

Голові спеціалізованої  
вченої ради Д 64.707.04  
Національного університету  
цивільного захисту України  
вул. Чернишевська, 94, Харків,  
61023

## ВІДГУК

офіційного опонента **КАРБИНА Василя Васильовича** 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 техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури за допомогою оперативного контролю стану повітряного середовища», яку виконав **МЕЛЕЦЕНКО Руслан Геннадійович**.

### **Актуальність теми дисертаційного дослідження.**

Ефективною парадигмою протидії існуючій тенденції зростання кількості надзвичайних ситуацій (НС) техногенного характеру є застосування систем раннього виявлення об'єктів небезпеки. При цьому, об'єкти можливої небезпеки діють на об'єкти впливу через повітряне середовище. Тому важливою інформацією щодо попередження НС техногенного характеру є стан повітряного середовища в приміщеннях, на території об'єктів критичної інфраструктури (ОКІ) та за межами таких об'єктів. Завдяки цьому оперативний контроль стану повітряного середовища дає змогу виявляти дієві передвісники НС, пов'язані із об'єктами небезпеки щодо загорянь, вибухів та токсичною небезпекою внаслідок забруднення атмосферного повітря понад граничнодопустимих концентрацій (ГДК). Складність використання стану повітряного середовища в якості передвісника появи об'єктів небезпеки зумовлено тим, що повітряне середовище в умовах появи об'єктів небезпеки є складною нелінійною динамічною системою, яка характеризується властивостями дисипації та самоорганізації. У такій системі класичні методи не дають змоги виявляти динаміку станів, оскільки здебільшого ґрунтуються на лінійних принципах, які зазвичай порушуються. Це призводить до помилкових уявлень про реальну динаміку стану повітряного середовища при появі об'єктів небезпеки. Однак, характер динаміки стану повітряного середовища при появі об'єкту небезпеки має першорядне значення для попередження НС, які пов'язані з ураженням і загибеллю людей, руйнуванням технологічного обладнання та агрегатів, викидів небезпечних речовин в атмосферне повітря.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ	
Вх. №	43
	19.04.2021 р.
Кількість аркушів:	
Осн. док.	7 додат. -

Таким чином актуальність теми дисертаційної роботи безперечна та має важливе значення державного рівня.

**Основні наукові положення, висновки рекомендації, що сформульовані у дисертації, ступінь їх обґрунтованості і достовірності.**

Робота виконувалася в рамках Стратегії національної безпеки України, затвердженої Указом Президента України від 26.05.2015 року № 287/2015, Державної програми «Енергетична стратегія України на період до 2030 року», затвердженої постановою Кабінету Міністрів України № 145-р від 15.03.2006 року, відповідно до Розпорядження КМУ від 27 квітня 2011 року № 368-р «Про схвалення Концепції Загальнодержавної цільової соціальної програми захисту населення і території від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2012-2016 роки» та «Стратегії реформування системи Державної служби з надзвичайних ситуацій», схваленої Розпорядженням КМУ від 25 січня 2017 р. № 61-р. Наукові дослідження за темою дисертації виконувалися у відповідності до Тематичних планів на 2015-2020 рр. прикладних науково-дослідних робіт Національного університету цивільного захисту України, зокрема «Запобігання надзвичайним ситуаціям техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури шляхом раннього виявлення загроз» (№ ДР 0119U001008). Здобувач був відповідальним виконавцем цієї науково-дослідної роботи.

**Наукова новизна дисертаційної роботи:**

1. Вперше розроблено математичну модель попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру внаслідок пожеж (вибухів), яка базується на поточних показниках фрактальності прирощень стану повітряного середовища при загоряннях у приміщеннях.

2. Вперше розроблено математичну модель попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру зумовлених катастрофічним забрудненням атмосферного повітря на території впливу об'єктів критичної інфраструктури з урахуванням ризику для здоров'я людини.

3. Вперше розроблено інженерно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру внаслідок пожеж (вибухів) за допомогою оперативного контролю стану повітряного середовища приміщень об'єктів критичної інфраструктури, який дає змогу на ранньому етапі виявляти загоряння та їх локалізувати.

