

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з навчальної роботи
Національного технічного
університету України

Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського

к.т.н., доц.

Тетяна ЖЕЛЯСКОВА



“ 1 ” *Березня* 2025 р.

ВИТЯГ

з протоколу № 6 від “18” грудня 2024 року. розширеного засідання
кафедри Автоматизації енергетичних процесів
Національного технічного університету України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

БУЛИ ПРИСУТНІ:

- з кафедри АЕП: зав.каф. АЕП, д.т.н., проф. Волощук В.А.,
доц., к.т.н., доц. Степанець О.В, доц., к.т.н., доц. Баган Т.Г.,
доц. к.т.н. Батюк С.Г., доц., к.т.н., доц. Бунь В.П., доц. к.т.н., доц. Бунке О. С.
доц. к.т.н., доц. Голінко І. М., доц., к.т.н., доц. Новіков П.В.,
доц. к.т.н. Ларіна К. Ю., доц. к.т.н., доц. Пупена О.М., ст.викл. Гікало П.В.,
ст.викл. Грудзинський Ю.Є., ст.викл. Любицький С. В.,
ст.викл. Штіфзон О. Й., зав. лаб. Ноженко К.Д., ас. Захарченко А.С.;
- з кафедри з кафедри теплової та альтернативної енергетики ІАТЕ:
проф., д.т.н., проф. Дешко В.І., доц., к.т.н., Білоус І.А.;
- з інших кафедр КПІ ім. Ігоря Сікорського:
 - з кафедри технічних та програмних засобів автоматизації ІХФ:
д.т.н., проф. Жученко А.І., в.о. зав.каф. ТПЗА, доц., к.т.н. Цапар В.С.,
доц., к.т.н., доц. Ярощук Л.Д., доц., к.т.н., доц. Ковалюк Д.О., ас. Тюріна Є.О.

СЛУХАЛИ:

1. Повідомлення аспіранта кафедри Автоматизації енергетичних процесів
Богзи Миколи Сергійовича за матеріалами дисертаційної роботи
“Автоматизація процесу керування адаптивною системою переривчастого
теплозабезпечення будинку на базі теплонасосної установки”, поданої на
здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 15 Автоматизація та
приладобудування за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології. Освітньо-наукова програма Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології.

Тему дисертаційної роботи “Автоматизація процесу керування адаптивною системою переривчастого теплозабезпечення будинку на базі теплонасосної установки” затверджено на засіданні Вченої ради Теплоенергетичного факультету (протокол № 4 від “22” листопада 2021 року) та перезатверджено на засіданні Вченої ради НН ІАТЕ (протокол № 6 від “25” листопада 2024 року).

Науковим керівником затверджений д.т.н., професор Волощук В.А..

2. Запитання до здобувача.

Запитання по темі дисертації ставили: Запитання по темі дисертації ставили: д.т.н., проф. Жученко А.І., доц., к.т.н. Ковалюк Д.О., к.т.н., доц. Ярощук Л.Д., к.т.н., доц. Цапар В.С., к.т.н., доц. Степанець О.В.

3. Виступи за обговореною роботою.

В обговоренні дисертації взяли участь: В обговоренні дисертації взяли участь: д.т.н., проф. Жученко А.І., доц., к.т.н. Ковалюк Д.О., к.т.н., доц. Ярощук Л.Д., к.т.н., доц. Цапар В.С., к.т.н., доц. Степанець О.В.

УХВАЛИЛИ:

ПРИЙНЯТИ такий висновок про наукову новизну, теоретичне та практичне значення результатів дисертаційного дослідження:

1. Актуальність теми дослідження

Актуальність питань енергоефективності в сучасних умовах постійно зростає через збільшення вартості енергоносіїв, обмеженість природних ресурсів, а також екологічні виклики, пов'язані з викидами парникових газів. Будівлі залишаються одним із найбільших споживачів теплової енергії: на обігрів та кондиціонування в багатьох країнах припадає щонайменше 40% загальних енерговитрат. З огляду на це, вдосконалення систем опалення, вентиляції та кондиціонування, зокрема із застосуванням ТНУ, є визначальним чинником підвищення загальної енергоефективності

ТНУ, як один із найбільш перспективних напрямів у галузі відновлюваної енергетики, забезпечують можливість значного зниження споживання паливно-енергетичних ресурсів і сприяють переходу до більш чистих технологій теплопостачання. Утім, самі по собі ТНУ не гарантують оптимальної ефективності, якщо їхня робота не скоординована зі змінними умовами експлуатації та коливаннями теплового навантаження. Тому важливим є розроблення системи керування, що дає змогу в режимі реального часу адаптувати режими роботи ТНУ до зовнішніх факторів (зокрема зміни погоди та графіка використання будівлі) та внутрішніх змін (специфіка теплофізичних властивостей самого об'єкта).

2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота була виконана на кафедрі Автоматизації енергетичних процесів Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського" в рамках науково-технічної роботи за державним замовленням «Розроблення інтелектуальної низькотемпературної системи теплозабезпечення будівель на базі конденсаційної модульної котельні» (наказ МОН України №1213 від 09.10.2023, державний реєстраційний номер 0123U104476).

