Представлено експериментальні дослідження роботи індивідуального теплового пункту оригінальної конструкції. Наведено графічні залежності основних параметрів теплоносія, розглянуто особливості теплопостачання будівлі на основі двох режимів експлуатації індивідуального теплового пункту, для яких розраховано величину економії теплової енергії. Також було визначено ефективність впровадження індивідуального теплового пункту

Ключові слова: енергозбереження, індивідуальний тепловий пункт, теплопостачання, система опалення

Представлены экспериментальные исследования работы индивидуального теплового пункта оригинальной конструкции. Приведены графические зависимости основных параметров теплоносителя, рассмотрены особенности теплоснабжения здания на основе двух режимов эксплуатации индивидуального теплового пункта, для которых рассчитана величина экономии тепловой энергии. Также была определена эффективность внедрения индивидуального теплового пункта

Ключевые слова: энергосбережение, индивидуальный тепловой пункт, теплоснабжение, система отопления

УДК 628.81
DOI: 10.15587/1729-4061.2015.37917

УПРАВЛІННЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯМ БУДІВЛІ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОГО ТЕПЛОВОГО ПУНКТУ ОРИГІНАЛЬНОЇ КОНСТРУКЦІЇ

О. М. Лисенко
Молодший науковий співробітник*
E-mail: Lisenko_oks@ukr.net
Л. М. Кужель
Молодший науковий співробітник*
E-mail: kuzhel_liliya@ukr.net
І. К. Божко
Молодший науковий співробітник*
E-mail: bozhkoik@gmail.com
*Відділ теплофізичних основ енергоощадних технологій
Інститут технічної теплофізики
Національної академії наук України
вул. Желябова, 2а, м. Київ, Україна, 03680

1. Вступ

Сьогодні, в умовах постійного дефіциту енергетичних ресурсів, підвищення їх вартості та погіршення екологічного стану довкілля, постає завдання реалізації проектів з енергозбереження за рахунок підвищення ефективності використання теплової енергії. Теплозабезпечення житлово-комунального господарства здійснюється в основному за допомогою використання центральних теплових пунктів (ЦТП), від яких по трубопроводах здійснюється подача теплоти до будівель. Відсутність ефективного регулювання споживання теплової енергії в останніх призводить до її значних втрат.

Централізоване теплопостачання, експлуатація малоефективного та зношеного устаткування, незадовільна забезпеченість приладами обліку теплоти, як наслідок, відсутність у населення мотивації до їх економії, призводять до того, що втрати виробленої теплової енергії при надходження до кінцевого розподілу і споживання складають 30–40 %. Близько 40 % ЦТП, які розраховані на обслуговування групи будинків чи мікрорайону, перебувають у застарілому чи аварійному стані, що призводить до постійних перебоїв у гарячому водопостачанні та перевитрат паливно-енергетичних ресурсів [1]. Враховуючи вище сказане, виникає необхідність модернізації ЦТП та впровадження сучасних індивідуальних теплових пунктів (ІТП), розташованих безпосередньо в опалювальній будівлі, для ефективного регулювання теплопостачання.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Індивідуальні теплові пункти мають ряд суттєвих переваг перед центральними: зменшення теплових втрат при транспортуванні теплоносія від джерела теплопостачання; можливість пофасадного регулювання; відпуск теплоти в залежності від температури навколишнього повітря; економія електроенергії за рахунок використання сучасного насосного обладнання з частотним регулюванням електроприводу; здійснення обліку спожитої будівлею теплової енергії і т. д.

Опису принципових схем та режимів роботи ІТП приділяється все більша увага. Так, у роботах [2, 3] розглянуто базові принципи реалізації автоматизованих теплових пунктів, їх необхідність і актуальність, а також питання енергозбереження, що досягається шляхом регулювання теплоспоживання в будівлях за допомогою автоматизації індивідуальних теплових пунктів. Також авторами розглянуті особливості автоматизації ІТП [4], представлені результати розробки блоку управління погодозалежною автоматикою [5] та досліджені енергозберігаючі алгоритми управління процесом опалення будівлі [6].

© О. М. Лисенко, Л. М. Кужель, І. К. Божко, 2015

При розробці нових та вдосконаленні існуючих алгоритмів роботи ІТП широко використовується математичне моделювання систем опалення будівель різного призначення. Також за допомогою моделювання розробляються та відпрацьовуються нові принципові та функціональні схеми систем теплозабезпечення та режими їх роботи. Так, у роботі [7] розглянуто результати математичного моделювання управління процесом опалення будівлі при залежному теплопостачанні на основі автоматизованого індивідуального теплового пункту. У роботі [8] розроблена теплова модель системи теплопостачання будівлі, досліджена можливість реалізації спеціалізованих енергозберігаючих теплових режимів на базі однотрубних систем опалення та розроблені рекомендації для підвищення ефективності функціонування системи опалення при різних методах регулювання теплоспоживання. На основі математичного моделювання процесів опалення розподіленого комплексу будівель при різних схемах теплоспоживання від автономних джерел теплоти досліджено і показано, що спільна робота автоматизованих індивідуальних теплових пунктів і елеваторних вузлів цих будівель призводить в цілому до значного зменшення можливого збереження теплової енергії [9]. Розглядається задача встановлення температурного режиму в приміщеннях і в системі опалення при різних значеннях коефіцієнта змішування теплоносія із подавального і зворотного трубопроводів [10]. Також у роботі [11] розглянуто математичне моделювання процесу керування теплоспоживанням.

