

θ°	$\lambda = 1,01$	$\lambda = 1,5$	$\lambda = 10$
	σ_β / ρ	σ_β / ρ	σ_β / ρ
0	-0,96	-0,92	-0,96
30	-0,48	-0,50	-0,85
60	2,15	2,95	5,24
90	3,05	4,00	7,36
120	3,87	4,26	8,46
150	2,03	3,86	7,52
180	-0,46	-0,82	-0,96
210	-0,98	-0,70	-0,60
240	2,38	3,25	7,94
270	3,96	3,98	6,05
300	2,45	2,60	4,02
330	-0,50	-0,96	3,03
360	-0,90	-1,02	-2,01

При збільшенні довжини тріщини напруження на контурі зростають і максимальне значення напруження виникає на контурі отвору в точці, що відповідає куту .

1. Уфлянд Я.С. Интегральные преобразования в задачах теории упругости, - Л. 1968.
2. Kyohei Mori. On the tension of on infinite plate containing two circular holes connected by a slit, - Bull. JSME, 1964, V.7, №28, P.660 - 667.
3. Jeffery G.B. Plane stress and Plane Strain in Bipolar Coordinates. - Phil. Trans. of the Royal Soc. of London, 1921, Ser. A, V.221, P.265 - 293.

УДК 691:699.86

Г. Николин, І. Васильківський, Я. Юсик
Національний університет "Львівська політехніка"

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЕРУВАННЯ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯМ ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЕЛЬ З ЛЕГКИМИ ОГОРОДЖУЮЧИМИ КОНСТРУКЦІЯМИ

© Николин Г., Васильківський І., Юсик Я., 2002

Запропоновано алгоритм та реалізовано на його основі пристрій керування системою теплопостачання промислових будівель з легкими огороджуючими конструкціями.

The algorithm is offered and the device of management of system district heating of industrial construction with easy confinement by designs is realized on its basis.

Основна задача системи автоматичного керування теплопостачанням промислових будівель з легкими огороджуючими конструкціями полягає в забезпеченні відповідності між тепловтратами і теплонадходженнями в будь-який момент часу.

Широке дослідження сучасних промислових будівель з легкими огорожуючими конструкціями показало залежність тепловтрат від температури зовнішнього повітря, швидкості вітру, сонячної радіації, від конструктивно-планувальних, теплофізичних особливостей будівель і тепловиділень технологічного обладнання.

Сьогодні промислові будівлі опалюють за графіком, при розробці якого виходять із припущення, що тепловтрати будівлі змінюються однозначно залежно від температури зовнішнього повітря. Тому часто надходження тепла в будівлі не відповідає тепловтратам і температурний режим приміщень порушується. Для підтримки нормального температурного режиму необхідно, щоб алгоритм керування системою опалення відповідав алгоритму функціонування будівлі як об'єкта опалення.

Якщо задачу автоматичного керування інтерпретувати як активний захист від охолодження, то керуючий пристрій системи повинен реалізувати алгоритм контролю і керування за рівнянням зв'язку між метеорологічними факторами і температурою повітря в приміщенні (вхідні та вихідні величини). Детальніший розгляд практичних задач автоматичного керування опаленням показує, що ці задачі достатньо складні. Існує багато різноманітних факторів, врахувати вплив яких математично дуже важко.

Для спрощення задачі необхідно було проаналізувати наявні алгоритми функціонування промислових будівель з легкими огорожуючими конструкціями як об'єктів керування.

Розглянемо рівняння зв'язку, що характеризують основні процеси в об'єкті керування.

