

Практическое занятие 3. Расчет парокомпрессионной холодильной машины

Подбор холодильных машин производится одним из трех методов: путем пересчета холодопроизводительности с рабочего режима на спецификационный, указанный в каталоге, по графическим характеристикам холодильных машин или по таблицам, по теоретической объемной подаче компрессора, входящего в комплект холодильной машины.

Перерасчет холодопроизводительности с рабочего режима на спецификационный(указанный в каталогах) проводится по формуле:

$$Q_x^c = Q_x^p \frac{\lambda^c q_x^c v_1^p}{\lambda^p q_x^p v_1^c},$$

где параметры с верхним индексом р(рабочий) соответствуют рабочему режиму работы парокомпрессионной машины,

с верхним индексом с(спецификационный) соответствуют температурному режиму работы, при котором приведено значение холодопроизводительности в каталоге.

Значения q_x, λ, v_1 определяют по таблицам состояния рабочего вещества или на основе построения цикла изменения состояния хладагента на $lgP-i$ диаграмме.

Второй способ подбора и определения текущих значений тепло- и холодопроизводительности по таблицам или графикам является наиболее простым и употребительным. Чаще всего применяется для чиллеров. Таблицы для соответствующих чиллеров приводятся в каталогах фирм производителей.

Наиболее точным является третий метод, основанный на тепловом расчете холодильного цикла машины при расчетном режиме.

Исходными данными для расчета являются: количество вырабатываемого холода Q_x , определяемое как сумма затрат холода на обработку воздуха в центральном кондиционере и потерь холода в изолированных трубопроводах

(10% от затрат), температура холодной воды на входе и выходе из системы холодоснабжения поверхностных воздухоохладителей t_{wh} и t_{wk} , способ охлаждения конденсатора холодильной машины и температура охлаждающей среды (воды или воздуха).

Задачей теплового расчета холодильной машины является определение требуемой объемной подачи компрессора, его подбор, определение тепловой нагрузки на конденсатор и испаритель, подбор конденсатора и испарителя.

Пример 1. Подобрать парокомпрессионную холодильную машину, используя результаты практического занятия 2.

Исходные данные:

Требуемая холодопроизводительность -600 кВт;

температура холодной воды начальная -6°C;

температура холодной воды конечная -11°C;

охлаждение конденсатора воздушное;

расчетная температура наружного воздуха 30°C.

Определяют удельные характеристики цикла:

а) удельная холодопроизводительность

$$q_x = 179 \text{ кДж / кг};$$

б) удельное количество теплоты, отводимое в конденсаторе:

$$q_k = 213 \text{ кДж / кг}; ,$$

в) удельная теоретическая работа сжатия

$$l_m = 34 \text{ кДж / кг}.$$

Значения P_k и P_n :

$$P_k = 30 \text{ бар}; P_n = 9,33 \text{ бар}$$

Степень повышения давления:

$$\Lambda = \frac{P_{\kappa}}{P_{и}} = \frac{30}{9,33} = 3,22.$$

Удельный объем в точке 1'

$$\nu_{1'} = 0,003 \text{ м}^3 / \text{кг}.$$

Порядок расчета холодильной машины

1. Составляют расчетную схему парокомпрессионной холодильной машины. Обычно используется в СКВ одноступенчатая хладоновая холодильная машина (см. практическое занятие 2).
2. Выбирают расчетный температурный режим работы установки (см. практическое занятие 2):
 - а) температура испарения хладагента;
 - б) температура конденсации хладагента;
 - в) температура всасывания паров хладагента;
 - г) температура переохлаждения жидкого хладагента перед регулирующим вентилем.
3. Определяют удельные характеристики цикла (см. практическое занятие 2).
4. Определяют требуемый массовый расход хладагента:

$$M_x = \frac{1,1Q_x}{q_x} = \frac{1,1 \cdot 600}{179} = 3,69 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

5. Требуемая теоретическая объемная производительность компрессора

$$V_{\kappa} = \frac{M_{\kappa} \cdot \nu_{1'}}{\lambda} = \frac{3,69 \cdot 0,003}{0,85} = 0,0013 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

где ν_1 - удельный объем в т.1', м³/кг,

λ - коэффициент подачи компрессора является функцией температуры и давления испарения, температуры и давления конденсации. Для спиральных компрессоров принимаем $\lambda=0,85$.

5. По значению V_m выбирают одну холодильную машину с одним или несколькими компрессорами соответствующей производительности V_T'

так, чтобы сумма объемных подач компрессоров была на 25 - 30 % больше величины, полученной расчетом.

6. Мощность привода компрессора

– теоретическая

$$N_m = M'_x l_m = 3,69 \cdot 34 = 125,46 \text{ кВт}$$

где l_m - теоретическая работа на сжатие 1 кг газа, кДж/кг,

– индикаторная

$$N_i = \frac{N_m}{\eta_i} = 125,46 / 0,8 = 156,82 \text{ кВт}$$

– электрическая

$$N_{\text{э}} = \frac{N_i}{\eta_m \eta_{\text{э}}} = 156,82 / (0,9 \cdot 0,9) = 193,6,7 \text{ кВт}$$

где η_i , $\eta_{\text{мех}}$, $\eta_{\text{эл}}$ - коэффициенты полезного действия индикаторный $\eta_i=0,7-0,8$, механический $\eta_{\text{мех}}=0,9$, КПД электродвигателя для малых холодильных машин $\eta_{\text{эл}} = 0,85-0,9$, для крупных $\eta_{\text{эл}} = 0,9-0,95$ кВт.

Тепловая нагрузка на конденсатор из уравнения теплового баланса холодильной машины

$$Q_{\kappa} = 1,1(Q'_x + N_i) = 1,1(600 + 156,82) = 832,5 \text{ кВт}$$

Площадь поверхности конденсатора определяется выражением:

$$A_{\kappa} = \frac{Q_{\kappa}}{K_{\kappa} \Delta t_{\kappa}^{\text{cp}}} = \frac{832500}{700 \cdot 8,25} = 144,16 \text{ м}^2$$

Среднелогарифмическая разность температур в конденсаторе:

$$\Delta t_{\kappa}^{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\text{с}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{с}}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{16 - 6}{\ln \frac{16}{6}} = 10,19^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{с}} = 46 - 30 = 16^{\circ}\text{C}, \quad \Delta t_{\text{м}} = 46 - 40 = 6^{\circ}\text{C}$$

Расход воды, охлаждающий конденсатор

$$G_w = \frac{3,6 Q_{\kappa}}{c_w \cdot \Delta t_w} = \frac{3,6 \cdot 832500}{4,19 \cdot 5} = 143054,9 \text{ кг/ч}.$$

Требуемую площадь поверхности испарителя определяем аналогично

$$A_u = \frac{Q_u}{K_u \Delta t_{cp.}^u} = \frac{660000}{700 \cdot 4} = 235,71 m^2$$

Среднелогарифмическая разность температуры в испарителе:

$$\Delta t_{cp.}^u = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\mathcal{M}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\mathcal{M}}}} = \frac{7 - 2}{\ln \frac{7}{2}} = 3,99^{\circ}C$$

$$\Delta t_{\delta} = 11 - 4 = 7^{\circ}C, \quad \Delta t_{\mathcal{M}} = 6 - 4 = 2^{\circ}C$$