



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](mailto: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

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

где  $\eta$  – 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  $\eta_1$ , принимаемый в зависимости от способа регулирования системы отопления [4]**

Система отопления и способ регулирования		$\eta_1$
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]: 
$$Q_T = K \cdot F(t_{в} - t_{н})(1 + \sum \beta)n \quad (3)$$

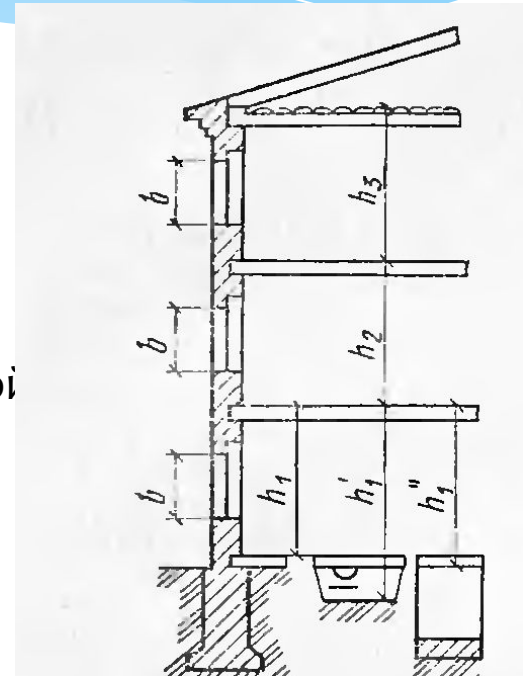
где  $K = 1/R$  - коэффициент теплопередачи ограждающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup> °С), (Рассмотрен в предыдущей лекции)  
 $R$  - сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции, м<sup>2</sup> °С/Вт (определение  $K$  рассмотрено в 1-м разделе, значения  $R$  даны в [10]);

$t_{в}$  - 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];

$\beta$  - добавочные потери теплоты в долях от основных потерь.



**Рис. 1.** Обмер ограждающих конструкций.

# Определение потерь теплоты через ограждающие конструкции

**Значение  $\beta$**  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 $8^{\circ}\text{C}$	$Z_{от}$	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

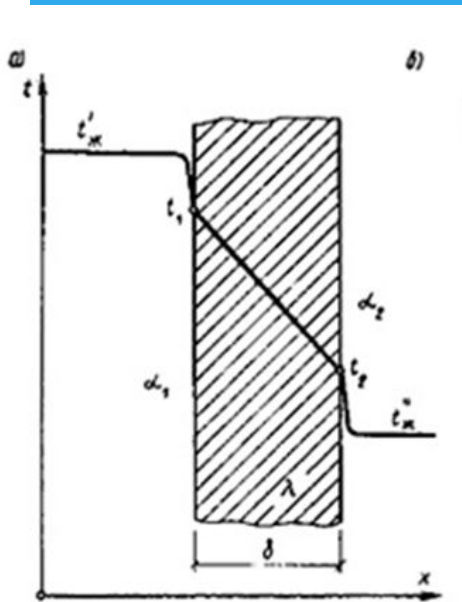


Рис. 3.

где  $\alpha_2$  – 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  $\alpha_1$  – 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:  $Q = \alpha_2 \cdot (t_2 - t''_{ж}) \cdot F, \quad (6)$



# Коэффициенты теплоотдачи внутренних поверхностей ограждений [1]

Внутренняя поверхность ограждающих конструкций	$\alpha_{в}$ Вт/(м <sup>2</sup> ·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	$\alpha_{н}$ Вт/(м <sup>2</sup> ·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, м<sup>3</sup>/ч;

$\rho$  - плотность воздуха в помещении, кг/м<sup>3</sup>;

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

Для жилых зданий приточный воздухообмен нормируется удельным расходом 3 м<sup>3</sup>/ч на 1 м<sup>2</sup> 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 м<sup>3</sup> 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 м<sup>2</sup> 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  $1 \text{ м}^2$  общей площади, принимаемой по [7], Вт;

$F$  - общая площадь жилых помещений,  $\text{м}^2$ ;

