



МОСКОВСКИЙ
ФИНАНСОВО-
ЮРИДИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Теплогазоснабжение с ОСНОВАМИ

№ 3. Электронный семинар

ТЕПЛОТЕХНИКИ

Построение графика расхода теплоты

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

Контакты: efremov_german@mail.ru

Москва – 2017

Содержание семинара

- * Классификация систем горячего водоснабжения.
- * Основные требования к качеству горячей воды.
- * Источники теплоты для горячего водоснабжения
- * Оборудование для нагрева воды в больших системах горячего водоснабжения (СГВ).
- * Схемы СГВ от наружных тепловых сетей.
- * Гидравлический расчет трубопроводов СГВ здания.
- * Подбор оборудования СГВ.
- * Построение графика расхода теплоты



Введение

Горячее водоснабжение предназначено для удовлетворения гигиенических (умывание, купание) и бытовых (стирка, мойка посуды и т. п.) нужд населения в воде с повышенной (до 75°C) температурой. Такой водой, называемой «бытовой», снабжаются жилые здания, большинство общественно-коммунальных зданий (больницы, поликлиники, бани, прачечные, детские учреждения, предприятия питания и т. п.), а также промышленные здания и сооружения с технологическим и гигиеническим (в бытовках) потреблением горячей воды.

В наиболее простом виде местная система горячего водоснабжения состоит из водоподогревательной установки и трубопроводов для транспортирования горячей воды к водоразборным приборам. Различают системы централизованные и децентрализованные. В централизованных системах одна подогревательная установка обслуживает как минимум одно здание, а во многих случаях даже несколько зданий в пределах одного квартала (микрорайона) или поселка. В децентрализованных системах приготовление горячей воды происходит вблизи водоразборных приборов (на месте потребления) и осуществляется мелкими генераторами тепла: газовыми нагревателями, колонками и т. п.

Централизованные системы горячего водоснабжения как наиболее сложные и имеющие преимущественное применение в современном строительстве. Основное внимание в курсе уделено системам горячего водоснабжения многоэтажных жилых зданий, как наиболее массовым потребителям горячей воды.

Основные требования к качеству горячей воды

Горячая вода, подаваемая потребителям, должна соответствовать ГОСТ 2874—73 «Вода питьевая». Температура воды после подогревателей обуславливается санитарно-гигиеническими требованиями. За нижний предел принимается так называемая «температура пастеризации», равная 60°C , при которой погибает большинство болезнетворных бактерий; верхний предел ограничивается 75°C во избежание получения ожогов потребителями. Однако СНиП 11-34-76 регламентируют температуру воды не после подогревателя, а в точках водоразбора: не ниже 50°C — для систем централизованного горячего водоснабжения, присоединяемых к закрытым системам теплоснабжения; не ниже 60°C — для систем централизованного горячего водоснабжения, присоединяемых к открытым системам, теплоснабжения, а также для систем местного (децентрализованного) горячего водоснабжения; не выше 75°C — для всех вышерассмотренных случаев.

Обычно температура горячей воды; подводимой к смесителям умывальников и душей не выше 37°C . Она должна приниматься по заданию на проектирование. Когда потребителям нужна горячая вода более высокой температуры, например на предприятиях общественного питания, где для мытья жирной посуды нужна вода с температурой $75\text{—}80^{\circ}\text{C}$, централизованное горячее водоснабжение должно дополняться местным догревом воды.

Температура горячей воды

Когда потребителям нужна горячая вода более высокой температуры, например на предприятиях общественного питания, где для мытья жирной посуды нужна вода с температурой 75—80°C, централизованное горячее водоснабжение должно дополняться местным догревом воды.

В квартирах обычно устанавливается следующая водоразборная арматура горячего отопления: в ванной комнате - смеситель для ванны и смеситель для умывальника или комбинированный с поворотным изливом; на кухне - смеситель для мойки.

Горизонтальную разводку теплопроводов ГВ от стояков к водоразборным приборам осуществляют на высоте 200 мм от пола. При этом предусматривают уклон труб 0,002—0,005. Как правило, трубы прокладывают открытым способом. При повышенных требованиях к внутренней отделке помещений применяют скрытую прокладку.

[1]. Основные требования изложены в Своде правил СП 30.13330.2012. (Актуализированная редакция СНиП Внутренний водопровод и канализация зданий).

