

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЮ, ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ.....	5
1.1. Определение максимального расхода тепла на отопление.....	5
1.2. Определение расхода тепла на ГВС.....	7
1.3. Определение расхода тепла на вентиляцию.....	11
2.РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ РАСХОДА ТЕПЛА.....	13
2.1.Часовой график расхода тепла на отопление .....	14
2.2.Часовой график расхода тепла на вентиляцию .....	14
2.3.Часовой график расхода тепла для нужд ГВС .....	15
2.4. Годовой график расхода тепла.....	16
3.РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ГРАФИКОВ ДЛЯ РАЗНОРОДНОЙ НАГРУЗКИ ПО ОТКРЫТОЙ СХЕМЕ.....	17
4.ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ СЕТЕВОЙ ВОДЫ НА ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЮ И ГВС.....	20
4.1. Определение расхода сетевой воды на отопление.....	20
4.2.Определение расхода сетевой воды на нужды вентиляции.....	20
4.3. Определение расхода сетевой воды на нужды ГВС.....	20
4.4. Общий расход сетевой воды.....	20
4.5Определение расходов сетевой воды каждым .....	20
5.РАЗРАБОТКА МОНТАЖНОЙ СХЕМЫ.....	21
6.ОКОНЧАТЕЛЬНЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ.....	22
7.ПОСТРОЕНИЕ ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКОГО ГРАФИКА (ПГ).....	25
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	27

Исходные данные для расчета

1. Район расположен в городе Пермь
2. Система теплоснабжения - открытая
3. Способ регулирования качественно - количественная
4. Тип прокладки тепловых сетей - бесканальный

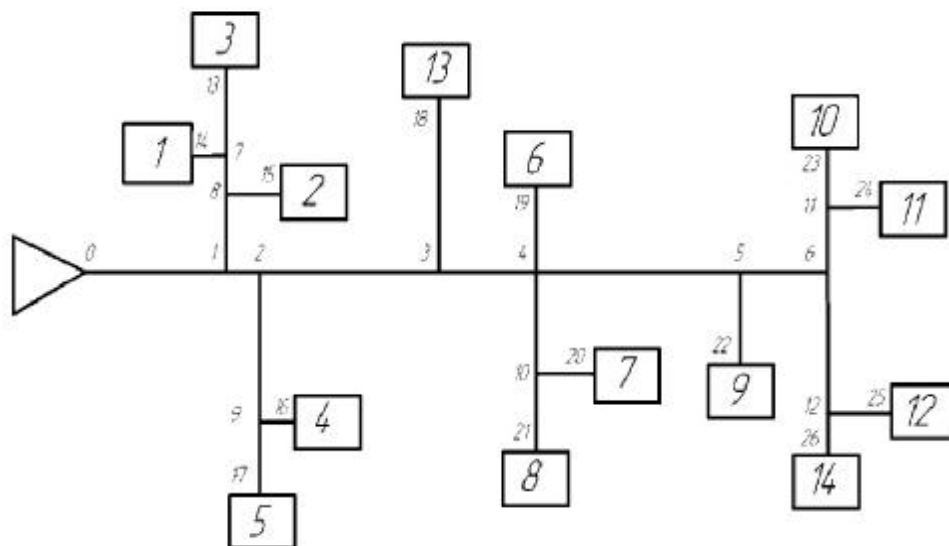


Рисунок 1.2 – Схема №2

Таблица 1

№ п/п	Назначение здания, м	Высота здания	Количество жителей/персонала	Материал стен	Объем помещения
1	Жилой дом	15	300	кирпич	22400
2	Жилой дом	15	300	кирпич	22400
3	Жилой дом	15	300	кирпич	22400
4	Жилой дом	15	300	кирпич	22400
5	Жилой дом	15	300	кирпич	22400
6	Механосборочный цех	7	20	кирпич	7280
7	Промтоварный магазин	7	35	кирпич	7560
8	Продовольственный магазин	7	35	кирпич	7560
9	Кинотеатр	8	507	кирпич	3640
10	Милиция	5	10	кирпич	2660
11	Школа	10,5	870	кирпич	11900
12	Детский сад	7	145	кирпич	7560
13	Поликлиника	7	40	кирпич	5600
14	Больница	10,5	323	кирпич	11900

Таблица 2.

Схема №2	
Номер участка	Длина участка
0-1	0,1
1-8	0,02
8-15	0,03
8-7	0,03
7-14	0,02
7-13	0,05
1-2	0,05
2-9	0,08
9-16	0,015
9-17	0,09
2-3	0,15
3-18	0,2
3-4	0,2
4-19	0,1
4-10	0,1
10-20	0,03
10-21	0,05
4-5	0,15
5-22	0,15
5-6	0,08
6-11	0,05
11-23	0,03
11-24	0,05
6-12	0,07
12-25	0,05
12-26	0,05

# 1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЮ, ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

## 1.1. Определение максимального расхода тепла на отопление.

### А. Определение максимального теплового потока на отопление.

$$Q_{O.max} = q_0 \cdot V \cdot (t_{ВН} - t_{Н.О}) \quad (1.1)$$

где  $q_0$  - удельная отопительная характеристика здания.

$$q_0 = \frac{\alpha \cdot \varphi}{\sqrt[6]{V}} \quad (1.2)$$

где

$\alpha$  - поправочный коэффициент, характеризующий материал стен здания.

Для нашего случая материал стен - кирпич.

$$\alpha = 1.6 \frac{\text{ккал}}{\text{час} \cdot \text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \quad \alpha = 1.163 \cdot 1.6 = 1.86 \frac{\text{Вт}}{(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})}$$

$\varphi = 0.9$  - поправочный коэффициент, учитывающий температуру наружного воздуха зимой, принимается в зависимости от расчетной наружной температуры для отопления  $t_{н.о.}$ :

$t_{Н.О} = -35 \text{ } ^\circ\text{C}$  - расчетное значение наружной температуры воздуха для проектирования отопления

$t_{ВН} = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$  - расчетная температура внутри отапливаемых помещений

Для примера произведем расчет жилого здания, указанного в первой строчке исходных данных.

$$q_0 = \frac{\varphi \cdot \alpha}{\sqrt[6]{V_1}} = \frac{0.9 \cdot 1.86}{\sqrt[6]{22400}} = 0.3153 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \quad (1.3)$$

$$Q_{O.max} = q_0 \cdot V_1 \cdot (t_{ВН} - t_{Н.О}) = 0.3153 \cdot 22400 \cdot (20 - -35) = 3.884 \times 10^5 \text{ Вт}$$

### Б. Годовой расход на отопление

$$Q_{O.год} = Q_{O.max} \cdot \frac{(t_{ВН} - t_{ср.НО})}{(t_{ВН} - t_{Н.О})} \cdot n_0 \cdot \text{час} \quad (1.4)$$

где

$t_{ср.НО} = -5.4 \text{ } ^\circ\text{C}$  - средняя за отопительный период температура;

