

## РЕЦЕНЗІЯ

доктора технічних наук, доцента

**Зінченко Ольги Валеріївни**

на дисертаційну роботу

**Кращенка Дениса Васильовича**

на тему: «**Методика побудови автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею на базі методів стохастичної оптимізації**»,

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 123 — Комп’ютерна інженерія

в галузі знань 12 — Інформаційні технології

### 1. Актуальність теми дисертаційної роботи

У всьому світі на різноманітні будівлі припадає більше третини всього споживання енергії, що значно сприяє викидам вуглекислого газу. Комерційні будівлі без систем автоматизованого управління є менш ефективними щодо споживання енергії, оскільки вони часто мають системи клімат-контролю, які продовжують працювати вночі або у вихідні, коли в будівлях немає людей. Навіть у робочі дні системи опалення, вентиляції та кондиціонування, у яких відсутні системи автоматизованого управління, можуть невправдано охолоджувати або нагрівати приміщення, які на даний час не використовуються, що спричиняє власникам будівель суттєвих збитків.

Автоматизовані системи управління будівлями, які іноді називають системами автоматизації будівель або BMS, — це комп’ютерні системи, які контролюють електричне та механічне обладнання, яке працює в будівлі. Це включає опалення, освітлення та вентиляцію — усі ключові елементи, які забезпечують безперебійне використання будівлі. Системи управління будівлями допомагають регулювати середовище всередині будівлі, забезпечуючи легкий доступ до всіх окремих підсистем.

Проектування, а у подальшому впровадження, ефективної автоматизованої системи управління будівлею (АСУБ) гарантовано призводить до зменшення витрат на енергоносії та підвищення комфорту у будівлі, яка керується АСУБ. Отже, дисертаційна робота, яка присвячена розробці методики побудови автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею на базі методів стохастичної оптимізації є актуальною.

### 2. Зв’язок роботи з науковими програмами, планами і темами

Дисертаційна робота Кращенка Д.В. виконана на кафедрі Комп’ютерної інженерії Навчально-наукового інституту Інформаційних технологій під час виконання науково-дослідної роботи на тему: «Методи і алгоритми управління надійністю комп’ютерних мереж» (№ 0115U001472, ДУТ, м. Київ).

### **3. Ступінь обґрутованості та достовірності наукових положень, висновків і рекомендацій**

Наукові положення, висновки та запропоновані рекомендації обґрутовані коректним використанням ряду загальнонаукових методів дослідження та прийомів аналізу. У процесі розробки методики побудови АСУІБ використано методи: стохастичної оптимізації, теорії інформації, системного аналізу, елементів методів теорії ієрархічних багаторівневих систем, теорії складних систем, автоматизованого управління, комп'ютерного імітаційного моделювання, оптимального управління, теорії цифрової обробки сигналів, теорії сигналів і процесів та методів комп'ютерного імітаційного моделювання.

Дисертаційна робота має логічну структуру, її основні висновки і рекомендації випливають із результатів, які наведені в розділах роботи, що дозволяє перевірити коректність міркувань, забезпечує сприйняття матеріалу.

Аналіз змісту розділів, використаного інструментарію та способів його застосування дозволяє зробити висновок про належну обґрутованість наукових положень, висновків та рекомендацій теоретичним аналізом, результатами практичного використання, інформацією з науково-технічної літератури, підтверджено характеристиками впроваджених систем.

### **4. Наукова новизна результатів досліджень**

На основі аналізу змісту дисертаційної роботи та наведених наукових праць можна чітко виокремити сформульовані наукові положення, висновки та пропозиції, що характеризуються науковою новизною та особистим внеском здобувача:

- Розроблено математичну модель WSN, наукова новизна якої полягає у введенні таких понять, як класифікація та рівень захисту мережі. На відміну від існуючих, дана модель дозволяє вирішити задачу, щодо оптимального розміщення сенсорів у неоднорідних WSN (як частини АСУІБ), коли необхідно врахувати не лише оптимальне положення вузла а і його тип, та отримати засоби створення резервних каналів передачі інформації всередині мережі.

- Розроблено метод «вибіркової» процедури адаптивного пошуку», який базується на обчислennі погіршення параметрів «затримки передачі» та «тривалості життя» однорідних WSN при видалені з них критичних вузлів. Відмінна особливість методу полягає у введенні поняття функції оцінки критичності вузла WSN, яка реалізується для скорочення сукупності можливих вхідних наборів критичних вузлів, що дозволяє скоротити час розрахунку найвпливовішої підмножини критичних вузлів.

- Розроблено модель менеджера ресурсів АСУІБ, наукова новизна якої полягає у введенні у склад моделі порогу прогнозування. Це дозволило АСУІБ під час

прийняття рішень отримати засоби для врахування не лише показника споживання енергії, а й додати до оцінювання важливий показник комфорту. Це, в свою чергу, дозволило АСУІБ динамічно перемикатися між режимами функціонування завдяки програмно визначеному рівню вхідних вимог.

Наукові положення, висновки та рекомендації, які викладені у дисертаційній роботі, є обґрунтованими і містять наукову новизну, проведені дослідження є внеском у вирішення поставленого завдання.

## **5. Практичні значення отриманих результатів**

Практичне значення результатів полягає, насамперед, у доведенні отриманих наукових результатів до конкретних методик, алгоритмів та програмних продуктів.

Отримані у дисертаційній роботі наукові результати є базою для обґрунтування етапів проектування автоматизованих систем керування будівлею на основі технологій ІoT та забезпечують ефективне функціонування бездротових сенсорних мереж.