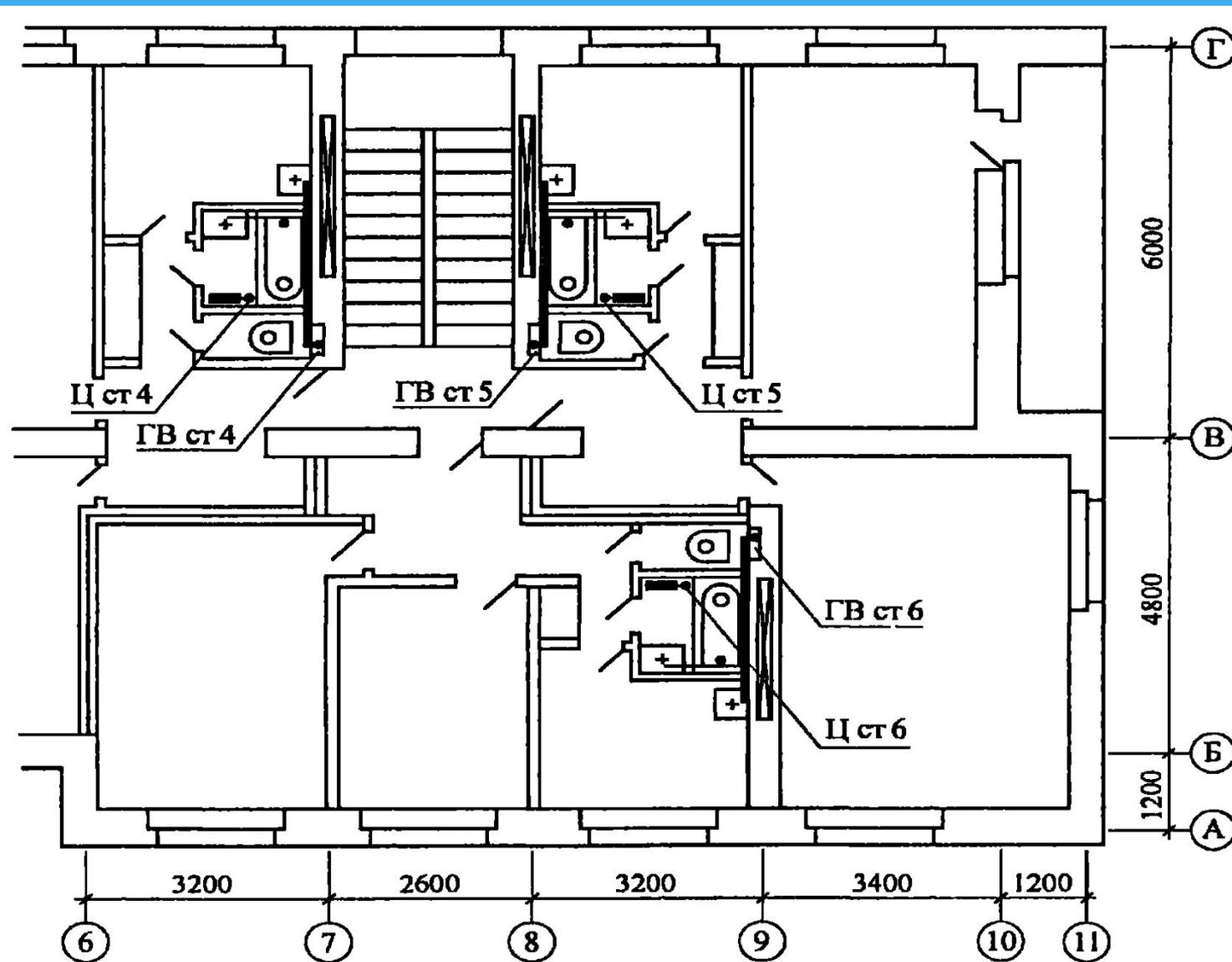
Основные требования к качеству горячей воды

Важным является расчет системы отопления и подготовка воды для системы горячего водоснабжения (ГВ). Она осуществляется в центральном тепловом пункте (ЦТП) с использованием теплоносителя из тепловых сетей.

Обычно решаются следующие вопросы - конструктивная разработка системы горячего водоснабжения: внутридомовой системы, квартальных теплопроводов и центрального теплового пункта; расстановка оборудования и арматуры; определение расчетных расходов теплоты и горячей воды, построение графиков расхода теплоты; определение расчетных расходов сетевой воды; гидравлический расчет подающих и циркуляционных теплопроводов; подбор оборудования теплового пункта.

Исходными данными для расчетов являются: план типового этажа жилого дома, отражающий конструктивные особенности здания; этажность; генплан с указанием количества зданий, присоединяемых к ЦТП; схема системы, включая конструкцию стояков; схема подключения к тепловой сети водоподогревательной установки горячего водоснабжения и системы отопления; температура горячей воды на выходе из водоподогревательной установки и у наиболее удаленного водоразборного прибора; температура холодной воды; температура сетевой воды по графику центрального качественного регулирования; давление на вводе водопровода.

Расположение приборов горячей воды



Расчет расхода горячей воды

Максимальный секундный расход воды на расчетном участке сети G , л/с, при гидравлическом расчете теплопроводов системы горячего водоснабжения определяем по формуле

$$g = 5g_o \cdot \alpha, \quad (1)$$

где g_o , л/с - секундный расход горячей воды водоразборным прибором; следует определять отдельным прибором — в соответствии с [1, прил. 2];

α - коэффициент, определяемый по [1, прил.4] в зависимости от общего количества приборов N на расчетном участке сети и вероятности P их действия; P - вероятность действия санитарно-технических приборов на участках сети при одинаковых водопотребителях в здании без учета изменения U/N находим из выражения

$$P = \frac{g_h \cdot U}{g_h \cdot N \cdot 3600} \quad (2)$$

где g_h , л/ч - норма расхода горячей воды в литрах одним потребителем в час наибольшего водопотребления, принимаемая согласно [1, прил. 3];

N — количество водоразборных приборов; U - количество водопотребителей.