$n_0 \cdot \text{час}$  - продолжительность отопительного периода в часах

$$n_{o.час} = n_{o.сут} \cdot 24 \quad (1.5)$$

где  $n_{o.сут} = 225$  суток - продолжительность отопительного периода для Перми

тогда

$$n_{o.час} = n_{o.сут} \cdot 24 = 225 \cdot 24 = 5.4 \times 10^3 \text{ часов}$$

Проведем расчет для первого здания в таблице исходных данных.

$$Q_{o.год1} = Q_{o.max} \cdot \frac{(t_{ВН} - t_{ср.НО})}{(t_{ВН} - t_{Н.О})} \cdot n_{o.час} \quad (1.6)$$

$$Q_{o.год1} = 388449.60000000003 \cdot \frac{20 - (-5.4)}{20 - (-35)} \cdot 5400 = \text{Вт} \cdot 7 \times 10^8$$

$$Q_{o.год1} = Q_{o.год1} \cdot \frac{0.86}{10^6} = 833.102 \text{ Гкал}$$

Таблица 3

№ п/п	Назначение здания, м	Объем помещения	q0	Qo.max, Вт	Q.o.год, Вт*час	Q.o.год, Гкал
1	Жилой дом	22400	0,3153	388440,8	968700696,6	629,383
2	Жилой дом	22400	0,3153	388440,8	968700696,6	629,383
3	Жилой дом	22400	0,3153	388440,8	968700696,6	629,383
4	Жилой дом	22400	0,3153	388440,8	968700696,6	629,383
5	Жилой дом	22400	0,3153	388440,8	968700696,6	629,383
6	Механосборочный цех	7280	0,3802	152251,3	379687016,2	246,69
7	Промтоварный магазин	7560	0,3779	157115,7	391818038,7	254,571
8	Продовольственный магазин	7560	0,3779	157115,7	391818038,7	254,571
9	Кинотеатр	3640	0,4268	85448,14	213092132,9	138,45
10	Милиция	2660	0,4497	65793,98	164078229,3	106,605
11	Школа	11900	0,3503	229301,7	571836752,7	371,533
12	Детский сад	7560	0,3779	157115,7	391818038,7	254,571
13	Поликлиника	5600	0,3972	122351,2	305121599,7	198,243
14	Больница	11900	0,3503	229301,7	571836752,7	371,533
Сумма				2491593	6213580865	5343,68

## 1.2. Определение расхода тепла на ГВС

### А. Суточный расход тепла на ГВС

В зимний период

$$Q_{\text{ГВ.сут.з}} = m \cdot b \cdot c \cdot (t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ.з}}) \quad (1.7)$$

В летний период

$$Q_{\text{ГВ.сут.л}} = m \cdot b \cdot c \cdot (t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ.л}}) \quad (1.8)$$

где  $m$  - количество человек (потребителей) в здании

$b$  - норма потребления горячей воды на человека в сутки для жилых и общественных зданий, принимается по СНиП 02.04.01-85

$c = 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  - удельная теплоемкость воды

$t_{\text{ГВ}} = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$  - температура горячей воды

$t_{\text{ХВ.з}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$  - температура холодной воды в зимний период

$t_{\text{ХВ.л}} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$  - температура холодной воды в летний период

### Часовой расход тепла на цели ГВС

летний период

$$Q_{\text{ГВ.час.л}} = \frac{Q_{\text{ГВ.сут.л}}}{24} \quad (1.9)$$

зимний период

$$Q_{\text{ГВ.час.з}} = \frac{Q_{\text{ГВ.сут.з}}}{24} \quad (1.10)$$

Максимальный часовой расход (во время пиков потребления)

летний период

$$Q_{\text{ГВ.макс.л}} = Q_{\text{ГВ.час.л}} \cdot 2.2 \quad (1.11)$$

зимний период

$$Q_{\text{ГВ.макс.з}} = Q_{\text{ГВ.час.з}} \cdot 2.2 \quad (1.12)$$

Годовой расход тепла на ГВС

$$Q_{\text{ГВ.год}} = Q_{\text{ГВ.час.з}} \cdot n_0 + \beta \cdot Q_{\text{ГВ.час.л}} \cdot (8400 - n_0) \quad (1.13)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий снижение расхода воды в летний период по отношению к расходу воды в зимний период: для жилых зданий  $\beta = 0,8$ , для общественных зданий  $\beta = 1$ ;  
 8400 – количество часов в год с учетом отсутствия отопления во время профилактики.

Произведем расчет для первого здания.

Исходные данные:

$m_1 = 300$  - количество жителей;

$b_1 = 105 \frac{\text{кг}}{\text{сут}}$  - норма потребления горячей воды на человека;

$c = 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  - теплоемкость воды;

$t_{\text{ГВ}} = 60 \text{ } ^\circ\text{C}$  - температура горячей воды;

$t_{\text{ХВ.З}} = 4 \text{ } ^\circ\text{C}$  - температура холодной воды в зимний период;

$t_{\text{ХВ.Л}} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$  - температура холодной воды в летний период.

А. Суточный расчет тепла на ГВС в зимний период

$$Q_{\text{ГВ.сут.З1}} = m_1 \cdot b_1 \cdot c \cdot (t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ.З}}) = 300 \cdot 105 \cdot (60 - 4) = 1.764 \times 10^6 \frac{\text{Ккал}}{\text{сут}}$$

Суточный расчет тепла на ГВС в летний период

$$Q_{\text{ГВ.сут.Л1}} = m_1 \cdot b_1 \cdot c \cdot (t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ.Л}}) = 300 \cdot 105 \cdot (60 - 15) = 1.417 \times 10^6 \frac{\text{Ккал}}{\text{сут}}$$

Б. Часовой расход тепла на цели ГВС в зимний период

$$Q_{\text{ГВ.час.З1}} = \frac{Q_{\text{ГВ.сут.З1}}}{24} = \frac{1764000}{24} = 7.35 \times 10^4 \frac{\text{Ккал}}{\text{ч}}$$

В летний период

$$Q_{\text{ГВ.час.Л1}} = \frac{Q_{\text{ГВ.сут.Л1}}}{24} = \frac{1417500}{24} = 5.906 \times 10^4 \frac{\text{Ккал}}{\text{ч}}$$

В. Максимальный часовой расход (во время пиков потребления)

В зимний период

$$Q_{\text{ГВ.час.З.max1}} = 2.2 Q_{\text{ГВ.час.З1}} = 2.2 \cdot 73500 = 1.617 \times 10^5 \frac{\text{Ккал}}{\text{ч}}$$

В летний период

$$Q_{\text{ГВ.час.л.мах1}} = 2.2Q_{\text{ГВ.час.л1}} = 2.2 \cdot 59062.5 = 1.299 \times 10^5 \frac{\text{Ккал}}{\text{ч}}$$

Г. Годовой расход тепла на ГВС.

