

УДК 631.22

Якісні характеристики процесів автоматичного регулювання теплового режиму опалюваного приміщення

В.Б. Довгалюк¹, В.П. Штиленко²

¹к.т.н., доцент, Київський національний університет будівництва і архітектури

²зав. лабор. випробувань, Сертифікаційний випробувальний центр опалювального обладнання, м. Київ

Наведено результати аналізу керування тепловим режимом опалюваного приміщення та надано необхідні висновки у відповідності до загальних вимог законів автоматичного регулювання, завдяки чому забезпечується енергоефективна та якісна експлуатація систем водяного опалення.

Ключові слова: опалюване приміщення; температурний режим; збурення; автоматичний регулятор.

Вступ. Автоматичне регулювання теплового режиму приміщення в опалювальний період характеризується процесами, які стосуються загальних законів щодо об'єктів регулювання. Об'єкти регулювання вивчаються в автоматичі з погляду впливу їх властивостей на процеси підтримки заданих параметрів при змінах збурень.

При керуванні тепловим режимом опалюваного приміщення, здатність відповідно швидко накопичувати чи віддавати теплову енергію, характеризується коефіцієнтом ємності [1] і в деяких випадках визначається за формулою:

$$W = 0,278 \sum c_m M + \sum \alpha' F_i, \quad (1)$$

де W – коефіцієнт ємності; c_m – питома теплоємність матеріалів, що знаходяться в приміщенні, кДж/(кг °С); M – маса матеріалів, що знаходяться в приміщенні, кг; F_i – площа огорожувальних поверхонь, м²; α' – коефіцієнт теплообміну, Вт/(м² °С).

Вказаний вище вираз справедливий тільки при дуже повільних змінах температури, коли всі предмети, що знаходяться в приміщенні, встигнуть прогрітись.

При частій зміні амплітуди, утримати значення параметру, що регулюється в заданих межах важко. Порівнюючи площу та масу огорожувальних конструкцій та предметів у приміщенні з площею та масою опалювального приладу, об'єм повітря у приміщенні з об'ємом теплоносія в опалювальному приладі, а також теплову інерційність приміщень та приладів видно, що коефіцієнт ємності опалювального приміщення буде великим, а зміна амплітуди температури приміщення незначна, тому процеси регулювання в таких випадках простіші. Зміна температурного режиму приміщення при різній величині коефіцієнта ємності показана на рис. 1.

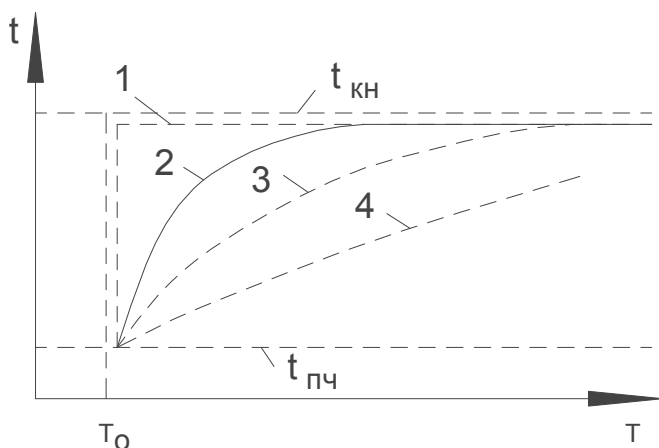


Рис. 1. Хід зміни температурного режиму приміщення при різних величинах коефіцієнта ємності:
 1 - коефіцієнт ємності рівний нулю; 2 - ємність мала; 3 - ємність середня; 4 - ємність велика;
 t_0 - момент початку збурення; $t_{пч}$ і $t_{кн}$ – початкове і кінцеве значення температури приміщення

Відомо, що об'єкти регулювання існують одноємні, двоємні або багатоемні [2]. При нагріванні приміщення з опалювальним приладом ємністю зі сторони надходження є тепло в масі теплоносія, а ємністю з сторони витрати – зовнішні огороження приміщення, що обігрівається.

Міжземним опором є термічний опір стінок опалювального приладу. Перехідне запізнювання в такому випадку залежить від термічного опору між приміщенням та опалювальним приладом і від кількості тепла, що міститься в теплоносії приладу. Тому після пуску теплоносія у опалювальний прилад, температура приміщення підігрівається не відразу. Спочатку нагрівається метал опалювального приладу, і між ним і приміщенням, що обігрівається, виникає різниця температур. Тільки через деякий час температура приміщення почне підвищуватися. Тому автоматичне регулювання температурного режиму приміщення є прикладом двоємного об'єкту регулювання. Перевагу мають ті об'єкти регулювання, які мають мінімумом запізнення або відставання в часі з початку появи збурення до початку зміни параметрів, що регулюються. Щоб виконати ці умови для теплового режиму приміщення, при автоматичному регулюванні, необхідно застосовувати опалювальні прилади з мінімально можливою товщиною стінок, які виготовлені з малотеплоємних металів, що мають значні коефіцієнти теплопровідності.

