

## **ВІДГУК**

**офіційного опонента – доктора технічних наук, професора**

**Бомби Андрія Ярославовича**

**на дисертацію Тимчишина Василя Степановича на тему:**

**«Методи та програмні засоби для моделювання забруднення ґрунтів шкідливими викидами у вихлопних газах автотранспорту», поданої на захист до разової спеціалізованої вченої ради у Західноукраїнському національному університеті на здобуття вищої освіти ступеня доктора філософії в галузі знань 12 – Інформаційні технології за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення**

Вивчення наданих Тимчишиним В.С. анотації та матеріалів дисертації, а також ознайомлення з науковими публікаціями дає підстави стверджувати, що дисертантом проведено достатньо ґрунтовний науковий аналіз обраної теми, виявлено новизну отриманих результатів, сформульовано основні наукові положення, узагальнення та висновки, що виносяться на захист. Можна констатувати, що дисертант досягнув поставлених перед ним цілей, роботу виконав на належному рівні. Такий загальний попередній висновок ґрунтується на основних критеріях, які висуваються до дисертаційних робіт зазначеної наукової спеціальності.

### **Ступінь актуальності обраної теми дослідження.**

Виконана Тимчишиним В.С. дисертація на здобуття вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення, яка присвячена розв'язуванню актуального науково-технічного завдання щодо розробки математичного та програмного забезпечення для моніторингу забруднення ґрунтів та ґрунтових вод шкідливими викидами автотранспорту, є актуальною, має теоретичне та практичне значення.

Як зауважує автор дисертаційного дослідження зростаюча кількість автомобільного транспорту призводить до значного викиду шкідливих речовин у повітря, а потім накопичення їх у ґрунтах та ґрунтових водах. Ця проблема породжує серйозні наслідки для довкілля. Зокрема, викиди автотранспорту містять такі шкідливі речовини, як діоксид азоту і окисли вуглецю, які можуть мігрувати у ґрунтові води через опади та інші атмосферні умови, що в свою



чергу спричинює забруднення водних джерел і впливає на якість питної води. Підвищена концентрація зазначених шкідливих речовин може призвести до отруєння, різних захворювань та навіть загрози життю. Крім того, забруднення ґрунтів та ґрунтових вод може завдати шкоди екосистемам, порушити екологічний баланс та знизити якість ґрунтів для сільського господарства. А тому, зазначені вище проблеми потребують постійного моніторингу забруднення ґрунтів та ґрунтових вод, вартість якого є надзвичайно високою. В той же час, вартість інформаційно-вимірювальних систем моніторингу шкідливих викидів автотранспорту у повітря є помірною та нескладною для реалізації з технічної та технологічної точок зору.

Обрана здобувачем тема дисертаційної роботи є актуальною і такою, що має наукову та практичну значущість щодо вирішення важливої науково-технічної задачі у галузі інформаційних технологій і відповідає спеціальності 121 «Інженерія програмного забезпечення».

### **Структура роботи**

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

У вступі дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність дослідження, визначено зв'язок роботи з науково-дослідними темами Західноукраїнського національного університету, де виконувалася дисертація, сформульовано її мету і завдання, визначено об'єкт, предмет та методи дослідження, а також описано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів. Крім того у вступі наведено інформацію про практичне використання результатів роботи, визначено особистий внесок здобувача, наведені дані щодо апробації результатів дослідження та їх висвітлення у наукових публікаціях.

Далі (у першому розділі) проведено аналіз методів та програмних засобів для моніторингу забруднення довкілля. Також проведено аналіз засобів оцінювання рівня забруднення ґрунту, ґрунтових вод і атмосфери. У ході цього аналізу були розглянуті різні технічні пристрої, які призначені для вимірювання концентрації діоксиду азоту в навколишньому середовищі. У завершальній частині першого розділу, виходячи з актуальності проблеми моніторингу



навколишнього середовища та після аналізу методів і інструментів для визначення рівня забруднення, сформульовано завдання дисертаційного дослідження.

У другому розділі дисертаційної роботи запропоновано відповідне математичне забезпечення для моделювання процесів, пов'язаних з поширенням викидів шкідливих речовин автотранспорту та їх впливом на навколишнє середовище. Зокрема, адаптовано та обґрунтовано метод математичного моделювання процесів забруднення ґрунтів шкідливими викидами вихлопних газів автотранспорту (сполуками азотної кислоти та супутніх солей) у вигляді диференціальних рівнянь з розподіленими параметрами за умов на поверхні ґрунту, що визначаються за результатами вимірювань у приґрунтовому шарі повітря, та інтервальних моделей для оцінки фонових рівнів концентрацій забруднювача (діоксиду азоту).

