

## ВІДГУК

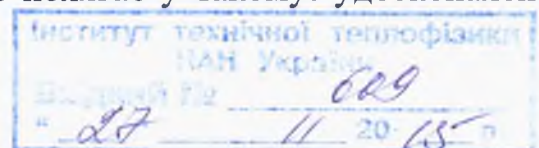
офіційного опонента на дисертацію “Ефективність управління теплоспоживанням адміністративної будівлі при використанні індивідуального теплового пункту”, представленої на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук Лисенко Оксаною Миколаївною за спеціальністю 05.14.06 - технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Дисертаційна робота є актуальною по суті оскільки присвячена ефективному управлінню теплоспоживанням адміністративної будівлі на основі застосування автоматизованого індивідуального теплового пункту що може заощадити, зокрема, до 20% теплової енергії. Проблемою української муніципальної теплоенергетики є надмірна радянська централізація систем тепlopостачання, наприклад облаштування центральних теплових пунктів, а також відсутність ринку виробництва і транспортування теплової енергії на основі правильної конкуренції. Актуальність роботи підтверджується її виконанням в рамках наукових досліджень, що проводилися відділом теплофізичних основ енергоощадних технологій Інституту технічної теплофізики НАН України за чотирма науково-дослідними роботами у яких автор брала безпосередню участь як виконавець.

Метою роботи є підвищення ефективності споживання теплової енергії системою опалення старої адміністративної бюджетної будівлі шляхом раціонального управління технологічним процесом тепlopостачання на основі експериментального індивідуального теплового пункту (ІТП), що приєднується до централізованої системи тепlopостачання за залежною гідравлічною схемою. Для досягнення поставленої мети виконано такі завдання: проведено енергетичне обстеження вказаної будівлі; досліджено використання переривчастого ручного режиму управління теплоспоживанням будівлі; розроблено теплофізичну модель процесу тепловіддачі від одиничного опалюваного приладу; на основі удосконаленої теплофізичної моделі теплового стану будівлі розраховано параметри ефективного управління теплоспоживанням будівлі; розроблено і впроваджено ІТП оригінальної конструкції; проведено експериментальні дослідження різних режимів роботи ІТП з встановленням найраціональнішого; проведено техніко-економічну оцінку від впровадження розробленого ІТП.

Об'єктом дослідження є система опалення адміністративної будівлі бюджетної сфери (на прикладі 1-го корпусу ІТТФ НАН України по вул. Булаховського, 2), а предметом дослідження – способи та засоби регулювання параметрів теплоспоживання будівлі та оптимізація теплонадходжень. Застосовано сучасні розрахункові, аналітичні та комп'ютерні методи досліджень а також довготривалі експериментальні дані з відповідним статистичним методом обробки результатів.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у такому: удосконалено



теплофізичну модель теплового стану приміщень будівлі, що враховує особливості структури зовнішньої стінової конструкції (в т.ч. плоского даху і цоколя) та інфільтрацію повітря, а також додаткові внутрішні теплонадходження; створено та досліджено способи погодозалежного управління теплоспоживанням будівлі в робочі та вихідні дні, за умов забезпечення належного теплового стану приміщень в робочий час; вперше запропоновано параметр, що дозволяє оцінити ступінь енергоефективності будівлі в цілому та її системи опалення; вперше експериментально встановлено, що при роботі ІТП суттєво зростають витрати теплоносія (до 3...4 разів) в самій системі опалення будівлі в порівнянні з витратою в зовнішній тепловій мережі, які в свою чергу зменшуються в 1,7 разів в порівнянні з елеваторним вузлом; вперше експериментально встановлено, що при роботі ІТП температури зворотного теплоносія зменшуються на (5...7) °С в порівнянні з режимом роботи з елеваторним вузлом, що збільшує температурний перепад в системі опалення до 35-40 °С з підвищенням енергоефективності системи опалення до 45%; за період (2007-2015 рр.) проведення досліджень створено банк щогодинних експериментальних даних теплового стану будівлі та режимів експлуатації її системи опалення.

