

Голові спеціалізованої  
вченої ради Д 64.707.04  
Національного університету  
цивільного захисту України

м. Харків, вул. Чернишевська, 94

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу, представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.02.03 – «Цивільний захист» на тему «Інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі на потенційно-небезпечних об'єктах»  
Левтєрова Олександра Антоновича

### 1. Актуальність теми

Велика концентрація потенційно-небезпечних об'єктів, на яких зберігаються, обертаються або утилізуються пожежо-вибухонебезпечні речовини, в окремих регіонах України обумовлює досить велику ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру унаслідок пожежі, що становлять потенційну загрозу як населенню та персоналу цих об'єктів, так і природно-техногенно-соціальному середовищу. Надзвичайні ситуації унаслідок пожежі на потенційно-небезпечних об'єктах (ПНО), що мали місце за останні п'ятнадцять років, підтвердили постійно зростаючі ризики небезпеки населенню та об'єктам економіки, а також засвідчили про здатність значно впливати на стан природно-техногенного середовища, ініціюючи тим самим гострі соціальні відгуки спільноти.

Загально визнаною, з боку світової наукової спільноти, концепцією ефективною протидії існуючій тенденції поширення небезпеки НС унаслідок пожежі на ПНО, є застосування систем раннього виявлення загорянь в осередку НС, як всередині так і зовні ПНО, незважаючи на природу чинників (природний, техногенний, антропогенний характер), що ініціюють небезпеку. За цією ж концепцією ефективними вважаються високопродуктивні, з огляду співвідношення кінцевий результат – сукупність втрат (прямого та вторинного характеру), системи контролю осередку розвитку НС унаслідок пожежі.

Аналіз, за певними критеріями ефективності, існуючих методів протидії, які застосовуються для попередження НС унаслідок пожежі на ПНО показує, що в специфічних умовах експлуатації ПНО, ці методи, в частині ідентифікації осередку НС на початковому етапі поширення небезпеки, малоефективні. Альтернативні методи, що базуються на явищі акустичної емісії, попри їх доведену високу ефективність в інших сферах організації безпеки суспільства, в системах протидії НС унаслідок пожежі на ПНО не використовуються, оскільки складні фізичні процеси та можливості їх застосування в контексті існуючої проблематики цивільного захисту недостатньо досліджені.

Враховуючи це, наукова проблема у сфері цивільного захисту, а саме, створення акустичних інженерно-технічних методів попередження НС унаслідок пожежі на ПНО є актуальною, а її всебічне дослідження та розв'язання є вкрай необхідним в контексті підвищення безпеки суспільства.

Запропонована автором тема досліджень набула актуальності і з погляду на те, що застосування відомих методів та заходів попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі на потенційно-небезпечних об'єктах мало ефективно, у наслідок їх постійної

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ

Вх. №	25
15.06	2020 р.
Кількість аркушів:	
Посл. док.	3 додат. —

появи. Так процес виявлення осередку небезпеки у наслідок пожежі на ПНО має як випадковий, так й техногенний характер.

Все це має місце на тлі прогресуючого технічного розвитку в Україні, що в свою чергу докорінно змінює концепцію розробки та застосування заходів попередження НС у наслідок пожежі.

Незважаючи на постійні зміни в системі ДСНС України, як базовому елементі Єдиної державної системи цивільного захисту, функціональні можливості останньої у вирішенні складної проблеми попередження надзвичайних ситуацій у наслідок пожежі на ПНО, незважаючи на успішне рішення окремих поточних питань, недостатні. Підтвердженням малої ефективності ЄДСЦЗ у цій сфері є той факт, що кількість випадків та постраждалих від надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі на потенційно-небезпечних об'єктах постійно зростає.

У підсумку це вказує, що наукова проблема в сфері цивільного захисту, а саме: створення інженерно-технічних методів попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі на потенційно-небезпечних об'єктах, є своєчасною та актуальною.

