кількість наукових напрямів у міжнародному науково-освітньому просторі. Одним із результатів діяльності наших науковців є сьогоднішня

конференція.

Слід зазначити, що учасниками наукового форуму є численні фахівці вищів не тільки з різних регіонів України, а й інших країн таких, як Ізраїль, Польща, Італія, Данія, Канада, Азербайджанська Республіка, Словаччина, Угорщина, Португалія та Бразилія.

Метою конференції є обговорення питань, пов'язаних із проблемами та перспективами впровадження новітніх розробок, спрямованих на попередження виникнення пожеж та мінімізацію їх наслідків. Забезпечення інноваційних напрямів розвитку системи протипожежного захисту, передові ідеї вчених, активне використання сучасних технологій з урахуванням можливостей міжнародного співробітництва сприятимуть досягненню загального результату.

Сподіваюсь, що отримані наукові результати, об'єднані в збірнику Конференції, будуть корисними для всіх учасників та знайдуть своє впровадження в практичній діяльності і в подальшій науково-дослідницькій роботі.

Бажаю всім учасникам невичерпної енергії на шляху до нових наукових звершень, придбання партнерських і дружніх контактів, результативних рішень, творчої наснаги та успіхів у професійній діяльності, миру та більш тісної співпраці у післявоєнний період!

Т.в.о. ректора Національного університету
цивільного захисту України
генерал-майор служби цивільного захисту,
кандидат технічних наук, професор

Віктор ГВОЗДЬ

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

захисту України (м. Харків).

Шевченко Роман – начальник кафедри автоматичних систем безпеки і інформаційних технологій Національного університету цивільного захисту України, доктор технічних наук, професор (м. Харків).

Отрош Юрій – начальник кафедри пожежної профілактики в населених пунктах Національного університету цивільного захисту України, доктор технічних наук, професор (м. Харків).

Кустов Максим – начальник наукового відділу з проблем цивільного захисту та техногенно-екологічної безпеки, доктор технічних наук, професор, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Відповідальний секретар

Афанасенко Костянтин – заступник начальника кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій, кандидат технічних наук, доцент, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Технічні секретарі

Вавренюк Сергій – професор кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій, доктор наук з державного управління, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Кальченко Ярослав – старший викладач кафедри пожежної і техногенної безпеки об'єктів та технологій, PhD, Національний університет цивільного захисту України (м. Харків).

Укладачі не несуть відповідальності за зміст опублікованих матеріалів

Розглянуто на засіданні Вченої ради факультету пожежної безпеки (Протокол №6 від 30.01.24 р.)

Вадим Тютюник, д.т.н., професор, Національний університет цивільного захисту України
Олександр Левтеров, д.т.н., с.н.с., Національний університет цивільного захисту України
Дмитро Усачов, ад'юнкт, Національний університет цивільного захисту України

ВИЯВЛЕННЯ НА ТЕРИТОРІЇ МІСТА МАСШТАБНИХ ПОЖЕЖ ЗА АКУСТИЧНИМИ СПЕКТРАМИ ПРОЦЕСУ ГОРІННЯ РІДКИХ ОРГАНІЧНИХ РЕЧОВИН

Сучасні міста є складними та розгалуженими системами з розподілом у просторі та часі параметрів життєдіяльності, які за чисельністю населення поділяються на невеликі, малі, середні, великі тощо, а також за характером спеціальних функцій на промислові, транспортні, наукові, історичні, багатогалузеві. Зворотнім боком процесу життєдіяльності міста є те, що міста у процесі свого функціонування та розвитку створюють передумови для виникнення небезпек, що негативно впливають на стан природно-екологічного, економіко-технічного та соціально-політичного балансу як на території міста так і в регіоні, а також можуть завдати шкоди життєвоважливим національним інтересам. На сьогодні до небезпек з великим рівнем соціальних та матеріальних збитків для життєдіяльності міста можна віднести масштабні пожежі з легкозаймистими речовинами до яких відносяться рідкі органічні речовини (РОР).

Забезпечення відповідного рівня безпеки життєдіяльності міста досягається шляхом створення в системі Smart City підсистеми Safe City, яка спрямована на виявлення, запобігання, послаблення, усунення і відвернення загроз, здатних призвести до соціальних та екологічних збитків, знищити матеріальні та духовні цінності, перешкодити їх прогресивному розвитку. Модель Safe City містить етапи реєстрації загроз для життєдіяльності міста, аналізу та систематизації інформації про загрози, формування бази даних про загрози, моделювання та прогнозування розвитку небезпек для життєдіяльності міста, оцінки рівня цих небезпек та прийняття антикризового управлінського рішення, а також виконання прийнятого антикризового рішення.



