

**Рішення**  
**разової спеціалізованої вченої ради**  
**про присудження ступеня доктора філософії**

Здобувач ступеня доктора філософії – Євген ВОСКОБОЙНИК, 1988 року народження, громадянин України, освіта – вища: у 2010 році закінчив Національний гірничий університет і отримав повну вищу освіту за спеціальністю «Автоматизоване управління технологічними процесами», аспірант кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», м. Дніпро.

Разова спеціалізована вчена рада утворена рішенням Вченої ради Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», МОН України, м. Дніпро від 31 березня 2026 року (Протокол № 12) у складі:

*Голова разової ради:*

**Ткачов Віктор Васильович**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

*Рецензенти:*

1. **Новицький Ігор Валерійович**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка»;

2. **Трипутень Микола Мусійович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка».

*Офіційні опоненти:*

1. **Мацуї Анатолій Миколайович**, доктор технічних наук, професор, доцент кафедри автоматизації виробничих процесів Центральноукраїнського національного технічного університету;

2. **Голінко Ігор Михайлович**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри автоматизації енергетичних процесів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського».

Відомості про членів разової спеціалізованої вченої ради додаються.

На засіданні «19» травня 2026 року прийняла рішення про присудження ступеня доктора філософії з галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» **ВОСКОБОЙНИКУ Євгену Костянтиновичу** на підставі відкритого публічного захисту дисертації «**Автоматизація та комп'ютерно-інтегроване керування автономним електричним опаленням у багатокімнатних будівлях з урахуванням комплексних показників теплового комфорту**» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

Дисертацію виконано на кафедрі кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем у Національному технічному університеті «Дніпровська політехніка», МОН України, м. Дніпро.

Науковий керівник:

– Бойко Олег Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» Міністерства освіти і науки України.

Дисертацію подано у вигляді спеціально підготовленого рукопису, українською мовою.

У дисертації вирішено **актуальну наукову задачу**, що полягає у підвищенні ефективності функціонування енергетичної системи України, що є ключовим чинником забезпечення національної безпеки та сталого розвитку, відповідно Енергетичної стратегії України до 2035 року. Значну частку витрат на комунальні послуги становить опалення будівель, що актуалізує необхідність впровадження сучасних методів енергоефективного керування теплопостачанням. Навіть за високого рівня енергоефективності існує потенціал для додаткової оптимізації, зокрема шляхом формування індивідуальних сценаріїв енергоспоживання. Враховуючи, що близько 40 % світового енергоспоживання та третина викидів парникових газів припадає на будівлі, важливим є гармонізація українських нормативів із міжнародними стандартами та забезпечення належної якості мікроклімату. Досягнення балансу між зниженням енергоспоживання та тепловим комфортом потребує комплексного аналізу конструктивних, інженерних, кліматичних та соціальних чинників, що визначає актуальність подальших наукових досліджень у цьому напрямі.

**Наукова новизна роботи** полягає у запропоновані підходу до автоматизованого керування автономним електричним опаленням, який базується на адаптивному сценарному моделюванні теплового комфорту з урахуванням індивідуальних потреб користувачів та змін зовнішніх кліматичних умов. Розробці математичної моделі взаємозв'язку між параметрами мікроклімату приміщення та рівнем енергоспоживання, що дозволяє формувати компромісні режими опалення з урахуванням нормативних показників теплового комфорту. Обґрунтовані доцільності використання інтелектуальних алгоритмів керування для оптимізації процесу регулювання температурного режиму в реальному часі з метою зниження енергетичних витрат; запропоновано методіку оцінювання ефективності енергоспоживання будівель, яка враховує не лише технічні характеристики інженерних систем, а й поведінкові фактори користувачів, що впливають на теплове навантаження. Удосконалені підходи до інтеграції систем автоматизованого опалення у загальну інфраструктуру енергоменеджменту будівель, що сприяє підвищенню рівня енергоефективності на муніципальному та промисловому рівнях.