4. Вперше розроблено інженерно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру спричинених катастрофічним забрудненням атмосферного повітря, який дає змогу попередити появу ризику здоров'ю населення понад величину прийнятого допустимого індивідуального ризику та не допустити виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних з наявністю в атмосферному повітрі шкідливих речовин, небезпечних для людини.

5. Вперше розроблено наукові основи комплексної системи оперативного контролю та управління станом повітряного середовища в приміщеннях та на території поблизу об'єктів критичної інфраструктури.

### **Практичне значення отриманих результатів.**

Розроблені нові підходи до попередження НС техногенного характеру внаслідок пожеж у приміщеннях ОКІ та наявності в атмосферному повітрі шкідливих речовин на території та поблизу таких об'єктів, де визначальним є використання результатів реальних вимірювань тільки концентрації небезпечних факторів пожежі у повітряному середовищі приміщень та шкідливих речовин в атмосферному повітрі. Розроблено практичні алгоритми щодо реалізації запропонованих інженерно-технічних методів попередження НС техногенного характеру на основі використання широкого кола сучасних програмованих мікропроцесорів. За умови використання запропонованих алгоритмів на базі мікропроцесорів класу Arduino розроблено комплексну систему оперативного контролю та управління станом повітряного середовища в приміщеннях та на території (поблизу) ОКІ. Використання зазначеної системи дає змогу на практиці здійснювати попередження виникнення НС внаслідок пожеж в приміщеннях ОКІ та наявності в атмосферному повітрі шкідливих речовин понад ГДК на території та поблизу таких об'єктів з метою недопущення або зменшення числа постраждалих та загиблих людей, зниження матеріальних втрат, а також забезпечення безпечного та безперебійного функціонування стратегічних об'єктів держави.

Результати дисертаційного дослідження використані в практичній діяльності Єдиної державної системи цивільного захисту України в ході пілотного впровадження на об'єкті критичної інфраструктури Шебелинському відділенні з переробки газоконденсату та нафти АТ «Укргазвидобування» (Акт впровадження від 12.10.2020 року), ТОВ «Хладпром» (Акт впровадження від 16.10.2020 року), які знаходяться в зоні відповідальності ГУ ДСНС України в Харківській області та в навчальний процес Львівського державного університету безпеки життєдіяльності (Акт впровадження від 20.10.2020 року).

### **Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях.**

За темою дисертації опубліковано 44 роботи, з яких 1 монографія, 13 статей в спеціалізованих виданнях, 15 публікацій у виданнях, які входять до міжнародних наукометричних баз даних, тезах 12 конференцій.

### **Аналіз змісту дисертації.**

Дисертаційна робота загальним обсягом 378 аркушів складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел із 480 найменувань та додатків, включає 76 рисунків і 4 таблиці.

У вступі обґрунтована актуальність напрямку досліджень за обраною темою; зазначено зв'язок роботи з науковими програмами; сформульована мета і завдання наукового дослідження; розкрита наукова новизна отриманих результатів і практична цінність роботи; наведені дані про особистий внесок здобувача і апробацію результатів дисертації.

У першому розділі здійснено аналіз світових тенденцій реагування та попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на небезпечних об'єктах. З'ясовано що головною причиною більшості НС є пожежі, а ефективним принципом попередження НС техногенного характеру є застосування активних систем безпеки, заснованих на використанні сенсорів, які відстежують стан небезпечного об'єкта і виявляють передумови виникнення аварійних ситуацій.

У другому розділі розглянуто стан та особливості процесу попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури. Здійснено системний аналіз виникнення НС техногенного характеру, який дав змогу встановити, що повітряне середовище виконує функції передачі впливу від об'єкта небезпеки до відповідного ОКІ та формує складну нелінійну динамічну систему, яка може додатково змінювати функції передачі впливів від небезпечних об'єктів. Водночас, більшість відомих методів та засоби попередження надзвичайних ситуацій розглядають повітря як лінійну систему. Обґрунтовано доцільність застосування методів нелінійної динаміки, а саме методів RP та RQA при вивченні повітря, як нелінійної динамічної системи з метою попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру.

