

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ИЖЕВСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»
ФАКУЛЬТЕТ НЕПРЕРЫВНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ МИКРОРАЙОНА

Методические указания к выполнению курсовой работы
по дисциплине «Источники и системы теплоснабжения»
для студентов, обучающихся по направлению бакалавриата
«Теплоэнергетика и теплотехника»
заочной формы обучения

Составитель:
доцент кафедры «Энергетика и электротехнология»
Дресвянникова Е.В.

Ижевск
2017

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	
ВЫБОР ВАРИАНТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ	
1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ РАСХОДОВ ТЕПЛА НА ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЮ, ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ.....	
1.1. Определение максимального расхода тепла на отопление.....	
1.2. Определение расхода тепла на ГВС.....	
1.3. Определение расхода тепла на вентиляцию.....	
2.РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ РАСХОДА ТЕПЛА.....	
2.1.Часовой график расхода тепла на отопление	
2.2.Часовой график расхода тепла на вентиляцию	
2.3.Часовой график расхода тепла для нужд ГВС	
2.4. Годовой график расхода тепла.....	
3.РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ГРАФИКОВ ДЛЯ РАЗНОРОДНОЙ НАГРУЗКИ ПО ОТКРЫТОЙ СХЕМЕ.....	
4.ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДОВ СЕТЕВОЙ ВОДЫ НА ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЮ И ГВС.....	
4.1. Определение расхода сетевой воды на отопление.....	
4.2.Определение расхода сетевой воды на нужды вентиляции.....	
4.3. Определение расхода сетевой воды на нужды ГВС.....	
4.4. Общий расход сетевой воды.....	
4.5Определение расходов сетевой воды каждым	
5.ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ.....	
6.РАЗРАБОТКА МОНТАЖНОЙ СХЕМЫ.....	
7.ОКОНЧАТЕЛЬНЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ.....	
8.ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ.....	
9.ПОСТРОЕНИЕ ПЬЕЗОМЕТРИЧЕСКОГО ГРАФИКА (ПГ).....	
10.РАСЧЁТ ДИАМЕТРА ДРОССЕЛЬНОЙ ШАЙБЫ.....	
11.СПЕЦИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ.....	
ПРИЛОЖЕНИЕ А	
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	
ПРИЛОЖЕНИЕ В	
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	

ВВЕДЕНИЕ

Данная курсовая работа преследует цели обучения расчетам тепловой сети микрорайона, подробного расчёта заданного варианта микрорайона и отдельных его элементов, гидравлического расчета, выбора диаметра и марки трубопровода, расчет и выбор дроссельной шайбы и построение пьезометрического графика и составление спецификации тепловой сети.

Приведённая методика расчётов микрорайона города максимально упрощена с целью уменьшения объёма необходимых расчетов.

Выполнение курсовой работы по дисциплине «Источники и системы теплоснабжения» позволяет развить в студенте:

- готовность к самостоятельной, индивидуальной работе, принятию решений в рамках своей профессиональной компетенции;
- способность проводить расчеты по типовым методикам и проектировать отдельные детали и узлы с использованием стандартных средств автоматизации проектирования в соответствии с техническим заданием.
- способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

ВЫБОР ВАРИАНТА КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Задачей курсовой работы является углубление знаний, полученных в процессе изучения курса «Источники и системы теплоснабжения». При выполнении курсовой работы студенты практически знакомятся с методом расчёта теплоснабжения микрорайона.

Задание на курсовую работу выбирается по номеру зачетной книжки: выбирается схема теплоснабжения микрорайона (табл.1.1), по предпоследней цифре зачетной книжки выбирается мощность потребителей (табл.1.3); климатические условия (город) выбирается пожеланию студента.