$$Q_{\text{ГВ.год}} = \frac{Q_{\text{ГВ.час.з1}} \cdot n_{\text{о.час}} + \beta_1 \cdot Q_{\text{ГВ.час.з1}} \cdot \frac{t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ.Л}}}{t_{\text{ГВ}} - t_{\text{ХВ.З}}} \cdot (8400 - n_{\text{о.час}})}{10^6}$$

$$Q_{\text{ГВ.год}} = \frac{73500 \cdot 5400 + 0.8 \cdot 73500 \cdot \frac{60 - 15}{60 - 4} \cdot (8400 - 5400)}{10^6} = 538.65 \text{ Гкал}$$

Таблица 4 Расход тепла на ГВС (начало)

№ п/п	Назначение здания, м	м, чел	b, л/сут	c, ккал/кг *°C	t <sub>ГВ</sub> , °C	t <sub>ХВЗ</sub> , °C	t <sub>ХВЛ</sub> , °C	β
1	Жилой дом	300	105	1	60	5	15	0,8
2	Жилой дом	300	105	1	60	5	15	0,8
3	Жилой дом	300	105	1	60	5	15	0,8
4	Жилой дом	300	105	1	60	5	15	0,8
5	Жилой дом	300	105	1	60	5	15	0,8
6	Механосборочный цех	20	270	1	60	5	15	1
7	Промтоварный магазин	35	5	1	60	5	15	1
8	Продовольственный магазин	35	65	1	60	5	15	1
9	Кинотеатр	507	1,5	1	60	5	15	1
10	Милиция	10	8	1	60	5	15	1
11	Школа	870	3	1	60	5	15	1
12	Детский сад	145	11,5	1	60	5	15	1
13	Поликлиника	40	5,2	1	60	5	15	1
14	Больница	323	75	1	60	5	15	1



Таблица 4 Расход тепла на ГВС (окончание)

№ п/п	Назначение здания, м	Q <sub>ГВ.сут.з</sub> , ккал/ч	Q <sub>ГВ.сут.л</sub> , ккал/ч	Q <sub>ГВ.час.з</sub> , ккал/ч	Q <sub>ГВ.час.л</sub> , ккал/ч	Q <sub>Год</sub> , Гкал
1	Жилой дом	1764000	1417500	73500	59062,5	538,65
2	Жилой дом	1764000	1417500	73500	59062,5	538,65
3	Жилой дом	1764000	1417500	73500	59062,5	538,65
4	Жилой дом	1764000	1417500	73500	59062,5	538,65
5	Жилой дом	1764000	1417500	73500	59062,5	538,65
6	Механосборочный цех	302400	243000	12600	10125	98,415
7	Промтоварный магазин	9800	7875	408,33333	328,125	3,189375
8	Прод.магазин	127400	102375	5308,3333	4265,63	41,461875
9	Кинотеатр	42588	34222,5	1774,5	1425,94	13,8601125
10	Милиция	4480	3600	186,66667	150	1,458
11	Школа	146160	117450	6090	4893,75	47,56725
12	Детский сад	93380	75037,5	3890,8333	3126,56	30,3901875
13	Поликлиника	11648	9360	485,33333	390	3,7908
14	Больница	1356600	1090125	56525	45421,9	441,500625
	Сумма	10914456	8770545	454769	365439	3374,88323

Суммарный тепловой поток на горячее водоснабжение

в неотапительный период

$$Q_{ГВ.л} = Q_{ГВ.л.ккал} \cdot 1.163 = 365439 \cdot 1.163 = 4.25 \times 10^5 \text{ Вт} \cdot \text{час} \quad (1.15)$$

в отопительный период

$$Q_{ГВ.з} = Q_{ГВ.з.ккал} \cdot 1.163 = 454769 \cdot 1.163 = 5.289 \times 10^5 \text{ Вт} \cdot \text{час} \quad (1.16)$$

### 1.3 Определение расхода тепла на вентиляцию

#### А. Максимальный числовой расход тепла на вентиляцию

$$Q_{B,max} = q_B \cdot V \cdot (t_{BH} - t_{HB}) \quad (1.17)$$

где  $q_B$  - удельная вентиляционная характеристика здания, т.е. расход теплоты на вентиляцию  $1 \text{ м}^3$  здания при разнице наружной и внутренней температуры воздуха  $1^\circ\text{C}$ , принимается или по проектным данным или по результатам испытаний систем вентиляции.

$t_{HB} = -20^\circ\text{C}$  - расчетное значение температуры наружного воздуха для расчета вентиляции

$t_{BH} = 20^\circ\text{C}$  - температура воздуха в здании

Для жилых кирпичных зданий расчет вентиляции не производится.

Для наглядного примера рассмотрим механосборочный цех согласно нашим исходным данным

$$q_{B6} = 0.29 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$V_6 = 7.28 \times 10^3 \text{ м}^3$$

тогда

$$Q_{B,max.6} = q_{B6} \cdot V_6 \cdot (t_{BH6} - t_{HB}) = 0.29 \cdot 7280 \cdot (16 - -20) = 7.6 \times 10^4 \text{ Вт} \quad (1.18)$$

#### Б. Годовой расход тепла на вентиляцию

$$Q_{B,год} = \frac{Q_{B,max.6} \cdot Z_B}{24} \cdot \left[ n_B + \frac{t_{BH} - t_{cp.HO}}{t_{BH} - t_{HB}} \cdot (n_{o.час} - n_B) \right] \quad (1.19)$$

где  $n_B$  – число часов в отопительном периоде с температурой наружного воздуха для вентиляции ниже расчетной

$$n_B = 0.75 \cdot n_{o.час} = 4.05 \times 10^3 \text{ часов} \quad (1.20)$$

$Z_B = 12$  - число часов работы вентиляции в течении суток.

Тогда

$$Q_{B,год6} = \frac{Q_{B,max.6} \cdot Z_B}{24} \cdot \left[ n_B + \frac{t_{BH6} - t_{cp.HO}}{t_{BH6} - t_{HB}} \cdot (n_{o.час} - n_B) \right] \quad (1.21)$$

$$Q_{B,год6} = \frac{76003.2 \cdot 12}{24} \cdot \left[ 4050 + \frac{16 - -5.4}{16 - -20} \cdot (5400 - 4050) \right] = 1.844 \times 10^8 \text{ Вт} \cdot \text{ч}$$

$$Q_{В.год6} = \frac{Q_{В.год6}}{1.163 \cdot 10^6} = 158.558 \text{ Гкал}$$

Для остальных общественных и промышленных зданий расчет произведем аналогично.

Таблица 5. Определение тепловой нагрузки на вентиляцию.