Як показав літературний огляд, ретельні експериментальні дослідження ІТП майже не проводяться. Також більшість авторів стверджує, що при переході від ЦТП до ІТП з установкою відповідної автоматики, можна досягнути економії витрат теплової енергії понад 20 %, однак достовірних експериментальних даних, які обґрунтовують це положення, в літературі на сьогоднішній день нами не знайдено. Тому проведення довготривалих експериментальних досліджень теплопостачання будівлі на основі ІТП дозволить визначити фактичну економію теплової енергії в реальних умовах експлуатації з врахуванням кліматичних факторів.

3. Мета та задачі дослідження

Метою даної роботи є експериментальні дослідження особливостей експлуатації ІТП оригінальної конструкції для ефективного регулювання та управління теплозабезпеченням адміністративної будівлі.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

– розробка схеми та впровадження ІТП, облаштованого гідравлічною стрілкою;

– проведення довготривалих експериментальних досліджень ІТП у реальному часі із вимірюванням основних параметрів теплопостачання: температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах, температури повітря в контрольному приміщені та навколишнього середовища, витрати теплоносія та теплоти в подавальному та зворотному трубопроводах, а також тиску теплоносія в трубопроводах;

– дослідження температурного стану приміщення при різних режимах роботи ІТП, визначення їх головних переваг і недоліків та вибір найбільш оптимального;

– визначення ефективності впровадження ІТП.

4. Об'єкт дослідження та методика проведення експерименту

4. 1. Об'єкт дослідження та експериментальна установка для проведення досліджень

В якості об'єкту для проведення експериментальних досліджень обрано адміністративний корпус № 1 Інституту технічної теплофізики НАН України, який розташований у м. Києві по вул. Булаховського, 2. Це трьохповерхова будівля адміністративного призначення загальною площею 3240 м^2, що має систему теплопостачання з елеваторним вузлом, який не забезпечує належного регулювання подачі теплоти в залежності від температури зовнішнього середовища, що призводить до її перевитрати.

До існуючої системи теплопостачання з елеваторним вузлом було змонтовано та паралельно під'єднано ІТП, оригінальна конструкція якого була розроблена в ІТТФ НАН України і полягала у використанні в схемі ІТП гідравлічної стрілки, що складається з труби і двох пар приєднувальних патрубків, автоматичного клапану для видалення повітря та зливного кульового крану [12]. ІТП працює наступним чином (рис. 1). Гарячий теплоносій з тепломережі надходить через подавальний трубопровід, кульовий кран 1, фільтр 3, регулятор перепаду тиску 4, шайбу 5, трьохходовий клапан 6, циркуляційний насос 9 в систему опалення, забезпечуючи необхідну температуру в будівлі. Ця температура встановлюється регулювальним клапаном 6 шляхом збільшення чи зменшення витрати води з тепломережі, в залежності від показів датчиків температури зовнішнього повітря 16. Охолоджена вода з системи опалення повертається в тепломережу через зворотній трубопровід.

В індивідуальному тепловому пункті за допомогою переключення ручної запірної арматури реалізується шість основних варіантів його роботи:

1-й – температурний режим регулюється за допомогою двохходового клапану. Насос ввімкнено в подавальній магістралі опалювального контуру, який здійснює подачу теплоносія з гідравлічної стрілки з підмішуванням його із зворотного трубопроводу;

2-й – трьохходовий клапан виконує функцію підмішування в залежності від погодних умов. Насос розташований в подавальному трубопроводі;

3-й – насос розташований в зворотному трубопроводі і здійснює змішування подавального і зворотного теплоносія за допомогою гідравлічної стрілки;

4-й – клапан працює як трьохходовий. Насос здійснює функцію підмішування, знаходячись в зворотному трубопроводі;

5-й – регулювання подачі води з тепломережі здійснюється двохходовим клапаном. Насос стоїть в перемичці і здійснює підмішування теплоносія із зворотного трубопроводу в подавальний;

6-й – трьохходовий клапан працює як двохходовий і здійснює подачу зворотної води в залежності від температурного графіку, підмішування зворотної води відбувається через перетинку, за допомогою насосу, що знаходиться в подавальному трубопроводі.

