

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДЗЮНЯК ДМИТРО ЮРІЙОВИЧ

УДК 004.942; 504.3.054

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОЦІНЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИКИДІВ
РЕЧОВИН ЗА ДАНИМИ ОПЕРАТИВНОГО МОНІТОРИНГУ ЗАБРУДНЕННЯ
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Спеціальність 05.13.06 – "Інформаційні технології"

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця 2017

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у Вінницькому національному технічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Мокін Віталій Борисович,
Вінницький національний технічний університет,
м. Вінниця,
завідувач кафедри системного аналізу, комп'ютерного
моніторингу та інженерної графіки

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, старший науковий
співробітник, головний науковий співробітник
Яковлєв Євген Олександрович,
Інститут телекомунікацій і глобального
інформаційного простору Національної академії наук
України, м. Київ,

доктор технічних наук, старший науковий
співробітник
Кучеров Дмитро Павлович,
Національний авіаційний університет, навчально-
науковий інститут комп'ютерних інформаційних
технологій, м. Київ,
професор кафедри комп'ютеризованих систем
управління

Захист дисертації відбудеться «30» березня 2017 року о 15⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.255.01 в Інституті телекомунікацій і глобального інформаційного простору Національної академії наук України за адресою: 03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13, ауд. 601.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Інституту телекомунікацій і глобального інформаційного простору НАН України за адресою: 03186, м. Київ, Чоколівський бульвар, 13.

Автореферат розісланий «__» лютого 2017 року.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



О. Г. Лебідь

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи

Однією з найважливіших проблем сьогодення являється забруднення приземного шару атмосфери викидами антропогенного характеру. Викиди стаціонарних та пересувних джерел призводять до накопичення шкідливих для здоров'я людини речовин у містах та промислових регіонах України. Лише у Києві викиди автомобільного транспорту становлять близько 110 тис. тон шкідливих речовин на рік. Результатом цього є погіршення стану довкілля і, як наслідок, хронічні та гострі форми респіраторних хвороб та інші види захворювань. Для вирішення цієї проблеми необхідно вживати різних заходів, але вони потребують належного наукового обґрунтування, в першу чергу, шляхом моделювання процесів розсіювання шкідливих речовин у приземному шарі атмосфери.

Моделюванням та прогнозуванням забруднення атмосферного повітря займається багато наукових шкіл у різних країнах вже десятки років. Серед найбільш поширених моделей можна виділити такі: Гаусса, SOSE, TAPM, «ОНД-86», SILAM. Оскільки найбільш дієвими є адресні заходи (введення лімітів на викиди, встановлення очисних споруд та ін.), то найбільшу цінність для вирішення даної проблеми мають моделі, для розрахунку яких потрібні дані локального оперативного моніторингу атмосферного повітря, найбільш поширеними серед яких в Україні є європейська модель Гаусса та модель радянської методики «ОНД-86».

Проблематика моделювання процесів забруднення атмосферного повітря відображена у роботах таких вчених як: Беляєв М. М., Берлянд М. Е., Боголюбов В. М., Боцула М. П., Бузало Н. С., Горячев Г. В., Громова О. В., Довгий С. О., Замай С. С., Ковальчук В. І., Крижановський Є. М., Лебідь О. Г., Луканин В. М., Мокін В. Б., Семчук Ю. С., Скоб Ю. А., Скопецький В. В., Сонькин Л. Р., Стеклогоров Е. Б. Хрущ В. К., Щербань О. Н., Яковлев Є. О., Sofiev M., Chaudhry V., Hurley P., Juan S., Papadopoulos A., Al-Dahoud A., Pelliccioni A., Peter F. Nelson та ін. Проте виникає технологічний розрив між математичними моделями, які детально описують процеси розсіювання в атмосфері та засобами для вимірювання, що часто використовують досить усереднені дані, і тим самим нівелюють досить високу адекватність моделей. Часто відсутні достовірні дані, навіть про самі параметри викидів (концентрація та швидкість потоку забруднюючих речовин в гирлі стаціонарного джерела викиду, його геометричні параметри та ін.), особливо під час пошуку незареєстрованих джерел викидів та під час громадського екологічного контролю. Але якщо використати сучасні мобільні пристрої та програмно-інформаційні засоби оперативного моніторингу (безпілотні літальні апарати з приладами експрес-аналізу, дані геопорталів та метеорологічних веб-сервісів та ін.) та експертні дані, тоді, за рахунок розвитку технології оброблення таких даних, можна було б підвищити точність та ефективність оцінювання

параметрів викидів речовин та, в цілому, точність та ефективність моделювання процесів забруднення атмосферного повітря.

Отже, створення нової інформаційної технології оцінювання параметрів викидів речовин за даними оперативного моніторингу забруднення атмосферного повітря з урахуванням сучасних програмно-технічних засобів, є актуальним.

Зв'язок роботи із науковими темами, планами

Вибраний напрямок досліджень співпадає з напрямом досліджень за такими науково-дослідними роботами (НДР) Вінницького національного технічного університету (ВНТУ), де здобувач є виконавцем: 28-Д-350 «Ідентифікація та оптимізація інформаційних моделей динамічних багатозв'язних просторово-розподілених систем для задач моніторингу, збереження даних та автоматизованого управління» (№ держреєстрації 0113U003135), яка виконувалась на замовлення Міністерства освіти і науки України у 2013-2014 рр. та 28-Д-372 «Інформаційна технологія обробки параметрів просторово-часових моделей даних динамічних багатозв'язних просторово-розподілених систем» (№ держреєстрації 0115U001122), яка виконувалась на замовлення Міністерства освіти і науки України у 2015-2016 рр.

Метою даної роботи є підвищення точності та ефективності оцінювання параметрів викидів речовин за даними оперативного моніторингу шляхом створення інформаційної технології.

Задачами досліджень є такі:

1. Проаналізувати структури моделей опису динаміки викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, які використовуються на даний момент в Україні та за кордоном, та технології їх застосування.

2. Розробити та удосконалити методи оцінювання параметрів стаціонарних джерел викидів за даними оперативного моніторингу забруднюючих речовин у зоні розсіювання.

3. Удосконалити програмно-технічні засоби збирання та оброблення даних оперативного моніторингу, необхідні для моделювання динаміки розсіювання домішок в атмосферному повітрі та для оцінювання параметрів джерел викидів.

4. Розробити інформаційну технологію оцінювання параметрів викидів речовин за даними оперативного моніторингу забруднення атмосферного повітря та провести її випробування на практиці.

Об'єкт дослідження: оцінювання параметрів викидів речовин за даними оперативного моніторингу забруднення атмосферного повітря.

Предметом дослідження є інформаційна технологія, методи, алгоритми та програмно-технічні засоби автоматизації оцінювання параметрів викидів речовин за даними оперативного моніторингу забруднення атмосферного повітря.

Методи дослідження. У дослідженнях використовувались такі методи: методи математичної фізики та математичного моделювання для моделювання поширення забруднюючих домішок в атмосферному повітрі, методи ГІС-

технологій для формалізації просторових даних ГІС; методи теорії реляційних баз даних для формалізації та збереження атрибутивних даних ГІС; методи формалізації структурованих даних за допомогою системи керування базами даних MySQL; методи об'єктно-орієнтованого програмування з використанням мови програмування Java під час програмної реалізації запропонованих теоретичних засад інформаційної технології.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Вперше запропоновано метод оцінювання параметрів понаднормативних викидів стаціонарних джерел за нечіткими експертними оцінками з урахуванням чутливості якості атмосферного повітря у певному місці спостереження від апріорної інформації про координати, метеоумови та проектно-технічні характеристики кожного можливого джерела викидів, формалізованих у нечіткій базі знань, що дозволяє підвищити точність та ефективність такого оцінювання.

2. Удосконалено метод оцінювання просторових та проектно-технічних параметрів стаціонарного джерела викиду за даними оперативного моніторингу зони розсіювання за допомогою БПЛА за рахунок розв'язання зворотної задачі розсіювання на основі моделі Гаусса, що дозволяє підвищити точність оцінювання параметрів цього джерела за мінімальної кількості даних спостережень.

