

Задача №2

Рассчитать систему кондиционирования воздуха: определить тепло-влажностную нагрузку на кондиционируемые помещения, построить и рассчитать процесс обработки воздуха.

Исходными данными для расчета:

- численность экипажа судна $n = 80$ чел.;
- температура наружного воздуха $t_n = 39$ °С;
- относительная влажность наружного воздуха $\varphi_n = 55\%$;
- температура воздуха в помещении $t_b = 25$ °С;
- относительная влажность воздуха в помещении $\varphi_b = 55\%$;
- объем кают, приходящейся на 1 чел. $V' = 6,4$ м³/чел.;
- коэффициент теплопередачи наружных ограждений $k = 0,7$ Вт/м²К;
- район плавания: Охотское море без выхода в тропический район;
- тип системы кондиционирования: прямоточная.

Решение:

На первом этапе выполнения работы необходимо определить размеры помещений (кают).

Предположим, что все каюты двухместные, тогда объем одной каюты:

$$V_k = 2V' = 2 \cdot 6,4 = 12,8 \text{ м}^3,$$

где $V' = 6,4$ м³/чел. – объем кают, приходящейся на 1 человека.

Число кают:

$$n_k = 0,5n = 0,5 \cdot 80 = 40,$$

где $n = 80$ чел. – численность экипажа судна.

Половина кают находится по правому борту, вторая половина по левому.

Задаваясь высотой каюты $h_k = 2,1$ м, определяем ее площадь:

$$f_k = V_k / h_k = 12,8 / 2,1 = 6,1 \text{ м}^2.$$

Ширина каюты:

$$b_k = f_k / l_k = 6,1 / 3 = 2,03 \text{ м}.$$

Площадь наружного борта каюты:

$$f'_n = b_k \cdot h_k = 2,03 \cdot 2,1 = 4,263 \text{ м}^2.$$

Каждая каюта имеет по одному круглому иллюминатору по ГОСТ 4290-62 диаметром $d_n = 400$ мм и толщиной стекла $\delta_{ост} = 10$ мм.

Площадь иллюминатора:

$$f_n = 0,126 \text{ м}^2.$$

Площадь наружного борта каюты (без учета иллюминатора):

$$f_n = f'_n - f_n = 4,263 - 0,126 = 4,137 \text{ м}^2.$$

Площадь наружных бортов кают:

$$F_n = n_k \cdot f_n = 40 \cdot 4,137 = 165,48 \text{ м}^2.$$

Теплопритоки через ограждения:

$$Q_{ог} = k \cdot F_n (t_n - t_b) = 1 \cdot 165,48 (39 - 25) = 2316,72 \text{ Вт},$$

где $k = 1 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ – коэффициент теплопередачи наружных ограждений;

$t_n = 39 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура наружного воздуха;

$t_b = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура воздуха в помещении.

Так как судно постоянно находится в движении, предположим, что воздействию радиации подвержен только один борт.

$$\alpha_n = 7,53 w_b^{0,78} = 7,53 \cdot 10^{0,78} = 45,4 \text{ Вт}/(\text{мК}),$$

где $w_b = 10 \text{ м}/\text{с}$ – скорость ветра относительно судна (принята).

Теплопритоки от солнечной радиации через один борт:

$$Q_c = \frac{k q_c \epsilon_p F_n}{2} = \frac{0,7 \cdot 700 \cdot 0,7 \cdot 165,48}{2 \cdot 45,4} = 652,1 \text{ Вт},$$

где $q_c = 700 \text{ Вт}/\text{м}^2$ – напряжение солнечной радиации на вертикальные поверхности для Охотского моря без выхода в тропический район;

$\epsilon_p = 0,7$ – коэффициент поглощения солнечной радиации гладкой окрашенной серой поверхности.

Площадь всех иллюминаторов:

$$F_n = f_n \cdot n_k = 0,126 \cdot 40 = 5,04 \text{ м}^2.$$

Коэффициент пропускания солнечной радиации стеклом:

$$\tau = \frac{85 - \frac{\alpha_{\text{ост}} - 12,5}{2 + 0,1 \alpha_{\text{ост}}}}{100} = \frac{85 - \frac{10 - 12,5}{2 + 0,1 \cdot 10}}{100} = 0,858$$

Теплопритоки через иллюминаторы:

$$Q_{\text{и}} = F_{\text{и}}(k_{\text{и}}(t_{\text{н}} - t_{\text{в}}) + 0,5\tau \cdot q_{\text{с}} \cdot \varepsilon_{\text{р}}) = 5,04(4,65(39 - 25) + 0,5 \cdot 0,858 \cdot 700 \cdot 0,35) = 857,8$$

где $\varepsilon_{\text{р}} = 0,35$ – коэффициент поглощения солнечной радиации полотна шторного белого;

$k_{\text{и}} = 4,65 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ – коэффициент теплопередачи через иллюминаторы.

