

Винахід відноситься до способів автоматизованого контролю температурних процесів в об'єктах теплопостачання з використанням персональних комп'ютерів і способів контролю систем опалення промислових, цивільних і житлових будинків, зокрема, до методів тестування працездатності систем водяного опалення будинків, підключених до індивідуальних, центральних чи централізованих джерел тепла.

З метою зниження матеріальних і енергетичних ресурсів ще наприкінці 80-х років, крім централізації джерел теплопостачання, розглядалися, зокрема, такі магістральні напрямки науково-технічного прогресу в опалювальній техніці, як зниження матеріалоемності опалювального устаткування за рахунок застосування високоякісних матеріалів, зниження енергоємності систем опалення за рахунок підвищення теплотехнічних показників огорожувачих конструкцій будинків, автоматизації процесів регулювання систем опалення, використання автономних малогабаритних теплогенераторів та ін. (А.Я.Ткачук. Проектирование систем водяного отопления. Київ, Вища школа, 1989).

Огорожувачі конструкції житлових і суспільних будинків проектує у залежності від фізичних властивостей обраних матеріалів, архітектурно-конструктивних рішень, температурно-вологісного режиму повітря в будинку і кліматичних характеристик району будівництва відповідно до норм опору теплопередачі, паропровідності. Огорожувачі конструкції розраховують відповідно до вимог санітарних норм і правил (СНіП) по розділах «Будівельна теплотехніка» і «Будівельна кліматологія і геофізика». При розрахунку з метою вибору огорожувачих конструкцій по їхнім теплоізолюючим властивостям варто мати на увазі, що огорожувачі конструкції здатні у більшому чи меншому ступені компенсувати короточасні коливання температури зовнішнього повітря. З урахуванням цього розрахунок зимову температуру зовнішнього повітря приймають у залежності від безрозмірної величини  $D$  теплової інерції огороження: при  $D \leq 1,5$  - практично безінерційна огорожувача конструкція; при  $1,5 < D < 4$  - мала інерційність, при  $4 < D < 7$  - середня і при  $D > 7$  - велика.

Розрахунки системи водяного опалення будинків, що дотепер застосовуються, також носять наближений характер, а для виявлення практичних даних необхідні масштабні контрольні температурні і теплотехнічні виміри по кожній конкретній системі опалення і її системі регулювання в умовах експлуатації. Це обумовлено тим, що методи оцінки теплової ефективності будинків засновані переважно на емпіричних залежностях. Зокрема, застосовується такий розрахунковий параметр, як питома витрата тепла на опалення 1м житлової площі при заданих розрахункових температурах зовнішнього повітря. Він є узагальненим показником теплової ефективності будинків у залежності від поверховості і температури зовнішнього повітря для визначених географічних широт, наприклад, від  $-5^{\circ}\text{C}$  до  $-40^{\circ}\text{C}$ .

Укрупненими показниками тепловтрат керуються при визначенні теплового навантаження на системи теплопостачання, а також при теплотехнічній оцінці будинків шляхом порівняння практичних тепловтрат з нормативними (Див., напр., А.Я. Ткачук. Проектирование систем водяного отопления. Київ, Вища школа, 1989).

У дотриманні заданих санітарно-гігієнічних умов середовища приміщень поряд із системами опалення значну роль грають зовнішні огороження будинків і сонцезахисні пристрої, оскільки вони послаблюють вплив мінливої погоди на середовище приміщень. Для жарких районів із середньомісячною температурою  $+21^{\circ}\text{C}$  і вище розраховується також тепла стійкість огорожень до сонячної радіації. Для житлових будинків, лікарень і т.п. огорожувачі конструкції з тепловою інерцією зовнішніх стін менш 4 і покриті менш 5 повинні мати таку теплостійкість, при якій амплітуда коливання їхньої внутрішньої поверхні не перевищує допустимого. Отже, з урахуванням великої кількості емпіричних даних будинки проектує відповідно до вимог СНіП з таким розрахунком, щоб забезпечувалася мінімізація приведених витрат, що враховують як витрати на будівництво, так і витрати на опалення приміщень у зимовий період (Г.В.Русланов, М.Я.Розкин, Э.Л.Ямпольский. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий. Проектирование. Справочник. Київ, Будівельник, 1983, 3-37).

При обстеженні стану теплових мереж і огорожувачих конструкцій будинків провадяться як дистанційні тепловізійні, так і контактні теплотехнічні виміри (див. напр., В.В.Исаев, Н.Н.Шаповалов Системы теплоснабжения - оперативный контроль. - Жилищно-коммунальное хозяйство, 1998, №4. С.29-31; Ю.І.Чайка. Удосконалення методики розрахунку нестационарного тепловологісного стану огорожувачих конструкцій будівель. Автореферат кандидатської дисертації. Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури. Харків, 1997). Однак, для здійснення масштабного теплового моніторингу теплових мереж і будинків ще не вистачає досить дешевого приладового забезпечення, до того ж методики проведення таких обстежень детально не розроблені.

Сучасні автоматизовані системи контролю і керування технологічними процесами (АСКТП) для потреб теплопостачання по задачах, що виконуються, можна розділити на три групи: системи, що здійснюють облік і контроль (вимірювальні системи); системи, що здійснюють автоматичне керування; комбіновані системи, що виконують обидві ці функції.

Для проведення постійного чи хоча б контрольного моніторингу будинків і споруджень у першу чергу потрібні дешеві і надійні первинні перетворювачі (датчики). Накопичуючі й обробляючі системи - в особі персональних комп'ютерів - уже є і вони довели свою надійність.

Слабкою стороною систем збору й обробки даних дотепер є датчики і канали зв'язку. Істотно, щоб датчик мав можливість перетворити виміряну аналогову величину в цифровий код і по каналах зв'язку передати цей код накопичуючому й обробляючому пристрою, тобто вимірювальний перетворювач повинен бути телеметричним.