3. Дістав подальший розвиток метод обробки даних моніторингу параметрів пересувних джерел викидів, з урахуванням їх просторово-часової неоднорідності, який відрізняється від існуючих одночасним урахуванням параметрів транспортної мережі, метеопараметрів та забруднення атмосферного повітря, у приведеній з використанням нечіткої бази знань кількості транспортних засобів на кожній ділянці вулиці, що дозволяє більш точно отримати залежність між параметрами транспортних засобів і станом забруднення атмосферного повітря.

4. Вперше розроблена інформаційна технологія оцінювання параметрів стаціонарних та пересувних джерел викидів речовин за даними оперативного моніторингу забруднення атмосферного повітря, яка відрізняється від існуючих запропонованими методом оцінювання параметрів понаднормативних викидів стаціонарних джерел за нечіткими експертними оцінками, методом оцінювання параметрів стаціонарних джерел викидів на основі моделі Гаусса за даними оперативного моніторингу зони розсіювання з використанням БПЛА та методом обробки даних моніторингу параметрів пересувних джерел викидів з використанням нечіткої бази знань, що дозволяє підвищити точність та ефективність визначення параметрів викидів із різних джерел.

Практичне значення одержаних результатів

Найбільшу практичну цінність мають наступні результати роботи:

1. Запропоновано схему універсальної інформаційно-вимірювальної мобільної системи для оперативного моніторингу даних про стан забруднення атмосферного повітря з використанням мобільних пристроїв, встановлених на транспортні засоби, яку можна швидко адаптувати під задані умови та показники стану довкілля і фактори його забруднення, що дозволяє підвищити

точність та достовірність даних спостережень стану атмосферного повітря за заданими показниками та оцінювати параметри пересувних джерел викидів і транспортної інфраструктури на заданих ділянках доріг міста. Запропоновано та продемонстровано яким чином можна оцінювати обсяг викидів транспортних засобів за заданими забруднюючими речовинами пропорційно до їх спеціальним чином приведеної кількості на заданих перегонах вулиць, розташованих між світлофорами.

2. Створено веб-сервіси (<http://source-identification.appspot.com>) для автоматизації процесу оцінювання параметрів джерел понаднормативних викидів на основі нечіткої бази знань з візуалізацією результатів у Google Maps з використанням запропонованого у роботі методу та інформаційної технології. Створені веб-сервіси вільно доступні в Інтернеті, що дозволяє науковцям, викладачам, фахівцям та студентам використовувати ці засоби для наукових досліджень та у навчальних цілях.

Результати роботи використовуються у навчальному процесі кафедри системного аналізу, комп'ютерного моніторингу та інженерної графіки Вінницького національного технічного університету зі спеціальності 122 – «Комп'ютерні науки та інформаційні технології» (спеціалізація «Комп'ютерний еколого-економічний моніторинг») у дисциплінах: «Інформаційні технології моніторингу та аналізу стану складних систем», «Моделювання еколого-економічних систем», «ГІС в задачах комп'ютерного моніторингу», «Технології створення веб-систем», що підтверджується актом впровадження від Вінницького національного технічного університету.

Результати роботи, які мають цінність для екологічного контролю забруднення атмосферного повітря, впроваджені в Державній екологічній інспекції у Вінницькій області, що підтверджується відповідним актом. Результати роботи, які є цінними для екологічного контролю викидів, впроваджені в Департаменті енергетики, транспорту та зв'язку Вінницької міської ради відповідно до однієї із задач Стратегії розвитку м. Вінниці до 2020 р.: «Енергоефективність та захист навколишнього середовища», що підтверджується відповідним актом.

Особистий внесок здобувача

Основні результати дисертаційної роботи отримані автором особисто. У роботах, які були опубліковані у співавторстві, здобувачу належать такі результати: [1, 12, 18] – розроблено метод оцінювання параметрів понаднормативних викидів стаціонарних джерел за нечіткими експертними оцінками; [2, 9, 11, 17] – створено та випробувано веб-сервіси для автоматизованого розрахунку зони розсіювання забруднень в атмосферному повітрі на основі моделі Гаусса та для оцінювання параметрів можливих джерел-забрудників атмосферного повітря; [3, 10] – розроблено метод обробки даних оперативного моніторингу параметрів пересувних джерел викидів з урахуванням їх просторово-часової неоднорідності та здійснено обробку даних під час його практичних випробувань; [4] – запропоновано загальну схему та методика побудови універсальної інформаційно-виміральної системи оперативного екологічного моніторингу з використанням мобільних пристроїв;

[5, 7, 13-16] – запропоновано комплексне використання сучасних інформаційно-вимірювальних систем із мобільними пристроями для оцінювання параметрів моделі забруднення атмосферного повітря автотранспортом та розроблено нечітку базу знань для такого оцінювання; [6] – розроблено метод оцінювання просторових та проектно-технічних параметрів стаціонарних джерел викидів за даними оперативного моніторингу зони розсіювання за допомогою БПЛА та здійснено розв’язання зворотної задачі розсіювання на основі моделі Гаусса.

Апробація результатів дисертації

Результати, отримані у роботі, пройшли апробацію на наступних 10-ти наукових конференціях: XII Міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах» КУСС-2014 (м. Вінниця, 2014 р.), XIV Міжнародна науково-практична конференція «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях» (м. Київ, 2015 р.), V-й Всеукраїнський з’їзд екологів із міжнародною участю (м. Вінниця, 2015 р.), Міжнародна науково-практична Інтернет-конференція «Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи» (м. Вінниця, 2015 р.), III Міжнародна науково-практична конференція Winter InfoCom Advanced Solutions 2016 (м. Київ, 2016 р.), III Міжнародна конференція «Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (м. Вінниця, 2015 р.), Регіональні науково-технічні конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області (м. Вінниця, 2012, 2014, 2015, 2016 рр.).

Публікації

Всього за тематикою дослідження опубліковано 18 наукових праць, в тому числі 5 статей у наукових фахових журналах [1-5], одна стаття у журналі «Proc. SPIE» (США), який входить до міжнародної наукометричної бази видань Scopus [14], 10 матеріалів доповідей на наукових конференціях [7-16], свідоцтво про реєстрацію авторських прав на комп’ютерну програму [17] та патент України на корисну модель [18].

Структура та обсяг роботи

Дисертаційна робота складається зі вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел (123 найменування) та двох додатків. Основний зміст викладено на 97 сторінках друкованого тексту, містить 37 рисунків, 14 таблиць. Загальний обсяг дисертації — 123 сторінки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, описано зв’язок роботи з науковими темами і планами, сформульовано мету, задачі та методи дослідження, а також наукову новизну, практичне значення та апробацію результатів дисертації.

У **першому розділі** проведено аналіз існуючих інформаційних технологій оцінювання параметрів викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря

та методів і моделей, покладених в їх основу, без яких неможливо науково обґрунтовано розробляти заходи, спрямовані на приведення стану атмосферного повітря у відповідність до норм. Аналіз показав, що у світі в цілому та в Україні, зокрема, існує багато математичних моделей і методик розв'язання задачі моделювання розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі від конкретного джерела чи їх групи, але вони потребують великої кількості параметрів джерел викидів та стану навколишнього середовища.

Ця інформація не завжди є доступною та достатньо достовірною для державних органів контролю за викидами, особливо під час пошуку офіційно незареєстрованих джерел викидів, і тим більше — для громадських організацій та об'єднань активістів. У той же час, прості заміри стану повітря без методики правильного відбору проб та адаптації існуючих моделей моделювання розсіювання речовин у атмосфері не будуть ефективними та репрезентативними. Важливо розробити інформаційну технологію, яка дозволить, використовуючи існуючі моделі розсіювання, сучасні інформаційно-вимірювальні системи та мобільні засоби оцінити характеристики джерел викидів різних видів.

