



МОСКОВСКИЙ
ФИНАНСОВО-
ЮРИДИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Теплогазоснабжение с основами теплотехники

№ 2. Определение расходов теплоты

Автор: Ефремов Герман Иванович, профессор, д.т.н.

Контакты: efremov_german@mail.ru

Москва – 2017

Определение расходов теплоты

1. Классификация тепловых нагрузок. Тепловой баланс.
 - 1.1 Потери теплоты через ограждающие конструкции . Расчет коэффициентов теплообмена.
 - 1.2 Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха.
 - 1.3 Тепловой поток, регулярно поступающий от различных источников.
 - 1.4 Расход тепла на отопление и ГВС.
 - 1.5 Открытые системы теплоснабжения.
 - 1.6 Закрытые системы теплоснабжения.
2. Сезонная нагрузка.
3. Круглогодичная нагрузка.
4. Годовой расход теплоты.
5. Построение графика расхода теплоты.

Классификация тепловых нагрузок.

Тепловой баланс

Для поддержания температуры воздуха в помещении постоянной необходимо обеспечить равенство теплопотерь и теплопритоков для обеспечения нормируемой температуры воздуха. Потери (**расход тепла**) обусловлены теплопередачей через ограждения, на которых перепад температур более $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ - Q_T , а также инфильтрацией. $Q_{\text{инф}}$ - затраты тепла на нагрев воздуха, поступающего извне через неплотности ограждений. Общие потери тепла в помещении составят

$$Q_T + Q_{\text{инф}} = Q_T \left(1 + \frac{Q_{\text{инф}}}{Q_T} \right) = Q_T (1 + \mu) \quad (1) \quad \text{где } \mu = \frac{Q_{\text{инф}}}{Q_T} \text{ коэффициент инфильтрации.}$$

Приток тепла в помещения осуществляется через отопительные установки - Q_o и от внутреннего тепловыделения (от электроприборов, освещения, трубопроводов, людей и других источников) - $Q_{\text{вт}}$. В общем случае **баланс тепла** можно записать в виде

$$Q_T + Q_{\text{инф}} + Q_{\text{мт}} = Q_o (1 - \eta) + Q_{\text{вм}} \quad (2)$$

где η – коэффициент, зависящий от способа отопления [7], $Q_{\text{мт}}$ - тепло на нагрев материалов и транспортных средств, поступающих в производственные помещения.

Каждая составляющая теплового баланса (2) определяется по определенной методике.

Для жилых и общественных зданий часто принимают: $Q_t = Q_o$ (потери теплоты через ограждающие конструкции компенсируют отоплением).

Коэффициент, зависящий от способа регулирования отопления

Таблица 1.

Коэффициент η_1 , принимаемый в зависимости от способа регулирования системы отопления [4]

Система отопления и способ регулирования		η_1
1	Электроотопление с индивидуальным регулированием	0,85
2	Водяное отопление с индивидуальными автоматическими терморегуляторами у отопительных приборов	0,80
3	Водяное отопление с местным регулированием по температуре внутреннего воздуха помещения – представителя	0,60
4	Водяное отопление с местной системой регулирования по температуре наружного воздуха («следящая система регулирования»)	0,40
5	Водяное отопление без регулирования, печное отопление без регулирования	0,20

Определение потерь теплоты через ограждающие конструкции

Потери теплоты Q_T через отдельные ограждающие конструкции (плоская стенка площадью F) определяют [10]:
$$Q_T = K \cdot F (t_{в} - t_{н}) (1 + \sum \beta) n \quad (3)$$

где $K = 1/R$ - коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, Вт/(м² °С), (Рассмотрен в предыдущей лекции)
 R - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м² °С/Вт (определение K рассмотрено в 1-м разделе, значения R даны в [10]);

$t_{в}$ - расчетная температура воздуха в помещении с учетом повышения ее в зависимости от высоты для помещений высотой более 4 м, °С;

$t_{н}$ - расчетная температура наружного воздуха для холодного периода года при расчете потерь теплоты через наружные ограждения;

n - коэффициент, принимаемый в зависимости от положения наружной поверхности ограждающих конструкций по отношению к наружному воздуху [10, табл 5 3];

β - добавочные потери теплоты в долях от основных потерь.

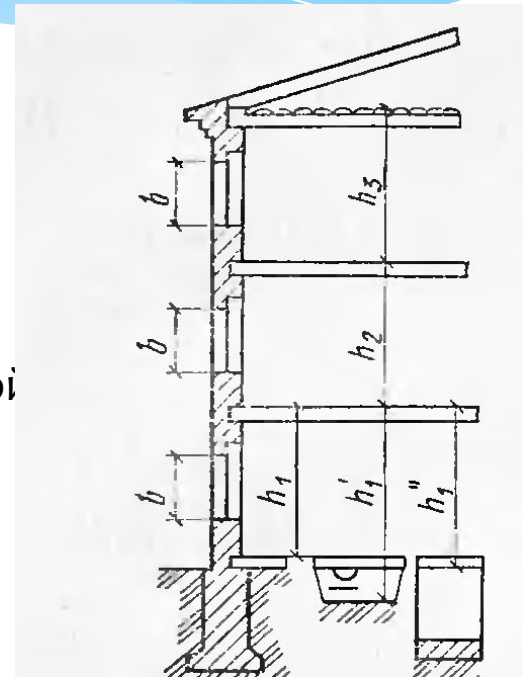


Рис. 1. Обмер ограждающих конструкций.

Определение потерь теплоты через ограждающие конструкции

Значение β принимают равным:

а) в помещениях любого назначения для наружных вертикальных и наклонных (вертикальная проекция) стен, дверей и окон, ориентированных на север, восток, северо-восток и северо-запад - в размере 0,1, на юго-восток и запад - в размере 0,05;

в общественных, административных, бытовых и производственных помещениях через две наружные стены и более - 0,15 (если одно из ограждений обращено на север, восток, северо-восток и северо-запад), и 0,1 - в других случаях;

в угловых помещениях — дополнительно по 0,05 на каждую стену, дверь и окно;

б) для наружных дверей, не оборудованных воздушными или воздушно-тепловыми завесами, при высоте зданий H , м (от средней планировочной отметки земли до верха карниза, центра вытяжных отверстий фонаря или устья шахты) в размере: 0,2 H - для тройных дверей с двумя тамбурами между ними; 0,27 H - для двойных дверей с тамбуром между ними; 0,34 H - для двойных дверей без тамбура; 0,22 H - для одинарных дверей;

в) для наружных ворот, не оборудованных воздушными и воздушно-тепловыми завесами, - в размере 3,00 при отсутствии тамбура и в размере 1,00 - при наличии тамбура у ворот.

