

*Голові разової спеціалізованої вченої ради
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»
д.т.н., професору Ткачову В.В.*

ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА

кандидата технічних наук, доцента Голінко Ігоря Михайловича
на дисертаційну роботу Воскобойника Євгена Костянтиновича
за темою: «Автоматизація та комп'ютерно-інтегроване керування автономним
електричним опаленням у багатокімнатних будівлях з урахуванням
комплексних показників теплового комфорту», представлену на здобуття
наукового ступеня доктора філософії
галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування
за спеціальністю 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Актуальність теми дисертації. Дисертаційна робота Воскобойника Євгена Костянтиновича присвячена актуальній науковій задачі, підвищення енергоефективності систем тепlopостачання у будівельній галузі України. Вибір теми є цілком обґрунтованим, оскільки питання раціонального використання енергоресурсів та забезпечення належного теплового комфорту безпосередньо пов'язані з реалізацією державної політики у сфері енергозбереження та відповідають стратегічним орієнтирам розвитку галузі. Важливо підкреслити, що дослідження узгоджується з положеннями міжнародних стандартів ISO 7730:2005 та ДСТУ Б EN ISO 7730:2011, що свідчить про його відповідність сучасним вимогам та тенденціям.

У роботі запропоновано автоматичну систему керування тепловим комфортом, яка поєднує керування електронагрівачами з реєстрацією та аналізом параметрів мікроклімату у реальному часі. Автором використано стандартизований показник PMV, що забезпечує об'єктивність оцінки теплового стану приміщень. Наукова новизна полягає у розробці комплексного рішення, яке дозволяє впровадження енергоефективних стратегій керування, які гармонізують економію ресурсів із вимогами до мікроклімату, враховуючи при цьому властивості будівелі та сценарії поведінки користувачів.

Методологічна база дослідження є ґрунтовною: автор застосував сучасні підходи до моделювання та аналізу мікроклімату, використав інструменти цифровізації інженерних систем, а також провів апробацію запропонованих рішень у реальних умовах. Практична значущість роботи підтверджується можливістю її впровадження у житлових, адміністративних та промислових будівлях, що відкриває перспективи для підвищення енергоефективності та забезпечення енергетичної безпеки держави.

Загалом дисертаційне дослідження вирізняється високим рівнем актуальності, комплексністю та відповідністю сучасним науковим і практичним вимогам. Робота має вагому наукову та прикладну цінність, а її результати можуть бути використані як у наукових дослідженнях, так і у практичній діяльності з модернізації систем теплопостачання. Вважаю, що робота робить суттєвий внесок у розвиток енергоефективних технологій та заслуговує на позитивну оцінку.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій дисертаційної роботи Воскобойника Євгена Костянтиновича виконано на належному рівні. Автор послідовно виклав методологічні засади дослідження, використав сучасні наукові підходи до аналізу та моделювання процесів у системах теплопостачання, що забезпечує достовірність отриманих результатів. Висновки логічно випливають із проведених теоретичних узагальнень та експериментальних досліджень, а рекомендації мають практичну спрямованість і можуть бути використані при модернізації інженерних систем будівель. Отримані наукові результати узгоджуються із даними, які отримані дослідниками при вирішенні споріднених задач.

Обґрунтованість положень підтверджується належним рівнем апробації результатів, їх відповідністю чинним нормативним документам та міжнародним стандартам, а також узгодженістю із сучасними тенденціями розвитку енергоефективних технологій. Таким чином, наукові положення та рекомендації дисертації можна вважати переконливими, аргументованими та такими, що мають значний потенціал для практичного застосування.

Структура, обсяг роботи. Дисертаційне дослідження структуроване традиційно й складається зі вступу, чотирьох основних розділів та підсумкових висновків. Загальний обсяг роботи становить 153 сторінки друкованого тексту, що супроводжується 51 ілюстрацією. Матеріал доповнено 20 таблицями, списком використаних джерел, який налічує 64 найменування та займає 6 сторінок, а також одним додатком. Оформлення дисертації відповідає усім необхідним вимогам.

Характеристика роботи, новизна розроблених наукових положень.