**Практичні результати** дисертаційного дослідження мають суттєве практичне значення для підвищення енергоефективності будівель та оптимізації процесів теплопостачання, зокрема: Розроблений підхід до автоматизованого керування опаленням на основі комплексного параметра теплового комфорту може бути впроваджений у системи автономного електричного опалення житлових, адміністративних та промислових будівель, що дозволяє знизити витрати енергії без втрати якості мікроклімату. Запропонований алгоритм адаптивного регулювання забезпечує стабільну роботу системи керування в умовах змінних зовнішніх та внутрішніх факторів, що особливо актуально для регіонів із нестабільними кліматичними умовами або змінним графіком використання приміщень. Моделі та методики, розроблені в межах дослідження, можуть бути використані при проєктуванні та модернізації систем енергоменеджменту будівель, а також інтегровані в платформи «розумного дому» для підвищення рівня автоматизації та енергоефективності. Результати дослідження можуть бути застосовані у навчальному процесі при підготовці фахівців у галузі енергетики, автоматизації та будівельних технологій, а також слугувати основою для подальших прикладних досліджень у сфері енергоефективного керування мікрокліматом. Експериментальні дані та моделювання підтверджують доцільність впровадження запропонованих рішень у практику енергозбереження, що може бути використано органами місцевого самоврядування та підприємствами для оптимізації витрат на комунальні послуги.

Результати досліджень впроваджені на кафедрі «Кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем» Національного технічного університету «Дніпровська політехніка» у рамках дисциплін «Проєктування систем автоматизації», «Проєктування автоматичних систем керування технологічними комплексами», «Автоматизація технологічних процесів автоматизації» при підготовці бакалаврів та магістрів за спеціальністю G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

За результатами наукових досліджень опубліковано 8 робіт, з них 7 фахових наукових виданнях з переліку МОН України, 1 у виданнях, що індексуються наукометричною базою даних Scopus, 4 публікації у матеріалах закордонних і всеукраїнських конференцій.

1. G. Pivnyak, G. Gruhler, A. Bublikov, Yu. Papaika, Ye. Voskoboinyk Classification of heating conditions in terms of smart control of indoor heating with the use of uncontrolled electric heaters. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2022, (4): 078 – 083. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2022-4/078> ;

2. Перспективи автоматизації процесу керування тепловим комфортом / О.О. Бойко, Є.К. Воскобойник, Ю.І. Чеберячко, А.В. Бубликов. – Дніпро: Збірник наукових праць НГУ. – 2023. – №73. – С. 134-143. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/73.134>;

3. Boyko, O., Voskoboinyk, Y., Cheberiachko, Y., & Slavinskyi, D. (2025). Room model for researching the thermal comfort management process. *Electrical and Information Systems*, (107), 37–44. <https://doi.org/10.32782/EIS/2025-107-6>

4. Voskoboinyk, Y., Boyko, O., Slavinskyi, D., & Cheberiachko, Y. (2025). Research on the possibility of reducing energy consumption by controlling the heating system based on thermal comfort. *Scientific Papers of Donetsk National Technical University. Series: "Computer Engineering and Automation"*, 3(4(36)), 5–12. [https://doi.org/10.32782/2786-9024/v3i4\(36\).331266](https://doi.org/10.32782/2786-9024/v3i4(36).331266)

5. Олег Бойко, Євген Воскобойник, Юрій Чеберячко. Удосконалена модель приміщення для дослідження процесу керування тепловим комфортом. *Науково-виробничий журнал "Електромеханічні і енергозберігаючі системи" № 1/2025(68)*, с. 15-22. <https://doi.org/10.32782/2072-2052.2025.1.68.2>

6. О. О. Бойко, Є. К. Воскобойник, Є. В. Кошеленко. Дослідження процесу керування тепловим комфортом у багатокімнатному будинку з використанням децентралізованої системи. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 12(43), ч. I. 428 с. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12\(43\).1.316-325](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.12(43).1.316-325)

7. Voskoboinyk, Ye, Boyko, O. Research on the process of controlling thermal comfort in a room. *Informatics and mathematical methods in simulation*. 2026. Vol. 16, no. 1. P. 74–84. <https://doi.org/10.15276/imms.v16.no1.74>