Крім того, актуальність дисертаційної роботи визначається тим, що обраний напрямок дослідження відповідає переліку проблем, які були наведені в планах наукової і науково-технічної діяльності ДСНС України на 2016-2020 роки. Підтвердженням актуальності є і те, що дослідження виконувалось в рамках науково-дослідних робіт: "Розроблення технічних пропозицій до системи збирання, накопичення, передачі, оброблення і відображення даних підрозділів обласного та районного рівня, у тому числі віддалених і мобільних абонентських пунктів" (№ ДР 0104U004794), "Розробка програмно-інформаційного комплексу оцінки характеристик надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру" (№ ДР 0109U003072), "Розробка алгоритму моніторингу попередніх факторів надзвичайних ситуацій міських об'єктів підвищеної небезпеки" (№ ДР 0109U003073), "Дослідження умов раннього моніторингу та попередження надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру" (№ ДР 0112U002587), "Розробка моделі прогнозування залучення оперативно-рятувальних підрозділів Харківської області до ліквідації надзвичайних подій" (№ ДР 0116U002010), "Формалізація процесу виникнення та ліквідації надзвичайних ситуацій на території областей України" (№ ДР 0116U002009), "Дослідження шляхів удосконалення моніторингу надзвичайних ситуацій за допомогою безпілотних літальних апаратів" (№ ДР 0117U002005), "Розробка акустичного методу для раннього виявлення джерел загорань" (№ ДР 0118U001009).

## **2. Мета та основна задача дослідження**

З метою розробки інженерно-технічних методів попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі на потенційно-небезпечних об'єктах в інтересах їх не розповсюдження та переростання на більш значні рівні поширення у дисертаційному дослідженні виконано аналіз світових тенденції попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі на потенційно-небезпечних об'єктах у провідних країнах світу та країнах Європи, що розвиваються, розглянуто стан та особливості попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі на потенційно-небезпечних об'єктах.

Розроблено інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру унаслідок пожежі з осередком виникнення всередині й зовні потенційно-небезпечного об'єкту, які засновані на розроблених математичних моделях: ідентифікації акустичних образів небезпеки поширення надзвичайної ситуації унаслідок загорання зовні потенційно-небезпечного об'єкту й ідентифікації акустичних образів небезпеки поширення надзвичайної ситуації унаслідок загорання всередині потенційно-небезпечного об'єкту, що дозволяє визначити умови попередження надзвичайних ситуацій у відповідності до варіантів розв'язання задач розміщення пристроїв контролю, формування акустичних образів небезпек, порівняння акустичних образів осередку

надзвичайних ситуацій. Також, у ході дослідження розроблено лабораторні установки з експериментального дослідження властивостей процесу акустичного випромінювання в осередку надзвичайної ситуації техногенного характеру унаслідок пожежі всередині й зовні потенційно-небезпечного об'єкту, на яких підтверджено достовірність розроблених математичних моделей та ефективність інженерно-технічних методів попередження надзвичайної ситуації.

### **3. Наукова новизна отриманих результатів** полягає в тому, що:

- вперше розроблено математичну модель ідентифікації акустичних образів небезпеки поширення надзвичайної ситуації унаслідок загоряння зовні потенційно-небезпечного об'єкту;

- вперше розроблено математичну модель ідентифікації акустичних образів небезпеки поширення надзвичайної ситуації унаслідок загоряння всередині потенційно-небезпечного об'єкту, що дозволяє визначити умови попередження надзвичайних ситуацій у відповідності до варіантів розв'язання задач розміщення пристроїв контролю, формування акустичних образів небезпек, порівняння акустичних образів осередку надзвичайних ситуацій;

- вперше розроблено інженерно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі з осередком виникнення всередині потенційно-небезпечного об'єкту, що дозволяє скоротити кількість інтегральних наслідків надзвичайної ситуації та недопущення переростання останніх на більший рівень поширення небезпеки;

- вперше розроблено інженерно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру унаслідок пожежі з осередком виникнення зовні потенційно-небезпечного об'єкту, що дозволяє скоротити кількість інтегральних наслідків надзвичайної ситуації та недопущення переростання останньої на міський рівень поширення небезпеки;

- вперше створено оригінальні лабораторні установки з експериментального дослідження властивостей процесу акустичного випромінювання в осередку надзвичайної ситуації техногенного характеру унаслідок пожежі всередині та зовні потенційно-небезпечного об'єкту, на якій підтверджено достовірність розробленої математичної моделі та ефективність інженерно-технічного методу попередження надзвичайної ситуації.

### **4. Структура та об'єм дисертації**

По структурі дисертаційна робота є рукописом на 311 сторінках машинописного тексту, яка складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, шести розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел з 287 найменувань, 2-х додатків. Включає 15 таблиць та 91 ілюстрацію.

