

постачання”. – К.: КНУБА, 2006. – Вип. 10. – С. 80–88. 5. Лабай В.Й., Омельчук О.В. Залежність температурного режиму split-кондиціонерів від їх продуктивності за повітрям на випарнику і конденсаторі // Вісник НУ „Львівська політехніка” „Теплоенергетика. Інженерія довкілля. Автоматизація”. – 2006. – № 561. – С. 20–25. 6. Богданов С.Н., Иванов О.П., Куприянова А.В. Холодильная техника. Свойства веществ: Справочник. – 3-е изд. – М.: Агропромиздат, 1985. – 208 с. 7. Лабай В.Й., Омельчук О.В., Ярослав В.Ю. Ексергетична оцінка роботи місцевих автономних кондиціонерів „Sanuo” // Вісник НУ „Львівська політехніка” „Теорія і практика будівництва”. – 2005. – № 545. – С. 108–113. 8. Богословский В.Н., Кокорин О.Я., Петров Л.В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1985. – 367 с. 9. Sanuo, Technical data, W-Eoo Multi. G0900.

УДК 658.264

В.С. Латик, В.Ю. Ярослав

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра теплогазопостачання і вентиляції

ОСОБЛИВОСТІ РОЗРОБЛЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ КУТОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ОПРОМІНЕННЯ МІЖ ПОВЕРХНЯМИ У ПРИМІЩЕННІ

© Латик В.С., Ярослав В.Ю., 2008

Розроблено повну систему рівнянь загального теплообміну у приміщенні для розроблення алгоритму розрахунку коефіцієнтів опромінення між поверхнями, довільно орієнтованими в просторі.

Full equations system of common heat exchange in a room for working out of calculation order of radiant coefficient between surfaces that are anyhow orientated in the space is design.

Постановка проблеми. Енергоспоживання системами забезпечення мікроклімату значною мірою залежить від правильного визначення їх теплової і холодильної потужності. Як відомо, під час теплообмінних процесів в приміщеннях беруть участь усі поверхні, повітряні струмени і внутрішнє повітря. Зокрема, під час розрахунку теплообміну між поверхнями в приміщеннях, які є різної форми і можуть довільно бути орієнтовані в просторі, їх величина істотно залежить від точності визначення кутових коефіцієнтів між теплообмінними поверхнями. Для того, щоб їх визначити, потрібно розробити повну систему рівнянь, яка дала б можливість розробити математичну модель розрахунку кутових коефіцієнтів опромінення між поверхнями.

Аналіз останніх досліджень. Розрахункові внутрішні умови у приміщеннях визначаються температурою внутрішнього повітря, радіаційною температурою внутрішніх поверхонь, відносною вологістю та швидкістю руху повітря. Поверхні в приміщеннях можуть мати як різну температуру, так і довільно бути розміщеними по відношенню одна до одної.

Сьогодні відомо аналітичні залежності для визначення кутових коефіцієнтів опромінення між прямокутниками, розміщеними в паралельних і перпендикулярних площинах, а також в площинах, розміщених під різним кутом з однією спільною стороною [1, 2, 3]. Отримання аналітичних виразів для визначення кутових коефіцієнтів опромінення, зокрема між плоскими чотирикутниками, довільно орієнтованими в просторі, виникають значні математичні ускладнення.

Мета роботи – скласти повну систему рівнянь загального теплообміну у приміщенні для розроблення алгоритму розрахунку коефіцієнтів опромінення між поверхнями, довільно орієнтованими в просторі.

Викладення основного матеріалу. У загальному теплообміні в приміщеннях беруть участь усі поверхні, повітряні потоки та повітря, що знаходиться в приміщенні [3], тобто зовнішні та внутрішні стіни, вікна, поверхні технологічного і побутового призначення, нагрівальні прилади систем опалення.

Загальний теплообмін в приміщенні можна подати у такому вигляді:

$$\begin{aligned} & \{ [\sum K_{33,i}(t_{ум,i} - t_{33,i}) + \sum c_o e_{пр,33-i} \epsilon_{33-i}(t_{33,i} - t_i) j_{33-i} + \\ & + a_{к,33,i}(t_{33,i} - t_B)] \cdot F_{33,i} + Q_{ср,i} \} + \\ & + \{ [\sum K_{в3,i}(t_{см,i} - t_{в3,i}) + \sum c_o e_{пр1,в3-i} \epsilon_{в3-i}(t_{в3,i} - t_i) j_{в3-i} + \\ & + a_{к1,в31,i}(t_{в31,i} - t_B)] \cdot F_{в3,i} \} + \\ & + \{ [\sum c_o e_{пр1,тх-i} \epsilon_{тх-i}(t_{тх,i} - t_i) j_{тх-i} + \\ & + a_{к1,тх1,i}(t_{тх1,i} - t_B)] \cdot F_{тх,i} \} + \\ & + [\sum a_{к,i}(t_i - t_B) \cdot F_i + G_{пр} \cdot c(t_{пр} - t_{вик})] + Q_{вд} = 0, \end{aligned}$$