Вероятность использования санитарно-технических приборов P_h для системы в целом определяем по формуле

$$P_h = \frac{3600 \cdot g_o \cdot P}{g_{oh}} \quad (3)$$

где g_{oh} , л/ч - часовой расход воды санитарно-технических приборов [1 прил. 3].

Расчет расхода горячей воды

Максимальный часовой расход горячей воды q_{hmax} , м³/ч, определяем

$$g_{hmax} = 5g_{oh} \cdot \alpha_h, \quad (4)$$

где α_h - коэффициент, определяемый по [1, прил. 4] в зависимости от общего числа приборов N , обслуживаемых проектируемой системой и вероятности их использования P_h .

Средний часовой расход воды g_r , м³/ч, за сутки максимального водопотребления T , час, следует определять по выражению

$$q_r = \frac{U \cdot q_m}{1000 \cdot T} \quad (5)$$

где g_m , л/сутки - норма расхода горячей воды одним потребителем в сутки наибольшего водопотребления, принимается по [1, прил. 3].

Расход горячей воды в средние сутки g_{cr} , м³/сут., находим по уравнению

$$q_{cr} = \frac{U \cdot q_{cr}}{1000} \quad (6)$$

Где g_{cr} - норма расхода горячей воды, л, в средние сутки согласно [1, прил. 3].

Расход горячей воды g_{cr} используют при выполнении технико-экономических сравнений вариантов.

Расчет расхода теплоты

Максимальный часовой расход теплоты Q_h кДж/ч, системой горячего водоснабжения следует определять по формуле

$$Q_h = g_{hmax} \cdot \rho \cdot C(t_h - t_x)(1 + \beta) \quad (7)$$

Где β - зависит от протяженности системы горячего водоснабжения и ее мощности. Для изолированных водоразборных стояков $\beta = 0,05+0,2$, для неизолированных $\beta = 0,1-0,3$. Среднечасовой расход теплоты за сутки максимального водопотребления

$$Q_r = g_r \cdot \rho \cdot C(t_h - t_x)(1 + \beta) \quad (8)$$

а расход теплоты в средние сутки

$$Q_{cr} = g_{cr} \cdot \rho \cdot C(t_h - t_x)(1 + \beta) \quad (9)$$

где ρ - плотность воды, допускается принимать $\rho = 1000$ кг/м³;

c - удельная теплоемкость воды, $c = 4,186$ кДж/(кг·°C);

t_h - средняя температура воды в водоразборных стояках системы горячего водоснабжения, $t_h = 55^\circ\text{C}$;

t_x - температура холодной воды, принимается по данным, при отсутствии данных $t_x = 5^\circ\text{C}$;

Максимальный часовой расход теплоты Q_h принимается при расчете площади поверхности теплообмена водоподогревателей; среднечасовой расход теплоты Q_r - при определении необходимого запаса теплоты в аккумуляторе и при расчете потребления теплоты системой горячего водоснабжения, Q_{cr} - при технико-экономических расчетах.

Пример расчета расхода горячей воды

Расход воды и теплоты на ГВ от ЦТП мкр. (З.1 Хрусталева)

СНиП Внутренний водопровод и канализация зданий

Дом 6 этажей, 2 секции, 36 квартир (12 - 3х комн.кв. по 4 чел., 24 - 2х комн.кв. по 3 чел.).
Смесители в кухне, ванной, умывальнике. q_0 - расход смесителя л. в сек (Прил.3)

1. Потребители воды $U := 4 \cdot 12 + 3 \cdot 24$ $U = 120$ $q_0 := 0.2$

2. Число смесителей $N := 3 \cdot 36$ $N = 108$ $q_h := 10$ - расход, л. в час на чел
(Прил.3)

3. Вероятность работы смесителей $P := \frac{q_h \cdot U}{3600 \cdot q_0 \cdot N}$ $P = 0.0154$ $q_{0h} := 200$

4. Вероятность работы смесителей в сети

q_{0h} - часовой расход воды, л. в смесителе (Прил.3) $P_h := \frac{3600 \cdot P \cdot q_0}{q_{0h}}$ $P_h = 0.0556$

5. Находим коэфф. $\alpha_h := 2.956$ по значению $P_h \cdot N = 6$ (Прил.4)

6. Максимальный часовой расход горячей воды, м³/ч. Набол. потребление ГВ (Прил.3)

$q_{hmax} := 0.005 \cdot q_{0h} \cdot \alpha_h$ $q_{hmax} = 2.956$ $q_m := 120$ л в сутки

Примеры расчетов и графики выполнены в компьютерной среде MathCAD.

