

Задание на практическое занятие №1.

Подобрать фильтр для очистки приточного воздуха при расходе $L=5000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Подбор фильтра для очистки приточного воздуха от пыли.

Приточный воздух, подаваемый в помещения общественных зданий, очищают от пыли. Очистка является обязательной, если концентрация пыли в наружном воздухе вблизи воздухозабора превышает 30% ПДК для рабочей зоны помещения. В зависимости от производительности приточной камеры и требуемой степени очистки подаваемый в помещения воздух очищают от пыли в рулонных, электрических или ячейковых фильтрах. Если фильтры рулонные или электрические принимаются типоразмер с расчётной производительностью равной или несколько большей производительности приточной камеры. Если производительность имеющегося фильтра недостаточна, возможна установка нескольких фильтров параллельно. В случае применения ячейковых фильтров приходится определять количество ячеек, которые необходимо установить в приточной камере. Удельная расчётная нагрузка $L_{\text{расч}}$ на ячейку фильтров: ФяВБ, ФяПБ, ФяУБ, ФяРБ, ФяУК – $1540 \text{ м}^3/\text{ч}$; ФяКП – $2500 \text{ м}^3/\text{ч}$. Фильтры ФяКП – карманного типа с большей поверхностью фильтрующего материала, что и объясняет повышенную нагрузку на ячейку. Ячейки фильтров устанавливаются в специальную панель типа УсФя, применяемую не только в приточных камерах, выполненных в строительных конструкциях, но и кондиционерах. Панель позволяет устанавливать секции фильтров не только в одной плоскости, но и под углом друг к другу, что позволяет при ограниченной площади поперечного сечения камеры смонтировать большее количество ячеек. Количество ячеек должно соответствовать числу посадочных мест для ячеек в панели.

Пример.

Исходные данные. Определить количество ячеек фильтра типа ФяРБ, которое необходимо установить в приточную камеру для очистки приточного воздуха в объёме $12900 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Решение.

1. Определяем требуемое количество ячеек, исходя из номинальной производительности:

$$n = \frac{L}{L_{\text{расч}}} = \frac{12900}{1540} = 8,4$$

2. Фактическое, принимаемое к установке количество ячеек должно соответствовать конструкции панели, в которую они должны быть установлены. Панель типа Ус39А3 позволяет установить 9 ячеек (3x3). Окончательно принимаем к установке 9 ячеек фильтра ФяРБ и панель Ус39А3. Аналогично с вышеизложенным определяется количество панелей фильтра сверхтонкой очистки ФяЛ и других фильтров ячейкового типа.

Комментарий. Не следует экономить на количестве ячеек фильтров, увеличение их количества позволит увеличить время между двумя операциями регенерациями.

Задание №2.

Подобрать калориферную установку для приточной камеры.

Исходные данные: расход воздуха $5000 \text{ м}^3/\text{ч}$, температура наружного воздуха – 28°C , внутреннего 18°C . Температура теплоносителя 130°C и 70°C . Плотность воздуха $1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Последовательность подбора воздухонагревателя с теплоносителем «вода».

1. Определение необходимой площади фронтального сечения калориферной группы:

$$f_{\text{фр}} = \frac{L \rho_{\text{в}}}{3600 (v \rho)}$$

L – объёмный часовой расход воздуха, м³/час;

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха, кг/м³;

$v \rho$ – массовая скорость движения воздуха в фронтальном сечении, кг/(сек.м²), принимается в пределах 4...5 кг/м²/с.;

По величине $f_{\text{фр}}$ подбираются тип и типоразмер калорифера с площадью фронта, ближайшей к вычисленному значению. При больших расходах воздуха приходится устанавливать параллельно несколько калориферов в количестве $n_{\text{фр}}$. В результате становится известной фактическая площадь фронтального сечения $f_{\text{фр}}^{\text{факт}}$. К параллельной установке нескольких калориферов малого размера приходится прибегать с целью получения необходимой величины запаса поверхности нагрева.

2. Вычисляется фактическая величина массовой скорости для принятой площади фронтального сечения $f_{\text{фр}}^{\text{факт}}$

$$(v \rho)_{\text{факт}} = \frac{L \rho_{\text{в}}}{3600 f_{\text{фр}}^{\text{факт}}}$$

3. Расход теплоты для нагревания воздуха

$$Q' = G c (t_{\text{к}} - t_{\text{н}})$$

или

$$Q = 0,278 Q'$$

где Q' – расход тепла для нагревания воздуха, кДж/ч; Q – то же, Вт; 0,278 – коэффициент перевода кДж/ч в Вт; G – массовое количество нагреваемого воздуха, кг/ч, равное $L \rho$ [здесь L – объёмное количество нагреваемого воздуха, м³/час; ρ – плотность воздуха (при температуре $t_{\text{н}}$), кг/м³; c – удельная теплоёмкость воздуха, равная 1,005 кДж/(кг °С); $t_{\text{к}}$ – температура воздуха после калорифера, °С; $t_{\text{н}}$ – температура воздуха до калорифера, °С.