г) для необогреваемых полов 1-го этажа 0,05.

Расчётные параметры наружного воздуха (климатологические данные)

Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Ед. измерения	Расчетное значение
Расчетная температура наружного воздуха, равная средней температуре наиболее холодной пятидневки, обеспеченностью 0,92	t_H	$^{\circ}\text{C}$	
Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь	v	м/с	
Продолжительность отопительного периода, принимаемая для периода со средней суточной температурой наружного воздуха не более 8°C	$Z_{от}$	сут	
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	$^{\circ}\text{C}$	
Средняя температура наиболее холодного месяца	t_x	$^{\circ}\text{C}$	



Рис.2.

Расчётные параметры наружного воздуха берут по данным о районе строительства (СНиП 23-01-99* Строительная климатология [5]). Они являются определяющими для зимнего периода.

Теплопередача через плоскую стенку

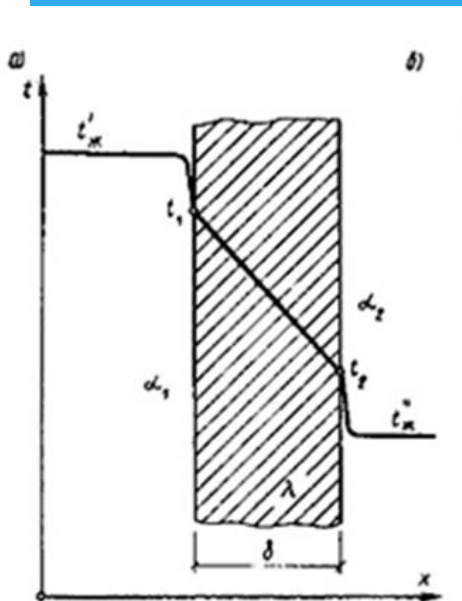


Рис. 3.

где α_2 – коэффициент теплоотдачи от поверхности стенки к холодной среде с температурой $t''_{ж}$.

Решая эти три уравнения совместно получаем:

$$Q = (t'_{ж} - t''_{ж}) \cdot F \cdot K, \quad (7)$$

где $K = 1 / (1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2)$ – коэффициент теплопередачи, (8)

$R = 1/K = 1/\alpha_1 + \delta/\lambda + 1/\alpha_2$ – полное термическое сопротивление теплопередачи через однослойную плоскую стенку. Коэффициенты теплоотдачи находят по критериальным уравнениям [4]. Приближенные значения – по таблицам.

Теплоотдача от горячей среды $t'_{ж}$, к холодной среде $t''_{ж}$.

Количество теплоты, переданной от горячей среды к стенке по уравнению Ньютона-Рихмана имеет вид:

$$Q = \alpha_1 \cdot (t'_{ж} - t_1) \cdot F, \quad (4)$$

где α_1 – коэффициент теплоотдачи от горячей среды с температурой $t'_{ж}$ к поверхности стенки с температурой t_1 ; F – расчетная поверхность плоской стенки.

Тепловой поток через стенку определяется по уравнению:

$$Q = \lambda/\delta \cdot (t_1 - t_2) \cdot F. \quad (5)$$

Тепловой поток от второй поверхности стенки к холодной среде определяется по формуле: $Q = \alpha_2 \cdot (t_2 - t''_{ж}) \cdot F,$ (6)

Коэффициенты теплоотдачи внутренних поверхностей ограждений [1]

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	$\alpha_{в}$ Вт/(м ² ·К)
1. Стен, полов, гладких потолков, потолков с выступающими ребрами при отношении высоты h ребер к расстоянию a между гранями соседних ребер $h/a \leq 0,3$	8,7
2. Потолков с выступающими ребрами при отношении $h/a < 0,3$	7,6
3. Зенитных фонарей	9,9

Для многослойной стенки:

$R = \sum \delta / \lambda$ (9) – термосопротивление многослойной стенки.

$K = 1 / (1/\alpha_1 + \sum \delta / \lambda + 1/\alpha_2)$ (10) – коэффициент теплопередачи

Коэффициенты теплоотдачи наружных поверхностей ограждений [1]

Наружная поверхность ограждающих конструкций	α_n Вт/(м ² ·К)
1. Наружных стен, покрытий, перекрытий над проездами и над холодными (без ограждающих стенок) подпольями в Северной строительной-климатической зоне	23
2. Перекрытий над холодными подвалами, сообщающимися с наружным воздухом; перекрытий над холодными (с ограждающими стенками) подпольями и холодными этажами в Северной строительной-климатической зоне	17
3. Перекрытий чердачных и над неотапливаемыми подвалами со световыми проемами в стенах, а также наружных стен с воздушной прослойкой, вентилируемой наружным воздухом	12
4. Перекрытий над неотапливаемыми подвалами без световых проемов в стенах, расположенных выше уровня земли, и над неотапливаемыми техническими подпольями, расположенными ниже уровня земли	6

Расход теплоты на нагревание инфильтрующегося наружного воздуха

Расход теплоты $Q_{\text{инф}}$, Вт, в выражении (2) на нагревание организованного инфильтрационного потока находят [10]: $Q_{\text{инф}} = 0,28L_n\rho \cdot c(t_s - t_n)$ (11)

где: L_n - расход приточного, предварительно не подогреваемого, инфильтрующегося воздуха, м³/ч;

ρ - плотность воздуха в помещении, кг/м³;

c - удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг·°С).