У третьому розділі розроблено архітектуру програмної системи для моделювання процесів забруднення ґрунтів шкідливими викидами вихлопних газів автотранспорту. Система складається з чотирьох окремих модулів, які взаємодіють між собою за допомогою різних технологій. Блок Sniffer4D Hyper-local Air Quality Analyzer був обраний як базовий компонент для вимірювання концентрації діоксиду азоту в приземистому шарі атмосфери, а програмне забезпечення Sniffer4D Mapper для візуалізації результатів вимірювань у реальному часі. Система реалізована з використанням об'єктно-орієнтованого підходу програмування і ґрунтується на мікросервісній архітектурі, використовуючи технологію .Net Framework та мову програмування C#. Для зберігання і керування даними використано систему управління базами даних Microsoft SQL (MSSQL).

У завершальній частині дисертаційної роботи автором описано організацію графічного інтерфейсу створеного програмного забезпечення для моделювання забруднення ґрунтів, а також наведено опис модулів відповідної інформаційної системи з фокусом на їх взаємодію з різними категоріями користувачів та можливостями зовнішніх інтеграцій.

Після аналізу кількісних показників (аналітика та звітність, збір даних онлайн, підтримка додаткових параметрів, масштабованість, стійкість до



зовнішніх факторів) оцінки систем моніторингу забруднення ґрунту розраховано інтегральний показник ефективності розробленої системи.

Як і належить, отримані автором результати дисертаційного дослідження узагальнено у висновках.

Дисертація в цілому є структурно та змістовно досить збалансованою роботою, послідовність викладення положень є логічною.

### **Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій та їх достовірність**

Ступінь обґрунтованості та достовірності результатів дисертаційного дослідження забезпечується:

– аналізом сучасного стану досліджень у заявленій предметній області, комплексним застосуванням теоретичних та експериментальних методів дослідження;

– коректним використанням методів теорії математичного моделювання, оптимізаційних та чисельних методів, методів об'єктно-орієнтованого аналізу, проектування та програмування, інтеграційного тестування та тестування продуктивності;

– використанням добірки актуальних літературних джерел.

### **Наукова новизна отриманих результатів**

При виконанні дисертаційної роботи отримано такі наукові результати:

- обґрунтовано та адаптовано підхід до математичного моделювання процесів забруднення ґрунтів шкідливими викидами вихлопних газів автотранспорту, який ґрунтується на основі відомих законів дифузії та вимірювань у приґрунтовому шарі атмосфери, що у сукупності з інтервальними методами забезпечило деяке спрощення та здешевлення процесів оцінки забруднення ґрунтів;

- вперше розроблено архітектуру інформаційної системи для моделювання процесів забруднення ґрунтів шкідливими викидами вихлопних газів автотранспорту, яка, на відміну від існуючих, інтегрує програмне забезпечення інформаційно-вимірювального комплексу та засоби відображення поточної



ситуації щодо забруднення ґрунтів, що у сукупності дало можливість спростити процеси прогнозування забруднення ґрунтів;

- набули подальшого розвитку програмно-технічні комплекси та технології для моніторингу забруднення ґрунтів, які, на відміну від існуючих, забезпечують опосередковану оцінку концентрацій забруднюючих речовин у ґрунтах за результатами вимірювань концентрацій газоподібних шкідливих речовин на поверхні ґрунтів, що дає можливість знизити вартість процесів оцінки рівня забруднення ґрунтів;

- набули подальшого розвитку підходи до прогнозування розподілу шкідливих викидів у ґрунтах шляхом адаптації алгоритмів структурної ідентифікації інтервальних моделей поширення забруднень (які включає нові ефективні обчислювальні процедури адаптивного налаштування вибору структурних елементів), бджолоїної колонії тощо.

Отримані нові результати, у сукупності, розв'язують актуальну науково-технічну задачу щодо підвищення ефективності та спрощення процедур прогнозування процесів забруднення ґрунтів шкідливими викидами автотранспорту шляхом розробки математичного та програмного забезпечення для моніторингу забруднення ґрунтів та ґрунтових вод.

### **Значущість результатів дослідження для науки і практики та можливі шляхи їх використання**

Наукова та практична значущість результатів дисертаційного дослідження полягає у створенні програмно-технічного комплексу для моделювання забруднення ґрунтів шкідливими викидами у вихлопних газах автотранспорту. Розроблена система уможливорює моніторинг забруднення ґрунтів та ґрунтових вод шкідливими викидами автотранспорту, через вимірювання концентрації діоксиду азоту у поверхневому шарі повітря і подальшого моделювання процесів його дифузії та взаємодії із водою у ґрунтах та ґрунтових водах.

