

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

## ВІДГУК

офіційного опонента, доктора технічних наук, доцента Коротенка Григорія Михайловича на дисертаційну роботу Мелещенка Руслана Геннадійовича «Інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури за допомогою оперативного контролю стану повітряного середовища», представлену на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.02.03 – цивільний захист.

### 1. Актуальність теми

Будь-яка надзвичайна ситуація (НС) передбачає одночасну наявність об'єкта небезпеки (джерела небезпеки) та відповідного об'єкта, на який може впливати можлива загроза. Щорічно кількість НС техногенного характеру значно перевищує число НС природного, соціального та воєнного характеру. При цьому, спостерігається стійка тенденція щодо зростання загальної кількості НС, в першу чергу за рахунок розширення числа та типів об'єктів небезпек. Це, відповідно, призводить до збільшення кількості постраждалих, підвищенню рівня загроз життю та здоров'ю людей, а також можливостей їх загибелі, значним матеріальним втратам, руйнуванню або знищенню об'єктів промисловості, а також завдає серйозної шкоди навколишньому середовищу. Особливо гостро це питання стоїть по відношенню до критичної інфраструктури, яка представляє сукупність стратегічно важливих об'єктів для економіки і національної безпеки, порушення функціонування яких може завдати значної шкоди життєво важливим національним інтересам. В багатьох випадках передумови для появи об'єктів небезпек створює сама людина. Одним із дієвих напрямків недопущення виникнення НС техногенного характеру є попередження НС, заснованого на зниженні можливості виникнення

Вх. № 18	
12.04	2024 р.
Кількість аркушів: 9	
осн. док.	додат. -

недопущенню появи об'єктів небезпеки. Світова практика свідчить про те, що реалізація низки відповідних методів та засобів попередження НС дозволяє уникнути їх виникнення або скоротити в 2–3 рази витрати на ліквідацію можливих наслідків. При цьому, попередження НС дозволяє значно зменшити або повністю уникнути небезпечного впливу на населення таких територій.

## **2. Мета і задачі дослідження**

Метою рецензованої дисертаційної роботи є розробка нових інженерно-технічних методів попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури, в інтересах їх недопущення, за допомогою оперативного контролю стану повітряного середовища в приміщеннях та на території (поблизу) відповідних об'єктів.

Для досягнення поставленої мети в дисертації було проаналізовано світові тенденції реагування та попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на небезпечних об'єктах; розглянуто стан та особливості процесу попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури; розроблено інженерно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру внаслідок пожеж (вибухів) за допомогою оперативного контролю стану повітряного середовища приміщень об'єктів критичної інфраструктури; розроблено інженерно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру, обумовлених наявністю в атмосферному повітрі шкідливих речовин на території (поблизу) об'єктів критичної інфраструктури та комунікативні моделі бездротового середовища щодо реалізації метода на основі використання безпілотних рухомих платформ; перевірено достовірність розроблених математичних моделей та інженерно-технічних методів, а також підготовані пропозиції щодо впровадження розроблених математичних моделей та інженерно-технічних методів.

## **3. Наукова новизна отриманих результатів**

У результаті виконаних дисертантом досліджень отримані наступні результати.

1) Вперше розроблено математичну модель попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру внаслідок пожеж (вибухів) за допомогою оперативного контролю стану повітряного середовища приміщень об'єктів критичної інфраструктури, яка базується на поточних показниках фрактальності прирощень стану повітряного середовища при загоряннях у

приміщеннях та складається з двох аналітичних залежностей: а) залежності поточної міри кореляційної розмірності від природних станів повітряного середовища, функціоналу норми, ширини вікна усереднення та розміру околиці, що визначає рекурентні стани; б) залежності поточної міри щодо зміни рекурентних станів від природних змін станів повітряного середовища приміщень, а також функціоналу норми та розміру околиці, які визначають відповідні рекурентні стани.