**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).

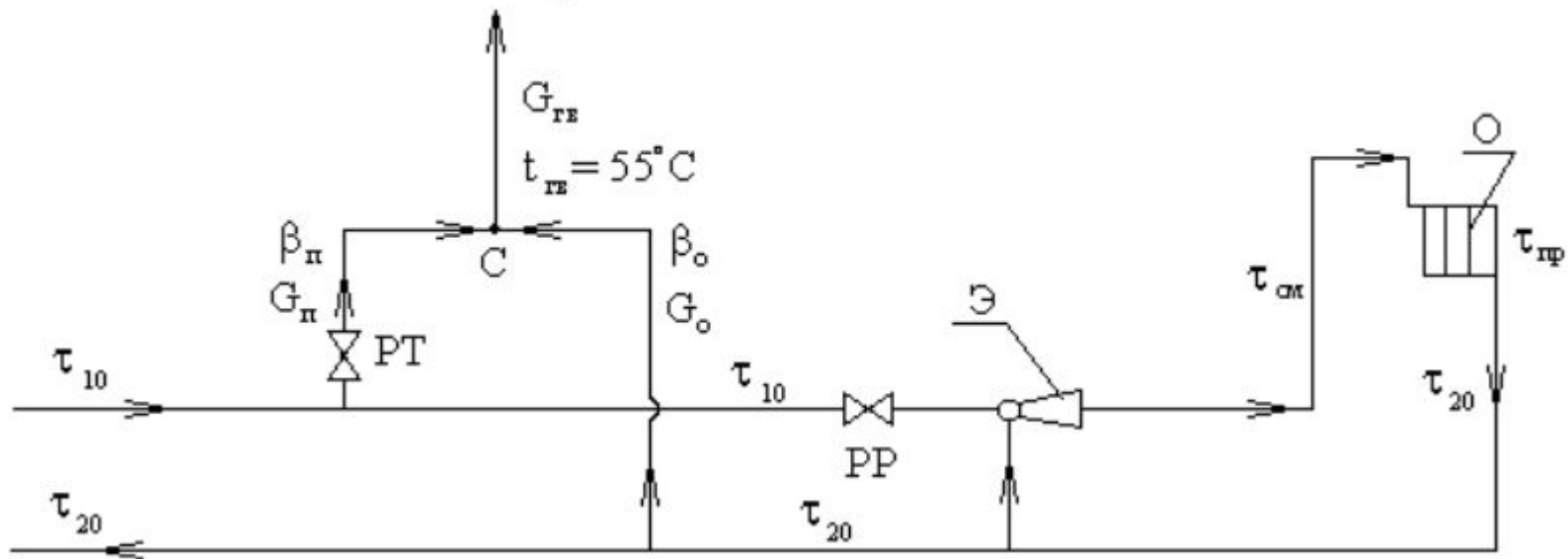
**в)** средний тепловой поток на горячее водоснабжение жилых зданий определяется по [7]:

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

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  $55^\circ \text{C}$  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.

