

Щербин Сергей Анатольевич,

к.т.н., доцент, Ангарский государственный технический университет,
e-mail: dekan_ftk@angtu.ru

Колесниченко Виктор Александрович,

обучающийся, Ангарский государственный технический университет

Шарифулин Дмитрий Игоревич,

обучающийся, Ангарский государственный технический университет

**ВЛИЯНИЕ КОНТАКТНОГО ТЕРМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ
БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА**
Shcherbin S.A., Kolesnichenko V.A., Sharifulin D.I.
**INFLUENCE OF CONTACT THERMAL RESISTANCE OF BIMETALLIC
MATERIALS ON THE INTENSITY OF HEAT EXCHANGE**

Аннотация. Рассматривается влияние конструкционного материала теплообменных труб и контактного термического сопротивления теплопередающей поверхности на интенсивность теплообмена. Предлагается подход к определению контактного термического сопротивления. Показана необходимость учета контактного термического сопротивления при проектировании теплообменных аппаратов.

Ключевые слова: теплообмен, контактное термическое сопротивление, теплообменные трубы, биметалл.

Abstract. The influence of the structural material of heat exchange pipes and the contact thermal resistance of the heat transfer surface on the intensity of heat exchange is considered. An approach to the determination of contact thermal resistance is proposed. The necessity of taking into account the contact thermal resistance in the design of heat exchangers is shown.

Keywords: heat exchange, contact thermal resistance, heat exchange pipes, bimetal.

Аппараты воздушного охлаждения (АВО) широко применяются для конденсации паров и охлаждения высокотемпературных сред на пожаро- и взрывоопасных предприятиях, поскольку существенная доля теплоты в них отводится посредством естественной конвекции атмосферного воздуха, что является значимым для предотвращения аварийных ситуаций [1].

Как правило, коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности труб к воздуху значительно меньше коэффициента теплоотдачи от технологической среды к внутренней поверхности труб. Поэтому, для повышения эффективности АВО за счет увеличения площади поверхности теплообмена и коэффициента теплоотдачи от теплообменной поверхности к воздуху, наружную поверхность теплообменных труб выполняют ребренной. Кроме того, в качестве конструкционного материала теплообменных труб целесообразно применять алюминий, обладающий высоким коэффициентом теплопроводности λ при сравнительно малой плотности ρ (таблица 1). Также используются биметаллические трубы, состоящие из внутренней гладкой стальной или латунной трубы и наружной алюминиевой ребренной трубы [2, 3].

При использовании биметалла, в микроскопическом зазоре между внутренней и наружной трубами, заполненном воздухом, возникает дополнительное

контактное термическое сопротивление R_k , величину которого можно определить аналитически с учетом ряда допущений: твердые поверхности труб соприкасаются только вершинами профилей шероховатостей; площадь поверхности контакта пренебрежимо мала и весь тепловой поток проходит через воздушный зазор между соприкасающимися слоями; толщина зазора δ в среднем вдвое меньше максимального расстояния между впадинами шероховатостей δ_{max} .

Таблица 1

Сравнение свойств конструкционных материалов труб АВО

Конструкционный материал	λ , Вт/(м·К)	ρ , кг/м ³
Алюминий	203,5	2700
Латунь	93	8500
Углеродистая сталь	46,5	7850
Нержавеющая сталь	17,5	7900

Например, при контакте новых и гладких труб – стальной бесшовной без покрытия ($\delta_{max} = 0,1$ мм) и алюминиевой ($\delta_{max} = 0,06$ мм):

$$\delta = (0,1 + 0,06)/2 = 0,08 \text{ мм} = 0,08 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Принимая коэффициент теплопроводности воздуха $\lambda = 0,026$ Вт/(м·К), выразим контактное термическое сопротивление биметаллической трубы:

$$R_k = \delta/\lambda = 0,08 \cdot 10^{-3}/0,026 = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Полученное значение R_k эквивалентно термическому сопротивлению слоя алюминия толщиной 630 мм, латуни толщиной 286 мм, углеродистой стали толщиной 145 мм или нержавеющей стали толщиной 54 мм.

Очевидно, что при расчетах и проектировании теплообменного оборудования с использованием биметаллических материалов необходимо учитывать контактное термическое сопротивление. При изготовлении изделий из биметаллов для уменьшения контактного термического сопротивления следует либо уменьшать шероховатость сопрягаемых поверхностей, что потребует значительных затрат на механическую обработку и приведет к существенному увеличению стоимости оборудования, либо заполнять зазоры между слоями каким-либо материалом с высоким коэффициентом теплопроводности.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Щербин, С.А.** Основы теории теплообмена и теплообменные аппараты: учебное пособие / С.А. Щербин. – Ангарск: АГТА, 2014. – 162 с.
2. **Щербин, С.А.** Теплоотдача от наружной поверхности труб в аппаратах воздушного охлаждения / С.А. Щербин, И.А. Никитина // Вестник АнГТУ. – 2017. – № 11. – С. 115-118.
3. **Щербин, С.А.** Способ повышения эффективности воздушного конденсатора пропана / С.А. Щербин, А.О. Коряченко // Современные технологии и научно-технический прогресс. – 2022. – С. 89-90.