Отже, необхідним є створення нових методів, алгоритмів, програмно-технічних засобів та, в цілому, інформаційної технології автоматизації оцінювання параметрів викидів речовин за даними оперативного моніторингу забруднення атмосферного повітря. Поставлено задачі дослідження.

У **другому розділі** розроблено методи оцінювання параметрів моделей динаміки поширення домішок в атмосферному повітрі.

Запропоновано метод оцінювання параметрів понаднормативних викидів стаціонарних джерел за нечіткими експертними оцінками на основі апріорної інформації про їх координати, метеоумови та проектно-технічні характеристики з урахуванням чутливості якості атмосферного повітря у певному місці спостереження від параметрів кожного можливого джерела викидів, формалізованих у нечіткій базі знань, що дозволяє підвищити точність такого оцінювання (рис. 1). Аналіз моделі розсіювання Гаусса показує, що найбільш вагомими параметрами стаціонарних джерел, які впливають на концентрацію ЗР у певній точці виміру є такі: відстань R від точки виміру до джерела викиду (м); кут α між віссю Y та відрізком прямої, що з'єднує точку виміру та ДВ ($^\circ$) (рис. 1).

Метеоумови та технічні характеристики джерел пропонується описати такими параметрами: h , висота джерела викиду (м); d , діаметр гирла джерела викиду (м); u , швидкість вітру (м/с); s , хмарність (0-10 балів).

Діапазони змін параметрів та терм-множини, за допомогою яких оцінюються лінгвістичні змінні факторів, наведено у табл. 1.

Для уточнення результатів методу оцінювання параметрів понаднормативних викидів стаціонарних джерел за нечіткими експертними оцінками розроблено метод на основі математичної моделі Гаусса із використанням даних, зібраних за допомогою безпілотних літальних апаратів (БПЛА) для кількісного аналізу зони розсіювання стаціонарного джерела

викиду, який дозволяє отримати достатньо точну оцінку вмісту цільової домішки Q у гирлі заданого ДВ.

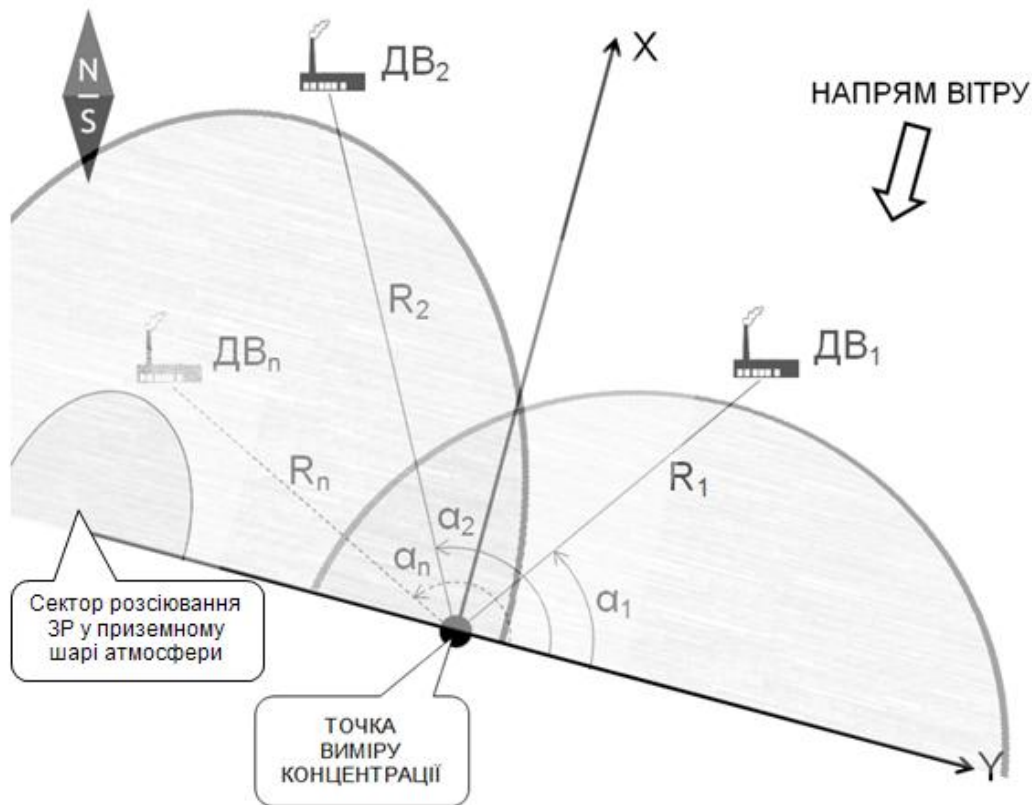


Рисунок 1 – Схема визначення географічних параметрів джерел викидів

Таблиця 1 – Фактори впливу та відповідні їм терм-множини експертних оцінок

Позначення	Діапазон	Терм-множина	Вага
h	[10-200] метрів	«Мінімальний», «Низький», «Середній», «Високий», «Максимальний»	0,4
d	[1-10] метрів	«Мінімальний», «Низький», «Середній», «Високий», «Максимальний»	0,12
u	[0-25] метрів в секунду	«Мінімальний», «Низький», «Середній», «Високий», «Максимальний»	0,08
s	[0-10] балів	«Мінімальний», «Низький», «Середній», «Високий», «Максимальний»	0,4
R	[0-10] кілометрів	«Мінімальний», «Низький», «Середній», «Високий», «Максимальний»	0,5
α	[0-180] градусів	«Мінімальний», «Низький», «Середній», «Високий», «Максимальний»	0,5

Ідея методу полягає у тому, що за допомогою БПЛА спочатку проводиться аналіз метеоумов та інших параметрів. Умови задачі уточнюються і, за ними, уточнюється аналітичний вираз рівняння моделі та розрахункових співвідношень для усіх його параметрів, які розраховуються за різними методиками. Для цього виразу моделі за методом найменших квадратів здійснюється апроксимація моделі Гаусса (1) – будується система двох рівнянь

з двома невідомими Q та F_b . Далі ІВС на БПЛА здійснює вимірювання значень $C(x, y, z)$, потім проводиться підстановка цих значень в систему рівнянь, а її розв'язання дає значення Q .

$$C(x, y) = \frac{a}{\sigma_y(x_i)\sigma_z(x_i)} e^{-0,5 \frac{y_j^2}{(\sigma_y(x_i))^2}} \cdot V(x_i, F_b), \quad a = \frac{QK}{2\pi u_s}, \quad (1)$$

де $C(x, y, z)$ – концентрація речовини, що викидається, в точці з координатами x, y, z , мкг/м³; Q – викид речовини, г/с; K – коефіцієнт перерахунку = $1 \cdot 10^6$; $V(x_i, F_b)$ – вертикальні умови розсіювання; F_b – параметри Бріггса; u_s – швидкість вітру на ефективній висоті джерела викидів, м/с; σ_z – стандартне відхилення розсіювання по горизонталі, м; σ_y – стандартне відхилення розсіювання по вертикалі, м; y – бокове відхилення від осі факелу, м.