Таблица 1.1 – Вариант выбора схемы

Номер схемы	По последнему номеру зачетной книжки
1	0,5
2	1,6
3	2,7
4	3,8
5	4,9

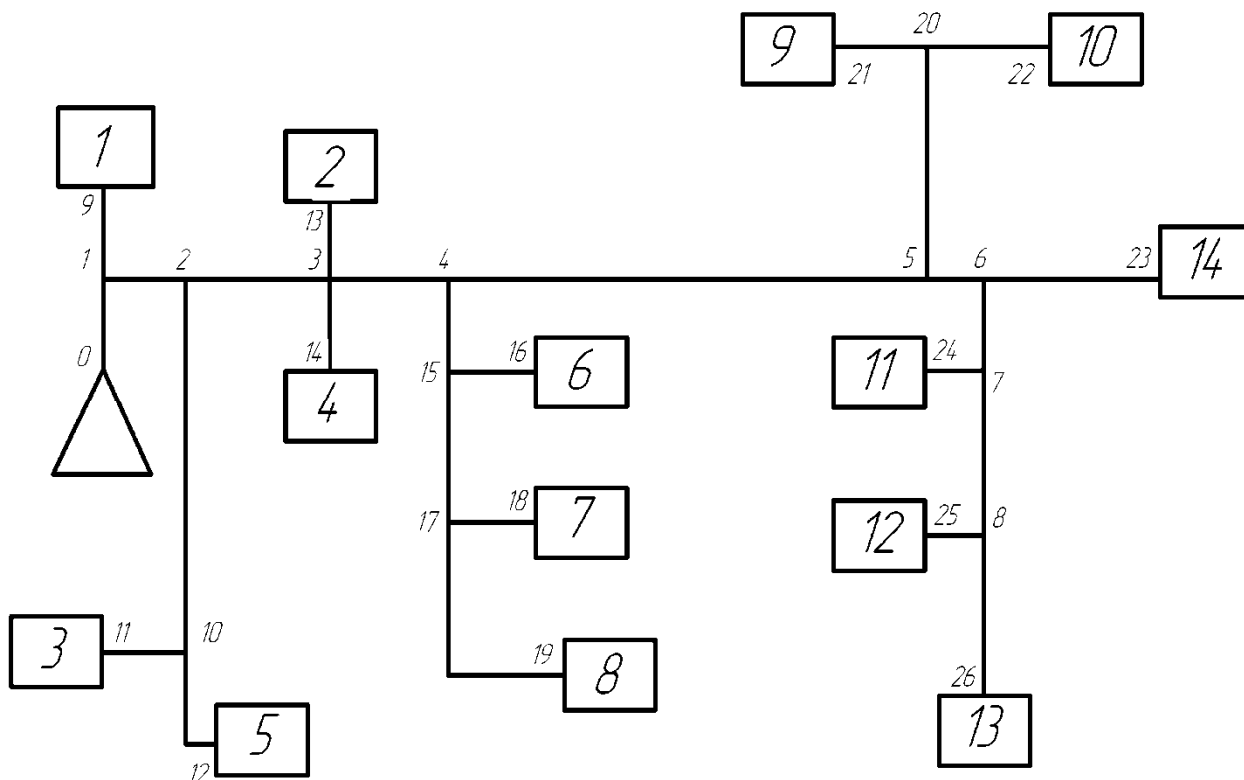


Рисунок 1.1 – Схема №1

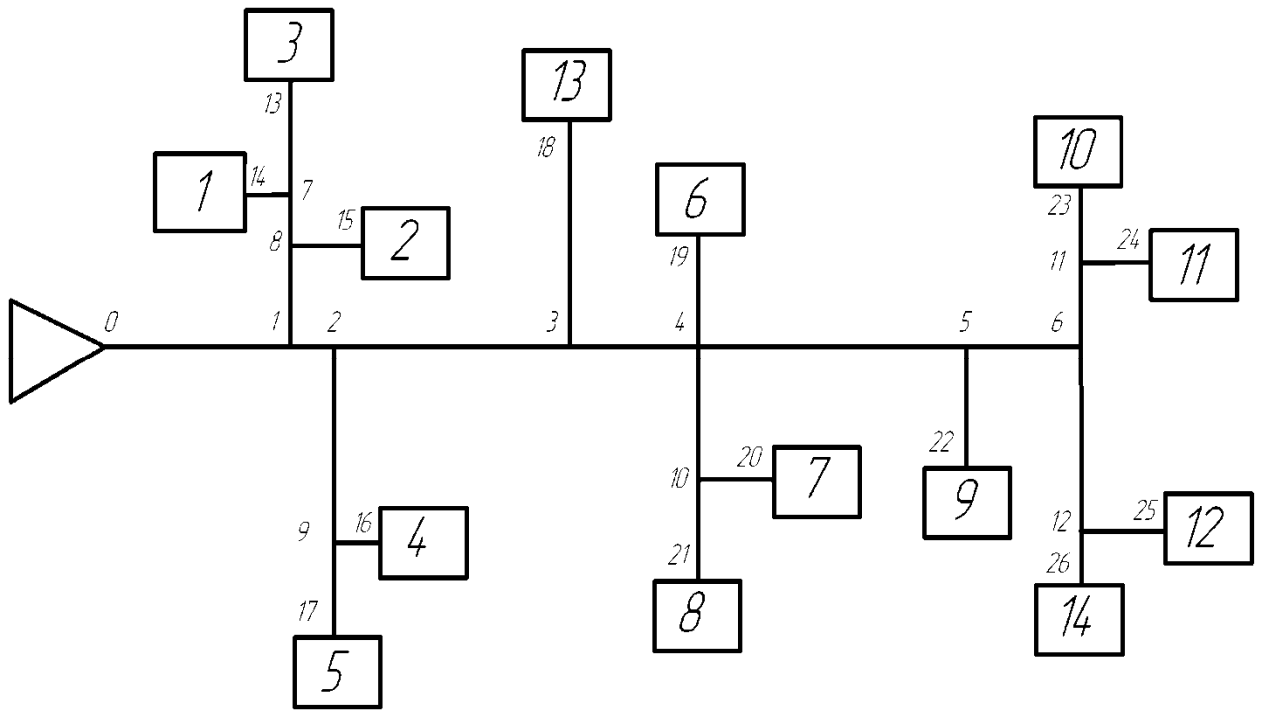


Рисунок 1.2 – Схема №2

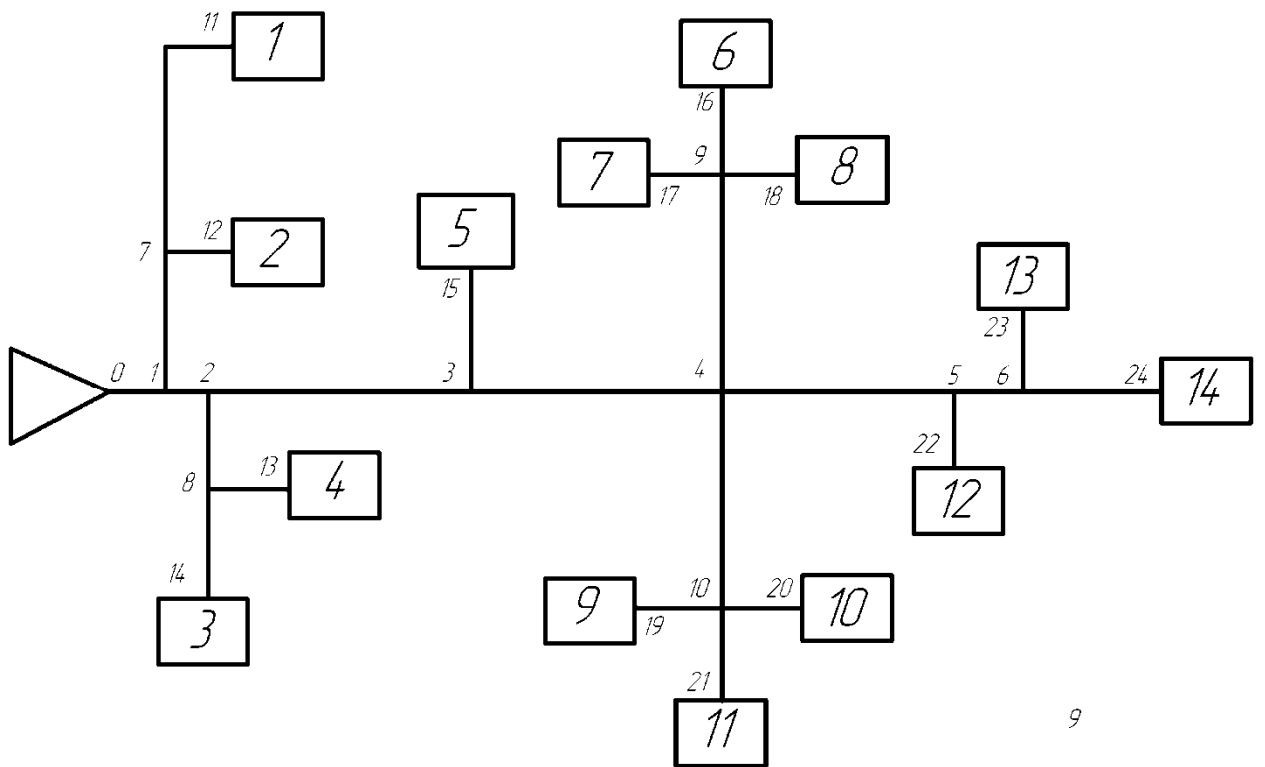


Рисунок 1.3 – Схема №3

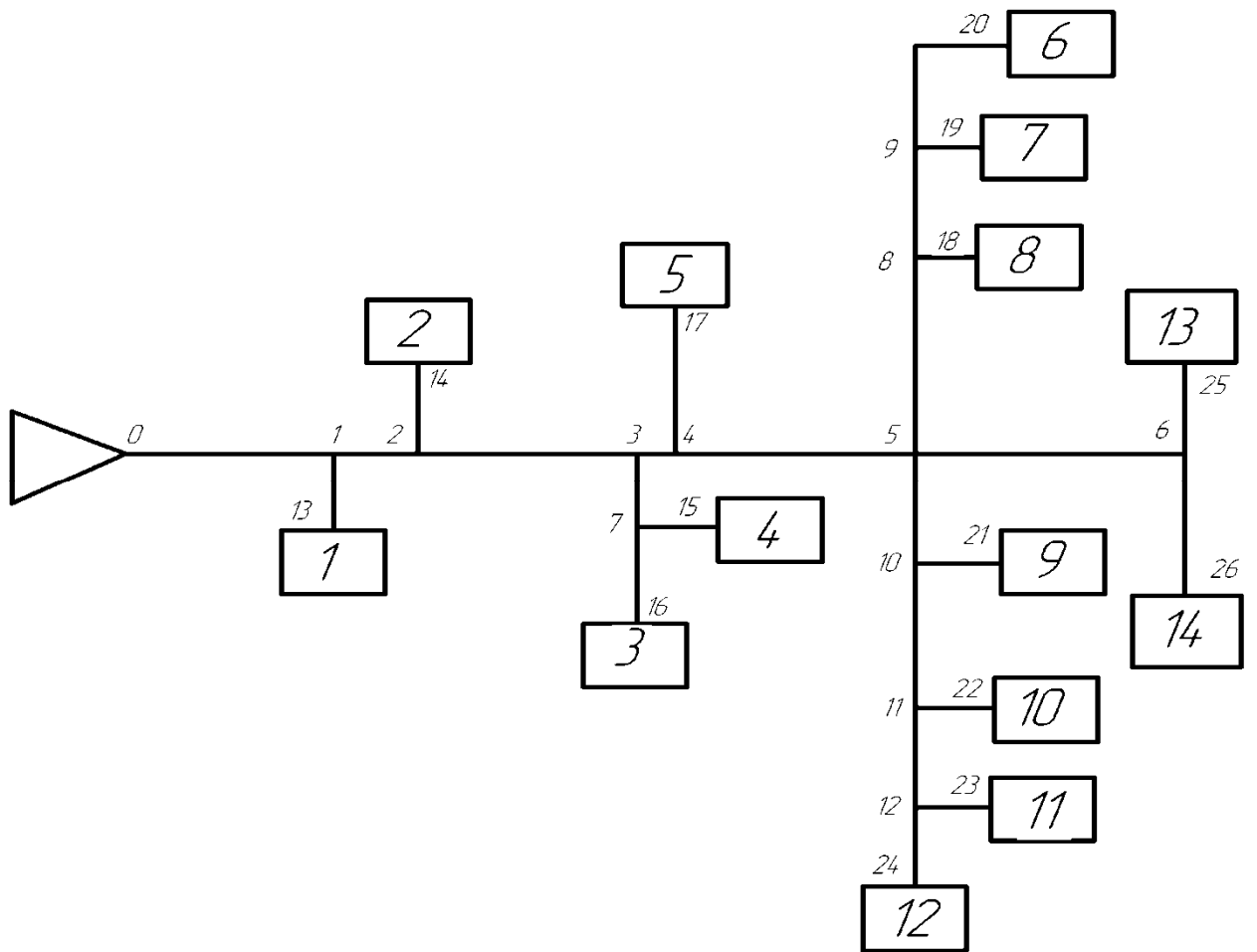


Рисунок 1.4 – Схема 4

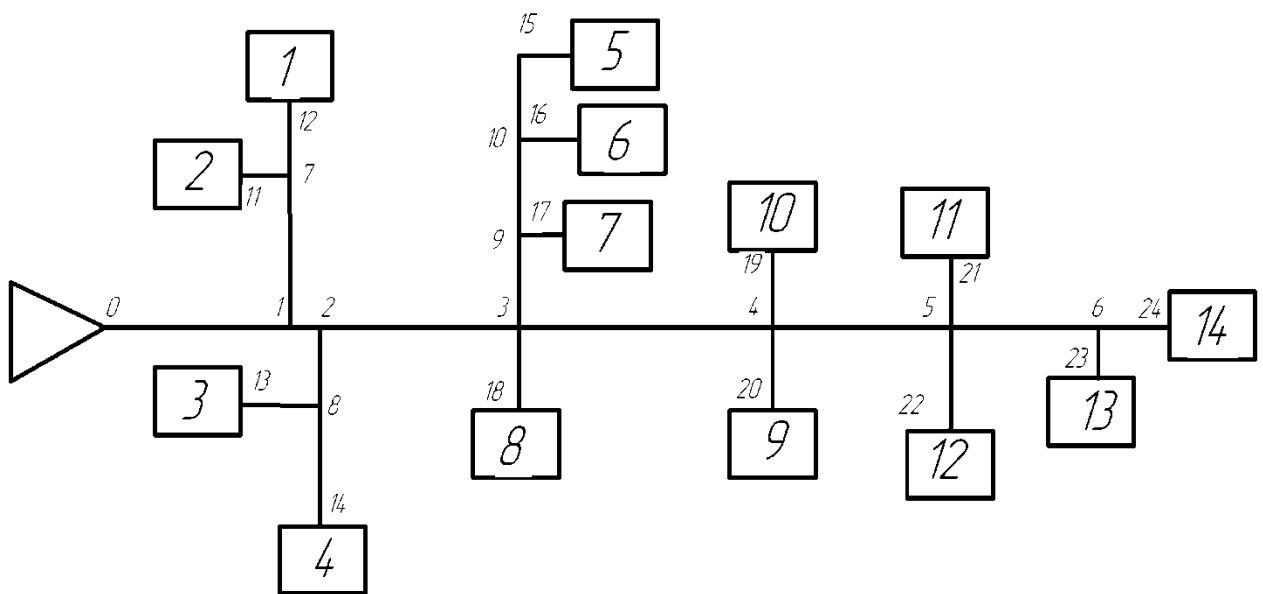


Рисунок 1.5 – Схема 5

Таблица 1.2 – Длины участков для заданных схем

Схема №1		Схема №2		Схема №3		Схема №4		Схема №5	
Номер участка а	Длина участка а, км	Номер участка а	Длина участка а, км	Номер участка а	Длина участка а, км	Номер участка а	Длина участка а, км	Номер участка а	Длина участка а, км
0-1	0,1	0-1	0,1	0-1	0,02	0-1	0,07	0-1	0,1
1-9	0,1	1-8	0,02	1-7	0,08	1-13	0,03	1-7	0,1
1-2	0,1	8-15	0,03	7-12	0,02	1-2	0,03	7-11	0,05
2-10	0,3	8-7	0,03	7-11	0,08	2-14	0,03	7-12	0,03
10-11	0,07	7-14	0,02	1-2	0,03	2-3	0,08	1-2	0,02
10-12	0,08	7-13	0,05	2-8	0,05	3-7	0,05	2-8	0,08
2-3	0,2	1-2	0,05	8-13	0,05	7-15	0,02	8-13	0,08
3-13	0,05	2-9	0,08	8-14	0,06	7-16	0,04	8-14	0,09
3-14	0,07	9-16	0,015	2-3	0,1	3-4	0,02	2-3	0,04
3-4	0,1	9-17	0,09	3-15	0,07	4-17	0,07	3-10	0,08
4-15	0,09	2-3	0,15	3-4	0,1	4-5	0,08	10-17	0,03
15-16	0,06	3-18	0,2	4-9	0,1	5-9	0,1	9-10	0,04
15-17	0,02	3-4	0,2	9-17	0,06	9-20	0,04	10-15	0,04
17-18	0,02	4-19	0,1	9-18	0,05	9-8	0,07	10-16	0,04
17-19	0,08	4-10	0,1	9-16	0,09	8-19	0,1	3-18	0,03
4-5	0,2	10-20	0,03	4-10	0,1	8-18	0,08	3-4	0,09
5-20	0,3	10-21	0,05	10-19	0,03	5-10	0,03	4-19	0,07
20-21	0,02	4-5	0,15	10-20	0,03	10-21	0,02	4-20	0,05
20-22	0,02	5-22	0,15	10-21	0,06	10-11	0,07	4-5	0,05
5-6	0,05	5-6	0,08	4-5	0,1	11-22	0,02	5-21	0,07
6-23	0,1	6-11	0,05	5-22	0,07	11-12	0,02	5-22	0,08
6-7	0,05	11-23	0,03	5-6	0,05	12-23	0,02	5-6	0,07
7-24	0,02	11-24	0,05	6-23	0,03	12-24	0,02	6-23	0,03
7-8	0,05	6-12	0,07	6-24	0,08	5-6	0,07	6-24	0,035
8-25	0,02	12-25	0,05	-	-	6-25	0,04	-	-
8-26	0,05	12-26	0,05	-	-	6-26	0,15	-	-

Таблица 1.3 – **Вариант выбора мощности потребителей**

№ п/п	Назначение здания	Высота здания, м	Количество жителей/персонала	Материал стен	Выбор объема помещения (по предпоследней цифре зачетной книжки)				
					0,4	1,5	2,6	3,7	8,9
					V, м ³				
1	Жилой дом	15	300	кирпич	1600 0	2400 0	1920 0	2240 0	2080 0
2	Жилой дом	15	300	кирпич	1600 0	2400 0	1920 0	2240 0	2080 0
3	Жилой дом	15	300	кирпич	1600 0	2400 0	1920 0	2240 0	2080 0
4	Жилой дом	15	300	кирпич	1600 0	2400 0	1920 0	2240 0	2080 0
5	Жилой дом	15	300	кирпич	1600 0	2400 0	1920 0	2240 0	2080 0
6	Механосборочный цех	7	20	кирпич	5200	7800	6240	7280	6760
7	Промтоварный магазин	7	35	кирпич	5400	8100	6480	7560	7020
8	Продовольственный магазин	7	35	кирпич	5400	8100	6480	7560	7020
9	Кинотеатр	8	507	кирпич	2600	3900	3120	3640	3380
10	Милиция	5	10	кирпич	1900	2850	2280	2660	2470
11	Школа	10,5	870	кирпич	8500	1275 0	1020 0	1190 0	1105 0
12	Детский сад	7	145	кирпич	5400	8100	6480	7560	7020
13	Поликлиника	7	40	кирпич	4000	6000	4800	5600	5200
14	Больница	10,5	323	кирпич	8500	1275 0	1020 0	1190 0	1105 0

Структура курсовой работы

Введение

1. Определение максимальных расходов тепла на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение
2. Расчет и построение графиков расхода тепла
3. Расчет и построение температурных графиков для разнородной нагрузки по открытой схеме
4. Определение расходов сетевой воды на отопление, вентиляцию и ГВС
5. Предварительный гидравлический расчет тепловой сети
6. Разработка монтажной схемы
7. Окончательный гидравлический расчёт
8. Построение профиля тепловой сети
9. Построение пьезометрического графика (ПГ)
10. Расчёт диаметра дроссельной шайбы
11. Спецификация оборудования тепловой сети
12. Индивидуальное задание

Заключение.

Литература.

Расчетно-пояснительная записка оформляется на листах формата А4 с соблюдением требований в объеме 20-30 страниц текста.

Графическая часть выполняется на листах формата А3.

Перечень графического материала:

- 1) монтажная схема тепловой сети
- 2) пьезометрический график

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.

$$Q_0^{max} = q_0 \cdot V \cdot (t_{вн} - t_{н.о}), [Вт], [ккал/час] \quad (1.1)$$

q_0 – удельная отопительная характеристика здания $\left[\frac{Вт}{м^3 \cdot ^\circ C} \right]$ – это расход теплоты одного м³ здания при температуре в 1° С – определяется как: (можно взять табличные данные из приложения)

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

где α, φ – поправочные коэффициенты