Рисунок 1 – Діаграма декомпозиції системи реєстрації загроз для життєдіяльності міста

Процес реєстрації загроз для життєдіяльності міста згідно даних рис. 1 включає організацію фінансового аудиту, моніторингу соціального стану та довкілля, відеоспостереження, радіаційного, хімічного та біологічного моніторингу, а також спектрального аналізу випромінювань від джерел небезпек. При цьому, встановлено, що організація спектрального аналізу випромінювань від джерел небезпек включає комплексний аналіз характеристик випромінювань в різних частотних діапазонах (в акустичному, радіо, інфрачервоному, оптичному, ультрафіолетовому та рентгенівському діапазонах, а також аналіз гамма та космічних променів), де кожен з методів аналізу має свої як недоліки так і переваги. Автори у своїх дослідженнях зупинилися на спектральному аналізі акустичного простому, з метою виявлення та ідентифікації джерел НС місцевого рівня, серед яких масштабні пожежі РОР.

Запропоновано системний підхід та принципи використання спектрального аналізу акустичного простору міста, який базується на результатах досліджень ефекту акустичної емісії при високотемпературному окисленні (горінні) РОР. Для дослідження рівня інформативних можливостей цього ефекту, розроблені вимірювальна схема акустичного ефекту (рис. 2), алгоритм та програмне забезпечення для обробки амплітудно-часових характеристик прийнятого акустичного сигналу первинного (спалаху) та основного процесів горіння деяких РОР, шляхом використання спектрального аналізу та фрактального R/S -аналізу. На рис. 2 введені наступні позначення: 1 – металева чаша з аналізованою органічною речовиною; 2 – електричний підпал; 3 – акустичний мікрофон; 4 – вимикач для синхронного включення підпалу (2) та акустичного мікрофона (3); 5 – джерело живлення; 6 – підсилювач; 7 – аналізатор спектру.

Як приклад результатів лабораторних досліджень, на рис. 3 представлено отриманий у процесі експерименту графік зміни в часі спектра прийнятого акустичного сигналу процесу високотемпературного окислення (горіння) метанолу. Зміни в часі спектра прийнятого акустичного сигналу процесу горіння РОР фіксувалися до припинення горіння (відсутність коливального режиму горіння) в діапазоні частот $5 \text{ Гц} - 25 \text{ кГц}$.

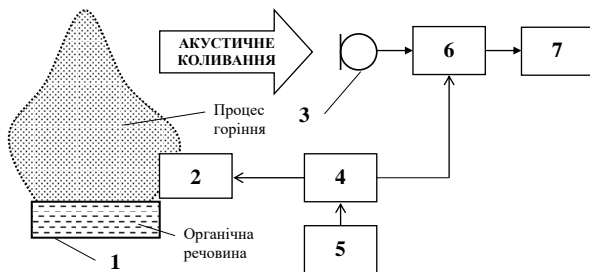


Рисунок 2 – Блок-схема установки дослідження акустичних коливань процесу горіння РОР

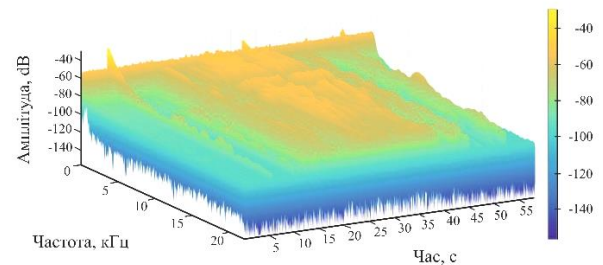


Рисунок 3 – Графік зміни у часі спектра прийнятого акустичного сигналу процесу горіння метанолу

Метод, який запропонований у роботі для діагностики процесів горіння рідких органічних спиртів ($n(C) = 1 \div 8$) та вуглеводнів ($n(C) = 8, 12, 16$), ґрунтується на дослідженні динамічних параметрів процесу, що описуються видом амплітудної модуляції акустичного сигналу ($n(A_m(t))$) та його амплітудно-частотними характеристиками ($n(A_m(f))$), які жорстко пов'язані із особливостями структури нормальних спиртів та їх ізомерів та нормальних вуглеводнів, а також кількістю атомів вуглеводнів – $n(C)$ у каркасі молекул досліджених органічних речовин або величиною молярної маси (M) цих речовин.

