

ЕНЕРГЕТИКА ТА ЕЛЕКТРОТЕХНІКА

УДК 532.5.072.15

О. В. Яковлева, асп.;

А. М. Павленко, д-р техн. наук, проф.

РОЗРАХУНКОВА ОЦІНКА ПАРАМЕТРІВ *U*-ПОДІБНОГО ТРУБНОГО ВИПРОМІНЮВАЧА, ПРЕДСТАВЛЕНОГО УМОВНИМ (РОЗРАХУНКОВИМ) ПРЯМОКУТНИМ ДЖЕРЕЛОМ ПРОМЕНИСТОЇ ЕНЕРГІЇ

*Для визначення поверхневої щільності теплового потоку в різних ділянках підлоги приміщення запропоновано представляти систему поверхонь випромінювальної труби і відбивача «темного» трубного *U*-подібного випромінювача у вигляді умовно-прямокутного джерела теплоти. Отримано формулу для оцінки розрахункової температури джерела з урахуванням геометричних і оптичних його характеристик. Проведено порівняльний аналіз розрахункових значень теплової потужності за запропонованою залежністю і формулою усереднювання.*

Вступ і постановка задачі

Останнім часом в Україні і за кордоном широко застосовуються газові інфрачервоні випромінювачі для опалювання великих будівель і споруд. Проектуючи системи опалювання «темними» трубними *U*-подібними випромінювачами, необхідно визначати поверхневу густину теплового потоку в різних ділянках поверхні приміщення. Існують методики розрахунку параметрів для «світлих» випромінювачів, але їх не можна застосовувати для «темних», оскільки розподіл густини теплового потоку в поздовжньому напрямі випромінювача має інший характер. У зв'язку з цим виникає необхідність оцінки параметрів для «темних» трубних *U*-подібних випромінювачів.

Метою роботи є визначення розрахункової температури $T_{дж}^{розр}$ і загальної потужності теплового потоку від випромінювача на поверхню приміщення (підлоги).

Основна частина

Вказану задачу пропонується розв'язувати, розглядаючи систему поверхонь випромінювальної труби (пальникової та тієї, що відходить) і відбивача у вигляді умовно-прямокутного джерела теплоти, величиною розрахункової поверхні $F_{дж}^{розр}$, яка дорівнює площі поверхні підставки відбивача і що має розрахункову температуру $T_{дж}^{розр}$ постійну по всій поверхні.

Розрахункову температуру $T_{дж}^{розр}$ умовно-прямокутного джерела визначимо, виходячи з такої передумови: загальна потужність теплового потоку від випромінювальної труби і відбивача на поверхню приміщення (підлоги) визначається сумою потужностей відповідних складових, що знаходяться на підставі відомої класичної формули визначення потужності в системі двох довільних поверхонь [1].

Для виведення формули загальної потужності випромінювача введемо умовні позначення, показані на рис. 1.

Для *U*-подібного трубного випромінювача можна записати:

— потужність пальникової гілки випромінювальної труби на поверхню підлоги приміщення визначається за формулою:

$$Q_{1'3} = C_{1'3}^{зв} \Phi_{1'3} F_{1'} (T_{1'}^4 - T_3^4); \quad (1)$$

— потужність відхідної гілки випромінювальної труби на поверхню підлоги приміщення визначається за формулою:

$$Q_{1'3} = C_{1'3}^{3B} \Phi_{1'3} F_{1'} (T_{1'}^4 - T_3^4); \quad (2)$$

— потужність від внутрішньої поверхні корпусу відбивача на поверхню підлоги приміщення визначається за формулою:

$$Q_{23} = C_{23}^{3B} \Phi_{23} F_2 (T_2^4 - T_3^4). \quad (3)$$

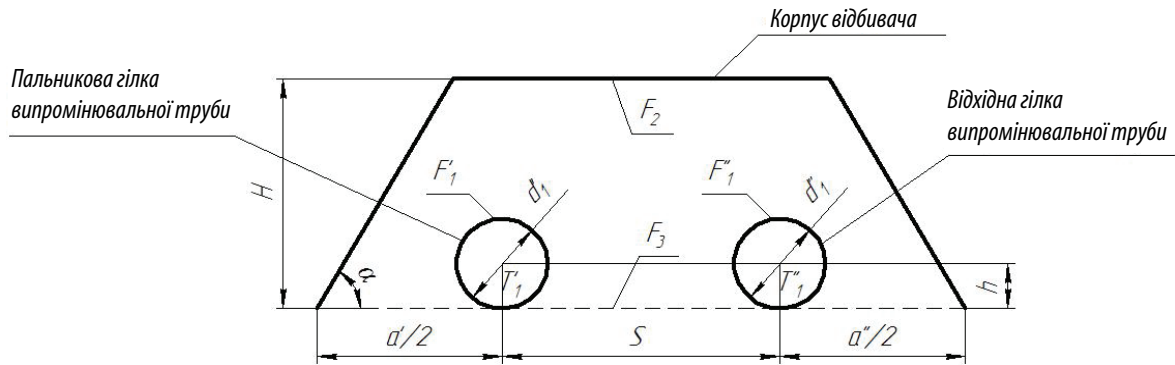


Рис. 1. Схема поперечного перерізу U-подібного випромінювача

Загальна потужність випромінювача дорівнює:

$$Q_3 = Q_{1'3} + Q_{1''3} + Q_{23}. \quad (4)$$

Вказану потужність Q_3 можна отримати також від одного умовно-прямокутного плоского джерела поверхнею $F_{дж}^{розр}$, що має розрахункову температуру $T_{дж}^{розр}$

$$Q_3 = Q_{дж,3} = C_{дж,3}^{3B} \Phi_{дж,3} F_{дж} (T_{дж}^4 - T_3^4), \quad (5)$$

де $C_{дж,3}^{3B}$ — зведений коефіцієнт випромінювання системи двох поверхонь: умовного прямокутного джерела і поверхні, що сприймає; $\Phi_{дж,3}$ — кутовий коефіцієнт з умовного прямокутного джерела на поверхню, що сприймає.

Зрівнявши ліві і праві частини рівняння (4) і (5), отримуємо формулу для оцінки $T_{дж}^{розр}$:

$$T_{дж}^{розр} = \sqrt[4]{\frac{C_{1'3}^{3B} \Phi_{1'3} F_{1'} (T_{1'}^4 - T_3^4) + C_{1''3}^{3B} \Phi_{1''3} F_{1''} (T_{1''}^4 - T_3^4) + C_{23} \Phi_{23} F_2 (T_2^4 - T_3^4) + C_{дж,3}^{3B} \Phi_{дж,3} F_{дж} T_3^4}{C_{дж,3}^{3B} \Phi_{дж,3} F_{дж}^{розр}}}. \quad (6)$$

Параметри в правій частині формули або відомі за вихідними даними, або визначаються в попередньому розрахунку зовнішнього променистого теплообміну [2, 3] в системі поверхонь: «випромінювальна труба—відбивач—поверхня приміщення (підлоги)», за виключенням $C_{дж,3}^{3B}$.

Зведений коефіцієнт $C_{дж,3}^{3B}$ можна оцінити, в першому наближенні, застосовуючи усереднення зведених коефіцієнтів випромінювання $C_{1'3}^{3B}$, $C_{1''3}^{3B}$, від пальникових гілок і відхідних гілок та C_{23}^{3B} від відбивача:

$$C_{дж,3}^{3B} = \frac{C_{1'3}^{3B} F_{1'} + C_{1''3}^{3B} F_{1''} + C_{23}^{3B} F_2}{F_{1'} + F_{1''} + F_2}. \quad (7)$$

Використовуючи набуте значення $C_{дж,3}^{зв}$, визначимо зведене значення коефіцієнта поглинання цієї системи поверхонь:

$$A_{дж,3} = \frac{C_{дж,3}^{зв}}{C_0}. \quad (8)$$

Кутовий коефіцієнт $\varphi_{дж,3}$ приймаємо рівним 1, оскільки вся випромінювана енергія від умовного джерела падає на поверхню, що сприймає.

Чисельний розрахунок значень $T_{дж}^{розр}$, $C_{дж,3}^{зв}$, $A_{дж,3}$ проведено за таких вихідних даних: висота корпусу випромінювача $H = 0,18$ м; відстань від нижньої кромки випромінювача до осі симетрії випромінювальних труб $h = 0,05$ м; площа поверхні пальникової труби і відхідної труби $F_1' = F_1'' = 0,314$ м²; площа поверхні корпусу випромінювача $F_2 = 0,816$ м²; площа променесприймальної поверхні $F_3 = 0,6$ м²; кут нахилу бічної стінки випромінювача до горизонту $\alpha = 60^\circ$ діаметр пальникової гілки і відхідної гілки $d_1' = d_1'' = 0,1$; відстань між пальниковою гілкою і відхідною гілкою, $S = 0,3$ м; відстань від осі симетрії і пальникових гілок і відхідних гілок до нижніх кромок випромінювача $a_1/2 = a_2/2 = 0,15$ м.