№ п/п	Назначение здания, м	Объем помещения	q0, Вт/м <sup>3</sup> °С	tвн, °С	tнв, °С	Qв.мах, Вт	Qв.год, Гкал
1	Жилой дом	22400	0	20	-20	0	0
2	Жилой дом	22400	0	20	-20	0	0
3	Жилой дом	22400	0	20	-20	0	0
4	Жилой дом	22400	0	20	-20	0	0
5	Жилой дом	22400	0	20	-20	0	0
6	Механосборочный цех	7280	0,29	16	-20	54288	113,2556
7	Промтоварный магазин	7560	0,4	15	-20	75600	157,2083
8	Продовольственный магазин	7560	0,5	12	-20	86400	177,7055
9	Кинотеатр	3640	0,5	14	-20	44200	91,59802
10	Милиция	2660	0,1	18	-20	7220	30,30361
11	Школа	11900	0,08	18	-20	29070	61,00595
12	Детский сад	7560	0,12	22	-20	27216	57,69317
13	Поликлиника	5600	0,32	20	-20	54400	114,7697
14	Больница	11900	0,3	20	-20	108800	459,0789
Сумма						487194	1262,619

## 2. РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ РАСХОДА ТЕПЛА

### 2.1. Часовой график расхода тепла на отопление и вентиляцию

Среднечасовой тепловой поток за отопительный период на отопление и вентиляцию определим, используя формулы пересчета часовые расходы на отопление и вентиляцию при температуре наружного воздуха  $t_H = 8 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$Q_{o.om} = Q_{o.max\Sigma} \cdot \left( \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{про}} \right)$$

$$Q_{v.om} = Q_{v.max\Sigma} \cdot \left( \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{нрв}} \right)$$

где  $t_H = 8 \text{ }^\circ\text{C}$  - средняя температура наружного воздуха за период со среднесуточной температурой воздуха  $8 \text{ }^\circ\text{C}$  и менее (отопительный период);

$t_B = 18 \text{ }^\circ\text{C}$  - средняя температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий

$t_{про} = -34 \text{ }^\circ\text{C}$  - расчетная температура наружного воздуха для отопления.

$t_{нрв} = -20 \text{ }^\circ\text{C}$  - расчетная температура наружного воздуха для вентиляции.

для зданий при температуре наружного воздуха  $8 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_{o.om} = Q_{o.max\Sigma} \cdot \left( \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{про}} \right) = 2491593 \cdot \frac{18 - 8}{18 - (-34)} = 4.792 \times 10^5 \text{ Вт}$$

$$Q_{v.om} = Q_{v.max\Sigma} \cdot \left( \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{нрв}} \right) = 487194 \cdot \frac{18 - 8}{18 - (-20)} = 1.282 \times 10^5 \cdot \text{Вт}$$

При температуре наружного воздуха  $t_{про} = -34 \text{ }^\circ\text{C}$

$$Q_{o.om.max} = Q_{o.max\Sigma} = 2.492 \times 10^6 \cdot \text{Вт}$$

$$Q_{v.om.max} = Q_{v.max\Sigma} = 4.872 \times 10^5 \cdot \text{Вт}$$

Отложив на графике (см. рис. 2.а) значения  $Q_o$  и  $Q_v$  при  $t_H = 8 \text{ }^\circ\text{C}$ , а также значения  $Q_{o.max}$  и  $Q_{v.max}$  при  $t_{про} = -34 \text{ }^\circ\text{C}$  и соединив их прямой, получим графики  $Q_o = f(t_H)$  и  $Q_v = f(t_H)$ . Для построения часового графика расхода теплоты на горячее водоснабжение, определим, используя формулу пересчета, среднечасовой расход теплоты на горячее водоснабжение для неотапительного периода  $Q_{hm.s}$ .

## 2.2. Часовой график расхода тепла для нужд ГВС

На горячее водоснабжение района в неотапительный период

$$Q_{hm.s} = Q_{ГВ.л} = 4.25 \times 10^5$$

В отопительный период

$$Q_{hm} = Q_{ГВ.з} = 5.289 \times 10^5$$

График среднечасового расхода теплоты на горячее водоснабжение не зависит от температуры наружного воздуха, и будет представлять собой прямую, параллельную оси абсцисс с ординатой  $Q_{ГВ.з} = 5.289 \times 10^5$  Вт для отопительного периода и с ординатой

$Q_{ГВ.л} = 4.25 \times 10^5$  для неотапительного периода. Просуммировав ординаты часовых графиков на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение для диапазона температур  $t_H = 8 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $t_{про} = -34 \text{ }^\circ\text{C}$  и соединив их прямой получим суммарный часовой график  $Q_\Sigma = f(t_H)$ .

Для построения годового графика теплоты по продолжительности тепловой нагрузки находим продолжительности стояния температур наружного воздуха в часах с интервалом  $5^\circ\text{C}$  и продолжительность отопительного периода

для города Пермь 5400 часов

Данные сводим в таблицу

Таблица 7 Продолжительность стояния температур наружного воздуха

Продолжительность стояния, n, часов	Температура наружного воздуха										
	-45	-45 и -40	-40 и -35	-35 и -30	-30 и -25	-25 и -20	-20 и -15	-15 и -10	-10 и -5	-5 и 0	0 и +8
n	0	3	12	60	145	284	546	790	1010	1230	1320
Температуры	-45 и ниже	-40 и ниже	-35 и ниже	-30 и ниже	-25 и ниже	-20 и ниже	-15 и ниже	-10 и ниже	-5 и ниже	0 и ниже	+8 и ниже
сумма n	0	3	15	75	220	504	1050	1840	2850	4080	5400

График по продолжительности тепловой нагрузки (см. рис. 2 б) строится на основании суммарного часового графика  $Q_\Sigma = f(t_H)$ . Для этого из точек на оси температур (+8, 0, -10, -20, -30) восстанавливаем перпендикуляры до пересечения с линией суммарного часового графика и из точек пересечения проводим горизонтальные прямые до пересечения с перпендикулярами, восстановленными из точек на оси продолжительности, соответствующих данным температурам. Соединив найденные точки плавной кривой, получим график по продолжительности тепловой нагрузки за отопительный период в течение 5400 часов

Затем построим график по продолжительности тепловой нагрузки за неотапительный период, для чего проведем прямую параллельную оси абсцисс с ординатой равной 8400 часов.