Втрати тепла через стіни будівель можна визначити за такою залежністю [1]:

$$Q_{cm} = k_{cm} \cdot F \cdot (t_{en} - t_{zn})$$

причому

$$k_{cm} = \frac{1}{\alpha_n} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_z}$$

де Q_{cm} – втрати тепла через стіни (без обліку сонячної радіації); k_{cm} – коефіцієнт теплопередачі стіни; F – площа стіни; t_{en} – температура внутрішнього повітря; t_{zn} – температура зовнішнього повітря; α_n – коефіцієнт тепловіддачі і чи теплопоглинання внутрішньої поверхні стіни; δ – товщина стіни; λ – коефіцієнт теплопровідності стіни; α_z – коефіцієнт тепловіддачі і теплопоглинання зовнішньої поверхні стіни.

Слід звернути увагу, що герметичність конструкцій, тобто повітрообмін через них, також істотно впливають на температурно-вологісний і особливо на тепловий режим будівель. Причиною цього є вітровий і тепловий напори на огорожуючі конструкції за рахунок дії вітру та перепаду температур зовнішнього і внутрішнього повітря. Це створює різницю тиску по обидві сторони огорожуючих конструкцій і є основною причиною руху повітря через пори матеріалу і нещільності конструкцій. В нижній зоні поверху холодне повітря як важче, проникає через нещільності всередину приміщень, спричиняючи інфільтрацію.

Втрати тепла через стіни будівель з врахуванням інфільтрації можна описати залежністю:

$$Q_{inf} = \sum (a \cdot l) \cdot R \cdot H \cdot (t_{en} - t_{zn}) \cdot z_1$$

а маса холодного повітря, що надходить у приміщення,

$$V = c \cdot A \cdot R \cdot w^t^3$$

причому

$$A = \sum (a \cdot l)$$

де α – повітропроникність на 1 м довжини шва при перепаді тиску 1 кг/м²; l – довжина швів дверей та вікон, що обдуваються; R – сумарний тепловий опір усієї стіни; H –

характеристика будинку; z_1 – поправка на тепловтрати кутового вікна; V – маса холодного повітря, що надходить у приміщення; c – постійний коефіцієнт; A – теплопровідність повітря, що надходить у приміщення; ω – швидкість вітру.

Аналогічно можна отримати залежності для врахування надходження тепла в приміщення від сонячної радіації.

Розглянуті залежності дають змогу вводити поправки на вплив перепаду температур, швидкості вітру і сонячної радіації на зміну тепловтрат будинку, що і враховується у деяких відомих алгоритмах керування тепlopостачанням промислових будівель. Проте ні в одному з них не враховується вплив вологовмісту конструкцій. Слід зауважити, що при від'ємних температурах теплопровідність, і, відповідно, процеси передачі тепла у вологих конструкціях, визначається характером криогенних фазових перетворень вологи і може бути вищими або нижчими ніж в зоні додатних температур. Це пояснюється тим, що при від'ємній температурі волога в міжпоровому просторі конструкції може не перетворюватись в лід, а випадати у вигляді інею, теплопровідність якого нижча, ніж у води і льоду. Коли вологи недостатньо для утворення і заповнення крупних пор льодом, де передовсім відбуваються криогенні фазові перетворення, теплопровідність матеріалу знижується. Лід збирає вологу із мілкіших пор і тим самим ніби осушує матеріал. При великому вологовмісті конструкції лід в його порах утворює не вкраплення, а суцільні мостики, істотно збільшуючи теплопровідність огорожуючих конструкцій.

Тому нами було запропоновано враховувати зміну вологості конструкцій, контролюючи зміни теплопровідності стін як один з керуючих факторів.

Для неперервного контролю зміни теплопровідності стін нами розроблено такий пристрій.

З цією метою використовувався метод, який ґрунтується на закономірностях передачі теплоти від плоского нагрівача до плоского тіла, яке знаходиться з ним в контакт [2]. В досліджуваному і опорному матеріалах створюють теплові потоки, при яких температури на поверхнях цих матеріалів однакові. При виконанні такої умови теплові потоки, що йдуть на нагрів досліджуваного і опорного матеріалів, будуть пропорційні до їх коефіцієнтів теплопровідності.