Розрахунок кутових коефіцієнтів $\varphi_{1'3}$, $\varphi_{1''3}$, φ_{23} , і зведених коефіцієнтів випромінювання $C_{1'3}^{зв}$, $C_{1''3}^{зв}$, $C_{23}^{зв}$ здійснюється за формулами [2, 3]. Розрахунок за формулами (6—8) дає такі результати: $T_{дж}^{розр} = 666$ К, $C_{дж,3}^{зв} = 3,433 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м²К⁴), $A_{дж,3} = 0,605$.

Проведено другий варіант розрахунку з використанням значення температур пальника, відхідних гілок і поверхні відбивача за формулою усереднення [4]

$$T_{дж}^{розр} = \frac{T_1' F_1' + T_1'' F_1'' + T_2 F_2}{F_1' + F_1'' + F_2} = \frac{800 \cdot 0,314 + 500 \cdot 0,314 + 610 \cdot 0,816}{0,314 + 0,314 + 0,816} = 627 \text{ К.}$$

Порівняння розрахункових значень теплової потужності для двох отриманих температур 666 К та 627 К дає такі результати:

$$Q_{дж,3} = C_{дж,3}^{зв} \varphi_{дж,3} F_{дж} (T_{дж}^4 - T_3^4) = 3,433 \cdot 10^{-8} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot (666^4 - 290^4) = 3906, \text{ Вт};$$

$$Q_{дж,3'} = 3,433 \cdot 10^{-8} \cdot 1 \cdot 0,6 \cdot (627^4 - 290^4) = 3037, \text{ Вт.}$$

Відношення розрахункових значень потужності за різних температур — при $T_{дж}^{розр} = 666$ К (з урахуванням кутових коефіцієнтів випромінювання і зведених випромінювальних здатностей системи) і при $T_{дж}^{розр} = 627$ К (за формулою усереднення)

$$Q_{дж,3}/Q_{дж,3'} = 3906/3037 = 1,286.$$

Видно, що значення потужності променистого потоку з урахуванням геометричних і оптичних характеристик випромінювача (пальникової гілки та відхідної гілки випромінювальної труби і відбивача) відрізняється на 28,6 % від потужності, визначеної лише з урахуванням температур вказаних елементів випромінювача. Вважаємо, що запропонований підхід до визначення розрахункової температури умовно-прямокутного випромінювача є обґрунтованим і достовірнішим. Тому його можна рекомендувати для інженерних розрахунків.

Висновки

1. Система поверхонь випромінювальної труби (пальникової гілки та відхідної гілки випромінювальної труби) і відбивача «темного» трубного U-подібного випромінювача представлена у вигляді умовно-прямокутного джерела теплоти.

2. Отримано формулу для визначення розрахункової температури випромінювача з урахуванням геометричних і оптичних характеристик елементів випромінювача.

3. Проведено порівняльний аналіз розрахункових значень потужності променистого потоку для різних значень температури випромінювача (за запропонованою залежністю і формулою усереднення). Показано, що в інженерних розрахунках доцільно визначати $T_{дж}^{розр}$ за запропонованою формулою.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Блох А. Г. Теплообмен излучением: справ. / А. Г. Блох, Ю. А. Журавлев, Л. Н. Рыжков. — М. : Энергоатомиздат, 1991. — 432 с.
2. Алексеев Г. Ф. Методика расчета угловых коэффициентов при отоплении «темными» U-образными трубными излучателями / Г. Ф. Алексеев, А. В. Яковлева // Техническая теплофизика и промышленная теплоэнергетика. — Днепропетровск : НМетАУ. — 2010. Вып. 2. — С. 5—11.
3. Яковлева А. В. Полезная лучистая мощность U-образного «темного» трубного излучателя / А. В. Яковлева, А. М. Павленко // Математичне моделювання. — Дніпродзержинськ: ДГТУ. — 2011.
4. Исаченко В. П. Теплопередача : підруч. / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. — М. : Энергоиздат, 1981. — 416 с.

Рекомендована кафедрою теплоенергетики

Стаття надійшла до редакції 12.04.2013
Рекомендована до друку 27.04.2013

Яковлева Олександра Віталіївна — аспірантка кафедри теплоенергетики,
Запорізька державна інженерна академія, Запоріжжя;
Павленко Анатолій Михайлович — професор кафедри промислової теплоенергетики.
Дніпродзержинський державний технічний університет, Дніпродзержинськ