8. Є.К. Воскобойник. Керування тепловим комфортом у приміщенні на базі двопозиційного регулятора. *Науковий Журнал Метінвест Політехніки. Серія: Технічні науки*. Одеса : Видавничий дім «Гельветика». 2026. № 6. 280 с. с.22-29. <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2026-6-3>

Опубліковані праці апробаційного характеру:

1. Воскобойник Є.К. Система дослідження процесу керування тепловим комфортом. Молодь: наука та інновації: матеріали XI Міжнародної науково-технічної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених, Дніпро, 22–24 листопада 2023 року: у 2-х т. / Національний технічний університет «Дніпровська політехніка» – Дніпро : НТУ «ДП», 2023. Том 1. 474 с.

2. Бойко О.О., Воскобойник Є.К., Бубликов А.В. Децентралізована система дослідження процесу керування тепловим комфортом. *Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2024) : V Міжнародна науково-практична конференція (м. Чернігів, 12 грудня 2024 р.) : тези доповідей – Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2025. – 346 с.*

3. Бойко О.О., Воскобойник Є.К. ЛМІ системи керування тепловим комфортом з використанням електронагрівача. *Science and Information Technologies in the Modern World: Collection of Scientific Papers "International*

Scientific Unity" with Proceedings of the 1st International Scientific and Practical Conference. February 26-28, 2025. Athens, Greece. 541 p.

4. Бойко О.О., Воскобойник Є.К., Чеберячко Ю. Релейний модуль системи дослідження процесу керування тепловим комфортом. Collection of Scientific Papers with the Proceedings of the 3rd International Scientific and Practical Conference «Modern Perspectives on Global Scientific Solutions» (March 3-5, 2025. Bergen, Norway). European Open Science Space, 2025. 311 p.

У дискусії взяли участь голова і члени спеціалізованої вченої ради та присутні на захисті фахівці.

**Рецензент, професор Новицький Ігор Валерійович.**

*Запитання.* Науковий результат 3: Де саме на слайді цей алгоритм, чому він інтелектуальний та як він оптимізує процес регулювання температурного режиму.

*Відповідь здобувача Воскобойника Євгена Костянтинівича.* Дякую за запитання. На слайді 12 наведено алгоритм уточнення параметрів двопозиційного регулятора. Даний алгоритм є інтелектуальним тому, що він забезпечує зміну параметрів регулятора на етапах пуску системи та роботи у сталому режимі. Оптимізація процесу регулювання теплового комфорту забезпечує зменшення коливань прогнозованої середньої оцінки PMV відповідно до значення уставки.

*Запитання.* Науковий результат 2: У якому вигляді отримано математичну модель взаємозв'язку між параметрами мікроклімату приміщення та рівнем енергоспоживання і як на основі цієї моделі формуються компромісні режими опалення?

*Відповідь здобувача Воскобойника Євгена Костянтинівича.* Дякую за запитання. Відповідно до ДСТУ Б EN ISO 7730 параметри мікроклімату відповідають параметрам теплового комфорту, до яких відносяться: температура повітря у приміщенні, середня температура випромінювання, відносна вологість повітря та його швидкість руху, тип одягу, метаболізм. Зв'язок між прогнозованою середньою оцінкою PMV, значення якої базується на параметрах теплового комфорту пов'язаний з керуючим впливом регулятора, інтеграл якого відповідає рівню енергоспоживання. Компромісний режим опалення згідно з цим формується таким чином, щоб забезпечити максимальний рівень теплового комфорту за мінімальних енерговитрат.

*Професор Ткачов Віктор Васильович.*

Ігор Валерійович, чи задоволені Ви відповідями здобувача?

*Професор Новицький Ігор Валерійович.*

Так цілком задоволений.

**Рецензент, доцент Трипутень Микола Мусійович.**

*Запитання.* На слайді 4 наведено структуру системи, у якій вхідною величиною є потужність, а вихідною – прогнозована середня оцінка PMV, подана у математичній формі у вигляді передаточної функції. Водночас у класичній

теорії автоматичного керування передаточна функція описує причинно-наслідковий динамічний зв'язок між реальними вхідними та вихідними сигналами фізичного об'єкта. Чи не вважаєте Ви суперечливим використання прогнозованої величини PMV як виходу передаточної функції?