Швидкість протікання теплоносія через опалювальний прилад має вплив на процес регулювання теплового режиму приміщення. Чим більша швидкість (максимально можлива), тим інтенсивніше теплообмін в опалювальному приладі, скорочується час запізнювання, і тому можна швидше змінити потужність опалювального приладу в процесі регулювання.

В об'єктах автоматичного регулювання існує поняття «чутливість об'єкту до збурення» або «швидкість розгону» [3]. Швидкість зміни температурного

режиму приміщення прямо пропорційна різниці між поточним значенням надходження теплової енергії $Q_{над}$ та поточним значенням витрати теплової енергії $Q_{вит}$, і обернено пропорційна коефіцієнту ємності приміщення. Для нескінченно малого проміжку часу $d\tau$ можна вважати, що ця залежність лінійна, тобто:

$$dt_{nm}/d\tau = (Q_{над} - Q_{вит})/W = \Delta Q_{nm}/W, \quad (2)$$

де dt_{nm} - нескінченно мала зміна температурного режиму за нескінченно малий відрізок часу $d\tau$; ΔQ_{nm} - різниця між надходженням і витратою теплової енергії.

Формула (2) записується в безрозмірному вигляді, так як це більш зручно для математичного рішення рівнянь.

Приведемо всі поточні величини до їх відносних значень та отримаємо: $v_{над} = Q_{над}/Q_{ном}$ - відносне надходження, $v_{вит} = Q_{вит}/Q_{ном}$ - відносна витрата теплової енергії.

Приймемо, що абсолютні значення номінального надходження та витрати теплової енергії рівні. Позначимо поточне значення температури приміщення через t_{nm} , тоді безрозмірне значення величини температури приміщення t'_{nm} отримаємо розділивши поточне значення температури приміщення, на номінальне задане її значення, тобто $t'_{nm} = t_{nm}/t_{nm ном}$.

Для нескінченно малого відносного приросту параметра:

$$dt'_{nm} = dt_{nm}/t_{nm ном}. \quad (3)$$

Тепер замінимо у формулі (2) абсолютні величини на їх відносні значення, і після відповідних підстановок ця формула матиме наступний вигляд:

$$dt'_{nm}/d\tau = (1/W) (Q_{ном}/t_{nm ном}) (v_{над} - v_{вит}) = \varepsilon \Delta v \quad (4)$$

де $(1/W) (Q_{ном}/t_{nm ном}) = \varepsilon$ - коефіцієнт пропорційності (чутливість до збурення).

$$\text{Отже: } dt'_{nm}/d\tau = \varepsilon \Delta v \quad (5)$$

Обернена величина коефіцієнту пропорційності, є швидкість зміни температури приміщення у відносних величинах, при максимальних збуреннях, тобто при $\Delta v = 1$, що відповідає $Q_{вит} = 0$, а $Q_{над} = Q_{ном}$.

Величина обернена до швидкості розгону - час розгону T_a , тобто:

$$T_a = 1/\varepsilon = W t_{nm ном} / Q_{ном}, \text{ с} \quad (6)$$

Добуток $W t_{nm ном}$ є кількість теплової енергії, яка накопичена в приміщенні, при досягненні номінального заданого значення, від його нульового значення.

З виразу (4) при $\Delta v = 1$ видно, що швидкість розгону ε є максимальною і міняється пропорційно Δv . Таким чином, швидкість розгону температури приміщення, пропорційна величині збурення в приміщенні. При малих збуреннях, мають місце невеликі швидкості зміни температури приміщення. Для опалюваного приміщення якраз характерні незначні збурення, що свідчить про їх позитивні, з погляду регулювання, властивості.

Властивість об'єкту автоматичного регулювання - самостійно (без регулятора) вирівнювати значення $Q_{вит}$ і $Q_{над}$, тобто з деяким часом приходити до

нового врівноваженого стану, після однократного стрибкоподібного збурення, характеризується самовирівнюванням об'єкту регулювання [1].

Розглянемо опалюване приміщення (рис. 2). Якщо збільшиться віддача тепла від опалювального приладу, тобто збільшиться $Q_{\text{над}}$, то за рахунок збільшення температури всередині приміщення зростуть і втрати тепла, тобто $Q_{\text{вит}}$.

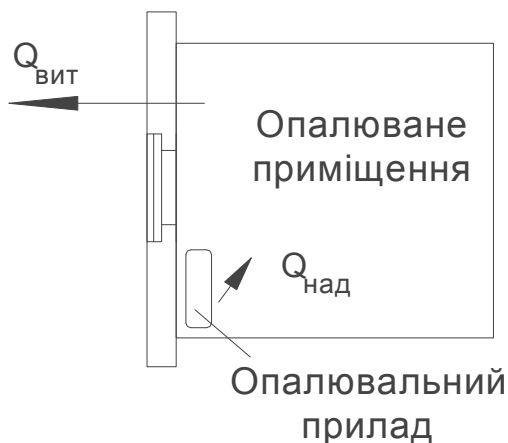


Рис. 2. Схема процесу самовирівнювання температурного режиму приміщення на сторонах витрати та надходження теплової енергії

В цьому випадку: $Q_{\text{вит}} = f(Q)$. При зменшенні втрат тепла, які відбуваються за рахунок збільшення зовнішньої температури, зростає температура всередині приміщення, відповідно змінюється і віддача тепла опалювального приладу, тобто: $Q_{\text{над}} = f(Q)$.