Нещодавно авторами була запропонована однопровідна технологія і система розподіленого температурного моніторингу на основі комп'ютерної системи збору й обробки інформації з використанням набору спеціальних датчиків американської фірми Dallas Semiconductor, коли здійснюється контроль температури в багатьох точках протяжного об'єкта або великої кількості об'єктів, розташованих на відстані один від одного (А.С.Карначев, В.А.Белошенко, В.И.Титиевский. Микрокальные сети. Изд. Норд Компьютер, Донецк, 2000г.).

У главі 6 (стор. 147-164) зазначеної книги наведеш приклади використання провідної технології для

температурного моніторингу об'єктів комунального господарства, що дозволить полегшити задачу оперативного контролю зміни температури в нестационарному режимі. Однак, саме наявність проводу для зв'язку з датчиком накладає відомі обмеження для застосування запропонованої технології, наприклад, для здійснення одночасного контролю систем опалення в ряді районів великого міста перед початком опалювального сезону.

Загальними ознаками винаходу, що заявляється, на спосіб моніторингу об'єктів теплопостачання і прототипу є

- установка телеметричних температурних датчиків в обраних точках досліджуваного об'єкта;
- вимір зміни температур протягом представницького періоду часу;
- обробка й об'єктивізація записаної інформації за допомогою комп'ютера.

З метою одержання економії тепла й енергії важливою задачею є удосконалення способів контролю систем опалення будинків.

У залежності від індивідуального, центрального чи централізованого способу подачі гарячої води для опалення відомі численні способи регулювання температури повітря в будинках або способи регулювання систем опалення, у яких в ролі породжуючого теплового процесу для подачі регулюючого впливу, як правило, використовують температуру зовнішнього повітря, а як похідний процес вимірюють одну чи кілька температур, наприклад, температуру труби, що подає гарячу воду, температуру радіаторів опалення в приміщеннях, температуру зворотної труби, температуру повітря у приміщеннях і т.п. В силу вибору одного чи навіть декількох із зазначених вище температурних параметрів в ролі керуючого регулюючого впливу настройка системи регулювання не є гнучкою, тому можливий як «перетоп», так і «недотоп» будинку. Усе більше поширення одержують автономні опалювальні системи і так називані дахові котельні з котлами на газових модулях з тепловою потужністю від 0,1 до 4,5МВт, що мають високий рівень автоматизації. При їхньому використанні витрата тепла на теплопостачання будинків на 10 - 20% нижче в порівнянні з централізованими системами, що насамперед обумовлено підвищенням ККД котлів і зниженням втрат на транспортування теплової енергії. Система регулювання подачі газу працює по сигналах від датчика температури зовнішнього повітря (Див. С.Н.Булгаков и др. Централизованные или децентрализованные системы теплоснабжения: проблема выбора. Промышленное и гражданское строительство, 1998, №3, с.20-21).

Необхідно відзначити, що обов'язковим етапом у роботі систем опалення перед початком опалювального сезону є настройка системи регулювання температури гарячої води, а також регулювання гідравлічної мережі для обраних граничних режимів роботи, перевірка якості ремонту, контроль відсутності в мережі повітряних ділянок і т.п.

Вивчення по цій проблемі винаходів по авт. св. СРСР за період з 70-х років свідчить, що визначальною тенденцією для оптимального регулювання систем опалення є їхнє ускладнення і підбір відповідних комплексних інтегральних критеріїв. Так, наприклад, відомий спосіб регулювання відпустки тепла шляхом зміни температури води в залежності тільки від температури зовнішнього повітря, описаний у книзі: Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М., Энергия, 1975. Відомий спосіб центрального регулювання відпустки тепла від джерела теплопостачання шляхом східчастої зміни витрати мережної води і її температури в подавальній і зворотній теплоцентралях у залежності від температури зовнішнього повітря (ас. СРСР №1105736, F24D 3/00, бюл. №28,1984).

По а.с. СРСР №503093, F24D 3/00, 1976 відомий спосіб регулювання опалювальної системи, заснований на підтримці заданої температури в опалюваному приміщенні. Основним фактором комфортності приміщень є саме температура приміщення. Це комплексний параметр, при якому спостерігається стан комфорту для людини. Цей параметр обумовлює як температуру повітря усередині приміщення, так і температуру всіх поверхонь, звернених усередину приміщення, і значною мірою залежить від відносної вологості повітря, а також від його швидкості. Недоліком є те, що зазначений спосіб не може бути ефективно використаний для багатопверхових будинків масового будівництва. По а.с. СРСР №546760, F24D 3/00, 1973 відомий також спосіб регулювання системи опалення на основі виміру температури зовнішнього повітря і температури зворотної води, що не показав високої ефективності. Як його удосконалення по а.с. СРСР №657221, F24D 3/00, 1976 було запропоновано обчислювати регулюючий параметр у вигляді напівсуми температур зовнішнього повітря і зворотної води з наступною стабілізацією обчисленої напівсуми температур зміною витрати або температури гарячої води.

По а.с. СРСР №1241029, F24D 3/00, 3/02, 1986 запропонований спосіб регулювання роботи системи водяного опалення шляхом прокачування теплоносія циркуляційним насосом з відключенням його на періодичні повторювані проміжки часу, тривалість яких визначається співвідношенням фактичної температури опалюваного приміщення і заданої температури. У цьому випадку для скорочення часу роботи насоса використовується теплоакumuлююча здатність огорожуючих елементів і конструкцій будинку.