*Відповідь здобувача Воскобойника Євгена Костянтинівича.* Дякую за запитання. Згоден з Вашим зауваженням. У наведеній структурі моделі приміщення передаточна функція описує лише динамічний зв'язок між потужністю нагрівача та температурою повітря. У свою чергу прогнозована середня оцінка PMV визначається з урахуванням температури повітря та не є частиною передаточної функції, що видно з її часових параметрів: постійних обігрівача і приміщення та запізнення повітря.

*Запитання.* На слайді 5 наведено модель датчика прогнозованої середньої оцінки PMV, як може фізично виглядати цей пристрій?

*Відповідь здобувача Воскобойника Євгена Костянтинівича.* Дякую за запитання. З точки зору фізичної реалізації, датчик прогнозованої середньої оцінки PMV представляє собою апаратно-програмний комплекс, який складається з: сенсорів температури, відносної вологості і швидкості руху повітря та середньої температури випромінювання; пристрою обрання типу одягу і метаболічної активності людини; контролера і програмної моделі розрахунку середньої оцінки PMV.

*Професор Ткачов Віктор Васильович.*

Микола Мусійович, чи задоволені Ви відповідями здобувача?

*Доцент Трипутень Микола Мусійович.*

Так цілком задоволений.

**Офіційний опонент, професор Мацуй Анатолій Миколайович.**

*Запитання.* У вашому дослідженні наведено результати впливу метаболічної активності на енергоспоживання системи. Поясніть, яким чином враховується цей показник у процесі керування.

*Відповідь здобувача Воскобойника Євгена Костянтинівича.* Дякую за запитання. Метаболічна активність як і тип одягу, враховується у процесі розрахунку прогнозованої середньої оцінки PMV. Дослідницька система дозволяє задавати їх через людино-машинний інтерфейс, відповідно до ДСТУ Б EN ISO 7730. У комерційному продукті дані параметри наприклад, можуть задаватися за допомогою додатку на мобільному пристрої.

*Запитання.* На слайді 11 наведено залежність енергоспоживання від уставки PMV. У вашому докладі це питання не розглядалось. Поясніть будь ласка, що відображає дана залежність.

*Відповідь здобувача Воскобойника Євгена Костянтинівича.* Дякую за запитання. Дана характеристика відображає вплив уставки PMV на енерговитрати системи опалення. У діапазоні від -1,00 до -0,35 система не включає опалення тому, що дійсне значення прогнозованої середньої оцінки PMV більше або дорівнює бажаному. У діапазоні від -0,30 до -0,15 витрати енергії менші за традиційну систему та не перевищують 0,36 кВт·год. У діапазоні

від -0,10 до 1,00 споживання енергії більше за традиційну систему. Підтримка нейтрального значення прогнозованої середньої оцінки PMV споживає 0,58 кВт·год., що відповідає температурі у приміщенні 18 °С.

*Професор Ткачов Віктор Васильович.*

Анатолій Миколайович, чи задоволені Ви відповідями здобувача?

*Професор Мацуї Анатолій Миколайович.*

Так цілком задоволений.

**Офіційний опонент, доцент Голінко Ігор Михайлович.**

*Запитання.* PMV – це просто число, ви показуєте, що від нього залежить потужність споживання, але приміщення можуть бути різної площі, наприклад 120 м<sup>2</sup> або 1000 м<sup>2</sup>. У такому випадку одна й та сама потужність опалення?

*Відповідь здобувача Воскобойника Євгена Костянтинівича.* Дякую за запитання. На слайді 11 наведено конкретний випадок для приміщення 12 м<sup>2</sup>, кількість споживаної енергії для іншого приміщення буде залежати від його параметрів.

*Запитання.* Як результати вашого дослідження можуть бути використані при удосконаленні системи централізованого водяного опалення?