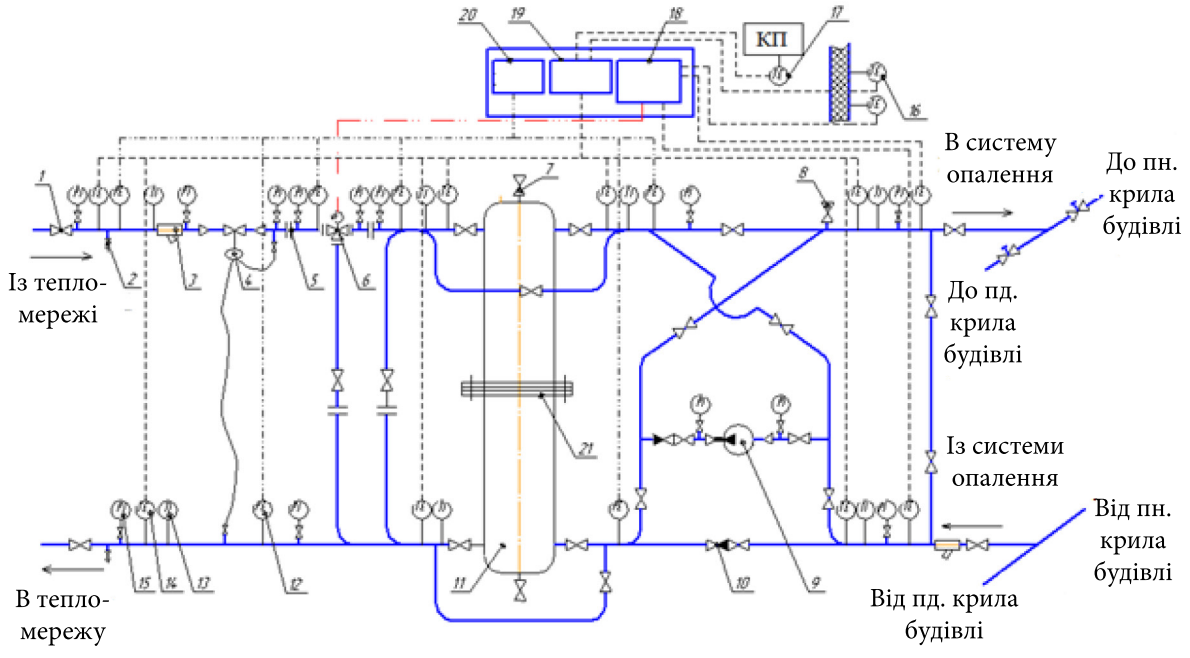

Рис. 1. Принципова схема ІТП з ГС: 1 — кульовий кран; 2 — спускний кран; 3 — фільтр осадовий; 4 — регулятор перепаду тиску; 5 — шайба; 6 — трьохходовий клапан; 7 — клапан видалення повітря; 8 — запобіжно-скидний клапан; 9 — циркуляційний насос; 10 — зворотній клапан; 11 — гідравлічна стрілка; 12 — датчик тиску; 13 — термометр; 14 — датчик температури; 15 — манометр; 16 — датчик температури зовнішнього повітря; 17 — датчик температури в кімнаті; 18 — регулятор; 19 — контроль температури; 20 — контроль тиску; 21 — міжфланцевий зворотній клапан

4. 2. Методика проведення експерименту для дослідження особливостей експлуатації ІТП оригінальної конструкції для ефективного регулювання та управління теплозабезпеченням будівлі

Перед початком проведення експерименту обирався один з режимів експлуатації ІТП. Далі шляхом переключення ручної арматури здійснювався перехід з системи теплопостачання з елеваторним вузлом на систему з ІТП. За допомогою впровадженого вимірювального комплексу визначалися і фіксувалися в автоматичному режимі в реальному часі з інтервалом в одну годину всі основні параметри теплопостачання: температура теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах, температура повітря в контрольній кімнаті та навколишнього середовища, витрати теплоносія та теплової енергії в подавальному та зворотному трубопроводах, а також тиск у трубопроводах. Регулювання температур теплоносія в ІТП здійснювалось автоматично за допомогою регулятора, в пам'яті якого записаний заданий алгоритм. Регулювання проводилось за температурою зовнішнього повітря та за добово-тижневим графіком, при якому відбувалось автоматичне переключення з денного на нічний графік регулювання і навпаки. Для нічного графіку задавалась температура зміщення зовнішнього повітря, тобто штучно збільшувалась температура для зменшення тепловитрат в часи відсутності людини (в нічні, вихідні та святкові дні). В регуляторі температури індивідуально для кожного дня тижня встановлювались моменти часу (в годинах і хвилинах) автоматичного переключення з денного графіка регулювання на нічний графік і навпаки.

Заданий в експерименті алгоритм регулювання параметрів теплоносія в ІТП: за температурою зовнішнього повітря та за добово-тижневим графіком регулювання, при якому в будні дні з 5:00 год. до 16:00 год. (в понеділок з 3:00 год.) – за денним графіком, а з 16:00 год. до 5:00 год. (в п'ятницю з 15:00 год.), а також у вихідні дні – за нічним графіком регулювання. Для нічного графіку регулювання задавалась температура зміщення зовнішнього повітря $t_{зм}$.=9 °С, тобто штучно в регуляторі задавалась така температура зовнішнього повітря, яка була на 9 °С більшою, ніж реальна.