Практичне значення одержаних результатів полягає у такому: встановлено температурні діапазони навколишнього середовища, коли використання ІТП за різними схемами найефективніше із загальною економією теплової енергії за опалювальний період до 15%; отримані експериментальні дані можуть бути використані при подальшому розробленні нових ІТП, зокрема із блоком електричних котлів; результати даної дисертаційної роботи були використані в ТОВ «Завод енергетичного обладнання «ДАН» у вигляді наданих технічних рекомендацій при проектуванні ІТП для житлових та громадських будівель, на основі яких були розроблені та введені в серійне виробництво модульні блоки для систем опалення за залежною схемою приєднання (в т.ч. з використанням гідравлічної стрілки) та в ТОВ «РБСА» при розробці алгоритму ефективного погодозалежного управління тепlopостачанням будівлі при використанні індивідуального теплового пункту, що підтверджено відповідними актами.

Особистий внесок здобувача полягає у авторстві і співавторстві опублікованих за темою дисертації робіт, охоронних документів, виступах на науково-технічних конференціях з відповідним правом на основні теоретичні, експериментальні та практичні положення та аналіз отриманих результатів. Основні результати дисертаційної роботи, що виносяться на захист, отримані автором самостійно. Матеріали дисертаційної роботи і її основні положення доповідалися, обговорювалися і отримали схвальні відгуки на 11-ти міжнародних конференціях починаючи із 2011р. . Основні положення та наукові результати дисертаційної роботи опубліковано у 18 працях, зокрема в 13 статтях у фахових виданнях, перелік яких затверджено МОН України (дві з них у виданнях, що входять до міжнародних наукометричних баз даних), в одному патенті на корисну модель та у чотирьох тезах міжнародних науково-технічних конференцій.

Дисертаційна робота за структурою і змістом складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних літературних джерел та додатків. Загальний обсяг роботи 191 сторінка, у тому числі 184 сторінок основного тексту, 124 рисунки, 13 таблиць, список використаних літературних джерел з 82 найменувань та два додатки.

Вступ роботи за формою відповідає встановленим вимогам, а за змістом темі дисертаційного дослідження.

Перший розділ присвячено аналізу сучасного стану науково-технічних досліджень за темою дисертації. Проаналізовано експлуатаційні характеристики систем теплоспоживання будівель з ІТП, їх основні схеми та способи регулювання відпуску теплоти, існуючі методи і методики теоретичних та експериментальних досліджень. Визначено мету та завдання дослідження.

За формою та за змістом (по суті) першого розділу є декілька зауважень.

1. У переліку умовних позначень і скорочень зустрічаються одні і тіж буквенні позначення різних величин, наприклад  $\tau$  – температура,  $^{\circ}\text{C}$  і  $\tau$  – час, с.;  $D$  – діаметр гідравлічної стрілки, мм (який?) і  $D$  – кількість градусо-годин за опалювальний період,  $^{\circ}\text{C}\cdot\text{год}$ . Несистемні розмірності величин, наприклад  $\Delta P$  – перепад тиску, бар, потрібно Па.

2. Слід було б представити класифікації, у вигляді схем, систем теплопостачання, теплових пунктів та систем теплоспоживання для яснішого уявлення об'єктів дослідження з їх графічним виділенням.

3. Опис існуючих схем ІТП ( підрозділ 1.2 Основні схеми ІТП та способи регулювання відпуску теплоти) представлено без відповідного аналізу переваг, недоліків і рекомендацій до їх застосування.

4. Існуючі методи теоретичних та експериментальних досліджень (підрозділ 1.3 Експериментальні та теоретичні дослідження використання ІТП) описано текстово без фізичних і математичних моделей, рівнянь, умов однозначности, методів їх розв'язку та аналізу.

Другий розділ присвячено цільовому енергетичному обстеженню будівлі та її теплоспоживання з метою облаштування ІТП. Досліджено температурний стан приміщень при періодичному відключенні системи опалення. Проведено порівняння температурного графіку теплопостачальної організації з реальними температурами теплоносія. Встановлено що досліджувана будівля в середньому споживає 140 кВт·год. на один кв. м. опалюваної площі за опалювальний період, що є достатньо задовільним. Наявні значні втрати теплоти через плоский дах, фундамент, вікна та з інфільтрацією повітря. Елеваторний вузол фактично не працює. Наявні періоди експлуатації системи теплозабезпечення коли теплопостачальна організація безпідставно збільшувала витрати теплоносія, особливо в святкові та в вихідні дні, або наприкінці опалюваного сезону, що призводило до переоплат за теплоту. Температурний графік теплопостачальної організації в жодному із опалюваних сезонів 2007-2011 рр. не витримувався.



