В ы в о д ы

1. Стоимость внутренней тупиковой водопроводной сети жилых зданий высотой 5 и 9 этажей уменьшится, если эту сеть разбить на отдельные самостоятельные сети по длине здания. 2. В жилых 5...9-этажных домах величиной до 7 секций следует назначать один ввод, по возможности ближе к центру. 3. При большем количестве секций наивыгоднейшее количество отдельных сетей в здании растет. При выборе их числа можно руководствоваться табл. 1.

Л и т е р а т у р а

1. Инструкция по определению экономической эффективности капитальных вложений в строительстве. М., 1972. 2. СНиП П-30-76. Внутренний водопровод и канализация зданий. М., 1977. 3. Г л е з е р А.Л. Зонные системы водоснабжения микрорайонов с застройкой зданиями разной этажности. – В сб.:Борьба с потерями воды в промышленности и коммунальном хозяйстве. М., 1969. 4. Сборник норм накладных расходов в строительстве, введенных в действие с 1.01.1969 г. М., 1970. 5. Укрупненные сметные нормы на конструкции и виды работ. Здания и сооружения жилищно-гражданского назначения. Сборник № 9-6. Н. Внутренние канализация, холодное и горячее водоснабжение, газоснабжение и водостоки в жилых зданиях. М., 1977.

УДК 536.24:532.542

А.Е. Е л и с е е в, Р.С. Л е в и т и н,
И.В. Т р а в н и ц к а я

КОНВЕКТИВНО-КОНДУКТИВНАЯ ЗАДАЧА НА СОПРЯЖЕНИЕ ДЛЯ ЖИДКОСТЕЙ, ТЕКУЩИХ В КРУГЛЫХ ПЕРФОРИРОВАННЫХ ТРУБАХ

Уравнение теплопереноса осесимметричного потока жидкости в цилиндрических координатах при установившемся прямолинейном потоке имеет вид [1, 2]:

$$\lambda_1 \left(\frac{\partial^2 T_1}{\partial R^2} + \frac{1}{R} \frac{\partial T_1}{\partial R} + \frac{\partial^2 T_1}{\partial x^2} \right) = c_1 \rho_1 \omega_x \frac{\partial T_1}{\partial x} . \qquad (1)$$

Конвективно-кондуктивную задачу на сопряжение для круглой трубы поставим следующим образом [3, 4...7, 9]: определить температурные поля в жидкости и в стенке трубы при условии непрерывности неизвестных температур и тепловых потоков на внутренней поверхности трубы. Математическая формулировка состоит в следующем: решить совместно уравнение (1) и следующее

$$a_2 \frac{\partial^2 T_2}{\partial R^2} = 0 \quad (R_1 \leq R \leq R_2 \ ; \quad x \geq 0) \tag{2}$$

при граничных условиях сопряжения

$$T_1(R_1 - , x) = T_2(R_2 + , x) ,$$

$$\lambda_1 \frac{\partial T_1(R_1 - , x)}{\partial R} = \lambda_2 \frac{\partial T_2(R_1 + , x)}{\partial R} ,$$

где λ_1, λ_2 – коэффициенты теплопроводности жидкости и стенки трубы.

Кроме того, предполагаем, что

$$T_1 \ (0, x) < \infty \quad ,$$

$$-\lambda_2 \frac{\partial T_2(R_2 x)}{\partial R} + \alpha\left[T_c - T_2 \ (R_2, x)\right] = 0 ,$$

где α – коэффициент теплообмена; T_c – постоянная температура внешней среды (воздуха).

Рассмотрим теплообмен при движении воды в коаксиальном трубопроводе, когда скорость движения воды убывает по экспотенциальному закону по оси перфорированного трубопровода [8, 9]. Например, во внутренней трубе

$$\omega_x = \frac{Q_o}{\omega} \exp\left(-k \frac{x}{L}\right) . \tag{3}$$

Решаем сопряженную задачу для внутренней трубы, так как для внешней трубы задача однотипная. Предполагается, что стенки трубопровода достаточно тонкие, поэтому уравнение теплопроводности можно было записать в виде (2). Введем безразмерные переменные

$$\theta_i = \frac{T_i}{T_o}, \ i = 1,2; \quad \xi = \frac{R}{R_2}, \ X = \frac{x}{R_2} , \tag{4}$$

где T_o – постоянная температура на входе трубы. Пренебрегаем членом $\partial^2 \theta_1 / \partial X^2$ при $Pe \geq 11$, где $Pe = \frac{\bar{V}D}{a_1}$ – –

число Пекле, ($\bar{v}$ – средняя по сечению скорость основного потока; $a_1 = \dfrac{\lambda_1}{c_1 \rho_1}$ – температуропроводность жидкости; $D = 2R_2$ – диаметр). Тогда уравнение (1) примет вид

$$\frac{\partial^2 \theta_1}{\partial \xi^2} + \frac{1}{\xi} \frac{\partial \theta_1}{\partial \xi} = Pe \frac{\omega_x}{\bar{v} D} \frac{\partial \theta_1}{\partial X}, \qquad (5)$$

$$0 \leq \xi \leq R_1 / R_2; \qquad X \geq 0$$

и сопряженная задача в безразмерном виде записывается следующим образом:

$$\frac{\partial^2 \theta_2(\xi, X)}{\partial R^2} = 0, \qquad \frac{R_1}{R_2} \leq R \leq 1; \quad X \geq 0.$$

Условия сопряжения следующие:

$$\theta_1(\xi, X)\Big|_{\xi = \delta -} = \theta_2(\xi, X)\Big|_{\xi = \delta +},$$

где $\delta = R_1 / R_2$;

$$\lambda_1 \frac{\partial \theta_1}{\partial \xi}\Big|_{\xi = \delta -} = \lambda_2 \frac{\partial \theta_2}{\partial \xi}\Big|_{\xi = \delta +}.$$

Далее имеем $\theta_1(0, X) < \infty$,

$$-\lambda_2 \frac{\partial \theta_2(1, X)}{\partial R} + Bi\left[\theta_c - \theta_2(1, X)\right] = 0,$$

где $\theta_c = \dfrac{T_c}{T_o}$.

