

Голові разової спеціалізованої вченої
ради в Національному університеті
«Одеська політехніка», завідувачу
кафедри теплових електростанцій та
енергозберігаючих технологій
доктору технічних наук, професору
Геннадію БАЛАСАНЯНУ

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента

кандидата економічних наук, доцента кафедри теплових електростанцій та
енергозберігаючих технологій, заступника директора ННІЕ

Національного університету «Одеська політехніка»

Кандеєвої Віри Валеріївни

на дисертаційну роботу Грищенка Сергія Ігоровича

на тему:

«Забезпечення енергоефективного теплопостачання об'єктів житлово-
комунального господарства»

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
за спеціальністю 144 – Теплоенергетика

**Актуальність теми дисертації, зв'язок роботи з науковими
програмами, планами, темами**

Сучасні тенденції розвитку енергетичної галузі спрямовані на скорочення
використання викопних видів палива, підвищення енергоефективності
елементів енергетичного комплексу та інтеграцію відновлюваних джерел
енергії в проекти та існуючі системи енергозабезпечення.

Стратегічні цілі Європейського Союзу передбачають зниження загального
рівня споживання енергетичних ресурсів. Досягнення зазначених цілей
забезпечується шляхом структурної трансформації енергетичного сектору,
стимулювання інвестицій у відновлювану енергетику, підвищення рівня

електрифікації та впровадження енергоефективних технологій у всіх галузях економіки, зокрема у житлово-комунальному секторі.

Одним із ключових напрямів реалізації стратегій підвищення енергоефективності систем теплопостачання комунального та житлового секторів є модернізація існуючих систем теплозабезпечення та впровадження сучасних технічних рішень, спрямованих на зниження енергоспоживання, підвищення надійності функціонування й покращення якості теплопостачання.

Перспективним напрямом вирішення зазначених завдань є створення локальних систем централізованого теплопостачання малої та середньої потужності з використанням окремих елементів наявної інфраструктури централізованого теплопостачання.

Локальні системи централізованого теплопостачання забезпечують можливість адаптації режимів теплозабезпечення до особливостей експлуатації конкретних будівель, а також створюють передумови для ефективної інтеграції відновлюваних джерел енергії, теплових насосів, сонячних колекторів, акумуляторів теплоти та когенераційних установок.

Таким чином, розвиток локальних систем централізованого теплопостачання є одним із перспективних напрямів модернізації комунального сектору України, що забезпечує підвищення енергоефективності, надійності, екологічної безпеки та адаптивності систем теплозабезпечення до сучасних умов експлуатації.

Дисертаційна робота виконана у русі із загальним напрямом розвитку енергоефективних технологій в енергетичному секторі економіки, зокрема, розпорядженням Кабінету Міністрів України від 21.04.2023 № 373-р затверджено Енергетичну стратегію України до 2050 року та відповідно до Національного плану дій з розвитку ВДЕ до 2030 року. Також робота виконана відповідно планів, затверджених Міністерством освіти і науки України, виконаних в Національному університеті «Одеська політехніка» і є складовою частиною НДР № 179-41 за темою «Забезпечення ефективного функціонування систем теплопостачання будівель громадського призначення теоретико-методологічні та практичні аспекти» (№ 0119U003518); НДР № 266-41 за темою "Підвищення надійності систем теплопостачання об'єктів критичної інфраструктури." (№ 0125U003952).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації

Наукові положення, висновки і практичні рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі Грищенка Сергія Ігоровича, обґрунтовані та засновані на відомих науково-технічних напрацюваннях в напрямках підвищення енергоефективності систем теплозабезпечення об'єктів житлово-комунального сектору.