Обґрунтовано перевагу підключення ІТП до системи теплозабезпечення за залежною гідравлічною схемою та отримано вихідні дані (технічні характеристики) для підбору комплектуючого обладнання.

До другого розділу є зауваження по суті.

1. У таблиці 2.2 на стор.56 (узагальнені дані параметрів системи теплоспоживання за сезонами) розмірності однієї і тієї величини, теплової енергії, представлено як у, Гкал (несистемна одиниця вимірювання) так і у кВт.

2. Приведені результати досліджень (з 01 по 09.02 2015) у вигляді графіків (рис. 2.12, 2.13 на стор.57,58) не представляють типовий опалювальний період і тому носять більше тенденційний технічний, а не узагальнений науковий характер.

3. Часто аналіз отриманих графічних залежностей не є повним. Наприклад аналіз графіків на рис.2.15, рис.2.16, стор.61 – всього одне оповідальне речення. Цитата “З рис. 2.15 і рис. 2.16 видно, що в жодному із опалювальних сезонів температурний графік теплопостачальної організації не дотримано”. Кінець цитати. Ну і що? Які причинно-наслідкові взаємозв'язки? І т.д.

У третьому розділі досліджено теплофізичні процеси та параметри управління теплоспоживанням будівлі. На основі використання моделі з зосередженими параметрами було досліджено тепловий режим приміщення при різних варіантах експлуатації системи теплоспоживання будівлі. Встановлено найбільш економічний режим, що передбачає максимальне збільшення температури радіатора (до 89,0 оС) перед початком робочого дня при відповідному мінімальному часовому інтервалі (240 хв), протягом якого температура радіатора максимальна. Такий режим дозволяє економити до 5,7% теплової енергії. За результатами проведених розрахунків теплового стану приміщення визначено, що нічний режим регулювання рекомендовано розпочинати о 17:00 годині, а найкращий час перегріву становить з 5:00 год. до 9:00 год. з температурою теплоносія – 85,0 °С. При цьому в робочий час дотримуються всі температурні межі санітарно-гігієнічних норм. На основі запропонованої моделі розрахунку теплового стану внутрішнього приміщення, можна по запропонованій теплофізичній моделі проводити розрахунки температур довільного приміщення – з двома та більшою кількістю вікон; приміщень, що розташовані на верхньому поверсі, тобто з дахом, або на нижньому поверсі, тобто над підвалом чи фундаментом; кутових приміщень, які двома сторонами контактують з довкіллям. З метою встановлення можливих підходів до управління теплоспоживанням окремого приміщення, було проведено моделювання переривчастого режиму роботи одиночного опалювального приладу. Встановлено, що найкращий режим регулювання – за температурою теплоносія, тобто бажано здійснювати якісне регулювання.

До третього розділу є зауваження по суті. Не зрозуміло як враховувалась складова сонячної інсоляції через вікно в приміщення в балансових рівняннях теплоти для характерних одиничних елементів.

Четвертий розділ присвячено створенню експериментального індивідуального теплового пункту. Розроблено експериментальну установку ІТП, що приєднується до системи тепlopостачання за залежною гідравлічною схемою і автоматизацією управління теплоспоживанням будівлі. Представлено методику проведення експериментів, результати дослідження у реальному часі із постійним моніторингом основних параметрів тепlopостачання та їх аналіз. Досліджено різні режими експлуатації ІТП на основі введеного поняття “параметр енергоефективності” та встановлено три найефективніші режими роботи. Найефективніший – це з використанням трьохходового клапану, що виконує функцію підмішування в залежності від погодних умов, циркуляційний насос при цьому розташований в подавальному трубопроводі. Також було проведено порівняння розрахункових значень, отриманих за допомогою теплофізичної моделі, з експериментальними. Встановлено, що розрахункова температура зворотного теплоносія в середньому на 2-2,5 °С вища за експериментальну, що знаходиться в допустимих межах, враховуючи всю складність використаної моделі будівлі. Отже, запропоновану теплофізичну модель можна вважати адекватною.