4. Расход теплоносителя через калорифер или группу калориферов, кг/час:

$$G_{\text{в}} = \frac{Q}{c_{\text{в}} (t_{\text{г}} - t_{\text{о}})}$$

$c_{\text{в}}$ – удельная теплоёмкость воды, кДж/кг °С;

$t_{\text{г}}$ и $t_{\text{о}}$ – параметры теплоносителя, °С.

5. Скорость движения воды по трубкам калорифера, м/сек:

$$w = \frac{G_{\text{в}}}{3600 \rho_{\text{в}} f_{\text{тр}}}$$

$\rho_{\text{в}}$ – плотность воды в калориферной группе, для расчётных параметров (150-70) °С составляет 951 кг/м³, что соответствует средней температуре теплоносителя в 110 °С.

$f_{\text{тр}}$ – площадь живого сечения трубок одного хода калорифера, м².

Комментарий. Следует иметь в виду, что формула для скорости в калорифере определяет скорость движения теплоносителя по трубкам при последовательном протекании теплоносителя через каждый калорифер группы. В случае иной схемы обвязки, при па-

раллельном присоединении к трубопроводу хотя бы части приборов калориферной группы величина живого сечения трубок калорифера может составить $2 f_{тр}$ и более, что приведёт к снижению скорости воды. Не следует также стремиться увеличивать скорость движения теплоносителя по трубкам более 0,2 м/с. Превышение этого предела не приводит к заметному увеличению коэффициента теплопередачи, но гидравлическое сопротивление возрастает значительно.

6. Вычисляется коэффициент теплопередачи калорифера по соответствующей формуле или принимается по таблице.

7. Необходимая площадь поверхности нагрева калориферной группы, m^2 , определяется по формуле:

$$F_{гр.} = \frac{(1,1-1,2)Q}{K(t_{ср.т.} - t_{ср.в.})}$$

где Q - расход тепла для нагревания воздуха, Вт; K - коэффициент теплопередачи калорифера, Вт/($m^2 K$); $t_{ср.т.}$ - средняя температура теплоносителя, °C; $t_{ср.в.}$ - средняя температура нагреваемого воздуха, проходящего через калорифер, °C, равная $(t_{н.} + t_{к.})/2$.

Если теплоносителем служит пар, то средняя температура теплоносителя $t_{ср.т.}$ равна температуре насыщения при соответствующем давлении пара.

Коэффициент запаса 1,1 - 1,2 учитывает потери тепла вследствие охлаждения воздуха в воздуховодах.

7. Количество калориферов в калориферной группе определяется из соотношения:

$$N_{тр} = F_{гр.} / F_{к.}$$

$F_{к.}$ - поверхность нагрева одного калорифера, m^2

Комментарий. Величина $N_{тр}$ округляется до целого числа, но общее количество калориферов в группе $N_{факт}$ должно быть кратным количеству калориферов, установленных по фронту, $n_{фр.}$. Поэтому фактическое количество калориферов может быть равным: $1n_{фр.}$; $2n_{фр.}$ и т.д. Указанное условие обеспечивает одинаковое аэродинамическое сопротивление калориферной группы по фронту и одинаковую нагрузку по воздуху каждого калорифера. С этой же целью, не следует монтировать в одной калориферной группе калориферы различных типов, аэродинамическое сопротивление которых может быть различным.

8. Вычисляется фактическая тепловая производительность калориферной группы:

$$Q_{факт} = K' (t_{ср.т.} - t_{ср.в.}) N_{факт} F_{к.}$$

$$Q_{факт} = K (t_{ср.т.} - t_{ср.в.}) N_{факт} F_{к.}$$

K' и K - коэффициенты теплопередачи калориферов, соответственно, $kJ/(m^2 \text{ час } ^\circ C)$ и $Вт/(m^2 \text{ } ^\circ C)$.

9. Необходимо иметь запас фактической тепловой производительности в размере (10 - 15)%, который вычисляется как

$$\frac{Q - Q_{ф.ном.}}{Q} \times 100$$

10. Вычисляется величина аэродинамических потерь в калориферной группе как:

$$\Delta p_{вр.гр} = B (v_p)^a n$$

n – количество рядов калориферов по ходу движения воздуха.

11. Вычисляется гидравлическое сопротивление группы последовательно соединённых по теплоносителю калориферов:

$$\Delta p_{w,m} = C (w)^5 m$$

m – количество последовательно соединённых калориферов, через которые проходит поток теплоносителя.

