

## Лекция №3

### 3. Расчет часовых и годовых тепловых нагрузок

#### 3.1. Расчетная часовая тепловая нагрузка района теплоснабжения

Расчетная тепловая нагрузка микрорайона определяется как сумма отдельных видов нагрузок для всех теплопотребителей района:

$$Q_{\text{мкр}}^p = \sum_1^k Q_o^p + \sum_1^l Q_B^p + \sum_1^m Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}}, \quad \text{МВт (Гкал/ч)}, \quad (3.1)$$

где  $k, l, m$  – соответственно количество потребителей имеющих отопительную, вентиляционную и нагрузку горячего водоснабжения.

Расчетная нагрузка района теплоснабжения получается суммированием нагрузок отдельных микрорайонов:

$$Q^p = \sum_1^n Q_{\text{мкр}}^p, \quad \text{МВт (Гкал/ч)}, \quad (3.2)$$

где  $n$  – количество микрорайонов, образующих район теплоснабжения.

Расчетная тепловая мощность на коллекторах источника (ТЭЦ или котельной) определяется с учетом расчетной нагрузки района теплоснабжения и потерь тепла в тепловых сетях:

$$Q_{\text{ТЭЦ}}^p = Q_{\text{потр}}^p + Q_{\text{тс}}^{\text{пот}}, \quad \text{МВт (Гкал/ч)}, \quad (3.3)$$

где  $Q_{\text{тс}}^{\text{пот}}$  - потери тепла в тепловых сетях.

Для определения расхода топлива, разработки режимов использования оборудования и графиков его ремонта, графика отпусков обслуживающего персонала необходимо знать годовой расход тепла на теплоснабжение, а также теплопотребление за отдельные характерные периоды времени (суточный, месячный, отопительный, годовой периоды).

#### 3.2. Годовой расход теплоты

Годовой расход теплоты потребителями района теплоснабжения

$$Q = Q_o^{\text{год}} + Q_B^{\text{год}} + Q_{\text{ГВС}}^{\text{год}} + Q_{\text{т}}^{\text{год}}, \quad \text{Гдж (Гкал)}, \quad (3.4)$$

где  $Q_o^{\text{год}}, Q_B^{\text{год}}, Q_{\text{ГВС}}^{\text{год}}, Q_{\text{т}}^{\text{год}}$  - годовые расходы тепла на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, технологические нужды.

Годовой расход тепла на отопление

$$Q_o^{\text{год}} = Q_o^{\text{ср}} \left[ (n_o - n_d) + n_d \frac{t_{\text{вд}} - t_{\text{н}}^{\text{срo}}}{t_{\text{вр}} - t_{\text{н}}^{\text{срo}} \right], \quad \text{Гдж (Гкал)}. \quad (3.5)$$

Здесь  $Q_o^{\text{ср}}$  - средняя тепловая нагрузка за отопительный период, МВт или Гкал/ч;

$n_o$  – продолжительность работы системы отопления (для жилых и общественных зданий – продолжительность отопительного периода), ч/год;

$n_d$  – длительность работы дежурного отопления, ч/год;

$t_{вд}$  – температура внутреннего воздуха в здании при работе дежурного отопления, °С.

Средний расход тепла за отопительный период

$$Q_o^{год} = Q_{oc}^p \frac{t_{вр} - t_n^{cpo}}{t_{вр} - t_{но}} n_o, \quad \text{Гдж (Гкал)}. \quad (3.6)$$

Здесь  $Q_{oc}^p$  – суммарные теплопотери (через наружные ограждения и инфильтрацию воздуха) объекта теплоснабжения, Гдж (Гкал);

Для промышленных зданий из величины  $Q_{oc}^p$  вычитается значение внутренних тепловыделений  $Q_{тв}$ , Гдж (Гкал);

Средняя температура наружного воздуха за любой интервал отопительного периода определяется как частное от деления на длительность этого интервала алгебраической суммы произведений средних температур отдельных периодов этого интервала на длительность этих периодов:

$$t_n^{cpo} = \frac{n_1 t_{н1}^{cp} + n_2 t_{н2}^{cp} + \dots + n_m t_{нm}^{cp}}{n_1 + n_2 + \dots + n_m}, \quad ^\circ\text{С}. \quad (3.7)$$

Для жилых зданий  $n_d = 0$  и уравнение принимает вид

$$Q_o^{год} = Q_o^{cp} n_o, \quad \text{Гдж (Гкал)}. \quad (3.8)$$

Годовой расход тепла на вентиляцию

$$Q_v^{год} = Q_v^p \left[ n_b + \frac{t_{вр} - t_n^{cpв}}{t_{вр} - t_{нв}} (n_o - n_b) \right] \left( 1 - \frac{n_{вд}}{n_o} \right), \quad \text{Гдж (Гкал)}, \quad (3.9)$$

где  $Q_v^p$  – расчетный расход тепла на вентиляцию;

$n_b$  – продолжительность отопительного периода с температурой наружного воздуха  $t_n < t_{нв}$  (при  $t_{нв} = t_{но}$ ,  $n_b = 0$ ), час;

$n_{вд}$  – длительность отопительного периода, когда вентиляция не работает, час;

$t_n^{cpв}$  – средняя температура наружного воздуха в интервале от начала отопительного периода  $t_n = t_{нк}$  до  $t_n = t_{нв}$ , °С.

