

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу «Організаційно-технічні методи ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, що призводять до викиду в атмосферу небезпечних речовин», яку представлено на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 21.02.03 – цивільний захист

### 1. Актуальність теми

Економічний та промисловий розвиток держави передбачає зростання загроз техногенного характеру. Значні лісові та степові площі обумовлюють загрозу виникнення масштабних природних надзвичайних ситуацій, що супроводжуються горінням. Такі складні надзвичайні ситуації регіонального та державного рівнів супроводжуються значними розмірами зони ураження. Тому ліквідація наслідків таких надзвичайних ситуацій та мінімізація зони ураження потребує залучення значних ресурсів. Особливо складна ситуація виникає при забрудненні атмосферного повітря зони надзвичайних ситуацій небезпечними хімічними та радіоактивними речовинами. При контакті з газоподібними продуктами атмосфери деякі небезпечні гази, вступають із ними в реакцію з утворенням нових хімічно активних сполук, здатних до конденсації в атмосферних умовах.

Існуючі на сьогодні методи та технічні засоби не передбачають активного впливу на зону забруднення атмосфери, тому це призводить до того, що під дією атмосферних потоків зона атмосферного ураження розповсюджується на декілька кілометрів у висоту та на десятки кілометрів по площі. При цьому можливе лише самочинне осадження небезпечних речовин під дією сил гравітації. Суттєво прискорити процес осадження небезпечних речовин з атмосфери може випадіння над зоною ураження атмосферних опадів. Однак випадіння опадів в необхідній зоні носить вирогідний характер. Частково вирішити цю проблему дозволяють різні методи штучного впливу на атмосферні процеси.

Незважаючи на те, що надзвичайні ситуації природного та техногенного характеру регіонального та державного рівнів призводять до значних збитків та великих розмірів зони ураження можливості ДСНС України, як базового елемента Єдиної державної системи цивільного захисту (ЄДСЦЗ), незважаючи на постійне вдосконалення системи, недостатні, так як

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ УКРАЇНИ	
Вх. №	1138
3105	2019 р.
Кількість аркушів:	
Осн. док.	10 додат. —

потребують наявності ефективних підсистем моніторингу зони надзвичайної ситуації, прогнозування та підтримки прийняття рішення та виконання управлінського рішення.

У підсумку це вказує на те, що наукова проблема в сфері цивільного захисту, а саме створення організаційно-технічних методів ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру, що супроводжуються викидом в атмосферу небезпечних речовин, є своєчасною та актуальною.

Крім того, актуальність дисертаційної роботи визначається тим, що обраний напрямок дослідження відповідає переліку проблем, які були наведені в Концепції Загальнодержавної цільової соціальної програми захисту населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру на 2012–2016 роки і завданнях цивільного захисту, які наведені в Кодексі Цивільного захисту України.

Наукове дослідження виконувалось в рамках науково-дослідних робіт: «Розробка комп'ютерної системи прогнозування інтенсивності опадів на поверхні Землі в залежності від фізико-хімічних властивостей атмосфери» (№ ДР 0116U002019); «Дослідження умов раннього моніторингу та попередження надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру» (№ ДР 0112U002587); «Дослідження шляхів удосконалення моніторингу надзвичайних ситуацій за допомогою безпілотних літальних апаратів» (№ ДР 0117U002005); «Дослідження гідравлічних струменів при створенні систем управління екологічною безпекою об'єктів підвищеного ризику» (№ ДР 0116U002002).

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

Метою роботи є розробка нових організаційно-технічних методів ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, що призводять до викиду газоподібних та дисперсних небезпечних речовин в атмосферу, шляхом штучного ініціювання опадів.

Досягнення поставленої мети передбачає вирішення наступних задач:

1. Проаналізувати існуючі системи та принципи ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, що призводять до викиду газоподібних та дисперсних небезпечних речовин в атмосферу;

2. Розглянути особливості надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру з викидом небезпечних речовин в атмосферу;

3. Розробити організаційно-технічний метод ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру шляхом осадження з атмосфери небезпечних газоподібних та дисперсних речовин;

4. Розробити організаційно-технічний метод ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру шляхом локалізації осередків інтенсивного горіння;

5. Перевірити достовірність розроблених організаційно-технічних методів ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та



техногенного характеру, що призводять до викиду в атмосферу небезпечних речовин;

6. Запропонувати варіанти впровадження розроблених організаційно-технічних методів ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру.