α – поправочный коэффициент, характеризующий материал стен здания $[ккал/час \cdot м^3 \cdot ^\circ C]$.

Таблица 1.3 – Значения коэффициента α

Материал стен	$\alpha [ккал/час \cdot м^3 \cdot ^\circ C]$
Кирпич	1,6
Сборный железобетон	2,0 – 2,2
Природный камень	1,8 – 2,2
Брус (дерево)	1,0 – 1,5

φ – поправочный коэффициент, учитывающий температуру наружного воздуха зимой, принимается в зависимости от расчетной наружной температуры для отопления $t_{н.о.}$:

при $t_{н.о.} \geq -10^\circ C$ значение $\varphi = 1,2$;

при $-10^\circ C > t_{н.о.} \geq -20^\circ C$ значение $\varphi = 1,1$;

при $-20^\circ C > t_{н.о.} \geq -30^\circ C$ значение $\varphi = 1,0$;

при $t_{н.о.} < -30^\circ C$ значение $\varphi = 0,9$.

V – объем здания по наружному обмеру;

$t_{вн}$ – расчетная температура воздуха внутри отапливаемых помещений (для жилых и общественных зданий $t_{вн} = 20^\circ C$).

$t_{н.о.}$ – расчетное значение наружной температуры воздуха для проектирования отопления в конкретном климатическом районе.

Единицы измерения: $1Вт = 0,86 ккал/час$; $1ккал/час = 1,163 Вт$.

Б. Годовой расход на отопление.

$$Q_o^{\text{год}} = Q_o^{\text{max}} \cdot \frac{(t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о.}}^{\text{cp}})}{t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о.}}} \cdot n_o^{\text{час}}, \quad [\text{ГКал}], \quad (1.3)$$

$$Q_o^{\text{max}} = \left[\frac{\text{ГКал}}{\text{час}} \right],$$

$t_{\text{н.о.}}^{\text{cp}}$ – средняя за отопительный период температура,

$n_o^{\text{час}}$ – продолжительность отопительного периода в часах, определяется:

$$n_o^{\text{час}} = n_o^{\text{сут}} \cdot 24.$$

Расчеты по определению расхода тепла на отопление представляются в табличном виде.

Механосборочный цех

$$q_o = \frac{\alpha \cdot \varphi}{\sqrt[6]{V}} = \frac{1,6 \cdot 1}{\sqrt[6]{5400}} = 0,501 \text{ Ккал}/(\text{ч} \cdot \text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C});$$

$$Q_o^{\text{max}} = q_o \cdot V \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о.}}) = 0,501 \cdot 5400 \cdot (20 - (-30)) = 135270 \frac{\text{Ккал}}{\text{ч}} = 157319 \text{ Вт};$$

$$Q_o^{\text{год}} = Q_o^{\text{max}} \cdot \frac{(t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о.}}^{\text{cp}})}{t_{\text{вн}} - t_{\text{н.о.}}} \cdot n_o^{\text{час}} = 135270 \cdot (20+6,6) \cdot 5568/(20-(-30)) = 401 \cdot 10^6 \text{ Ккал}$$

Расчет для других зданий производится аналогично

Таблица 1.4 - Расход тепла на отопление

№ п/п	Назначение здания	Материал стен	$V, \text{ м}^3$	α Ккал/ $(\text{ч} \cdot \text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	φ	q_o Ккал/ $(\text{ч} \cdot \text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$	Q_o^{max} Ккал/час	Q_o^{max} Вт	$Q_o^{\text{год}}$ Гкал
1	Жилой дом	кирпич							
2	Жилой дом	кирпич							
3	Жилой дом	кирпич							
4	Жилой дом	кирпич							
5	Жилой дом	кирпич							
6	Механосборочный цех	кирпич	5400	1,6	1	0,501	135270	157319	401
7	Промтоварный магазин	кирпич							
8	Продовольственный магазин	кирпич							
9	Кинотеатр	кирпич							
10	Милиция	кирпич							
11	Школа	кирпич							

продолжение таблицы 1.4

12	Детский сад	кирпич						
13	Поликлиника	кирпич						
14	Больница	кирпич						
	Σ						2412229	280542 2

1.2. Определение расхода тепла на ГВС

А. Суточный расчет тепла на ГВС.

$$Q_{ГВ}^{сут} = m \cdot b \cdot c \cdot (t_{ГВ} - t_{ХВ.З}), \quad [Ккал/сут], \quad (1.4)$$

где m – количество потребителей (человек) в здании [чел.],

b – норма потребления горячей воды на человека в сутки для жилых и общественных зданий $\left[\frac{кг}{сут} \right]$, принимается по СНиП 02.04.01-85, в работе используется Приложение б[1],

c – удельная теплоемкость воды, $c = 1 \left[\frac{Ккал}{кг^{\circ}C} \right]$,

$t_{ГВ}$ – температура горячей воды $60^{\circ}C = t_{ГВ}$,

$t_{ХВ.З}$ – температура холодной воды зимой, $2-5^{\circ}C$,

$t_{ХВ.Л}$ – температура холодной воды летом, $15^{\circ}C$.

Б. Часовой расход тепла на цели ГВС

$$Q_{ГВ}^{час} = Q_{ГВ}^{сут} / 24 \quad (1.5)$$

В. Максимальный часовой расход (во время пиков потребления)

$$Q_{ГВ}^{max\ час} = 2 \sim 2.4 \cdot Q_{ГВ}^{час} \quad (1.6)$$

Г. Годовой расход тепла на ГВС.

$$Q_{ГВ}^{год} = Q_{ГВ}^{час} \cdot n_0 + \beta \cdot Q_{ГВ}^{час} \cdot \frac{t_{28} - t_{ХВ.Л}}{t_{28} - t_{ХВ.З}} \cdot (8400 - n_0), \quad [ГКал], \quad (1.7)$$

где β – 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.