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение

$$Q_{гвс}^{год} = Q_{гвс}^{cp} \left[ n_o + \varphi_{гвс}^л \frac{t_{г} - t_{х}^л}{t_{г} - t_{х}^3} (n_{г} - n_o) \right], \quad \text{Гдж (Гкал)}, \quad (3.10)$$

где  $Q_{гвс}^{cp}$  – средненедельный расход тепла на горячее водоснабжение;

$n_{г}$  – длительность работы системы горячего водоснабжения, при отсутствии данных можно принять  $n_{г} = 8400$  ч/год;

$\varphi_{гвс}^л$  – коэффициент снижения часового расхода воды на горячее водоснабжение в летний период,  $\varphi_{гвс}^л = 0,8$ ;

$t_{\Gamma}, t_{x[\text{Л}]}, t_{x[\text{З}]}$  - температура соответственно горячей воды и холодной водопроводной воды летом и зимой, °С.

### 3.3. Определение расходов сетевой воды у потребителей

Расчетный часовой расход сетевой воды (максимальный при расчетной температуре наружного воздуха на отопление  $t_0^p$ ) для определения диаметров труб в водяных тепловых сетях при качественном регулировании отпуска теплоты определяется отдельно для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Расчетный расход воды на отопление

$$G_o^p = \frac{Q_o^p}{c (t_1 - t_2)}, \text{ кг/ч,} \quad (3.11)$$

где  $t_1, t_2$  – соответственно расчетные температура сетевой воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха на отопление  $t_0^p$ .

Расчетный расход воды на вентиляцию

$$G_B^p = \frac{Q_B^p}{c (t_1 - t_2)}, \text{ кг/ч.} \quad (3.12)$$

#### 3.3.1. Расход воды на горячее водоснабжение в открытых системах теплоснабжения

В открытых системах теплоснабжения разбор воды на горячее водоснабжение осуществляется в зависимости от температуры воды в сети. При температуре воды в подающем трубопроводе, равной 60 °С, водоразбор ведется только из подающей линии. С повышением температуры сетевой воды ( $t_1 > 60$  °С) водоразбор осуществляется одновременно из обоих трубопроводов в таком соотношении, чтобы температура воды, поступающей на горячее водоснабжение, была равна 60 °С. В холодный период отопительного сезона при  $t_2 \geq 60$  °С разбор воды происходит только из обратной магистрали. Температура горячей воды на входе в систему горячего водоснабжения у потребителей для открытых систем должна быть не менее 60 °С, для закрытых – не менее 70 °С.

Средний расход воды на горячее водоснабжение

$$G_{\text{ГВС}}^{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{ГВС}}^{\text{ср}}}{c (t_{\Gamma} - t_{\text{ХЗ}})}, \text{ кг/ч.} \quad (3.13)$$

Максимальный расход воды на горячее водоснабжение

$$G_{\text{ГВС}}^{\text{max}} = \frac{Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}}}{c (t_{\text{Г}} - t_{\text{ХЗ}})}, \quad \text{кг/ч.} \quad (3.14)$$

### 3.3.2. Расход воды на горячее водоснабжение в закрытых системах теплоснабжения

Максимальный расход воды на горячее водоснабжение в закрытых системах теплоснабжения определяется в зависимости от схемы включения подогревателей горячего водоснабжения.

Средний расход воды при параллельной схеме включения подогревателей

$$G_{\text{ГВС}}^{\text{cp}} = \frac{Q_{\text{ГВС}}^{\text{cp}}}{c (t_{1\text{и}} - t_{3\text{и}})}, \quad \text{кг/ч,} \quad (3.15)$$

где  $t_{1\text{и}}$ ,  $t_{3\text{и}}$  – соответственно температуры воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температур сетевой воды и после параллельно включенного подогревателя горячего водоснабжения в точке излома графика температур (при отсутствии данных  $t_{3\text{и}}$  принимается равной 30 °С).

