

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу СЕРГЕСЬВА Миколи Ігоревича «Підвищення ефективності децентралізованого теплопостачання за рахунок використання відновлювальних джерел енергії та гібридних засобів акумулювання теплоти», що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика»

1. Актуальність обраної теми дисертації, її зв'язок з науковими державними і галузевими програмами

В Україні актуальною є проблема раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів. Згідно світового та європейського досвіду одним із напрямків зниження енерговитрат в галузі теплоенергетики є впровадження інноваційних технологій та обладнання, поступове трансформування методів і засобів вдосконалення енергетичних систем здатних забезпечити сталий розвиток суспільства, що відповідає «Закону України про енергозбереження».

У сучасних умовах особливої актуальності набуває проблема підвищення ефективності функціонування енергетичних систем, які, з одного боку, є кінцевою ланкою систем енергопостачання споживачів, а з іншого – забезпечують функціонування децентралізованих джерел енергогенерації. Існуючі напрацювання науковців в теперішній час потребують переосмислення з урахуванням ринкових умов функціонування галузі теплоенергетики, зокрема щодо планування ефективного розвитку децентралізованих систем теплопостачання з інноваційними генераторами теплоти, різнорідними відновлюваними джерелами енергії та гібридними засобами акумулювання. Підвищення ефективності вказаних систем неможливо реалізувати без урахування технічного потенціалу різнорідних відновлюваних джерел енергії та кліматичних умов.

Науково-технічна задача, яка вирішується в дисертаційній роботі, спрямована на підвищення ефективності використання первинних паливно-енергетичних ресурсів в у складі поліструктурних децентралізованих систем теплопостачання з урахуванням технічного потенціалу різнорідних відновлюваних джерел енергії, як джерел низькопотенційної енергії для теплонасосних генераторів теплоти, та кумулятивного ефекту енергозбереження від застосування гібридних засобів накопичення теплоти.

Вказане стосується розв'язання актуальної науково-технічної задачі, яка відповідає запиту практики щодо удосконалення поліструктурних децентралізованих систем теплопостачання з теплонасосними генераторами теплоти на базі різнорідних відновлюваних джерел енергії та кумулятивного ефекту від застосування гібридних засобів акумулювання теплоти на засадах енергозберігаючих технологій. Робота спрямована на вирішення актуальної науково-практичної проблеми удосконалення

паливно-енергетичного комплексу відповідно відповідає «Енергетичній стратегії України на період до 2030 року».

Практична значимість вирішення означеної проблеми за рахунок раціонального використання різнорідних відновлюваних джерел енергії в теплонасосних циклах поліструктурних децентралізованих систем теплопостачання та засобів гібридного акумулювання теплоти сумнівів не викликає.

Свідченням актуальності дисертаційної роботи Сергєєва Миколи Ігоревича є відповідність її виконання згідно планам науково-технічної діяльності НУОП в рамках держбюджетних науково-дослідних робіт: «Забезпечення ефективного функціонування систем теплопостачання будівель громадського призначення. Теоретико-методологічні та практичні аспекти» (№ДР 0119U003518), «Розробка методів енергозберігаючого використання традиційних і відновлювальних джерел енергії» (№ДР (01161U002956) та «Розробка ресурсозберігаючих технологій на підставі термодинамічного аналізу» (№ДР 0121U108310), де здобувач був виконавцем окремих розділів.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації

Дисертаційна робота складається зі вступу, основної частини з 4 розділів, списку використаних джерел з 85 найменувань і 7 додатків. Матеріал викладено на 146 сторінках, з них: основного тексту – 130 сторінок, 34 рисунків на 15 стор. та 10 таблиць на 5 сторінках.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертації, відзначено її зв'язок з держбюджетними науково-дослідними роботами: ДР 0119U003518 «Забезпечення ефективного функціонування систем теплопостачання будівель громадського призначення. Теоретико-методологічні та практичні аспекти»; ДР 01161U002956 «Розробка методів енергозберігаючого використання традиційних і відновлювальних джерел енергії» та ДР 0121U108310 «Розробка ресурсозберігаючих технологій на підставі термодинамічного аналізу».