2) Вперше розроблено математичну модель попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру, обумовлених наявністю в атмосферному повітрі шкідливих речовин на території (поблизу) об'єктів критичної інфраструктури з урахуванням ризику здоров'ю людини, яка складається з восьми аналітичних залежностей: залежності обчислення рекурентних діаграм від поточних вимірюваних станів забрудненої атмосфери, функціоналу норми і порогу рекурентних станів; залежності обчислення рекурентних діаграм, що самоналаштовуються за поточними вимірами станів забрудненої атмосфери при заданій величині кута рекурентних станів між вимірюваними векторами; залежності рекурентних станів забрудненої атмосфери від поточного усереднення для першої та другої залежності; залежності рекурентних станів забрудненої атмосфери від значення функції невизначеності для відповідних векторів вимірюваних станів щодо заданого інтервалу спостереження та поточного усереднення у вікні без обчислення рекурентних діаграм; залежності ризику негайних токсичних ефектів та хронічної інтоксикації від концентрацій для довільних небезпечних речовин, що забруднюють атмосферне повітря.

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 дозволяє на ранньому етапі виявляти загоряння та не допускати їх подальше переростання в надзвичайні ситуації.

4) Вперше розроблено інженерно-технічний метод попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру, які виникають внаслідок наявності в атмосферному повітрі шкідливих речовин; він дозволяє попередити появу ризику здоров'ю населення при перевищенні величини 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 комплексну систему оперативного контролю та управління станом повітряного середовища в приміщеннях та на території (поблизу) об'єктів критичної інфраструктури (на основі застосування діючого зразка безпілотної рухомої платформи з елементами живлення, системи навігації, бездротового керування та телеметрії, набору сенсорів, системи реєстрації, передачі та приймання інформації), яка реалізує розроблені математичні моделі та інженерно-технічні методи.

#### **4. Структура й обсяг дисертації**

Подана на рецензію дисертація є рукописом обсягом 378 сторінок друкованого тексту, та складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, шести розділів основного матеріалу, висновків, списку використаних джерел з 480 найменувань, а також містить 2 додатка, 76 рисунків і 4 таблиці.

**У вступі** обґрунтовано актуальність обраної теми наукового дослідження, визначені його мета і завдання, розкрита наукова новизна отриманих результатів та їх практичне значення.

**У першому розділі** вирішено перше наукове завдання дослідження. Встановлено, що небезпека виникнення НС техногенного характеру має всесвітній характер та негативну динаміку щодо подальшого зростання. Причинами переважної більшості подібних НС є пожежі. Попередження таких НС забезпечується завчасним або оперативним проведенням комплексу заходів, спрямованих на максимально можливе зниження імовірності виникнення чи мінімізацію наслідків НС, а також на збереження здоров'я людей, зниження розмірів шкоди, завданої довкіллю і матеріальних втрат у разі їх виникнення. При цьому, ефективним принципом попередження НС техногенного характеру є застосування активних систем безпеки, заснованих на використанні чутливих елементів (сенсорів), які відстежують стан небезпечного об'єкта і виявляють передумови виникнення аварійних ситуацій.

**У другому розділі** здобувач розглядає стан та особливості процесу попередження НС техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури (ОКІ). Показано, що до ОКІ відноситься сукупність стратегічно важливих об'єктів для економіки і національної безпеки, порушення функціонування яких може завдати шкоди життєво важливим

національним інтересам. При цьому, для забезпечення стійкості ОКІ до НС виникає необхідність розробки нових інженерно-технічних методів попередження НС техногенного характеру, які базуються на оперативному контролі стану повітряного середовища навколо та всередині об'єкта. Проведено системний аналіз виникнення НС техногенного характеру. Встановлено, що повітряне середовище виконує функції передачі впливу від об'єкта небезпеки до відповідного ОКІ. Тому поточний стан повітряного середовища є непрямим джерелом інформації про стан небезпечного об'єкту і може бути використаний для попередження небезпечних подій на ОКІ та спричинених ними НС техногенного характеру. Відмічається, що повітря являє собою окрему дуже складну нелінійну динамічну систему, яка може додатково змінювати функції передачі впливів від небезпечних об'єктів. В першу чергу, це стосується випадку атмосферного повітря та викидів до нього шкідливих речовин, які в свою чергу спричиняють негативний вплив на людину. Однак, відомі методи та засоби попередження НС розглядають повітря як лінійну систему. Визначено, що сучасним конструктивним підходом до вивчення повітря, як складної нелінійної динамічної системи, є застосування методів нелінійної динаміки, а саме методів RP та RQA, які для попередження НС техногенного характеру раніше не використовувались.