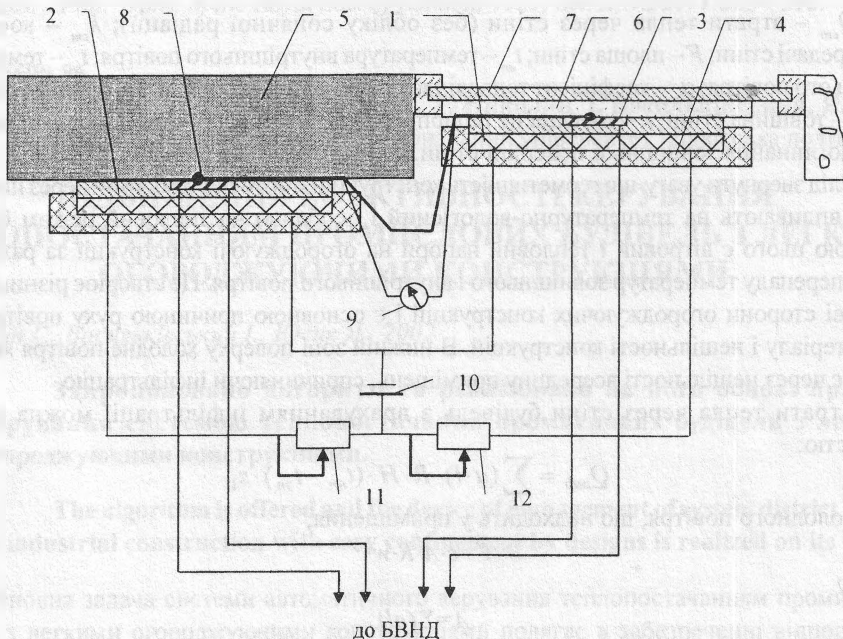


Рис. 1. Пристрій для контролю зміни теплопровідності стіни

Роботу розробленого пристрою ілюструє схема, зображена на рис. 1.

Пристрій містить два однакові елементи, які складаються з нагрівача 1, температуровирівнюючої пластини 2, термоміра 3 і теплоізоляційного корпусу 4. Один з цих елементів розміщується на стіні 5 (досліджуваний матеріал), а інший – на опорному матеріалі (наприклад, пінопласт), який приклеєний до віконного скла 7. Рівність температур у контактах нагрівач - матеріал контролюється диференційною термопарою 8 і нуль-індикатором 9.

Теплові потоки задаються нагрівачами 1, які паралельно з'єднані між собою і входять в коло джерела струму 10. Їх потужності регулюються за допомогою реостатів 11 і 12. Теплові потоки реєструються термомірами 3, сигнали з яких надходять до блока вимірювання та накопичення даних (БВНД).

Контролюють зміну теплопровідності стіни так.

Змінюючи потужності нагрівачів 1 за допомогою реостатів 11 і 12, досягають рівності температур в зонах контакту з досліджуваним і опорним матеріалами в стаціонарному режимі теплопередачі.

Враховуючи рівність перепадів температур на досліджуваному і опорному матеріалах, можна записати таку формулу:

$$\lambda_x = \lambda_0 \cdot \frac{\Phi_x}{\Phi_0}$$

де λ_x, λ_0 – коефіцієнти теплопровідності досліджуваного (стіна) і опорного (скло + пінопласт) матеріалів, відповідно; Φ_x, Φ_0 – теплові потоки, що проходять через досліджуваний і опорний матеріали, відповідно.

Оскільки ЕРС, що генерується термоміром, пропорційна до теплового потоку, який проходить через нього, а струм в колі термоміра пропорційний до його ЕРС, то можна записати:

$$\lambda_x = \lambda_0 \cdot \frac{I_x}{I_0}$$

де I_x, I_0 – струми пропорційні до теплових потоків Φ_x та Φ_0 , відповідно.