**Вступ** розкриває основні положення та надає загальну характеристику роботи.

**Перший розділ** містить огляд літературних джерел та присвячено аналізу аварій, катастроф та інших надзвичайних ситуацій, що відбуваються на потенційно-небезпечних об'єктах, які супроводжуються загоряннями, вибухами і пожежами. Останні (вибухи, пожежі та загоряння) мають чітко виражені місця розташування, а саме всередині потенційно-небезпечних об'єктах або зовні. Для попередження надзвичайної ситуації унаслідок пожежі використовують термічні, діелектричні, оптичні, хімічні, акустичні, барометричні, іонізаційні, магнітоелектричні та інші методи виявлення осередків загорянь. З метою підвищення ефективності останніх системи попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі з осередком всередині потенційно-небезпечного об'єкта використовують не менш 3-4 наведених методів одночасно. Системи попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі з осередком зовні потенційно-небезпечного об'єкта використовують різні безпілотні літальні апарати, на яких реалізовані методи дистанційного виявлення осередку загорянь. Зазначений шлях

підвищення ефективності системами попередження надзвичайної ситуації унаслідок пожежі з осередком всередині потенційно-небезпечних об'єктів з використанням більш 2-3 методів одночасно призводить, у свою чергу, до появи помилок узгодження, та фактично нівелює затрачені зусилля. Системи попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожеж з осередком зовні потенційно-небезпечного об'єкта у масовому використанні на теренах України практично відсутні. Наведене свідчить про нагальність запропонованих досліджень та обґрунтованість щодо вибору підходів до їх здійснення у вигляді всебічного розгляду процесів акустичної емісії процесу попередження НС унаслідок пожежі на ПНО.

**У другому розділі** визначено основні закономірності виникнення й протікання надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі на потенційно-небезпечних об'єктах та розглянуто основні характеристики функціональної спроможності інженерно-технічної бази вітчизняної системи попередження надзвичайних ситуацій подібного характеру.

Доведено, що надзвичайні ситуації техногенного характеру унаслідок пожежі на потенційно-небезпечних об'єктах за природою виникнення ініціюючих чинників небезпеки поділяються на дві групи: внутрішні, де домінуючими є чинники техногенного походження, і зовнішні, де домінуючими є чинники природного походження. Останнє обумовлює розробку в подальшому методів попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі на ПНО, враховуючи особливості природи виникнення ініціюючих чинників.

Визначено, що стан та особливості попередження НС унаслідок пожежі на ПНО України повністю визначається вітчизняною інженерно-технічною базою із застосуванням хіміко-аналітичних, оптоелектронних, термо-хвильових, газодисперсних, іонізуючих та електро-магнітних приладів. Акустичні прилади, що мають великий потенціал для попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі, на потенційно-небезпечних об'єктах не застосовуються.

З цього випливає, що рішенням першої та другої наукових задач дисертаційного дослідження стало визначення підходів до розв'язання нової як за темою, так і за об'єктом та предметом дослідження наукової проблеми цивільного захисту, а саме – попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі на ПНО за рахунок розробки та застосування інноваційних інженерно-технічних методів, які спираються на можливості процесу акустичної емісії.

**У третьому розділі** здобувачем розроблено інженерно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі з осередком загоряння всередині потенційно-небезпечного об'єкта. Для цього він спочатку обґрунтував основні припущення, рівняння зв'язку між керованими та некерованими змінними та надалі розробив математичну модель ідентифікації акустичних образів унаслідок загоряння всередині потенційно-небезпечного об'єкта. Зазначив, що генерації акустичних коливань в процесі прояву й розвитку НС унаслідок пожежі всередині ПНО є фізичний процес відкритого горіння відкритої термодинамічної системи, що характеризується амплітудно-частотною характеристикою з енергетичним показником. Здобувачем було враховано, що акустичний образ осередку унаслідок пожежі на ПНО має коефіцієнти впливу некерованих змінних на характеристики акустичного спектру. Довів, що найбільшу практичну цінність являє встановлення характерних частотних областей спектрів для ідентифікації досліджуваних матеріалів, де відносна амплітуда акустичної емісії максимальна, тобто відповідає максимальній термодеструкції речовини, що горить (можливого поширенню НС при пожежі). Для ідентифікації осередку НС запропонував фрактальний механізм дослідження акустичних образів та розрахував коефіцієнти еталонів небезпек унаслідок пожежі. Зазначив, що математична модель, являє собою систему з трьох аналітичних залежностей. Перша описує залежність інтегрального наслідку надзвичайної ситуації від площі й температури осередку та часу розвитку небезпеки. Друга встановлює залежність акустичного спектру осередку надзвичайної

ситуації від площі й температури осередку, та часу розвитку небезпеки. Третя дозволяє визначити відповідність інтегрального показника й акустичного образу акустичних спектрів осередку надзвичайної ситуації.