**У третьому розділі** здобувачем наведено вирішення третього наукового завдання, яке включає: розробку математичної моделі поточних показників фрактальності щодо станів повітряного середовища при загоряннях у приміщеннях об'єктів критичної інфраструктури; розробку алгоритму реалізації інженерно-технічного методу попередження НС техногенного характеру внаслідок пожеж (вибухів) за допомогою оперативного контролю стану повітряного середовища приміщень об'єктів критичної інфраструктури та опис процедури його реалізації.

**У четвертому розділі** вирішено четверте наукове завдання дослідження, яке включає: розробку математичної моделі попередження НС техногенного характеру, обумовлених наявністю в атмосферному повітрі шкідливих речовин на території (поблизу) ОКІ з урахуванням ризику здоров'ю людини; розробку управляючого алгоритму інженерно-технічного методу попередження НС техногенного характеру внаслідок наявності в атмосферному повітрі шкідливих речовин, понад ГДК та опис процедур для його реалізації; розробку комунікативних моделей бездротового середовища

щодо реалізації дистанційного контролю динаміки станів повітряного середовища за допомогою безпілотних рухомих платформ.

**У п'ятому розділі** вирішено п'яте наукове завдання дослідження. Виконано перевірку 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 значень 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, розроблених у розділі 3. Також перевірено достовірність розробленого інженерно-технічного методу попередження НС техногенного характеру внаслідок наявності в атмосферному повітрі шкідливих речовин на території або поблизу ОКІ.

**У шостому розділі** вирішене шосте наукове завдання дослідження. Запропоновані варіанти впровадження розроблених інженерно-технічних методів попередження НС техногенного характеру, що виникають внаслідок пожеж (вибухів) у виробничих приміщеннях та наявності в атмосферному повітрі на території або поблизу ОКІ шкідливих речовин.

**У висновках** показані основні переваги проведених дисертаційних досліджень у вигляді розгорнутих і обґрунтованих висновків. При цьому важливим є те, що здобувач сформував інженерно-технічні рішення, які мають велике наукове та практичне значення і можуть використовуватися в технологіях подвійного призначення.

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

Дослідження автора в дисертаційній роботі мають явно виражене прикладне значення, яке полягає в розробці нового підходу до попередження НС техногенного характеру внаслідок пожеж в 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 поблизу таких об'єктів. На відміну від відомих результатів, підхід що пропонується автором, є універсальним і може бути використаний на практиці щодо різних типів об'єктів та можливих конфігурацій їхньої інфраструктури, а також різних

метеорологічних умов. 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 дозволяє на практиці здійснювати попередження виникнення НС внаслідок пожеж в приміщеннях ОКІ та наявності в атмосферному повітрі шкідливих речовин, концентрації яких перевищують 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.

#### **6. Оформлення дисертаційної роботи та апробація результатів дослідження**

Дисертація та реферат написані грамотно. Автореферат за змістом відбиває основні положення дисертації та її структуру. Стель подачі матеріалу забезпечує наочність і доступність сприйняття.

Отримані автором результати дослідження достатньо повно висвітлені у 44 працях, з яких 1 монографія, 13 статей у спеціалізованих виданнях, 12 публікацій в матеріалах конференцій та 15 статей у виданнях, що входять до міжнародної наукометричної бази Scopus. Опубліковані статті та автореферат відображають основний зміст дисертаційної роботи.