Максимальный расход воды при параллельной схеме

$$G_{\text{ГВС}}^{\text{max}} = \frac{Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}}}{c (t_{1\text{и}} - t_{3\text{и}})}, \quad \text{кг/ч.} \quad (3.16)$$

Средний расход воды на горячее водоснабжение при двухступенчатой схеме присоединения водоподогревателя:

$$G_{\text{ГВС}}^{\text{cp}} = \frac{Q_{\text{ГВС}}^{\text{cp}}}{c (t_{1\text{и}} - t_{2\text{и}})} \left( \frac{55 - t_{1\text{ст}}}{55 - t_{\text{ХЗ}}} + 0,2 \right), \quad \text{кг/ч,} \quad (3.17)$$

где  $t_{2\text{и}}$  – температура воды в обратном трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температур, °С;

$t_{1\text{ст}}$  – температура сетевой воды после первой ступени подогрева при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей, °С.

Максимальный расход воды на горячее водоснабжение при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей

$$G_{\text{ГВС}}^{\text{max}} = \frac{0,55 Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}}}{c (t_{1\text{и}} - t_{2\text{и}})}, \quad \text{кг/ч.} \quad (3.18)$$

Суммарные расчетные расходы сетевой воды в двухтрубных тепловых сетях в открытых и закрытых системах при качественном регулировании

$$G_{\text{С}}^{\text{p}} = G_{\text{О}}^{\text{p}} + G_{\text{В}}^{\text{p}} + K_3 G_{\text{ГВС}}^{\text{cp}}, \quad \text{кг/ч,} \quad (3.19)$$

где  $K_3$  – коэффициент, учитывающий долю среднего расхода воды на горячее водоснабжение при регулировании по нагрузке отопления, следует принимать по табл. 3.1.

Для закрытых систем теплоснабжения при регулировании по нагрузке отопления и тепловом потоке менее 100 МВт, при наличии баков-аккумуляторов у потребителей, коэффициент  $K_3 = 1$ . При регулировании по совмещенной нагрузке отопления и горячего водоснабжения  $K_3 = 0$ .

Табл. 3.1

Значения коэффициентов  $K_3$

Системы теплоснабжения	Тепловой поток	Значение коэффициента $K_3$
Открытая	100 и более	0,6
	менее 100	0,8
Закрытая	100 и более	1,0
	менее 100	1,2

Для потребителей при  $\frac{Q_{ГВС}^{max}}{Q_o^p} > 1.0$  при отсутствии баков-аккумуляторов,

а также с тепловым потоком  $\leq 10$  МВт суммарный расчетный расход воды

$$G_c^p = G_o^p + G_b^p + G_{ГВС}^{max}, \text{ кг/ч.} \quad (3.20)$$

Расчетный расход сетевой воды в двухтрубных тепловых сетях в неотапительный период

$$G_{сл}^p = \beta G_{ГВС}^{max}, \text{ кг/ч.} \quad (3.21)$$

При этом максимальный расход воды на горячее водоснабжение определяется для открытых систем теплоснабжения по формуле (3.14) при температуре холодной воды в неотапительный период, а для закрытых систем при всех схемах присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения - по формуле (3.16).

Расход воды в обратном трубопроводе двухтрубных водяных тепловых сетей открытых систем теплоснабжения принимается в размере 10 % от расчетного расхода воды определенного по формуле (3.21).

### 3.4. Графики тепловых нагрузок

Исследование закономерностей изменения тепловых нагрузок для отчетных календарных периодов (суток, недели, года) необходимо для установления экономичного режима работы теплофикационного оборудования, выбора наиболее выгодных параметров теплоносителя, определения расхода тепла и топлива, различных плановых показателей и технико-экономического анализа работы энергосистемы. Ниже приводятся суточный график расхода тепла на горячее водоснабжение (рис. 3.1) и график расхода тепла по месяцам года (рис. 3.2).

