

## ТЕМА 1

### ПОТРЕБЛЕНИЕ ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

#### 1.1 Классификация потребителей теплоты

Потребителями теплоты системы централизованного теплоснабжения являются:

- Теплоиспользующие санитарно-технические системы зданий (системы отопления, вентиляции, кондиционирования воздуха, горячего водоснабжения);
- Различного рода технологические установки, использующие теплоту низкого потенциала (до 300 – 350°С).

По режиму потребления теплоты в течение года различают две группы потребителей:

1. сезонные потребители, нуждающиеся в теплоте только в холодный период года, с зависимостью расхода теплоты в основном от температуры наружного воздуха;
2. круглогодичные потребители, нуждающиеся в теплоте весь год, со слабо выраженной в большинстве случаев зависимостью расхода теплоты от температуры наружного воздуха.

К первой группе относятся системы отопления, вентиляция и кондиционирования воздуха, ко второй – системе горячего водоснабжения и технологические установки. Если для системы кондиционирования воздуха искусственный холод в теплый период года вырабатывается на основе использования тепловой энергии абсорбционным или эжекторным методом, то такие системы входят во вторую группу.

Потребителей, получающих теплоту от централизованной системы теплоснабжения, называют абонентами этой системы, а расходуемая абонентами теплота – тепловой нагрузкой источника теплоты.

В зависимости от соотношения и режимов отдельных видов теплопотребления различают три характерные группы абонентов: жилые здания, общественные здания, промышленные здания и сооружения. В последнюю группу входят также сельскохозяйственные производственные здания и комплексы. Для жилых зданий характерны сезонные расходы теплоты на отопление и вентиляцию и круглогодичный расход теплоты на горячее водоснабжение. В жилых зданиях не устраивают специальной приточной вентиляции – свежий воздух поступает в помещения через форточки окон и неплотности в наружных ограждениях. Подогрев вентиляционного воздуха в этом случае возлагается на систему отопления. Для большинства общественных зданий основное значение имеют сезонные расходы теплоты на

отопление, вентиляцию и кондиционирование воздуха. У промышленных абонентов, в том числе и сельскохозяйственного направления, обычно имеются все виды теплоснабжения, количественное соотношение между которыми определяется видом основного производства. Некоторые общественно-коммунальные предприятия, такие, как бани, прачечные и т.п., по характеру теплоснабжения следует рассматривать как производственные объекты.

Потребность абонентов в теплоте не остается постоянной. Расходы теплоты на отопление и вентиляцию изменяются в зависимости от температуры наружного воздуха, на горячее водоснабжение – в зависимости от режима потребления горячей воды населением (при отсутствии у абонентов аккумуляторов горячей воды), в технологических установках – в зависимости от режима работы теплоиспользующего оборудования.

Определяющими для проектирования и расчета централизованного теплоснабжения являются максимальные часовые (расчетные) расходы теплоты по отдельным видам теплоснабжения и суммарные часовые расходы теплоты по абоненту в целом с учетом несовпадения часовых максимумов расходов теплоты по отдельным видам теплоснабжения.

Для определения потребности в теплоте абонентов системы централизованного теплоснабжения используют приближенные методы, в основе которых лежат укрупненные показатели.

## **1.2 Сезонные тепловые нагрузки**

Для сезонного теплоснабжения характерны следующие особенности: 1) в течение года тепловые нагрузки изменяются в зависимости от температуры наружного воздуха; 2) годовые расходы теплоты, определяемые метеорологическими особенностями текущего года в районе теплоснабжения (холодная или теплая зима), имеют значительные колебания; 3) изменения тепловой нагрузки на отопление в течение суток в основном за счет теплоустойчивости наружных ограждений зданий незначительны; 4) расходы тепловой энергии для вентиляции по часам суток могут отличаться большим разнообразием в зависимости от сменности и режимов работы предприятий. При проектировании систем теплоснабжения для существующих городов и поселков расчетные данные о сезонных тепловых нагрузках следует принимать из проектов отопления и вентиляции. Если проектные материалы отсутствуют, то расходы теплоты на отопление и вентиляцию допускается определять по укрупненным показателям.