Як приклад тенденції розвитку ускладнених систем регулювання варто привести а.с. СРСР №974044, F24D 3/00, 1980, відповідно до якого для плавного автоматичного регулювання опалювального навантаження при централізованому теплопостачанні будинку з подаючим і зворотнім трубопроводом введений удосконалений блок контролю у вигляді моделі будинку, що одержує тепло в кількості, пропорційній витраті тепла на опалення будинку доти, поки усередині моделі і відповідно усередині опалюваного будинку не установиться задана внутрішня температура. Це в деякій мірі дозволяє зменшити витрату тепла за рахунок зменшення «перетопів», що мають місце в сучасних системах теплопостачання. Однак, спосіб не позбавлений цілого ряду недоліків, у першу чергу з-за недосконалості моделі конструкції будинку.

З приведеного аналізу рівня техніки випливає, що система опалення будинку, яка керується системою регулювання в залежності від зміни температури зовнішнього повітря, на практиці є складною для оптимального регулювання системою, оскільки значну роль грає теплова складова огороження і цілий ряд інших перемінних факторів. Тому продовжує залишатися актуальною задача вибору комплексних критеріїв для оцінки відрегульованості реальної системи опалення.

Як найбільш близький аналог-прототип прийнятий один з методів розрахунку теплопередачі в

нестационарному режимі - аналітичний метод розрахунку шляхом розкладення на синусоїдальні режими (А.М. Педько. Метод теплотехнической оценки помещений и конструкций. Киев, изд. при Киевском госуниверситете, изд. Объед. Вища школа, 1980, с. 3 - 37).

Відома теорія синусоїдальних коливань, запропонована французьким ученим Фур'є і названа як ряди Фур'є, що знайшла широке застосування в електротехніці (перемінний струм, високі частоти, радіотелеграфія і т.п.), в аналізі мовних сигналів, у теплових задачах. Криві періодичного теплового впливу, як і всяка крива, можуть бути за способом Фур'є представлені у вигляді суми ряду гармонійних кривих, тобто кривих, що змінюються по законі синуса або косинуса, які коливаються з різними періодами біля горизонтальної кривої, що відповідає середній температурі за даний відрізок часу. Фур'є аналіз у будівельній теплотехніці застосовується для розрахунку функцій впливу для огорожуваних конструкцій. Спочатку знаходиться функція від часу  $g(z)$  при нагріванні огороження на  $1^{\circ}\text{C}$  усередині приміщення, а потім функція  $e(z)$  у випадку нагрівання огороження на  $1^{\circ}\text{C}$  зовні. При стаціонарному режимі після закінчення необхідного часу значення функцій  $g(z)$  і  $e(z)$  збігаються і стають рівними коефіцієнту теплопередачі.

Цей приклад показує, що внутрішні і зовнішні температури можна привести до форми, що розгортається в ряд Фур'є, а кожен член ряду, що відповідає синусоїдальному режиму, трактувати окремо. Для кожної гармоніки одержують криві зміни температури і теплового потоку у всіх точках, зокрема, температури повітря і поверхонь, оскільки їхні зміни мають однаковий період з вихідною температурою, але ослаблені і зрушені по фазі. У житлових будинках тепловий режим звичайно саме періодичний: добова зміна зовнішніх температур і сонячного опромінення, добові коливання в подачі тепла в приміщеннях і т.п.

У прототипі вказується, що достатньо використання  $4^{\text{х}}$  гармонік для забезпечення прийнятної точності. Період у 8-12 діб також є представницьким, на протязі якого крива теплопередачі багаторазово повторюється. Тривалість зазначеного представницького відрізка часу вибирається в залежності від теплоємності огороження.

До недоліків цього методу можна віднести прийняті допущення у вихідних гіпотезах: припускають, що повітрообмін постійний, тобто не залежить від відкривання вікон і т.п.; коефіцієнти теплообміну біля поверхонь постійні, у той час, як у горизонтальних огорожень вони залежать від напрямку теплового потоку. Крім того, не виділені комплексні параметри для оцінки відрегульованості системи.

Загальними ознаками прототипу і винаходу, що заявляється, стосовно до задачі тестування системи опалення будинку є наступні:

- вимір протягом представницького періоду часу зміни температури зовнішнього повітря як породжувачого параметра процесу регулювання;

- вимір заданих температур, похідних від зміни температур зовнішнього повітря, необхідних для забезпечення оптимального функціонування системи;

- оцінка її відрегульованості.

В основу винаходу поставлена задача розробки такого удосконаленого способу моніторингу і контролю системи опалювання будівель, у якому за рахунок методології температурних вимірів і обробки результатів вимірів забезпечується підвищення точності й об'єктивізація вимірів з одержанням ряду інтегральних кількісних характеристик ефективності системи, що враховують вплив огорожуваних конструкцій будинку і ін. впливи, і за рахунок цього досягається можливість сертифікації одночасно будь-якої кількості систем опалення і конкретних приміщень у реальних умовах експлуатації.

Поставлена задача вирішується двома винаходами, зв'язаними єдністю розв'язуваної задачі, а саме тим, що в способі моніторингу об'єктів тепlopостачання, що полягає в установці телеметричних температурних датчиків в обраних точках об'єкта, вимірі зміни температур породжувачого і похідних процесів протягом обраного представницького періоду часу, обробці й об'єктивізації записаної інформації за допомогою комп'ютера, відповідно до винаходу, у ролі телеметричних температурних датчиків використовують інтелектуальні термохронні датчики-накопичувачі, програмують їх на синхронний старт, єдиний для всіх датчиків часовий інтервал між сусідніми вимірами і фіксований період тривалості спостережень, що дорівнює представницькому періоду часу з прив'язкою до реального часу, за допомогою комп'ютерної обробки накопичених вимірів, кратних цілому степеню двійки, записують температурно-часові залежності, за допомогою швидкого перетворення Фур'є представляють зазначені температурно-часові залежності як функції частоти, оцінюють відношення спектральних потужностей породжувачого й обраних похідних температурних процесів, вибирають діючу кількість гармонік породжувачого температурного процесу, у яких зосереджена переважна частина потужності температурних коливань, наприклад, 90%, і з урахуванням коефіцієнта кореляції визначають відповідність спектральних складів породжувачого і похідного температурних процесів, про ефективність температурних процесів судять по величині відношення інтегральних потужностей коливань температур у спектрах двох попарно обраних зв'язаних температурних процесів.