Для жилых зданий приточный воздухообмен нормируется удельным расходом 3 м³/ч на 1 м² площади жилых помещений и кухни, что соответствует примерно однократному воздухообмену. В этом случае выражение (11) примет вид $Q_{\text{инф}} = F(t_s - t_n)$ (12)

При неорганизованной инфильтрации через существующие неплотности и щели в стенах, воротах, окнах, фонарях зданий различного назначения расход теплоты, (Вт) определяется по формуле $Q_{\text{инф}} = 0,28 \cdot c \Sigma [G_i k (t_s - t_n)]$ (13)

где: G_i - расход инфильтрующегося воздуха через отдельные ограждающие конструкции, кг/ч;

k - коэффициент, учитывающий нагревание инфильтрующегося воздуха встречным тепловым потоком, равный: для окон и дверей (в т.ч. балконных) с отдельными переплетами - 0,8; при спаренных переплетах и одинарных окнах, дверях и воротах - 1,0. Инфильтрационные потоки через стены и стыки стеновых панелей современных зданий незначительны и часто практически не учитываются [3].

Суммарный тепловой поток, регулярно поступающий от различных источников

Нерегулярные тепlopоступления в тепловом балансе помещения не учитывают. Если в промпомещениях на одного работающего приходится более 50 м³ объема, то тепловыделения от людей также не учитываются. Тепlopоступления в жилых зданиях в виде общих бытовых тепловыделений принимают для жилой комнаты из расчета 21 Вт на 1 м² ее жилой площади. Тепловыделения от электроприборов составляют

$$Q_{эл} = (0,05 \dots 0,95)N_{эл} \quad (14)$$

Основной приток тепла в помещения осуществляется через отопительные установки - Q_o . Для его расчета необходимо предварительно выбрать применяемый тип системы отопления.

Температура воздуха в помещении зависит от назначения помещения, а в промышленных зданиях и от характера выполняемых работ. Значения температуры воздуха в помещениях t_b принимаются:

- для жилых зданий - от 18 до 20 °С;
- для промышленных зданий - от 16 до 20 °С;
- для общественных зданий - от 14 до 25 °С.

Оптимальные и допустимые нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха в помещениях жилых зданий и общежитий в холодный период года (по ГОСТ 30494-96)

Наименование помещения	Температура воздуха, °С		Результующая температура, °С		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая	оптимальная	допустимая, не более	оптимальная, не более	допустимая, не более
Жилая комната	20-22	18-24 (20-24)	19-20	17-23 (19-23)	45-30	60	0,15	0,2
То же, в районах с температурой наиболее холодной пятидневки (обеспеченностью 0,92) минус 31 °С и ниже	21-23	20-24 (22-24)	20-22	19-23 (21-23)	45-30	60	0,15	0,2
Кухня	19-21	18-26	18-20	17-25	НН*	НН	0,15	0,2
Туалет	19-21	18-26	18-20	17-25	НН	НН	0,15	0,2
Ванная, совмещенный санузел	24-26	18-26	23-27	17-26	НН	НН	0,15	0,2
Помещения для отдыха и учебных занятий	20-22	18-24	19-21	17-23	45-30	60	0,15	0,2
Межквартирный коридор	18-20	16-22	17-19	15-21	45-30	60	0,15	0,2
Вестибюль, лестничная клетка	16-18	14-20	15-17	13-19	НН	НН	0,2	0,3
Кладовые	16-18	12-22	15-17	11-21	НН	НН	НН	НН

* НН - не нормируется

Расход тепла на отопление и ГВС

а) максимальный тепловой поток на отопление жилых зданий определяется [7]:

$$Q_o = q_o \cdot F, \text{ Вт}, \quad (15)$$

где q_o - укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м^2 общей площади, принимаемой по [7], Вт;

F - общая площадь жилых помещений, м^2 ;

б) максимальный тепловой поток на отопление общественных зданий, определяется по [7]:

$$Q_{1o} = k_1 \cdot Q_o = k_1 \cdot q_o \cdot F, \text{ Вт}, \quad (16)$$

где k_1 - коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление общественных зданий (при отсутствии данных следует принимать равным 0,25).

в) средний тепловой поток на горячее водоснабжение жилых зданий определяется по [7]:

$$Q_{гвс} = \frac{1,2c \cdot ma(35 - t_{хв})}{24 \cdot 3,6}, \text{ Вт}, \quad (17)$$

где 1,2 - коэффициент, учитывающий теплоотдачу в помещении от трубопроводов систем горячего водоснабжения (отопление ванных комнат, сушка белья); c - удельная теплоемкость воды, принимаемая равной $4,187 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; m - число человек, проживающих в помещениях; a - норма расхода воды на горячее водоснабжение при температуре 55°C на одного человека в сутки, принимаемая в зависимости от степени комфортности зданий в соответствии с [7], л; $t_{хв}$ - температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период. (при отсутствии данных принимается

Открытые системы теплоснабжения

По способу подачи тепла на ГВС различают **открытые и закрытые системы** теплоснабжения. В открытых системах на ГВС подается вода из тепловой сети.

