

Ю.В. Хацкевич

(Україна, Дніпропетровськ, Національний гірничий університет)

ВИКОРИСТАННЯ МОДЕЛІ ВИПРОМІНЮВАЧА З РОЗПОДІЛЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ УПРАВЛІННЯ СИСТЕМАМИ ПОВІТРЯНО-ПРОМЕНЕВОГО ОПАЛЕННЯ

Вступ. Системи повітряно-променевого опалення відносяться до низькотемпературних "чорних" інфрачервоних випромінювачів. Це перспективний тип обладнання для опалення промислових приміщень. Такі системи мають високу енергетичну ефективність, яка зумовлена використанням променистої складової теплоти, високим коефіцієнтом корисної дії та низькою тепловою інерцією. Однак ефективність використання енергії системами повітряно-променевого опалення може бути підвищена. Автор бачить можливості для покращення енергетичних характеристик у використанні ефективних режимів нагріву приміщення, які реалізуються шляхом управління процесом нагріву.

Постановка задачі. Низька теплова інерція даних систем дозволяє використовувати їх для програмного управління температурою в опалювальному приміщенні. Такий підхід сприяє суттєвій економії палива у порівнянні із підтриманням температури на одному рівні під час опалювального сезону. Але для ефективної реалізації програмного управління температурою необхідно забезпечувати вихід температури в приміщенні на заданий рівень у заданий момент часу, тобто знати характер розвитку перехідного процесу нагріву, зумовленого наявністю значної теплової інерції опалювальному приміщенню.

Для визначення тривалості процесу нагріву пропонується використовувати математичну модель теплового режиму приміщення із системою повітряно-променевого опалення. В традиційних системах опалення промислових приміщень: водяному або за допомогою високотемпературних випромінювачів, опалювальні елементи в математичних моделях представляються як об'єкти із зосередженими параметрами [1-3]. При цьому однією з відмінностей випромінювачів системи повітряно-променевого опалення від традиційних систем є нерівномірність надходжень тепла вздовж радіаційної труби та їхня велика довжина. Тому постає питання о можливості використання моделі випромінювача із зосередженими параметрами для управління системами повітряно-променевого опалення згідно із прогнозованою тривалістю нагріву.

Мета роботи – обґрунтувати можливість використання моделі випромінювачів з розподіленими або із зосередженими параметрами для ефективного управління системами повітряно-променевого опалення.

Викладення основного матеріалу. Для розв'язання цієї задачі пропонується порівняти розрахунки тривалості нагріву приміщення, які отримані на моделі із розподіленими параметрами [4], та розрахунками, отриманими при введенні припущення про зосередженість параметрів випромінювача.

Тривалість процесу нагріву будемо розраховувати для найбільш розповсюдженого типу приміщення з системою повітряно-променевого опалення на Україні. Його план і розміщення опалювального елемента зображені на рис. 1.

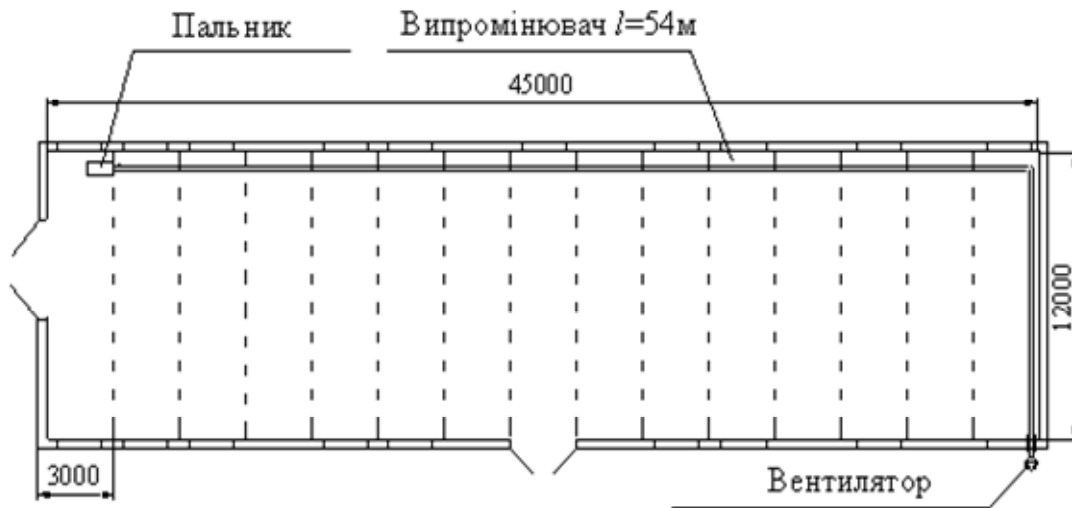


Рис.1. План приміщення з системою повітряно-променевого опалення

Для цього приміщення відомі теплофізичні характеристики огорожувальних конструкцій, витрати газу та повітря, параметри та розміри системи опалення. Ці дані дозволяють розрахувати тепловий режим приміщення за допомогою математичної моделі. Задамося початковою температурою повітря у приміщенні $T_{п}=10^{\circ}\text{C}$, температурою навколишнього середовища $T_{н}=-2^{\circ}\text{C}$. Будемо вважати, що у даному приміщенні виконуються роботи підвищеної складності, тоді згідно з Санітарними нормами та правилами у приміщенні потрібно забезпечити температуру $T_{з}=13^{\circ}\text{C}$.