Далі здобувач послідовно сформував керуючий алгоритм інженерно-технічного методу, призначений для попередження НС унаслідок пожежі на ПНО за інтегральним наслідком і недопущення переростання на міський рівень поширення небезпеки, який має забезпечені властивості: дискретність за рахунок високого рівня деталізації процесу, зрозумілість, визначеність, результативність, масовість. Також здобувачем надано опис процедур реалізації цього алгоритму.

Використання зазначеного алгоритму та процедур дозволяє скоротити час виявлення НС унаслідок пожежі на ПНО та прийняття управлінських рішень, що у підсумку дозволяє попередити переростання НС на більш значні рівні.

**Четвертий розділ** присвячено розробці інженерно-технічного методу попередження надзвичайних ситуацій з осередком виникнення зовні потенційно-небезпечного об'єкту. Для цього здобувачем було розроблено математичну модель ідентифікації акустичних образів небезпеки поширення НС унаслідок загоряння зовні ПНО. Здобувач визначив, що виникнення надзвичайної ситуації унаслідок пожежі зовні ПНО характеризується додатковими чинниками впливу на акустичний образ осередку НС, змінними за часом компонентами природного та антропогенно-техногенного характеру, й чинниками природного характеру, які дестабілізують розміщення пристрою з формування акустичного спектру. Зазначено, що відображення акустичного образу від дії чинників природного і техногенного характеру викривляються. Для компенсації викривлення образів, посилення акустичного сигналу сформульовано завдання формування діапазону роботи когнітивного робота контролю, процедури стабілізації системи пристроїв формування акустичного образу осередку НС.

Доведено, що зовні ПНО найбільшу небезпеку складають компоненти техногенного навантаження осередку НС в стані рідини.

Зазначено, що є зв'язок між керованою змінною та некерованими змінними (площею, температурою, часом поширення небезпеки об'єктового рівня НС, що залежить від лінійної швидкості поширення горіння в осередку НС). Розвиток НС унаслідок пожежі зовні ПНО принципово не відрізняється від розглянутого раніше з пожежею всередині ПНО (в розділі 3), отже, задача попередження НС унаслідок пожежі зовні ПНО для складних рівнів поширення небезпеки і у цьому випадку, немає рішення в рамках інженерно-технічного підходу з використанням акустичних засобів.

При поширенні НС в умовах радіоперешкод контроль ситуації ґрунтується на бездротовому принципі передавання команд, у тому числі й акустичних, в діапазоні частот від 100 до 3500 Гц. При цьому використовується поняття ентропії фрейму, дискретне перетворення Фур'є та MEL-перетворення, що дозволяє значно скоротити час обробки модулем ідентифікації команд і підвищити швидкодію системи та ефективність застосування акустичних команд в умовах потужних радіоперешкод. При керуванні такого типу є можливість застосувати підхід автономного адаптивного керування координат осередку НС, при цьому на основі мереж нейроподібних елементів, визначаються за допомогою евристичних алгоритмів (ЕА).

В ході розв'язання окремої задачі ідентифікації акустичних образів небезпеки поширення НС унаслідок загоряння зовні ПНО доведено, що формування акустичних образів здійснюється шляхом розгляду випадкового процесу горіння рідких легкозаймистих речовин (нафти, її похідних та спиртів). Еталони характеристик акустичних образів, отриманих при дослідженні процесу горіння обраних легкозаймистих речовин, доповнюють базу еталонів акустичних образів горіння целюлозо-містких компонент техногенного навантаження всередині ПНО. Обробка сигналів ЕА, що супроводжують хімічні реакції горіння дослідних зразків легкозаймистих речовин техногенного навантаження осередку, будується на умові існування часового ряду,

отриманого як безліч спостережуваних значень фізичних величин, що реєструються за часом. Виконується аналіз кожного зареєстрованого часового ряду відповідно до алгоритму.