Для того, щоб знайти невідомі нам значення Q та F_b за методом найменших квадратів запишемо класичний для цього методу квадратичний критерій, знайдемо від нього відповідні частинні похідні та прирівняємо до нуля, що дасть нам систему із двох рівнянь з двома невідомими (2), (3).

$$\sum_{i,j} \left[\left[C_{i,j} - \frac{a}{\sigma_y(x_i) \cdot \sigma_z(x_i)} \cdot e^{-0,5 \frac{y_j^2}{(\sigma_y(x_i))^2}} \cdot V(x_i, F_b) \right] \cdot \frac{e^{-0,5 \frac{y_j^2}{(\sigma_y(x_i))^2}} \cdot V(x_i, F_b)}{\sigma_y(x_i) \cdot \sigma_z(x_i)} \right] = 0, \quad (2)$$

$$\sum_{i,j} \left[\left[C_{i,j} - \frac{a}{\sigma_y(x_i) \cdot \sigma_z(x_i)} \cdot e^{-0,5 \frac{y_j^2}{(\sigma_y(x_i))^2}} \cdot V(x_i, F_b) \right] \cdot a \cdot e^{-0,5 \frac{y_j^2}{(\sigma_y(x_i))^2}} \cdot \left[\frac{0,5 \cdot (z - h_e(x, F_b))}{(\sigma_z(x_i))^2} \cdot \sqrt[3]{F_b \cdot x_i} \cdot (z - h_e(x_i, F_b)) - \frac{0,5 \cdot (h_e(x_i, F_b))}{(\sigma_z(x_i))^2} \cdot \sqrt[3]{F_b \cdot x_i} \cdot (z + h_e(x_i, F_b))} \right] \right] = 0. \quad (3)$$

Аналіз співвідношень моделі (2), (3) та характеру класичної функції Гаусса показав, що для підвищення точності оцінювання параметрів стаціонарного джерела викидів доцільно спочатку визначити напрямок куди дме вітер, далі уздовж осі x , яка спрямована від місця виходу стаціонарного джерела, тобто точки з координатами $(0, 0, 0)$, у напрямі вітру, методом прямих послідовних вимірювань з БПЛА у цьому напрямку виміряти значення показника $C(x, y, z)$, знайшовши максимальне значення вмісту $C^*(x^*, y^*, z^*)$, а також декілька значень у напрямку, перпендикулярному осі x , тобто в напрямку осі y , рахуючи від точки з координатами (x^*, y^*, z^*) .

Були проведені дослідження того, яким чином кількість значень спостережень підвищує точність оцінювання параметру Q . Залежність відносної похибки ΔQ (%) від кількості значень i , відібраних уздовж осі x (вісь, спрямована від гирла стаціонарного джерела викиду у напрямі вітру), та симетрично в обидва від точки з координатами (x^*, y^*, z^*) , показана на рис. 2а. Варіант з $i = 5$ вимірюваннями уздовж осі x і різною кількістю вимірювань уздовж осі y , починаючи від точки (x^*, y^*, z^*) , показаний на рис. 2б.

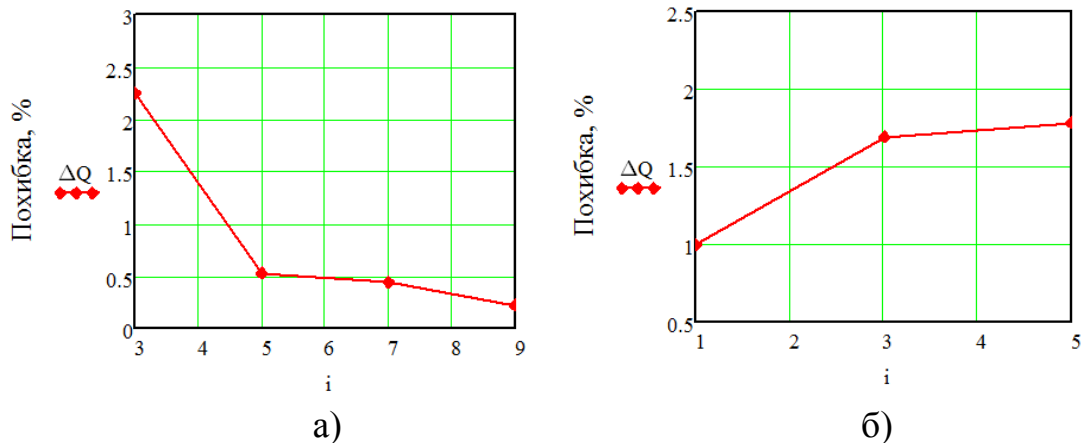


Рисунок 2 – Залежність відносної похибки ΔQ (%) від кількості значень $C(x,y,z)$: а) уздовж осі x за відсутності вимірювань уздовж інших осей б) уздовж осі y , рахуючи від точки з координатами (x^*, y^*, z^*) , за умови, що уздовж осі x було здійснено 5 вимірювань

Проведений аналіз показав, що для оцінювання параметра Q варто здійснювати спостереження тільки уздовж осі x і достатнім є 5 вимірювань, за умов їх високої точності. У разі, якщо вимірювання проводяться не досить точно, тоді рекомендується зібрати та обробити 7-9 даних спостережень.

Отже, обґрунтовано, що оптимальною траєкторією спостережень для БПЛА буде траєкторія, подана на рис. 3.

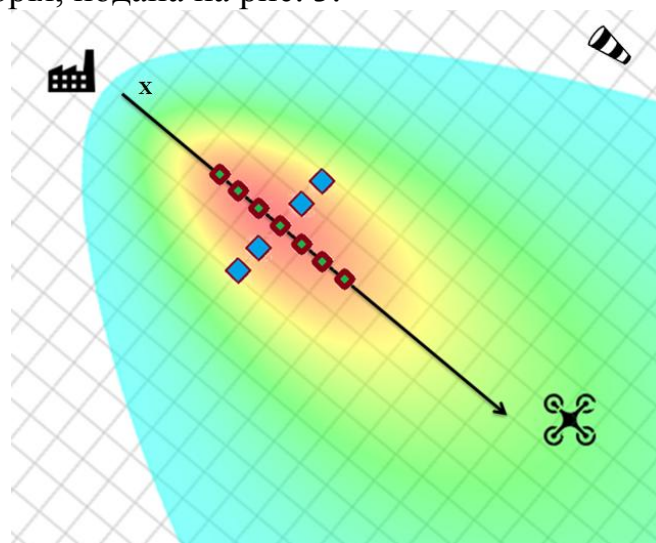


Рисунок 3 – Схематичне зображення траєкторії руху БПЛА через зону розсіювання біля стаціонарного джерела

Теоретично, БПЛА може пролетіти дану траєкторію двічі: спочатку знайти місце розташування точки з максимальною концентрацією, а потім

виміряти відносно неї по 3-4 точки у різні боки уздовж осі x . Однак, сучасні вимірювальні засоби дозволяють досить швидко проводити вимірювання, тоді достатньо одного прольоту за траєкторією з рис. 3, а потім на основі аналізу отриманого вектору значень визначається максимальне значення та ті значення, що розташовані у цьому векторі до та після нього через певний крок у метрах.

Алгоритм застосування розробленого методу пропонується такий:

1. На висоті джерела забруднення h_s з використанням БПЛА провести вимірювання метеопараметрів T_a і u_s та напрямку вітру. У разі, якщо у різних точках зони основного розсіювання вони будуть відрізнятися більше, ніж на 15%, тоді — усереднити їх за усіма вимірюваннями.

2. Уточнити аналітичний вираз математичної моделі та усіх її параметрів за поточних умов, у т.ч. метеорологічних.

3. Спорядити БПЛА мобільною ІВС із відповідним датчиком аналізу стану атмосферного повітря на задану домішку (оксиди вуглецю, вуглеводні типу CH_4 , C_2H_4 , оксиди сірки чи азоту тощо).

4. Запустити БПЛА по лінії від джерела у напрямі вітру (рис. 3) для визначення місця найбільшої концентрації забруднюючих речовин та провести необхідні спостереження.

5. За допомогою методу найменших квадратів визначити невідомі параметри джерела викиду для заданої речовини.

6. За необхідності повторити пп. 3-5 для іншої речовини (домішки).

Проведене оцінювання параметрів стаціонарного джерела викиду за числовим прикладом з використанням співвідношень (2), (3) запропонованого методу для 5-ти точок спостережень якості повітря та їх порівняння з розрахунковими значення показало, що похибка для Q склала 0,11 %, що є дуже гарним результатом, а для F_b — 15 %, що є результатом досить прийнятним, враховуючи відносно невисоку точність вимірювального приладу на БПЛА (значення концентрації C виміряні з точністю до сотих).