Перераховані ознаки складають сутність винаходу, тому що є необхідними в будь-яких варіантах реалізації винаходу і достатніми для досягнення поставленої задачі.

Поставлена задача також вирішується тим, що в способі контролю системи опалювання будівель, що полягає у вимірі протягом представницького періоду часу змін температури зовнішнього повітря як породжувачого параметра процесу регулювання, вимірі заданих температур, похідних від зміни температури зовнішнього повітря, необхідних для забезпечення оптимального функціонування системи й оцінці її відрегульованості, відповідно до винаходу, здійснюють розподілений синхронний моніторинг системи, для чого розміщують інтелектуальні термохронні датчики-накопичувачі для виміру температури зовнішнього повітря і заданих температур у складі температури подавальної труби, температури зворотньої труби, температури радіаторів опалення і повітря в приміщеннях відповідних поверхів, про ефективність системи опалення судять по величині числового параметра, визначеного як відношення інтегральної потужності спектра коливань температури подавальної труби до інтегральної потужності спектра коливань температури зовнішнього повітря, що показує необхідну величину підвищення температури теплоносія на кожен градус зниження температури зовнішнього повітря, про ефективність опалення конкретного

приміщення судять по величині числового параметра, визначеного як відношення інтегральної потужності спектра коливань температури радіаторів опалення в зазначеному приміщенні до інтегральної потужності спектра коливань температури подавальної труби, при цьому в добре відрегульованій системі опалення діюча кількість гармонік у спектрі коливань температури повітря в конкретному приміщенні не повинна перевищувати такої в спектрі коливань температури зовнішнього повітря.

Конкретною відзнакою є те, що про інерційність системи опалення судять за результатами диференціювання температурно-часових залежностей за часом і по отриманих піках перших похідних визначають часове запізнення регулюючого впливу в різних точках системи опалення стосовно моменту його виникнення на подавальній трубі.

Конкретною відзнакою також є те, що для оцінки інерційності і сприйнятливості системи опалення до активних регулюючих впливів температуру подавальної труби стрибком переводять у режим мінімальної потужності, витримують у цьому режимі, наприклад, 12 годин, потім знову стрибком підвищують температуру цієї труби на  $10^{\circ}\text{C}$  з наступною витримкою протягом 12 годин, повторюють серію зазначених стрибків до виходу на температуру подавальної труби при нормальному режимі експлуатації, а про ступінь відрегульованості системи опалення судять по збереженню кореляції спектрів коливань температури радіаторів опалення і спектра коливань температури подавальної труби при зазначеному активному впливі з таким при пасивному впливі при регулюванні в межах  $5^{\circ}\text{C}$ .

Зазначені особливості реалізації не є обов'язковими, а найбільш кращій з погляду заявника.

Причинно-наслідковий зв'язок відмітних ознак і технічного результату, що досягається, полягає в наступному. Експериментальне визначення ефективності роботи опалювальної системи будинку або комплексу будинків, наприклад, в умовах міста на початку опалювального сезону являє складну і трудомістку задачу. Для досягнення прийнятної точності вимірів необхідно це робити протягом порівняно тривалого часу, близького до представницького періоду, що враховує природні коливання температури зовнішнього повітря. Використання електронних термохронних датчиків-накопичувачів, що не вимагають спеціального обслуговування і здатні по заданій програмі вимірювати і запам'ятовувати температуру, дозволяє здійснювати так називаний розподілений синхронний моніторинг систем опалення. Істотною перевагою зазначеної системи температурного моніторингу є те, що моніторинг опалювальної системи проводиться в реальних умовах експлуатації, завдяки чому можна забезпечити об'єктивізацію вимірів шляхом документування температурних режимів будь-якого заданого приміщення з виявленням його особливостей, обумовлених архітектурою, теплотехнічними властивостями огорожуючих конструкцій, умовами експлуатації, а також властивостями безпосередньо самої системи опалення. Обробка отриманих даних показує, що для забезпечення точності вимірів у межах помилки 20% інтервал спостережень природних коливань температури зовнішнього повітря може бути скорочений у 3-4 рази менше тривалості представницького періоду в 14 діб, типового для визначеного часу року й обраного регіону. У залежності від розв'язуваної задачі по експрес-моніторингу тривалість періоду вимірів можна вибирати рівною 3,5-4 доби.

Враховуючи, що інформаційна ємність датчика складає 2048 вимірів, наприклад, за час спостереження 14 діб, можна зафіксувати зміни температури з мінімальним періодом коливань у 20 хвилин, тому що час між сусідніми вимірами в цьому випадку складає 10 хвилин.

Оскільки кожен період спостережень стандартизований по тривалості і кількості рівновіддалених у часі вимірів температури, а кожен вимір прив'язаний до реального часу і усі встановлені датчики стартують по програмі одночасно, то при зазначеній метрологічній системі можливо порівнювати температурні залежності різних об'єктів між собою. Той факт, що кількість вимірів у місії з 2048 вимірів являє собою цілий степінь двійки ( $2^{11}$ ), дозволяє при проведенні спектрального аналізу температурно-часових залежностей застосовувати алгоритм швидкого перетворення Фур'є.

Залежність температури об'єкта від часу можна представити як деяку неперіодичну функцію часу, задану в інтервалі спостереження, а за межами цього інтервалу тожно рівну нулю.