Проведення наукових досліджень відповідно до поставленої мети базувалось на теоретичних методах, статистичних та експериментальних даних з подальшим використанням відомих методів обробки отриманих результатів із застосуванням програмних комплексів для підвищення ефективності роботи систем теплопостачання із урахуванням режимів експлуатації будівель. Вказане проводилося з урахуванням внутрішніх та зовнішніх кліматичних чинників для будівель різного типу, що дає в подальшому можливість підвищити рівень енергоефективності комбінованих систем теплопостачання із застосуванням відновлювальних джерел енергії та акумуляторами теплоти.

В роботі вперше для оцінки ефективності використання потужності джерела теплоти застосовано коефіцієнти використання максимальної теплової потужності джерела теплоти та середньодобовий коефіцієнт використання максимальної потужності системи теплозабезпечення.

В роботі проведено натурні дослідження роботи комбінованої системи теплопостачання з використанням теплового насоса із відбором теплоти з ґрунту. За результатами дослідження запропоновано встановлення акумулюючих ємностей для зменшення максимального теплового навантаження системи теплопостачання. Вказане дозволило значно зменшити максимальну розрахункову теплову потужність, що додатково підвищує ефективність використання теплових насосів в комбінованих системах теплопостачання будівель громадського призначення.

Наукові положення, висновки та рекомендації відповідають темі та завданням роботи з врахуванням актуальності та напрямів дослідження. Достовірність результатів забезпечено коректною постановкою мети та виконаних завдань дослідження, а також аналізом та застосуванням висновків,

отриманих іншими авторами в галузі підвищення енерго-ефективності роботи систем теплопостачання в житлово-комунальному секторі.

Наукова новизна одержаних результатів

Основні пункти наукової новизни представленої дисертаційної роботи Грищенка Сергія Ігоровича полягають у наступному:

- отримав подальший розвиток підхід до зниження пікових навантажень джерела теплопостачання на основі аналізу статистичних даних та визначених на їх основі режимів теплоспоживання будівель різного призначення з використанням акумуляції тепла;
- вперше запропоновано коефіцієнти використання максимальної потужності джерела теплоти та середньодобові коефіцієнти використання максимальної потужності джерела теплоти для визначення потенціалу зменшення максимального теплового навантаження та акумуляції теплоти;
- подальшого розвитку набув метод моделювання переривчастого теплопостачання для будівлі громадського призначення з нерегулярним графіком споживання теплоти впродовж доби;
- подальшого розвитку отримав метод дослідження ефективності роботи комбінованої системи теплопостачання з використанням теплових насосів та геліосистем на пілотному об'єкті житлово-комунального сектору, з урахуванням надійності роботи системи в цілому.

Практичне значення результатів дослідження

Результати представленої дисертаційної роботи Грищенка Сергія Ігоровича можуть бути використані як при проєктуванні нових систем енергозабезпечення будівель громадського типу, так і при реконструкції існуючих систем теплопостачання житлово-комунального сектору. Отримані результати щодо графіків теплоспоживання будівель різного типу призначення дозволяють скорегувати теплове навантаження та зменшити максимальну розрахункову теплову потужність джерела теплопостачання. Окрім цього, взаємний вплив на загальну теплову потужність за видами споживачів теплоти

як окремих будівель, так і житлових комплексів загалом дає змогу суттєво скоротити як витрати енергоресурсів, так і тепловтрати. Наведені в роботі рекомендації можуть носити універсальний характер для будівель різного типу та використовуватись як при розробці нових систем, так і при модернізації існуючих (останнє показано у 4му розділі дисертаційної роботи).

Отримані результати дисертаційної роботи було впроваджено як на об'єктах комунального сектору (ТОВ «Технології комфорту плюс», ТОВ "Енерготрейд Юг "), так і в навчальному процесі (підготовка здобувачів першого рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Теплоенергетика та менеджмент енергозбереження» спеціальність – «Теплоенергетика в освітніх компонентах: «Теплопостачання підприємств», «Опалення, вентиляція та кондиціонування повітря на підприємствах»).