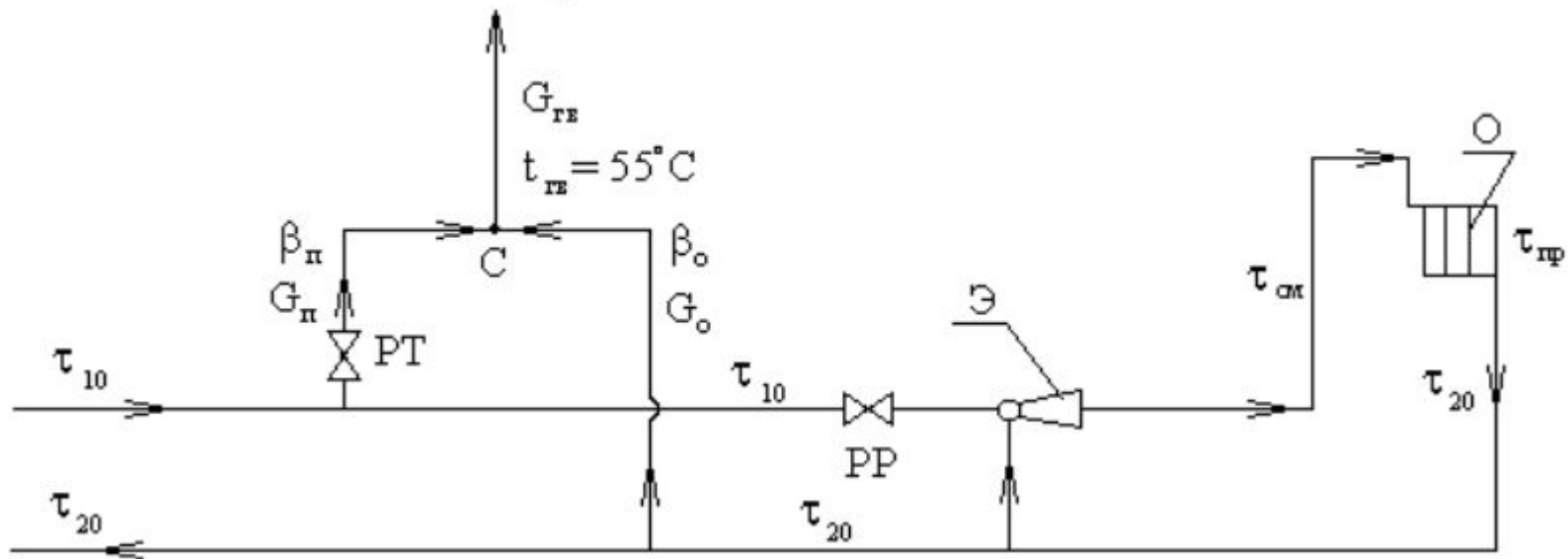
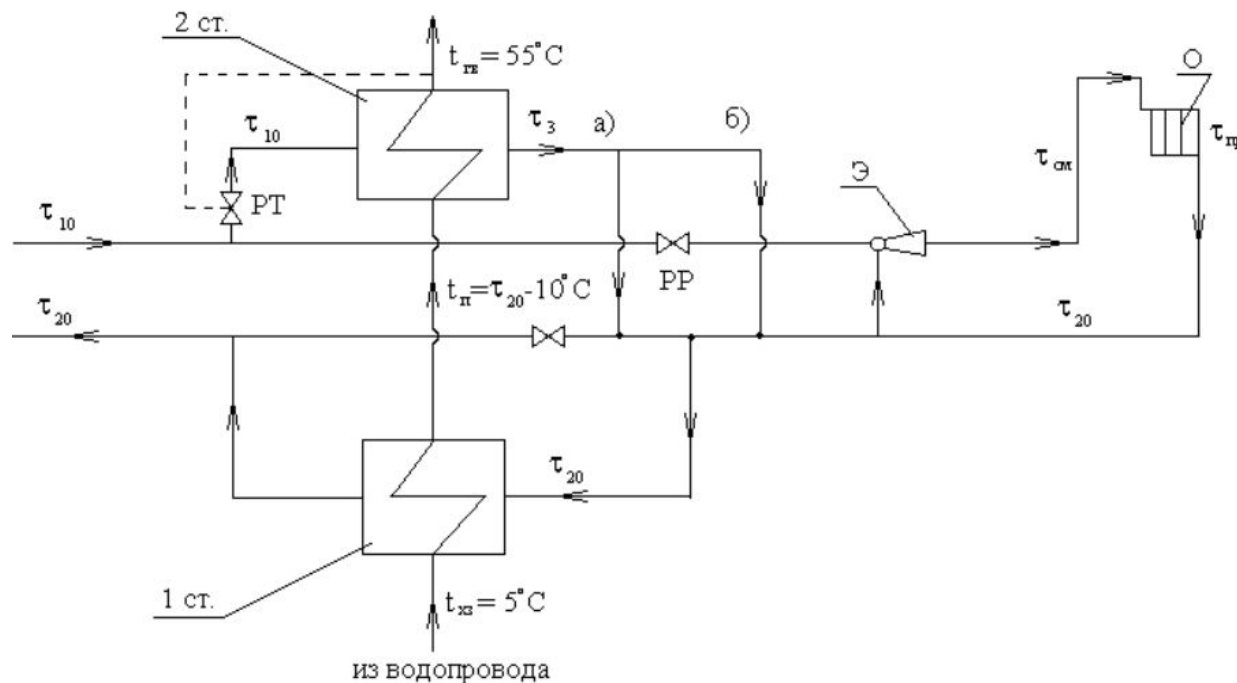


Рис.4. Открытая схема присоединения абонентской установки

Э - водоструйный эжектор или элеватор; PT - регулятор температуры; O - отопительный прибор; C - смеситель; $\beta_{\text{п}}$ и $G_{\text{п}}$ - доля воды и расход из подающей системы теплоснабжения; $\beta_{\text{о}}$ и $G_{\text{о}}$ - то же из обратной системы теплоснабжения.

Закрытые системы теплоснабжения

В **закрытых системах** сетевая вода используется для подогрева вторичной воды, поступающей в систему ГВС, т.е. на абонентском вводе закрытых систем устанавливаются **водоводяные подогреватели** 1 или 2. Подключение их может быть одноступенчатое или двухступенчатое, выполненное по параллельной, двухступенчатой последовательной или двухступенчатой смешанной схемам.



Э - водоструйный эжектор или элеватор;
РТ - регулятор температуры;
О - отопительный прибор;
П - водоводяные подогреватели;
РР - регулятор расхода.
а) параллельная схема подключения ГВ;
б) 2- ступенчатая смешанная схема.

Рис.5. Закрытая схема присоединения системы ГВС.