3. Наукова новизна отриманих результатів

У дисертації вперше одержані такі нові наукові результати:

1. Вперше виявлено і кількісно оцінено оптимальні значення параметрів переривчастого обігріву будинку на базі ТНУ, які забезпечують підвищення енергетичної ефективності системи керування теплозабезпеченням.
2. Удосконалено систему керування переривчастим обігрівом будинку на базі ТНУ, яка враховує вплив температури зовнішнього середовища, прямої води в умовах зниженого теплового навантаження, прямої води в умовах розігріву, а також часу розігріву і дає можливість знизити споживання електроенергії ТНУ.
3. Удосконалено підходи до інтеграції аналітичних та нейронних моделей у середовищі MATLAB/Simulink за рахунок розроблення спеціальних алгоритмів, що суттєво зменшило затрати машинного часу для імітаційного моделювання динамічних процесів у системах теплозабезпечення.
4. Дістали подальшого розвитку підходи до дослідження впливу типу робочого тіла на характеристики ТНУ за рахунок інтеграції бібліотек з дослідження властивостей робочих тіл в моделі ТНУ, що дало можливість оцінювати ефективність застосування нових типів робочих тіл (зокрема сумішей) на динамічну характеристики ТНУ.

4. Теоретичне та практичне значення результатів роботи, впровадження

Розроблена нейронна модель ТНУ, інтегрована у середовище MATLAB Simulink, дозволяє значно прискорити процес моделювання та дослідження динамічних характеристик системи теплозабезпечення будівлі.

Запропоновано алгоритм оптимізації інтервального управління, що забезпечує зменшення споживання електроенергії ТНУ під час нічного режиму, зберігаючи комфортний мікроклімат у приміщенні.

Розроблені підходи до моделювання теплових процесів будівель з урахуванням зовнішніх впливів дозволяють адаптувати систему управління для різних кліматичних умов, підвищуючи її універсальність.

Запропонована методика оцінки енергоефективності ТНУ із застосуванням інтервального управління може використовуватись для вибору оптимальних режимів роботи системи, зменшуючи витрати на енергоресурси.

Результати дослідження сприятимуть зниженню експлуатаційних витрат, покращенню показників енергоефективності та зменшенню викидів CO₂, що є актуальним для сучасних систем теплозабезпечення.

Напрацьовані матеріали використовуються в навчальному процесі кафедри автоматизації енергетичних процесів Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» для навчання студентів методам моделювання та оптимізації теплових процесів.

5. Апробація результатів дисертації

Результати досліджень дисертації висвітлювалися на наступних конференціях, конгресах, симпозіумах, семінарах і школах:

1. XXI Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» (23-26 квітня 2024 р., м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського), том 2, с. 18-20.
2. X Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології – 2024» (16 травня 2024 р., м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського), с. 85-87.
3. XXI Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених і студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» (25-28 квітня 2023 р., м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського), том 2, с. 4-5.
4. X Міжнародній науково-практичній конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Modeling, control and information technologies – 2024» (2024 р., м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського), с. 83-85.

6. Дотримання принципів академічної доброчесності

За результатами науково-технічної експертизи дисертація Богзи М. С. визнана оригінальною роботою, яка не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень.

7. Перелік публікацій за темою дисертації із зазначенням особистого внеску здобувача

За результатами досліджень опубліковано 9 наукових публікацій, у тому числі:

- 4 статті у наукових фахових виданнях України за спеціальністю, 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології в т.ч. 2 статей у яких число співавторів (разом із здобувачем) більше двох осіб;
- 4 тез виступів на наукових конференціях;
- 1 авторське свідоцтво на комп'ютерну програму.

1. Богза М.С., Волощук В.А., Некрашевич О.В., Гікало П.В. Дослідження динамічних характеристик теплонасосної установки типу «повітря-вода». *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки.* – 2023. – Т.34(73). –

№3. – Ч.1, 36-44. URL: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.3.2/07> (стаття у фаховому виданні України категорії Б).

Особистий внесок здобувача: розробка динамічної моделі для дослідження перехідних процесів у парокомпресійній теплонасосній установці типу «повітря-вода»;

2. Богза М.С., Волощук В.А., Некрашевич О.В., Гікало П.В. Дослідження динамічних характеристик теплонасосної установки типу «вода-вода». *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки.* – 2023. – Т.34(76). – №6. – С. 184-192. URL: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.6/27> (стаття у фаховому виданні України категорії Б).

Особистий внесок здобувача: аналіз динамічних характеристик теплонасосної установки типу «вода-вода»;

3. Богза М.С., Волощук В.А. Застосування методів машинного навчання у задачах моделювання динаміки теплонасосних установок. *Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки.* – 2024. – Т.35(74). – №4. – С. 52-59. URL: <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2024.4/09> (стаття у фаховому виданні України категорії Б).

