

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

В Україні гостро стоїть проблема раціонального забезпечення споживачів паливно-енергетичними ресурсами. Значна частина міських теплових мереж експлуатується понад нормативний строк служби, що супроводжується зростанням теплових втрат, гідравлічною нерівномірністю та зниженням надійності теплозабезпечення, а в умовах обмеженості енергоресурсів і пошкодження енергетичної інфраструктури особливої гостроти набуває завдання керованого та справедливого розподілу теплової енергії між споживачами різної критичності. Тому науково-прикладна задача підвищення ефективності й керованості систем централізованого теплопостачання, яка вирішується в дисертації, є актуальною.

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. Чи відрізняється застосування запропонованої моделі для закільцьованих мереж порівняно з розгалуженими?
2. Які вимоги до кваліфікації диспетчерського персоналу виникають при практичному впровадженні запропонованої методики?
3. Яким чином алгоритм визначає порядок дій, якщо кілька об'єктів однакового класу критичності одночасно потребують обмеженого ресурсу?
4. З якою періодичністю, на вашу думку, потрібно актуалізувати гідравлічну модель мережі з урахуванням природного старіння трубопроводів?
5. Чи можуть закладені у роботі принципи пріоритетного розподілу бути застосовані до інших інженерних мереж, наприклад водопостачання чи газопостачання, в умовах дефіциту ресурсу?
6. Як пропонується інформувати споживачів про застосування обмежень теплопостачання і як це може вплинути на соціальну прийнятність рішення?
7. Наскільки суттєво сезонні коливання температури зовнішнього повітря впливають на коефіцієнти дефіциту, закладені в моделі?

8. Наскільки працездатний запропонований алгоритм регулювання за умов відключень електроенергії?

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,

доктор технічних наук, професор,

завідувач кафедри нафтогазових технологій,

інженерії та теплоенергетики Одеського

національного технологічного університету

Олександр ТІТЛОВ