Повнота викладення результатів дисертації в опублікованих працях

Основні наукові результати дисертаційної роботи достатньо повно викладено в опублікованих працях здобувача. Згідно з матеріалами дисертації, результати дослідження представлено в 13 друкованих працях. З яких 8 – у фахових виданнях (включених до переліку фахових видань України категорія «Б»), а також 5 – тези міжнародних конференцій.

Тематика публікацій загалом відповідає змісту дисертаційної роботи та відображає її основні результати: аналіз сучасного стану систем теплозабезпечення об'єктів комунальної енергетики; проведено математичне моделювання видобутку теплоти різними видами сонячних систем; проведення аналізу графічних залежностей ймовірності відмов основних джерел теплової енергії при зміні структури генераторів теплозабезпечення; проведено моделювання переривчастого режиму теплопостачання будівлі громадського призначення та виконано аналіз отриманих результатів; аналіз ефективності роботи основних елементів комбінованих систем теплопостачання та інше.

Аналіз змісту дисертації

Структура дисертації Грищенка Сергія Ігоровича є логічно вибудованою, послідовною та відповідає вимогам до кваліфікаційних наукових праць на здобуття ступеню доктор філософії за спеціальністю 144 Теплоенергетика.

Дисертація є завершеною науковою працею із зазначенням особистого вкладу здобувача, а розгорнуті загальні висновки закріплюють теоретичне та практичне значення отриманих результатів моделювання, натурних досліджень та рекомендацій щодо впровадження в системи теплопостачання.

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та додатків з результатами впровадження результатів дисертації; така структура дозволяє послідовно перейти від теоретичного обґрунтування проблеми до формування прикладних рішень і рекомендацій, зокрема розрахунку режимів експлуатації систем теплопостачання для будівель різного типу призначення із подальшою розробкою рекомендацій щодо підвищення експлуатації систем теплозабезпечення.

Дисертаційна робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаної літератури з 121 найменування та додатків (А, Б, В, Г, Д). Обсяг роботи становить 148 сторінки (з них 156– основного тексту). В роботу входять також 66 рисунків і 11 таблиць.

Додатково можна відмітити глибину аналізу роботи різномірних джерел теплоти для систем теплозабезпечення різних типів будівель житлово-комунального сектору з урахуванням режимів експлуатації та потенціалу відновлювальних джерел енергії.

Відсутність або наявність порушення академічної доброчесності

Аналіз змісту дисертації, характеру викладення матеріалу та структури подання результатів дає підстави вважати, що робота виконана з дотриманням принципів академічної доброчесності. Наукові положення викладено послідовно, посилання на результати інших авторів мають бути подані в установленому порядку, та явних ознак некоректних запозичень у межах поданого матеріалу не виявлено.

Мова та стиль викладення результатів дисертаційної роботи

Дисертаційна робота написана науковим стилем, матеріал викладено послідовно, з використанням фахової термінології в галузі теплової енергетики та підвищення енергоефективності теплоенергетичних комплексів систем

теплозабезпечення об'єктів комунальної теплоенергетики. Структура роботи загалом відповідає логіці наукового дослідження: від аналізу стану проблеми до розробки методів, розрахункової оцінки ефективності, узагальнення результатів та формулювання рекомендацій.

Дискусійні питання та зауваження щодо змісту дисертації

Враховуючи актуальність, наукову новизну та практичну цінність роботи необхідним є висловити такі зауваження і дискусійні положення:

- потрібно додаткове пояснення причин, чому в аналізі динаміки енергоспоживання скорочення споживання первинної енергії відбувається повільніше, ніж кінцевого споживання, та яким саме чином високі ціни на паливо можуть стимулювати використання менш ефективних технологій виробництва електроенергії;

- у роботі слід було чіткіше розмежувати умови за яких доцільно створювати саме локальні системи централізованого теплопостачання, а не повністю децентралізовані або індивідуальні системи, особливо для нових житлових комплексів, які названі винятком;