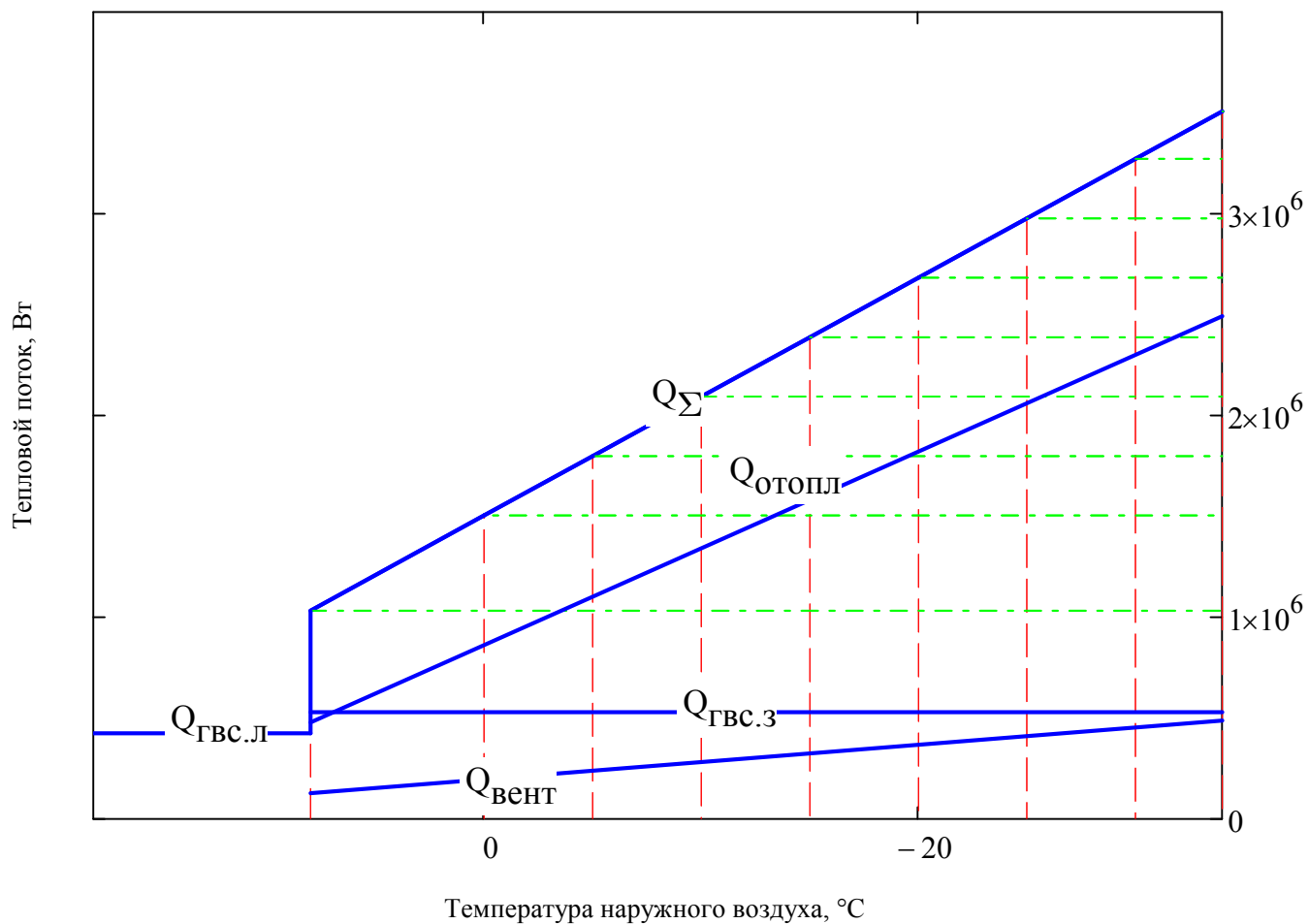


Рис. 1 а. Часовой график теплового потребления.

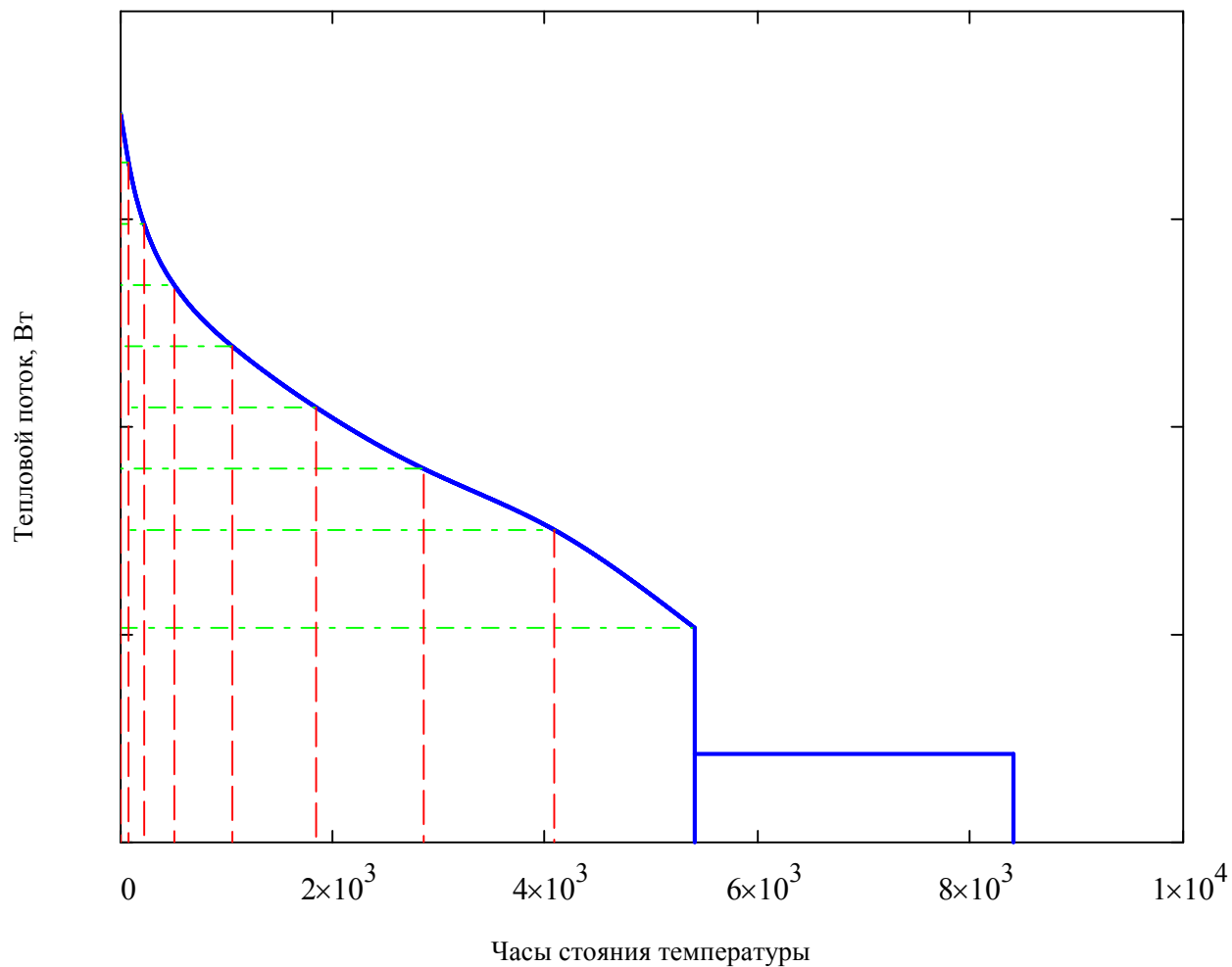


Рис 1 б. Годовой график по продолжительности тепловой нагрузки

Таблица 8.Вспомогательная таблица для построения часового и годового графиков

Температура наружного воздуха	Тепловой поток, Вт	Продолжительность стояния данной температуры
8	1032367,004	5400
0	1503855,832	4080
-5	1798536,349	2850
-10	2093216,865	1840
-15	2387897,382	1050
-20	2682577,899	504
-25	2977258,416	220
-30	3271938,933	75
-34	3507683,347	15