Схема теплового пункта ГВС с двухступенчатым подогревателем

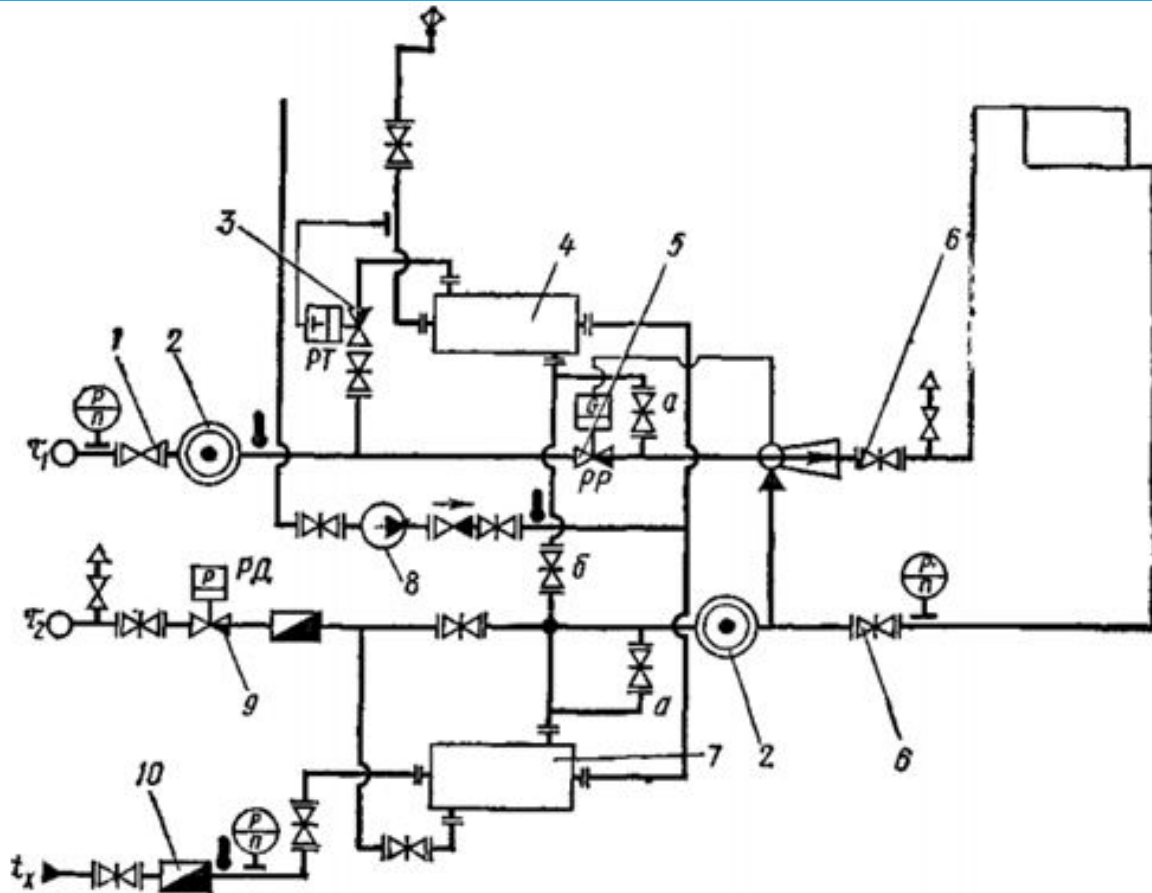


Рис. 6. Схема теплового пункта с двухступенчатым подогревателем горячего водоснабжения и зависимым присоединением отопительной системы: 1- задвижки, отделяющие тепловой пункт от сети; 2 - грязевик; 3 - регулятор температуры; 4 - подогреватель ступени II; 5 — регулятор расхода; 6 - задвижки, отделяющие тепловой пункт от отопительной системы; 7 - подогреватель ступени I; 8 - циркуляционный насос; 9 - регулятор подпора; 10 - водомер.

Сезонная нагрузка

Для экономного использования тепла большое значение имеет правильный выбор начала и конца отопительного периода. По СНИПу начало и конец (длительность) отопительного периода принимается при значении среднесуточной температуры равной $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для производственных помещений с внутренними тепловыделениями отопительный период начинается при той температуре наружного воздуха, при которой $Q_T = Q_{BT}$.

Максимальный отпуск тепла на отопление определяется по расчетной температуре для отопления - t_{po} . Это есть средняя температура наиболее холодной пятидневки из восьми зим за последние 50 лет.

Для жилых и общественных зданий расчетное количество тепла на отопление может быть рассчитано и по объему здания V и определяется по формуле

$$Q_o = Q_m = q_o V (t_e - t_{no}) \quad (18)$$

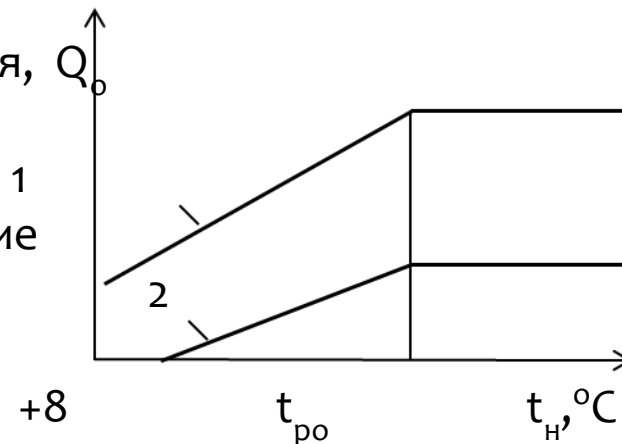
где: q_o - отопительная характеристика здания, зависящая от V и назначения здания.

Приводится в СНИП.

Рис. 6. График отпусла тепла на отопление

1 – для жилых и общественных зданий;

2 – для промышленных зданий.



Круглогодичная нагрузка

К круглогодичной нагрузке относятся нагрузка ГВС и технологическая нагрузка для промышленных зданий. Технологическая нагрузка задается технологами и зависит от вида промышленного производства.

Нагрузка ГВС имеет существенно неравномерный характер как в течение суток, так и по дням недели. Наибольший расход горячей воды наблюдается в утренние и вечерние часы, из дней недели – в субботу (банный день).