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

– вперше розроблена математична модель осадження штучно ініційованими опадами газоподібних та дисперсних небезпечних речовин, що потрапляють в атмосферу у наслідок природних та техногенних катастроф, яка представляє систему з чотирьох залежностей, в якій перша та друга залежності описують процеси осадження газоподібних небезпечних речовин та вплив обраного управлінського рішення, а третя та четверта залежності описують інтенсивність процесу осадження дисперсних небезпечних речовин, як результат вибору управлінського впливу.

– вперше розроблено організаційно-технічний метод ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру шляхом осадження з атмосфери газоподібних та дисперсних небезпечних хімічних та радіоактивних речовин, який спирається на розроблену математичну модель процесу осадження штучно ініційованими атмосферними опадами газоподібних та дисперсних небезпечних речовин та передбачає виконання п'яти процедур, а саме: отримання керівником ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій необхідного комплексу моніторингової інформації; розрахунок часу вільного розповсюдження зони ураження у атмосфері; визначення розмірів прогнозованої зони атмосферного ураження; проведення оцінки належності площі НС області припустимих рішень; залучення сил та засобів для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

– вперше розроблена математична модель процесу локалізації та ліквідації штучно ініційованими опадами осередків природних та техногенних катастроф з інтенсивним горінням, яка представляє собою систему з п'яти залежностей. Перша залежність описує рух падаючої краплі опадів над осередком надзвичайної ситуації. Друга та третя залежності описують масовий та тепловий баланс краплі в осередку горіння. Четверта залежність описує процес поглинання тепла атмосферними опадами від осередку горіння в залежності від управлінського впливу на атмосферні процеси. П'ята залежність визначає граничну умову, коли ліквідація осередку інтенсивного горіння неможлива та відбувається лише його локалізація.

– вперше розроблено організаційно-технічний метод ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру шляхом локалізації осередків інтенсивного горіння, який спирається на розроблену математичну модель процесу локалізації та ліквідації штучно ініційованими опадами осередків природних та техногенних катастроф з інтенсивним горінням, та передбачає використання чотирьох процедур, а саме: збір, обробка та систематизація моніторингових даних; прогнозування

розвитку осередку горіння та інтенсивності опадів; постановка конкретних задач виконавцям; безпосередній вплив на атмосферні процеси.

– вперше розроблено функціональну схему експериментальної масообмінної установки для дослідження процесів осадження краплями опадів газоподібних, рідких та твердих аерозольних небезпечних речовин, включаючи продукти горіння (Патент № 104957, Україна).

– вперше розроблено функціональну схему експериментальної камери, для дослідження процесів горіння, яка реалізує можливість встановлення інтенсивності горіння горючих матеріалів з різними властивостями при широкому діапазоні метеорологічних умов, включаючи опади, температуру, вітер та вологість горючого матеріалу і повітря (Патент № 104957, Україна).

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

По структурі дисертаційна робота є рукопис на 391 аркуші машинописного тексту, яка складається з анотації, змісту, переліку умовних скорочень, вступу, шести розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел з 484 найменувань, трьох додатків. Включає 28 таблиць та 68 ілюстрацій.

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

**Перший розділ** містить огляд літературних джерел та присвячено аналізу особливостей реагування та методів скорочення наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру. В розділі переконливо показано, що серед доступних на сьогодні найбільш перспективним способом зниження розмірів зон ураження атмосфери від надзвичайних ситуацій є штучне ініціювання опадів. Показано, що для ефективного функціонування така система ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій повинна включати елементи моніторингу навколишнього середовища та зони надзвичайної ситуації, інструменти прогнозування розвитку ситуації для якісного вибору управлінського рішення та ефективні методи реалізації прийнятого управлінського рішення.

Аналіз стану проблеми в розвинених країнах світу показав, що загальної системи ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, що призводять до викиду в атмосферу небезпечних речовин, не створено. Хоча деякі перелічені вище елементи цієї системи активно розробляються чи вже функціонують. Ці елементи за умови їх модифікації також можна використовувати при розробці методів ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Особливо це відноситься до систем моніторингу, які успішно реалізовані у розвинених країнах світу.

**У другому розділі** проаналізовано особливості виникнення, розвитку та локалізації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру з викидом небезпечних речовин. Встановлено, що одним з пріоритетних напрямків ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій є захист атмосферного повітря. При цьому методи ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій необхідно реалізовувати в рамках функціонування в Україні Єдиної



державної системи цивільного захисту на регіональному та державному рівнях.