У *вступі* автором обґрунтовано актуальність обраної теми, визначено мету, сформульовано основні завдання, обґрунтовано використані методи, представлено наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів. Наведено інформацію щодо публікацій і апробації результатів дослідження.

У *першому розділі* здійснено огляд сучасного стану наукових і прикладних досліджень у сфері автоматичного керування теплотехнічними процесами. Автором виокремлено ключові напрями розвитку, визначено проблемні аспекти та сформовано концептуальну основу для подальшого удосконалення технологій керування системами електричного теплопостачання.

Другий розділ присвячено побудові моделі системи опалення багатокімнатного приміщення з орієнтацією на забезпечення теплового комфорту людини. Тут розроблено структуру та математичні моделі основних компонентів системи, включно з нагрівачем, приміщенням, датчиком температури та моделями зовнішніх збурень. Це створило підґрунтя для формування гнучкої та енергоефективної системи, здатної адаптуватися до змінних умов експлуатації та забезпечувати оптимальні параметри мікроклімату відповідно до індексу PMV.

У *третьому розділі* наведено результати дослідження ефективності адаптивного керування системою опалення на основі комплексної оцінки теплового комфорту. Здобувач довів переваги використання індексу PMV у порівнянні із традиційним підходом, що базується лише на підтримці температури, та показав можливості зниження енерговитрат при одночасному забезпеченні індивідуального комфорту користувачів. Розроблена система керування характеризується простотою реалізації, стабільністю роботи та високою енергоефективністю.

Четвертий розділ має експериментальний характер і демонструє практичну реалізацію запропонованої системи. Автор представив апаратно-програмний комплекс. Проведені випробування підтвердили відповідність системи технічним вимогам, її стабільність та точність вимірювань. Важливим є доведена можливість інтеграції розробленого рішення у сучасні побутові та промислові системи опалення, що підтверджує практичну цінність роботи.

У *додатку* наведено акт впровадження в навчальний процес.

Отримані результати свідчать про високий рівень обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, а також про значний потенціал їх практичного застосування у сфері енергоефективних технологій.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження.

Вперше:

- запропоновано підхід до автоматичного керування електричним опаленням, що базується на адаптивному моделюванні теплового комфорту із урахуванням індивідуальних потреб користувачів та змін зовнішніх кліматичних умов;
- побудовано модель системи опалення приміщення, орієнтовану на забезпечення теплового комфорту людини;

Набули подальшого розвитку:

- алгоритмічні методи керування теплоспоживанням для забезпечення комфортного температурного режиму в реальному часі з метою зниження енергетичних витрат;
- методика використання індексу PMV як критерію для керування системою опаленням, що забезпечує температурний режим приміщення сприятливий для теплового комфорту людини;
- інженерні підходи до інтегрування систем електричного опалення у загальну інфраструктуру енергоменеджменту будівель, що сприяє підвищенню рівня енергоефективності у комунальній та промисловій сферах.

Автор розробив інноваційну автоматизовану систему, що аналізує показники мікроклімату в реальному часі. Використання індексу PMV дозволило забезпечити об'єктивність оцінювання комфорту, що раніше було складно реалізувати в автономних системах.

Прикладна цінність дисертації. Отримані результати мають вагомим практичне значення для розвитку енергоефективних систем теплопостачання та управління мікрокліматом у будівлях.

Запропонований підхід до автоматизованого керування опаленням на основі комплексного параметра теплового комфорту може бути використаний у житлових, адміністративних та промислових об'єктах, забезпечуючи зниження енергоспоживання без втрати якості мікроклімату. Розроблені моделі та методики придатні для застосування у проектуванні та модернізації систем енергоменеджменту, а також інтеграції у сучасні платформи «розумного дому».

Практична цінність роботи підтверджується результатами експериментальної апробації та впровадження у навчальний процес університету, що свідчить про її значущість як для наукової та освітньої діяльності, так і для реального сектору економіки.

Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладу наукових положень та результатів в опублікованих працях. Дисертаційна робота Воскобойника Євгена Костянтиновича виконана на високому науковому рівні з використанням сучасної термінології та методології. Тема, структура та результати дослідження повністю відповідають спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» та галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування».