### 3. РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ГРАФИКОВ ДЛЯ

#### РАЗНОРОДНОЙ НАГРУЗКИ ПО ОТКРЫТОЙ СХЕМЕ

##### 2.1 Расчет температурного графика

Примем расчетные температуры сетевой воды в подающей магистрали  $\tau_1 = 150^\circ\text{C}$  в обратной магистрали  $\tau_2 = 70^\circ\text{C}$ , после элеватора  $\tau_3 = 95^\circ\text{C}$ . Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления  $t_{\text{про}} = -34^\circ\text{C}$ . Расчетная температура воздуха внутри помещения  $t_{\text{в}} = 18^\circ\text{C}$ . Расчетные тепловые потоки примем те же. Температура горячей воды в системах горячего водоснабжения  $t_{\text{ГВ}} = 60^\circ\text{C}$ , температура холодной воды  $t_{\text{с}} = 4^\circ\text{C}$ . Балансовый коэффициент для нагрузки горячего водоснабжения  $\alpha_{\text{с}} = 1.2$ . Схема включения водоподогревателей систем горячего водоснабжения двухступенчатая последовательная.

Предварительно выполним расчет и построение отопительно-бытового графика температур с температурой сетевой воды в подающем трубопроводе для точки излома  $\tau_2 = 70^\circ\text{C}$ .

Значения температур сетевой воды для систем отопления  $\tau_{01}, \tau_{02}, \tau_{03}$  определим используя расчетные зависимости (13), (14), (15) методических указаний, для температур наружного воздуха

Отметим 5 характерных точек

$$t_{\text{Н1}} = 8^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{Н2}} = 0^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{Н3}} = -5^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{Н4}} = -10^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{Н5}} = t_{\text{про}} = -34^\circ\text{C}$$

Значения температур сетевой воды для систем отопления

$$\tau_{01} = t_{\text{в}} + \Delta t \cdot \left( \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{Н}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{про}}} \right)^{0.8} + (\Delta \tau - 0.5 \cdot \Theta) \cdot \left( \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{Н}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{про}}} \right)$$

$$\tau_{02} = t_{\text{в}} + \Delta t \cdot \left( \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{Н}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{про}}} \right)^{0.8} - 0.5 \cdot \Theta \cdot \left( \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{Н}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{про}}} \right)$$

$$\tau_{03} = t_{\text{в}} + \Delta t \cdot \left( \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{Н}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{про}}} \right)^{0.8} + 0.5 \cdot \Theta \cdot \left( \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{Н}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{про}}} \right)$$

где  $\Delta t$  - расчетный температурный напор нагревательного прибора,  $^\circ\text{C}$ , определяемый по формуле:

$$\Delta t = \frac{\tau_3 + \tau_2}{2} - t_{\text{в}} = \frac{95 + 70}{2} - 18 = 64.5^\circ\text{C}$$

$\Delta \tau$  - расчетный перепад температур сетевой воды в местной системе отопления,



$$\Delta\tau = \tau_1 - \tau_2 = 150 - 70 = 80 \cdot ^\circ\text{C}$$

$\Theta$  - расчетный перепад температур сетевой воды в местной системе отопления

$$\Theta = \tau_3 - \tau_2 = 95 - 70 = 25 \cdot ^\circ\text{C}$$

Для  $t_{H1} = 8 \cdot ^\circ\text{C}$  значения  $\tau_{01}, \tau_{02}, \tau_{03}$  соответственно

с

$$\tau_{01} = t_B + \Delta t \cdot \left( \frac{t_B - t_{H1}}{t_B - t_{HPO}} \right)^{0.8} + (\Delta\tau - 0.5 \cdot \Theta) \cdot \left( \frac{t_B - t_{H1}}{t_B - t_{HPO}} \right)$$

$$\tau_{01} = 18 + 64.5 \cdot \left( \frac{18 - 8}{18 - (-34)} \right)^{0.8} + (80 - 0.5 \cdot 25) \cdot \frac{18 - 8}{18 - (-34)} = 48.229 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\tau_{02} = t_B + \Delta t \cdot \left( \frac{t_B - t_{H1}}{t_B - t_{HPO}} \right)^{0.8} - 0.5 \cdot \Theta \cdot \left( \frac{t_B - t_{H1}}{t_B - t_{HPO}} \right)$$

$$\tau_{02} = 18 + 64.5 \cdot \left( \frac{18 - 8}{18 - (-34)} \right)^{0.8} - 0.5 \cdot 25 \cdot \frac{18 - 8}{18 - (-34)} = 32.845 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\tau_{03} = t_B + \Delta t \cdot \left( \frac{t_B - t_{H1}}{t_B - t_{HPO}} \right)^{0.8} + 0.5 \cdot \Theta \cdot \left( \frac{t_B - t_{H1}}{t_B - t_{HPO}} \right)$$

$$\tau_{03} = 18 + 64.5 \cdot \left( \frac{18 - 8}{18 - (-34)} \right)^{0.8} + 0.5 \cdot 25 \cdot \frac{18 - 8}{18 - (-34)} = 37.653 \cdot ^\circ\text{C}$$

Аналогично выполняются расчеты температур сетевой воды и для других значений  $t_H$

Температура излома  $t_{H.излом} = -0.4(^\circ\text{C})$

Таблица 9.

$t_H$	$\tau_{10}$	$\tau_{20}$	$\tau_{30}$
8	70	41,7	50,5
-0,407	70	41,7	50,53105
-5	81,4403	46,05569	57,11338
-10	93,65438	50,57746	64,039
-34	150	70	95