Аналіз хімічних речовин, що потрапляють в атмосферу при техногенних аваріях, показав, що основу небезпечних речовин в зоні ураження складають аміак, хлор або сірководень, що потрапляють в атмосферу при аваріях з розгерметизацією технологічного устаткування без виникнення пожежі. У випадку виникнення пожеж на промислових об'єктах особливу небезпеку представляють оксиди вуглецю, азоту та сірки, галогенводні, особливно небезпечні – синильна кислота, фосген та оксиди фосфору. Однак основу продуктів горіння складають тверді аерозольні речовини, такі як сажа та зола. При виникненні аварій на об'єктах атомної промисловості як продукти осадження атмосферними опадами необхідно розглядати: газоподібний інертний газ ксенон; хімічно інертні частки; тверді та рідкі частинки, що містять сконденсовані радіоактивні речовини; мікрочастинки радіоактивного графіту. Запропоновано загальний підхід до ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, що призводить до викиду в атмосферу небезпечних хімічних та радіоактивних речовин, полягає у розробці нових організаційно-технічних методів ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій шляхом штучного ініціювання опадів методами осадження з атмосфери небезпечних газоподібних та дисперсних речовин та локалізації осередків інтенсивного горіння.

**У третьому розділі** здобувачем розроблено організаційно-технічний метод ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру шляхом осадження з атмосфери небезпечних газоподібних та дисперсних речовин. Для цього дисертант спочатку розглянув закономірності фазових переходів води в атмосфері у процесі краплеутворення. На базі цих закономірностей обрано найбільш ефективний спосіб штучного ініціювання опадів з використанням пірозарядів різного хімічного складу та запропоновані нові склади, які реалізують можливість нейтралізації небезпечних газів в атмосфері.

Надалі автор розробив математичну модель осадження штучно ініційованими атмосферними опадами газоподібних та дисперсних небезпечних хімічних та радіоактивних речовин, що викидаються в атмосферу в наслідок надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, яка представляє собою систему з чотирьох залежностей. Перша залежність описує процес осадження газоподібних небезпечних речовин, що викидаються у наслідок надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, для цього здобувач запропонував постадійний підхід до опису процесу сорбції. Друга залежність описує вплив на процес осадження газоподібних небезпечних речовин хімічних властивостей небезпечного газу, метеорологічних умов та обраного управлінського впливу на атмосферні процеси. Третя та четверта залежності описують процес осадження дисперсних небезпечних речовин в широкому діапазоні розмірів, що утворюються при надзвичайних ситуаціях природного та техногенного



характеру, в залежності від обраного керуючого впливу на атмосферні процеси.

Далі здобувач послідовно сформував керуючий алгоритм організаційно-технічного методу ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру шляхом осадження з атмосфери небезпечних газоподібних та дисперсних речовин, який реалізує зазначену математичну модель осадження штучно ініційованими атмосферними опадами газоподібних та дисперсних небезпечних хімічних та радіоактивних речовин та послідовність застосування процедур його реалізації.

Використання зазначеного алгоритму та процедур дозволить суттєво скоротити розміри зони атмосферного ураження при техногенних аваріях.

**Четвертий розділ** присвячено розробці організаційно-технічного методу ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру шляхом локалізації осередків інтенсивного горіння. Для цього здобувач спочатку встановив динаміку процесу краплеутворення в атмосфері на заряджених ядрах конденсації та показав, що за рахунок збільшення концентрації вільних іонів в атмосфері існує можливість суттєво розширити межі використання методів штучного опадоутворення за метеорологічних умов. Далі розглянув перспективні напрямки удосконалення методів штучного опадоутворення за рахунок дистанційної штучної іонізації повітря. Автор визначив вплив кліматичних факторів на процеси локалізації та ліквідації осередків природних та техногенних катастроф з інтенсивним горінням та вплив атмосферних опадів на процеси локалізації та ліквідації штучно ініційованими опадами осередків природних та техногенних катастроф з інтенсивним горінням. З використання емпіричних моделей він встановив межі використання розробленого методу для ландшафтних пожеж різного роду. На основі цих результатів розробив математичну модель процесу локалізації та ліквідації штучно ініційованими опадами осередків природних та техногенних катастроф з інтенсивним горінням, яка складається з п'яти залежностей.