Пример расчета среднего расхода горячей воды и тепла

7. Средний расход ГВ $q_r := \frac{q_m \cdot U}{1000 \cdot T}$ $q_r = 0.6 \text{ м}^3/\text{ч}$ $q_r \cdot T = 14.4 \text{ м}^3/\text{сутки}$

8. Ср. в сутки потребление ГВ (Прил.3) $q_c := 105 \text{ л в сутки}$

Тогда расход среднесуточный

$$q_{cr} := \frac{q_c \cdot U}{1000} \quad q_{cr} = 12.6 \text{ м}^3/\text{сутки}$$

9. $\alpha := 1.32$ - коэфф. соответственно при $P \cdot N = 1.667$ по (Прил.4)

Секундный расход ГВ в смесителе

$$q := 5 \cdot q_c \cdot \alpha \quad q = 1.32 \text{ л в сек}$$

10. Макс. часовой расход тепла: Для неизол. труб $\beta := 0.1$ $\rho := 1000$ $C := 4.186$

Темп. ГВ в стояке, оС $t_h := 55$ Холодной $t_x := 5$

$$Q_h := q_{hmax} \cdot \rho \cdot C \cdot (t_h - t_x) \cdot (1 + \beta) \quad Q_h = 6.806 \times 10^5 \text{ кДж/ч}$$

11. Среднесуточный макс. расход тепла:

$$Q_r := q_r \cdot T \cdot \rho \cdot C \cdot (t_h - t_x) \cdot (1 + \beta) \quad Q_r = 3.315 \times 10^6 \text{ кДж/ч}$$

12. Расход тепла за средние сутки

$$Q_{cr} := q_{cr} \cdot \rho \cdot C \cdot (t_h - t_x) \cdot (1 + \beta) \quad Q_{cr} = 2.901 \times 10^6 \text{ кДж/ч}$$

Часовой график расхода ГВ

(график расхода
воды по часам
суток в процентах
от среднего
расхода - q_r)

расхода

График расхода ГВ, %

Расход тепла по часам суток, кДж/ч

$$Gh := \frac{Q_r \cdot G}{100}$$

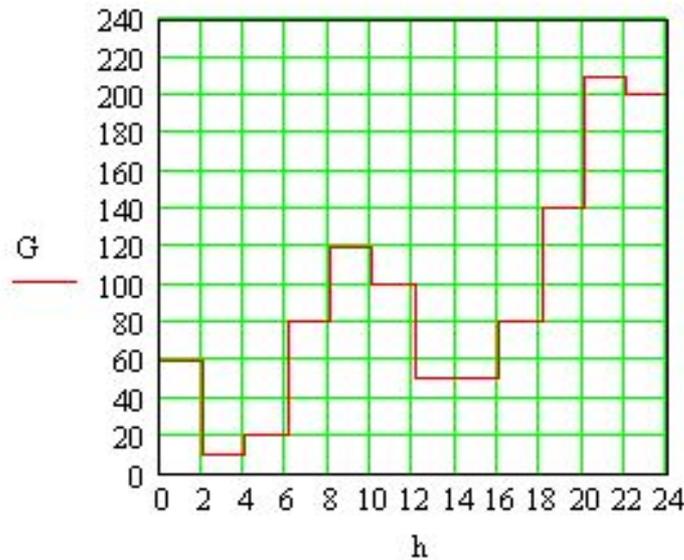
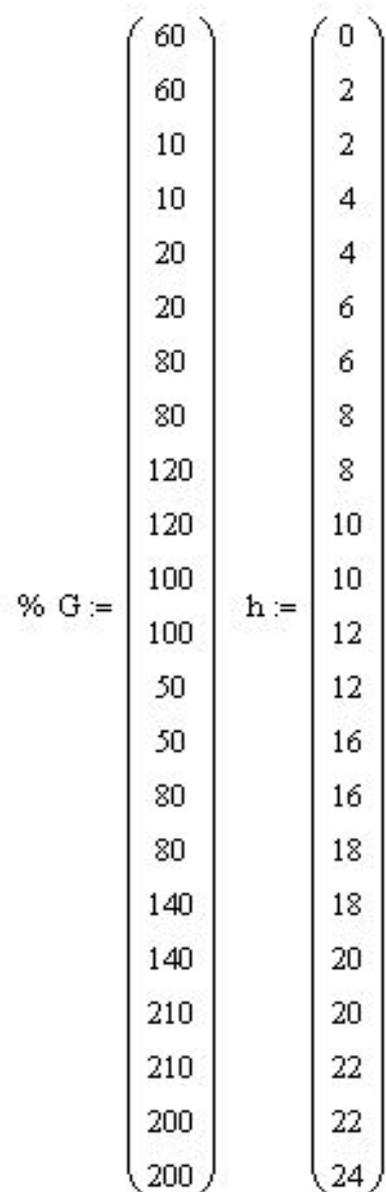


Рис.1



	0
0	$1.989 \cdot 10^6$
1	$1.989 \cdot 10^6$
2	$3.315 \cdot 10^5$
3	$3.315 \cdot 10^5$
4	$6.631 \cdot 10^5$
5	$6.631 \cdot 10^5$
6	$2.652 \cdot 10^6$
7	$2.652 \cdot 10^6$
8	$3.978 \cdot 10^6$
9	$3.978 \cdot 10^6$
10	$3.315 \cdot 10^6$
11	$3.315 \cdot 10^6$
12	$1.658 \cdot 10^6$
13	$1.658 \cdot 10^6$
14	$2.652 \cdot 10^6$
15	$2.652 \cdot 10^6$
16	$4.641 \cdot 10^6$
17	$4.641 \cdot 10^6$
18	$6.962 \cdot 10^6$
19	$6.962 \cdot 10^6$
20	$6.631 \cdot 10^6$
21	$6.631 \cdot 10^6$