Расчетную тепловую мощность (Вт) систем отопления жилых и общественных зданий определяют по формуле

$$Q'_0 = Q_0^{жс} (I + k), \quad (1.1)$$

где  $Q_0^{жс} = q_0 \cdot F$  – расчетная мощность систем отопления жилых зданий, Вт;  $q_0$  – укрупненный показатель мощности системы отопления, приходящийся на 1 м<sup>2</sup> жилой площади, Вт/м<sup>2</sup>;  $F$  – жилая площадь, м<sup>2</sup>;  $k$  – коэффициент, учитывающий расход теплоты на отопление общественных зданий ( $k \cong 0,25$ ).

Если объемы зданий известны, то расчетные тепловые нагрузки (Вт) систем отопления определяют по укрупненным измерителям по формуле

$$Q'_0 = (I + m) \cdot x_0 \cdot V \cdot (t_g - t_{p.o.}), \quad (1.2)$$

где  $m$  – коэффициент инфильтрации, учитывающий долю расхода теплоты на подогрев наружного воздуха, поступающего в помещение через неплотности ограждений;  $x_0$  – удельная тепловая характеристика здания на отопление, Вт/м<sup>2</sup>·°C;  $V$  – объем здания по наружному обмеру, м<sup>3</sup>;  $t_g$  – температура воздуха в помещении, °C;  $t_{p.o.}$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования системы отопления, °C.

Удельная тепловая характеристика здания равна средним потерям теплоты 1 м<sup>3</sup> здания при разности температур внутреннего и наружного воздуха в 1°С. За расчетную температуру наружного воздуха при проектировании систем отопления принимают среднюю температуру самой холодной пятидневки, определенную из восьми наиболее холодных зим за 50 лет наблюдений.

Для определения коэффициента инфильтрации можно пользоваться формулой

$$m = b \sqrt{2gH \cdot \left( I - \frac{t_{p.o.} + 273}{t_g + 273} \right) + w^2}, \quad (1.3)$$

где  $b$  – постоянная инфильтрации, учитывающая коэффициент остекления наружных стен и конструкцию оконных проемов, с/м; для отдельно стоящих промышленных зданий с большими световыми проемами  $b = (35 \div 40) \cdot 10^{-3}$ , для жилых и общественных зданий с двойным остекле-

нием  $b = (8 \div 10) \cdot 10^{-3}$ ;  $g$  – ускорение силы тяжести,  $m/c^2$ ;  $H$  – высота помещения, м;  $w$  – расчетная скорость ветра в холодный период года, м/с.

Расчетную тепловую нагрузку на вентиляцию общественных зданий определяют по формуле:

$$Q_g'' = k_1 \cdot Q_0^{жс}, \quad (1.4)$$

где  $k_1$  – коэффициент, учитывающий расход теплоты на вентиляцию, принимают  $k_1 = 0,4$ .

Расчетная тепловая нагрузка на вентиляцию отдельных зданий может быть найдена по укрупненным измерителям:

$$Q_g'' = x_g \cdot V \cdot (t_g - t_{p.в.}), \quad (1.5)$$

где  $x_g$  – удельный расход теплоты на вентиляцию здания,  $Bm/m^3 \cdot ^\circ C$ ;  $t_{p.в.}$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции,  $^\circ C$ .

За расчетную температуру наружного воздуха для проектирования общеобменной вентиляции принимают среднюю температуру наиболее холодного периода, составляющего 15% от продолжительности отопительного сезона. В системах кондиционирования воздуха, а также в системах вентиляции, предназначенных для борьбы с вредными веществами или при компенсации приточным воздухом вытяжки от местных отсосов, расчетную температуру наружного воздуха для проектирования вентиляции принимают равной расчетной температуре наружного воздуха для проектирования отопления. Расходы теплоты на отопление и вентиляцию промышленных зданий определяют по тепловым балансам, учитывающим дополнительные потери теплоты на нагревание холодных материалов и транспортных средств, поступающих в производственные помещения, а также тепловыделения от технологического оборудования. Поэтому при проектировании систем теплоснабжения промышленных предприятий расчетные расходы теплоты следует принимать из проектных документов отопления и вентиляции.

Сельскохозяйственные населенные районы отличаются малой плотностью застройки и небольшими объемами зданий. Поэтому тепловое потребление сельских объектов характеризуется небольшими масштабами,

рассредоточенностью и малыми единичными мощностями. При проектировании крупных сельскохозяйственных комплексов тепловое потребление следует определять по типовым проектам и ведомственным нормам.