*Відповідь здобувача Воскобойника Євгена Костянтинівича.* Вирішення даного питання, потребує продовження дослідницької роботи у напрямку використання прогнозованої середньої оцінки PMV у системах безперервного керування.

*Запитання.* За яким критерієм виконувати керування тепловим комфортом у приміщенні, за умови знаходження у ньому людей з різним рівнем теплового опору одягу?

*Відповідь здобувача Воскобойника Євгена Костянтинівича.* Відповідно до стандарту ДСТУ Б EN ISO 7730, керування за наявності декількох людей, спрямоване на отримання найнижчого рівня прогнозованого відсотка незадоволених PPD.

*Професор Ткачов Віктор Васильович.*

Ігор Михайлович, чи задоволені Ви відповідями здобувача?

*Доцент Голінко Ігор Михайлович.*

Так цілком задоволений.

*Професор Ткачов Віктор Васильович.*

*Запитання.* Які дослідження виконуються з питання використання стандарту ISO 7730 та прогнозованої середньої оцінки PMV в Україні?

*Відповідь здобувача Воскобойника Євгена Костянтинівича.* Дякую за запитання. На сьогодні основні дослідження у даному напрямку виконуються у галузях будівництва та архітектури, технічної теплофізики та промислової теплоенергетики, біомедичної інженерії. В автоматизації та приладобудуванні більшість робіт розглядають використання параметрів теплового комфорту, як один з можливих варіантів, в оглядових частинах.

*Запитання.* Як у вашій дисертаційній роботі виконувалась оцінка енергоефективності системи керування?

*Відповідь здобувача Воскобойника Євгена Костянтиновича.* Дякую за запитання. Оцінка енергоефективності системи керування виконувалась відповідно до наступних параметрів: типу одягу, швидкістю обміну речовини, середньої температури випромінювання, відносної швидкості повітря, початкової температури повітря, уставки PMV. Результати оцінки наведені на слайдах 8-11. Для більшості параметрів можна виділити наступні ділянки: система не включає опалення, витрати енергії менші за традиційну систему та витрати енергії відповідають традиційній системі.

*Професор Ткачов Віктор Васильович.*

Я цілком задоволений Вашими відповідями.

*Зауваження рецензента проф. Новицького Ігоря Валерійовича за результатами вивчення дисертації.*

*Рецензія позитивна. Зауваження і дискусійні положення:*

1. При моделюванні приміщення як фізичного об'єкта з розгалуженими параметрами в дисертації застосовується математична модель із зосередженими параметрами. Тому отримані результати стосуються не всього приміщення, а його частини, яка розташована в околі датчика. Застосування моделей із розгалуженими параметрами дозволило б отримати більш узагальнені і адекватні результати.

2. Швидкість повітря суттєво впливає на інерційність об'єкта керування – стала часу – але цей вплив при моделюванні не врахований.

3. У висновках до розділу 2 стор.22 стверджується, що «Здійснено розробку моделей збурень...». Але ці збурення – випадкові процеси, а відповідних моделей, наприклад, у вигляді характеристик або законів розподілу в роботі немає.

4. Включення в математичну модель об'єкта інерційної ланки, яка відображує властивості датчика штучно ускладнює структуру моделі, оскільки стала часу датчика - бс. значно менше сталої часу приміщення – 2825с.

5. Оцінка якості процесів керування, порівняння ефективності способів керування, аналіз чутливості критерія до збурень виконуються візуально по реалізаціях процесів або на основі визначення діапазонів зміни регульованого параметра. На наш погляд, більш доцільно було б на інтервалах спостереження використовувати інтегральні статистичні оцінки – вибіркоче середнє, вибіркочув дисперсію, СКВ, коефіцієнт варіації та ін.

6. При моделюванні процесу опалення (розділ 2.2.4, стор.70, рис.2.6) температура приміщення змінюється від 10°C до 17°C . Тож неясно: як температура нагрівача, який знаходиться в середині приміщення може періодично знижуватися до 0°C?