Вимірювання кількості спожитої теплової енергії проводилось за допомогою ультразвукового теплолічильника УВР-Т. Теплолічильник забезпечує: вимірювання та індикацію на дисплеї поточних значень температури в подавальному та зворотному трубопроводах; визначення та індикацію поточних значень кількості теплоносія та теплової енергії; архівування у енергетично незалежній пам'яті результатів вимірювання та розрахунків та передачу їх через послідовний інтерфейс RS-232 на комп'ютер для подальшого опрацювання.

Після відпрацювання обраного режиму здійснювався збір і систематизація експериментальних даних для подальшого їх опрацювання та аналізу.

5. Результати експериментальних досліджень теплозабезпечення будівлі на основі використання ІТП

Для корпусу № 1 були проведені детальні експериментальні дослідження його теплозабезпечення та основних характеристик теплоносія. На основі отриманих експериментальних даних побудовані графічні залежності параметрів теплопостачання. В [13] представлені основні характеристики теплопостачання

в залежності від температури зовнішнього повітря $t_{зовн.}$ за опалювальний період 2012–2013 рр.

Розглянемо більш детально два режими роботи ІТП з якісним і кількісним регулюванням. Якісне регулювання: температурний режим регулюється за допомогою двохходового клапану, насос розташований в зворотному трубопроводі і здійснює змішування подавального і зворотного теплоносія за допомогою гідравлічної стрілки. Даний період характеризується наступними значеннями. Як видно з рис. 2, температура зовнішнього повітря $t_{зовн.}$ коливається від -21,9 °С до -6,3 °С. Максимальна температура теплоносія, який поступає з зовнішньої тепломережі становить 89,5 °С, а температура теплоносія після змішування, який надходить в систему опалення, згідно графіка регулювання становить 84,5 °С. При цьому температура теплоносія в зворотному трубопроводі дорівнює $t_{звор.}$=54,2 °С. Максимальна витрата теплоносія до ІТП дорівнює G=4,3 т/год., а після змішування в ІТП витрата становить G=6,1 т/год. і залишається майже незмінною протягом всього режиму роботи ІТП, тобто спостерігається якісне регулювання (рис. 3). Витрати теплової енергії до ІТП і після змішування в ІТП становлять E=0,17 Гкал/год. і E=0,16 Гкал/год. відповідно. Слід відмітити, що різниця у витратах теплової енергії з'являється в результаті того, що її значення розраховуються двома тепловими лічильниками, один з яких знаходиться в рамці управління системою опалення корпусу № 2, що з'єднується з корпусом № 1 за допомогою коридорного перешийку, в якому і відбуваються втрати теплової енергії. Зазначені вище параметри характеризують найбільш холодний день (30 січня 2014 р., 6:00 год.) обраного режиму роботи ІТП. Дата на графіках в червоній рамці по осі абсцис відповідає вихідним дням. У ці дні спостерігається зниження витрат теплової енергії, в результаті запрограмованого алгоритму управління ІТП. Відповідно, це призводить до зниження температури в приміщенні на третьому поверсі від 18,7 °С до 17,1 °С (рис. 2), що цілком прийнятно, оскільки в цей час відсутні люди на робочих місцях. Різниця температур в приміщені на другому і третьому поверхах полягає в тому, що на другому поверсі була проведена заміна звичайних вікон на сучасні металопластикові вікна. Як результат, в такому приміщенні температура повітря не опускається нижче 19,9 °С в неробочі дні (рис. 2). Різкі стрибки на рис. 2, 3 відповідають переходам з денного графіка регулювання на нічний і навпаки.