До четвертого розділу є зауваження по суті. Незрозуміло яке числове значення є верхньою або нижньою межею для порівняння введеного поняття “параметр (показник) енергоефективності” (ЕЕ). Як можна оцінити його величину у порівнянні із фіксованим, характерним значенням.

П'ятий розділ присвячено оцінці ефективності впровадження ІТП. На основі отриманих експериментальних даних було розраховано питомі витрати теплової енергії як для системи тепlopостачання з ІТП так і для системи тепlopостачання елеваторного типу. Встановлено, що після впровадження ІТП питомі тепловитрати на опалення в середньому зменшились з 140 (кВт·год.)/(рік·м<sup>2</sup>) до 123 (кВт·год.)/(рік·м<sup>2</sup>). На основі побудованих графічних залежностей встановлено діапазон температур зовнішнього повітря, при яких ІТП працює найефективніше. При температурі зовнішнього повітря +8,0 °С вдається зекономити 30 % споживання теплової енергії, що економить 15 % теплової енергії за опалювальний період. На основі використання двох методик були проведені розрахунки зменшення теплоспоживання для шести різних режимів роботи ІТП. Визначено енергетичну та економічну ефективності впровадження ІТП. Розраховано термін окупності запропонованої модернізації.

В цілому по роботі є зауваження за її змістом.

1. Відсутній комплексний аналіз системи опалення щодо правильного її гідравлічного балансування для забезпечення розрахункових (необхідних і достатніх) витрат теплоносія перед кожним кінцевим споживачем (опалювальним приладом) на основі застосування контролюючих клапанів (наприклад терморегуляторів) перед приладом і балансувальних клапанів на стояках.

2. Сформульовані висновки мають дещо вузькі межі для застосування. Наріклад пункт три кінець речення “..., рекомендувати вказаний ІТП до

впровадження в корпусах №2-4 по вул. Булаховського,2” кінець цитати. А що для тисяч подібних систем теплопостачання подібних будівель і режимів роботи персоналу виходить не рекомендувати?

Зустрічаються види мовних помилок. Наприклад стилістичні помилки у підписах під деякими графічними залежностями (рис 3.13, 3.14 на стор.82,83 відповідно). Перед формулами автор часто ставить двокрапку, а формула є продовженням речення з відповідною пунктуацією за текстом. Після формул бувають відсутні розмірності фізичних величин. В розділі чотири на стор.153,154 відсутня наскрізна нумерація формул.

Достовірність отриманих результатів у теоретичних і експериментальних дослідженнях не викликає сумніву. За текстом дисертації є посилання на усі літературні джерела. Текст дисертації читається легко і зрозуміло, хоча дещо переобтяжений кількістю результатів експериментальних досліджень. Структура, зміст і обсяг дисертації відповідає встановленим вимогам і являє собою завершену структуровану науково - дослідну роботу з поєднанням прикладних теоретичних і експериментальних досліджень за результатами яких отримано ефективніші системи опалення адміністративних будівель з переривчастим режимом теплоспоживанням.

Тексти дисертації і автореферату є ідентичними за змістом, і у авторефераті представлено основні положення дисертації. Висновки дисертації є достатньо обґрунтованими і мають високу наукову та практичну цінність для розвитку основ теплопостачання будівель та енергозбереження.

Вказані зауваження не знижують, в цілому, якість наукових досліджень та отриманих результатів. Дисертація повністю відповідає встановленим вимогам до кандидатських дисертацій, а автор Лисенко Оксана Миколаївна заслуговує присвоєння їй наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 - технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент, завідувач кафедри теплотехніки  
Київського національного університету будівництва  
і архітектури, доктор технічних наук, професор

 О.В.Приймак

Підпис О.В.Приймака засвідчую  
секретар Вченої ради КНУБА



 О.С. Петренко