

Туголуков Е. Н., Егоров С. Я., Подойницын С. А.

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА РАСЧЕТА ПАРОПРОВОДОВ

Работа выполнена под руководством к.т.н., доц. Егорова С. Я.

*Кафедра «Автоматизированное проектирование
технологического оборудования»*

Одним из этапов проектирования новых и модернизации существующих производств химической промышленности является проектирование паропроводных систем.

Оптимальное построение паровой сети является сложной и многоплановой задачей, так как при этом должны рационально организовываться и увязываться многочисленные потоки от источников к потребителям, характеристики и графики выхода и потребления которых диктуются технологическими процессами и, как правило, не могут быть изменены. Практически на всех предприятиях химической промышленности есть потребители греющего пара, для которых перерывы в подаче пара или резкое уменьшение его подачи, а также снижение давления недопустимы. Снижение давления греющего пара или его температуры у потребителей приводит к нарушению технологических режимов и как следствие может резко снизить производительность установки или полностью остановить процесс.

Так как возможно множество вариантов проектных решений, то возникает задача нахождения оптимального варианта, при котором достигался бы минимум одного или нескольких критериев оптимальности и выполнялись все ограничения. В качестве критерия оптимальности, как правило, выступают приведенные экономические затраты. Основными составляющими экономических затрат на эксплуатацию паропроводной сети являются тепловые потери. На практике при проектировании и реконструкции паропроводов используют упрощенные методики тепловых расчетов, основанные на эмпирических зависимостях, которые не ориентированы на полномасштабное использование средств современной компьютерной техники. В практике большинства промышленных предприятий ремонт тепловой изоляции действующего оборудования и трубопроводов чаще всего осуществляется в соответствии со старыми проектами, в которые заложены устаревшие нормативные требования по тепловой изоляции. Опыт обследования промышленной теплоизоляции в натуральных условиях, накопленный институтом Теплопроект, указывает на высокие сверхнормативные потери тепла в промышленности, обусловленные как неудовлетворительным техническим состоянием теплоизоляционных конструкций оборудования и трубопроводов, так и возросшими

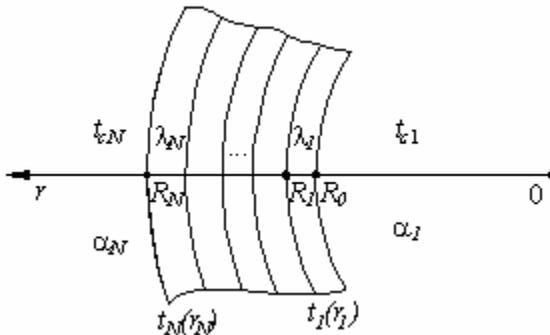
в последние годы требованиями к теплотехнической эффективности теплоизоляции.

Отличительной особенностью разрабатываемой системы расчета паропроводов является применение для тепловых расчетов методики расчета полей определяющих параметров на основе аналитических решений систем линейных дифференциальных уравнений в частных производных с соответствующими условиями однозначности [1]. Согласно этой методике тепловой расчет участка паропровода можно представить в виде двух задач, решаемых совместно:

1. расчет температурного поля многослойного цилиндра,
2. распределение тепла по каналу.

Температурное поле многослойного полого цилиндра

Рассмотрим стационарный случай, когда температура меняется по координате.



Общий вид уравнения теплопроводности:

$$\frac{d^2 t_i(r_i)}{d r_i^2} + \frac{1}{r} \frac{d t_i(r_i)}{d r_i} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, N; R_{i-1} \leq r_i \leq R_i; \quad (1)$$

Граничные условия:

$$\lambda_1 \frac{d t_1(R_0)}{d r_1} - \alpha_1 (t_1(R_0) - t_{c1}) = 0; \quad (2)$$

$$\lambda_N \frac{d t_N(R_N)}{d r_N} + \alpha_N (t_N(R_N) - t_{cN}) = 0; \quad (3)$$

$$t_j(R_j) = t_{j+1}(R_j); \quad \lambda_j \frac{d t_j(R_j)}{d r_j} = \lambda_{j+1} \frac{d t_{j+1}(R_j)}{d r_{j+1}}; \quad j = 1, 2, \dots, N-1. \quad (4)$$

α_i - коэффициент теплоотдачи,

λ_i - коэффициент теплопроводности.