- необхідно вказати конкретні критерії вибору між фізичним моделюванням та моделювання на основі статистичних даних для оцінки енергоспоживання будівель в Україні, оскільки в роботі лише загально описані переваги та недоліки обох підходів (складність масштабування фізичного підходу проти потреби в достовірній базі даних для статистичного);

- у пункті 2.1.1 слід біло надати більш чітке технічне обґрунтування критеріїв, за якими будівлі поділяються на групи з «регулярним» та «нерегулярним» режимами експлуатації. Зокрема, як саме наявність «додаткової інфраструктури та примусової вентиляції» у готелях 4 - 5 зірок змінює їхній статус із «житлових» на «громадські» будівлі в контексті теплопостачання, оскільки в роботі лише згадується цей факт без пояснення його впливу на нерівномірність теплового навантаження;

- дослідження фокусується лише на двох типах будівель (житловий будинок та торгівельно-розважальний комплекс), що дещо обмежує можливість узагальнення висновків для всього комунального господарства;

- у роботі спостерігається певна незавершеність у представленні формул для розрахунку систем гарячого водопостачання (зокрема, формули 2.4 – 2.6 та визначення секундної витрати води). Це ускладнює перевірку точності розрахунків, на основі яких було зроблено висновок про зменшення максимального навантаження джерела теплоти на 27 % завдяки акумуляторам;

- потрібне додаткове пояснення щодо механізму переходу житлових будинків на черговий режим опалення ($10-12^{\circ}\text{C}$). У роботі зазначається, що доведення до робочої температури має відбуватися за рахунок локальних джерел, як от системи кондиціонування. Проте не вказано, чи враховувалося при цьому зростання навантаження на електричні мережі будинку, та чи є така комбінована система економічно вигіднішою за традиційне централізоване опалення;

- згідно з результатами моделювання, температура в приміщенні протягом доби коливається в широкому діапазоні – від комфортних 22°C у робочі години до $11,5^{\circ}\text{C}$ у нічний час (залежно від зовнішньої температури). Хоча це забезпечує економію, такі різкі щоденні перепади температури можуть негативно впливати на будівлю (наприклад, призводити до появи конденсату на стінах), що є важливим експлуатаційним аспектом;

- для практичного впровадження варто було б додати аналіз того, як швидко отримана економія енергії окупить ці значні початкові інвестиції в обладнання.

Загальний висновок про відповідність роботи встановленим вимогам

Дисертаційна робота Грищенка Сергія Ігоровича «Забезпечення енергоефективного теплопостачання об'єктів житлово-комунального господарства» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому

вирішено актуальне науково-практичне завдання підвищення ефективності комбінованих систем теплопостачання будівель комунального господарства з використанням відновлюваних джерел енергії, акумуляторів теплоти та врахуванням режимів експлуатації споживачів. У роботі одержано нові науково обґрунтовані результати, які мають теоретичне та практичне значення для теплоенергетики. Запропоновано показники оцінювання використання максимальної потужності джерел теплоти, удосконалено підходи до моделювання переривчастого опалення, обґрунтовано раціональні параметри теплових акумуляторів, досліджено режими роботи теплових насосів і геліосистем.

Основні результати достатньо повно викладено в наукових публікаціях, апробовано на міжнародних конференціях і впроваджено в практичну діяльність підприємств та освітній процес.

За актуальністю теми, науковою новизною, обґрунтованістю основних положень, теоретичним і практичним значенням, повнотою опублікування результатів та рівнем апробації дисертаційна робота відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження Вимог до оформлення дисертації» (з наступними змінами) та «Порядку присудження ступеня доктора філософії», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44. Зазначений Порядок є чинним. Вважаю, що ГРИЩЕНКО СЕРГІЙ ІГОРОВИЧ заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 144 – Теплоенергетика, галузь знань 14 – Електрична інженерія.

Рецензент,

Заступник директора ННІЕ

Національного університету «Одеська політехніка»,

кандидат економічних наук, доцент

Віра КАНДЄЄВА