Відомо, що таку функцію можна представити не тільки як функцію часу, але і як функцію частоти (пряме перетворення Фур'є). Наприклад, у результаті моніторингу отримані в часі залежність коливань температури зовнішнього повітря і залежність температури повітря в приміщенні. Провівши перетворення Фур'є, можна одержати спектри зазначених залежностей. При ідеальній тепловій інерції будинку в спектрі температури повітря в приміщенні повинні бути відсутні складові спектра коливань температури зовнішнього повітря. На цьому ґрунтується запропонована у винаході кількісна оцінка параметрів приміщення і будинку. Якщо ж будинок не ідеальний, у його спектрі будуть присутні складові, характерні для спектра коливань температури зовнішнього повітря. При наявності в порівнюваних спектрах породжуючого і похідного температурних процесів однакових частотних гармонік відношення амплітуд цих гармонік у приміщеннях до амплітуди відповідної гармоніки в спектрі зовнішнього повітря може служити параметром для кількісної оцінки теплової інерції.

Для оцінки того, якою мірою спектр коливань похідного температурного процесу зв'язаний чи повторює відповідний спектр температури зовнішнього повітря, використовують коефіцієнт кореляції.

Стосовно до системи опалення, якщо вона добре відрегульована, усі керуючі впливи без перекручувань передаються в опалювальні прилади, і спектр коливань з точністю до масштабу повинний бути однаковий у всіх точках опалювальної системи. Якщо ж у системі опалення мають місце повітряні пробки, несанкціоновані відбори теплоносія, якщо окремі її ділянки виходять з ладу, то спектри різних точок цієї системи будуть відрізнятися не тільки від спектра подавальної труби, але і між собою.

Таким чином, більш повну інформацію про систему опалення дає вивчення індивідуальних частотних компонентів температурно-часових рядів, у тому числі попарне порівняння таких зв'язаних процесів як відношення амплітуд коливання температури повітря усередині приміщень до амплітуд коливання температури зовнішнього повітря; відношення амплітуд коливань температури радіаторів опалення в конкретному приміщенні до амплітуд коливань температури подавальної труби, відношення амплітуд коливань температури подавальної труби до амплітуди коливань температури зовнішнього повітря. Тому для підвищення точності оцінки кількісних параметрів виникає задача визначення спектрів потужності окремих часових рядів, а також зв'язку між спектрами потужності двох часових рядів. Крім зазначеного

відношення амплітуд коливань температури однієї обраної гармоніки, можна оцінити кількість гармонік, у яких зосереджений обраний відсоток потужності температурних коливань, наприклад 90%, які можна назвати діючими гармоніками.

Таким чином, використання методів спектрального і статистичного (кореляційного) аналізу дозволяє одержувати пряму експериментальну інформацію про температурні режими об'єктів у реальних умовах їхньої експлуатації, не залучаючи ніяких додаткових методик і поправочних коефіцієнтів.

Стосовно до системи опалення необхідно знати, яка частка теплової енергії, витрачена на подачу води в систему опалення, доходить, наприклад, до конкретного радіатора в конкретному приміщенні. При розгляді зв'язку коливань температур зовнішнього повітря і подавальної труби істотним є параметр, що характеризує ефективність опалювальної системи і визначає, наприклад, на скільки градусів потрібно підвищити в даній системі температуру теплоносія при зниженні температури зовнішнього повітря на один градус. Такий параметр визначає відношення інтегральних потужностей коливань температур двох зв'язаних процесів.

Величина зазначеного відношення, менша одиниці, характеризує систему опалення в комбінації з тепловою інерцією огорожуючих конструкцій як ефективну. Причому надалі, при накопиченні статистичних даних по моніторингу зазначеного класу об'єктів - систем опалення, уявляється можливим використовувати даний параметр у системі регулювання опалення.

Запропонована система автоматичного температурного моніторингу базується на автономних датчиках-накопичувачах з функцією пам'яті, годинником реального часу і календарем. Ці термометри являють собою програмуємі електронні блокноти, що прикріплюються до об'єкта, температуру якого потрібно відстежити і за протоколювати протягом тривалого проміжку часу. Датчики кріпляться до об'єкта за допомогою спеціальних гнізд, засувки чи "липучок". Перед установкою на об'єкт (стаціонарний чи рухомий) вони програмуються на визначений режим роботи, час початку фіксації температури, частоту послідовних вимірів, побудову гістограми температури об'єкта, нижню і верхню граничні температури і т.п. Будучи встановленими на об'єкт, вони автоматично включаються в запрограмований момент часу і вимірюють температуру через задані програмою інтервали. Датчики здатні запам'ятовувати до 2048 послідовних температурних значень. Програмуючий часовий інтервал між послідовними вимірами складає від 1 хвилини до 255 хвилин із кроком у 1 хвилину. Таким чином, заповнення пам'яті при найбільш частих вимірах (через 1 хвилину) відбудеться через 34 години, а при найбільш рідких вимірах (кожні 255 хвилин) - через 362 доби. У випадку заповнення всієї пам'яті програмуються два алгоритми подальшого поводження датчика: або він припиняє подальшу реєстрацію і зберігає отримані дані, або продовжує подальшу реєстрацію, перезаписуючи вже зайняті комірки пам'яті, починаючи із самих старих записів. Доступ до записаних значень температури заборонений по запису, тобто вони доступні тільки для читання. Це виключає внесення змін до збереженого протоколу (наприклад, з метою підтасування даних). Датчики зберігають працездатність і цілісність даних протягом 10 років. Вони здатні реєструвати час виходу температури за граничне значення і тривалість перебування температури за межами цього граничного значення. Може бути зафіксоване до 24 таких подій (по 12 на кожний із двох порогів). Крім того, датчики містять 512байт пам'яті загального призначення, у яку користувачем може бути записана будь-яка інформація (наприклад, відомості про об'єкт, до якого прикріплений датчик). Датчики виконані в корпусах з нержавіючої сталі (циліндри діаметром 17мм і висотою 6мм) і витримують значні механічні навантаження (прискорення до 500g). Вони здатні працювати на висотах до 3000 метрів і при вологості до 90%. Запис інформації в датчик при його програмуванні і читання інформації з нього здійснюється простим дотиком до нього спеціального пробника, з'єднаного або з комп'ютером, або з портативним електронним блокнотом-накопичувачем. Датчики мають унікальні ідентифікаційні коди, по яких їх можна відрізнити серед безлічі подібних пристроїв. Ці датчики не призначені для використання на об'єктах з підвищеним рівнем радіоактивності. При установці на таких об'єктах вони вимагають спеціального захисту (табл.).

