

ВІДГУК

офіційного опонента

на дисертаційну роботу ЛЯШЕНКА Владислава Ігоровича

на тему «Ефективність міських систем теплопостачання в умовах дефіциту енергоресурсів», 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

Проблема раціонального та надійного забезпечення споживачів тепловою енергією є однією з ключових для галузі теплоенергетики України. Значна зношеність теплових мереж і теплових пунктів, обмеженість паливно-енергетичних ресурсів та відсутність комплексних методів керування, які одночасно враховують гідравлічні обмеження мережі й соціальну пріоритетність споживачів, роблять тему дисертації безумовно актуальною. Науково-прикладна задача, яка вирішується у роботі, — розробка алгоритму пріоритетного регулювання теплопостачання на основі розділення гідравлічного і теплового балансів — відповідає нагальним потребам експлуатації міських систем централізованого теплопостачання, зокрема в умовах дефіциту енергоресурсів.

Тема дисертації узгоджується з положеннями Енергетичної стратегії України, Закону України «Про теплопостачання» та державними програмами модернізації теплового господарства й переходу від елеваторних вузлів до індивідуальних теплових пунктів. Робота виконана в межах держбюджетної науково-дослідної роботи № 179-41 (№ ДР 0119U003518) «Забезпечення ефективного функціонування систем теплопостачання будівель громадського призначення. Теоретико-методологічні та практичні аспекти», що підтверджує її прикладну спрямованість.

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

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел (130 найменувань) та додатків.

Матеріал викладено на 169 сторінках друкованого тексту, з них 145 сторінок основного тексту; робота містить 28 рисунків, 8 таблиць та 9 додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми, відзначено її зв'язок з держбюджетною науково-дослідною роботою, сформульовано мету і задачі дослідження, вказано методи дослідження, розкрито наукову новизну та практичне значення отриманих результатів, наведено інформацію про публікації, апробацію матеріалів та особистий внесок здобувача.

У першому розділі виконано аналітичний огляд сучасного стану централізованого теплопостачання, методів гідравлічного балансування та підходів до пріоритетного регулювання теплових навантажень. Показано, що більшість відомих підходів розглядають гідравлічні й теплові задачі окремо, що обмежує їхню прикладну цінність, і на цій основі сформульовано наукову задачу дослідження.

У другому розділі розроблено гідравлічно-теплову модель мережі. Виконано гідравлічний розрахунок з визначенням еквівалентних опорів споживачів, «найважчих» ділянок та необхідного напору насосного обладнання, а також запропоновано формалізовану математичну модель теплового розподілу з класифікацією споживачів за пріоритетністю, модератором теплового навантаження, нормалізацією пріоритетів, масштабуванням теплового балансу та визначенням фактичної теплової подачі. На цій основі побудовано алгоритм пріоритетного регулювання теплопостачання.

У третьому розділі досліджено роботу комбінованого регулюючого клапана. Проаналізовано діапазони перепаду тиску та умови стабільної роботи, виконано моделювання витрати теплоносія при змінному перепаді тиску й показано, що за малих навантажень клапан працює поза зоною стабільного регулювання; як альтернативу обґрунтовано модульний регулюючий вузол.

У четвертому розділі виконано моделювання модернізованих локальних теплових вузлів: проаналізовано роботу елеваторного вузла, сформовано принципову схему індивідуального теплового пункту та здійснено підбір обладнання, досліджено режими роботи ІТП при змінному перепаді тиску, змінному тепловому навантаженні та за сценаріями дефіциту, а також розглянуто інтеграцію ІТП у систему пріоритетного регулювання і сформульовано технічні умови й обмеження застосування моделі.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій базується на аналізі сучасних літературних джерел, коректному застосуванні

класичних методів гідравлічного й теплового розрахунку, математичному моделюванні режимів роботи мережі та регулюючої арматури, апробації розробленої моделі на прикладі реальної теплової мережі, а також на загальноприйнятих допущеннях і коректному формулюванні отриманих висновків.

3. Наукова новизна результатів досліджень, достовірність наукових положень, висновків і рекомендацій

Дисертаційна робота містить раніше незахищені наукові положення та нові науково обґрунтовані результати, отримані здобувачем. Наукова новизна одержаних результатів полягає в такому:

- вперше запропоновано підхід до пріоритетного розподілу теплової енергії в централізованих мережах, що поєднує гідравлічний і тепловий баланс з урахуванням коефіцієнтів дефіциту, топології мережі та пріоритетів споживачів;
- вперше узагальнено модель роботи комбінованих регулюючих клапанів у режимах малих теплових навантажень з урахуванням нелінійності витратної характеристики, залежності пропускної здатності від перепаду тиску та меж стабільності регулювання;
- удосконалено методику гідравлічного моделювання теплових мереж з урахуванням реальної топології та режимів експлуатації, що дозволяє коректно оцінювати роботу споживачів із низькою витратою теплоносія;
- розроблено нову методику переходу від елеваторного вузла до індивідуального теплового пункту, яка описує змішування потоків, формування перепадів тиску та роботу регулюючого клапана в широкому діапазоні режимів;
- вперше встановлено критичні умови, за яких комбіновані регулятори не забезпечують стабільної витрати на малих споживачах;
- розроблено алгоритм вибору типорозміру і налаштувань регулюючого клапана при заміні елеваторного вузла з урахуванням реальних робочих перепадів тиску та теплових навантажень.

