

УДК 697.34

© С. В. Вологдин, А. С. Краснов

РАСЧЕТ НЕСТАЦИОНАРНОГО ТЕПЛООБМЕНА ПОМЕЩЕНИЙ

Ключевые слова: теплообмен, тепловой баланс, ограждение.

Abstract. In given clause statement of a problem of non-stationary heat exchange of several premises is considered. The mathematical model is developed, allowing to define temperature in premises and walls for the certain period of time.

Введение

На теплоснабжение зданий и сооружений расходуется 40% добываемого топлива, поэтому даже незначительное снижение теплотерь зданиями обеспечивает существенную экономию теплоэнергетических ресурсов. Потери тепла происходят через наружные ограждения, имеющие значительный удельный вес в стоимости здания. Защищая помещения от внешних климатических воздействий, они должны обеспечить требуемые параметры микроклимата, соответствующие условиям протекания в них функциональных процессов.

§ 1. Постановка задачи расчета нестационарного теплообмена нескольких помещений

Рассматривается задача нестационарного теплообмена в здании с p помещениями. Производится расчет внутренних температур помещений и температурных профилей внутренних и внешних ограждений.

Допущения математической модели:

- 1) температура воздуха в каждом помещении считается одинаковой по всему его объему;
- 2) температурное поле внутри стен является одномерным и температура зависит только от глубины положения точки внутри стены;
- 3) не учитывается наличие внутренних предметов в помещениях.

Внутренняя температура воздуха в помещениях является переменной величиной во времени и находится из решения дифференциального уравнения (1.1)

Уравнение теплового баланса воздуха для помещений:

$$c_{vp}m_{vp}\frac{dT_{vp}(t)}{dt} = Q_{up} - \sum_{i=1}^r q_{ip}^{ok} F_{ip}^{ok} - \sum_{k=1}^m q_k F_k a_{kp} - \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^2 q_{jl} F_j b_{jp}, \quad p = 1..P, \quad (1.1)$$

где P – количество помещений в здании; n – количество внутренних ограждений в здании; m – количество внешних стен в здании; a_{kp} – принимает значение 1, если k -ое ограждение принадлежит p -му помещению, иначе 0; b_{jp} – принимает значение 1, если j -ое ограждение принадлежит p -му помещению, иначе 0; $T_{vp}(t)$ – внутренняя температура воздуха в p -м помещении; Q_{up} – теплоприход от отопительных приборов в p -м помещении; q_{ip}^{ok} – плотность теплового потока в p -м помещении через i -ое окно; F_{ip}^{ok} – площадь i -ого окна в p -м помещении; q_k^{st} – плотность теплового потока к k -ому внешнему ограждению, F_k – площадь k -ого внешнего ограждения, $q_j^{vn.ogr}$ – плотность теплового потока к j -ому внутреннему ограждению, $F_j^{vn.ogr}$ – площадь j -ого внешнего ограждения; индекс l принимает значение 1, если рассматривается первое помещение, граничащее со стеной и 2, если второе.

Температурный профиль стен определяется из решения уравнения теплопроводности (1.2)

$$m = \sum_{p=1}^{KP} m_p c_k \rho_k \frac{\partial T_k(x,t)}{\partial t} = \lambda_k \frac{\partial^2 T_k(x,t)}{\partial x^2}, \quad (1.2)$$

$$k = 1..m, \quad m+1..m+n,$$

где c_k - удельная теплоемкость k -ой стены, ρ_k - плотность стены, λ_k - удельная теплопроводность стены, $T_k(x, t)$ - температура стены в точке x в момент времени t .

Граничные условия на поверхности внутренних ограждений определяются из уравнений (1.3), (1.4):

$$\lambda_k \frac{\partial T_k(0, t)}{\partial x} F_k = q_k F_k, \quad (1.3)$$

$$-\lambda_k \frac{\partial T_k(\delta, t)}{\partial x} F_k = q_k F_k. \quad (1.4)$$

Граничные условия на поверхности внешних ограждений определяются из уравнений (1.5), (1.6):

$$\lambda_j \frac{\partial T_j(0, t)}{\partial x} F_j = q_j F_j, \quad (1.5)$$

$$-\lambda_j \frac{\partial T_j(\delta, t)}{\partial x} F_j = q_j F_j. \quad (1.6)$$

Начальные условия задаются уравнением (1.7):

$$T_k(x, 0) = T_k^{(0)}(x). \quad (1.7)$$

Плотность тепловых потоков определяется из уравнений (1.8)-(1.11):

Для внутренних поверхностей наружных ограждений

$$q_k^{st} = \alpha_v (T_{vPS_k}(t) - T_k(0, t)) \quad k = 1..m, \quad (1.8)$$

где PS - вектор, в котором k -ый элемент - это номер помещения, которому принадлежит k -ое ограждение.

Для внешних поверхностей наружных ограждений:

$$q_k^{nar} = \alpha_{nar} (T_{nar}(t) - T_k(\delta_k, t)) \quad k = 1..m, \quad (1.9)$$

где α_v , α_{nar} - это коэффициенты теплоотдачи соответственно внутренней и наружной стенки, значения которых берутся из СНИПа[1].

Для внутренних поверхностей наружных ограждений:

$$q_{jl}^{st} = \alpha_v (T_{vPS2_{jl}}(t) - T_j(0, t)) \quad j = 1..n; \quad l = 1..2, \quad (1.10)$$

где $PS2_{n \times 2}$ - матрица, в которой элементы $PS2_{j1}$ и $PS2_{j2}$ - это, соответственно, номера первого и второго помещений, которым принадлежит j -ое ограждение.

Для остекления:

$$q_{ip}^{ok} = K_{ip}^{ok} (T_{vp}(t) - T_{nar}(t)). \quad (1.11)$$

Теплоприход от приборов задается функцией следующего вида:

$$Q_{up} = A_p \cdot (T_{потр} - T_{vp}), \quad (1.12)$$

где A_p - коэффициент, определяющий количество теплоты, поступающее от приборов в p -ое помещение, при разнице между средней температурой приборов $T_{потр}$ и температурой воздуха в помещении T_{vp} в 1°C .

* * *

1. СНиП II-3-79. Строительная теплотехника. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1998. 51с.
2. Богословский В.Н., Сканава А.Н. Отопление. М.: Стройиздат, 1991. 736с.