Таблиця

Технічні характеристики

діапазон вимірюваних температур	від -40°C до +85°C
роздільна здатність	05°C
погрішність виміру	±1,0°C
час перетворення	0.75 секунди
точність відліку реального часу	±2хв. на місяць
швидкість передачі інформації	16,3кілобита/сек
швидкість передачі в прискореному режимі	142кілобита/сек
маса датчика	3,3г
час життя	2500000 вимірів

Можливості зазначеного моніторингу досліджувалися в реальних умовах експлуатації п'яти систем опалення, обладнаних автономними тепловими пунктами. Системи опалення всіх об'єктів працювали за замкнутою схемою. Автоматика регулювання по датчику температури зовнішнього повітря працювала тільки на одному об'єкті - житловому будинку по вул. Рози Люксембург, м.Донецьк. Регулювання температури води в інших системах провадилося вручну каскадним методом.

Для кращого розуміння сутності винаходу нижче приводяться приклади записаних температурно-часових залежностей.

Фіг.1. Температурний режим добре відрегульованої опалювальної системи й окремих приміщень

виробничо-експлуатаційної бази газового господарства, м. Шахтарськ.

Фіг.2. Експеримент по визначенню реакції опалювальної системи (див. фіг. 1) на динамічний регулюючий вплив.

Фіг.3. Спектр коливань (по осі ординат - спектральна потужність, відносні одиниці; по осі абсцис - частота, Гц) температури подавальної труби (темні стовпці) і радіаторів опалення (світлі стовпці): А - для відрегульованої системи опалення; Б – для розрегульованої системи опалення.

Фіг.4. Відношення амплітуди коливань температури повітря для різних приміщень до амплітуди коливань температури зовнішнього повітря (гармоніка 14,22 доби) (див. фіг.1 Шахтарськ, міськгаз 1.02.2001-15.02.2001): 1 - їдальня; 2 - диспетчерська; 3 - плановий відділ; 4 - кабінет головного інженера; 5 - актовий зал; 6 - матеріальний склад; 7 - виробничий корпус.

Фіг.5. Відношення амплітуди коливань температури подавальної труби до амплітуди коливань температури зовнішнього повітря для різних котелень (гармоніка 14, 22 доби): 1 – котельня виробничо-експлуатаційної бази газового господарства, м.Шахтарськ (див. фіг.1); 2 - котельня житлового будинку по вул. Рози Люксембург, м.Донецьк.

Наведені вище дані свідчать, що описаний метод моніторингу й оцінки якості автономних котелень і теплової стійкості опалюваних приміщень має ряд безсумнівних переваг.

1. Вимірюючи температуру з точністю  $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$  і маючи тимчасову стабільність  $2.3 \cdot 10^{-5}$  (відхід годинника реального часу не більш 1 хвилини на місяць), він дозволяє надійно зафіксувати зміни температури будь-якої кількості об'єктів у часі і зв'язати події, що відбуваються на різних об'єктах, між собою.

2. Метрологічні характеристики методу (одноразовий старт усіх датчиків, єдиний для всіх датчиків часовий інтервал між вимірами, фіксована тривалість періоду спостереження) дозволяють фіксувати як швидкі часові процеси в опалювальній системі (з періодом опитування від 1 до 255 хвилин), так і довгострокові (сезонні) коливання температури об'єктів.

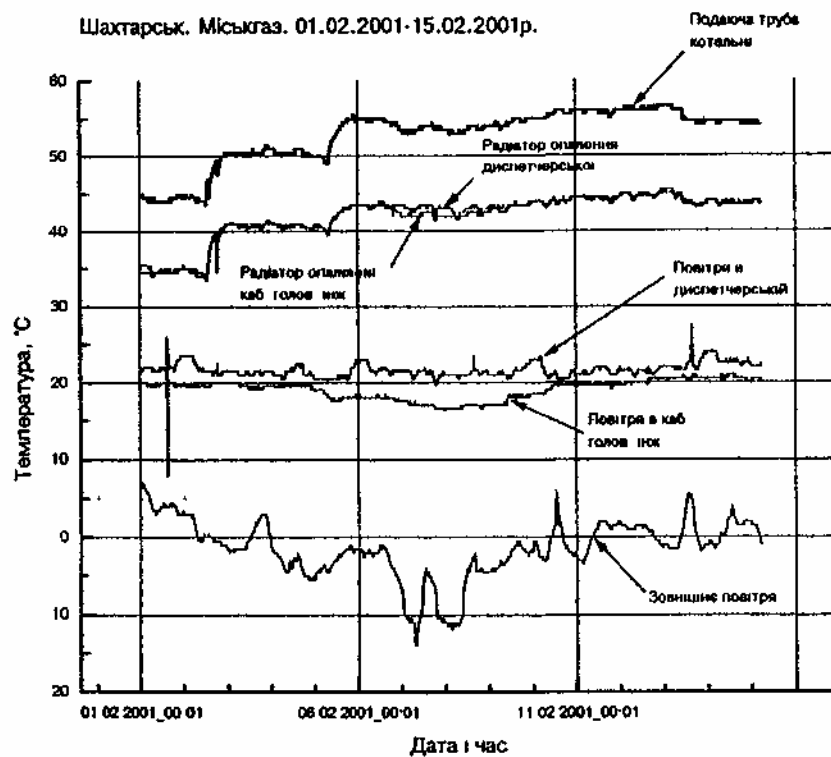
3. Ті ж метрологічні характеристики дають можливість проводити різнобічний статистичний і спектральний аналіз вихідних даних і на основі аналізу робити висновок про якість опалювальної системи й опалюваних приміщень.