$$\frac{Q_{r-G}}{100} =$$

Расход тепла по часам суток, кДж/ч

$$G_h := \frac{Q_{r-G}}{100}$$

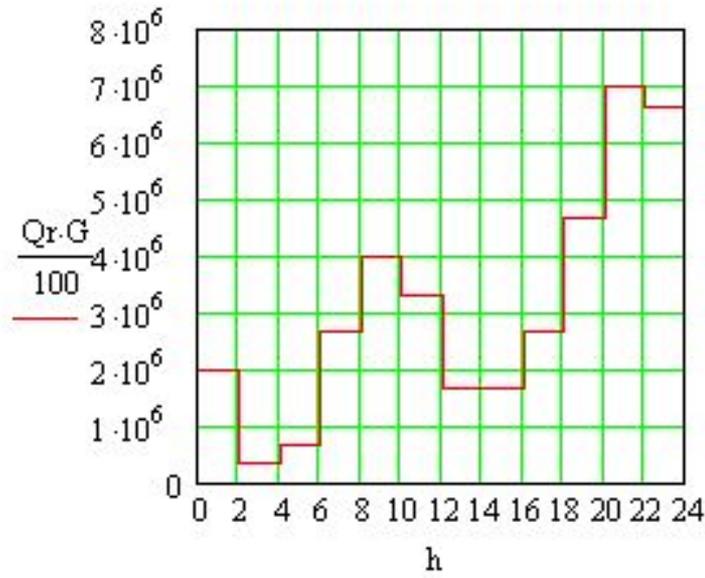


Рис.2

Часовой график расхода тепла

(график расхода тепла по часам суток)

Интегральный график расхода тепла

Интегральный график расход тепла по часам суток, кДж/ч

G :=	h :=	0
		2
		4
		6
		8
		10
		12
		14
		16
		18
		20
		22
		24

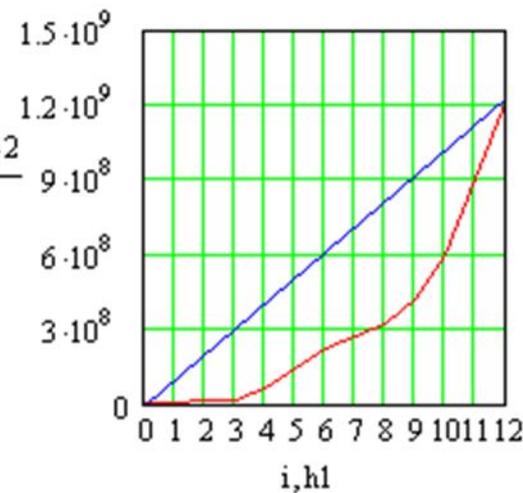
i := 0..24

i := 0..12

$$G1 := \begin{pmatrix} 0 \\ 1.225 \times 10^9 \end{pmatrix} \quad h1 := \begin{pmatrix} 0 \\ 12 \end{pmatrix}$$

$$\sum_{i=1}^i \frac{Q_r \cdot G_i \cdot h_i \cdot 2}{100}$$

G1



Суммарный расход тепла за сутки, кДж/ч

$$\sum_{i=0}^{12} \frac{Q_r \cdot G_i \cdot h_i \cdot 2}{100} = 1.225 \times 10^9$$

Рис.3

Расчет тепловых нагрузок района города

Расчетные расходы теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение определяют для каждого квартала города по укрупненным показателям, согласно [1,2,4].

Максимальный тепловой поток, Вт, на отопление жилых и общественных зданий

$$Q_o = k_1 \cdot g_o \cdot F, \text{ Вт, (10)}$$

где g_o — укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м² общей площади, Вт/м²; F - общая площадь жилых зданий, м²; K_1 - коэффициент, учитывающий тепловой поток на отопление жилых и общественных зданий: $K_1 = 0,25$.

Общую площадь жилых зданий F , м², определяют, исходя из жилой площади $F_{ж}$ и безразмерного планировочного коэффициента квартиры K , который принимается равным 0,7 [2]

$$F = F_{ж} / K \quad (11)$$

Жилую площадь квартала $F_{ж}$ м² можно найти двумя способами. Первый - по плотности жилого фонда P , м²/га, и площади квартала в гектарах $F_{кв}$.

$$F_{ж} = P \cdot F_{кв}. \quad (12)$$

Второй способ - исходя из нормы жилой площади на человека f , м²/чел и количества жителей m в квартале

$$F_{ж} = m \cdot f. \quad (13)$$

Максимальный тепловой поток, Вт, на вентиляцию общественных зданий

$$Q_b = K_1 \cdot K_2 \cdot F \cdot g_o. \quad (14)$$

где K_2 - коэффициент, учитывающий тепловой поток на вентиляцию общественных зданий: $K_2 = 0,6$.

Расчет тепловых нагрузок района города

Средний тепловой поток, Вт, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$Q_k = g_k \cdot m, \quad (15)$$

где g_k - укрупненный показатель среднего теплового потока на горячее водоснабжение на одного человека, принимаемый по [4, прил. 3]; m — число жителей в квартале.