При розрахунку тривалості перехідного процесу для елемента із зосередженими параметрами будемо використовувати такі припущення. У зв'язку з тим, що температура воздуховода-випромінювача істотно змінюється за довжиною, то як об'єкт із зосередженими параметрами будемо розглядати точечний елемент, теплова потужність якого дорівнює потужності реального випромінювача системи опалення. Точкове джерело теплоти в приміщенні розташуємо відповідно до середини реального опалювального елемента. Результати розрахунку тривалості процесу нагріву приміщення на моделі із зосередженими та розподіленими параметрами приведені на рис. 2.

Як бачимо, отримані результати розрахунку тривалості нагріву відрізняються більш, ніж у 2 рази. Модель із розподіленими параметрами з більшою точністю описую теплові процеси всередині нагрівачів та їхній обмін теплом із приміщенням, тому результати отримані на цій моделі відповідають реальним. Припущення про зосередженість параметрів нагрівачів суттєву вносить похибку у розрахунки. Як відзначалося раніше, основною причиною цієї похибки є значна довжина радіаційних труб у системах повітряно-променевого опалення.

Проаналізуємо залежність похибки розрахунку тривалості нагріву приміщення при введенні припущення про зосередженість параметрів опалювальних елементів від їхньої довжини.

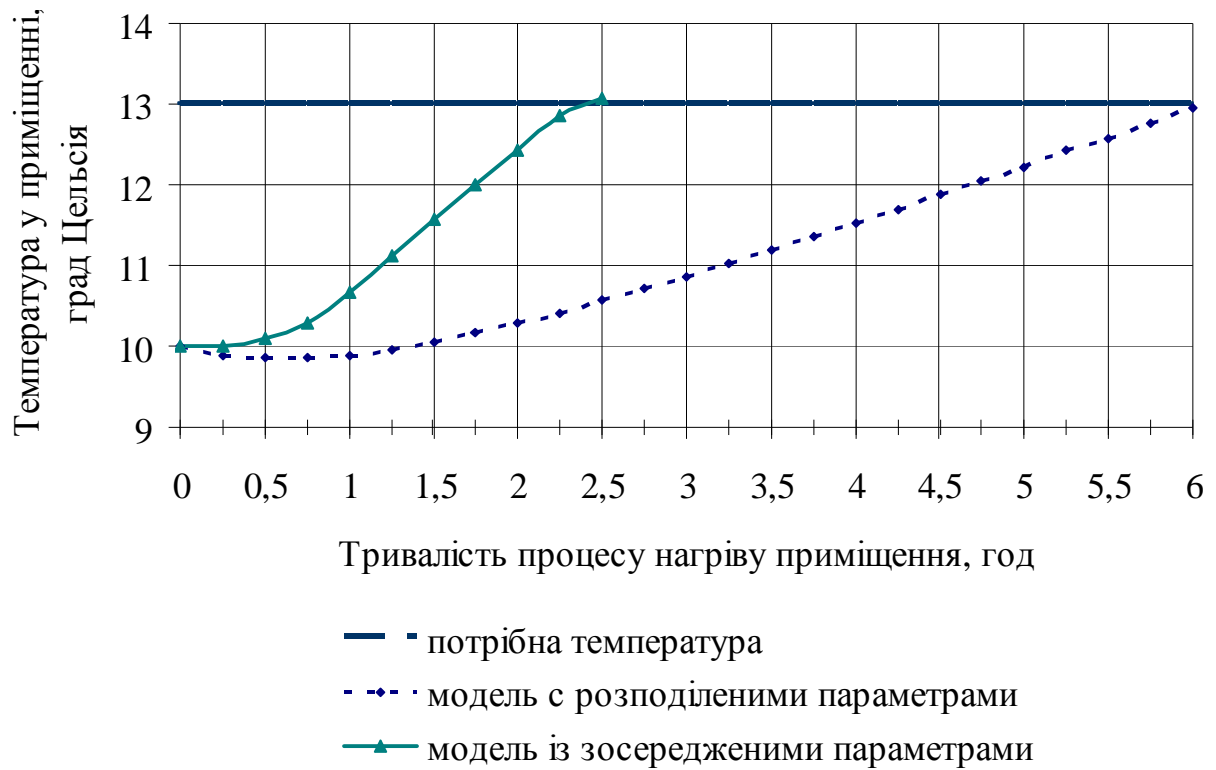


Рис. 2. Криві тривалості перехідного процесу нагріву приміщення, які розраховані на моделі із розподіленими та зосередженими параметрами

Залежність похибки розрахунку від довжини випромінювача показана на рис. 3. При її побудові розглянуті найпоширеніші значення радіаційних труб виробників систем повітряно-променевого опалення [5].