*Відповіді здобувача Воскобойника Євгена Костянтиновича на зауваження рецензента проф. Новицького Ігоря Валерійовича.*

З першим, другим, четвертим та п'ятим зауваженнями – погоджуюсь. З третім зауваженням частково погоджуюсь. Однак такі параметри моделі як: тип одягу, метаболізм, швидкість руху повітря, температура випромінювання

змінюються дискретно та є постійними на великих інтервалах часу, тому розглядати їх з точки зору випадкових процесів у рамках поставлених задач недоцільно.

З шостим зауваженням – частково погоджуюсь. У даному випадку мається на увазі динамічна температура нагрівача, на яку оказує вплив регулятор без урахування статичної температури приміщення.

*Зауваження рецензента доц. Трипутня Миколи Мусійовича за результатами вивчення дисертації.*

*Рецензія позитивна. Зауваження і дискусійні положення:*

1. Не достатньо обґрунтованим є вибір двопозиційного регулятора. Наприклад, відомо, що трипозиційний регулятор в порівнянні з двопозиційним, має вищу точність регулювання, менше зношування обладнання, кращу енергоефективність, вищу стабільність для інерційних об'єктів.

2. У розділі 1 (с. 31–32) формули (3)–(7) наведено без належного обґрунтування та посилань на першоджерела.

3. У розділі 1 (с. 32, абз. 2) здобувач стверджує про високу інерційність динаміки вологості в приміщенні, однак не підкріплює це твердження числовими значеннями відповідних постійних часу.

4. У формулах (11) (розд.1 с. 35), (16) (розд.1, с. 38) літера  $s$  має бути не індексом, а множителем.

5. Пояснення здобувача, що «У якості об'єкта дослідження розглядається типова кімната, геометричні параметри якої наведено на рис. 2.2» (розд. 2, с. 62, абз. 2) є неточним. На рис. 2.2 замість типової кімнати і її геометричних параметрів показані вхідні і вихідні величини.

6. Назва пункту 3.1.3 «Дослідження регулюючої можливості зниження енерговитрат» некоректна і нечітка.

*Відповіді здобувача Воскобойника Євгена Костянтинівича на зауваження рецензента доц. Трипутня Миколи Мусійовича.*

Із зауваженнями з другого по шосте – погоджуюсь. З першим зауваженням частково погоджуюсь. Використання у даному випадку трипозиційного регулятора є недоцільним так як відповідно до постановки завдання існує можливість керування тільки одним режимом нагрівача, без втручання до його структури.

*Зауваження офіційного опонента, проф Мацуя. Анатолія Миколайовича за результатами вивчення дисертації.*

*Відгук позитивний. Дискусійні положення і зауваження:*

1. На титульному аркуші зазначено Дніпро – 2026, тоді як в анотації вказано, що дисертація подається як робота 2025 року. Така розбіжність потребує уточнення, оскільки офіційні документи мають містити однозначні бібліографічні відомості.

2. Окремі формулювання новизни мають занадто широкий характер, наприклад: «удосконалено підходи до інтеграції...», «обґрунтовано доцільність

використання інтелектуальних алгоритмів...». При цьому конкретний математичний чи алгоритмічний внесок сформульовано недостатньо чітко. Також, не завадило б в пунктах наукової новизни вказувати, що саме дає той чи інший її пункт, наприклад, «зниження енергетичних витрат на...», «підвищення точності регулювання температурного режиму на...».

3. У тексті роботи неодноразово згадуються інтелектуальні методи керування, однак фактична система базується на двопозиційному регуляторі, що не відповідає сучасному трактуванню інтелектуального керування.

4. У табл.1.1 наведення діапазону відносної вологості для теплого періоду у вигляді «60-30%» потребує уточнення, оскільки такий порядок запису не відповідає загальноприйнятому представленню нормативних інтервалів і може ускладнювати трактування наведених даних.

5. У тексті роботи згадується показник "PDD" (прогнозований процент невдоволених), хоча в міжнародному стандарті EN ISO 7730 та в самій моделі Simulink (блок getPMVandPDD) зазвичай використовується аббревіатура PPD (Predicted Percentage Dissatisfied).

