

УДК 621.1.016.4

М.А. Спирина (6 курс, каф. ПТЭ), В.Н. Черных, к.т.н., проф.

ВОЗДУШНЫЙ КОНДЕНСАТОР ДЛЯ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ

Для отвода избыточной теплоты от отработавшего в паровой турбине пара и его конденсации в качестве охлаждающего агента применяется пресная вода. Водопотребление на цели охлаждения неуклонно растет: 1950 г. – 14 км³, 1970 г. – 70 км³, 1974 г. – 80 км³, 1990 г. – примерно 150 км³, что близко к критической величине полезной отдачи имеющихся источников пресной воды. Кардинальным решением проблемы сокращения водопотребления в теплоэнергетике является замена воды как охлаждающего агента более доступным агентом в любой географической точке – воздухом, т.е. использование вместо водяного конденсатора воздушного конденсатора.

Вследствие малой интенсивности теплоотдачи при охлаждении поверхности теплообмена воздухом для повышения тепловой эффективности воздушных конденсаторов применяются только оребренные трубы. Наибольшее распространение получили биметаллические трубы.

Ниже приведен расчет необходимой площади поверхности теплообмена одной секции воздушного многосекционного конденсатора [1] по следующим исходным данным:

- тип трубы: оребренная, круглого поперечного сечения, биметаллическая;
- внутренняя (несущая) труба: материал – сталь, наружный диаметр трубы $d_n = 25$ мм, толщина стенки $\delta_{ст} = 2$ мм, внутренний диаметр трубы $d_1 = 21$ мм;
- наружная труба: материал – алюминий, наружный диаметр $d_0 = 37$ мм, толщина стенки $\delta_a = 5,3$ мм, внутренний диаметр $d_k = 26,4$ мм;
- характеристики оребрения: ребра накатные алюминиевые, высота ребра $h = 16$ мм, толщина ребра $\Delta = 0,3$ мм (одинакова по всей длине), шаг ребра $s = 2,5$ мм;
- ширина в свету теплообменной секции $B = 3034$ мм;
- длина оребренных труб $l = 8000$ мм;
- количество рядов труб в секции $z = 6$;
- число ходов по трубам $z_x = 1$.

Число ребер на 1 м трубы: $n = \frac{1000}{s} = \frac{1000}{2,5} = 400$ шт, длина наружной окружности

наружной трубы: $L_n = \pi \times d_0 = 3,14 \times 37 \times 10^{-3} = 0,1162$ м, площадь наружной поверхности 1 м

наружной трубы диаметром d_0 : $F_0 = L_n \times 1 = 0,1162 \times 1 = 0,1162$ м², площадь поверхности 1 м

наружной трубы, занятая ребрами в их основании:

$F_{p0} = L_n \times n \times \Delta = 0,1162 \times 400 \times 0,0003 = 0,0139$ м², площадь поверхности межреберных

участков 1 м наружной трубы: $F_{mp} = F_0 - F_{p0} = 0,1162 - 0,0139 = 0,1023$ м², диаметр ребра:

$d = d_0 + (2 \times h) = 37 + (2 \times 16) = 69$ мм, длина окружности ребра диаметром d :

$L_n^l = \pi \times d = 3,14 \times 69 \times 10^{-3} = 0,2167$ м, площадь поверхности торцов ребер на 1 м трубы:

$F_m = L_n^l \times \Delta \times n = 0,2167 \times 0,0003 \times 400 = 0,026$ м², площадь боковой поверхности ребер на 1 м

трубы: $F_{\sigma} = \left(\frac{\pi \times d^2}{4} - \frac{\pi \times d_0^2}{4} \right) \times 2 \times n = 0,5 \times \pi \times n \times (d^2 - d_0^2) = 0,5 \times 3,14 \times 400 \times (0,069^2 - 0,037^2) = 2,13$ м²,

полная площадь поверхности оребрения 1 м трубы:

$F = F_{mp} + F_m + F_{\phi} = 0,1023 + 0,026 + 2,13 = 2,2583 \text{ м}^2$, коэффициент оребрения трубы:
 $\varphi = \frac{F}{F_0} = \frac{2,2583}{0,1162} = 19,43$, площадь поверхности ребер с учетом торцов:
 $F_p = F_{\phi} + F_m = 2,13 + 0,026 = 2,156 \text{ м}^2$, число оребренных трубок в 1, 3, 5 рядах
 шестирядной секции: $n_1 = n_3 = n_5 = \frac{B}{s_1} = \frac{3034}{82} = 37 \text{ шт.}$, число оребренных трубок во 2, 4, 6
 рядах: $n_2 = n_4 = n_6 = n_1 - 1 = 37 - 1 = 36 \text{ шт.}$, общее число труб в шестирядной секции:
 $n_c = 3 \times (n_1 + n_2) = 3 \times (37 + 36) = 219 \text{ шт.}$, число труб в одном ходе секции:
 $n_x = \frac{n_c}{z_x} = \frac{219}{1} = 219 \text{ шт.}$, площадь поперечного сечения трубок одного хода для водяного
 пара: $f_x = \frac{\pi \times d_1^2}{4} \times n_x = \frac{3,14 \times 0,021^2}{4} \times 219 = 0,0758 \text{ м}^2$, необходимая площадь поверхности
 теплообмена одной секции: $F_c = F \times l \times n_c = 2,2583 \times 8 \times 219 = 3956,54 \text{ м}^2$.

Общая площадь поверхности теплообмена воздушного конденсатора набирается исходя из расхода пара в конденсатор паровой турбины. Как правило, используется шатровая компоновка секций, обеспечивающая лучшие гидравлические и аэродинамические характеристики конденсатора и его приемлемые габариты.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Основы расчета и проектирования теплообменников воздушного охлаждения: Справочник/ А.Н. Бессонный, Г.А. Дрейцер. В.Б. Кунтыш и др.; Под общ. ред. В.Б. Кунтыша, А.Н. Бессонного. – СПб.: Недра, 1996. – 512 с.