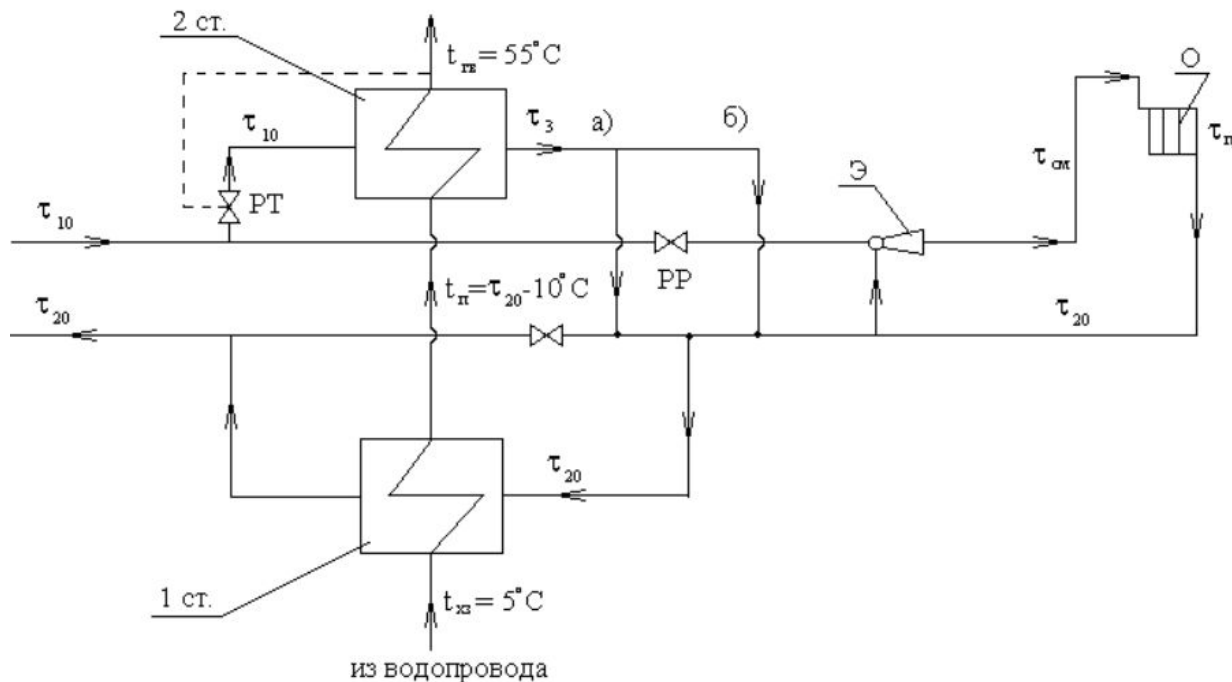


**Рис.4.** Открытая схема присоединения абонентской установки

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.

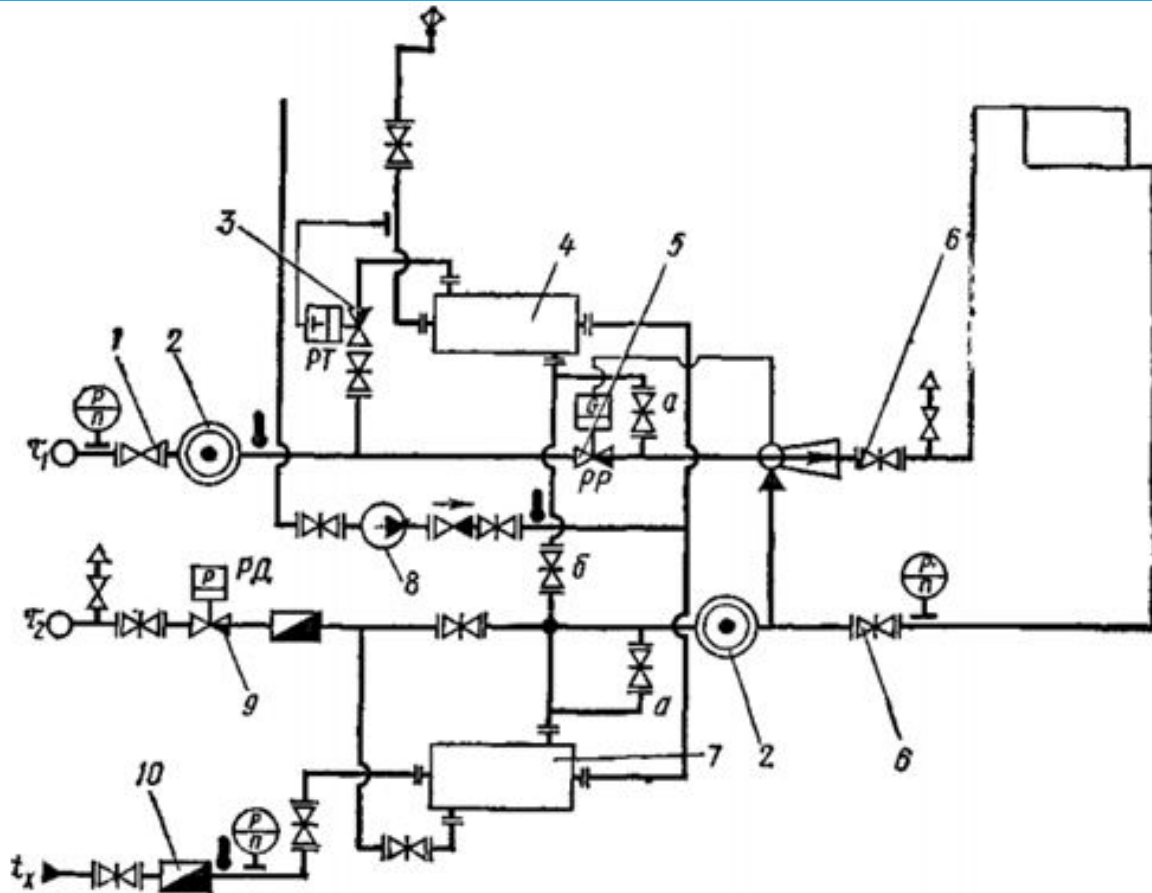


Э - водоструйный эжектор или элеватор;  
РТ - регулятор температуры;  
О - отопительный прибор;  
П - водоводяные подогреватели;  
РР - регулятор расхода.  
а) параллельная схема подключения ГВ;  
б) 2- ступенчатая смешанная схема.