Однак важливе значення має моделювання поля забруднення не тільки стаціонарних, а й пересувних джерел викидів. І однією з головних задач, при цьому, є визначення середньої швидкості транспортних засобів у потоці для запровадження заходів для забезпечення оптимальної швидкості, яка спричиняє найменше забруднення атмосферного повітря. Зазвичай, забруднення залежить не тільки від швидкості транспортного засобу, а ще й від типу цього засобу, його палива, метеоумов, рельєфу місцевості, поверховості забудови та інших факторів, але, якщо розглядати проблему глобально, то, як відомо, коли все місто «стоїть» в заторах чи, коли транспортні засоби їздять в режимі форсажу, забруднення, яке вони спричиняють максимальне, не залежно від типів засобів, типів палива та метеоумов. Отже, зосередимось на задачі визначення середньої швидкості транспортних засобів у потоці.

Основна ідея моделі, яка будується, полягає в тому, що, знаючи поточні параметри транспортного потоку на заданій ділянці вулиці та закономірності руху транспорту на цих шляхах до тієї ділянки, можна оцінити параметри потоку на тій заданій ділянці. У такий спосіб можна прогнозувати як середню швидкість транспортних засобів на заданій i -й ділянці v_i (або їх середню

щільність ρ_i), так і середній вміст газів в атмосферному повітрі над нею (вектор значень y_i). Для обчислення цих двох видів вихідних параметрів пропонується проводити оцінювання таких коефіцієнтів: коефіцієнт K_r , який враховує відхилення від середньостатистичного стану покриття дороги; коефіцієнт K_z , який враховує зменшення відносно середньостатистичного часу проїзду ділянки, обумовлене заторами (пробками); коефіцієнт K_m , який враховує відхилення від середньостатистичного метеопараметрів, що ускладнюють рух ТЗ (у разі, якщо має місце ожеледь, туман, злива тощо, він стає меншим 1,0); коефіцієнт K_L , який враховує відхилення від середньостатистичного значення середньої сумарної довжини транспортних засобів, які проїхали повз датчики через певний проміжок часу; коефіцієнт K_E , який враховує відхилення від середньостатистичного значення середнього вмісту викидів транспортних засобів, які проїхали повз вимірювальні пристрої через певний проміжок часу:

$$v_i = v_{maxi} K_{ri} K_{zi} K_{mi} \left(1 - \frac{\rho_i}{\rho_{max} K_{Li}} \right), \quad y_i = f_i(v_i, K_E), \quad (4)$$

де v_{maxi} та ρ_{maxi} — максимально можливі усереднені на i -й ділянці швидкість та щільність, відповідно, руху середньостатистичних транспортних засобів (у т.ч. з урахуванням вимог правил дорожнього руху); f_i — функція, яка описує поширення забруднюючих газів в атмосферному повітрі над i -ою ділянкою дороги.

За основу моделі (4) взято відоме співвідношення:

$$v_a \rho = \rho_{max} \left(1 - \frac{\rho}{\rho_{max}} \right). \quad (5)$$

Аналогічний за структурою вираз можна записати не тільки для щільності ρ , а і для швидкості. Отже, вихідна змінна y_i є функцією F_i шести змінних:

$$y_i = F(K_{ri}, K_{zi}, K_{mi}, K_{Li}, K_E, \rho_i). \quad (6)$$

Позначимо ці вхідні змінні $z_{i,j}$, $j = 1, 6$. У виразі (6) зроблено припущення про те, що протягом періоду моделювання величини v_{maxi} та ρ_{maxi} є незмінними. Але, якщо модель (4), (5) будується для того, щоб змоделювати результат зміни ряду геометричних параметрів дороги, які призведуть до зміни ще й параметрів v_{maxi} та ρ_{maxi} , тоді і їх слід розглядати як вхідні змінні, яких вже буде 8, а не 6.

Для оцінювання середньої швидкості руху ТЗ для визначення їх оптимального режиму руху з найменшим забрудненням пропонується метод, оснований на побудові нечіткої бази знань. Створення такої бази знань ускладнюється великою кількістю вхідних змінних і правил. Тому пропонується вирішити цю задачу за допомогою генетичного алгоритму (ГА) з існуючої експериментальної вибірки. Вибірка даних являє собою сукупність пар вхідних величин $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6$ та вихідної у розміром M .

Сформуємо початкову НБЗ, що представляє собою набір логічних виразів:

$$\text{IF } z_1 = a_1^{jp} \text{ AND } z_2 = a_2^{jp} \text{ AND } \dots \text{ AND } z_n = a_n^{jp} \text{ THEN } y = d_j \quad w_{jp}, \quad (7)$$

де z_1, z_2, \dots, z_n – вхідні змінні; y – вихідна змінна; $a_1^{jp}, a_2^{jp}, \dots, a_n^{jp}$ – вхідні лінгвістичні терми, $p = 1, k_j$; d_j – вихідний змінний клас, $j = 1, m$; $w_{jp} \in [0, 1]$ – jp -та вага правил.

Доповнимо лінгвістичні терми $a_i^{jp} d_j$ функціями належності виду:

$$\mu_i^{jp}(z_i) = \frac{1}{1 + \frac{z_i - b_i^{jp}}{c_i^{jp}}}, \quad i = 1, n, 1, m, 1, k_j, \quad (8)$$

де b_i^{jp} – координата максимуму функції: $\mu_i^{jp}(b_i^{jp}) = 1$; $c_i^{jp} > 0$ – коефіцієнт розтягування функції.

Сформуємо матрицю значень (табл. 2), де $y_1 \dots y_m$ – інтервали, на які розбивається область значень вихідної величини y :

$$y_{min}, y_{max} = [y_{min}, y_1] \cup [y_1, y_2] \cup \dots \cup [y_{m-1}, y_{max}] \quad (9)$$

$y_1 \qquad y_2 \qquad y_m$

Таблиця 2 – Матриця змінних параметрів НБЗ

№	ЯКЦО	ВАГА	ТОДІ
	$z_i \quad i = 1 \dots 6$	w	y^*
11	b_i^{11}, c_i^{11}	w_{11}	y_1
...	
$1k_1$	$b_i^{1k_1}, c_i^{1k_1}$	w_{1k_1}	...
...
$m1$	b_i^{m1}, c_i^{m1}	w_{m1}	y_m
...	
mk_m	$b_i^{mk_m}, c_i^{mk_m}$	w_{mk_m}	

Для отримання матриці знань моделі прогнозу потрібно отримати при проведенні ГА таку хромосому, яка мінімізує квадрат різниці між модельними результатами y_{sim}^q та статистичними даними y^q .

$$\sum_{q=1}^M y_{sim}^q - y^q \quad \rightarrow \quad min. \quad (10)$$

Кожна ітерація ГА включає такі основні кроки:

1. Імовірнісний відбір хромосом батьків.
2. Отримання нових хромосом нащадків шляхом схрещування хромосом-батьків і мутації генів.
3. Розрахунок показників якості, що забезпечується такими операціями:
 - Фаззифікація значень вхідних змінних: $z_1, z_2, z_3, z_4, z_5, z_6$.
 - Розрахунок ступенів належності вихідної змінної y методом нечіткого логічного висновку:

$$\mu^{y_j}(y) = \max_{p=1, k_j} w_{jp} \min \left(\frac{\mu^{z_1}}{\mu^{z_4}}, \frac{\mu^{z_2}}{\mu^{z_5}}, \frac{\mu^{z_3}}{\mu^{z_6}} \right), \quad j = \overline{1, m}. \quad (11)$$

- Дефаззифікація – визначення чіткого модельного значення виходу y_{sim} за методом центру сум:

$$y_{sim} = \frac{\bar{y}_1 \mu^{\bar{y}_1} + \bar{y}_2 \mu^{\bar{y}_2} + \dots + \bar{y}_m \mu^{\bar{y}_m}}{\mu^{\bar{y}_1} + \mu^{\bar{y}_2} + \dots + \mu^{\bar{y}_m}}. \quad (12)$$

У **третьому розділі** розроблено схему інформаційно-вимірювальної системи (ІВС) та методику її побудови для оперативного прямого оцінювання параметрів забруднення атмосферного повітря. Для спостережень за закономірностями дорожнього руху ІВС повинна фіксувати різні параметри, у т.ч. ті, що входять у модель (4).