Текущие сезонные тепловые нагрузки при любых температурах наружного воздуха  $t_n$ , отличающихся от расчетных  $t_{н.р.}$ , определяют по формуле

$$Q = Q_p \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{н.р.}}. \quad (1.6)$$

Средние тепловые нагрузки за отопительный период рассчитывают по формулам:

для отопления

$$Q_{ср.о.} = Q'_0 \frac{t_g - t_{ср.о.}}{t_g - t_{р.о.}}; \quad (1.7)$$

для вентиляции

$$Q_{ср.в.} = Q''_в \frac{t_g - t_{ср.о.}}{t_g - t_{р.в.}}, \quad (1.8)$$

где  $t_{ср.о.}$  – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С.

Годовые расходы теплоты в ( $кВт \cdot ч$ ) для жилых и общественных зданий определяют по формулам:

на отопление

$$Q_{год.о} = 24n_o \cdot Q_{ср.о} \cdot 10^{-3}; \quad (1.9)$$

на вентиляцию

$$Q_{год.в} = z \cdot n_o \cdot Q_{ср.в} \cdot 10^{-3}, \quad (1.10)$$

где  $n_o$  – продолжительность отопительного периода, сут.;  $z$  – усредненное за отопительный период число часов работы вентиляции в течение суток (при отсутствии данных рекомендуется  $z = 16$  ч).

Продолжительность отопительного сезона для жилых и общественных зданий определяют числом дней с устойчивой температурой наружного воздуха ниже  $+8^{\circ}\text{C}$ .

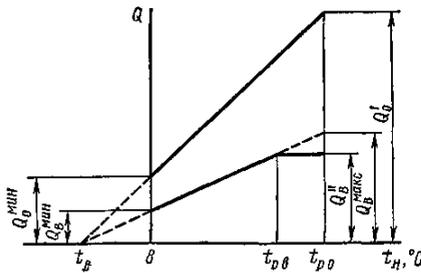


Рис. 1.1. График расхода теплоты на отопление и вентиляцию

Из уравнения (1.6) следует, что зависимость сезонных тепловых нагрузок от температуры наружного воздуха линейная. Графики часового расхода теплоты на отопление и вентиляцию приведены на рис. 1.1. Минимальный расход теплоты определяют при  $t_n = +8^{\circ}\text{C}$ .

### 1.3 Круглогодичные тепловые нагрузки

Тепловое потребление для целей горячего водоснабжения в течение года изменяется сравнительно мало, но отличается большой неравномерностью по часам суток. Летом расход теплоты в системах горячего водоснабжения жилых зданий по сравнению с зимой уменьшается на 30 – 35%. Это объясняется тем, что в летнее время температура воды в холодном водопроводе на  $10 - 12^{\circ}\text{C}$  выше, чем в зимний период. Кроме того, значительная часть городского населения летом в субботные и воскресные дни выезжает в загородные зоны, т. е. в те дни, когда в жилом секторе зимой наблюдаются максимальные разборы горячей воды.

На рис. 1.2 приведен ориентировочный график расхода теплоты на горячее водоснабжение жилого района, из которого следует, что тепловые нагрузки на горячее водоснабжение имеют не только резкие колебания внутри суток, но и в течение недели. В жилых домах, оборудованных ваннами, максимальные расходы теплоты зимой наблюдаются в предвыходные и предпраздничные дни. В промышленности технологические аппараты нередко потребляют теплоту в больших количествах и весьма разнообразно по времени. Это, например, различные сушильные и пропарочные камеры, варочные котлы, гальванические ванны и др.

Удельные нормы технологического потребления теплоты относят к единице продукции; они непрерывно изменяются в связи с постоянным совершенствованием технологических процессов. Поэтому расходы теплоты на производственные нужды следует определять по материалам технологических проектов или по ведомственным нормам проектирования.

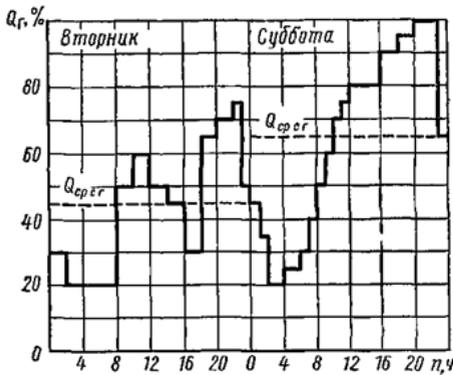


Рис. 1.2. Примерный суточный график расхода теплоты на горячее водоснабжение для жилого района.