Используя преобразование Лапласа по X, решение задачи можно представить в виде

$$T_1(\xi, X) - T_o = (T_c - T_o)\left\{1 - \sum_{n=1}^{\infty} A_n I_o(\mu_n \xi / \delta) \times \right.$$

$$\left. \times \exp(-\mu_n^2 f(X))\right\},$$

$$0 \leq \xi \leq \delta, \qquad f(X) = \frac{L\omega}{k R_2 Q_o} \frac{\bar{v} D}{Pe} \exp\left(k \frac{R_2 X}{L}\right),$$

где μ_n – корни характеристического трансцендентного уравнения относительно μ

$$Bi\, I_o(\mu) - K_\lambda \left[(Bi+1)K_R - Bi\right]\mu I_1(\mu) = 0 .$$

Здесь I_o, I_1 – функции Бесселя; Bi – критерии Био; $K_\lambda = \frac{\lambda_1}{\lambda_2}$, $K_R = \frac{R_2}{R_1}$. Коэффициенты A_n имеют вид

$$A_n = \frac{2Bi\, K_\lambda (K_R - 1)\ (1 - Bi\, \mu_n)}{\mu_n I_o(\mu_n)[K_\lambda^2 (K_R - 1)^2 \mu_n^2 (1+2Bi) + Bi^2]},$$

$$T_2(\xi, X) - T_o = (T_c - T_o) \langle 1 - \sum_{n=1}^{\infty} A_n \{ I_o(\mu_m) -$$

$$-K_\lambda (\xi/\delta - 1)\mu_n\ I_1(\mu_n) \} \exp(-\mu_n^2 f(X)) \rangle ,$$

$$\delta \leq \xi \leq 1; \quad X \geq 0 .$$

Вычислим поток тепла

$$q(X) = -\lambda_1 \left. \frac{\partial T_1}{\partial R} \right|_{R = R_1 -} =$$

$$= -\lambda_1 (T_c - T_o) \frac{1}{R_1} \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n A_n I_1(\mu_n) \exp(-\mu_n^2 f(X)) .$$

Поэтому число Нуссельта

$$N_{u_1} = \frac{q(X)\, R_1}{\lambda_1 (T_o - T_c)} = \sum_{n=1}^{\infty} \mu_n A_n I_1(\mu_n) \exp(-\mu_n^2 f(X)) .$$

Полученные ряды быстро сходятся,и для инженерных расчетов достаточно взять 3...4 первых члена ряда.

Л и т е р а т у р а

1. Кутателадзе С.С. Основы теории теплообмена. Новосибирск, 1970. 2. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. М., 1970. 3. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М., 1967. 4. Лыков А.В. и др. Сопряженный стационарный конвективный теплообмен пластины в газовом потоке. – ДАН

СССР, 1971, т.197, №1. 5. Травницкая И.В., Левитин Р.С. Нелинейная задача теплопроводности при граничных условиях четвертого рода.- ДАН БССР, 1970, т.XIУ, №9. 6. Левитин Р.С., Травницкая И.В. Решение методом возмущения задач на сопряжение: системы уравнений теплопроводности и смешанной системы. – Тр. 4-го Всесоюз. совещания по тепло- и массообмену "Тепло- и массоперенос". Т.8. Минск, 1972. 7. Шимко К.И., Елисеев А.Е. Исследование движения воды в перфорированных трубах, заключенных в ограниченном объеме жидкости. – В сб.: Вопросы водного хозяйства. Минск, 1974. 8. Шимко К.И., Елисеев А.Е. Уравнение движения жидкости в перфорированных трубопроводах постоянного поперечного сечения с учетом закона раздачи расхода вдоль пути. – В сб.: Водное хозяйство Белоруссии. Вып. 5. Минск, 1975. 9. Luikov A.V. ets. Heat Transfer from a plate in a compressible gas flom. – J. Heat Mass Transfer, 1970, vol. 13.

УДК 551.578.463

П.И. Закржевский

ИСПАРЕНИЕ С ПОВЕРХНОСТИ СНЕГА

Испарение с поверхности снега в холодный период составляет в ряде случаев заметную долю от выпавших в зимний период осадков. Особенно существенны затраты твердых осадков на испарение в малоснежные зимы.

Запасы воды в снеге к началу снеготаяния определяют последующий весенний подъем уровней грунтовых вод и влагозапасы зоны аэрации, а значит, и режим работы мелиоративных систем, восполнение грунтовых вод на территориях осушительно-увлажнительных систем с грунтовым водохранилищем, с вертикальным дренажем, и являются фактором, необходимым при разработке методики прогноза водного режима осушаемых и прилегающих территорий.

Определение запасов воды в снеге к началу снеготаяния на осушаемых территориях, как правило, службой эксплуатации мелиоративных систем не производится. Не ведут таких наблюдений на территориях с гидромелиоративными системами и учреждения Гидрометеослужбы. Поэтому возникает необходимость расчета запасов воды в снеге к началу снеготаяния по изме-