Для забезпечення можливості оцінювання параметрів моделі забруднення атмосферного повітря, пропонується застосовувати такий метод:

I. Визначення умов проведення та планування спостережень.

Вибір оптимального маршруту, та розбиття його на M ділянок довжиною $L_j, j = \overline{1, M}$.

Вибір оптимальної швидкості руху $V_j, j = \overline{1, M}$ ТЗ з ІВС.

Визначення метеоданих (напрямку і сили вітру, опадів тощо).

II. Збирання даних спостереження.

З використанням GPS-датчика визначаються координати місць розташування $U_q, q = \overline{1, Q}$. З використанням відеореєстратора визначаємо кількість стаціонарних та пересувних джерел забруднення $R_j, j = \overline{1, M}$.

III. Обробка даних спостереження.

На кожній ділянці V_j визначення лінійних координат місць, в яких проводилося вимірювання $F_{k,j}$. Також на кожній ділянці визначається кількість стаціонарних S та пересувних R потенційних джерел забруднення.

VI. Побудова регресійної залежності між даними моніторингу СО F_j та кількістю ТЗ R_j з використанням ГІС-технологій та статистичних методів.

Експортувати отримані дані моніторингу F_j та R_j для побудови матриці поверхні методом середньозваженої інтерполяції, логарифмічним методом або методом крєкінгу та усереднити концентрації показника F_{avg} на кожній ділянці.

Провести агрегування умов руху ТЗ шляхом переходу до приведеної кількості ТЗ R' .

Оператор системи, переглядаючи дані відеореєстратора, має підрахувати значення показника R_j для кожної ділянки довжиною. Провести кореляційний аналіз між середньою концентрацією показника F_{avg} на кожній ділянці та середньою кількістю автомобілів R'_j на кожній ділянці.

Побудувати регресійну залежність між F_{avg} та R' , інтегральними для усіх ділянок, що дозволить прогнозувати забруднення повітря у місті.

Оцінити похибки вимірювання та розрахунку.

Авторами була спроектована ІВС у якій використані: мобільні пристрої на базі операційної системи MS Windows (ноутбук), Android (смартфон) та контролер Arduino (рис. 4). Із використанням даної системи було проведено експеримент на автошляхах м. Вінниці.



Рисунок 4 – ІВС, створена за запропонованою методикою для оцінювання параметрів моделі забруднення атмосферного повітря автотранспортом: а) програмно-технічне забезпечення ІВС; б) змонтована на автомобілі ІВС

У **четвертому розділі** описано створення та випробування інформаційної технології на основі розроблених моделей, методів та інформаційної системи оперативного моніторингу.

Архітектура інформаційної технології для оцінювання параметрів, необхідних для моделювання стану забруднення атмосферного повітря, подана на рис. 5.



Рисунок 5 – Архітектура інформаційної технології моделювання впливу викидів стаціонарних джерел

Для автоматизації процесу виявлення найбільш впливового джерела забруднення та для підвищення доступності методу створено веб-сервіс

моделювання викидів від стаціонарних джерел з використанням нечітких експертних оцінок та мови Java. Результат розрахунку виводиться на геопорталі Google Maps у вигляді зони розсіювання.

Визначення ефективності оцінювання параметрів викидів запропоновано здійснювати на основі такого критерію:

$$E = \omega_1 K_M + \omega_2 K_E, \quad \omega_1 + \omega_2 = 1, \quad (13)$$

де K_M і K_E – коефіцієнти ефективності етапу проведення вимірювань та етапу оцінювання параметрів викидів, відповідно; ω_1 та ω_2 – вагові коефіцієнти цих етапів в загальній ефективності усієї інформаційної технології:

$$K_M = \sqrt[3]{\omega_{11} T_{M1} \cdot \omega_{12} T_{M2} \cdot \omega_{13} D_M}, \quad K_E = \sqrt[3]{\omega_{21} T_{E1} \cdot \omega_{22} T_{E2} \cdot \omega_{23} D_E}, \quad (14)$$

ω_{ij} – вагові коефіцієнти окремих характеристик етапів технології оцінювання, $\omega_{ij} = 1$; T_{M1} , T_{E1} – сумарна тривалість підготовчих операцій на етапі проведення вимірювань та на етапі оцінювання, відповідно; T_{M2} , T_{E2} – тривалість проведення вимірювань та обробки даних під час оцінювання, відповідно; D_M , D_E – достовірності зібраних даних вимірювань та отриманих результатів оцінювання, відповідно.

За запропонованою методикою проектування інформаційно-вимірювальної системи було створено ІВС для оперативного моніторингу стану забруднення атмосферного повітря та проведено її випробування на автодорогах м. Вінниці. Маршрут руху ТЗ з ІВС у місті загальної протяжністю 7 км був обраний таким чином, щоб він проходив біля найбільш вразливих до забруднення місць.

Під час експерименту за допомогою відеореєстратора фіксувалась кількість автомобілів на магістралях, що дозволило врахувати вплив автотранспорту на ступінь забруднення атмосферного повітря.

Дані моніторингу були інтерпольовані за логарифмічним методом (рис. 6а) та методом кригінгу (рис. 6б).



Рисунок 6 – Інтерполяція даних моніторингу навколо території ВНТУ (вул. Барське шосе, вул. Інтернаціоналістів, вул. Келецька): а) логарифмічним методом; б) моніторингу методом кригінгу

За результатами обробки результатів експериментів рекомендуються такі заходи: збільшити кількість вхідних даних до системи; розбивати загальний

шлях L на більшу кількість відрізків L_j ; підвищити синхронізацію взаємодії датчиків — для реалізації визначеної рекомендації пропонується намагатись, щоб коефіцієнт кратності інтервалу роботи датчиків V різного типу максимально наближався до цілого числа.

Значення коефіцієнта кореляції є більшим за 0,9. Отже, можна говорити про те, що має місце сильний стохастичний взаємозв'язок між концентрацією поширення СО та приведеною кількістю ТЗ на вулицях міста. Наявність кореляції дозволяє побудувати залежність між F_{avg} від R' , яка дозволить прогнозувати забруднення повітря у місті.

Тепер стає можливим програвання сценаріїв для прийняття рішень з оптимізації транспортної інфраструктури, спрямованих на зниження таких викидів, враховуючи певні географічні та антропогенні фактори.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі розв'язано актуальну науково-прикладну задачу підвищення точності та ефективності оцінювання параметрів викидів забруднюючих речовин за даними оперативного моніторингу шляхом створення інформаційної технології, що дозволить підвищити ефективність системи екологічного контролю та управління стаціонарними та пересувними джерелами цих викидів.

1. Проведений аналіз показав, що існує технологічний розрив між математичними моделями, які досить детально описують процеси розсіювання забруднюючих речовин в атмосфері та засобами для вимірювання та оцінювання вхідних для моделювання даних, що нівелює високу адекватність цих моделей. Найбільш проблемною є ситуація, коли відсутні достовірні дані про параметри самих джерел викидів, особливо в задачах пошуку незареєстрованих джерел викидів, задачах громадського екологічного контролю та ін.

2. Для умов, коли необхідно оцінити параметри стаціонарних джерел викидів та визначити серед них ті, що мають найбільший забруднюючий вплив, запропоновано метод оцінювання параметрів викидів стаціонарних джерел, в першу чергу потенційно понаднормативних, за нечіткими експертними оцінками з урахуванням чутливості якості атмосферного повітря у певному місці спостереження від апріорної інформації про координати, метеоумови та проектно-технічні характеристики кожного можливого джерела викидів, формалізованих у нечіткій базі знань, що дозволяє підвищити точність та ефективність такого оцінювання. Задача оцінювання просторових та проектно-технічних параметрів конкретного стаціонарного джерела викиду може бути реалізована за допомогою запропонованого методу за даними оперативного моніторингу зони розсіювання за допомогою БПЛА за рахунок розв'язання зворотної задачі розсіювання на основі моделі Гаусса, що дозволяє підвищити точність оцінювання параметрів цього джерела за мінімальної кількості даних спостережень.