Механосборочный цех

$$Q_{ГВ}^{сут} = m \cdot b \cdot c \cdot (t_{ГВ} - t_{хв.з}) = 20 \cdot 270 \cdot 1 \cdot (60 - 5) = 297000 \text{ Ккал/сут};$$

$$Q_{ГВ}^{час} = Q_{ГВ}^{сут} / 24 = 297000 / 24 = 12375 \text{ Ккал/час}$$

$$12375 \text{ Ккал/час} = 14392 \text{ Вт}$$

$$Q_{ГВ}^{год} = Q_{ГВ}^{час} \cdot n_0 + \beta \cdot Q_{ГВ}^{час} \cdot \frac{t_{зв} - t_{хв.л}}{t_{зв} - t_{хв.з}} \cdot (8400 - n_0) = 12375 \cdot 5568 + 1 \cdot 12375 \cdot$$

$$(60 - 15) \cdot (8400 - 5568) / (60 - 5) = 98 \cdot 10^6 \text{ Ккал/час}$$

Расчет для других зданий производится аналогично

Таблица 1.3 - Расход тепла на ГВС

№ п/ п	Назначение здания	m	b	c	t _{ГВ}	t _{хв. з}	t _{хв. л}	β	Q _{ГВ} ^{сут}	Q _{ГВ} ^{час}	Q _{ГВ} ^{год}
									Ккал/с ут	Вт	Гкал
1	Жилой дом										
2	Жилой дом										
3	Жилой дом										
4	Жилой дом										
5	Жилой дом										
6	Механосборочны й цех	20	270	1	60	5	15	1	297000	14392	98
7	Промтоварный магазин										
8	Продовольствен ный магазин										
9	Кинотеатр										
10	Милиция										
11	Школа										
12	Детский сад										
13	Поликлиника										
14	Больница										
	Σ								116171 28	562948	3640,3

1.3. Определение расхода тепла на вентиляцию

А. Максимальный числовой расход тепла на вентиляцию

$$Q_B^{\max} = q_B \cdot V \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{нв}}), \quad [\text{ГКкал/час}; \text{Вт}], \quad (1.8)$$

где q_B = удельная вентиляционная характеристика здания, т.е. расход теплоты на вентиляцию 1 м³ здания при разнице наружной и внутренней температуры воздуха 1 °С, принимается или по проектным данным или по результатам испытаний систем вентиляции. При отсутствии данных рассчитывается по формуле:

$$q_B = m \cdot c \cdot \left[\frac{V_{\text{в}}}{V} \right], \quad \left[\frac{\text{ккал}}{\text{час} \cdot \text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \right], \quad (1.9)$$

где m - кратность обмена воздухом в помещении (например, $m=3/\text{час}$, воздух за час обновится три раза);

c – объемная теплоемкость воздуха, $c=0,3 \left[\frac{\text{ккал}}{\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$,

V – объем помещения здания,

V_B – вентилируемый объем помещений здания (принимается по заданию $V_B = 0,5V$),

$t_{\text{вн}}$ – температура воздуха внутри зданий;

$t_{\text{нв}}$ – расчетное значение температуры наружного воздуха для расчета вентиляции (Приложение 1).

Б. Годовой расход тепла на вентиляцию.

$$Q_B^{\text{год}} = (Q_B^{\max} \cdot z_B) / 24 \cdot \left[n_{\text{в}} + \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нв}}^{\text{ср}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{нв}}} \cdot (n_o - n_{\text{в}}) \right], \quad [\text{ГКкал}], \quad (1.10)$$

где n_B – число часов в отопительном периоде с температурой наружного воздуха для вентиляции ниже расчетной, $n_B = 0,75 n_o$,

z_B – число часов работы вентиляции в течении суток: для зданий с временным пребыванием людей $z_B=12$ часов, с круглосуточным пребыванием- $z_B=24$ часа.

$$t_{\text{н.о.}} = -30^\circ\text{C}; \quad t_{\text{вн}} = 20^\circ\text{C}; \quad t_{\text{нв}} = -20^\circ\text{C}; \quad t_{\text{н.о.}}^{\text{ср}} = 6,6^\circ\text{C}; \quad t_{\text{гв}} = 60^\circ\text{C}; \quad t_{\text{хв.з}} = 5^\circ\text{C}; \\ t_{\text{хв.л.}} = 15^\circ\text{C}$$

Механосборочный цех

$$q_B = 0,302 \text{ Ккал}/(\text{ч} \cdot \text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C});$$

$$Q_B^{\max} = q_B \cdot V \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{нв}}) = 0,302 \cdot 5400 \cdot (20 - (-20)) = 65232 \text{ Ккал/ч}; \\ 65232 \text{ Ккал/ч} = 75865 \text{ Вт};$$

$$n_B = 0,75 \cdot n_o = 0,75 \cdot 5568 = 4176;$$

$$Q_{\text{в}}^{\text{год}} = (Q_{\text{в}}^{\text{max}} \cdot z_{\text{в}}) / 24 \cdot \left[n_{\text{e}} + \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{но}}^{\text{cp}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{не}}} \cdot (n_{\text{o}} - n_{\text{e}}) \right] = (65232 \cdot 12/24) \cdot [4176 + (20 + 6,6) \cdot 1392 / (20 + 20)] = 257 \cdot 10^6 \text{ Ккал.}$$

Расчет для других зданий производится аналогично.

Таблица 1.4 - Расход тепла на вентиляцию

№ п/ п	Назначение здания	V	V _в	m	q _в	Q _в ^{max}	Q _в ^{год}
		м ³	м ³	1/час	ккал/ час· м ³ ·°С	Вт	Гкал
6	Механосборочный цех	5400	-	-	0,302	56100	166
7	Промтоварный магазин						
8	Продовольственный магазин						
9	Кинотеатр						
10	Милиция						
11	Школа						
12	Детский сад						
13	Поликлиника						
14	Больница						
	Σ					1057668	2801

2. РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ГРАФИКОВ РАСХОДА ТЕПЛА

2.1. Часовой график расхода тепла на отопление

График строится на базе расчетных формул (по двум точкам). Для температуры t_{HO} и t_H^{+8} (температуры начала и конца отопительного сезона).

$$\begin{aligned} Q_o^{\max} &= q_B \cdot V \cdot (t_{BH} - t_{HB}), & [Bm] \\ Q_o^{+8} &= Q_B^{\max} \cdot \left(\frac{t_{BH} - t_H^{+8}}{t_{BH} - t_{HO}} \right), & [Bm] \end{aligned} \quad (2.1)$$

$$Q_o^{\max} = 2805 \text{ кВт (таблица 1.2)}$$

$$Q_B^{+8} = Q_B^{\max} \cdot \left(\frac{t_{BH} - 8}{t_{BH} - t_{HO}} \right) = 2805 \cdot (20 - 8) / (20 + 30) = 673 \text{ кВт}$$

2.2. Часовой график расхода тепла на вентиляцию

График строится на базе расчетных формул по двум точкам.

$$\begin{aligned} Q_B^{\max} &= q_B \cdot V \cdot (t_{BH} - t_{HB}), & [Bm] \\ Q_B^{+8} &= Q_B^{\max} \cdot \left(\frac{t_{BH} - 8}{t_{BH} - t_{HO}} \right), & [Bm] \end{aligned} \quad (2.2)$$

$$Q_B^{\max} = 1058 \text{ кВт}$$

$$Q_B^{+8} = Q_B^{\max} \cdot \left(\frac{t_{BH} - 8}{t_{BH} - t_{HO}} \right) = 1058 \cdot (20 - 8) / (20 + 20) = 317 \text{ кВт}$$

2.3. Часовой график расхода тепла для нужд ГВС

График не зависит от параметров температуры наружного воздуха. Строится для летнего и зимнего режимов.

$$Q_{ГВ}^{\text{час зима}} = m \cdot b \cdot c \cdot (t_{ГВ} - t_{ХВ.З}) / 24, \quad [Вт]$$

$$Q_{ГВ}^{\text{час лето}} = \beta \cdot m \cdot b \cdot c \cdot (t_{ГВ} - t_{ХВ.З}) / 24 = \beta \cdot Q_{ГВ}^{\text{час зима}} \cdot \left(\frac{t_{26} - t_{ХВ.Л}}{t_{26} - t_{ХВ.З}} \right), \quad [Вт] \quad (2.3)$$

$\beta = 0,8$ принимается для всех городов, кроме курортных. Для курортов $\beta = 1$.

$$Q_{ГВ}^{\text{час зима}} = 563 \text{ кВт}$$

$$Q_{ГВ}^{\text{час лето}} = \beta \cdot Q_{ГВ}^{\text{час зима}} \cdot \left(\frac{t_{26} - t_{ХВ.Л}}{t_{26} - t_{ХВ.З}} \right) = 0,8 \cdot 563 \cdot (60 - 15) / (60 - 5) = 369 \text{ кВт}$$

2.4. Годовой график расхода тепла

Годовые графики продолжительности тепловых нагрузок имеют большое практическое значение при планировании работы котельных и систем теплоснабжения. Они дают возможность:

- установить экономичный режим работы теплофикационного оборудования;
- произвести выбор наиболее выгодных параметров теплоносителя;
- правильно запланировать время ввода и вывода котлов в ремонт;
- определить период работы режима сетевых насосов для зимнего и летнего периодов;
- определять возможность отключения отдельных тепловых сетей на ремонт, испытания и промывку;
- определять необходимое количество топлива для работы котельной.

Существуют два вида годовых графиков расхода тепла:

1. календарный, который отражает ежемесячный расход тепла;
2. интегральный, который отражает расход тепла по продолжительности.

Интегральный график суммарной тепловой нагрузки строится по мере убывания тепловой нагрузки на основе суммарного часового графика расходов тепла. По оси ординат откладываются значения расходов тепла, а по оси абсцисс – значения температур наружного воздуха и продолжительность стояния наружных температур.