У третьому розділі розроблено інженерно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру внаслідок пожеж (вибухів) за допомогою оперативного контролю стану повітряного середовища приміщень об'єктів критичної інфраструктури, який дає змогу на ранньому етапі виявляти загоряння та не допускати їх подальше переростання в надзвичайні ситуації. Метод базується на розробленій здобувачем математичній моделі поточних показників фрактальності станів повітряного середовища при загоряннях у приміщеннях ОКІ, які визначаються поточними мірами KP та PC щодо вектору не самого стану, а природи станів. При цьому чисельні значення зазначених мір, які обчислюються на основі реальних вимірювань та порівнюються з відповідними порогами, дають змогу у реальному часі виявляти початок розвитку небезпечного стану повітряного середовища, пов'язаного із загоряннями, та попереджати виникнення НС внаслідок пожеж у приміщеннях ОКІ. Розроблено керуючий алгоритм інженерно-технічного методу попередження НС техногенного характеру, який реалізує математичну модель з метою прийняття рішення щодо необхідних рівнів попередження НС.

На базі розроблених математичної моделі та керуючого алгоритму створено інженерно-технічний метод, який призначено для попередження НС техногенного характеру внаслідок пожеж у приміщеннях ОКІ на основі контролю поточних показників фрактальності у вигляді KP та PC щодо вимірюваного вектору природи станів повітряного середовища у приміщеннях. Розроблено процедури застосування методу У цілому, створений здобувачем інженерно-технічний метод на відміну від відомих дає змогу забезпечувати раннє виявлення загорань та попередження НС техногенного характеру у приміщеннях ОКІ різного призначення.

У четвертому розділі розроблено інженерно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру зумовлених наявністю в атмосферному повітрі шкідливих речовин у зоні впливу об'єктів критичної інфраструктури та комунікативні моделі бездротового середовища. Інженерно-технічний метод розроблено на основі створеної здобувачем математичної моделі попередження НС техногенного характеру, зумовлених наявністю в атмосферному повітрі шкідливих речовин на території або поблизу ОКІ з урахуванням ризику здоров'ю людини. Для розробки нової математичної моделі здобувач запропонував нетрадиційний підхід щодо представлення забруднення атмосферного повітря у вигляді складної динамічної системи, стан якої не є спостережливим та залежить як від викидів шкідливих речовин, так і поточних метеорологічних та інших параметрів атмосферного повітря. Розроблений новий інженерно-технічний метод попередження НС техногенного характеру внаслідок наявності в атмосферному повітрі шкідливих речовин на території (поблизу) ОКІ призначений для попередження виникнення небезпеки здоров'ю людей понад рівень допустимого індивідуального ризику. Розроблено процедури застосування інженерно-технічного методу та запропоновані моделі бездротового середовища, які дають змогу досліджувати комунікаційні можливості на фізичному рівні у випадку реалізації розроблених інженерно-технічних методів попередження НС техногенного характеру за допомогою оперативного контролю стану повітряного середовища в приміщеннях та на території (поблизу) ОКІ, на основі використання безпілотних самохідних платформ.

У п'ятому розділі представлено результати перевірки достовірності розроблених математичних моделей та інженерно-технічних методів. Зокрема, представлено результати перевірки розроблених мір кореляцій та взаємних кореляцій на інтервалі для флуктуацій основних небезпечних факторів повітряного середовища при ранньому загорянні, математичної моделі поточних показників фрактальності щодо вектору прирощень станів повітряного середовища при загоряннях у приміщеннях ОКІ та інженерно-технічного методу попередження НС техногенного характеру внаслідок пожеж (вибухів) за допомогою оперативного контролю стану повітряного середовища приміщень ОКІ, математичної моделі, яка визначається обчисленням  $RP$ , чисельними мірами динаміки  $PC$  забрудненого атмосферного повітря та відповідним ризиком здоров'ю людей, а також запропонованого інженерно-технічного методу попередження НС техногенного характеру зумовлених наявністю в атмосферному повітрі шкідливих речовин на території (поблизу) ОКІ. Перевірка здійснена на основі результатів експериментальних досліджень.

У шостому розділі запропоновано варіанти впровадження розроблених інженерно-технічних методів попередження НС техногенного характеру внаслідок пожеж (вибухів) у приміщеннях та наявності в атмосферному

повітрі шкідливих речовин у зоні впливу об'єктів критичної інфраструктури. Запропоновано комплексну систему оперативного контролю та управління станом повітряного середовища в приміщеннях та атмосферному повітрі як на території, так і поблизу ОКІ з метою попередження і недопущення відповідних НС.