Перша залежність моделі описує рух падаючої краплі опадів над осередком надзвичайної ситуації. Друга та третя залежності описують масовий та тепловий баланс краплі в осередку горіння. Слід зазначити, що використання таких залежностей в загальній моделі дозволяє прогнозувати широке коло параметрів, таких як: швидкість випаровування краплі в осередку горіння, швидкість зміни вологості повітря, кількість рідини, що потрапляє в осередок надзвичайної ситуації та інші. Четверта залежність описує тепловий баланс рідини з опадів безпосередньо на поверхні горючого матеріалу. Слід зазначити, що здобувач доцільно ввів у модель залежність, що описує швидкість вітання крапель під дією конвективних потоків. Це дозволяє визначити граничні умови використання запропонованого методу для потужних ландшафтних пожеж.

Далі здобувач послідовно сформував керуючий алгоритм організаційно-технічного методу ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру шляхом локалізації осередків



інтенсивного горіння, який реалізує зазначену математичну модель локалізації та ліквідації штучно ініційованими опадами осередків природних та техногенних катастроф з інтенсивним горінням, та послідовність застосування процедур його реалізації.

При розробці процедур застосування здобувачем розроблено програмний продукт у вигляді автоматизованого робочого місця для керівника ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій. Автоматизоване робоче місце призначено на вирішення двох основних задач. По-перше, це забезпечення зручності та наочності обробки та систематизації моніторингової інформації двох зон – зони опадоутворення та зони надзвичайної ситуації. Другою задачею, яку допомагає вирішувати автоматизоване робоче місце, є прогнозування інтенсивності осадження небезпечних речовин з атмосфери. Цей програмний продукт спрямований на спрощення прийняття правильного управлінського рішення та має суттєвий потенціал для модернізації.

**В п'ятому розділі** перевірена достовірність розроблених організаційно-технічних методів, для цього здобувач спочатку розробив та виготовив експериментальні установки для дослідження процесів осадження краплями опадів газоподібних, рідких та твердих аерозольних небезпечних речовин, включаючи продукти горіння, та для дослідження процесів горіння, яка реалізує можливість встановлення інтенсивності горіння горючих матеріалів з різними властивостями при широкому діапазоні метеорологічних умов, включаючи опади, температуру, вітер та вологість горючого матеріалу і повітря.

Наступним кроком дисертант розробив методики проведення експериментальних досліджень для перевірки основних параметрів розроблених математичних моделей.

Далі дисертант порівняв результати моделювання інтенсивності осадження як газоподібного газу аміаку, так і дрібнодисперсного пилу з результатами експериментальних вимірів. З використанням теорії математичної статистики здобувач показав, що результати виконаних експериментів вкладаються в довірчий інтервал, розрахований по критерію Фішера з надійністю 0,95, що засвідчує достовірність розробленої математичної моделі осадження штучно ініційованими атмосферними опадами небезпечних речовин.

Додатково в роботі за допомогою теорії планування експериментів отримані регресійні рівняння інтенсивності осадження продуктів горіння різних горючих речовин.

Проведено ряд пірологічних досліджень, під час яких експериментально перевірена адекватність розробленої моделі локалізації та ліквідації штучно ініційованими опадами осередків природних та техногенних катастроф з інтенсивним горінням, при цьому достовірність отриманих результатів вкладається в довірчий інтервал, розрахований по критерію Фішера з надійністю 0,95. Також здобувачем отримані регресійні



моделі впливу вологості навколишнього середовища та горючої речовини на інтенсивність горіння.

**У шостому розділі** розглянуті окремі пропозиції щодо впровадження розроблених організаційно-технічних методів. На основі розроблених методів здобувач запропонував нову комплексну систему ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, що призводять до викиду в атмосферу небезпечних речовин за рахунок штучного ініціювання опадів. Реалізація такої комплексної системи передбачається на регіональному та державному рівнях Єдиної державної системи цивільного захисту України. Функціонування запропонованої системи передбачає використання існуючих в Україні та інших розвинутих державах світу підсистеми моніторингу навколишнього середовища, використання розроблених здобувачем інструментів прогнозування розвитку зони надзвичайної ситуації під впливом опадів та ефективних способів штучного впливу на атмосферні процеси. Важливою особливістю функціонування запропонованої комплексної системи є оцінка ризиків від активації цієї системи в цілому та розроблених організаційно-технічних методів зокрема. Це дає змогу уникнути невиправданих економічних та екологічних збитків.