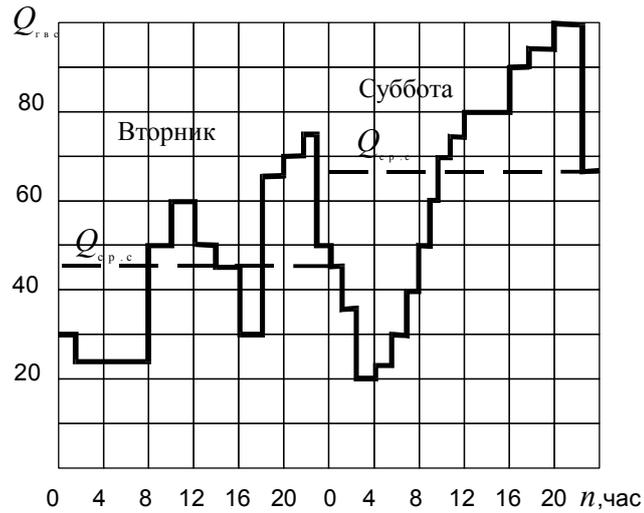


Рис. 3.1. Суточный график расхода тепла на ГВС

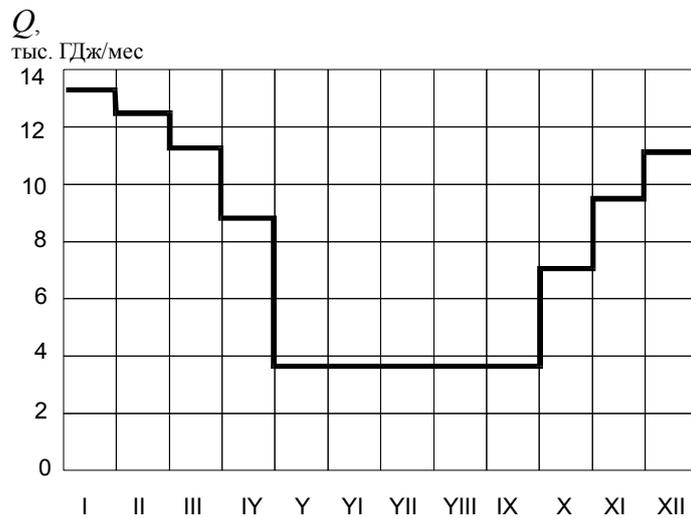


Рис. 3.2. График расхода тепла по месяцам года

При построении графика (рис. 3.2) расходы тепла на отопление и вентиляцию определяются по среднемесячным наружным температурам.

На рис. 3.3 показан график расхода тепла по продолжительности. Здесь на оси абсцисс откладываются значение времени  $n_x$ , в течение которого тепловые нагрузки района больше или равны данной тепловой нагрузке  $Q_x$ .

График продолжительности несения тепловых нагрузок  $Q = f(n)$  (I четверть), строится в указанной на рис. 3.3 последовательности на основании графика тепловых нагрузок района теплоснабжения  $Q = f(t_n)$  (II четверть) и температурной характеристики наружного воздуха  $t_n = f(n)$  (IV четверть).

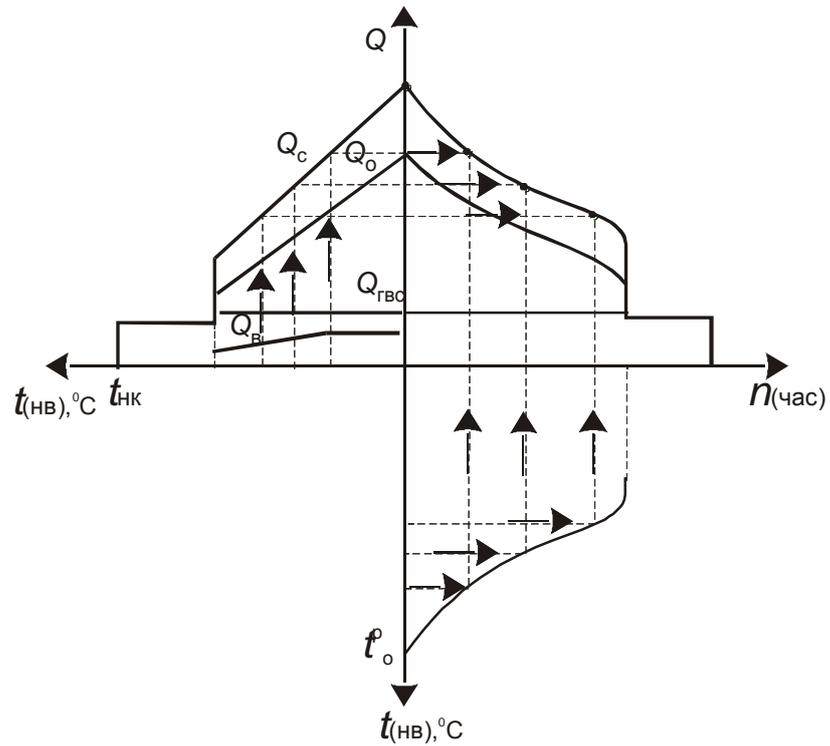


Рис. 3.3. Схема построения годового графика расхода тепла по продолжительности

На оси абсцисс откладывается значение времени  $n_x$ , в течение которого тепловые нагрузки района больше или равны данной тепловой нагрузке  $Q_x$ .

График продолжительности несения тепловых нагрузок  $Q = f(n)$  строится в указанной на рис. 3.3 последовательности на основании графика тепловых нагрузок района теплоснабжения  $Q = f(t_{н})$  и температурной характеристики наружного воздуха  $t_{н} = f(n)$ .