Основні результати роботи також доповідалися та обговорювалися на наукових конференціях: Всеукраїнській науково-практичній конференції «Наукове забезпечення діяльності оперативно-рятувальних підрозділів (теорія та практика)» (Харків, 2015), VI Міжнародній науково-практичній конференції «Безпека життєдіяльності людини як умова сталого розвитку сучасного суспільства» (Київ, 2017), Науково-практичному семінарі «Запобігання надзвичайним ситуаціям і їх ліквідація» (Харків, 2018), 2nd Annual Conference «Technology transfer: fundamental principles and innovative technical solutions» (Tallinn, Estonia, 2018), VII Международной научно-практической конференции адъюнктов, магистрантов, курсантов и студентов «Исторические аспекты, актуальные проблемы и перспективы развития

гражданской обороны» (Республики Казахстан, 2019), Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту» (Харків, 2019), X Міжнародній науково-практичній конференції «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій» (Черкаси, 2019), Міжнародній науково-технічній конференції «Фізико-технічні проблеми енергетики та шляхи їх вирішення» (Харків, 2019), 21 Всеукраїнській науково-практичній конференції «Розвиток цивільного захисту в сучасних безпекових умовах» (Київ, 2019), Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених «Проблеми та перспективи забезпечення цивільного захисту» (Харків, 2020), Міжнародній науково-практичній конференції «Problems of Emergency Situations» (Харків, 2020), X Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю «Надзвичайні ситуації: безпека та захист» (Черкаси, 2020).

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

Поряд з позитивною оцінкою результатів дослідження, слід зазначити деякі дискусійні положення та недоліки, які мають місце в роботі.

1) Проведений аналіз надзвичайних ситуацій техногенного характеру охоплює досить широке коло подій, що трапились в самих різних сферах життєдіяльності людини. При цьому, в недостатній мірі акцентована увага на об'єкти критичної інфраструктури.

2) Не досить зрозуміло скільки часу витрачається на реалізацію запропонованих процедур інженерно-технічного методу попередження надзвичайних ситуацій внаслідок пожеж на об'єктах критичної інфраструктури

3) При розробці математичної моделі поточної міри рекурентності прирощень станів газового середовища при загорянні в приміщеннях об'єктів та на її основі інженерно-технічного методу попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури, на мій погляд, не зовсім чітко показано, що розуміється під поняттям «модифікована міра рекурентних станів».

4) Не зовсім зрозуміло, як в інженерно-технічному методі попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури України, відображається розробка комунікативних моделей бездротового середовища.



5) Пропозиції щодо впровадження отриманих результатів носять узагальнений характер без конкретних рекомендацій.

6) На рисунках зустрічаються деякі неточності, наприклад, в дисертації на рис. 4.5 є написи російською мовою.

Однак, зазначені вище зауваження не зменшують цінності виконаних автором досліджень, висновків з них та загального позитивного враження від дисертаційної роботи в цілому.

## 8. Висновок

У цілому розглянута дисертаційна робота «Інженерно-технічні методи попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури за допомогою оперативного контролю стану повітряного середовища» є завершеною науковою працею, в якій отримано нові науково обґрунтовані результати, що дозволяють вирішити важливу наукову проблему у сфері цивільного захисту – створення нових методів попередження надзвичайних ситуацій техногенного характеру на об'єктах критичної інфраструктури за допомогою оперативного контролю стану повітряного середовища у приміщеннях та на території (поблизу) об'єктів.

За змістом дисертація відповідає паспорту спеціальності 21.02.03 – цивільний захист, відноситься до галузі технічних наук і відповідає профілю спеціалізованої ради.

За актуальністю, науковою новизною та практичним значенням дисертаційна робота відповідає основним вимогам, що ставляться до докторських дисертацій та задовольняє вимогам п.п. 9, 10, «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого Постановою КМУ № 567 від 24.07.2013, а її автор Мелещенко Руслан Геннадійович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.02.03 – цивільний захист.

Офіційний опонент,  
професор кафедри інформаційних технологій  
та комп'ютерної інженерії  
Національного технічного університету  
«Дніпровська політехніка» МОН України,  
доктор технічних наук, доцент

Підпис засвідчую:  
вчений секретар  
Вченої ради  
Калюжника Т.М.



Г. М. Коротенко