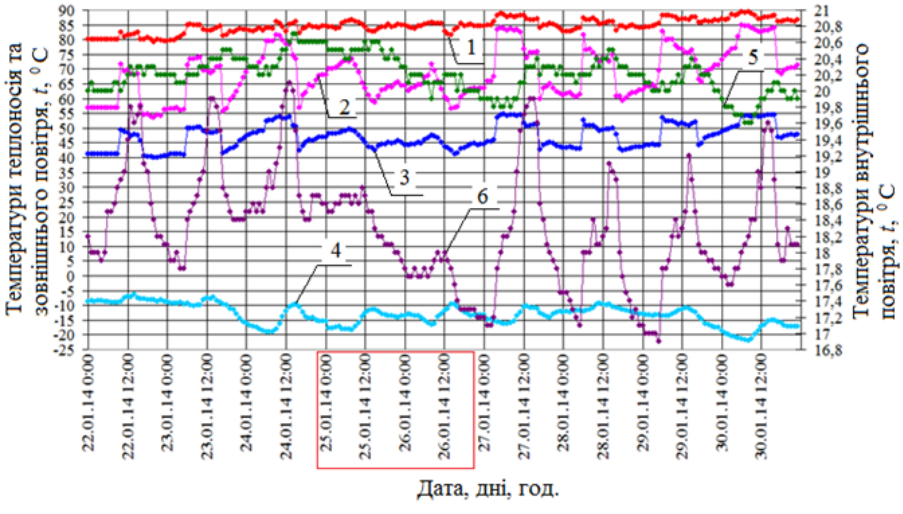

Рис. 2. Зміна температур t теплоносія та повітря від часу при роботі ІТП: 1 — температура подачі із зовнішньої тепломережі; 2 — температура теплоносія після змішування, який поступає в систему опалення; 3 — температура зворотного теплоносія; 4 — температура зовнішнього повітря; 5 — температура в приміщенні на 2-му поверсі; 6 — температура в приміщенні на 3-му поверсі

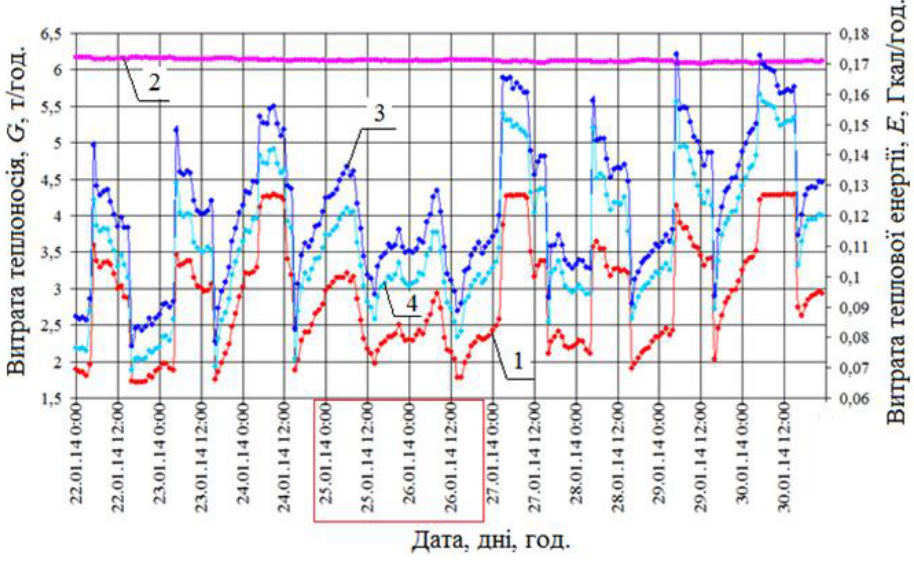

Рис. 3. Зміна витрат теплоносія G та теплової енергії E від часу при роботі ІТП: 1, 2 — витрати теплоносія до ІТП і після змішування в ІТП відповідно; 3, 4 — витрати теплової енергії до ІТП і після змішування в ІТП відповідно

Тепер розглянемо режим роботи ІТП з кількісним регулюванням, а саме при якому регулювання подачі теплоносія з тепломережі здійснюється за допомогою двохходового клапану. Насос стоїть в перемичці і здійснює підмішування теплоносія із зворотного трубопроводу в подавальний. Цей режим характеризується наступними значеннями (рис. 4, 5). Як видно з рис. 4, температура зовнішнього повітря $t_{зовн.}$ коливається від -16,5 °С до +3,3 °С.