Доведено, що показник Херста залежить від будови молекул палаючої речовини в осередку НС, вмісту в ньому різного виду вуглеводнів, гідроксильних та карбонільних груп та від особливостей вмісту кожної горючої суміші, який, головним чином, визначає її випаровуваність.

Підсумовуючи наведене зазначено, що отримана сукупність часових рядів амплітудно-частотних характеристик параметрів акустичної емісії, що генерується при горінні компонент рідинного техногенного навантаження осередку НС, та доведена принципова можливість ідентифікації отриманих акустичних образів для рішення задачі зовні ПНО з використанням евристичних алгоритмів.

Доведено, що порівняння акустичних образів небезпек осередку НС засновано на накопичених даних у вигляді елементів нечітких множин за двома чинниками: головним – число характерних частот та допоміжним – фрактальні розмірності. Порівняння здійснювалося шляхом пошуку перетинання двох множин – зовнішніх (прийнятих) та еталонних акустичних сигналів. В якості критерію оптимальності при порівнянні сигналу осередку НС здобувачем запропоновано використання евристичного алгоритму.

Далі було розроблено керуючий алгоритм інженерно-технічного методу попередження НС унаслідок пожежі зовні ПНО, що реалізує відповідну розроблену математичну модель в 3-х ієрархічних рівнях, об'єднаних прямими й зворотними логічними зв'язками. У ході дослідження сформовано інженерно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій з осередком виникнення зовні потенційно-небезпечного об'єкту. Метод призначено для попередження НС за інтегральним наслідком та недопущення переростання останньої на міський рівень поширення небезпеки та має забезпечені властивості: дискретність за рахунок високого рівня деталізації процесу, зрозумілість, визначеність, результативність.

Використання методу передбачає збір, систематизацію даних та їх формалізацію; розв'язання задачі з формування діапазону застосування когнітивного робота контролю небезпеки поширення НС; задачі з формування акустичних образів небезпек зовні об'єкту; задачі порівняння акустичних образів зовні об'єкту з еталоном небезпек з використанням евристичних алгоритмів; застосування процедури стабілізації системи пристроїв формування акустичного образу осередку НС зовні об'єкту; процедури компенсації викривлення акустичного спектру осередку НС; процедури посилення акустичного спектру осередку НС; прийняття управляючого рішення про застосування штатних засобів контролю горіння в осередку НС зовні ПНО.

**П'ятий розділ** присвячено перевірці достовірності розроблених математичних моделей та інженерно-технічних методів. Здобувачем розроблено методики проведення дослідження та лабораторні установки, перевірено достовірність отриманих результатів експериментів, розроблених математичних моделей та інженерно-технічних методів попередження НС унаслідок пожежі всередині та зовні ПНО.

З метою визначення параметрів акустичних образів в осередку поширення НС використані експериментальні зразки твердих (однакової маси) та рідких (однакового об'єму) горючих речовин найбільш поширеного переліку компонент техногенного навантаження, як всередині, так і зовні ПНО. Сигнал з осередку НС реєструвався за одних зовнішніх умов. Здобувачем було підтверджено нормальний закону розподілу щільності ймовірностей результатів спостережень при невеликій їх кількості згідно розподілу Стюдента, котрим перевіряється достовірність інженерно-технічного методу. Перевірка достовірності результатів включала: позбавлення відомих систематичних похибок; обчислювання середньо-арифметичного значення виправлених результатів спостережень; оцінювання розсіювання одиничних результатів спостережень в групі щодо середнього їх значення; обчислювання середнього відхилення результату вимірювання; перевірку

приналежності нормальному розподілу; обчислювання довірчого інтервалу для математичного очікування випадкової величини з заданою надійністю. Доведено для усіх виконаних розрахунків показника Херста нормальний закон розподілу результатів.

У разі застосування інженерно-технічного методу попередження НС всередині та зовні ПНО результати розрахунків непрямих вимірювань сигналів акустичних образів при горінні рідинних та целюлозо-містких компонент техногенного навантаження із заданою (0,95) вірогідністю знаходяться в довірчому інтервалі.

Таким чином, здобувачем доведено, що результати натурних експериментів співпадають з результатами імітаційних, укладаються в довірчі інтервали, розраховані з надійністю 0,95 за критерієм Стьюдента, що підтверджує достовірність та надійність розроблених математичних моделей, а також достовірність та ефективність інженерно-технічних методів попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі, як всередині, так і зовні потенційно-небезпечного об'єкту.