6. На рисунках підписи блоків у Simulink та текстові пояснення місцями важко читаються або мають накладання тексту. Рисунки з графіками PMV та PDD мають низьку роздільну здатність, що ускладнює аналіз коливань показників.

7. За результатами моделювання PMV становить -1,47...-1,14. Згідно зі стандартом EN ISO 7730, рекомендований діапазон для комфорту (клас В) становить  $-0,5 < PMV < +0,5$ . Отримані авторами значення свідчать про те, що в приміщенні все ще "прохолодно", отже, мета досягнення теплового комфорту при  $t_B = 16\text{ }^\circ\text{C}$  не зовсім корелює із загальноприйнятими нормами комфорту (зазвичай  $20\text{-}22\text{ }^\circ\text{C}$ ).

8. Використання мікроконтролера WEMOS D1 (ESP32) є зручним для прототипування, але в промислових або комерційних системах (про які йдеться у вступі) цей контролер може мати проблеми з завадостійкістю порівняно з промисловими ПЛК.

9. Огляд літератури містить корисні нормативні та класичні джерела, однак недостатньо представлено сучасні публікації останніх років щодо керування системами опалення, вентиляції та кондиціонування повітря за допомогою штучного інтелекту, прогнозного керування, використання цифрових двійників тощо.

*Відповіді здобувача Воскобойника Євгена Костянтиновича на зауваження офіційного опонента проф. Мацуя Анатолія Миколайовича.*

Із зауваженнями з першого по шосте – погоджуюсь. З дев'ятим зауваженням частково погоджуюсь. Питання прогнозного керування не розглядалося, тому що головна увага приділялась підтримці рівня теплового комфорту у виокремленій індивідуальній зоні.

З сьомим зауваженням – частково погоджуюсь. Проте, відповідно до заяви прем'єр-міністра України Дениса Шмигала від 12.10.2022 року, температурний

мінімум у житлових приміщеннях взимку знижено до 16 °С. Тому значення прогнозованої середньої оцінки PMV відповідно до бажаного значення температури обрано рівне -1.

З восьмим зауваженням – частково погоджуюсь. У рамках дисертаційної роботи виконано розробку дослідницької системи на базі контролера WEMOS D1 R32 з мікроконтролером ESP32. Дане рішення не передбачає комерційного використання, однак воно може бути покладено у основу при розробці відповідного промислового пристрою.

*Зауваження офіційного опонента, доц. Голінко Ігоря Михайловича за результатами вивчення дисертації.*

*Відгук позитивний. Дискусійні положення і зауваження:*

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.

*Відповіді здобувача Воскобойника Євгена Костянтинівича на зауваження офіційного опонента доц. Голінко Ігоря Михайловича.*

З другим, третім, п'ятим та шостим зауваженнями – погоджуюсь. З першим зауваженням частково погоджуюсь. У роботі на рисунках наведені моделі, з константними значеннями. Однак тип одягу, метаболізм та швидкість руху повітря є не безперервними функціями, а дискретними значеннями, що можуть змінюватися ступінчасто, через заміну константи за допомогою блоку Step. Наприклад: 1,0 slo відповідає трусам, сорочці, брюкам, куртці, шкарпеткам,

черевикам; у свою чергу 1,3 сло відповідає нижній білизні з довгими рукавами, сорочці, штанам, светру, куртці, шарпеткам, черевикам.

З четвертим зауваженням – частково погоджуюсь. У рамках розробленої дослідницької системи використання симісторів або твердотільних реле потребує більш складних рішень для забезпечення пожежної безпеки.

У цілому вказані зауваження не знижують наукової та практичної цінності отриманих результатів, а також не впливають на загальну позитивну оцінку проведеного дисертаційного дослідження.

Результати відкритого голосування:

«За» 5 членів ради,

«Проти» 0 членів ради.

На підставі результатів відкритого голосування разова спеціалізована вчена рада присуджує Воскобойнику Євгену Костянтиновичу ступінь доктора філософії з галузі знань 15 «Автоматизація та приладобудування» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Голова разової спеціалізованої  
вченої ради



  
Віктор ТКАЧОВ