Тепловыделение от одного человека (при легкой работе):

$$q_{\text{л}} = 154 - 0,233t_{\text{в}} = 154 - 0,233 \cdot 25 = 148,2 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Теплопритоки от людей:

$$Q_{\text{л}} = q_{\text{л}} \cdot n = 148,2 \cdot 80 = 11856 \text{ Вт}.$$

Теплопритоки от освещения и электрооборудования по статистическому анализу составляют 4-6% от суммарных теплопритоков.

Суммарные теплопритоки:

$$\begin{aligned} \Sigma Q &= 1,05(Q_{\text{ог}} + Q_{\text{с}} + Q_{\text{и}} + Q_{\text{л}}) \cdot 10^{-3} = \\ &= 20,105(2316,72 + 625,1 + 857,8 + 11856) \cdot 10^{-3} = 16,44 \text{ кВт}. \end{aligned}$$

Влаговыведение от одного человека при легкой работе:

$$w_{\text{л}} = 2,028 \cdot 10^{-6} t_{\text{в}} - 1,862 \cdot 10^{-5} = 2,028 \cdot 10^{-6} \cdot 25 - 1,862 \cdot 10^{-5} = 3,208 \cdot 10^{-5} \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{чел.})$$

Влаговыведения от людей:

$$W_{\text{л}} = w_{\text{л}} \cdot n = 2,802 \cdot 10^{-5} \cdot 80 = 2,566 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{с}.$$

Суммарные влаговыведения:

$$\Sigma W = W_{\text{л}} = 2,566 \cdot 10^{-3} \text{ кг}/\text{с}.$$

Угловой коэффициент луча процесса в помещении:

$$\varepsilon = \Sigma Q / \Sigma W = 16,44 / (2,566 \cdot 10^{-3}) = 6405,81 \text{ кДж}/\text{кг}.$$

Строим процесс обработки воздуха для прямоточной СКВ.

На диаграмме $i-d$ наносим положение точек Н (параметр наружного воздуха $t_{\text{н}}=39 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{\text{н}}=55\%$) и В (параметр внутреннего воздуха $t_{\text{в}}=25 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{\text{в}}=55\%$).

Через точку В проводим луч процесса ε до пересечения с изотермой $t_{п}$:

$$t_{п} = t_{в} - (10 \dots 15) = 25 - 10 = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Точка пересечения (П) – параметры приточного воздуха на входе в каютный воздухораспределитель. Из точки П по линии $d_{п} = \text{const}$ проводим прямую до пересечения с линией $\varphi = 92 \dots 98 \%$, принимаем равной 95%. Получаем точку О. Эта точка характеризует параметры воздуха на выходе из воздухоохладителя.

Перепад $t_{п} - t_0 = 1 \dots 4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ является подогревом воздуха в магистральных воздуховодах. Из точки Н по $d_{н} = \text{const}$ откладываем отрезок Н-Н' (подогрев воздуха в вентиляторе) из условий, что $t_{н'} - t_{н} = 4 \dots 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$:

$$t_{н'} = t_{н} + 5 = 39 + 5 = 44 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Соединяем точки Н' и О. На этом построение заканчиваем.

Расход приточного воздуха:

$$L = \frac{\sum Q}{i_{в} - i_{п}} = \frac{16,44}{45 - 24} = 0,782 \frac{\text{кВт}}{\text{с}},$$

где $i_{в} = 45 \text{ кДж/кг}$, $i_{п} = 24 \text{ кДж/кг}$ – энтальпия внутреннего и приточного воздуха.

Тепловая нагрузка на воздухоохладитель:

$$Q_{во} = L(i_{н'} - i_0) = 0,782(95 - 19,5) = 59 \text{ кВт},$$

где $i_{н'} = 95 \text{ кДж/кг}$, $i_0 = 19,5 \text{ кДж/кг}$ – энтальпия воздуха после вентилятора и на выходе из воздухоохладителя.

Количество влаги, выпадающей на поверхности воздухоохладителя:

$$W_{во} = L(d_{н'} - d_0) \cdot 10^{-3} = 0,78(22,2 - 5,4) \cdot 10^{-3} = 0,0131 \text{ кг/с},$$

где $d_{н'} = 22,2 \text{ кг/кг}$; $d_0 = 5,4 \text{ кг/кг}$ – влагосодержание воздуха после вентилятора и на выходе из воздухоохладителя.