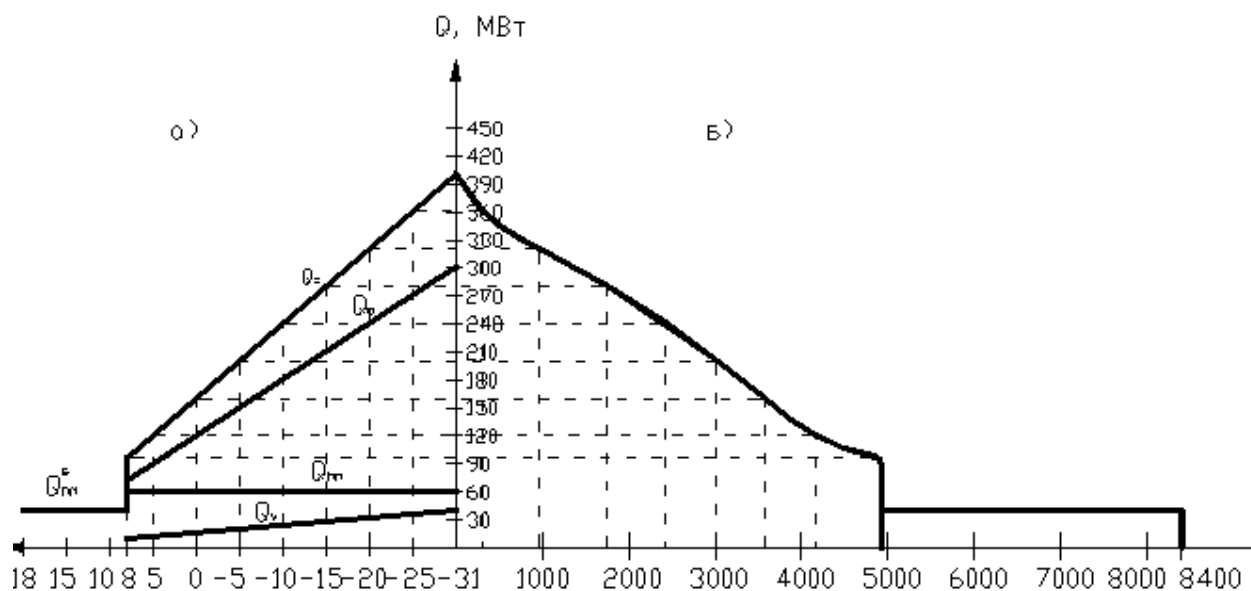


Рисунок 1.1 – Годовой график расхода тепла

3. РАСЧЕТ И ПОСТРОЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ГРАФИКОВ ДЛЯ РАЗНОРОДНОЙ НАГРУЗКИ ПО ОТКРЫТОЙ СХЕМЕ

При построении температурных графиков необходимо учитывать методы регулирования отпуска теплоты. Регулирование отпуска теплоты в паровых системах тепловых сетей осуществляется прерывистое – групповое и местное. В водяных СТС регулирование осуществляется следующими способами:

1. Качественное регулирование температуры воды в подающем трубопроводе тепловой сети без изменения его расхода;
2. Количественное регулирование – это изменение расхода сетевой при сохранении постоянной температуры воды в подающем трубопроводе;
3. Качественно-количественное регулирование – происходит путем изменения температуры и расхода теплоносителя;
4. Регулирование пропусками (допускается только при однородной нагрузке).

Регулирование отпуска теплоты может быть проведено у источника теплоты. В узлах распределения теплоносителей и непосредственно у абонента. В связи с этим различают следующие ступени (виды) регулирования:

1. Центральное – у источника теплоты (котельная, ТЭЦ),
2. Групповое – в узлах распределения теплоносителя (ГТП, ЦТП),
3. Местное – непосредственно у потребителя (МТП),
4. Индивидуальное – у нагревательных приборов.

Методы регулирования различают: местное и автоматическое.

Выбор способа, метода и ступени регулирования зависит от различных факторов, а также от вида нагрузки. Наиболее распространено в городской застройке центральное качественное регулирование. Его достоинства в следующем:

- стабильный гидравлический режим,
- максимальная экономия топлива,
- достаточно простой способ, который дает максимально эффективную комбинированную выработку энергии на ТЭЦ. Качественное регулирование имеет преимущественное распространение в России.

Количественное регулирование имеет широкое распространение в зарубежной практике. Его достоинства:

- обеспечивается наименьший расход электроэнергии на перекачку теплоносителя по тепловым сетям и также самого теплоносителя. Но количественное регулирование требует стабильности гидравлического режима, который обеспечивается автоматическими регуляторами во всех узловых точках сети, что ведет к удорожанию тепловых сетей.

Центральное качественное регулирование тепловой нагрузки происходит в соответствии с разрабатываемыми температурными графиками.

Температурный график по открытой схеме.

Температурные графики и графики расхода сетевой воды на ГВС, отопление и вентиляцию строятся традиционно один под другим.

При качественном регулировании исходят из заданных температур теплоносителя: $\tau_1=150^\circ\text{C}$, $\tau_2=70^\circ\text{C}$, и при расчетной температуре наружного воздуха $t_{н.о}=-30^\circ\text{C}$ (в соответствии с заданием).

Расчетные формулы.

- температура теплоносителя в подающем трубопроводе в интервале 5°C

$$\tau_1' = t_{вн} + (\tau_{пр} - t_{вн}) \cdot \left(\frac{t_{вн} - t_{от}}{t_{вн} - t_{н.о}} \right)^{0,8} + (\tau_1 - \tau_{пр}) \cdot \left(\frac{t_{вн} - t_{от}}{t_{вн} - t_{н.о}} \right), \quad [^\circ\text{C}], \quad (3.1)$$

где $\tau_{пр}$ – температура прибора.

$$\tau_{пр} = \left(\frac{95 + 70}{2} \right) = 82,5^\circ\text{C} \text{ (постоянная величина),}$$

$$t_{вн} = 18^\circ\text{C}; 20^\circ\text{C},$$

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

$t_{от}$ – температура наружного воздуха, принимаемая в интервале 5°C за отопительный период, расчет выполняется в табличной форме.

$$\begin{aligned} -25: \tau_1' &= t_{вн} + (\tau_{пр} - t_{вн}) \cdot \left(\frac{t_{вн} - t_{от}}{t_{вн} - t_{н.о}} \right)^{0,8} + (\tau_1 - \tau_{пр}) \cdot \left(\frac{t_{вн} - t_{от}}{t_{вн} - t_{н.о}} \right) = 20 + (82,5 - 20) \cdot [(20 + 25)/(20 + 30)]^{0,8} + (150 - 82,5) \cdot [(20 + 25)/(20 + 30)] = 138,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -20: \tau_1' &= t_{вн} + (\tau_{пр} - t_{вн}) \cdot \left(\frac{t_{вн} - t_{от}}{t_{вн} - t_{н.о}} \right)^{0,8} + (\tau_1 - \tau_{пр}) \cdot \left(\frac{t_{вн} - t_{от}}{t_{вн} - t_{н.о}} \right) = 20 + (82,5 - 20) \cdot [(20 + 20)/(20 + 30)]^{0,8} + (150 - 82,5) \cdot [(20 + 20)/(20 + 30)] = 126,3 \end{aligned}$$

- температура теплоносителя в обратном трубопроводе с интервалом 5°C

$$\tau_2' = \tau_1' - \Delta\tau \left(\frac{t_{вн} - t_{от}}{t_{вн} - t_{н.о}} \right), \quad [^\circ\text{C}]. \quad (3.2)$$

$$\begin{aligned} -25: \tau_2' &= \tau_1' - \Delta\tau \left(\frac{t_{вн} - t_{от}}{t_{вн} - t_{н.о}} \right) = 138,2 - 80 \cdot [(20 + 25)/(20 + 30)] = 66,2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -20: \tau_2' &= \tau_1' - \Delta\tau \left(\frac{t_{вн} - t_{от}}{t_{вн} - t_{н.о}} \right) = 126,3 - 80 \cdot [(20 + 20)/(20 + 30)] = 62,3 \end{aligned}$$

- температура смеси после элеватора.

$$\tau_{см}' = \tau_1' - (\tau_1 - \tau_{см}) \left(\frac{t_{вн} - t_{от}}{t_{вн} - t_{н.о}} \right), \quad [^\circ\text{C}], \quad (3.3)$$

$$\tau_{см} = 95^\circ\text{C} \text{ (после элеватора),}$$

$$\begin{aligned} -25: \tau_{см}' &= \tau_1' - (\tau_1 - \tau_{см}) \left(\frac{t_{вн} - t_{от}}{t_{вн} - t_{н.о}} \right) = 138,2 - (150 - 95) \cdot [(20 + 25)/(20 + 30)] = \\ &88,7 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} -20: \tau_{см}' &= \tau_1' - (\tau_1 - \tau_{см}) \left(\frac{t_{вн} - t_{от}}{t_{вн} - t_{н.о}} \right) = 126,3 - (150 - 95) \cdot [(20 + 20)/(20 + 30)] = \\ &82,3 \end{aligned}$$

При открытой схеме τ_1' не должна опускаться ниже 60°C , а τ_2' , при расчётной $\tau_1' < 60^\circ\text{C}$ должна определяться по графику.

При закрытой схеме τ_1' не должна опускаться ниже 70°C , а τ_2' , при расчётной $\tau_1' < 70^\circ\text{C}$ должна определяться по графику.

Таблица 3.1 - Температурные графики

Определяемая температура воды	Температура наружного воздуха								
	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
τ_1'	150	138,2	126,3	114,2	102	89,6	77	64,1	60
τ_2'	70	66,2	62,3	58,2	54	49,6	45	40,1	38,8
$\tau_{см}'$	95	88,7	82,3	75,7	69	62,1	55	47,6	45

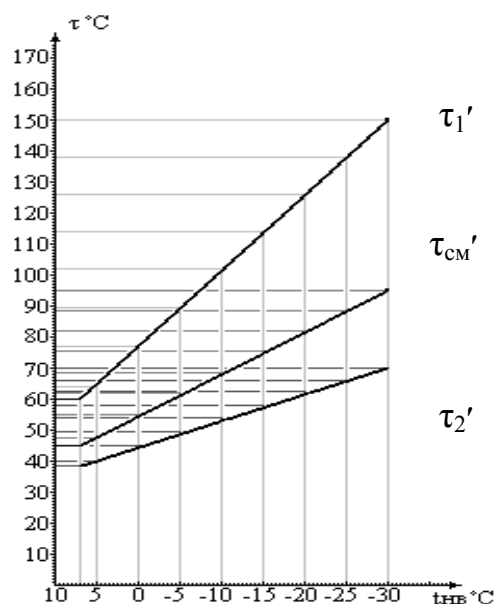


Рисунок 1.2 - Температурные графики для разнородной нагрузки

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

4.1. Определение расхода сетевой воды на отопление

$$G_o = Q_o^{\max} \cdot 1000 / (\tau_1 - \tau_2), \quad [\text{м}^3/\text{час}], \quad (4.1)$$

где Q_o^{\max} – максимальный часовой расход тепла на отопление [Гкал/час].