**Шостий розділ** присвячено пропозиціям, щодо впровадження розроблених математичних моделей та інженерно-технічних методів. Здобувачем сформовані пропозиції використання розроблених математичних моделей і методів їх реалізації в умовах попередження НС всередині і зовні контрольованих об'єктів при підготовці особового складу аварійно-рятувальних підрозділів ПНО до виконання дій за призначенням та при забезпеченні інформаційної підтримки ефективних оперативно-тактичних рішень з попередження НС унаслідок пожежі. Критерієм ефективності підготовки особового складу аварійно-рятувальних підрозділів є відсоток помилкових рішень під час організації та забезпеченні заходів з протидії НС. Зменшити частку помилкових рішень можливо використовуючи розроблену багаторівневу систему прикладного тактико-методичного комп'ютерного забезпечення, яка використовує акустичні явища в процесі горіння для аналізу ситуації, характеристик контрольованого об'єкта та способів попередження розширення НС.

Для відпрацювання оперативно-тактичних дій на сформованих (внесених в базу даних) ПНО розроблена методика покрокової підготовки особового складу аварійно-рятувальних підрозділів до протидії поширенню НС: фіксація інформаційних повідомлень про місце та характеристики об'єкту; формування характеристик компонент техногенного навантаження об'єкта; формування характеристик засобів ідентифікації осередку НС та активного впливу з метою їх попередження; оцінка показників ефективності дій керівника з попередження НС.

Запропонована система тактико-методичного комп'ютерного забезпечення, яка дозволяє порівняти дії людини і комп'ютера, як за якісними, так і за кількісними показниками. Для забезпечення підготовки особового складу аварійно-рятувальних підрозділів ПНО до виконання дій за призначенням всередині об'єкту пропонується впровадження розроблених математичних моделей та інженерно-технічних методів для підготовки та підвищення рівня кваліфікації керівників з ліквідації НС у вигляді програмного забезпечення на окремих персональних комп'ютерах, так і з використанням стаціонарних комп'ютерних систем. Здобувачем зазначено, що система орієнтована, безпосередньо, на особовий склад оперативних ланок пожежно-рятувальних підрозділів місцевого рівня підпорядкування, які у переважній більшості і проводять заходи з попередження надзвичайних ситуацій зовні ПНО. Для відпрацювання оперативно-тактичних дій на сформованій багатофункціональній системі підтримки ефективних оперативно-тактичних рішень, розроблена методика покрокової підготовки особового складу аварійно-рятувальних підрозділів до протидії поширенню НС унаслідок пожежі зовні ПНО.

**У загальних висновках** визначено, що в дисертації запропоновано вирішення важливої наукової проблеми у сфері цивільного захисту, а саме – розроблено два нових інженерно-технічних метода попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі на ПНО в інтересах недопущення їх розповсюдження та переростання на більш значні рівні

поширення. За результатами виконаної роботи сформульовані 6 висновків, які загалом відображають зміст роботи і відповідають поставленим задачам та отриманим результатам.

### **5. Значимість для науки та практики результатів дослідження**

Дослідження здобувача в дисертаційній роботі мають явно виражене науково-прикладне значення, яке полягає у створенні алгоритмів реалізації інженерно-технічних методів попередження надзвичайних ситуацій унаслідок пожежі на потенційно-небезпечних об'єктах і відповідних процедур їх виконання реалізованих у вигляді систем раннього виявлення осередку небезпеки за акустичним образом та управлінських рішень по недопущенню переростання НС на більший рівень небезпеки, які засновані на акустичних образах небезпек.

Використання спектрально-фрактального аналізу та управлінських рішень по недопущенню переростання НС на більший рівень небезпек дозволило: скоротити час ідентифікації осередку загоряння та час необхідний на прийняття відповідних управлінських рішень, що дозволяє запобігти розростання надзвичайної ситуації унаслідок пожежі на ПНО на більш значний рівень небезпек.

Результати наукових досліджень застосовані в практичну діяльність Єдиної державної системи цивільного захисту України, а саме в практичній діяльності Кранокутського районного сектору ГУ ДСНС України у Харківській області та в практичній діяльності НДПК та ТІ мікрографії й дослідно-випробувальній лабораторії АРЗ СП ГУ ДСНС України у Харківській області.