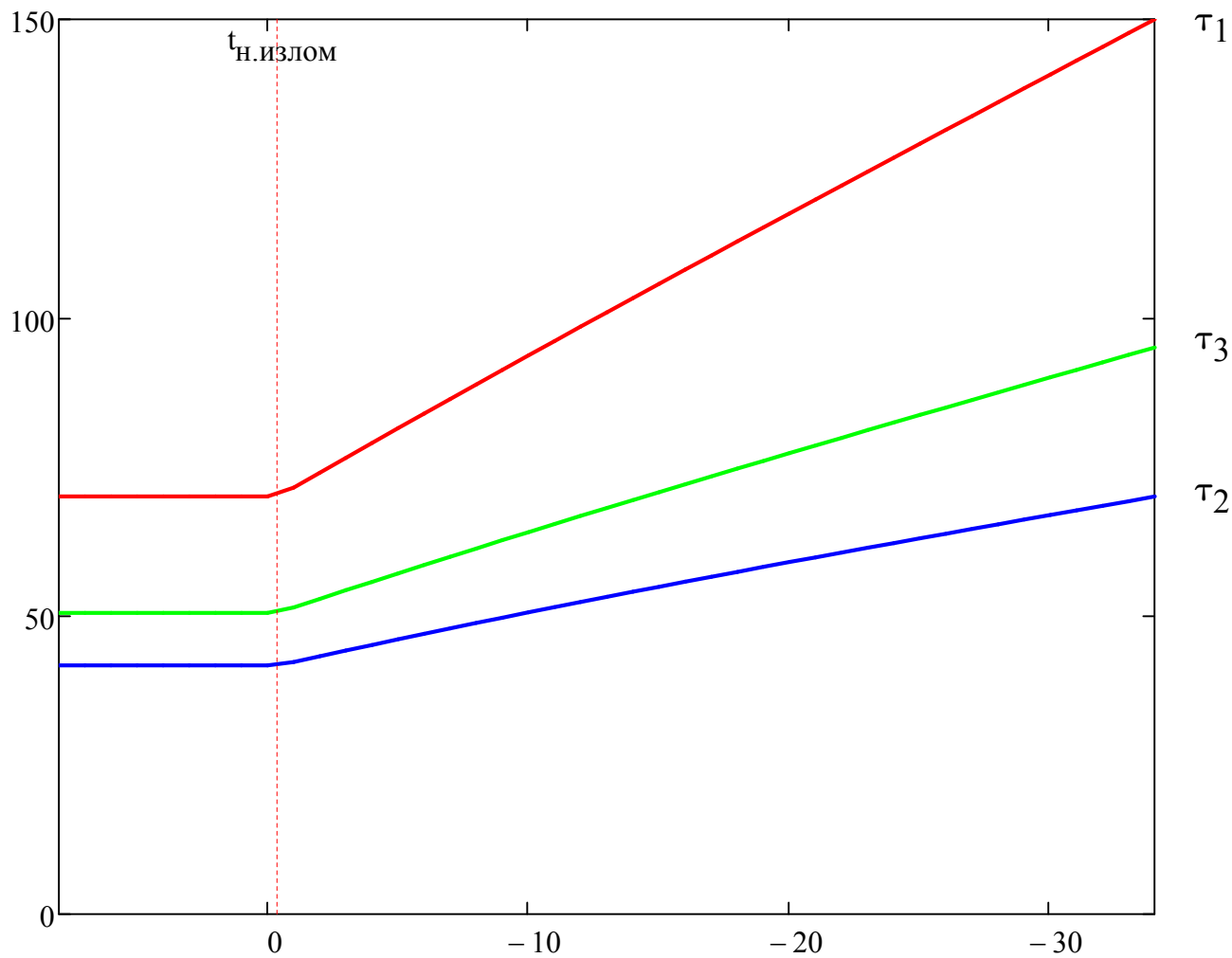


Рис. 2. Температурные графики регулирования для открытой системы теплоснабжения

#### 4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ СЕТЕВОЙ ВОДЫ НА ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЮ И ГВС

Расчетный расход сетевой воды, кг/ч, для определения диаметров труб в водяных тепловых сетях при качественном регулировании отпуска теплоты следует определять отдельно для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения по формулам:

$$\text{на отопление } G_{\text{от.мах}} = \frac{3.6 \cdot Q_{\text{от.мах}}}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)}$$

где  $c = 4197 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$  - теплоемкость воды

на вентиляцию

$$G_{\text{вент.мах}} = \frac{3.6 \cdot Q_{\text{в.мах}}}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)}$$

на горячее водоснабжение

$$G_{\text{ГВ.мах}} = \frac{3.6 \cdot Q_{\text{ГВ}}}{c \cdot (60 - 5)}$$

Таблица 10. Расход воды каждым абонентом

№ п/п	Назначение здания, м	G <sub>от.мах</sub> , т/ч	G <sub>в.мах</sub> , т/ч	G <sub>ГВ.мах</sub> , т/ч	G $\Sigma$ , т/ч
1	Жилой дом	4,16484	0	1,3331	4,48
2	Жилой дом	4,16484	0	1,3331	4,48
3	Жилой дом	4,16484	0	1,3331	4,48
4	Жилой дом	4,16484	0	1,3331	4,48
5	Жилой дом	4,16484	0	1,3331	4,48
6	Механосборочный цех	1,63243	0,58207	0,2285	1,963
7	Промтоварный магазин	1,68459	0,81058	0,0074	1,975
8	Продовольственный магазин	1,68459	0,92638	0,0963	2,151
9	Кинотеатр	0,91617	0,47391	0,0322	1,129
10	Милиция	0,70544	0,07741	0,0034	0,604
11	Школа	2,45856	0,31169	0,1105	2,239
12	Детский сад	1,68459	0,29181	0,0706	1,6
13	Поликлиника	1,31184	0,58327	0,0088	1,51
14	Больница	2,45856	1,16655	1,0252	3,903
Суммарный расход		26,7147	4,50792	8,2484	39,47

## 5. РАЗРАБОТКА МОНТАЖНОЙ СХЕМЫ

Монтажную схему разрабатывают после выполнения предварительного гидравлического расчета с целью выбора места установки компенсаторов, неподвижных опор, места расположения теплофикационных колодцев и установки в них необходимой арматуры. Монтажная схема конструируется согласно требованиям ГОСТ 21.605-82 «Тепловые схемы, рабочие чертежи».

Правила разработки монтажной схемы:

- трубопроводы обозначаются: подающий-Т1, обратный-Т2;
- подающая магистраль (трубопровод) показывается по ходу движения теплоносителя от источника тепла до потребителя;
- на схеме присваиваются номера теплофикационным камерам: ТК1, ТК2;... ТКп; компенсаторам К1, К2 и т.д.; неподвижным опорам НО1, НО2 и т.д. Нумерация производится от источника.
- На всех участках тепловой сети указывается диаметр подающего и обратного трубопровода с учетом толщины стенки (т.е. наружный диаметр) и длину участка.

По такой схеме составляют спецификацию.

При длине трубопровода до 15 м от дома до колодца неподвижную опору и компенсатор не устанавливают, так как работает самокомпенсация.

Требования к установке запорной арматуры.

1. Запорную арматуру устанавливают на всех ответвлениях, которые присоединены к магистрали;

2. На транзитных магистралях, не имеющих ответвлений запорную арматуру

устанавливают через 2-3 км. Это называется секционированием магистрали.

При этом смежные магистрали соединяют блокировочной перемычкой с установленной на ней запорной арматурой с пропускной способностью, рассчитанной на аварийное резервирование.

3. В нижних точках тепловых сетей устанавливают спускные устройства и в этих

местах предусматривают сбросные колодцы, из которых откачивают воду передвижными насосами или, если рядом проходит канализация, то отводят трубопровод в канализацию;

4. В высших точках трубопровода устанавливают воздушные устройства для

удаления воздуха, которые используют при запуске и опорожнении систем.

## 6.ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ

Окончательный гидравлический расчет выполняется после разработки монтажной схемы с целью более точного определения потерь давления. Расчет заключается в том, что на каждом участке подробно подсчитывается эквивалентная длина с учетом диаметра и вида местного сопротивления. Затем, также как и в предварительном расчете, подсчитываются потери давления. После этих подсчетов выполняется невязка, которая допускается не более 15%. Расчет сводится в таблицу (см. ранее).

В курсовом проекте необходимо выбрать вариант: бесканальная прокладка и сильфонный компенсатор (линзовый).