Максимальный тепловой поток, Вт, на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий

$$Q_{\max} = 2,4 \cdot Q_k \quad (16)$$

Определяя расчетный расход теплоты для района города, учитывают, что при транспорте теплоносителя происходят потери теплоты в окружающую среду, которые принимаются равными 5% тепловой нагрузки. Поэтому суммарные расходы теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение умножают на коэффициент 1,05.

Таблица 1. Плотность жилого фонда в м² жилой площади и количество жителей на 1 га микрорайона города.

Показатели	Этажность				
	5	6	7	8	9
Жилая площадь, P , м ² /га	3200-2800	3400-3000	3600-3200	3800-3400	4200-3600
Количество жителей, P_n , чел/га	356	378	400	422	467

Пример расчета тепловых нагрузок городского района

Определение тепловых нагрузок городского района (4.1 Хрусталеv)

В районе 6 кварталов, площадью 6, 8, 4, 7, 10 и 5 Га, с этажностью 5,7,9,8,7,6.

$i := 0..5$ Норма жилой площади $f := 9 \text{ м}^2$ на чел. Коэффициенты $K_1 := 0.25$ $K_2 := 0.6$

1. Запишем в форме векторов этажность, площадь кварталов и число жителей на 1 Га.

$$\begin{matrix}
 \begin{matrix} 5 \\ 7 \\ 9 \\ 8 \\ 7 \\ 6 \end{matrix} \\
 \mathcal{E} :=
 \end{matrix}
 \begin{matrix}
 \begin{matrix} 6 \\ 8 \\ 4 \\ 7 \\ 10 \\ 5 \end{matrix} \\
 F_k :=
 \end{matrix}
 \begin{matrix}
 \begin{matrix} 356 \\ 400 \\ 467 \\ 422 \\ 400 \\ 378 \end{matrix} \\
 n :=
 \end{matrix}$$

2. Рассчитаем жилую площадь кварталов, м^2

$$F_{ж_1} := n_1 \cdot f \cdot F_{k_1} \quad F_{ж} =$$

$$\begin{matrix}
 1.922 \times 10^4 \\
 2.88 \times 10^4 \\
 1.681 \times 10^4 \\
 2.659 \times 10^4 \\
 3.6 \times 10^4 \\
 1.701 \times 10^4
 \end{matrix}$$

3. Общая площадь жилых зданий, с учетом коэф. 0.7

$$F := \frac{F_{ж}}{0.7}$$

$$\begin{matrix}
 2.746 \times 10^4 \\
 4.114 \times 10^4 \\
 2.402 \times 10^4 \\
 3.798 \times 10^4 \\
 5.143 \times 10^4 \\
 2.43 \times 10^4
 \end{matrix}$$

4. Количество жителей в каждом квартале

$$m := \frac{F_{ж}}{f} \quad m =$$

$$\begin{matrix}
 2.136 \times 10^3 \\
 3.2 \times 10^3 \\
 1.868 \times 10^3 \\
 2.954 \times 10^3 \\
 4 \times 10^3 \\
 1.89 \times 10^3
 \end{matrix}$$

Расчета тепловых нагрузок района

5. Примем укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление q_o , Вт/м² и найдем расход тепла на отопление:

$$Q_o := q_o \cdot F \cdot (1 + K1)$$

$$q_o := 81 \quad Q_o = \begin{pmatrix} 2.781 \times 10^6 \\ 4.166 \times 10^6 \\ 2.432 \times 10^6 \\ 3.845 \times 10^6 \\ 5.207 \times 10^6 \\ 2.46 \times 10^6 \end{pmatrix}$$

6. Найдем максимальный тепловой поток на вентиляцию зданий, Вт:

$$Q_v := q_o \cdot F \cdot K1 \cdot K2 \quad Q_v = \begin{pmatrix} 3.337 \times 10^5 \\ 4.999 \times 10^5 \\ 2.918 \times 10^5 \\ 4.615 \times 10^5 \\ 6.249 \times 10^5 \\ 2.952 \times 10^5 \end{pmatrix}$$

7. Для нормы ГВ на 1 чел. 105 л в сутки находим укрупненный показатель среднего теплового потока на ГВ q_k , Вт/чел

$$q_k := 376$$

8. Найдем средний тепловой поток на ГВ зданий, Вт:

$$Q_k := q_k \cdot m \quad Q_k = \begin{pmatrix} 8.031 \times 10^5 \\ 1.203 \times 10^6 \\ 7.024 \times 10^5 \\ 1.111 \times 10^6 \\ 1.504 \times 10^6 \\ 7.106 \times 10^5 \end{pmatrix}$$

9. Находим суммарное теплотребление для каждого квартала:

$$Q := Q_o + Q_v + Q_k \quad Q = \begin{pmatrix} 3.917 \times 10^6 \\ 5.869 \times 10^6 \\ 3.426 \times 10^6 \\ 5.418 \times 10^6 \\ 7.336 \times 10^6 \\ 3.466 \times 10^6 \end{pmatrix}$$