3. Викиди забруднюючих речовин від пересувних джерел (наприклад, автотранспорт) представляють собою не меншу загрозу для довкілля. Для оцінювання викидів автотранспорту можливо використовувати розроблений метод обробки даних моніторингу параметрів пересувних джерел викидів, з урахуванням їх просторово-часової неоднорідності, параметрів транспортної мережі та метеопараметрів з використанням нечіткої бази знань кількості транспортних засобів на кожній ділянці вулиці, що дозволяє більш точно отримати залежність між параметрами транспортних засобів і станом забруднення атмосферного повітря.

4. На сьогоднішній день існує досить велика кількість інформаційно-вимірювальних систем, що відрізняються різною складністю, обчислювальною потужністю, вартістю тощо. Запропоновано методику побудови сучасної ІВС із моделлю, основою на нечіткій базі знань, яка використовується для оцінювання параметрів моделі забруднення атмосферного повітря автотранспортом, що дозволяє підвищити точність та ефективність цього оцінювання за рахунок комплексної обробки таких параметрів. Відповідно до вищевказаного також вдалось удосконалити схему та методику побудови універсальної інформаційно-вимірювальної мобільної системи для оперативного моніторингу стану забруднення атмосферного повітря з використанням мобільних пристроїв, встановлених на транспортні засоби, яку можна швидко адаптувати під задані умови та показники стану довкілля і фактори його забруднення.

5. Останніми роками веб-сервіси та технології набувають все більшої популярності та затребуваності. З урахуванням цього та відповідно до запропонованих методів оцінювання параметрів викидів речовин від стаціонарних джерел здобувачем розроблено наступні веб-сервіси:

– веб-сервіс на мові Java для оцінювання параметрів джерел понаднормативних викидів на основі нечіткої бази знань з візуалізацією результатів у Google Maps, який дозволяє уточнювати вхідні дані для застосування розробленої інформаційної технології (<http://source-identification.appspot.com>).

– веб-сервіс розрахунку поширення забруднюючих речовин в атмосферному повітрі від стаціонарних джерел викиду для уточнення вхідних даних і застосування розробленої інформаційної технології з візуалізацією результатів розрахунків у Google Maps.

Запропоновані веб-сервіси вільно доступні в Інтернеті, що дозволяє науковцям, викладачам, фахівцям та студентам використовувати ці засоби для наукових досліджень та у навчальних цілях.

6. Запропоновано інформаційну технологію оцінювання параметрів стаціонарних та пересувних джерел викидів речовин за даними оперативного моніторингу забруднення атмосферного повітря, яка поєднує усі запропоновані в роботі методи, інформаційні системи та веб-сервіси і дозволяє підвищити точність та ефективність визначення параметрів викидів із різних джерел.

7. Для проведення дослідження стану атмосферного повітря у місті з використанням розробленої автором інформаційно-вимірювальної системи

промодельовано стан забруднення атмосферного повітря м. Вінниці. Кореляційний аналіз залежності концентрації поширення СО від приведеної кількості транспортних засобів, показав значення коефіцієнту кореляції, більше за 0,9, що говорить про високу адекватність розробленої системи.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Горячев Г. В. Метод визначення стаціонарних джерел понаднормативних викидів на основі нечітких баз знань / Г. В. Горячев, О. М. Козачко, Д. Ю. Дзюняк // Екологічна безпека. — Вінниця. — 2012. — № 2 (14). — С. 59-61.
2. Горячев Г. В. Ідентифікація джерел понаднормативних викидів на основі нечітких баз знань за допомогою веб-сервісів / Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк // Вісник Житомирського державного технологічного університету. — 2014. — №2/2014. — С. 98-102.
3. Мокін В. Б. Метод та технологія моніторингу стану атмосферного повітря за допомогою універсальної інформаційно-вимірювальної системи з використанням мобільних пристроїв / В. Б. Мокін, Д. Ю. Дзюняк, К. О. Бондалетов, В. В. Олійник // Наукові праці Вінницького національного технічного університету [Електронний ресурс]. — 2015. — № 4. — Режим доступу: <http://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/download/456/454>
4. Мокін В. Б. Інформаційно-вимірювальна система оперативного екологічного моніторингу з використанням мобільних пристроїв / В. Б. Мокін, К. О. Бондалетов, Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк // Вісник Вінницького Політехнічного Інституту. — Вінниця. — 2015. — № 5 (122). — С. 116-122.
5. Mokin V. Vitalii. Information measuring systems with mobile devices for identification air pollution parameters caused by transport / Georgii V. Goriachev, Dmytro Y. Dziuniak, Konstantin O. Bondaletov, Serhii O. Zhukov, Mariusz Duk, Saltanat Sailarbek // Proc. SPIE 10031, Photonics Applications in Astronomy, Communications, Industry, and High-Energy Physics Experiments — 2016. — 1003128 (September 28, 2016). — doi:10.1117/12.2249202.
6. Мокін В. Б. Метод оцінювання параметрів стаціонарного джерела викиду на основі моделі Гауса за даними оперативного моніторингу зони розсіювання / В. Б. Мокін, Д. Ю. Дзюняк // Математичне моделювання в економіці. — 2016. — №3-4. — С. 28-38.
7. Мокін В. Б. Інформаційно-вимірювальні системи для ідентифікації параметрів моделі забруднення атмосферного повітря автотранспортом з використанням мобільних пристроїв та фотометричних, у т.ч. лазерних, пристроїв і систем / Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк, К. О. Бондалетов // Зб. тез доп. III Міжнародної конференції “Вимірювання, контроль та діагностика в технічних системах (ВКДТС-2015)”, м. Вінниця, 27-29 жовтня 2015 р. — Вінниця: 2015. — С. 130-132.
8. Мокін В. Б. Технологія оперативного екологічного моніторингу стану повітряного середовища та пересувних джерел його забруднення / В. Б. Мокін, Д. Ю. Дзюняк, К. О. Бондалетов // XIV Міжнародна науково-практична

конференція: «Сучасні інформаційні технології управління екологічною безпекою, природокористуванням, заходами в надзвичайних ситуаціях»: 5-9 жовтня 2015 р. — К., 2015. — С. 126-130.

9. Горячев Г. В. Ідентифікація джерел понаднормативних викидів на основі нечітких баз знань за допомогою Веб-сервісів / Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк // XII Міжнародна конференція «Контроль і управління в складних системах»: тези доповіді — Вінниця, 2014. — С. 66-67.

10. Бондалетов К. О. Практична реалізація сучасної мобільної системи веб-моніторингу та експрес-аналізу стану повітряного середовища [Електронний ресурс] / К. О. Бондалетов, В. Б. Мокін, Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк // XLIV регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області: тези доповіді — Вінниця, 2015. — Режим доступу: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2015/ineek/txt/bondaletov.pdf>.

11. Горячев Г. В. Моделювання поширення забруднюючих речовин від викидів стаціонарних джерел найбільших ТЕС України [Електронний ресурс] / Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк // XLI регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області: тези доповіді [Електронний ресурс] — Вінниця, 2012. — Режим доступу: conf.vntu.edu.ua/allvntu/2012/ineek/txt/dzuniyak.pdf.

12. Горячев Г. В. Аналіз методів ідентифікації стаціонарних джерел викидів [Електронний ресурс] / Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк // XLIII регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області: тези доповіді — Вінниця, 2014. — Режим доступу: <http://conf.vntu.edu.ua/allvntu/2014/ineek/txt/Dziuniak.pdf>.

13. Мокін В. Б. Практична реалізація мобільної аналітичної комп'ютерної системи моніторингу стану атмосферного повітря з підсистемою веб-аналізу та виведення даних на геопортал / В. Б. Мокін, Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк, К. О. Бондалетов // V-й Всеукраїнський з'їзд екологів із міжнародною участю: тези доповіді — Вінниця, 2015. — С. 46-51.