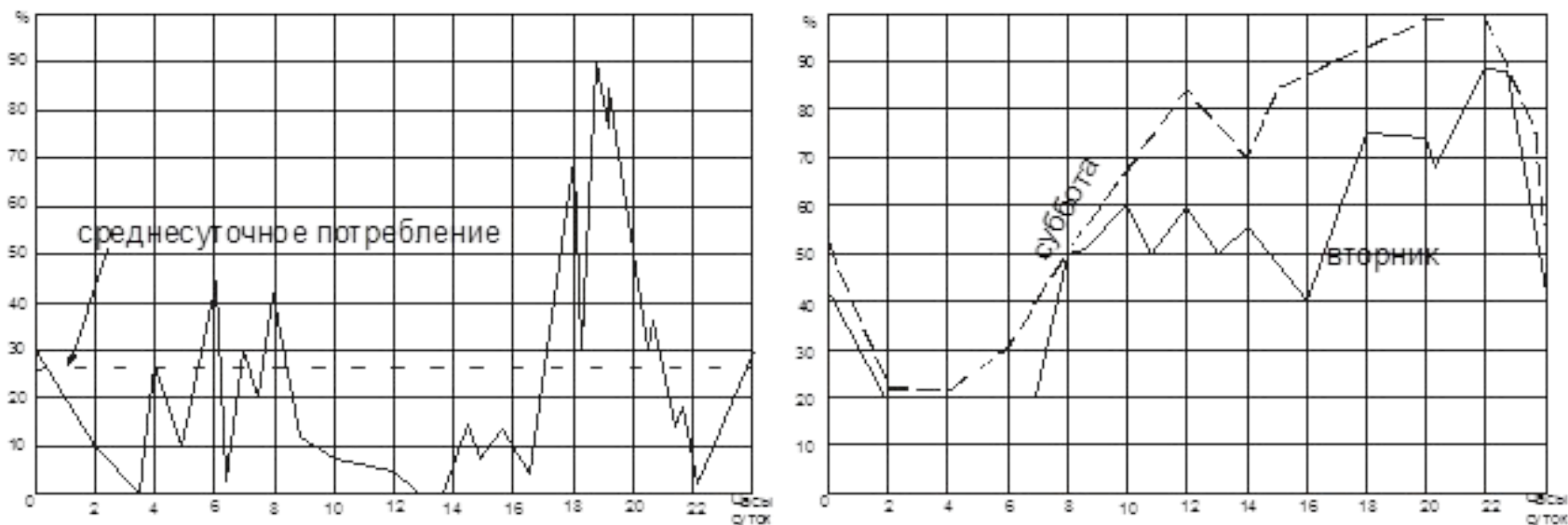


Рис. 7. Графики потребления тепла для ГВС.

Круглогодичная нагрузка

Если тепловая нагрузка обеспечивается из различных источников, то удобно пользоваться интегральным графиком. График продолжительности суммарной тепловой нагрузки делят на равные интервалы по оси ординат. a – относительная тепловая нагрузка. $a_c = Q_i / Q_c$ – отношение тепловой нагрузки i -го источника к расчетной нагрузке здания (района).

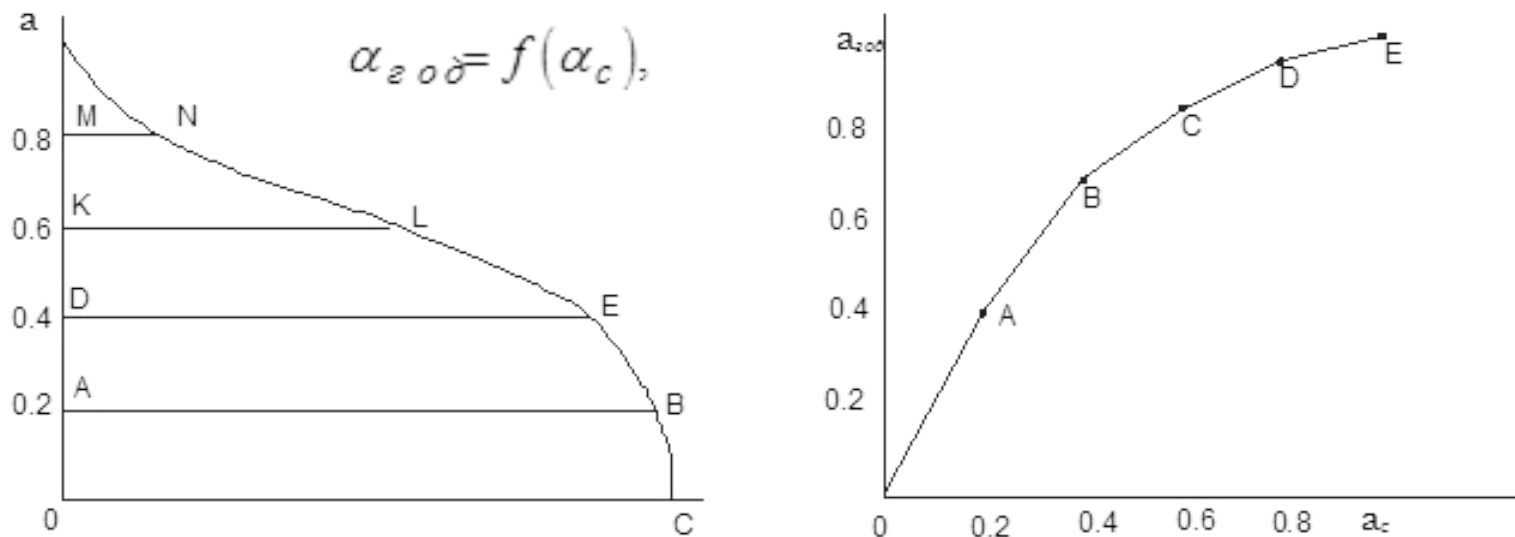


Рис. 8. Интегральный график тепловой нагрузки.

Если есть два источника тепла. У одного мощность равна 60 % максимального потребления $a_c = 0,6$. Другой способен покрыть остальные 40 %. В этом случае первый источник может обеспечить 92 % максимальной потребности в тепле, второй – 8 %.

Годовой расход теплоты

а) На отопление: $Q_o = 24 \cdot n_o \cdot Q_{cp}$, МВт, (19)

где n_o - продолжительность отопительного периода в сутках (принимается по [5]);

Q_{cp} - средний тепловой поток на отопление, Вт;

б) на вентиляцию: $Q_v = z \cdot n_o \cdot Q_{v,cp}$, МВт, (20)

где z - усредненное за отопительный период число часов работы системы вентиляции общественных зданий в течение суток (при отсутствии данных должно

приниматься равным 16 ч);

$Q_{v,cp}$ - средний тепловой поток на вентиляцию, Вт;

в) на горячее водоснабжение

$$Q_{гв} = 24 \cdot n_o \cdot Q_{гвс} + 24 \cdot (350 - n_o) \cdot Q_{гвл}, \text{ МВт, (21)}$$

где $Q_{гвс}$ - средний тепловой поток на ГВ в отопительный период, Вт;

$Q_{гвл}$ - средний тепловой поток на ГВ в летний период, Вт;

350 - число суток в году работы системы горячего водоснабжения;