### **6. Оформлення дисертації, автореферату та апробація результатів дослідження**

Дисертація і реферат написані грамотно. Автореферат за змістом відображає основні положення дисертації, її структуру. Стиль викладу забезпечує наочність і доступність сприйняття.

Матеріали дисертації досить повно викладені в роботах здобувача, а також доповідались на 18 науково-технічних та науково-практичних конференціях, серед яких доцільно виділити міжнародні науково-технічні конференції: «Информационные управляющие системы и технологии» (ИУСТ-Одесса-2018), "Чрезвычайные ситуации и проблемы безопасности" (Баку, Азербайджан, 2018), Третя міжнародна науково-технічна конференція «Комп'ютерні та інформаційні системи і технології» (Харків: ХНУРЕ, 2019), «Сучасні напрями розвитку інформаційно-комунікаційних технологій та засобів управління», 9 міжнародна науково-технічна конференція (Баку-Харків-Жиліна, 2019), «Проблеми техногенно-екологічної безпеки: освіта, наука, практика» (Харків, НУЦЗУ, 2019), III Международная заочная научно-практическая конференция (Беларусь, Минск, 2019), Международная научно-практическая конференция «PRIORITY DIRECTIONS OF SCIENCE DEVELOPMENT» (Украина, Львов, 2019), VII міжнародна науково-технічна конференція (Черкаси-Харків-Баку-Бельсько-Бяла, 2019), Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 150-річчю з дня народження Заслуженого професора М.С. Бокаріуса (Харків, 2019).

### **7. Загальні зауваження по дисертації**

Незважаючи на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, слід зазначити деякі зауваження.

1. З огляду на те, що робота виконана на перетині декількох наукових напрямків, автору слід було б у вступній частині присвятити декілька сторінок трактуванню фундаментальних принципів акустики, елементам теорії горіння, сучасним методам аналізу сигналів, які апріорі присутні при розв'язанні завдань, які виконував автор.

2. В тексті дисертації детально викладаються переваги методу неруйнівного контролю міцності матеріалів, будівель, комунікації та широта його використання. Однак



не наведено перелік фундаментальних основ цього методу та принципові відрізнєння і особливості методу використання акустичних випромінювань для виявлення та ідентифікації горючої речовини в зоні можливого розвитку НС, розробленого автором.

3. Весь акустичний інструментарій, без якого неможливо було б організувати експериментальні дослідження, проведені автором, розглядається під час опису проведеного експерименту побіжно, як такий, що сам собою зрозумілий.

4. Результати досліджень, отримані автором, засвідчують про безпосереднє використання ним потужного інструменту в наукових дослідженнях – спектрального Фур'є-аналізу. Однак, на жаль в тексті роботи подається тільки їх прикінцевий результат у вигляді характерних частот акустичного спектру для фіксації факту виникнення осередку загоряння. Не наведено послідовного алгоритму математичних та програмних дій (як при визначенні показника Херста).

5. В роботі не розглянуті окремі існуючі можливості в дослідженні на базі аналізу інтенсивності, активізації та згасання процесу горіння, зокрема це стосується енергетичного показника акустичних випромінювань.

6. Було б доцільно виділити в окремі складові тексту роботи опис розробленого автором методу використання явища генерування акустичних хвиль матеріалом, що горить, та опис фрактального і спектрального аналізів акустичних образів досліджуваних експериментально речовин.

7. Межі дослідження декілька звужені розв'язанням окремих задач формування математичних моделей інженерно-технічних методів, які направлені на вирішення завдань прикладного характеру з попередження НС відповідного типу.

8. У тексті дисертації та авторефераті зустрічаються стилістичні та орфографічні помилки.

Зауваження, позначені вище, не впливають на позитивну оцінку дисертаційних досліджень, які являють собою завершену наукову роботу, в якій викладено науково обґрунтовані інноваційні рішення актуальної наукової проблеми, що мають актуальне значення для практичного застосування у сфері цивільного захисту.

Зміст дисертації відповідає спеціальності 21.02.03 – Цивільний захист.

За рівнем актуальності, наукової новизни та практичної значимості дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567 зі змінами, які пред'являються до докторських дисертацій, а її автор, Левтеров Олександр Антонович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук.

Офіційний опонент

Доктор фізико-математичних наук, професор  
Декан факультету кібербезпеки,  
комп'ютерної та програмної інженерії  
Національного авіаційного університету

*О. В. Азаренко*

О. В. Азаренко