Рис.3. Залежність похибки розрахунку тривалості процесу нагріву приміщення на моделі із зосередженими параметрами від довжини випромінювача

Похибка розрахунків визначалася так:

$$d = \frac{t_{II}^p - t_{II}^3}{t_{II}^p} \cdot 100\%,$$

де t^p_{II} – тривалість перехідного процесу нагріву приміщення, розрахована для елемента опалення з розподіленими параметрами, год; t^3_{II} – тривалість перехідного процесу нагріву приміщення, розрахована для елемента опалення із зосередженими параметрами, год.

Бачимо, що зі збільшенням довжини воздуховода-випромінювача похибка розрахунку при використанні моделі із зосередженими параметрами зростає. Якщо при довжині радіаційних труб до 3 м похибка знаходиться в межах 10%, що може бути припустимим для інженерних розрахунків, то при довжині 24 м, похибка дорівнює вже 50%. Очевидно, при управлінні системою повітряно-променевого опалення згідно з прогнозною тривалістю процесу нагріву, розрахованою із такою похибкою, будуть виникати суттєві порушення вимог до теплового режиму. Невірне визначення тривалості перехідного процесу призводить або до передчасного включення системи опалення, що веде до перевитрати пального, або ж включення системи виконується запізно, що призводить до порушення вимог до температури у приміщенні.

Збільшення похибки розрахунку із ростом довжини радіаційних труб зумовлено нерівномірністю розподілу температури вздовж випромінювачів. Чим більше довжина радіаційної труби, тим більше встигають охолонути продукти згоряння палива, що видаляються через неї. Тобто, зі збільшенням довжини труби знижується температура на її виході і відповідно зростає нерівномірність розподілу температури вздовж неї. Чим більше ця нерівномірність тим більше похибка розрахунків при заміні реальних теплонадходжень усередненими або зосередженими в одній точці простору значеннями. Зі збільшенням довжини радіаційних труб зростає кількість зон приміщення, в які надходить тепло від кожної з них. Тому описання елементів системи як точкових з виділенням тепла лише в одну із зон не відповідає реальній фізиці процесів, невірно відображає надходження теплоти по зонах приміщення і відповідно вносить суттєві похибки у розрахунки. А для правильної оцінки величини теплонадходжень до кожної зони потрібно знати розподіл температури вздовж випромінювача, тобто користуватися моделлю із розподіленими параметрами.

Розрахунки показують, що при довжині воздуховода-випромінювача не більше 3 м, теплові процеси в них можна описати математичною моделлю із зосередженими параметрами. Тому що в цьому випадку застосування моделі з розподіленими параметрами приводить до підвищення точності не більше ніж на 10%. Це викликано тим, що при такій довжині продукти згоряння газу, які видаляються не встигають значно охолонути, тому температура випромінювача приблизно однакова по всій довжині. Отже заміна її усередненими значеннями не призводить до істотної похибки розрахунку. Відзначимо, що воздуховоди такої малої довжини в системах повітряно-променевого опалення застосовуються рідко через знижений коефіцієнт корисної дії. При довжині воздуховодів більше 3 м для коректного опису теплофізичних процесів у випромінювачах і досягнення точності розрахунків процесу нагріву приміщень необхідно застосовувати модель радіаційних труб з розподіленими за довжиною параметрами. Пропонується вибирати тип системи: із зосередженими або з розподіленими параметрами, з урахуванням припустимого значення похибки розрахунку від-

повідно довжині випромінювачів існуючої системи повітряно-променевого опалення.

Висновок. Доведено, що для управління системами повітряно-променевого опалення згідно з прогнозною тривалістю перехідного процесу нагріву приміщення важливу роль відіграє застосування типу моделі випромінювачів: із розподіленими або із зосередженими параметрами. Показано, що при введенні припущення про зосередженість параметрів джерел тепла в системі повітряно-променевого опалення похибка розрахунку теплового процесу зростає у випадку збільшення довжини випромінювача. Це зумовлено збільшенням нерівномірності розподілу надходжень тепла уздовж випромінюючих труб та зростанням кількості зон приміщення, що обігріваються кожним випромінюючим елементом. Запропоновано здійснювати вибір типу системи: із зосередженими або із розподіленими параметрами, з урахуванням допустимого значення цієї похибки.

Список літератури

1. Строй А.Ф. Управление тепловым режимом зданий и сооружений: Монография. – К.: Вища шк., 1993. – 155 с.
2. Story D. Creation of Nonsteady Comfort Heating Conditions// 7th REHVA World Congress CLIMA 2000 Napoli. Thermal Comfort. – Napoli, 2001. – P. 116-127.
3. Припотень Ю.К. Вдосконалення методів розрахунку та розробка конструктивних елементів для систем опалення за допомогою високотемпературних газових випромінювачів: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Полтава, 2001. – 27 с.
4. Дудкина Ю.В. Выбор наиболее предпочтительного управления в системе воздушно-лучистого отопления с помощью генетического алгоритма// Сб. науч. тр. НГУ. – 2004. – № 19, т. 2. – С. 27-33.
5. Infrared Handbook. Roberts-Gordon, Inc. – 1994. – 104 P.