г) суммарный годовой расход тепла

$$Q_{год} = Q_o + Q_v + Q_{гв}, \text{ МВт. (22)}$$

Построение графика расхода теплоты

Построение нормального отопительного температурного графика. Принимаем температуры сетевой воды в подающем трубопроводе $\tau_{10} = 150^\circ\text{C}$ после системы отопления $\tau_{20} = 70^\circ\text{C}$ и после элеватора $\tau_{см}$, (Рис. 4) в зависимости от наружной температуры воздуха $t_B = 18^\circ\text{C}$, определяются по

формулам [12]:

$$\tau_{10} = t_B + (\tau_{пр}' - t_B) \cdot Q_o / 0,8 + (\tau_{10}' - \tau_{пр}') \cdot Q_o, \quad (23)$$

$$\tau_{20} = \tau_{10} - (\tau_{10}' - \tau_{20}') \cdot Q_o, \quad (24)$$

$$\tau_{см} = \tau_{10} - (\tau_{10}' - \tau_{см}') \cdot Q_o, \quad (25)$$

где $\tau_{пр}' = (\tau_{20} + \tau_{см}') / 2 = 82,5^\circ\text{C}$; $Q_o = \frac{t_s - t_H}{t_s - t_{po}} = \frac{18 - t_H}{18 - t_{po}}$

Q_o – расход тепла на отопление при любой (текущей) температуре наружного воздуха t_H , Вт;

Q_o' – максимальный (расчетный) расход тепла на отопление при расчетной $t_H = t_{po}$ температуре наружного воздуха, Вт. Индекс « ' » в приведенных формулах относится к наружной температуре для проектирования отопления t_{po} .

Точка излома температурного графика делит отопительный период на два диапазона. 1 – в интервале наружных температур $t_H = 8^\circ\text{C} \div t_H''$, 2 – в интервале температур $t_H'' \div t_{po}$. Граница между диапазонами (точка излома t_H'') находится графически в точке пересечения кривой $\tau_{10} = f(t_H)$ с горизонтальной линией, соответствующей $\tau_{10} = 65^\circ\text{C}$ для закрытых систем теплоснабжения и $\tau_{10} = 55^\circ\text{C}$ для открытых систем.

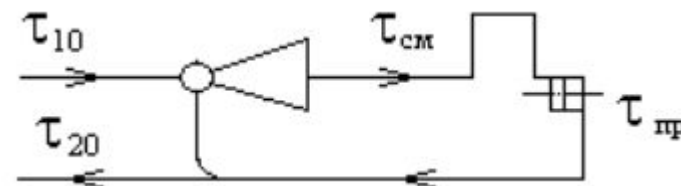


Рис. 9

Построение графика расхода теплоты

В диапазоне наружных $t''_н \div t_{po}$ ($t''_н$ – температура в точке излома) осуществляется центральное качественное регулирование, при этом расход сетевой воды на отопление остается постоянным.

Так, для температурного графика $\tau_{10}/\tau_{20}=150^\circ/70^\circ\text{C}$ расчетные уравнения (23 – 25) принимают вид:

$$\tau_{10} = 18 + 64,5 \cdot \left(\frac{18 - t_n}{18 - t_{po}} \right)^{1,5} + 67,5 \cdot \left(\frac{18 - t_n}{18 - t_{po}} \right), \quad (26)$$

$$\tau_{20} = \tau_{10} - 80 \cdot \left(\frac{18 - t_n}{18 - t_{po}} \right), \quad (27)$$

$$\tau_{cm} = \tau_{10} - 55 \cdot \left(\frac{18 - t_n}{18 - t_{po}} \right), \quad (28)$$

Задаваясь значениями температур наружного воздуха в диапазоне $t_{po} \div 8^\circ\text{C}$ (через интервал в 5°C) и значениями t_{po} для своего города по уравнениям (26 – 28) рассчитываем значения и заполняем таблицу графика.

Построение графика расхода теплоты

Расчетные температуры воды в тепловой сети находим в таблице, задаваясь значениями температур наружного воздуха в диапазоне $t_{po} \div 8^\circ\text{C}$ (через интервал в 5°C) и значениями t_{po} для своего города:

$t_{н}, ^\circ\text{C}$	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	$\frac{18-t_n}{18-t_{po}}$	$\left(\frac{18-t_n}{18-t_{po}}\right)^{0.8}$	$64,5 \cdot \left(\frac{18-t_n}{18-t_{po}}\right)^{0.8}$	$67,5 \cdot \left(\frac{18-t_n}{18-t_{po}}\right)$	$\tau_{10}, ^\circ\text{C}$	$80 \cdot \left(\frac{18-t_n}{18-t_{po}}\right)$	$\tau_{20}, ^\circ\text{C}$	$55 \cdot \left(\frac{18-t_n}{18-t_{po}}\right)$	$\tau_{см}, ^\circ\text{C}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
t_{po}	18									
-30	18									
-25	18									
-20	18									
-15	18									
-10	18									
-5	18									
0	18									
5	18									
10	18									
15	18									
18	18	0	0	0	0	18	0	18	0	18

Построение графика расхода теплоты

По полученным данным строим температурный график воды в тепловых сетях в зависимости от температуры наружного воздуха. Для этого по оси абсцисс откладываем температуру наружного воздуха (t_H), а по оси ординат – температуры воды в тепловой сети (τ_{10}, τ_{20}) и абонентской установке (τ_{CM}).

Точка излома температурного графика находится графически при пересечении кривой $\tau_{10} = f(t_H)$ с горизонтальной линией, соответствующей $\tau_{10} = 65^\circ\text{C}$ для закрытых и $\tau_{10} = 55^\circ\text{C}$ для открытых систем теплоснабжения.

Точка излома температурного графика делит отопительный период на два диапазона: 1 - диапазон в интервале температур наружного воздуха $t_H = +8^\circ\text{C} \div t''_H$ (количественное регулирование); 2 - диапазон – в интервале температур $t''_H \div t'_{po}$ (качественное регулирование).