Практична цінність полягає у наступному:

- застосування запропонованої математичної моделі на базі «вибіркової процедури адаптивного пошуку» дозволило скоротити час виконання моделювання мережі з 2хв. до 5,4 сек., відносно до показників моделі Змішаного Цілочисельного Програмування;
- використання запропонованого алгоритму моделювання менеджера ресурсів АСУІБ дозволило у середньому зменшити споживання енергії на 15,6%, підвищити комфорт у приміщенні (відповідно до заданих норм) на 3 – 8% в залежності від типу моделі та збільшити загальну успішність прийняття рішень АСУІБ з 87% до 95%;
- використання при побудові WSN розробленого механізму резервування каналів передачі даних та введення рівнів захисту мережі дозволило значно підвищити рівень надійності та доступності мережі.

## **6. Повнота відображення наукових положень, висновків і рекомендацій в опублікованих автором дисертації працях**

Основні результати дисертаційного дослідження опубліковані в 7 наукових публікаціях. Серед праць 6 наукових статей в фахових виданнях України, у яких можуть публікуватися результати дисертаційних робіт на здобуття наукових ступенів доктора й кандидата наук; 1 – в зарубіжних виданнях, в 3 тезах і матеріалах доповідей на конференціях. Вимоги щодо кількості та якості публікацій виконано.

Основні наукові результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на 4 науково-практичних конференціях і семінарах, а саме на:

Науково-технічній конференції «Застосування програмного забезпечення в ІКТ». – Київ, ДУТ, 5 лютого, 2020; Науково-практичній конференції «Проблеми комп’ютерної інженерії». – Київ, ДУТ, 2 грудня, 2020; Науково-практичній конференції «Проблеми комп’ютерної інженерії». – Київ, ДУТ, 2 грудня, 2021; XIII Міжнародній науково-технічній конференції студентства та молоді «Світ інформації та телекомунікацій» – Київ, ДУТ, 21 жовтня 2021

## **7. Загальна характеристика дисертаційної роботи**

У вступі зазначено актуальність теми дисертації, визначено мету та основні завдання, об’єкт і предмет дослідження, методи досліджень, подано наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, також наводиться інформація про список публікацій автора.

Поставлена задача, яку необхідно розв’язати методом дослідження та практикою.

У першому розділі «Аналіз існуючих підходів побудови та основних елементів автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею», на основі опрацьованих літературних джерел, проведено аналіз вимог до систем управління для підвищення ефективності їх функціонування. Зокрема проведено: аналіз існуючих структур систем управління та характеристик їх основних компонентів. Описані режими керування систем АСУІБ та існуючі методи розробки таких систем.

Поставлена задача, яку необхідно розв’язати методом дослідження та практикою.

У другому розділі «Вирішення проблеми розгортання бездротової сенсорної мережі та розробка математичної моделі автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею» було розроблено математичну модель безпроводової сенсорної мережі з введенням обмежень кластеризації та рівнів захисту і метод вибіркової процедури адаптивного пошуку для вирішення задачі критичності вузла у безпроводовій сенсорній мережі.

У третьому розділі «Розробка та експериментальна перевірка методики побудови автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею, результати впровадження» з використанням блок-схем розроблено модель менеджера ресурсів АСУІБ з введенням поняття порогу прогнозування. Використовуючи розроблену модель менеджер ресурсів виконано три моделювання АСУІБ для підтвердження ефективності розробленої моделі.

Додатки містять частину коду розробленої програми, на якій проводилися експерименти, та акт впровадження отриманих результатів.

Дисертаційна робота викладена на 247 сторінках та складається із змісту, переліку скорочень, вступу, трьох основних розділів, списку використаних джерел із 155 найменувань та 2 додатків.

## **8. Мова та стиль дисертаційної роботи**

Дисертаційна робота написана логічною мовою, доступно, на високому технічному рівні з використанням сучасної наукової термінології та законів наукових теорій, з дотриманням вимог академічної добродетелі.

При написанні простежується авторський стиль, що свідчить про індивідуальність дослідження.

Тема, зміст та отримані наукові результати роботи відповідають спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія», галузі знань 12 «Інформаційні технології».

## **9. Зауваження та рекомендації до дисертаційної роботи**

1. В дисертаційній роботі недостатньо повно проведено оцінку достовірності та адекватності математичної моделі WSN.

2. З тексту дисертації не зрозуміло, яким чином пов'язані між собою показники кластеризації та показники затримки вузлів.

3. В дисертаційній роботі доцільно було б привести техніко-економічний аналіз отриманих результатів.

4. У розділі 2 дисертаційної роботи, який присвячено розробці математичної моделі автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею не представлені пояснення деяких технічних термінів.

## **Загальний висновок**

Дисертаційна робота Кращенка Дениса Васильовича на тему «Методика побудови автоматизованої системи управління інтелектуальною будівлею на базі методів стохастичної оптимізації» є завершеним науковим дослідженням, має теоретичну і практичну цінність.

Наведені зауваження щодо дисертаційної роботи не зменшують значення результатів дослідження.

Враховуючи актуальність теми дисертації, обґрутованість наукових положень, висновків та рекомендацій, новизну та практичну цінність, повноту викладу матеріалу в наукових публікаціях, відсутність порушень академічної добродетелі, вважаю, що дисертація відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення спеціалізованої вченої ради

закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44, а її автор Кращенко Денис Васильович, заслуговує на присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 123 – «Комп’ютерна інженерія».

Офіційний рецензент,  
завідувач кафедри штучного інтелекту  
Державного університету телекомунікацій

доктор технічних наук, доцент



О.В. Зінченко

Філіє Зінченко О.В. застігну  
Ученій секретар Державного  
університету телекомунікацій



А.Н. Баканова