З врахуванням вищенаведеного керуючий пристрій, що реалізує алгоритм керування теплопостачанням промислових будівель, виконує такі функції:

а) БВНД приймає сигнали від первинних перетворювачів (температури внутрішнього і зовнішнього повітря, швидкості вітру, температури внутрішньої і зовнішньої стіни та запропонованої авторами схеми, що відстежує зміну теплопровідності конструкції від впливу вологості);

б) ЕОМ обробляє ці сигнали та забезпечує реалізацію взаємозв'язків між ними за допомогою їх математичної обробки відповідно до вибраного алгоритму керування.

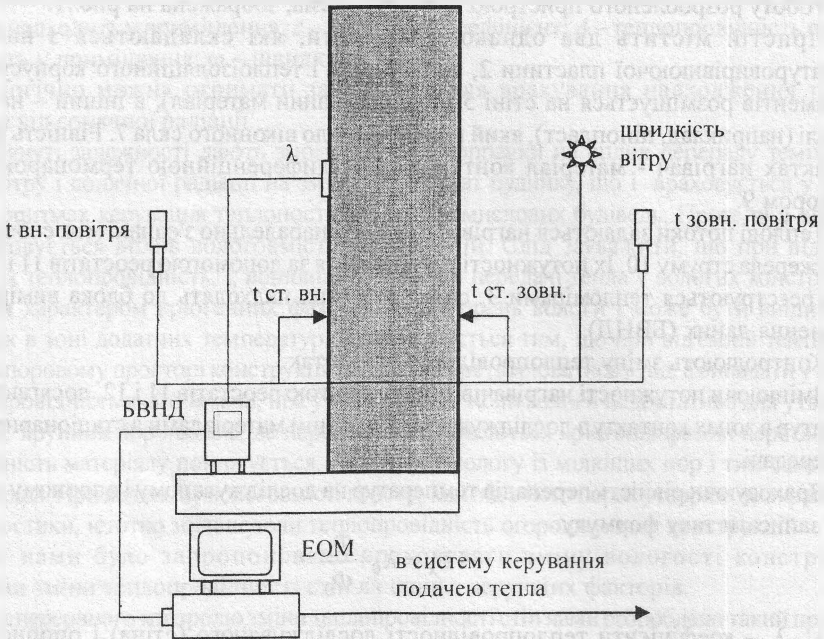


Рис. 2. Структурна схема системи керування тепlopостачанням будівель

Запропонований алгоритм та реалізовані на його основі вимірювальні пристрої можуть бути рекомендовані для використання: 1) як давачі в автоматичних стежачих системах, що керують подачею тепла в будівлі на теплових введеннях і центральних теплових пунктах; 2) як "порадник" диспетчера на ТЕЦ; 3) для об'єктивного налагодження і перевірки опалювальних систем будівлі; 4) при науково-дослідних роботах з визначення охолодження будівлі залежно від конструктивно-планувальних і теплофізичних її особливостей.

Ефективність застосування запропонованого алгоритму та реалізованого на його основі керуючого пристрою в реальних умовах експлуатації опалювальних будівель може бути оцінена такими методами: 1) визначенням показників температурного режиму опалювальних приміщень при включенні зазначеного пристрою в систему автоматичного регулювання витрати тепла (оцінка якості стабілізації внутрішньої температури); 2) зіставленням витрат тепла в будівлі і температурних умов в опалювальних приміщеннях при регулюванні з використанням зазначеного пристрою і звичайним по температурі зовнішнього повітря; 3) прямим порівнянням характеру зміни фактичних теплових втрат приміщень з зміною рівня сигналу, що надходить від вимірювального пристрою.

1. Хоменко В.П., Фаренюк Г.Г. *Справочник по теплозащите зданий.* - К. 1986. 2. Рогоцький Я.Т., Васильківський І.С., Юськ Я.П. *Приборы для неразрушающего контроля теплопроводности материалов. Контрольно-измерительная техника. Вып. 48.* - Львов. 1990, С.84-88.