Решение стационарной задачи (1)-(4) имеет вид:

$$t_i(r_i) = A_i + B_i \ln(r_i); \quad (5)$$

коэффициенты A_i и B_i находятся из граничных условий:

$$B_1 = \frac{t_{c1} - t_{c2}}{\ln(R_0) - \frac{\lambda_1}{R_0 \alpha_1} - \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \left(\ln(R_2) + \frac{\lambda_2}{R_2 \alpha_2} \right) + \lambda_1 \ln(R_1) \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2} \right)}, \quad (6)$$

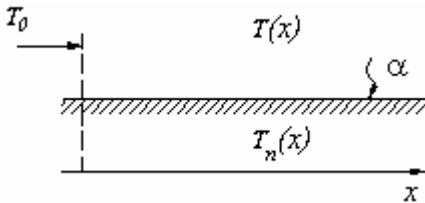
$$A_1 = t_{c1} - B_1 \left(\ln(R_0) - \frac{\lambda_1}{\alpha_1 R_0} \right), \quad (7)$$

$$B_i = \frac{\lambda_{i-1}}{\lambda_i} B_{i-1}, \quad (8)$$

$$A_i = A_{i-1} + B_{i-1} \ln(R_{i-1}) \left(1 - \frac{\lambda_{i-1}}{\lambda_i} \right). \quad (9)$$

Распределение тепла по каналу

Рассмотрим стационарный случай, когда температура меняется по координате.



$T(x)$ - температурное поле пара,

$T_n(x)$ - температура внутренней стенки трубы.

Общий вид уравнения теплопроводности:

$$\frac{dT(x)}{dx} + K \cdot T(x) = S(x) \quad (10)$$

$$K = \frac{\alpha \cdot \Pi}{G \cdot c} \quad (11)$$

$$S(x) = \frac{\alpha \cdot \Pi \cdot T_n(x)}{G \cdot c} \quad (12)$$

$\Pi = 2\pi R_0$ - периметр трубы,

G - массовый расход (кг/с),

c – теплоемкость потока.

Начальные условия:

$$T(0) = T_0 \quad (13)$$

Решение стационарной задачи (10)-(13):

$$T(x) = \exp(-Kx)(T_0 + K \cdot \int_0^x T_n(x) \cdot \exp(Kx) dx), \quad (14)$$

если рассматривать достаточно малый участок трубопровода, то можно принять: $T_n(x) = T_n = const$, тогда решение задачи (10)-(13) будет иметь

вид:

$$T(x) = T_n(T_0 - T_n) \exp(-Kx) \quad (15)$$

Решая совместно задачи (1)-(4) и (10)-(13), учитывая при этом падение давления на гидравлических сопротивлениях и теплопотери на опорах, мы можем найти температуру и давление пара в любой точке участка трубопровода, а также значения температуры и величину теплового потока на поверхности теплоизоляции.

Использование данного подхода в системе автоматизированного проектирования компоновки оборудования ХТС [2], разрабатываемой на кафедре АПТО ТГТУ позволит находить оптимальные проектные решения связанные с определением пространственного расположения тепло-трасс, расчетом их конструктивных параметров и выбором изоляции.

Список литературы

1. Туголуков Е.Н. Математическое моделирование технологического оборудования многоассортиментных химических производств. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. 100с.

2. Егоров С.Я., Громов М.С., Майоров С.П. Система автоматизированного проектирования размещения оборудования и трассировки трубопроводов в производственных помещениях. – Труды ТГТУ, Тамбов, 2003. Вып 13. С. 223-227.