Сформульовано мету і задачі дослідження. Вказано методи дослідження, розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів дослідження. Наведено інформацію про публікації та апробацію викладеного в дисертації матеріалу, а також відзначено особистий внесок здобувача. На основі аналізу стану проблем ефективності роботи систем енергозабезпечення сформульовані основні завдання для їх вирішення.

У *першому розділі* наведено загальні питання щодо удосконалення різних технологій теплопостачання на засадах енергозбереження, встановлені їх позитивні та негативні сторони. Це дозволило виділити впливові чинники ефективного функціонування поліструктурної децентралізованої системи теплозабезпечення з автономними теплонасосними генераторами теплоти на базі різнорідних

відновлюваних джерел енергії, які відрізняються здатністю до компенсації дефіциту одне одного, та гібридними засобами кумулятивного накопичення теплоти. Для вирішення проблем енергозбереження обґрунтовано необхідність застосування інструментарію математичного моделювання для визначення раціональних параметрів та режимів роботи полі структурних децентралізованих систем теплопостачання з урахуванням технічного потенціалу різномірних відновлюваних джерел енергії та кліматичних чинників.

Вказане дозволяє визначити техніко-економічну доцільність інтеграції різномірних відновлюваних джерел енергії в системи децентралізованого теплопостачання як засобу енергозбереження. Припущення, які використані при математичному моделюванні є загальноприйнятими та відрізняються узгодженістю з сучасними розробками в галузі теплоенергетики.

В *другому розділі* для обґрунтування напрямів удосконалення роботи енергосистеми з використанням доступного технічного потенціалу різномірних відновлюваних джерел енергії в регіональних умовах, застосовано модель енергетичного балансу, яка дозволила визначити техніко-економічну доцільність використання децентралізованої системи теплозабезпечення з використанням інноваційних автономних генераторів теплоти, різномірних відновлюваних джерел енергії, які є достатніми за технічним ресурсом для використання в регіональних умовах, та гібридних засобів кумулятивного акумулювання теплоти.

У *третьому розділі* для обґрунтування умов ефективного використання різномірних відновлюваних джерел енергії в системах децентралізованого теплозабезпечення, застосовано інструментарій чисельного моделювання теплової і економічної ефективності децентралізованих систем теплопостачання на базі сонячних колекторів і акумуляторів теплоти різного типу для попереднього підігріву води в автономному генераторі теплоти, які забезпечують раціональні режими функціонування системи. Визначено собівартість теплоти, згенерованої вказаною системою та визначено річний економічний ефект. Встановлено характер впливу на собівартість виробленої теплоти та на її економічну ефективність питомої вартості децентралізованих систем теплопостачання .

Крім того, обґрунтовано раціональні умови застосування децентралізованих систем теплопостачання з використанням різномірних ВДЕ та гібридних засобів акумулювання теплоти для підвищення ефективності і надійності забезпечення теплових потреб широкого спектру споживачів галузі теплоенергетики. Аналіз результатів чисельного моделювання процесів в елементах децентралізованих систем теплопостачання з експериментальними даними дозволив встановити умови ефективного функціонування системи з максимальною часткою заміщення теплопродуктивності автономного генератора теплоти за рахунок кумулятивного ефекту накопичення теплоти в децентралізованих системах теплопостачання .

У четвертому розділі обґрунтовано умови доцільності застосування гібридних засобів акумулювання енергії в поліструктурних децентралізованих системах теплозабезпечення з тепловими насосами на базі різнорідних відновлюваних джерел енергії та запропоновано схемно-конструктивні та режимні параметри децентралізованих систем теплопостачання, які забезпечують високу частку заміщення традиційних ПЕР, без додаткових капітальних внесків, та сприяють зменшенню теплового навантаження і собівартості генерації теплоти для різних режимах роботи систем теплопостачання.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі базується на: аналізі літературних джерел по даній проблемі на використанні сучасних методів дослідження, програмних продуктів та математичного апарату: на зіставленні отриманих теоретичних даних з результатами інших авторів та даними експериментів; на загальноприйнятих допущеннях і обмеженнях, що є досить правомірними та забезпечують повторювальність результатів з достатньою точністю; на правильному формулюванні отриманих висновків.

3. Достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій, наукова новизна результатів досліджень

Достовірність отриманих наукових результатів роботи забезпечується коректним застосуванням математичного апарату для вирішення поставлених наукових задач і підтверджена узгодженням результатів чисельного моделювання з результатами експериментів.