Усі наукові положення та практичні результати отримані здобувачем самостійно, що підтверджується аналізом змісту роботи та опублікованих праць. Некоректних запозичень чи порушень академічної доброчесності не виявлено, що підтверджується звітом про перевірку дисертації на плагіат.

Таким чином, дослідження відзначається оригінальністю, самостійністю виконання та відповідністю принципам академічної доброчесності.

Мова та стиль викладення результатів. Дисертаційна робота Воскобойника Євгена Костянтиновича виконана українською мовою, має чітку структуру та відповідає вимогам до оформлення, визначеним наказом МОН України від 12.01.2017 № 40. Автор продемонстрував високий рівень володіння науковим стилем, логічною організацією викладу та використанням сучасної термінології. Робота справляє позитивне враження й підтверджує належний науковий рівень проведеного дослідження.

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи. За результатами досліджень опубліковано 8 наукових праць, в яких опубліковано основні наукові результати. З них 7 у наукових виданнях, включених до переліку фахових видань України, 1 стаття у журналах, що індексуються наукометричною базою Scopus, 4

наукових праці опубліковано у збірниках наукових праць та матеріалах міжнародних конференцій. Наукові результати, отримані у дисертаційній роботі, знайшли повне відображення у наукових публікаціях, що підтверджує системність проведених досліджень та належний рівень апробації здобутих висновків.

Зауваження до дисертації.

1. Більшість параметрів (швидкість повітря, одяг, метаболізм) задані як константи. Це обмежує дослідження сценаріями, де людина перебуває у статичному стані. Модель не дозволяє оцінити ефективність системи в динамічних умовах (наприклад, коли людина змінює активність або знімає верхній одяг).
2. Порівняння проводиться лише між традиційним термостатом (двопозиційне керування температурою) та двопозиційним керуванням за PMV. Було б доцільно порівняти запропонований підхід із використанням ПІ-закону керування, який де факто є стандартом для систем мікроклімату.
3. Назва ілюстрації “Рисунок 2.3 – Структура приміщення”, не відповідає її змісту, оскільки на рисунку зображено конструктивні особливості приміщення із відповідними розмірами.
4. Опис релейної комутації теплоелектричного нагрівача (ТЕН) — це класичне рішення подачі живлення на ТЕН. При цьому не згадано про використання симісторів (Triac) або твердотільних реле (SSR), що було б ефективніше для підтримки теплового комфорту. Використання електронних комутаторів замість механічних дозволяє реалізувати широтно-імпульсний спосіб керування на базі програмної реалізації ПІД-регулятора.
5. У підрозділі 4.1 та 4.2 фрази про «запропоновану структуру регулятора» та «універсальність» повторюються майже дослівно (наприклад, абзаци на стор. 128 та 129). Це варто скоротити або об'єднати.
6. Зустрічаються помилки у позначенні індексів, наприклад «0/5 slo» замість «0,5 slo» у підпису до рисунка 1.3.

Вважаю, що зауваження мають окремий характер і не знижують наукової та практичної цінності дисертаційної роботи. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дослідження, яке виконано на високому рівні.

Загальна оцінка дисертаційної роботи. Дисертаційна робота Воскобойника Євгена Костянтиновича «Автоматизація та комп'ютерно-інтегроване керування автономним електричним опаленням у багатокімнатних будівлях з урахуванням комплексних показників теплового комфорту» є завершеним дослідженням, що містить науково обґрунтовані результати. Автор успішно вирішив актуальну задачу підвищення ефективності керування процесами опалення, запропонувавши підходи, які забезпечують баланс між комфортними умовами перебування та раціональним використанням енергетичних ресурсів.

Тема і зміст роботи відповідають спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, а наукові та практичні результати, отримані

в дисертаційній роботі, є значущими для галузі знань 15 – Автоматизація та приладобудування.

Вважаю, що дисертація Воскобойника Євгена Костянтиновича відповідає вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44 (зі змінами № 507 від 03.05.2024 р.) та вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації», а її автор, Воскобойник Євген Костянтинович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології.

Офіційний опонент:
кандидат технічних наук, доцент,
доцент кафедри автоматизації
енергетичних процесів Національного
технічного університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»



Ігор ГОЛІНКО