### **Повнота викладу результатів дослідження в наукових публікаціях**

За результатами дисертаційних досліджень опубліковано 12 наукових праць, що відповідає п. 11 Порядку проведення експерименту з присудження



ступеня доктора філософії. Зокрема, 4 статті у фахових наукових виданнях, одна з яких входить до міжнародної наукометричної бази Scopus та Web of Science та відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank віднесено до квартилю Q2, 8 публікацій у матеріалах конференцій, 5 з яких входять до міжнародної наукометричної бази Scopus. Особистий внесок здобувача у ці публікації є суттєвим, що наведено у дисертації.

Наукові результати, що отримані у дисертаційній роботі, також були апробовані та отримали позитивну оцінку на 2 всеукраїнських та 5 міжнародних наукових конференціях.

### **Академічна доброчесність**

Очевидних ознак порушення авторкою академічної доброчесності, зокрема випадків оприлюднення, частково або повністю, наукових результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження та/або відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення їх авторства, не виявлено.

Відповідність дисертації вимогам, передбаченим пунктом 10 Порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії. Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленої кваліфікаційної наукової праці на правах рукопису, що виконувалася здобувачем особисто.

Дисертація містить наукові положення, нові науково обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати проведених здобувачем досліджень, що мають істотне значення для галузі інформаційних технологій. Це ґрунтовно підтверджено публікаціями, що розкривають основний зміст роботи.

Дисертацію оформлено у відповідності до вимог Міністерства освіти і науки України (Наказ № 40 від 12.01.2017 із змінами, внесеними згідно з Наказом Міністерства освіти і науки № 759 від 31.05.2019).

### **Дискусійні положення та зауваження до змісту дисертації**

Загалом, позитивно оцінюючи наукове і практичне значення отриманих дисертантом результатів, варто відзначити такі дискусійні положення і зауваження до змісту дисертаційної роботи:



1. в другому розділі запропоновано та обґрунтовано метод математичного моделювання процесів забруднення ґрунтів шкідливими викидами вихлопних газів автотранспорту, що ґрунтується на диференціальних рівняннях в частинних похідних. Доцільно було б навести порівняння із іншими відомими методами з точки зору точності оцінки; бажано було б більш чіткіше висловитись, що мається на увазі під новизною математичних моделей з точки зору Інформаційних технологій (зокрема, Інженерії програмного забезпечення) та традиційного математичного моделювання і обчислювальних методів, механіки ґрунтів тощо;
2. в четвертому розділі проведено оцінку ефективності розробленої системи для моделювання забруднення ґрунтів шкідливими викидами у вихлопних газах автотранспорту на основі системи показників, в яку доцільно було б врахувати такі показники як надійність та безпека;
3. в тексті дисертації зустрічаються описки (наприклад, після формули 2.10 в кінці речення відсутня крапка і незрозумілим є вислів «стосовно скорочення обидвох частин рівняння на молекулу»; після формули 2.5 після слова «де» стоїть кома; зустрічаються словосполучення-речення виду: «... в його основу входять моделі дифузії..., такі як дифузія...» (ст.97); має місце відмінність у висловлюваннях автора та загальноприйнятих у математичній фізиці, наприклад, «початкова умова»; тощо);
4. доцільно було б зробити більш широкий огляд статей стосовно моделювання забруднень ґрунтів та підземних вод, зокрема, у областях з криволінійними поверхнями за наявності поперечної дифузії, конвекції, джерел масообміну (сорбції, десорбції, в тому числі, за рахунок хімічних реакцій) за умов взаємовпливу характеристик середовища та процесу.

### **Загальний висновок**

Зазначені зауваження та рекомендації не впливають на загальну позитивну оцінку представленого наукового дослідження. Вважаю, що дисертація на тему «Методи та програмні засоби для моделювання забруднення ґрунтів шкідливими викидами у вихлопних газах автотранспорту» є завершеною



самостійною науковою роботою, яка містить нові обґрунтовані теоретичні та експериментальні результати, що мають істотне значення для галузі інформаційних технологій і за актуальністю, змістом, науковою новизною, обґрунтованістю висновків, достовірністю і значущістю відповідає вимогам “Порядку присудження ступеня доктора філософії”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а її автор, Тимчишин Василь Степанович, за результатами публічного захисту наукових досліджень у формі дисертації, на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 121 «Інженерія програмного забезпечення».

Офіційний опонент:

доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри  
комп'ютерних наук та  
прикладної математики НУВГП

Андрій БОМБА