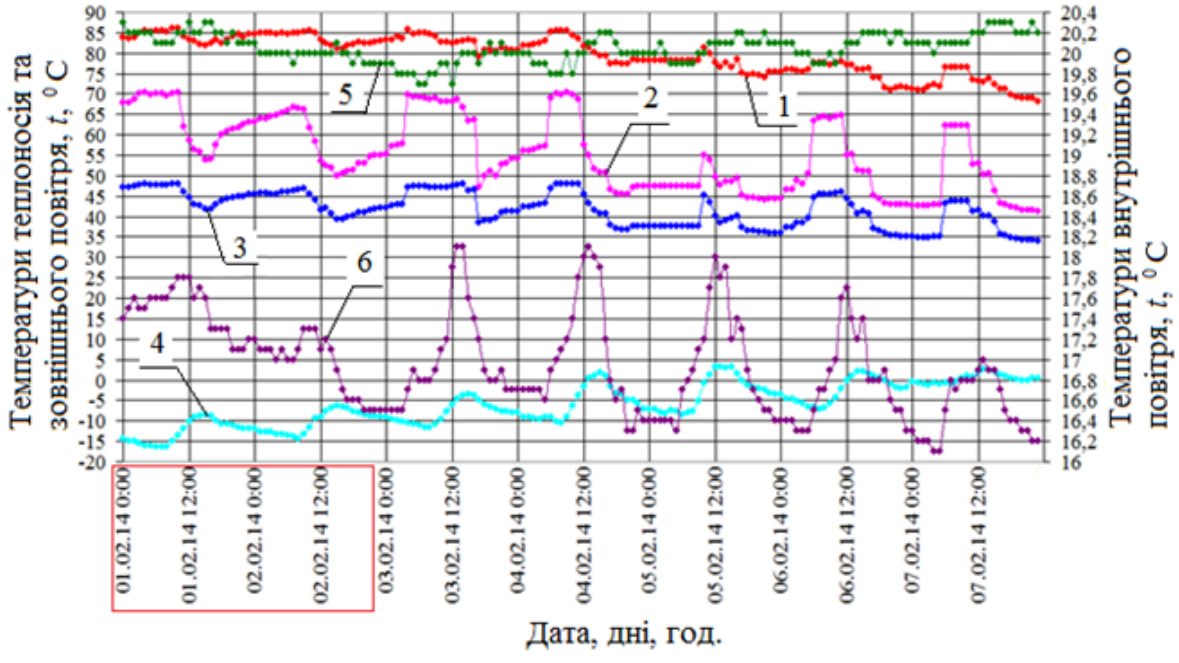

Рис. 4. Зміна температур t теплоносія та повітря від часу при роботі ІТП:
1 — температура подачі із зовнішньої тепломережі; 2 — температура теплоносія після змішування, який поступає в систему опалення; 3 — температура зворотного теплоносія; 4 — температура зовнішнього повітря; 5 — температура в приміщенні на 2-му поверсі; 6 — температура в приміщенні на 3-му поверсі

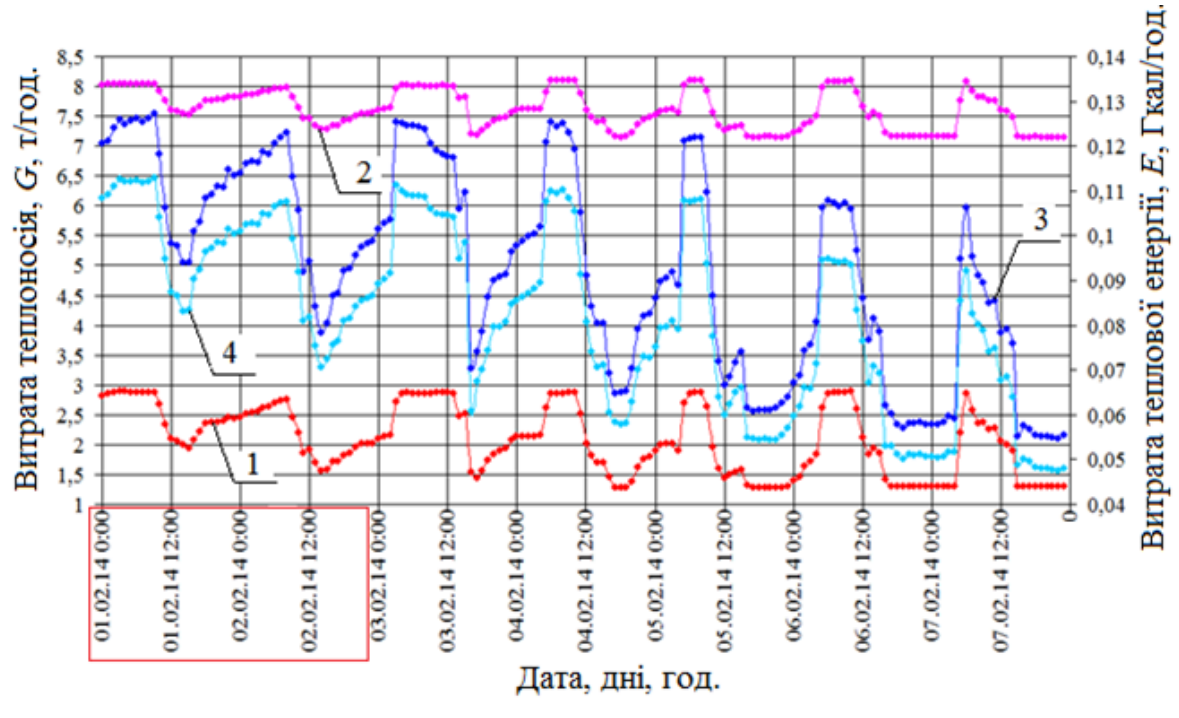

Рис. 5. Зміна витрат теплоносія G та теплової енергії E від часу при роботі ІТП:
1, 2 — витрати теплоносія до ІТП і після змішування в ІТП відповідно; 3, 4 — витрати теплової енергії до ІТП і після змішування в ІТП відповідно

Максимальна температура теплоносія, який поступає з зовнішньої тепломережі становить 86,1 °С, а температура теплоносія після змішування, який надходить в систему опалення, згідно графіка регулювання становить 70,1 °С. При цьому температура теплоносія в зворотному трубопроводі дорівнює $t_{звор.}$=47,8 °С. Максимальна витрата теплоносія до ІТП дорівнює G=2,9 т/год. Основною відмінністю даного режиму від попереднього є коливання витрати теплоносія після змішування в ІТП і змінюється в межах G=(7,15...8,1) т/год., тобто спостерігається кількісне регулювання (рис. 5).