Таким чином, при зміні температури всередині опалювального приміщення, змінюються одночасно втрати тепла і тепловіддача від опалювального приладу, тобто надходження і витрати. Тому можна сказати, що опалювальні приміщення володіють самовирівнюванням на стороні надходження і на стороні витрати, а отже, регулювання температурою в них здійснюється простіше.

Аналізуючи об'єкт автоматичного регулювання важливим є врахування характеру збурення. Щоб об'єкт регулювання поставити в самі не вигідні умови, характер збурення приймають стрибкоподібним.

В системах опалення на практиці зустрічається стрибкоподібний характер збурення дуже рідко. Найшвидшими можна вважати збурення від сонячної радіації. Проте в цьому випадку буде потрібно час для трансформації частини променистого тепла в конвективне, яке здатне нагрівати повітря в приміщенні. В абсолютній більшості випадків існує плавний характер збурень, коли вони відбуваються за досить великий проміжок часу. А це істотно міняє процес регулювання в кращу сторону.

При розгляді характеру збурень в об'єкті автоматичного регулювання, не менше важливо знати про можливі граничні коливання збурюючих дій. Самим невідповідним випадком тут є коливання збурень від нуля до максимуму. В системах опалення такі збурення завжди мають місце, але в більшості випадків вони відбуваються протягом достатньо довгого часу. Наприклад, система опалення має максимальні збурюючі дії в січні місяці, а навантаження, рівне 0, приблизно в березні-квітні, але у весняну пору року такий перехід може спостерігатися і протягом доби. Практика показує, що регулювання теплового режиму приміщення у весняну пору року має найбільшу потребу.

Автоматичне регулювання теплового режиму опалюваного приміщення, повинне характеризуватися якісним та стійким процесом.

Стійкий процес регулювання визначає швидке згасання коливань температурних параметрів приміщення, які виникли під впливом збурення, також регулювання вважається стійким, якщо в перехідному стані в ньому виникає незгасаючий коливальний процес з допустимою амплітудою відхилень температурних параметрів приміщення.

Якість процесу регулювання теплового режиму опалюваного приміщення оцінюється наступними показниками: відхиленням параметрів теплового режиму від заданого значення при перехідному процесі; точністю підтримки теплових параметрів в приміщенні; величиною перерегулювання, тобто відхиленням теплових параметрів приміщення, після того, як в процесі регулювання температура досягне заданого значення і перейде через нього, змінюючи знак помилки; часом перехідного процесу, тобто часом, що затрачається на повернення теплових параметрів в задані межі, після початку збурення; числом коливань теплових параметрів приміщення під час перехідного процесу біля заданого значення.

Висновки. Опалюване приміщення, як об'єкт регулювання, характеризується великим коефіцієнтом ємності, володіє самовирівнюванням як на стороні тепловтрат так і на стороні теплонадходжень, має малу чутливість до збурень і нечасту зміну збурень, що говорить про такі динамічні характеристики приміщень, які дозволяють застосовувати найпростіші автоматичні регулятори, зокрема двохпозиційні з малою зоною нечутливості.

Якісне та стійке автоматичне регулювання теплового режиму опалюваного приміщення можливе тільки в сукупності роботи автоматичних регуляторів з точно підібраними опалювальними приладами, які встановлені у відповідних по об'єму приміщеннях з необхідною теплоізоляцією та температурою теплоносія, яка відповідає температурі зовнішнього повітря.

Література

1. Юрманов Б.Н. Автоматизация систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. – Л.: Стройиздат, 1976. – 216 с.
2. Мануйлов П.Н. Теплотехнические измерения и автоматизация тепловых процессов. – М.: Энергия, 1976. – 248 с.
3. Халамейзер М.В. Автоматические установки искусственного климата. – М.: Машиностроение, 1969. – 312 с.

Качественные характеристики процессов автоматического регулирования теплового режима отапливаемого помещения.

В.Б. Довгалюк, В.П. Штиленко

Приведены результаты анализа управления тепловым режимом отапливаемого помещения и предоставлены необходимые выводы в соответствии с общими требованиями законов автоматического регулирования, благодаря чему обеспечивается энергически эффективная и качественная эксплуатация систем водяного отопления.

Ключевые слова: отапливаемое помещение; температурный режим; возмущение; автоматический регулятор.

Qualitative characteristics of the processes of automatic control of thermal conditions of heated space.

V. Dovgaluk, V. Shtylenko

Results of analysis of thermal management of heated space are presented and provided the necessary conclusions in accordance with the general requirements of the laws of automatic control, which ensures quality and energetically efficient operation of water heating systems.

Keywords: the heated area; temperature condition; indignation; automatic regulator.

Надійшла до редакції 02.06.2014 р.