Особистий внесок здобувача: розробка та застосування методів машинного навчання для моделювання динаміки теплонасосних установок;

4. Богза М.С., Волощук В.А. Розробка та інтеграція моделі теплового насоса на основі нейронної мережі в середовище Simulink для моделювання системи опалення будинку. *Автоматизація технологічних і бізнес-процесів.* – 2024. – Т.16(4). – С. 19-25. URL: <https://doi.org/10.15673/atbp.v16i4.2884> (стаття у фаховому виданні України категорії Б).

Особистий внесок здобувача: розробка нейромережевої моделі теплового насоса та її інтеграція в середовище Simulink.

Список публікацій здобувача, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

5. Богза М.С., Волощук В.А. Дослідження методів оптимізації роботи теплонасосної установки з використанням машинного навчання. *XXI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики»* (23-26 квітня 2024 р., м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського). – Т.2. – С. 18-20.

Особистий внесок здобувача: розробка та тестування алгоритмів машинного навчання для оптимізації роботи теплонасосної установки.

6. Богза М.С., Волощук В.А. Використання нейронних мереж для прогнозування роботи системи тепlopостачання на основі теплонасосної установки. *X Міжнародна науково-практична конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології – 2024»* (16 травня 2024 р., м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського). – С. 85-87.

Особистий внесок здобувача: розробка нейронної мережі для прогнозування роботи системи тепlopостачання та аналіз її точності.

7. Богза М.С., Волощук В.А. Аналіз перехідних процесів у теплонасосній установці типу «повітря-вода». *XXI Міжнародна науково-практична конференція молодих учених і студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики»* (25-28 квітня 2023 р., м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського). – Т.2. – С. 4-5.

Особистий внесок здобувача: моделювання динамічних характеристик теплонасосної установки та аналіз її перехідних процесів.

8. Богза М.С., Волощук В.А. Інтеграція машинного навчання у системи автоматизованого управління теплонасосними установками. *X Міжнародна науково-практична конференція молодих учених, аспірантів і студентів «Modeling,*

Control and Information Technologies – 2024» (2024 р., м. Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського). – С. 83-85.

Особистий внесок здобувача: розробка підходу до використання машинного навчання для моделювання теплонасосних систем.

9. **М. С. Богза, В. А. Волощук, і О. В. Некрашевич**, Ексергетичне діагностування неполадок у компонентах теплового насосу, авторське свідоцтво № 123490, 5 лютого 2024 р. Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Державна організація «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій».
- Особистий внесок здобувача:** розробка алгоритму та програмної реалізації ексергетичного діагностування теплового насосу.

Якість та кількість публікацій відповідають «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”.

ВВАЖАТИ, що дисертаційна робота Богза М. С. “Автоматизація процесу керування адаптивною системою переривчастого теплозабезпечення будинку на базі теплонасосної установки”, що подана на здобуття ступеня доктора філософії з галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування за спеціальністю 151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології за своїм науковим рівнем, новизною отриманих результатів, теоретичною та практичною цінністю, змістом та оформленням повністю відповідає вимогам, що пред’являють до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії та відповідає напрямку наукового дослідження освітньо-наукової програми КПІ ім. Ігоря Сікорського Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології.

РЕКОМЕНДУВАТИ:

1. Дисертаційну роботу “Автоматизація процесу керування адаптивною системою переривчастого теплозабезпечення будинку на базі теплонасосної установки”, подану Богзою Миколою Сергійовичем на здобуття наукового ступеня доктора філософії, до захисту у разовій спеціалізованій вченій раді.

2. Вченій раді КПІ ім. Ігоря Сікорського утворити разову спеціалізовану вчену раду у складі:

Голова:

д.т.н., проф. Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», проф. кафедри технічних та програмних засобів автоматизації, **Жученко Анатолій Іванович**

Члени:

Рецензенти:

к.т.н., доц. Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доцент кафедри

технічних та програмних засобів автоматизації, **Ковалюк Дмитро Олександрович**;

к.т.н., доц. Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», доцент кафедри Автоматизації енергетичних процесів, **Новіков Павло Валерійович**;

Офіційні опоненти:

д.т.н., проф. Національного університету водного господарства та природокористування, в.о. директора навчально-наукового інституту енергетики, автоматики та водного господарства, **Сафоник Андрій Петрович**;

д.т.н., проф. Національного університету харчових технологій, проф. кафедри автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління ім. проф. А.П. Ладанюка, **Луцька Наталія Миколаївна**;

Головуючий на засіданні
к.т.н., доц. каф. АЕП
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Олександр СТЕПАНЕЦЬ

Завідувач кафедри АЕП,
д.т.н., проф. КПІ ім. Ігоря
Сікорського

Володимир ВОЛОЩУК

Гарант освітньо-наукової програми
д.т.н., проф., каф. ТПЗА
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Анатолій ЖУЧЕНКО

Вчений секретар
кафедри АЕП, к.т.н., доцент
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Павло НОВІКОВ