

## Занятие 4 (2 часа)

### Типовые энергосберегающие мероприятия в технологических процессах, оценка их эффективности.

#### Пример расчета установки воздушного отопления

1. К расчету принят вариант совмещения воздушного отопления с существующей системой механической приточной вентиляции.

2. Объект — механические мастерские ВУЗа, с равномерной загрузкой оборудованием (станки) по всей площади пола. Высота от пола до перекрытия — 15 м. Ввод воздуха в мастерские в существующей системе механической приточной вентиляции осуществляется по системе «вверх сверху». Последнее означает, что приток и вытяжка осуществляются в верхних уровнях мастерских. Струи, выходящие из воздухораспределителей, располагаются горизонтально. Система обслуживается одной приточной венткамерой, единой для всех мастерских.

Существующая система отопления мастерских — водяная, с радиаторами, расположенными вдоль наружных стен помещения под оконными проемами.

3. Существующие технические расчетные параметры мастерских:

- а) объем помещения  $V_{\text{пом}} = 39000 \text{ м}^3$ ;
- б) удельная тепловая характеристика  $q_{\text{от}} = 0,5 \text{ Дж}/(\text{с} \cdot \text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ ;
- в) внутренняя температура  $t_{\text{в}}^{\text{р}} = +18 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- г) расчетная наружная температура для отопления  $t_{\text{но}}^{\text{р}} = -30 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- д) температура для «дежурного» режима отопления  $t_{\text{деж}} = +5 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- е) температура притока (на выходе из калорифера)  $t_{\text{пр}}^{\text{сущ}} = +18 \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- ж) температура воздуха на входе в калорифер  $t_{\text{в}}' = -30 \text{ }^\circ\text{C}$  (рециркуляция воздуха отсутствует);
- з) в приточной камере установлен калорифер модели КФБ-8;
- и) теплоноситель — вода;
- к) местное количественное автоматическое регулирование вентнагрузки отсутствует.

4. Расчет.

1) Расчетная нагрузка отопления мастерских:

$$Q_{\text{от}}^{\text{р}} = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 39 \cdot 10^3 \cdot (18 + 30) = 936 \text{ кВт}.$$

2) Расчетная нагрузка отопления мастерских в «дежурном» режиме:

$$\left( Q_{\text{от}}^{\text{р}} \right)_{\text{деж}} = 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 39 \cdot 10^3 \cdot (5 + 30) = 682,5 \text{ кВт}.$$

3) Расчетная нагрузка для воздушного отопления:

$$Q_{\text{во}}^{\text{р}} = 936 - 682,5 = 253,5 \text{ кВт} = 3600 \cdot 253,5 = 913680 \text{ кДж/ч}.$$

4) Расчетная нагрузка приточной вентиляции:

$$Q_{\text{в}}^{\text{р}} = 362 \text{ кВт} = 1303200 \text{ кДж/ч (из проектных данных системы вентиляции предприятия)}.$$

5) Существующий массовый расход воздуха на приточную вентиляцию, кг/ч:

$$G_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{в}}^{\text{р}}}{C_{\text{р}} \left[ t_{\text{пр}}^{\text{сущ}} - t_{\text{в}}' \right]} = \frac{1303200}{1 \cdot (18 + 30)} = 27150.$$

*Примечание:* в существующих проектах вентиляции могут приводиться сведения и по значениям  $G_{\text{в}}$ .

6) Требуемая температура воздуха на выходе из дополнительной части калорифера, т.е. новая температура притока  $t_{\text{пр}}^{\text{нов}}$ ,  $^\circ\text{C}$ :

$$t_{\text{пр}}^{\text{нов}} = \frac{Q_{\text{во}}^{\text{р}}}{C_{\text{р}} \cdot G_{\text{в}}} + t_{\text{пр}}^{\text{сущ}} = \frac{913680}{1 \cdot 27150} + 18 = 51,65.$$

Новая температура притока не превышает допустимого значения, но только при условии ввода воздуха в мастерские на высоте не ниже 3,5 м. Желателен расчет струйного процесса с целью точного определения высоты ввода воздуха. Условием расчета струйного процесса должно быть непревышение температуры воздуха на входе в рабочую зону (на высоте 2 м) зна-

чения  $(t_{p,3} + \Delta t_1) = 18 + 1,5 = 19,5 \text{ }^\circ\text{C}$  (значение  $\Delta t_1$  принято в данном случае как оптимальное, хотя допустимым является значение  $6^\circ\text{C}$ ).

7) Задаемся значением массовой скорости воздуха в дополнительной части калорифера,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ :  $(W_v \cdot \rho_v)_{\text{зад}} = 10$ .