10. С четом теплотерь (5 %), находим тепловую нагрузку городского района:

$$Q_{общ} := 1.05 \cdot \sum_{i=0}^5 Q_i \quad Q_{общ} = 3.0904 \times 10^7 \text{ Вт} = 30904 \text{ кВт}$$

График часового расхода тепла

После определения расчетного теплотребления приступают к построению графиков часовых расходов теплоты на отопление и вентиляцию в зависимости от температуры наружного воздуха и на горячее водоснабжение. По оси абсцисс откладывают температуру наружного воздуха от $t = 8^\circ\text{C}$ до t_o , по оси ординат - часовые расходы теплоты. Поскольку часовые расходы теплоты на отопление и вентиляцию представляют собой линейные зависимости от температуры наружного воздуха, то графики

$Q_o = f(t_H)$, $Q_B = f(t_H)$ строят по двум точкам:

1) При t_o , $Q_o = Q_{o\max}$, $Q_B = Q_{B\max}$;

2) при $t_H = 8^\circ\text{C}$ расходы теплоты на отопление и вентиляцию определяют соответственно по формулам:

$$Q_o^{+8} = Q_{o\max} \cdot \frac{t_s - 8}{t_s - t_o} \quad (17) \quad \text{и} \quad Q_B^{+8} = Q_{B\max} \cdot \frac{t_s - 8}{t_s - t_o} \quad (18)$$

где t_H - средняя температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий (для жилых и общественных зданий равна 18°C);

t_H - расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, $^\circ\text{C}$.

Тепловая нагрузка на горячее водоснабжение - круглогодичная, в течение отопительного периода условно принимается постоянной, не зависящей от температуры наружного воздуха. Поэтому график часового расхода теплоты на горячее водоснабжение представляет собой прямую, параллельную оси абсцисс.

Суммарный график часовых расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение строится путем сложения соответствующих ординат при двух температурах $t_H = 8^\circ\text{C}$ и t_o .

Построение часового графика расхода тепла в районе

$t_o := -25$ - Расчетная температура наружного воздуха, °С

$t_b := 18$ - Температура внутри жилых помещений, °С

$t_n := 8$ - Температура начала отопительного периода, °С

$Q_{o\max} := 20890$ Максимальный расход тепла на отопление, кВт

$Q_{b\max} := 2507$ Максимальный расход тепла на вентиляцию, кВт

$Q_{он} := 4858$ Расход тепла на отопление при t_n , кВт

$Q_{вн} := 583$ Расход тепла на вентиляцию при t_n , кВт

$$Q_{он} := Q_{o\max} \cdot \frac{t_b - 8}{t_b - t_o} \quad Q_{он} = 4.858 \times 10^3$$

$$Q_{вн} := Q_{b\max} \cdot \frac{t_b - t_n}{t_b - t_o} \quad Q_{вн} = 583.023 \quad Q_{ГВ} := \begin{pmatrix} 6034 \\ 6034 \end{pmatrix}$$

$$t := \begin{pmatrix} 8 \\ -25 \end{pmatrix} \quad Q_{от} := \begin{pmatrix} 4858 \\ 20890 \end{pmatrix} \quad Q_{в} := \begin{pmatrix} 583 \\ 2507 \end{pmatrix} \quad Q_{сум} := \begin{pmatrix} 6034 + 4858 + 583 \\ 6034 + 20890 + 2507 \end{pmatrix}$$

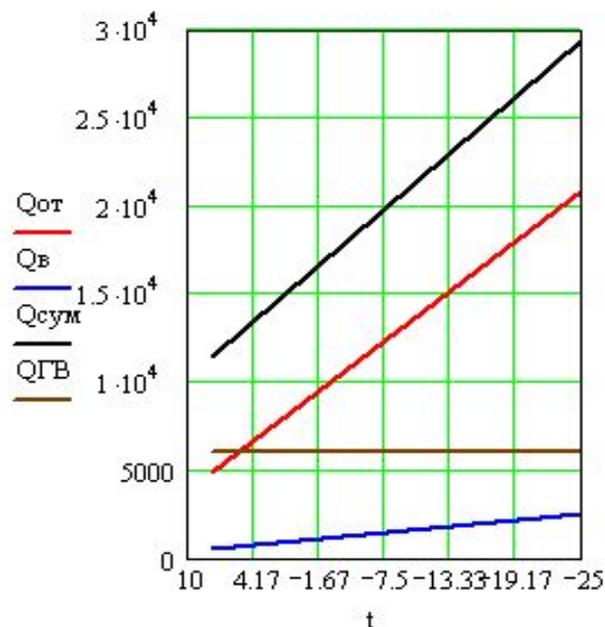


Рис.4

График часового расхода тепла

Построение графика годового общего расхода теплоты

При построении графика годового расхода теплоты в городском районе учитывают n_o - продолжительность годового отопительного периода в сутках. График будем строить через 5°C . Продолжительность стояния температур наружного воздуха представлена в Таблице 2.
Таблица 2.