6. Обговорення результатів експериментальних досліджень

Як видно з експериментальних досліджень, використання ІТП забезпечує ефективне регулювання теплопостачаннямвзалежності від температури зовнішнього повітря, що чітко можна спостерігати з представлених графіків (рис. 2–5). Для обраних режимів роботи ІТП за допомогою методики, представленої в [14], було визначено зниження теплоспоживання, тобто ефект енергозбереження. Також було розраховано величину економії енергії за рахунок запрограмованого зниження температури повітря в приміщеннях у неробочі дні та нічні години [15]. Всі розрахунки представлено в таблиці 1. З таблиці 1 видно, що чим нижча температура зовнішнього повітря, тим менша економія теплової енергії, тому за допомогою ІТП найбільше можна зекономити теплової енергії в перехідні періоди, а саме восени та навесні, тобто на початку та в кінці опалюваного сезону.

Для визначення ефективності впровадження ІТП була побудована залежність витрати теплової енергії від температури зовнішнього повітря для системи теплопостачання з елеваторним вузлом і для системи теплопостачання з ІТП (рис. 6). Для цього були взяті експериментальні значення теплової енергії в робочі дні о 12:00 годині.

Як видно з рис. 6, використання ІТП забезпечує економічний ефект в межах температури зовнішнього повітря (+9...-5) °С, а при більш низьких температурах ІТП відпрацьовує як звичайний тепловий пункт.

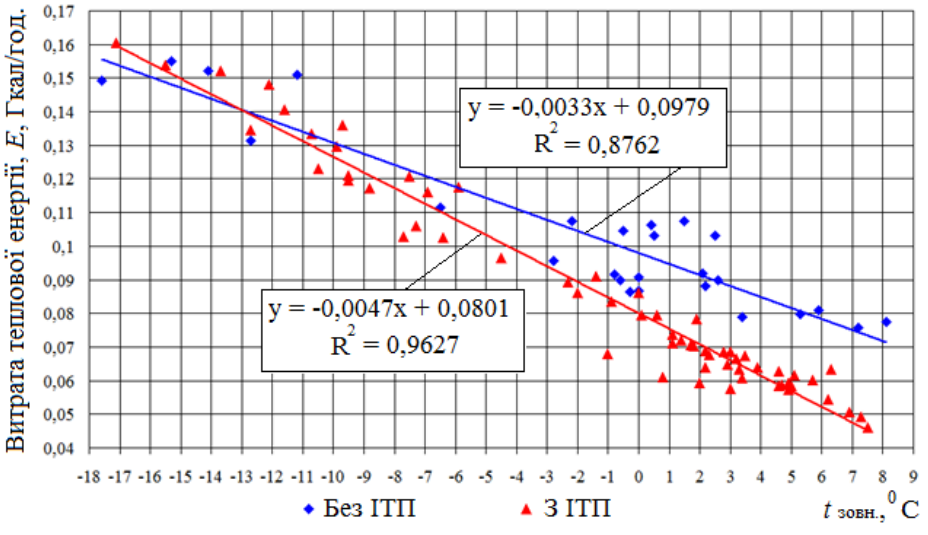

Рис. 6. Залежність витрати теплової енергії E від температури зовнішнього повітря $t_{зовн.}$ в робочі дні (о 12:00 год.)

Таблиця 1

Розрахунки зниження тепловитрат

№ п/п	Режим роботи ІТП	Середня температура зовнішнього повітря, °С	Загальна кількість градусо-годин, °С·год	Зниження теплоспоживання, %	Відносна величина зниження витрати теплової енергії, %
опалювальний сезон 2013–2014 рр.					
1	ІТП з ГС і 2-ход. кл., насос в зворотному тр-ді	-12,33	5095,44	4,4	3,3
2	ІТП з 2-ход. кл., насос перекачує теплоносій з зворотного тр-ду в подавальний	-6	4032	5,5	4,2

7. Висновки

В ІТТФ НАН України була розроблена та впроваджена схема індивідуального теплового пункту, оригінальністю якого є встановлення гідравлічної стрілки, що відрізняється від інших відомих наявністю міжфланцевого зворотного клапану, який забезпечує рух потоку в одному напрямку. Експлуатація ІТП із використанням ГС призводить до надійності та довговічності конструкції. Експериментальні дослідження режимів роботи ІТП з ГС показали, що така схема дозволяє швидко реагувати на зміну температури зовнішнього повітря шляхом підмішування теплоносія із зворотного в подавальний трубопровід, збільшуючи цим ефективність регулювання теплопостачанням будівлі.