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

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

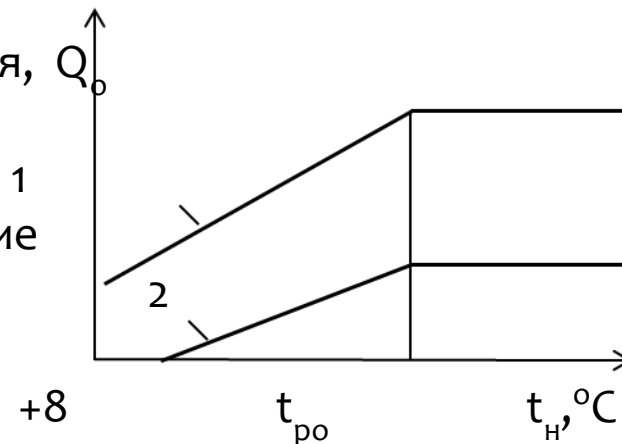
где:  $q_o$  - отопительная характеристика здания, зависящая от  $V$  и назначения здания.

Приводится в СНИП.

**Рис. 6.** График отпусков 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).

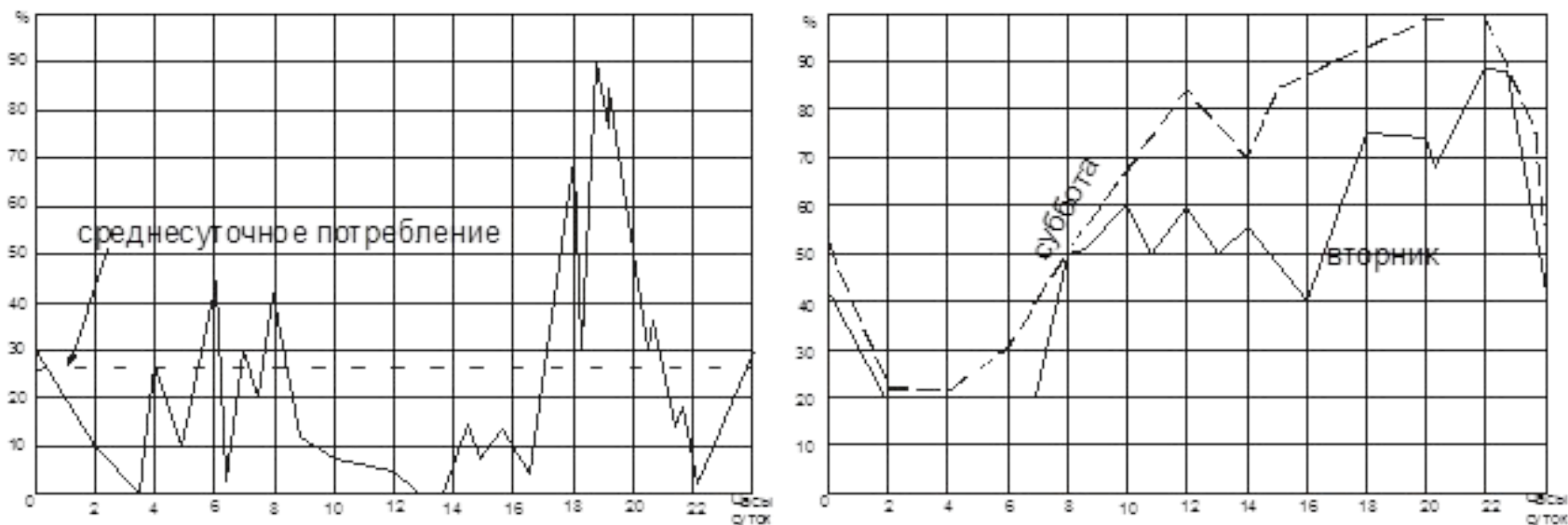


Рис. 7. Графики потребления тепла для ГВС.