Определим параметры трубопроводов для участков, входящих в данную ветку исходя из известных данных расхода по участку и удельного давления, входящего в этот диапазон 30-80 Па/м, желательного задавшись удельным давлением ближе к 30 Па/м, т.к. кроме потерь напора на трение по участкам следует учесть потери напора на местных сопротивлениях (вентиль, тройник, внезапные сужения и т.д.)

Произведем гидравлический расчет основной магистрали.

Таблица 11.

Название участка	Длина участка, м	Расход теплоносителя на участке, м <sup>3</sup> /с	Внутренний диаметр водопровода, м	Наружный диаметр водопровода, м	Скорость движения теплоносителя по водопроводу, м/с
0-1	0,1	0,010964189	0,15	0,159	0,620446188
1-2	0,05	0,007231192	0,125	0,133	0,58925057
2-3	0,15	0,004742528	0,1	0,108	0,603837411
3-4	0,2	0,004323015	0,1	0,108	0,550423367
4-5	0,15	0,002631764	0,08	0,089	0,523572789
5-6	0,08	0,002318276	0,08	0,089	0,461206341
6-12	0,07	0,001073944	0,07	0,076	0,279058686
12-26	0,05	0,00062941	0,05	0,057	0,32055583

Таблица 12.

Название участка	Располагаемые местные сопротивления на участке	Коэффициенты местных сопротивлений					
		сужение потока	тройник	отвод	задвижка	компенсатор сильфонный	сумма
0-1	компенсатор сильфонный, тройник на проход, задвижка на участке.	0	1	0	2	0,3	3,3
1-2	внезапное сужение, компенсатор сильфонный, тройник на проход, задвижка на участке.	0,0833	1	0	2	0,3	3,38333
2-3	внезапное сужение, компенсаторы сильфонные, тройник на проход, задвижка на участке.	0,1	1	0	2	0,6	3,7
3-4	компенсаторы сильфонные, тройник на проход, задвижка на участке.	0	1	0	2	0,9	3,9
4-5	внезапное сужение, компенсаторы сильфонные, тройник на проход, задвижка на участке.	0,1	1	0	2	0,6	3,7
5-6	компенсатор сильфонный, тройник на проход, задвижка на участке.	0	1	0	2	0,3	3,3
6-12	внезапное сужение, компенсатор сильфонный, тройник на ответвление, задвижка на участке.	0,0625	1,5	0	2	0,3	3,8625
12-26	внезапное сужение, компенсатор сильфонный, тройник на проход, задвижка на участке.	0,1429	1	0	2	0,3	3,44286

Таблица 14.

Название участка	Эквивалентное (местным сопротивлениям) сопротивление по длине при $\xi=1$ , м	Эквивалентное (местным сопротивлениям) сопротивление по длине, м	Приведенная длина трубопровода на участке, м	Удельное падение давления на участке, Па/м	Абсолютное падение давления на участке, Па
0-1	5,7	18,81	118,81	35,63837038	4234,194785
1-2	4,52	15,29266667	65,29266667	40,46827696	2642,281718
2-3	3,42	12,654	162,654	56,10470604	9125,654855
3-4	3,42	13,338	213,338	46,82445325	9989,435207
4-5	2,63	9,731	159,731	56,13946335	8967,21262
5-6	2,63	8,679	88,679	43,86221217	3889,657113
6-12	2,19	8,458875	78,458875	19,64387762	1541,236539
12-26	1,47	5,061	55,061	39,04789253	2150,016011

## 7. ПОСТРОЕНИЕ ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКОГО ГРАФИКА (ПГ)

Пьезометрический график предназначен для определения давления в подающем и обратном трубопроводах, определения располагаемых напоров в характерных точках тепловой сети. Для построения такого графика необходимо иметь расчетную (монтажную) схему тепловой сети, отметки поверхности земли и данные гидравлического расчета.

Правила построения пьезометрического графика.

1. За нулевую отметку принимают самую низкую отметку земли.

Вычерчивают профиль земли, наносят высоты зданий, присоединяемых к тепловой трассе на данной магистрали.

2. При построении графика необходимо учитывать, что давление на всасывающем патрубке сетевого насоса должно быть не менее должно быть не менее 5 м вод. ст. Давление в подающем трубопроводе должно быть более 20 м вод. ст. при температуре 130°C, и более 40 м вод. ст. при температуре 150°C для того, чтобы обеспечить невоскисание высокотемпературного теплоносителя. Давление в обратной магистрали должно быть на 5 м вод. ст. выше высоты самого высокого здания, чтобы исключить оголение в нагревательных приборах последних этажей (при зависимой схеме подключения), и не более 60 м вод. ст. в случае установки чугунных нагревательных приборов, чтобы исключить раздавливание системы.

Линию изменения давления строят на основании потерь давления, которые принимают из гидравлического расчета. Располагаемый напор у абонента для подключения МОС через элеваторы должен быть 15 м вод. ст.

3. На пьезометрический график наносят линию статического давления, которое должно быть выше самого высокого здания; линия статического давления изображается в виде прямой горизонтальной линии. Точка пересечения линии статического давления и обратного пьезометра динамического режима называется нейтральной точкой. В этой точке давление поддерживается постоянным.

Статический режим работы поддерживается подпиточным насосом, а если в системе есть баки запаса воды, то и уровнем воды в баке (такое может быть, как правило, на промышленных предприятиях).

Динамический режим работы сети поддерживается сетевыми насосами.

Данные для построения пьезометрического графика

Принимаем напор во всасывающей линии  $H_{ВС} = 16 \text{ м}$

Статический напор  $S = 20 \text{ м}$

Падение напора в теплофикационном оборудовании ИТ  $H_{Т} = 15 \text{ м}$

Падение напора непосредственно при использовании в жилых районах (располагаемый напор)

$H = 30 \text{ м}$



падение напора а участке рассчитывается по формуле

$$\Delta H = \frac{\Delta P}{9.8 \cdot \rho}$$

где  $\Delta P$  - падение давления на участке(выбираем из таблицы 4)

$$\rho = 1 \times 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \text{ - плотность теплоносителя}$$

участок	Абсолютное падение давления на участке, Па	Падение напора на данном участке, м
0-1	4234,194785	0,432060692
1-2	2642,281718	0,269620583
2-3	9125,654855	0,931189271
3-4	9989,435207	1,019330123
4-5	8967,21262	0,915021696
5-6	3889,657113	0,396903787
6-12	1541,236539	0,157269035
12-26	2150,016011	0,219389389

Из чертежа видно, что напор создаваемый перед теплофикационным оборудованием(котле, бойлере, внутренних трубопроводах)

В отпительный сезон  $H_{CH} = 69.682 \text{ м}$

#### Список использованных источников

1. СП 131.13330.2012. Строительная климатология (Актуализированная редакция СНиП 23-01-99).
2. Тепловые сети. СНиП 2.04.07-86.
3. В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хиж, А.И. Манюк, В.К. Ильин  
Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. М: – Стройиздат, 1988. – 432 с.