Отдельные калориферы соединяются друг с другом трубопроводами, которые могут иметь местные сопротивления, поэтому сопротивление калориферной группы складывается из гидравлических потерь в калориферах $\Delta p_{w,m}$ и гидравлического сопротивления обвязки $\Sigma(Rl + z)_{обвязки}$

$$\Delta p_{группы} = \Delta p_{w,m} + \Sigma(Rl + z)_{обвязки}$$

Пример 4.2. Подобрать калориферную установку для нагревания 46000 м³/час для следующих условий: расчётная температура наружного воздуха по параметрам Б – $t_e = -28^\circ\text{C}$, температура притока $t_{приток} = +20^\circ\text{C}$; теплоноситель – перегретая вода с $t_2 = 150^\circ\text{C}$ и $t_o = 70^\circ\text{C}$. Вентилятор установлен после калориферной группы. Поэтому плотность воздуха может быть принята равной 1,2 кг/м³

1. Задавшись массовой скоростью, равной 4,5 кг/(сек·м²), определяем необходимую площадь фронтального сечения калориферной группы:

$$f_{\phi\phi}^{мп} = \frac{\rho L}{3600(v\rho)} = \frac{1,2 \cdot 46000}{3600 \cdot 4,5} = 3,407 \text{ м}^2$$

2. Принимаем к установке 2 калорифера по фронту стальных, пластинчатых марки КВБ – П – 01УЗ, имеющему теплоотдающую поверхность $F_k = 78,8 \text{ м}^2$, площадью фронтального сечения $f_{\phi\phi} = 1,668 \text{ м}^2$, площадью поперечного сечения трубок для прохода теплоносителя $f_{mp} = 0,0032 \text{ м}^2$.

3. Определяем фактическую массовую скорость в калориферной группе, приняв к установке 2 калорифера по фронту:

$$v\rho = \frac{\rho \cdot L}{3600 \cdot n_{\phi\phi} \cdot f_{\phi\phi}} = \frac{1,2 \cdot 46000}{3600 \cdot 2 \cdot 1,668} = 4,596 \text{ кг/м}^2 \text{ сек}$$

4. Расход теплоты для подогрева воздуха:

$$Q' = 46000 \cdot 1,2 \cdot 1,005 \cdot (20 + 28) = 2662848 \text{ кДж/час,}$$

$$Q = 0,278 \cdot 2662848 = 740271,7 \text{ Вт.}$$

5. Расход теплофикационной воды, кг/час:

$$G = \frac{Q'}{c_w \cdot (T_2 - T_o)} = \frac{2662848}{4,187 \cdot (150 - 70)} = 7949,7$$

6. Принимаем параллельное соединение калориферов по теплоносителю, что обеспечит одинаковую среднюю температуру теплоносителя в каждом из калориферов. Ско-

рость воды в трубках калориферов при условии параллельного соединения калориферов по воде и средней плотности воды 951 кг/м^3 :

$$w = \frac{G}{3600 \cdot \rho_w \cdot f_{\text{хода}}} = \frac{7949,75}{3600 \cdot 951 \cdot 2 \cdot 0,0032} = 0,3628 \text{ м/сек}$$

7. Коэффициент теплопередачи калорифера

$$K = 26,9 \cdot 4,596^{0,405} \cdot 0,3628^{0,129} = 43,774 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}.$$

8. Требуемая поверхность нагрева:

$$F_{\text{треб}} = \frac{Q}{K(T_{\text{теплоноситель}}^{\text{ср}} - t_{\text{возд}}^{\text{ср}})} = \frac{740271,7}{43,774 \left(\frac{150 + 70}{2} - \frac{20 + (-28)}{2} \right)} = 148,3 \text{ м}^2.$$

9. Принимаем к установке 2 калорифера по фронту и в 1 ряд по ходу движения воздуха с общей поверхностью нагрева

$$F_{\text{факт}} = 78,8 \cdot 2 = 157,6 \text{ м}^2.$$

10. Фактическая теплопроизводительность калориферной группы составит:

$$Q_{\text{факт}} = 43,774 \cdot 157,6 \cdot \left(\frac{150 + 70}{2} - \frac{20 - 28}{2} \right) = 786461,2 \text{ Вт}.$$

11. Запас по теплопроизводительности составит:

$$\frac{786461,2 - 740271,7}{740271,7} \cdot 100 = 6,2\%.$$

что является вполне допустимой величиной.

12. Окончательно устанавливаются 2 калориферов КВБ – П – 01УЗ, последовательно в 1 ряд и параллельно по фронту 2 шт. Теплоноситель подводится параллельно к 2 калориферам, обеспечивая одинаковую среднюю температуру в них.

13. Аэродинамическое сопротивление калориферов при однорядной установке составляет

$$\Delta P = 7,76(v\rho)^{1,63} = 7,76 \cdot 4,596^{1,63} = 93,2 \text{ Па}$$

14. Гидравлическое сопротивление одного калорифера по данным таблицы 11.19 [3] при скорости воды в трубках $0,3628 \text{ м/с}$ равно $2,153 \text{ кПа}$. К установке принято 2 калорифера, соединённых последовательно по воде, поэтому гидравлическое сопротивление группы воздухонагревателей составит $4,306 \text{ кПа}$.