# 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).

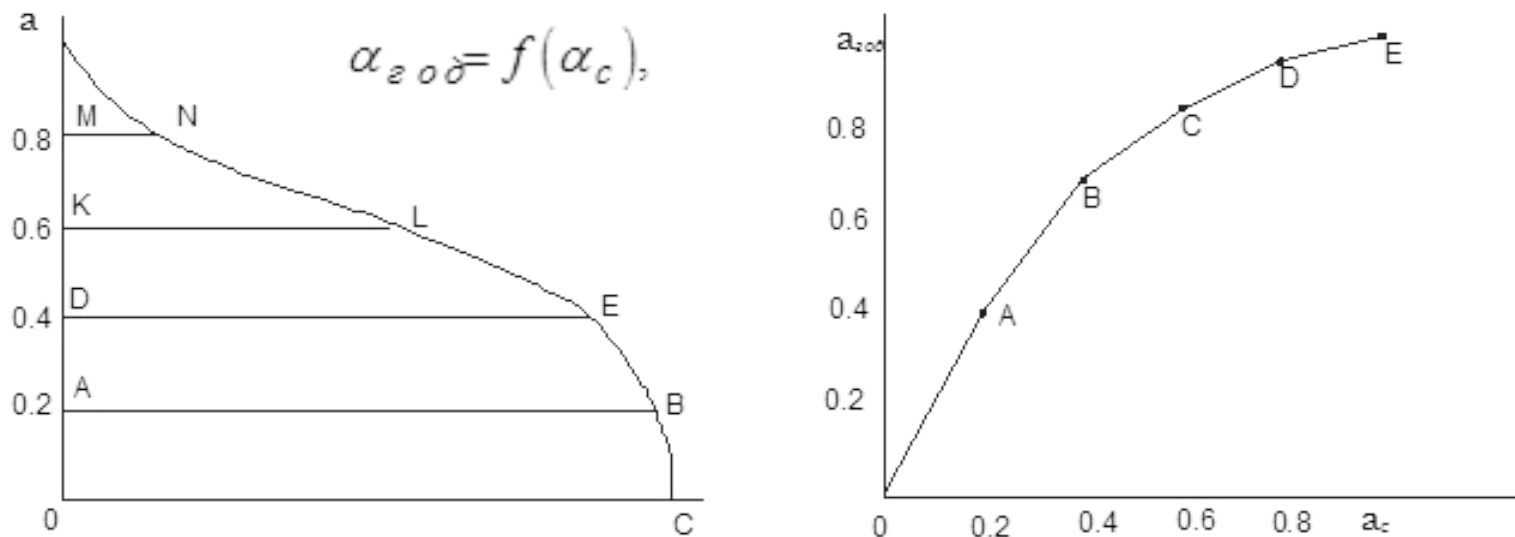


Рис. 8. Интегральный график тепловой нагрузки.

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

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  $5^\circ\text{C}$ ) 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  $5^{\circ}\text{C}$ ) и значениями  $t_{po}$  для своего города:

$t_{н}, ^{\circ}\text{C}$	$t_{в}, ^{\circ}\text{C}$	$\frac{18-t_{н}}{18-t_{po}}$	$\left(\frac{18-t_{н}}{18-t_{po}}\right)^{0.8}$	$64,5 \cdot \left(\frac{18-t_{н}}{18-t_{po}}\right)^{0.8}$	$67,5 \cdot \left(\frac{18-t_{н}}{18-t_{po}}\right)$	$\tau_{10}, ^{\circ}\text{C}$	$80 \cdot \left(\frac{18-t_{н}}{18-t_{po}}\right)$	$\tau_{20}, ^{\circ}\text{C}$	$55 \cdot \left(\frac{18-t_{н}}{18-t_{po}}\right)$	$\tau_{см}, ^{\circ}\text{C}$
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 ( $t_n$ ), а по оси ординат – температуры воды в тепловой сети ( $\tau_{10}, \tau_{20}$ ) и абонентской установке ( $\tau_{см}$ ).

Точка излома температурного графика находится графически при пересечении кривой  $\tau_{10} = f(t_n)$  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  $t_n = +8^\circ\text{C} \div t''_n$  (количественное регулирование); 2 - диапазон – в интервале температур  $t''_n \div t'_{po}$  (качественное регулирование).