8) Требуемое живое сечение для прохода воздуха в калорифере,  $\text{м}^2$ :

$$F_{\text{ж}} = \frac{G_v}{(W_v \cdot \rho_v)_{\text{зад}} \cdot 3600} = \frac{27150}{10 \cdot 3600} = 0,75$$

9) Принимаем для дополнительной части калорифера такую же модель, которая существует в действующей части калорифера: КФБ-8. По справочным данным (табл. П.1.1) находим живое сечение у одной секции выбранной модели калорифера:  $f_{\text{ж}} = 0,416 \text{ м}^2$ .

10) Требуемое число секций в дополнительной части калорифера, расположенное поперек потока воздуха, шт.:

$$n = \frac{F_{\text{ж}}}{f_{\text{ж}}} = \frac{0,75}{0,416} = 1,805$$

11. Действительное число секций калорифера, расположенных поперек потока воздуха,  $n_{\text{д}} = 2$ . Тогда действительное живое сечение для прохода воздуха в калорифере,  $\text{м}^2$ :

$$F_{\text{ж}}^{\text{д}} = n_{\text{д}} \cdot f_{\text{ж}} = 2 \cdot 0,416 = 0,832$$

12) Уточненная массовая скорость воздуха в калорифере,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$ :

$$(W_v \cdot \rho_v)_{\text{действ}} = \frac{G_v}{F_{\text{ж}}^{\text{д}} \cdot 3600} = \frac{27150}{0,832 \cdot 3600} = 9,06$$

13) Скорость воды в трубках калорифера,  $\text{м}/\text{с}$ :

$$W_{\text{вод}} = \frac{Q_{\text{во}}^{\text{р}}}{3600 \cdot \rho_{\text{вод}} \cdot C_{\text{вод}} \cdot f_{\text{тр}} \cdot (t_{\text{вод}}'' - t_{\text{вод}}')} ;$$

$$\rho_{\text{вод}} = 985 \text{ кг}/\text{м}^3; C_{\text{вод}} = 4,19 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}); t_{\text{вод}}'' = 130^\circ\text{C}; t_{\text{вод}}' = 70^\circ\text{C};$$

$$f_{\text{тр}} = 0,0122 \text{ м}^2 \text{ (принято по справочным данным);}$$

$$W_{\text{вод}} = \frac{913680}{3600 \cdot 985 \cdot 4,19 \cdot 0,0122 \cdot (130 - 70)} = 0,1$$

Скорость воды в трубках превышает минимально допустимые значения.

14) По значениям  $(W_v \cdot \rho_v)_{\text{действ}} = 9,06 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$  и  $W_{\text{вод}} = 0,1 \text{ м}/\text{с}$  находится по табл. П.1.2 значение коэффициента теплопередачи в дополнительной части калорифера,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ :  $K = 21$ .

15) Фактическая тепловая производительность одного ряда секций калорифера,  $\text{кДж}/\text{ч}$ :

$$(Q_{\text{действ}})_{\text{ряда}} = K \cdot f_c \cdot n_{\text{д}} \cdot (t_{\text{вод}}^{\text{ср}} - t_{\text{в}}^{\text{ср}}) \cdot 3,6,$$

где  $f_c = 45,7 \text{ м}^2$  — площадь поверхности нагрева одной секции у выбранной модели калорифера (принято по справочным данным, табл. П.1.1);

$$t_{\text{вод}}^{\text{ср}} = \frac{130 + 70}{2} = 100^\circ\text{C} \text{ — средняя температура воды в дополнительной части калорифера}$$

(предполагается, что дополнительная часть калорифера будет снабжаться теплотой независимо от существующей части);

$$t_{\text{в}}^{\text{ср}} = \frac{t_{\text{пр}}^{\text{суш}} + t_{\text{гр}}^{\text{нов}}}{2} = \frac{18 + 51,65}{2} = 43,3^\circ\text{C} \text{ — средняя температура воздуха в дополнительной части калорифера.}$$

$$(Q_{\text{действ}})_{\text{ряда}} = 21 \cdot 45,7 \cdot 2 \cdot (100 - 43,3) \cdot 3,6 = 391787,8$$

16) Требуемое число рядов секций у дополнительной части калорифера (вдоль потока воздуха):

$$m = \frac{Q_{\text{во}}^{\text{р}}}{(Q_{\text{факт}})_{\text{ряда}}} = \frac{913680}{391787,8} = 2,33$$

17) Действительное число рядов секций у дополнительной части калорифера:  $m_{\text{д}} = 3$ .