τ_1 – температура в подающем трубопроводе;

τ_2 – температура в обратном трубопроводе.

$\tau_1 = 150^\circ\text{C}$, $\tau_2 = 70^\circ\text{C}$ соответствуют температурному графику.

Механосборочный цех

$$G_o = Q_o^{\max} \cdot 1000 / (\tau_1 - \tau_2) = 0,13527 \cdot 1000 / (150 - 70) = 1,7 \text{ [м}^3/\text{час]}$$

Расчет для других зданий производится аналогично.

4.2. Определение расхода сетевой воды на нужды вентиляции

$$G_{\text{вент}} = Q_{\text{в}}^{\max} \cdot 1000 / (\tau_1 - \tau_2), \quad [\text{м}^3/\text{час}], \quad (4.2)$$

где $Q_{\text{в}}^{\max}$ – часовой расход тепла на вентиляцию [Гкал/час].

Механосборочный цех

$$G_{\text{вент}} = Q_{\text{в}}^{\max} \cdot 1000 / (\tau_1 - \tau_2) = 0,065232 \cdot 1000 / (150 - 70) = 0,8 \text{ [м}^3/\text{час]}$$

Расчет для других зданий производится аналогично.

4.3. Определение расхода сетевой воды на нужды ГВС

Расход воды зависит от схемы подключения ГВС.

- открытая схема подключения:

$$G_{\text{ГВ}} = Q_{\text{ГВ}}^{\max} \cdot 1000 / (t_r - t_x), \quad [\text{м}^3/\text{час}], \quad (4.3)$$

где $Q_{\text{ГВ}}^{\max}$ – максимальный часовой расход [Гкал/час];

t_r – температура горячей воды в системе ГВС, $t_r = 60^\circ\text{C}$;

t_x – температура холодной воды в зимний период, $t_x = 5^\circ\text{C}$.

- закрытая схема подключения:

$$G_{\text{ГВ}} = Q_{\text{ГВ}}^{\max} \cdot 1000 / (\tau_1 - \tau_2), \quad [\text{м}^3/\text{час}] \quad (4.4)$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\max} = 2,2 \cdot Q_{\text{ГВ}}^{\text{час}} \quad (4.5)$$

Механосборочный цех

$$G_{\text{ГВ}} = 2,2 \cdot Q_{\text{ГВ}}^{\text{час}} \cdot 1000 / (t_r - t_x) = 2,2 \cdot 0,012375 \cdot 1000 / (60 - 5) = 0,5 \text{ [м}^3/\text{час]}$$

Расчет для других зданий производится аналогично.

4.4. Общий расход сетевой воды

$$G_{\text{общ}} = G_0 + G_{\text{вент}} + G_{\text{ГВ}}, \quad [\text{м}^3/\text{час}] \quad (4.6)$$

Таблица 4.1 - Расходы сетевой воды на отопление, вентиляцию и ГВС

№ п/п	Наименование здания	G_0	$G_{\text{вент}}$	$G_{\text{ГВ}}$	$G_{\text{общ}}$
		$\text{м}^3/\text{час}$	$\text{м}^3/\text{час}$	$\text{м}^3/\text{час}$	$\text{м}^3/\text{час}$
1-5	Жилой дом	3,5	-	3	6,5
		(17,5)	-	(15)	(32,5)
6	Механосборочный цех	1,7	0,8	0,5	3
7	Промтоварный магазин				
8	Продовольственн ый магазин				
9	Кинотеатр				
10	Милиция				
11	Школа				
12	Детский сад				
13	Поликлиника				
14	Больница				
	Суммарные расходы	29,8	11,5	19,23	60,53

4.5. Определение расходов сетевой воды каждым

А. На отопление

$$G_0^{\text{max}} = \frac{3,6}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)} \cdot Q_0^{\text{max}}, \quad [\text{м}^3/\text{час}], \quad (4.7)$$

где Q_0^{max} – максимальный часовой расход тепла на отопление, $[\text{КВт}]$,

c – удельная теплоемкость воды, $c = 4,19 [\text{КДж} / \text{кг}^\circ\text{C}]$,

τ_1 – температура подающей воды (теплоносителя в подающей магистрали), $\tau_1 = 150^\circ\text{C}$,

τ_2 – температура теплоносителя в обратной магистрали, $\tau_2 = 70^\circ\text{C}$.

Механосборочный цех

$$G_0^{\text{max}} = \frac{3,6}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)} \cdot Q_0^{\text{max}} = 3,6 \cdot 157,319 / [4,19 \cdot (150 - 70)] = 1,69$$

Расчет для других зданий производится аналогично.

Б. На вентиляцию

$$G_{\text{вент}}^{\max} = \frac{3,6}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)} \cdot Q_{\text{вент}}^{\max}, \quad [m/\text{час}] \quad (4.8)$$

Механосборочный цех

$$G_{\text{вент}}^{\max} = \frac{3,6}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)} \cdot Q_{\text{вент}}^{\max} = 3,6 \cdot 75,865 / [4,19 \cdot (150 - 70)] = 0,81$$

Расчет для других зданий производится аналогично.

В. На ГВС

- закрытая схема

$$G_o^{\max} = \frac{3,6}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)} \cdot Q_{\text{ГВ}}^{\max}, \quad [m/\text{час}], \quad (4.9)$$

- открытая схема

$$G_o^{\max} = \frac{3,6}{c \cdot (t_2 - t_{\text{хвз}})} \cdot Q_{\text{ГВ}}^{\max}, \quad [m/\text{час}], \quad (4.10)$$

где $t_r = 60^\circ\text{C}$, $t_{\text{хвз}} = 5^\circ\text{C}$

$1 [т/час] = 1 \cdot (1000/3600) [кг/с]$

Механосборочный цех

$$G_o^{\max} = \frac{3,6}{c \cdot (t_2 - t_{\text{хвз}})} \cdot 2,2 \cdot Q_{\text{ГВ}}^{\text{час}} = 3,6 \cdot 2,2 \cdot 12,375 / [4,19 \cdot (60 - 5)] = 0,43$$

Расчет для других зданий производится аналогично.

Таблица 4.2 - Расходы воды каждым абонентом

№ п/п	Наименование здания	G_o^{\max}	$G_{\text{вент}}^{\max}$	$Q_{\text{ГВС}}^{\max}$	Общее
		т/час	т/час	т/час	т/час
1-5	Жилой дом	3,52	-	3,02	6,54 x5 32,7
6	Механосборочный цех	1,69	0,81	0,43	2,93
7	Промтоварный магазин				
8	Продовольственный магазин				
9	Кинотеатр				

продолжение таблицы 4.2

10	Милиция				
11	Школа				
12	Детский сад				
13	Поликлиника				
14	Больница				
	Суммарные расходы				60,195

5.ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

Задачи гидравлического расчета.

- определение наиболее экономичных диаметров тепловой сети;
- определение падения давления (напора) в тепловой сети и в ответвлениях (кольцах);
- увязка потерь давления по кольцам;
- определение напора в различных точках тепловой сети.

Результаты гидравлического расчета дают следующее:

- возможность определения капитальных вложений (финансирование);
- определение основного объема работ по сооружению тепловых сетей;
- возможность определения характеристик сетевых, циркуляционных, подпиточных, их количество и размещение;
- выяснение условий работы источника теплоты тепловых сетей и выбора схем присоединения абонентов;
- разработка режимов эксплуатации систем теплоснабжения, выбор средств автоматизации тепловых сетей абонентов.

Порядок выполнения гидравлического расчета.

1. выбирается расчетное направление (от источника до самого удаленного абонента потребителя);
2. Расчетное направление разбивается на расчетные участки;
3. Определяются потери давления на расчетных участках;
4. Принимаются наиболее экономичные диаметры с учетом рекомендованных скоростей движения воды по трубам $V_{(w)} = 0,5-1,5$ м/сек.

Суммарные потери давления в трубопроводе определяются следующим образом:

$$\Delta P = R \cdot l_p, \quad [кгс / м^2] \text{ - в таблицах, } [Па] \text{ - в номограммах} \quad (5.1)$$

R – удельные потери давления на трение, $[кгс / м^2 м]$ или $[Па / м]$ для номограмм.

$$L_p = l + l_3, \quad [м], \quad (5.2)$$

где l – длина участка с расчетной схемой;

l_3 – эквивалентная длина местных сопротивлений;

$$l_3 = \alpha \cdot l, \quad [м], \quad (5.3)$$

где α – коэффициент, учитывающий долю падения давления в местных сопротивлениях по отношению к падению давления на трение.

$\alpha = 0,3$, если $D_n < 150$ мм, $\alpha = 0,4$, если $D_n \geq 150$ мм.

- При выполнении гидравлического расчета необходимо учитывать то, что в наружных сетях диаметр трубопровода должен быть не менее 32 мм;
- Расчет ведется по подающей магистрали, диаметры трубопроводов обратной магистрали принимаются одинаковыми с диаметрами подающей магистрали;

- При выполнении предварительного гидравлического расчета производят увязку потерь давления по кольцам

- Невязка допускается до 15%. Если невязка более 15%, то необходимо

уменьшить диаметр. Для уменьшения диаметра трубы на обратной магистрали ставят регулятор давления (автоматический или шайбы). Если избыточный перепад давления на ответвлениях не будет использован, то оставшийся перепад используют на вводах к потребителям в элеваторных узлах с помощью регуляторов давления или дросселирующих шайб. Невязка определяется по формуле:

$$\frac{\Delta P_6 - \Delta P_n}{\Delta P_6} \cdot 100\% \quad (5.4)$$

- Согласно СНиП перепад давления на вводе к потребителю при элеваторном соединении (зависимая схема) должен быть не менее 0,15 МПа (15 м вод.ст. или 15 атм.), но не более 0,6 МПа.

- Окончательный гидравлический расчет выполняется после разработки монтажной схемы на основе подсчета эквивалентных длин фактических узлов местных сопротивлений на каждом участке.