Наукова новизна отриманих результатів та висновків полягає в:

- обґрунтуванні методів підвищення ефективності використання поліструктурних технологій децентралізованого теплозабезпечення з інноваційними теплонасосними генераторами на базі різнорідних ВДЕ та гібридних засобів акумулювання теплоти, з використанням методів математичного моделювання, з урахуванням технічного потенціалу різнорідних відновлюваних джерел енергії та регіональних кліматичних даних, що забезпечує високий коефіцієнт заміщення викопних ПЕР та зменшення теплового забруднення довкілля, відповідно;

- удосконаленні інструментарію обґрунтування техніко-економічних переваг інтегрування в поліструктурну децентралізовану систему теплопостачання локальних генераторів теплоти на базі теплових насосів, різнорідних ВДЕ та гібридних засобів акумулювання теплоти шляхом математичного моделювання для забезпечено збільшення заміщуючої спроможності запропонованої системи та кумулятивного ефекту енергозбереження;

- обґрунтуванні раціональних схемно-конструктивних і режимних параметрів поліструктурної децентралізованої системи теплопостачання з використанням теплових насосів на базі різнорідних відновлюваних джерел енергії, гібридних засобів

акумулювання теплоти, з використанням запропонованого інструментарію чисельного моделювання процесів в елементах системи, які не потребують додаткових капітальних внесків та забезпечують зменшення собівартості теплоти, відповідно;

– обґрунтуванні раціональних умов функціонування теплонасосної системи в перманентному та переривчастому режимах роботи поліструктурної децентралізованої системи теплопостачання за результатами теоретичних і експериментальних досліджень, з урахуванням технічного потенціалу різнорідних відновлюваних джерел енергії, кліматичних даних та потреб споживачів.

Дисертаційна робота вирішує актуальну наукову проблему, яка є важливою для теплоенергетики, містить раніше незахищені наукові положення та нові науково обґрунтовані результати, які отримані автором.

Наукові завдання сформульовані на основі аналізу сучасних досліджень, які відповідають тематиці дослідження та меті дисертації, виконані повністю, а здобувач володіє повною мірою методологією наукової діяльності.

Наведені в роботі наукові положення свідчать про наявність наукової значимості дисертації, що підтверджується теоретичними і експериментальними результатами, спрямованими на удосконалення режимних характеристик і схемно-конструктивних параметрів поліструктурних децентралізованих систем теплопостачання з теплонасосними генераторами на базі різнорідних ВДЕ та гібридних засобів накопичення теплоти, відповідно регіональним можливостям утилізації технічного потенціалу різнорідних відновлюваних джерел енергії та потребам споживачів.

4. Рекомендації з використання та практична значимість отриманих результатів дослідження

Практична значимість отриманих результатів дослідження полягає в тому, що розроблені в дисертаційній роботі моделі і методи можуть бути використані для широкої низки практичних застосувань в галузі теплоенергетики. Розроблено інструментарій визначення доцільності впровадження поліструктурних децентралізованих систем теплопостачання з теплонасосними генераторами на базі різнорідних відновлюваних джерел енергії та гібридних засобів накопичення теплоти, які відрізняються ефективністю за екологічністю.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в Науковому парку НУОП для надання освітньо-консультативних послуг при підготовці кваліфікаційних робіт бакалаврів і магістрів.

Результати дисертаційної роботи впроваджені в навчальних дисциплінах кафедри теоретичної, загальної та нетрадиційної енергетики НУОП «Інноваційні технології відновлюваної енергетики» та «Моделювання теплових процесів в

енергокомплексах» а також при формуванні тематики бакалаврських та магістерських кваліфікаційних робіт.

5. Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях, відсутність (наявність) порушення академічної доброчесності

В опублікованих працях здобувача достатньо повно викладені основні результати теоретичних і експериментальних досліджень дисертаційної роботи. Дисертація написана відповідно вимог до науково-технічних текстів. Висновки відповідають основному змісту дослідження.

Дисертаційна робота здобувача Сергєєва Миколи Ігоровича відповідає Стандарту освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії зі спеціальності 144 «Теплоенергетика», галузі знань 14 «Електрична інженерія» та напрямкам досліджень відповідно до третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти «Теплоенергетика».