Большое разнообразие тепловых нагрузок различных промышленных предприятий, жилых и общественных зданий, несовпадение по времени их максимумов приводит к необходимости построения графиков теплового потребления как для отдельных зданий, так и для района теплоснабжения в целом. Графики теплового потребления характеризуют изменение тепловых нагрузок по времени. На рис. 1.3 представлен график изменения тепловой нагрузки  $Q$  от времени  $n$  за некоторый период  $n_0$ .

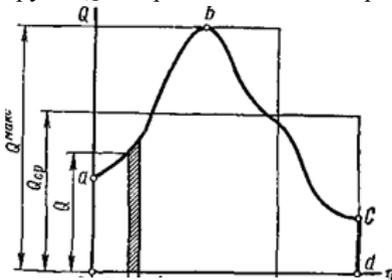


Рис. 1.3 График изменения тепловой нагрузки по времени

Площадь  $abcd$ , ограниченная линией изменения тепловой нагрузки и осями координат, представляет собой расход теплоты за весь период времени  $n_0$ :

$$Q_n = \int_0^{n_0} Qdn. \quad (1.11)$$

Если данную площадь заменить равновеликой площадью прямоугольника с основанием  $n_0$ , то высота прямоугольника (ордината  $Q_{cp}$ ) будет соответствовать средней тепловой нагрузке в течение  $n_0$ :

$$Q_{cp} = \frac{1}{n_0} \int_0^{n_0} Qdn. \quad (1.12)$$

Замена площади  $abcd$  равновеликим прямоугольником с высотой, равной  $Q_{макс}$ , позволит определить число часов  $n_m$  использования максимума тепловой нагрузки

$$n_m = \frac{1}{Q_{\max}} \int_0^{n_0} Q dn. \quad (1.13)$$

Числом часов использования максимума нагрузки называется такое время, в течение которого суммарное количество тепловой энергии будет израсходовано при максимальной нагрузке.

Отношение  $Q_{\max} / Q_{\text{ср}} = k_q$  - коэффициент часовой неравномерности расхода теплоты за период времени  $n_0$ . При этом

$$k_q = \frac{n_0}{n_m}$$

Параметры  $n_m$  и  $k_q$  характеризуют неравномерность потребления теплоты за некоторый период времени  $n_0$ , определяются для отдельных зданий и населенных пунктов на основании практического опыта и позволяют производить расчеты, не прибегая к построению графиков. Например, максимальную тепловую нагрузку на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий определяют по формуле:

$$Q_{h \max} = k_q \cdot Q_{hm}, \quad (1.14)$$

где  $k_q$  - коэффициент часовой неравномерности расхода теплоты в течение суток,  $k_q = 2 \div 2,4$ .

Среднюю за отопительный период тепловую нагрузку на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий определяют по формуле:

$$Q_{hm} = q_h \cdot m, \quad (1.15)$$

где  $m$  - количество жителей в районе;  $q_h$  - укрупненный показатель среднечасовой тепловой нагрузки на горячее водоснабжение, приходящийся на 1 чел., Вт/чел.

Нормы расхода воды зависят от благоустроенности жилых домов, гостиниц и приводятся в соответствующих указаниях на проектирование горячего водоснабжения.

В летнее время тепловые нагрузки на горячее водоснабжение определяют по формуле:

$$Q_{hm}^s = Q_{hm} \frac{t_2 - t_c^s}{t_2 - t_c} b_1, \quad (1.16)$$

где  $t_c^s = 15^\circ\text{C}$  – температура водопроводной воды в летний период времени,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_2$  – температура горячей воды,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_c$  – температура холодной воды,  $^\circ\text{C}$ ;  $b_1$  – коэффициент, учитывающий снижение расхода горячей воды летом по сравнению с зимой, принимается равным 0,8; южных городов и для промпредприятий.

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение следует определять по формуле:

$$Q_{год.г} = 24Q_{hm} \cdot n_o + Q_{hm}^s \cdot (350 - n_o). \quad (1.17)$$