Проведена здобувачем оцінка економічного ефекту від впровадження розроблених організаційно-технічних методів впевнено свідчить про доцільність практичної реалізації запропонованої комплексної системи ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій, що призводять до викиду в атмосферу небезпечних речовин за рахунок штучного ініціювання опадів

**У загальних висновках** визначено, що в дисертації запропоновано вирішення важливої наукової проблеми у сфері цивільного захисту, а саме – розроблено два нових організаційно-технічних методи ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, що призводять до викиду в атмосферу небезпечних речовин. 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 отриманих результатів**

Дослідження здобувача в дисертаційній роботі мають явно виражене науково-прикладне значення, яке полягає у створенні алгоритмів реалізації розроблених організаційно-технічних методів ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру з викидом в атмосферу небезпечних речовин шляхом штучного ініціювання опадів. Удосконалення методики прогнозування розмірів зон хімічного забруднення при наявності атмосферних опадів дозволяє розширити її умови використання аварійно-рятувальними підрозділами. При цьому збережена головна перевага цієї методики – це простота використання та оперативність отримання кінцевого результату. Ця експрес-методика використовується в практичній діяльності Єдиної державної системи цивільного захисту, що підтверджено актами впровадження в Державному пожежно-рятувальному загоні ГУ ДСНС України в Донецькій області, та в підрозділі Головного управління ДСНС України в Луганській області.



Практичне використання розробленого здобувачем автоматизованого робочого місця дозволить підвищити ефективність роботи штабів з ліквідації надзвичайних ситуацій, сприятиме зручності аналізу та систематизації моніторингової інформації, що дасть змогу спростити керівнику прийняття вірного управлінського рішення.

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

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

Матеріали дисертації досить повно викладені в роботах здобувача, а також доповідались на 21 науково-технічній та науково-практичній конференції, серед яких доцільно виділити міжнародні конференції «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций» (Білорусь, Мінськ, 2013, 2016), «Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (Казахстан, Кокшетау, 2016), «Пожежна та техногенна безпека» (Львів, 2016), «Fire Safety Issues», (Харків, 2016), «Стратегія реформування організації цивільного захисту», (Київ, 2018).

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

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

1. На сьогодні розроблені достатньо якісні математичні моделі для розрахунку швидкості абсорбції газів. Здобувач вибрав саме поетапний підхід для моделювання цього процесу, проте в роботі відсутнє чітке обґрунтування цього рішення.

2. Розроблена математична модель осадження штучно ініційованими атмосферними опадами газоподібних та дисперсних небезпечних хімічних та радіоактивних речовин, що викидаються в атмосферу в наслідок надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру, передбачає сумісне осадження як газоподібних, так і дисперсних речовин, а перевірка адекватності проводиться окремо по кожному типу забруднень. Обґрунтування доцільності такого підходу в дисертації також не наведено. При цьому не зовсім зрозуміло, чим викликана зайва деталізація особливостей лабораторної установки, методики проведення експериментів тощо.

3. Для підтвердження ефективності запропонованих методів бажано було б провести експерименти в умовах реальних пожеж, які відбуваються в Україні досить часто.

4. Розроблена лабораторна установка для дослідження процесів осадження краплями опадів газоподібних, рідких та твердих аерозольних небезпечних речовин, включаючи продукти горіння, передбачає дослідження з використанням небезпечних газів. У викладенні експериментальної частини відсутній опис, яким чином забезпечуються необхідні заходи безпеки при цьому.

5. Перші три залежності математичної моделі процесу локалізації та ліквідації штучно ініційованими опадами осередків природних та техногенних катастроф з інтенсивним горінням передбачають монодисперсний потік рідини. Однак в реальних опадах ця умова не реалізується. В роботі зроблене відповідне припущення, але немає пояснення, як воно впливає на адекватність моделі до реальних умов.

6. При вимиванні забруднюючих речовин з атмосфери за допомогою розроблених організаційно-технічних методів вони потрапляють на поверхню Землі, при цьому відсутня оцінка впливу процесів, що відбуваються, на загальну екологічну ситуацію.

### 8. Висновок

Зазначені зауваження по дисертаційній роботі не знижують, в цілому, достовірність отриманих наукових положень, висновків та рекомендацій.

Зміст дисертації відповідає спеціальності 21.02.03 – цивільний захист.

За рівнем актуальності, наукової новизни та практичної значимості дисертаційна робота відповідає основним вимогам пунктів 9, 10, 12 «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старший науковий співробітник», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567 зі змінами, які пред'являються до докторських дисертацій, а її автор Кустов Максим Володимирович 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



засвідчую  
Вчений секретар  
Національного авіаційного університету