4. Малі габарити (діаметр 17мм, висота 6мм) і маса (3,3г) датчиків, а також відсутність зовнішнього живлення (датчики цілком автономні і здатні працювати 10 років) робить їхнє використання легким і зручним.

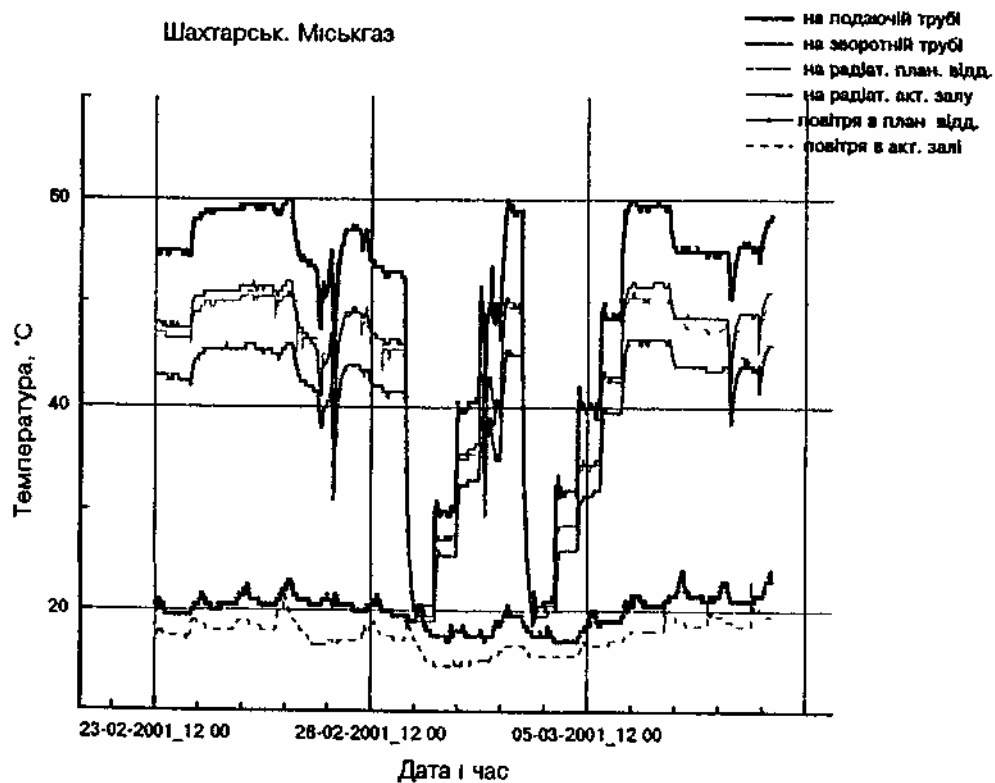
5. Датчики легко програмуються і перепрограмуються. По закінченні однієї місії і зняття з них інформації вони можуть бути перепрограмовані на виконання наступної місії, потім ще однієї і т.д.

6. Температурні дані, записані в датчик, не можуть бути змінені, тобто виключається можливість підтасування даних. Змінити інформацію можна тільки повторним програмуванням, коли датчик підготовляється до нової місії. При цьому знищується вся попередня інформація, а які-небудь окремі дані змінити не можна.