Встановлено, що динаміка процесу горіння, тобто залежності кількості максимумів ($n(A_m(t))$ та $n(A_m(f))$) амплітудно-часових та амплітудно-частотних характеристик прийнятого акустичного сигналу при ефекті акустичної емісії, визначається фізичними ($T_{спал.}$, $T_{займ.}$, $T_{с.займ.}$, ΔT , P) та фізико-хімічними термодинамічними параметрами (ΔH_0° , ΔH_r°) процесу і описується лінійними залежностями від $n(C)$ і M органічних речовин.

Методом акустичної емісії вивчено ефект «спалаху», тобто час первинного процесу горіння парів РОР, та встановлено однозначну залежність тривалості даного процесу ($\Delta \tau$) від парціального тиску парів над чистим розчинником та температурою спалаху ($T_{спал.}$) або займання ($T_{займ.}$). Встановлено, що чим більше P і менше $T_{спал.}$ ($T_{займ.}$), тим менше час «спалаху» $\Delta \tau$, тобто тривалість горіння парів 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 розрахував константу α для порівняно короткострокових тимчасових рядів природних явищ як 0,5. На рис. 4 і 5 представлені результати розрахунків показників Херста (H) та фрактальної розмірності D_f .

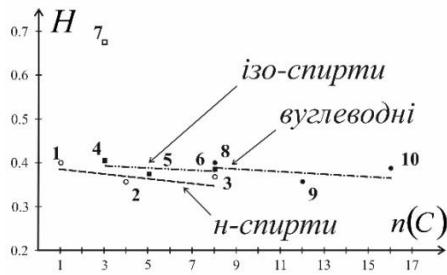


Рисунок 4 – Характер зміни показника Херста (H) амплітудної модуляції акустичного сигналу при ефекті акустичної емісії реакції горіння деяких РОР від їх $n(C)$

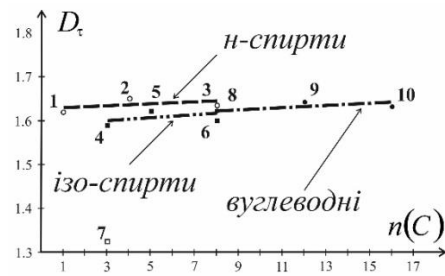


Рисунок 5 – Характер зміни показника фрактальної розмірності (D_f) амплітудної модуляції акустичного сигналу при ефекті акустичної емісії реакції горіння деяких РОР від їх $n(C)$

На рис. 4 і 5 використані наступні позначення РОР: 1 – CH_3OH ; 2 – $n-C_4H_9OH$; 3 – $n-C_8H_{17}OH$; 4 – $ізо-C_3H_7OH$; 5 – $ізо-C_5H_{11}OH$; 6 – $ізо-C_8H_{17}OH$; 7 – C_3H_6O (ацетон); 8 – C_8H_{18} ; 9 – $C_{12}H_{26}$; 10 – $C_{16}H_{34}$.

Практична сталість значень показників H і D_f для вивченого діапазону РОР свідчить про достатній рівень достовірності та надійності отриманих результатів залежності амплітудно-часових та амплітудно-частотних характеристик горіння РОР від фізико-хімічних констант паливної речовини і тому отримані у роботі експериментальні результати можуть бути рекомендовані у якості інформаційного матеріалу для бази даних геоінформаційної системи автоматизованого контролю акустичного простору міста, як складової підсистеми Safe City в системі Smart City, для достовірного виявлення та ідентифікації на території міста джерел масштабних пожеж з РОР.

ЛІТЕРАТУРА

1. Тютюник В.В., Тютюник О.О., Усачов Д.В. Особливості створення системи акустичного моніторингу джерел надзвичайних ситуацій у контексті розвитку концепції «Smart city». *Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека*. Київ: Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту. 2023. № 2(16). С. 58–76. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19263>
2. 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://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/19622>

DETECTION OF LARGE-SCALE FIRES IN THE TERRITORY OF THE CITY BY THE ACOUSTIC SPECTRA OF THE COMBUSTION PROCESS OF LIQUID ORGANIC SUBSTANCES

The report is dedicated to the development of scientific and technical foundations for creating a geographic information system for monitoring large-scale fires. This system is an integral component of the "Safe City" subsystem within the framework of Smart City. The authors have proposed a method for registering spectra of acoustic emissions from fire hotspots in the city area, involving certain rare organic substances, and analyzing the impact of the physicochemical characteristics of these substances on the kinetics of their high-temperature oxidation (combustion).