Основні результати дисертації представлено в 11 публікаціях, з них: 5 – у наукових фахових виданнях України з технічних наук за профілем спеціальності; 6 – апробаційного характеру, а саме тези доповідей роботи на міжнародних науково-практичних конференціях.

Публікації охоплюють всі розділи дисертації та досить повно відображають зміст і результати досліджень, наведених в роботі.

Дисертація містить результати власних досліджень автора. Аналіз публікацій та особистого внеску в них здобувача показує, що всі наукові положення та висновки, які виносяться на захист дисертації, отримані здобувачем самостійно в період навчання в аспірантурі і узагальнені при оформленні дисертації.

Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело. Фактів порушення академічної доброчесності в матеріалах дисертації здобувача не виявлено.

5. Значення роботи для науки та практики

Результати наукових досліджень здобувача є практично значимими, а розроблений інструментарій математичного моделювання, може бути рекомендований для підвищення ефективності поліструктурних децентралізованих систем теплопостачання з теплонасосними генераторами на базі різнорідних відновлюваних джерел енергії та гібридних засобів накопичення теплоти та зменшення викидів парникових газів, що відповідає «Закону України про енергозбереження» .

Наведені в дисертації результати досліджень дозволяють зробити висновок про наукову значимість роботи, що підтверджується модельними експериментами для обґрунтування шляхів та методів удосконалення ефективності запропонованих рішень. Теоретичне і практичне значення наукових положень можна оцінити як

досить високе, що відкриває перспективи для галузі теплоенергетики. Рекомендації щодо удосконалення систем поліструктурних децентралізованих систем теплопостачання з теплонасосними генераторами теплоти, різнорідних відновлюваних джерел енергії та гібридними засобами накопичення теплоти, які базуються на теоретичних і експериментальних результатах, які отримані здобувачем, мають практичну цінність для оптимізації структури паливно-енергетичного комплексу України.

6. Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

1. На думку опонента оптимізація площі поверхонь сонячних колекторів та ґрунтових теплообмінників по максимальній величині коефіцієнта заміщення не є правильною в зв'язку зі зростанням вартості альтернативних систем при коефіцієнті заміщення більше 50 %.

2. На думку опонента варто було надати в Додатках кліматичні дані та технічний потенціал різнорідних відновлюваних джерел енергії, які необхідні для визначення впливу теплового насосу на ефективність генерації теплоти, з урахуванням кумулятивного ефекту накопичення теплоти.

3. Оскільки коефіцієнт трансформації теплового насосу коливається в межах від 1 до нескінченності, виникає питання, яке чисельне значення COP автор приймає в якості мінімальної граничної величини?

4. На думку опонента, корисним було б розширити дисертацію коротким розділом про концепцію використання теплових насосів в децентралізованих системах теплопостачання, що значно полегшило б сприйняття матеріалу.

5. Бажано було б надати оцінку тривалості періодів часу, протягом яких доцільно використовувати інсоляцію та ґрунтову теплоту в якості низькопотенційного джерела для теплового насосу.

6. Більш вагомим показником ефективності був би показник, що базується на аналізі ексергії потоків.

7. При оцінці екологічної та економічної ефективності необхідно враховувати, що виготовлення обладнання поліструктурної децентралізованої системи теплопостачання потребує відповідних витрат енергії, що також забруднює довкілля.

Вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи, яка є завершеним науково-практичним дослідженням.

7. Загальний висновок про відповідність роботи встановленим вимогам

В цілому можна констатувати, що дисертаційна робота СЕРГЕСВА Миколи Ігоровича «Підвищення ефективності децентралізованого теплопостачання за рахунок використання відновлювальних джерел енергії та гібридних засобів акумулювання теплоти» є завершеним науковим дослідженням, яке має науково-прикладне значення, тема і зміст якого відповідає спеціальності 144 «Теплоенергетика».

Зважаючи на актуальність теми дисертації, обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, які сформульовані в дисертації, їхньої новизни, практичної цінності, повноти викладення в наукових публікаціях, відсутності порушень академічної доброчесності, вважаю, що дисертація 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 року №44, а її автор, СЕРГЕСВ Микола Ігорович – заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії у галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика»

Офіційний опонент,
доктор технічних наук, професор,
завідувач кафедри теплової та
альтернативної енергетики
Національного технічного університету
України «Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»

О.Ю. Черноусенко