Таблица 5.1 - Предварительный гидравлический расчет

Участок	G _{общ} , т/час	G _{общ} , кг/с	Длина, м			D, мм		α	V, м/сек	Потери давления			
			ℓ	ℓэ	ℓр	таб	ном			Ro, кгс/м ² ·м	R·ℓ, кгс/м ²	Ro, Па/м	R·ℓ, Па
0-1	60,19 5	16,72	5	2	7	159x4, 5	159x4, 5	0,4	0,98	8,5	59,5	85	595
1-9	2,93	0,81	15	4,5	19,5	45x2,5	45x2,5	0,3	0,67	22,3	434,8 5	220	4290
1-2													
2-10													
10-11													
10-12													
2-3													
3-13													
3-14													

продолжение таблицы 5.1

3-4													
4-15													
15-16													
15-17													
17-18													
17-19													
4-5													
5-20													
20-21													
20-22													
5-6													
6-23													
6-7													
7-24													
7-8													
8-25													
8-26													

Увязка по кольцам:

$$(0-1) + (1-2) + (2-3) + (3-4) + (4-5) + (5-6) + (6-7) + (7-8) + (8-26) = X_1 \text{ кгс/м}^2$$

$$(0-1) + (1-2) + (2-3) + (3-4) + (4-5) + (5-20) + (20-22) = X_2 \text{ кгс/м}^2$$

$$(0-1) + (1-2) + (2-3) + (3-4) + (4-15) + (15-17) + (17-19) = 2157,67 \text{ кгс/м}^2$$

$$(0-1) + (1-2) + (2-10) + (10-12) = 2114,94 \text{ кгс/м}^2$$

$$(X_1 - X_2) * 100 / X_1 = 5,9 \%$$

6. 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:

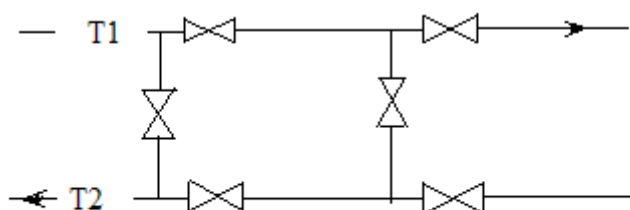
- трубопроводы обозначаются: подающий- T_1 , обратный- T_2 ;
- подающая магистраль (трубопровод) показывается по ходу движения теплоносителя от источника тепла до потребителя;
- на схеме присваиваются номера теплофикационным камерам: TK_1, TK_2, \dots, TK_n ; компенсаторам K_1, K_2 и т.д.; неподвижным опорам $НО_1, НО_2$ 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.

5. На трубопроводах $D > 500$ мм арматура должна иметь электрический привод;
6. Арматура, устанавливаемая на сетях, транспортирующих высокотемпературный теплоноситель ($t > 100^{\circ}\text{C}$), должна быть стальной, в других случаях может быть чугунной. Монтажная схема (см. приложение 3)

7.ОКОНЧАТЕЛЬНЫЙ 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).

Таблица 7.1 - Окончательный гидравлический расчёт

Участок	G _{общ} , т/час	Длина, м			D _н , мм	V, м/с	Потери давления	
		l	l _э	l _р			R, кгс/м·м ²	R·l _р , кгс/м ²
0-1	60,195	5	г - 3,36 3,36	8,36	159x4, 5	0,98	8,5	71,06
1-9	2,93	15	в- 0,19 ж- 0,65 0,84	15,84	45x2,5	0,67	22,3	353,232
1-2	57,265	15	±- 5,6 5,6	20,6	159x4, 5	0,95	7,94	163,56
2-10								
10-11								
10-12								
2-3								
3-13								
3-14								
3-4								
4-15								
15-16								
15-17								
17-18								
17-19								
4-5								
5-20								
20-21								
20-22								
5-6								
6-23								
6-7								
7-24								
7-8								

8-25								
8-26								

$$(0-1) + (1-2) + (2-3) + (3-4) + (4-5) + (5-6) + (6-7) + (7-8) + (8-26) = 2227,45 \text{ кгс/м}^2$$

$$(0-1) + (1-2) + (2-3) + (3-4) + (4-5) + (5-20) + (20-22) = 2024,95 \text{ кгс/м}^2$$

$$(0-1) + (1-2) + (2-3) + (3-4) + (4-15) + (15-17) + (17-19) = 2126,5 \text{ кгс/м}^2$$

$$(0-1) + (1-2) + (2-10) + (10-12) = 1984,42 \text{ кгс/м}^2$$

$$(2227,42 - 1984,42) * 100 / 2227,45 = 10,9 \%$$

8. ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

Профиль тепловой сети строится на основании исходных данных:

1. План участка и монтажная схема;
2. Точка подключения тепловой сети, для которой строится профиль (котельная или теплофикационная камера)
3. Способ прокладки.

Правила построения профиля:

1. Выбираем масштаб (вертикальный 1:100, горизонтальный 1:1000,
2. Определяется уклон тепловой сети, который должен быть не менее 0,002 (2 мм на 1м);
3. Учитывается, что уклон тепловой сети должен быть от здания к тепловой камере;
4. В местах изменения уклона по направлению в высших точках устанавливаются воздушники (устройства для выпуска воздуха), а в нижних точках – спускники;
5. Ввод в здание тепловых сетей осуществляется под углом 90° к стене;
6. Минимальная глубина закладки от поверхности земли до верха трубы для проезжей части – 0,7 м;
7. На развернутом плане профиля указываются теплофикационные камеры, компенсаторы, неподвижные опоры.

Профиль и пьезометрический график см. Приложение 4

9. 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 невискипание 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. Для соблюдения режимов работы тепловых сетей имеются насосные подстанции, которые выполняют следующие функции:

- повысительная – для повышения давления в сети;
- дросселирующая – для понижения давления в сети;
- смесительная – для снижения температуры сетевой воды.

10. РАСЧЁТ ДИАМЕТРА ДРОССЕЛЬНОЙ ШАЙБЫ

Для погашения избыточного напора устанавливают дроссельные шайбы, если невязка при расчете колец составляет более 15% и установка автоматических регуляторов давления в тепловом узле не предусматривается.

Диаметр шайбы подбирается (рассчитывается):

$$d_{ш} = 11.3 \cdot \sqrt{\frac{G_n}{\sqrt{H}}} ; \quad [мм], \quad (10.1)$$

где G_d - суммарный расход сетевой воды у ближнего абонента (т/час),
 H – избыточный напор, который нужно погасить.

$$H = H_{\text{большее}} - H_{\text{меньшее}}; \quad [м] \quad (10.2)$$

Шайба устанавливается на вводе в здание между фланцами первой задвижки и трубопровода.

Судя по результатам окончательного гидравлического расчёта и пьезометрическому графику, установка дроссельных шайб не требуется.

11. СПЕЦИФИКАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

Таблица 11.1 - Спецификация

Позиция	Наименование	Кол-во	Примечание
1	Трубы стальные электросварные в пенополиуретановой (ППУ) изоляции с оболочкой из полиэтилена высокой плотности.	м.	ГОСТ 10704 –91 Трубы стальные электросварные прямошовные ГОСТ 30732 – 2001 Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке. Технические условия
	159х4,5	140	
	152х4,5	240	
	133х4	40	
	108х4	60	
	76х3,5	720	
	57х3,5	30	
	45х2,5	120	
	38х2,5	30	
32,2,5	100		
2	Запорная арматура: краны шаровые стальные фланцевые.	шт.	ГОСТ 28343-89 Краны шаровые стальные фланцевые. Технические требования
	108х4	2	
	76х3,5	18	
	57х3,5	2	
	45х2,5	8	
	38х2,5	2	
	32х2,5	4	
Воздушники 15 мм	28		
Спускники 25 мм	28		
3	Компенсаторы сильфонные с ППУ изоляцией.	шт.	ГОСТ Р 51571-2000 Компенсаторы и уплотнения сильфонные металлические. Общие технические требования. ГОСТ 30732 – 2001 Трубы и фасонные изделия стальные с тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке. Технические условия
	159х4,5	4	
	152х4,5	2	
	108х4	2	
	76х3,5	18	
	45х2,5	2	
32х2,5	2		