14. Мокін В. Б. Мобільна аналітична комп'ютерна система для оперативного моніторингу стану атмосферного повітря міста / В. Б. Мокін, Д. Ю. Дзюняк, К. О. Бондалетов // Молодь в технічних науках: дослідження, проблеми, перспективи : матеріали Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції: тези доповіді — Вінниця, 2015. — С. 23-26.

15. Мокін В. Б. Підвищення точності моделювання забруднення атмосферного повітря міста з використанням мобільних інформаційно-вимірювальних систем [Електронний ресурс] / К. О. Бондалетов, В. Б. Мокін, Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк // XLV регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю

працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області: тези доповіді — Вінниця, 2016. — Режим доступу: <http://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-ebmd/all-ebmd-2016/paper/view/465/866>.

16. Мокін В. Б. Метод оцінювання параметрів стаціонарного джерела викиду на основі моделі Гауса за даними оперативного моніторингу зони розсіювання / В. Б. Мокін, Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк, К. О. Бондалетов // III Міжнародна науково-практична конференція Winter InfoCom Advanced Solutions 2016 : тези доповіді — К., 2016. — С. 66-67.

17. Дзюняк Д. Ю. ГІС-модуль розрахунку приземних концентрацій забруднюючих речовин від викидів стаціонарних джерел за методом Гауса / Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк // Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір №39558. — К.: Державний департамент інтелектуальної власності України. — Дата реєстрації: 08.09.2011.

18. Дзюняк Д. Ю. Спосіб визначення стаціонарних джерел понаднормативних викидів на основі нечітких баз знань / Г. В. Горячев, Д. Ю. Дзюняк // Патент України на корисну модель №201404006. — К.: Державний департамент інтелектуальної власності України. — Дата реєстрації: 27.10.2014.

АНОТАЦІЯ

Дзюняк Д. Ю. Інформаційна технологія оцінювання параметрів викидів речовин за даними оперативного моніторингу забруднення атмосферного повітря. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Вінницький національний технічний університет, Вінниця, 2017.

Метою дисертаційної роботи є підвищення точності та ефективності оцінювання параметрів викидів речовин за даними оперативного моніторингу шляхом створення інформаційної технології.

Для досягнення даної мети у дисертаційній роботі розв'язуються наступні задачі: аналіз моделей опису динаміки викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря, які використовуються на даний момент в Україні та за кордоном; розробка методу оцінювання параметрів стаціонарних джерел викидів за даними оперативного моніторингу забруднюючих домішок у зоні розсіювання за мінімальної кількості даних спостережень; удосконалення програмно-технічних засобів збирання та оброблення даних оперативного моніторингу, необхідних для моделювання динаміки розсіювання домішок в атмосферному повітрі та для оцінювання параметрів джерел викидів; розробка інформаційної технології оцінювання параметрів викидів речовин за даними оперативного моніторингу забруднення атмосферного повітря та інформаційно-вимірювальної системи експрес моніторингу із випробуванням на практиці.

Результати роботи, які мають цінність для екологічного контролю забруднення атмосферного повітря, впроваджені в Державній екологічній

інспекції у Вінницькій області, що підтверджується відповідним актом. Результати роботи, які є цінними для екологічного контролю викидів, впроваджені в Департаменті енергетики, транспорту та зв'язку Вінницької міської ради відповідно до однієї із задач Стратегії розвитку м. Вінниці до 2020 р.: «Енергоефективність та захист навколишнього середовища», що підтверджується відповідним актом.

Ключові слова: інформаційна технологія, забруднення атмосферного повітря, веб-сервіс, ГІС, джерела викидів, модель розсіювання Гаусса, оперативний моніторинг.

АННОТАЦІЯ

Дзюняк Д. Ю. Информационная технология оценивания параметров выбросов веществ по данным оперативного мониторинга загрязнения атмосферного воздуха. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – информационные технологии. – Винницкий национальный технический университет, Винница, 2017.

Целью диссертационной работы является повышение точности и эффективности оценивания параметров выбросов веществ по данным оперативного мониторинга путем создания информационной технологии.

Предложен метод оценки параметров сверхнормативных выбросов стационарных источников по нечетким экспертным оценкам с учетом чувствительности качества атмосферного воздуха в определенном месте наблюдения от априорной информации о координатах, метеоусловиях и проектно-технических характеристиках каждого возможного источника выбросов, формализованных в нечеткой базе знаний, позволяющий повысить точность и эффективность такой оценки.

Предложен метод оценки параметров источника выбросов на основе модели Гаусса по данным оперативного мониторинга зоны рассеивания с использованием БПЛА.

Разработан метод обработки данных мониторинга параметров передвижных источников выбросов с учетом их пространственно-временной неоднородности, параметров транспортной сети и метеопараметров с использованием нечеткой базы знаний.

Усовершенствована схема и методика построения универсальной информационно-измерительной мобильной системы для оперативного мониторинга состояния загрязнения атмосферного воздуха с использованием мобильных устройств, установленных на транспортных средствах, которую можно быстро адаптировать под заданные условия, показатели состояния окружающей среды и факторы её загрязнения.

Предложена информационная технология оценивания параметров выбросов веществ в атмосферный воздух стационарными и передвижными источниками по данным оперативного мониторинга, объединяющая все предложенные в работе методы, информационные системы и веб-сервисы.

Разработан веб-сервис для оценки параметров источников сверхнормативных выбросов на основе нечеткой базы знаний с визуализацией результатов в Google Maps, позволяющий уточнять входные данные в процессе применения разработанной информационной технологии, а также веб-сервис расчета распространения загрязняющих веществ в атмосферном воздухе от стационарных источников выброса для уточнения исходных данных и применения разработанной информационной технологии с визуализацией результатов расчетов в Google Maps.

Результаты работы, имеющие ценность для экологического контроля загрязнения атмосферного воздуха, внедрены в Государственной экологической инспекции в Винницкой области, что подтверждается соответствующим актом. Результаты работы, являющиеся ценными для экологического контроля выбросов, внедрены в Департаменте энергетики, транспорта и связи Винницкого городского совета в соответствии с одной из задач Стратегии развития г. Виннице до 2020 г.: «Энергоэффективность и защита окружающей среды», что подтверждается соответствующим актом.

Ключевые слова: информационная технология, загрязнение атмосферного воздуха, веб-сервис, ГИС, источники выбросов, модель рассеивания Гаусса, оперативный мониторинг.

ABSTRACT

D. Dzyunyak. Information technology evaluation parameters of emissions, according to the air pollution operative monitoring. – On the rights of the manuscript.

The thesis for the degree candidate of technical sciences, specialty 05.13.06 - information technology. - Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, 2017. The aim of the work is to improve the accuracy and efficiency of emissions parameters evaluation, according to the air pollution operative monitoring by creating the information technology. To resolve this tasks must be solved: analysis of models describing the dynamics of pollutants in the air that are used in Ukraine and abroad; develop a method for evaluation parameters of the stationary sources emissions, according to the operational monitoring of scattering the contaminants in the area by a minimum number of observations; improvement of software and hardware data collection and processing operational monitoring required for dynamic modeling dispersion of pollutants in the air and for evaluation parameters of emissions sources; development information evaluation parameters of emissions of substances according to the operational monitoring of air pollution, development of the information-measuring system for express analysis and its testing in practice.

Keywords: information technology, air pollution, Web services, GIS, sources of emissions, Gauss dispersion model, operational monitoring.

Підписано до друку 22.02.2017 р. Формат 29,7×42 ¼
Наклад 100 прим. Зам. № 2017-027.

Віддруковано в комп'ютерному інформаційно-видавничому центрі
Вінницького національного технічного університету
м. Вінниця, Хмельницьке шосе, 95. Тел.: 59-87-38
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК №3516 від 01.07.2009 р.