в якому K_{33} , $K_{в3}$ – коефіцієнти теплопередачі відповідно зовнішніх та внутрішніх захищень, Вт/(м²·°C); $t_{ум}$ – умовна температура зовнішнього повітря, °C; t_B ; $t_{см}$; $t_{пр}$; $t_{вик}$ – температура внутрішнього повітря і в суміжних приміщеннях, припливного і викидного повітря, °C; τ_{33} , $\tau_{в3}$, $\tau_{тх}$ – температура на внутрішній поверхні зовнішніх і внутрішніх захищень, гарячих і охолоджених поверхонь технологічного і побутового обладнання, °C; c_o – випромінювання абсолютно чорною поверхнею, Вт/(м²·К⁴); $\epsilon_{пр}$ – приведений абсолютний коефіцієнт випромінювання; ϵ_{33} , $\epsilon_{в3}$, $\epsilon_{тх}$ – температурний коефіцієнт для відповідних поверхонь, °C; ϕ_{33} , $\phi_{в3}$, $j_{тх}$ – коефіцієнти опромінення з поверхонь зовнішніх і внутрішніх захищень, технологічного і побутового обладнання; F_{33} , $F_{в3}$, $F_{тх}$ – площа поверхонь відповідно зовнішніх і внутрішніх захищень, технологічного обладнання, м²; α_k – коефіцієнти конвективного теплообміну, Вт/(м²·°C); $G_{пр}$ – кількість припливного повітря, кг/год; C – питома теплоємність припливного повітря, кДж/(кг·°C); $Q_{ср}$ – теплонадходження від сонячної радіації, Вт/м²; $Q_{вд}$ – теплонадходження від внутрішніх джерел, Вт.

Для розроблення алгоритму розрахунку кутових коефіцієнтів опромінення між поверхнями було використано рівняння площини, яка проходить через три точки, які не лежать на одній прямій з координатами (X_S , Y_S , Z_S) $S = 1, 2, 3$ [4]:

$$A_X + B_Y + C_Z + D = 0,$$

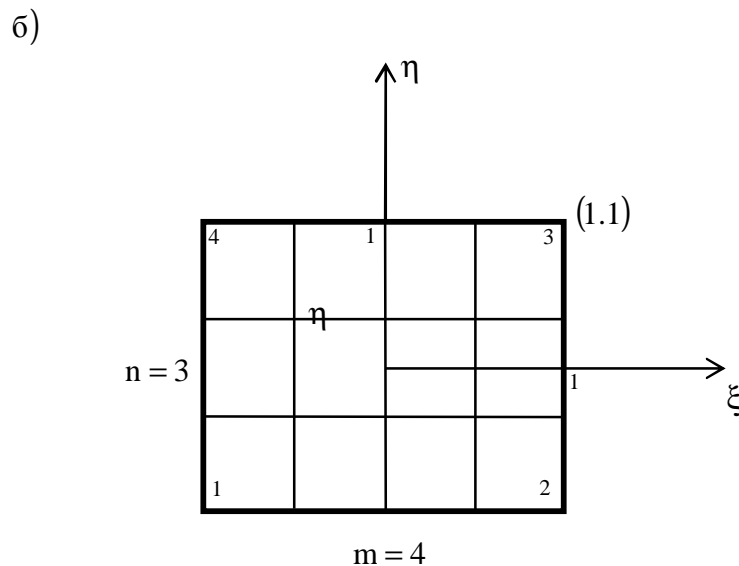
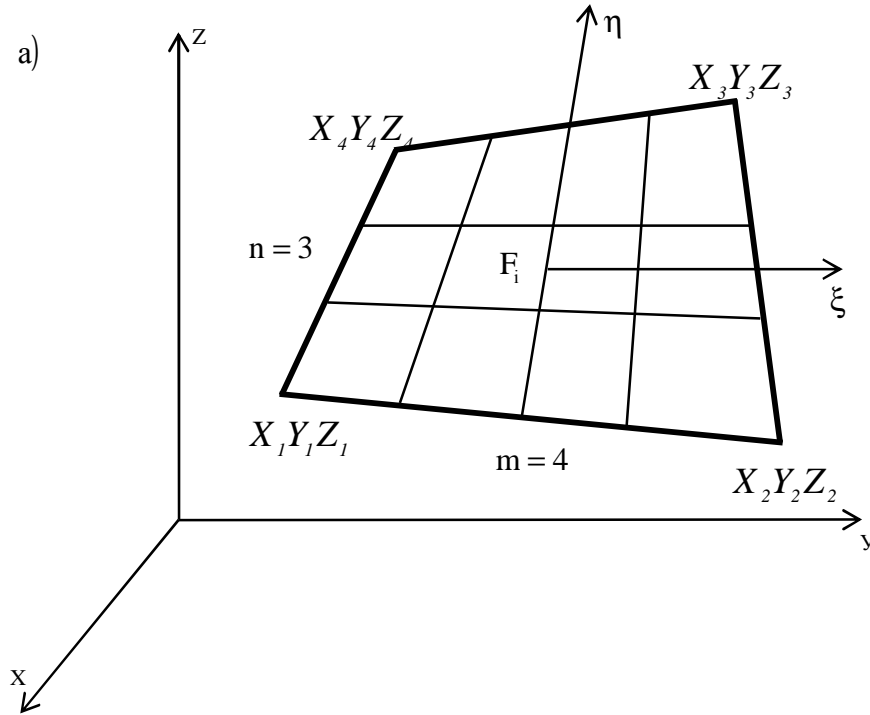
в якому