У висновках підсумовано отримані результати дисертаційного дослідження. Вони представлені у вигляді розгорнутих та обґрунтованих наукових тверджень, які логічно випливають з основного тексту дисертації.

**Достовірність** отриманих здобувачем результатів дисертаційного дослідження забезпечено ґрунтовним аналізом інформаційних джерел і нормативної бази, коректністю постановки наукових задач, обґрунтованістю теоретичних припущень, строгістю математичних викладок, надійністю використаних методів розв'язання, порівняльним аналізом результатів численних розрахунків та її експериментальних даних, широкою апробацією результатів дисертаційного дослідження.

Здобувач системно використав теоретичні та практичні методи досліджень, а саме методи математичного та імітаційного моделювання, системного аналізу, теорії ймовірностей, математичної статистики, теорії нелінійної динаміки, фрактального та рекурентного аналізу, а також мір рекурентних станів.

Теоретичні висновки не суперечать сучасним уявленням про досліджувані системи і технології, які отримані з використанням методів математичного та імітаційного моделювання, методів системного аналізу, теорії ймовірностей, математичної статистики, теорії нелінійної динаміки, фрактального та рекурентного аналізу, а також мір рекурентних станів.

У процесі підготовки дисертаційної роботи було опрацьовано 480 наукових джерел, з них понад 100 джерел опубліковані в останні п'ять років. Все це дає основу для ствердження, що наукові положення дисертації в достатній мірі обґрунтовані та достовірні.

Все це дає змогу стверджувати, що наукові положення дисертації в достатній мірі обґрунтовані та правильні.

Зміст автореферату відображає основні положення дисертаційної роботи та її структуру.

Поряд із загальним позитивним враженням від дисертаційної роботи слід зазначити ряд **зауважень**.

1. При аналізі надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури, в розділі 1 слід було б ширше розкрити тему існуючих систем запобігання або попередження НС ТХ, визначити її основні проблемні моменти.

2. Відсутність в дисертації чіткого визначення процесу попередження значно ускладнює розуміння того, які саме якісні і кількісні критерії використовуються для оцінки ефективності такого процесу.

3. Перша математична модель не відображена у інженерно-технічному методі попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру

внаслідок пожеж (вибухів) за допомогою оперативного контролю стану повітряного середовища приміщень об'єктів критичної інфраструктури

4. Одним з ключових аспектів другої математичної моделі є показники фрактальності природних станів щодо небезпечних факторів повітряного середовища в приміщеннях об'єктів критичної інфраструктури, проте в алгоритмі відповідного інженерно-технічного методу процедура обчислення цих значень не наводиться.

5. У дисертації також є деякі технічні помилки і неточності перекладу, наприклад на рис. 4.3 – 4.9.

6. У роботі є деякі стилістичні та орфографічні помилки.

Загалом вказані недоліки дисертаційної роботи не зменшують цінності та достовірності отриманих положень, висновків та рекомендацій.

#### **Висновки.**

Дисертація Мелещенка Руслана Геннадійовича є структурованою, цілісною, завершеною науково-дослідною роботою, а отримані в ній результати здатні значно підвищити ефективність управління надзвичайною ситуацією техногенного характеру на об'єкті критичної інфраструктури.

Дисертаційна робота виконана і оформлена відповідно до чинних вимог, написана зрозуміло і грамотно, науково-технічна термінологія використовується коректно, структура роботи логічна.

Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 21.02.03 – цивільний захист.

За науковим рівнем, практичною цінністю, апробацією та публікаціями дисертаційна робота відповідає вимогам пп. 9, 10, 12, 13 "Порядку присудження наукових ступенів...", затвердженого постановою КМУ №567 від 24.07.2013 р. (зі змінами), а її автор, Мелещенко Руслан Геннадійович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.02.03 – цивільний захист.

#### **Офіційний опонент:**

начальник навчально-наукового інституту  
психології та соціального захисту,  
професор кафедри цивільного захисту  
та комп'ютерного моделювання екогеофізичних процесів  
Львівського державного університету  
безпеки життєдіяльності  
доктор технічних наук, доцент

*Василь Карабин*

Василь КАРАБИН

*Підпис засідателя  
Проректор  
ЛДУБЖД*



*А.В. Кузін*