Построенный температурный график качественного регулирования отпуска тепла по отопительной нагрузке показывает, что с понижением температуры наружного воздуха t_H отпуск тепла потребителям увеличивается. При этом расход воды в сетях остается постоянным ($G = \text{const}$), а температура воды – увеличивается ($\tau = \text{var}$) и достигает своего максимума при расчетной температуре наружного воздуха для проектируемого на отопление (t'_{po}). Индексы на рис. 4,5:

' _____ при t'_{po} (расчетная температура для отопления);

" _____ при t''_{pb} (расчетная температура для вентиляции);

" _____ при t''_H (расчетная температура для излома температурного

Построение графика расхода теплоты

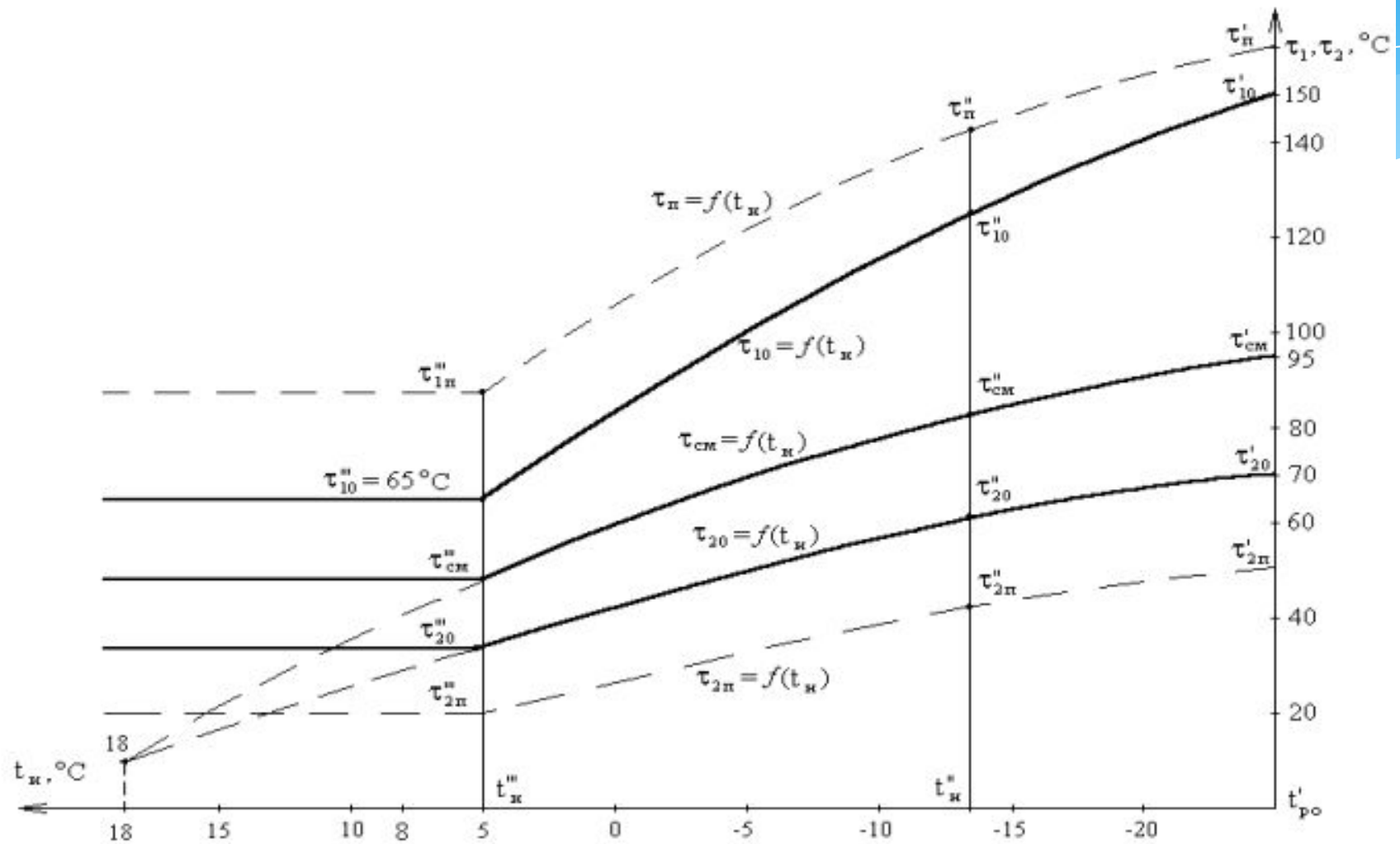


Рис. 10 . Температурные графики отпуска тепла потребителям .

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Тихомиров, К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: учеб. для вузов/ К.В. Тихомиров, Э.С. Сергеенко.– М.: Стройиздат, 2007.– 480 с.
2. Кононова, М.С., Воробьева Ю.А. Теплогазоснабжение с основами теплотехники. Воронеж 2014, - 60 с.
3. Теплогазоснабжение с основами теплотехники [Электронный ресурс]: лабораторный практикум/ — Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 94 с.
4. Теплогазоснабжение многоквартирного жилого дома [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Д.М. Чудинов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— Воронеж: Воронежский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 89 с.
5. СНиП 23-01-1999. Строительная климатология. Госстрой России, 2000.—10 с.
6. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Госкомитет РФ по строительству.- М., 2004.-54с.
7. СНиП 41-02-2003. Тепловые сети. Госкомитет РФ по строительству. М., 2003.— 38 с.

ЛИТЕРАТУРА

Дополнительная литература:

8. Бирюзова Е.А. Теплоснабжение. Часть 1. Горячее водоснабжение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Бирюзова Е.А.— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012.— 192 с
9. Подпоринов Б.Ф. Теплоснабжение [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Подпоринов Б.Ф.— Электрон. текстовые данные.— Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2011.— 267 с.
10. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. /Под ред. проф. Б. М. Хрусталева - М.: Изд-во АСВ, 2005. - 576 с, 129 ил.
11. Шарапов В.И. Регулирование нагрузки систем теплоснабжения [Электронный ресурс]: монография/ Шарапов В.И., Ротов П.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Новости теплоснабжения, 2007.— 165 с.
12. Гончар В. В. Теплоснабжение города: метод. указания к выполнению курсового и дипломного проектов / Воронеж. гос. арх.-строит. ун-т;– Воронеж, 2009. – 55 с.
13. Андреевский А.К. (под. ред. Одельский Э.Х., Мухин О.А.) Лабораторный практикум по теплогазоснабжению и вентиляции: учебное пособие для вузов. 2017, 304 с.