Построенный температурный график качественного регулирования отпуска тепла по отопительной нагрузке показывает, что с понижением температуры наружного воздуха  $t_n$  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  $t''_n$  (расчетная температура для излома температурного

# Построение графика расхода теплоты

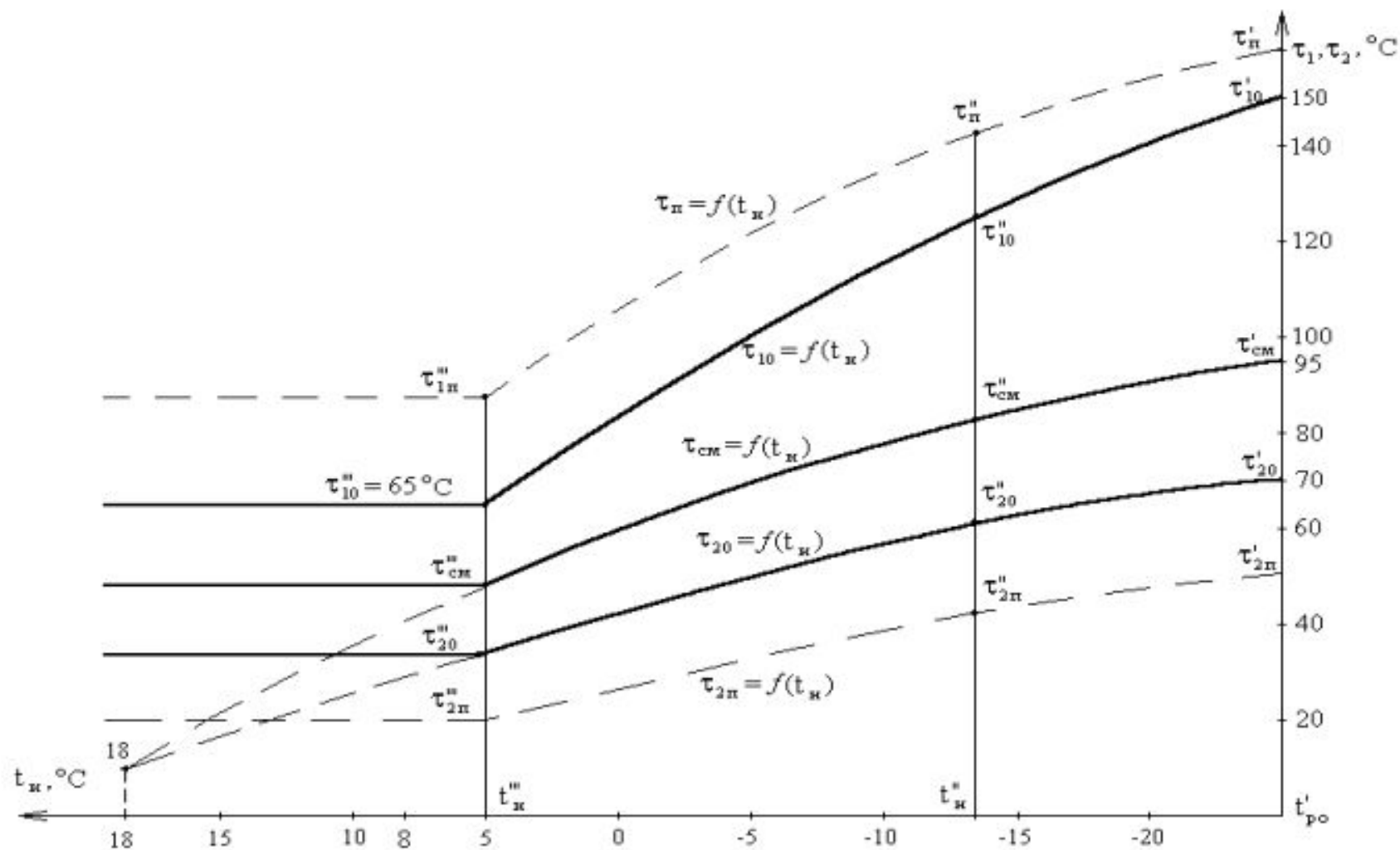


Рис. 10 . Температурные графики отпуска тепла потребителям .

# 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.