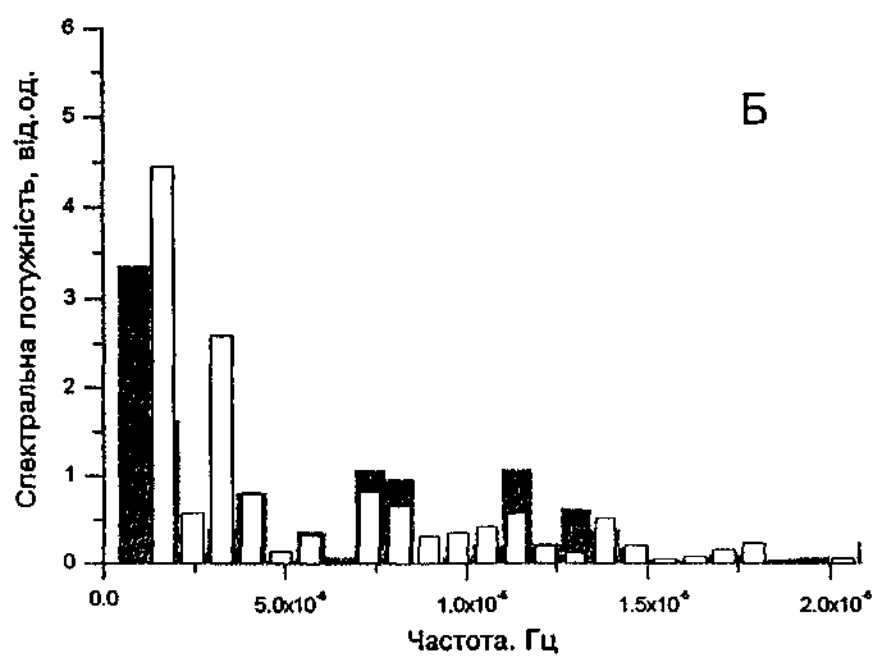
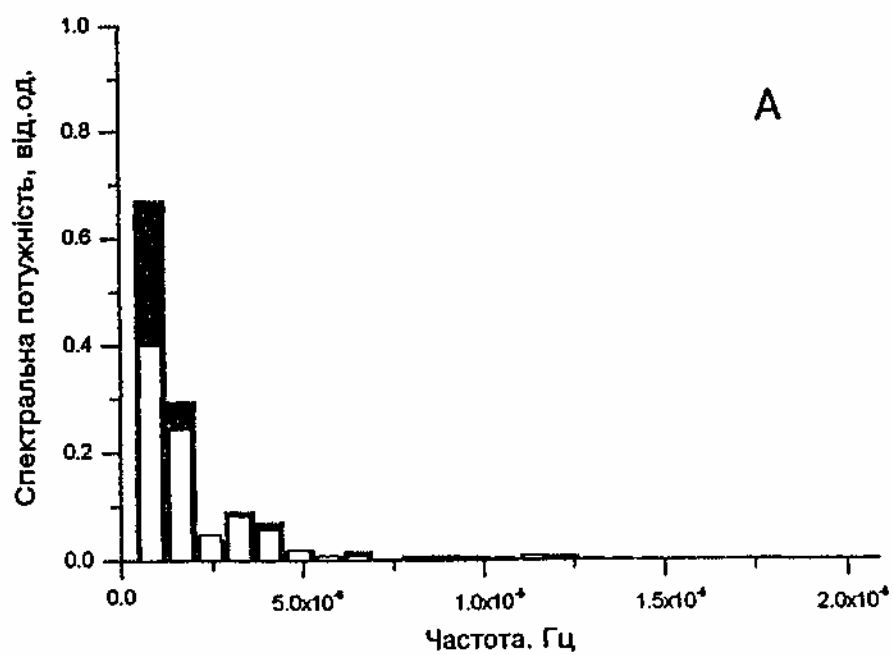
7. Метод дозволяє одержувати пряму експериментальну інформацію про температурні режими об'єктів у реальних умовах їхньої експлуатації, не залучаючи ніяких додаткових методик і поправочних коефіцієнтів.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3



Шехтарськ, Миськвз. 01.02.2001 - 15.02.2001р.  
Відношення амплітуди коливань температури внутрішнього  
повітря до амплітуди коливань температури зовнішнього повітря  
для різних приміщень (гармоніка 14.22 діб)

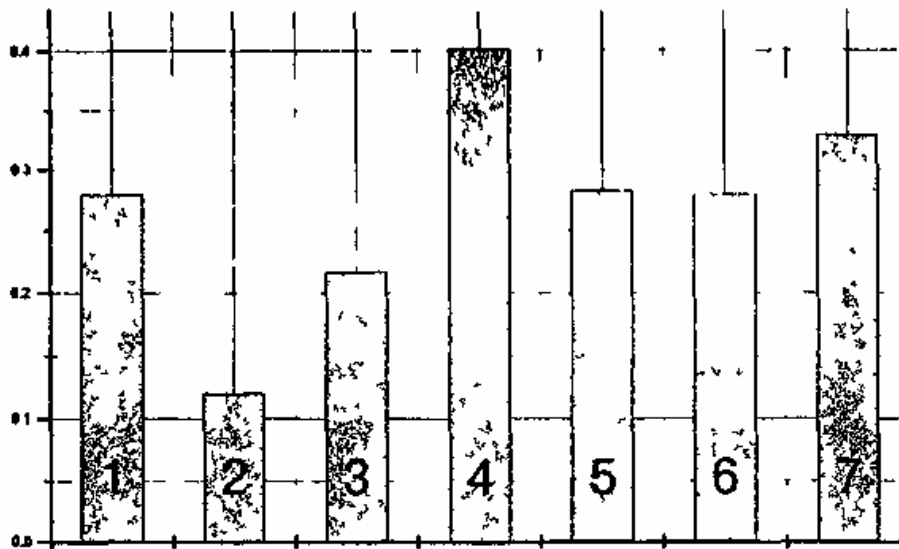


Fig. 4

Відношення амплітуди коливань температури підпочної труби  
до амплітуди коливань температури зовнішнього повітря

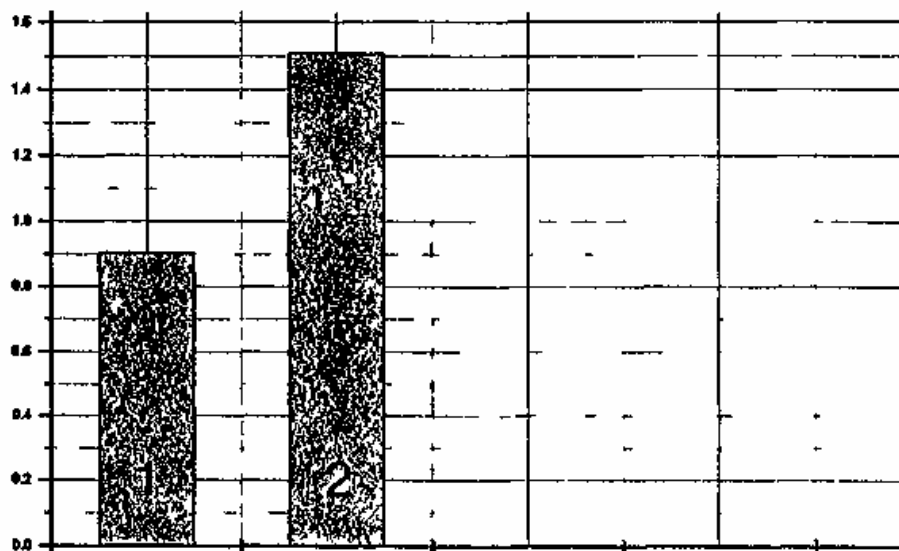


Fig. 5