Продолжительность стояния температур наружного воздуха

Продолжи- тельность стояния, n , час	Температура наружного воздуха															
	30	25	25	20	20	15	15	10	10	5	5	0	0	+5	+5	+8
n	19		51		158		395		696		1375		1542		636	
Σn	19		70		228		623		1319		2694		4236		4872	

Значения расхода теплоты берем при $t_{вн} = 8^\circ\text{C}$ и $t_o = -25^\circ\text{C}$. Т.к. зависимость расхода теплоты от температуры линейна (Рис.4), эту зависимость можно найти как прямую, проходящую через 2 точки. Построению графика годового расхода теплоты выполняют в координатах $Q_{\text{сум}} = f(\Sigma n)$. Рассмотрим пример построения этого графика.

Построение годового графика расхода тепла в районе (4.3 Хрусталево)

Продолжительность отопительного периода, суток $n_o := 203 = 4872 \text{ час}$ $i := 0..7$

Продолжительность стояния температур наружного воздуха

Продолжительность стояния, л, час	Температура наружного воздуха															
	30	25	25	20	20	15	15	10	10	5	5	0	0	+5	+5	+8
n	19	51	158	395	696	1375	1542	636	19	70	228	623	1319	2694	4236	4872
Σn	19	70	228	623	1319	2694	4236	4872								

Построение годового графика расходов теплоты

Изменение температуры: Продолжительность стояния, час

Нахождение уравнения суммарной нагрузки по двум точкам:

$$t := \begin{pmatrix} 8 \\ 5 \\ 0 \\ -5 \\ -10 \\ -15 \\ -20 \\ -25 \end{pmatrix}$$

$$\Sigma n := \begin{pmatrix} 4872 \\ 4236 \\ 2694 \\ 1319 \\ 623 \\ 228 \\ 70 \\ 19 \end{pmatrix}$$

$$Q_{\text{сум}} = \begin{pmatrix} 1.147 \times 10^4 \\ 2.943 \times 10^4 \end{pmatrix} \quad t := \begin{pmatrix} 8 \\ -25 \end{pmatrix}$$

$$\frac{y - y_1}{y_2 - y_1} = \frac{x - x_1}{x_2 - x_1}$$

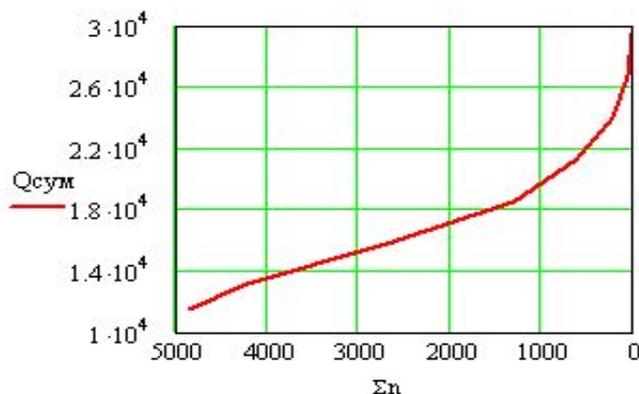
$$\frac{Q_{\text{сум}} - 1.147 \times 10^4}{2.943 \times 10^4 - 1.147 \times 10^4} = \frac{t - 8}{-25 - 8}$$

Зависимость суммарной нагрузки от температуры:

$$\frac{Q_{\text{сум}} - 1.147 \times 10^4}{1.796 \times 10^4} = \frac{t - 8}{-33}$$

$$Q_{\text{сум}_i} := \frac{1.796 \times 10^4}{-33} \cdot (t_i - 8) + 1.147 \times 10^4$$

Годовой график расхода тепла в районе



$Q_{\text{сум}_i} =$

$1.147 \cdot 10^4$
$1.31 \cdot 10^4$
$1.582 \cdot 10^4$
$1.855 \cdot 10^4$
$2.127 \cdot 10^4$
$2.399 \cdot 10^4$
$2.671 \cdot 10^4$
$2.943 \cdot 10^4$

Рис.5

ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Свод правил СП 30.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85*. Внутренний водопровод и канализация зданий" Дата введения 1 января 2013 г. (<http://www.center-pss.ru/stn/sp30-13330-2012.pdf>)
2. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование. /Под ред. проф. Б. М. Хрусталева - М.: Изд-во АСВ, 2005. - 576 с, 129 ил.
3. Тихомиров, К.В. Теплотехника, теплогазоснабжение и вентиляция: учеб. для вузов/ К.В. Тихомиров, Э.С. Сергеенко.– М.: Стройиздат, 2007.– 480 с.
4. Кононова, М.С., Воробьева Ю.А. Теплогазоснабжение с основами теплотехники. Воронеж 2014, - 60 с.
5. Теплогазоснабжение с основами теплотехники [Электронный ресурс]: лабораторный практикум/ — Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013.— 94 с.
6. Теплогазоснабжение многоквартирного жилого дома [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие/ Д.М. Чудинов [и др.].

ЛИТЕРАТУРА

Дополнительная литература:

1. 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
2. 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.
3. Новопашина Н.А. Газопотребление и газораспределение. Часть 2. Надежность систем газоснабжения [Электронный ресурс]: учебное пособие для вузов/ Новопашина Н.А., Филатова Е.Б.— Электрон. текстовые данные.— Самара: Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2011.— 152 с.
4. 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.
5. Ефремов Г.И. Моделирование химико-технологических процессов. Учебник, М., ИНФРА-М, 2016.—255 с.