Були проведені ретельні довготривалі експериментальні дослідження теплозабезпечення адміністративної будівлі за допомогою ІТП оригінальної конструкції. На основі отриманих експериментальних даних побудовані графічні залежності витрати теплоносія, теплової енергії і температури теплоносія в залежності від температури зовнішнього повітря. Розглянуто два режими роботи ІТП з якісним і кількісним регулюванням, для них розраховано величину економії теплової енергії. Також було визначено ефективність впровадження індивідуального теплового пункту. Встановлено, що чим вище температура навколишнього середовища, тим більше недоцільних витрат теплової енергії при централізованому нерегульованому теплопостачанні, особливо це гостро відчувається на початку і в кінці опалювального періоду. Тому впровадження ІТП є одним із шляхів підвищення енергоефективності при новому будівництві та модернізації існуючих будівель, що дозволяє підвищити якість та ефективність теплопостачання із забезпеченням комфортних умов для споживача. Довготривалі експериментальні дослідження теплозабезпечення адміністративної будівлі на основі індивідуального теплового пункту показали можливість економії теплової енергії до 15 %.

Література

1. Долінський, А. А. Комунальна теплоенергетика України: стан, проблеми, шляхи модернізації. Колективна монографія в 2-ох томах [Текст] / А. А. Долінський, Б. І. Басок, Є. Т. Базєєв, І. А. Пироженко. – Киев, 2007. – 827 с.
2. Лыков, А. Н. Автоматизация индивидуального теплового пункта корпуса электротехнического факультета [Текст] / А. Н. Лыков, А. М. Костыгов, С. А. Пырков // Энергетика. Инновационные направления в энергетике. CALS-технологии в энергетике. – 2012. – № 1. – С. 98–108.
3. Королева, Т. И. Опыт регулирования теплопотребления путем модернизации индивидуального теплового пункта [Текст] / Т. И. Королева, В. В. Салмин, Е. Г. Ежов, Н. Ю. Иващенко // Региональная архитектура и строительство. – 2013. – № 2. – С. 109–114.
4. Потапенко, А. Н. Возможности повышения эффективности процесса отопления зданий в автоматизированных ИТП [Текст] / А. Н. Потапенко, Е. А. Потапенко // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. – 2005. – № 5-6. – С. 79–88.
5. Нестеров, С. В. Стенд для моделирования погодозависимого управления тепловым пунктом [Текст] / С. В. Нестеров, С. В. Петров, О. В. Толстель., А. О. Чурилов // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. – 2014. – № 10. – С. 87–90.
6. Потапенко, Е. А. Исследование алгоритмов управления процессом отопления здания с зависимым теплоснабжением [Текст] / Е. А. Потапенко, А. С. Солдатенков, А. О. Яковлев // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2011. – Т. 2. № 120. – С. 74–78.
7. Солдатенков, А. С. Разработка и исследование математической модели управления автоматизированным индивидуальным тепловым пунктом [Текст] / А. С. Солдатенков, А. Н. Потапенко, С. Н. Глаголев // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2012. – Т. 1. № 140. – С. 41–48.
8. Стрижак, П. А. Энергоэффективность системы теплоснабжения зданий при различных методах регулирования теплопотребления [Текст] / П. А. Стрижак., М. Н. Морозов // Научно-технические ведомости СПбГПУ. – 2014. –№ 3 (202). – С. 88–96.
9. Потапенко, А. Н. Математическое моделирование процессов отопления распределенного комплекса зданий при различных схемах теплопотребления [Текст] / А. Н. Потапенко, А. С. Солдатенков, Е. А. Потапенко // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2011. – Т. 13. № 4-4. – С. 998–1002.
10. Сабденов, К. О. Тепловой режим в здании при наличии смешения теплоносителя подающего и обратного трубопроводов [Текст] / К. О. Сабденов, Б. А. Унаспеков, М. Ерзада, Б. А. Игембаев // Инженерно-физический журнал. – 2014. – Т. 87. № 1. – С. 71–78.
11. Бабак, В. П. Автоматизований пункт керування теплоспоживанням [Текст] / В. П. Бабак, Б. Д. Білека, А. О. Назаренко // Пром. теплотехника. – 2013. – Т. 35, № 1. – С. 57–64.
12. Індивідуальний тепловий пункт [Текст]: пат. 70590 Україна: МПК F 24 D 15/00, F 24 D 3/02 / Долінський А. А., Басок Б. І., Лисенко О. М. та ін.,; заявник і патентовласник ІТТФ НАНУ. – №a2011 09780; заявл. 08.08.11; опубл. 25.06.12, Бюл. № 12. – 4 с.
13. Басок, Б. І. Експериментальні дослідження теплозабезпечення адміністративної будівлі за опалювальний період 2012–2013 рр. [Текст] / Б. І. Басок, Б. В. Давиденко, О. М. Лисенко // Будівельні конструкції. Міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2014. – Вип. 80. – С. 109–112.
14. Пырков, В. В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. [Текст] / В. В. Пырков. – К.: ІІ ДП "Такі справи", 2007. – 252 с.
15. Теплоснабжение и вентиляция [Текст] / под. ред. Б. М. Хрусталева. – М.: Изд-во АСВ, 2008. – 784 с.