$$A = \begin{vmatrix} Y_1 & Z_1 & 1 \\ Y_2 & Z_2 & 1 \\ Y_3 & Z_3 & 1 \end{vmatrix}; \quad B = \begin{vmatrix} Z_1 & X_1 & 1 \\ Z_2 & X_2 & 1 \\ Z_3 & X_3 & 1 \end{vmatrix};$$

$$C = \begin{vmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \end{vmatrix}; \quad D = - \begin{vmatrix} Z_1 & X_1 & 1 \\ Z_2 & X_2 & 1 \\ Z_3 & X_3 & 1 \end{vmatrix}.$$

Для числового знаходження коефіцієнтів опромінення між плоскими чотирикутними поверхнями, довільно орієнтованими в просторі, використаємо метод прямокутників.

Для побудови сітки на довільному чотирикутнику F_i в плоскій декартовій системі координат (x, y) [5] (рис. 1, а) розглянемо в системі координат $(\xi; \eta)$ квадрат $|\xi| \leq 1, |\eta| \leq 1$ (рис. 1, б).



Побудова сітки на чотирикутнику: а – в координатах X, Y, Z ;
б – в плоскій декартовій системі координат $(\xi; \eta)$

На цьому квадраті побудуємо задану сітку $m \times n$ елементів, а далі конформно відобразимо його на вихідний чотирикутник за допомогою такого перетворення координат:

$$X = \sum_{i=1}^4 x_i \varphi_i(\xi; \eta);$$

$$Y = \sum_{i=1}^4 y_i j_i(x; h);$$

$$Z = \sum_{i=1}^4 z_i \varphi_i(\xi; \eta),$$

у яких φ_i – функції, задані рівняннями

$$\varphi_1(\xi; \eta) = \frac{1}{4} (1 - \xi)(1 - \eta);$$

$$\varphi_2(\xi; \eta) = \frac{1}{4} (1 + \xi)(1 - \eta);$$

$$\varphi_3(\xi; \eta) = \frac{1}{4} (1 + \xi)(1 + \eta);$$

$$\varphi_4(\xi; \eta) = \frac{1}{4} (1 - \xi)(1 + \eta).$$

Кути β_i , β_j і відстань r_{ij} між елементарними площинами ΔF_i і ΔF_j визначимо через рівняння прямої, що проходить через дві точки з координатами $(\alpha_i; \beta_i; \gamma_i)$ та $(\alpha_j; \beta_j; \gamma_j)$ [6].

Висновок. Внаслідок проведеного аналізу розроблено математичну модель загального теплообміну в приміщенні для розроблення алгоритму розрахунку коефіцієнтів опромінення між поверхнями, довільно орієнтованими в просторі. На прикладі опромінення між прямокутними поверхнями, орієнтованими в перпендикулярних площинах, встановлено, що під час розрахунку алгебраїчним методом $\varphi_{1-2} = 0,10529$, а за розробленим алгоритмом розрахунку $\varphi = 0,10520$ за точності обчислень $\varepsilon = 0,001$.

1. Табунициков Ю.А., Патокин В.Д., Байриев А.Ч. К расчету лучистого теплообмена в помещении // Санитарная техника: Сб. науч. тр./ М-во высш., сред. спец. образования ТССР. – Ашхабад, 1982. – С. 120–123. 2. Спэрроу Э.М., Сесс Р.Д. Теплообмен излучением / Пер. с англ. С.З. Сориц, Л.М. Сорокопуда; Под ред. А.Г. Блоха. – Л.: Энергия, 1971. – 294 с. 3. Богословский В.Н. Тепловой режим здания. – М.: Стройиздат, 1979. – 248 с. 4. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Пер. с англ. И.Г. Арамановича, А.М. Березмана, И.А. Вайнштейна и др.; Под ред. И.Г. Арамановича. – М.: Наука, 1984. – 832 с. 5. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация / Пер. с англ. В.И. Квасова; Под ред. Н.С. Бахвалова. – М.: Мир, 1986. – 318 с. 6. Латик В.С. Розробка алгоритму розрахунку коефіцієнтів опромінення між поверхнями, довільно орієнтованими в просторі // Вісник НУ «Львівська політехніка» «Теплоенергетика. Інженерія доквілля. Автоматизація». – 2002. – № 460. – С. 186–188.