Достовірність отриманих результатів забезпечується коректним застосуванням математичного апарату гідравлічного й теплового розрахунку, використанням загальноприйнятих допущень та апробацією розробленої моделі на прикладі реальної теплової мережі центрального теплового пункту з отриманням несуперечливих кількісних оцінок меж працездатності схем підключення споживачів. Наукові завдання, які відповідають меті роботи,

виконані повністю; здобувач повною мірою володіє методологією наукової діяльності.

4. Рекомендації з використання та практична значимість отриманих результатів дослідження

Практична значимість отриманих результатів полягає в можливості безпосереднього використання розроблених моделей, алгоритмів і рекомендацій при проєктуванні та модернізації систем теплопостачання. Гідравлічна модель мережі може застосовуватися теплопостачальними підприємствами для аналізу режимів роботи, виявлення вузлів із недостатнім тиском та визначення пріоритетних споживачів у періоди дефіциту; алгоритм пріоритетного розподілу теплової енергії може бути інтегрований у SCADA-системи; методика підбору регуляторів дозволяє уникнути помилок при виборі обладнання для малих споживачів, а моделі індивідуальних теплових пунктів застосовні при заміні елеваторних вузлів.

Результати дисертаційної роботи використовуються в навчальному процесі кафедри «Теплових електростанцій та енергозберігаючих технологій» Національного університету «Одеська політехніка» в освітніх компонентах «Математичне моделювання технічних систем» та «Математичне моделювання та дослідження в теплоенергетиці».

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

В опублікованих працях здобувача достатньо повно викладено основні результати дисертаційної роботи. Дисертація написана відповідно до вимог до науково-технічних текстів, висновки відповідають основному змісту дослідження. За темою дисертації опубліковано 10 наукових праць, з них 4 статті у наукових фахових виданнях України (категорія «Б») за профілем спеціальності та 6 повних текстів доповідей на міжнародних науково-практичних конференціях апробаційного характеру. Публікації охоплюють усі розділи дисертації та досить повно відображають зміст і результати досліджень.

Дисертація містить результати власних досліджень автора. Аналіз публікацій та особистого внеску здобувача показує, що всі наукові положення й висновки, які виносяться на захист, отримані здобувачем самостійно у період 2021–2025 рр. За змістом робота відповідає Стандарту освітньо-наукової програми підготовки доктора філософії зі спеціальності 144 «Теплоенергетика», галузі знань 14 «Електрична інженерія». Використання

ідей, результатів і текстів інших авторів супроводжується посиланнями на відповідні джерела; фактів порушення академічної доброчесності в матеріалах дисертації не виявлено.

6. Значення роботи для науки та практики

Результати наукових досліджень здобувача є практично значимими, а розроблені моделі, алгоритми й рекомендації можуть бути рекомендовані для підвищення ефективності та керованості систем централізованого теплопостачання в умовах дефіциту енергоресурсів. Теоретичне і практичне значення отриманих наукових положень можна оцінити як досить високе, що відкриває перспективи для подальших прикладних досліджень у галузі теплоенергетики.

7. Дискусійні положення та зауваження щодо змісту дисертації

У процесі ознайомлення з дисертацією виникли такі запитання дискусійного характеру:

1. Наскільки розроблені автором моделі розподілу теплопостачання можуть бути застосовані на практиці з урахуванням сучасного стану теплових мереж?
2. Які температурні графіки (якісне чи кількісне регулювання) прийнято за основу при моделюванні режимів дефіциту?
3. Наскільки поділ споживачів на класи пріоритетності узгоджується з чинними нормативними документами щодо соціально значущих об'єктів теплопостачання?
4. Як запропонований підхід враховує одночасно роботу автоматичних систем регулювання теплового навантаження та елеваторних вузлів?
5. Який тип регулювання теплових мереж є найбільш підходящим (стійким) для розподілу тепла в умовах дефіциту енергії?
6. Чи можна адаптувати запропонований алгоритм для мереж з кількома р джерелами з різним потенціалом теплоносія, що працюють одночасно (ТЕЦ, котельня, теплові насоси)?
7. Чи верифіковані моделі теплорозподілення автором, чи є досвід застосування подібних моделей у світі?

Вказані зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та не знижують наукової і практичної цінності отриманих результатів.

8. Загальний висновок про відповідність роботи встановленим вимогам

Викладене дає підстави вважати, що дисертаційна робота Ляшенка Владислава Ігоровича на тему «Ефективність міських систем теплопостачання в умовах дефіциту енергоресурсів» є завершеним науковим дослідженням, яке має науково-прикладне значення, тема і зміст якого відповідають спеціальності 144 «Теплоенергетика».

З урахуванням актуальності теми дисертації, обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їхньої новизни, практичної цінності, повноти викладення в наукових публікаціях та 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, Ляшенко Владислав Ігорович, заслуговує на присудження наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика».

Офіційний опонент:

доцент кафедри атомної енергетики

КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Є. В. НОВАКІВСЬКИЙ