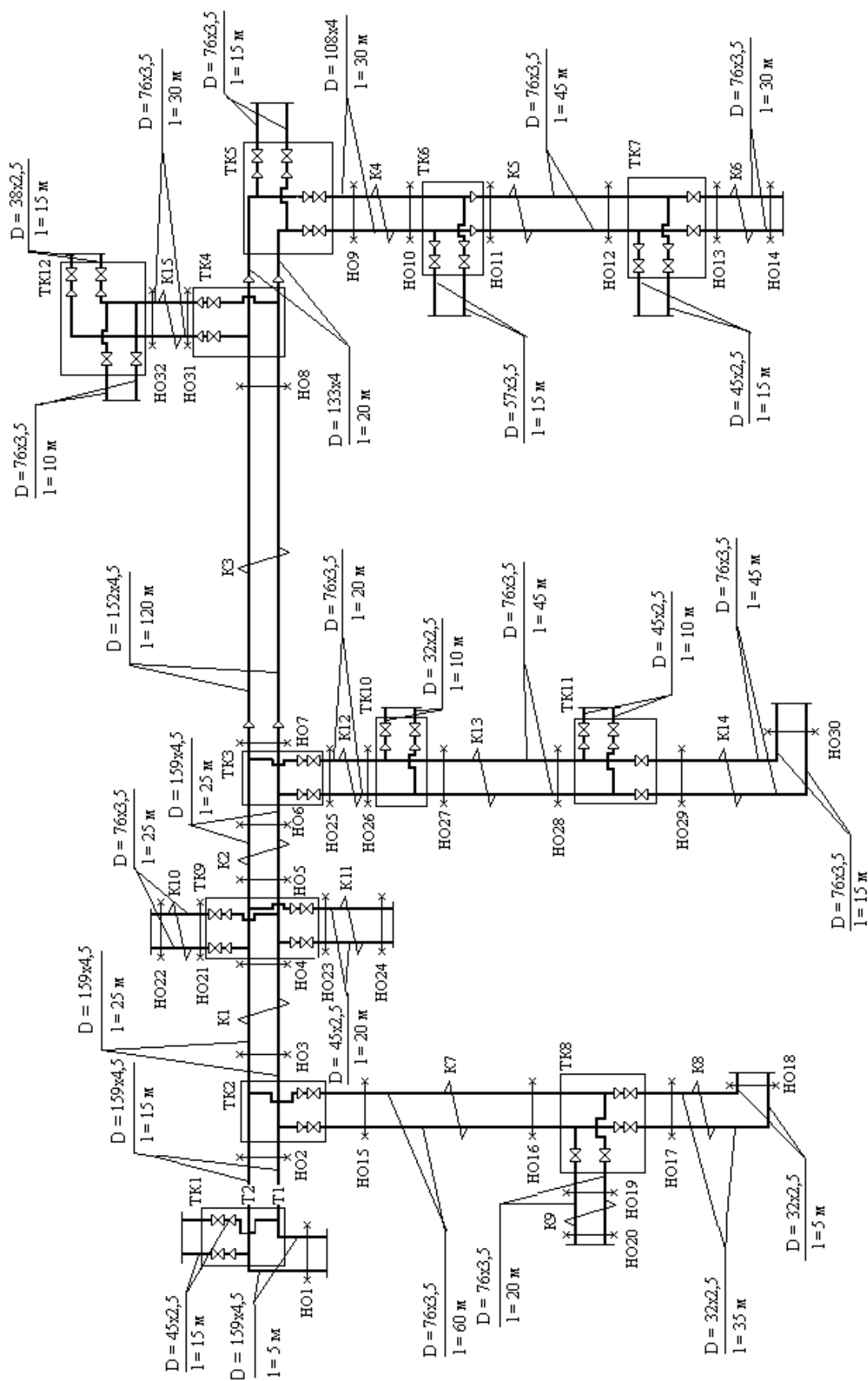
продолжение таблицы 11.1

4	Неподвижные опоры	шт.	Опоры трубопроводов подвижные ГОСТ 14911 –82, ОСТ 36–94–83 неподвижные опоры.
	159х4,5	7	
	152х4,5	1	
	108х4	2	
	76х3,5	18	
	45х2,5	2	
	32х2,5	2	
5	Углы поворота	шт.	ГОСТ 17375-2001 Отводы крутоизогнутые.
	159х4,5	2	
	133х4	2	
	76х3,5	4	
	32х2,5	2	
6	Переходы эксцентрические (мм)	шт.	ГОСТ 17378-2001 Детали трубопроводов бесшовные приварные из углеродистой и низколегированной стали. Переходы.
	159 – 152	2	
	152 – 133	2	
	133 – 108	2	
	108 – 76	2	
	76 – 32	2	
	76 – 38	2	

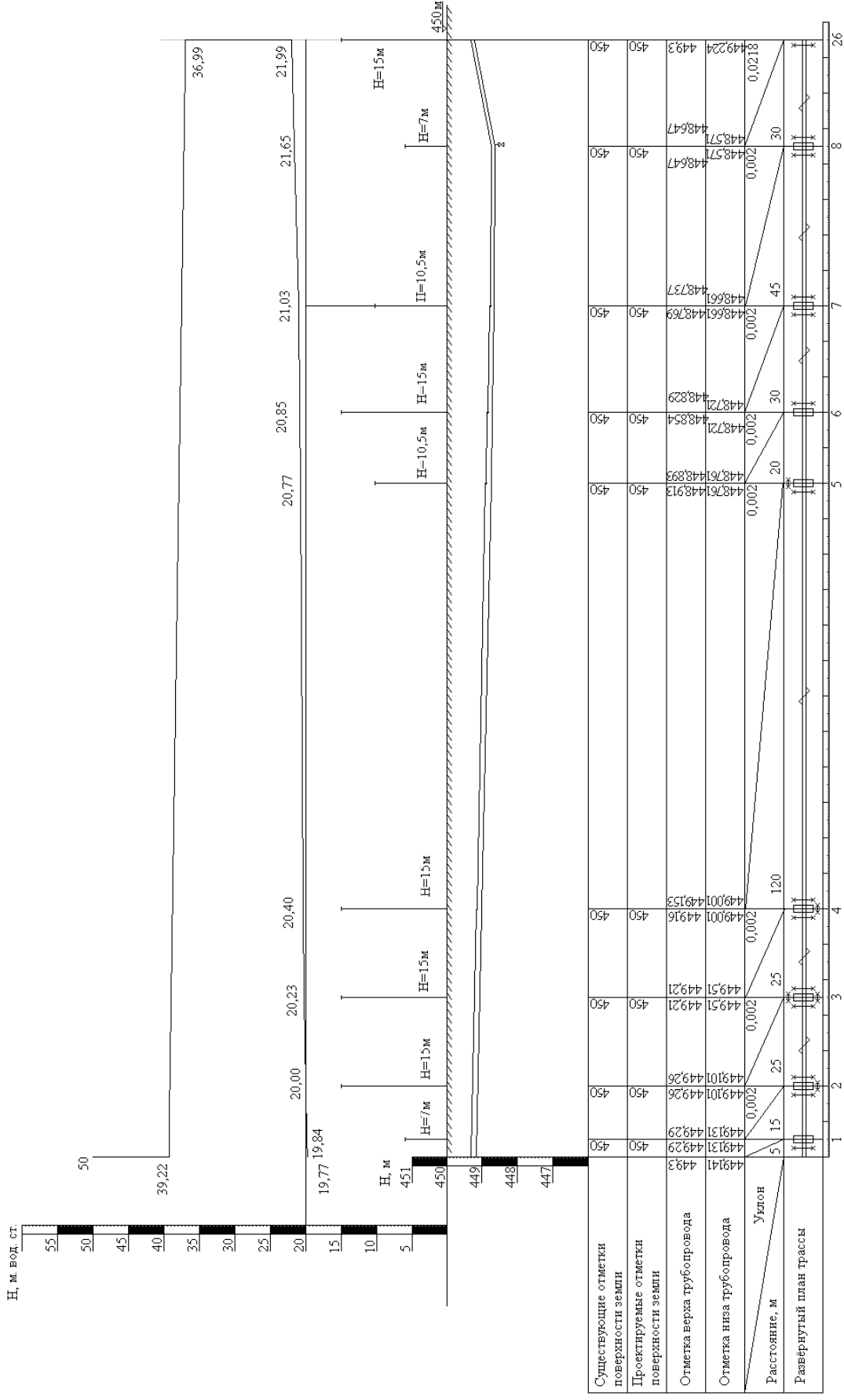
Список использованных источников

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.

Приложение А.1 – Монтажная схема



Приложение А.2 – Профиль и пьезометрический график тепловой сети



Приложение А
(справочное)
Удельные характеристики потребителей теплоты

Таблица А.1 — Удельные тепловые характеристики административных, лечебных, общественных, жилых, промышленных и культурно-просветительских зданий

Наименование зданий	Объем зданий, V, тыс. м ³	Удельные тепловые характеристики, Вт/(м ³ · °С)		Расчетная усредненная внутренняя температура, t _{вп} , °С
		для отопления, q _(-30 °С)	для вентиляции, q _в	
Жилые кирпичные здания	до 5	0.44	—	20—24
	до 10	0.38		
	до 15	0.34		
	до 20	0.32		
	до 30	0.32		
Жилые 5-этажные крупноблочные здания, жилые 9-этажные крупнопанельные здания	до 6	0.49	—	
	до 12	0.43		
	до 16	0.42		
	до 25	0.43		
	до 40	0.42		
Административные здания	до 5	0.50	0.10	18
	до 10	0.44	0.09	
	до 15	0.41	0.08	
	более 15	0.37	0.21	
Клубы, дома культуры	до 5	0.43	0.29	16
	до 10	0.38	0.27	
	более 10	0.35	0.23	
Кинотеатры	до 5	0.42	0.50	14
	до 10	0.37	0.45	
	более 10	0.35	0.44	
Универмаги, магазины промтоварные	до 5	0.44	0.50	15
	до 10	0.38	0.40	
	более 10	0.36	0.32	
Магазины продовольственные	до 1,5	0.60	0.70	12
	до 8	0.45	0.50	
Детские сады и ясли	до 5	0.44	0.13	22
	более 5	0.39	0.12	
Школы и высшие учебные заведения	до 5	0.45	0.10	18
	до 10	0.41	0.09	
	более 10	0.38	0.08	
Больницы и диспансеры	до 5	0.46	0.34	20
	до 10	0.42	0.32	
	до 15	0.37	0.30	
	более 15	0.35	0.29	
Бани, душевые павильоны	до 5	0.32	1.16	25
	до 10	0.36	1.10	
	более 10	0.27	1.04	

Наименование зданий	Объем зданий, V, тыс. м ³	Удельные тепловые характеристики, Вт/(м ³ · °С)		Расчетная усредненная внутренняя температура, t _{вв} , °С
		для отопления, q _(-30 °С)	для вентиляции, q _в	
Прачечные	до 5	0.44	0.93	15
	до 10	0.38	0.90	
	более 10	0.36	0.87	
Предприятия общественного питания, столовые, фабрики-кухни	до 5	0.41	0.81	16
	до 10	0.38	0.75	
	более 10	0.35	0.70	
Комбинаты бытового обслуживания, дома быта	до 0.5	0.70	0.80	18
	до 7	0.50	0.55	
Механосборочные, механические и слесарные цеха	5—10	0.64—0.52	0.46—0.29	16
	10—15	0.52—0.46	0.29—0.18	
	50—100	0.46—0.44	0.18—0.14	
	100—200	0.44—0.41	0.14—0.09	
Деревообрабатывающие цеха	До 5	0.70—0.64	0.70—0.58	16
	5—10	0.64—0.52	0.58—0.52	
	10—50	0.52—0.46	0.52—0.46	
Цеха металлических конструкций	50—100	0.44—0.41	0.62—0.52	16
	100—150	0.41—0.35	0.52—0.41	
Ремонтные цеха	5—10	0.7—0.58	0.23—0.18	16
	10—20	0.58—0.52	0.18—0.12	

Таблица А.2 — Поправочный коэффициент β

Расчетная температура наружного воздуха, t, °С	β	Расчетная температура наружного воздуха, t, °С	β
0	2,05	-30	1,00
-5	1,67	-35	0,95
-10	1,45	-40	0,90
-15	1,29	-45	0,85
-20	1,17	-50	0,82
-25	1,08	-55	0,80

Приложение Б
(справочное)
Нормы расхода горячей воды потребителями (СП 124.13330.2012)

Потребители	Измеритель	Норма расхода воды, л			Расход воды прибором, л/с (л/ч)
		в средние сутки, л/сут	в сутки наибольшего водопотребления, л/сут	в час наибольшего водопотребления, л/ч	
1. Жилые дома квартирного типа:					
- с ваннами длиной от 1500 до 1700 мм, оборудованными душами;	1 житель	105	120	10	0,2 (200)
- высотой св. 12 этажей и повышенными требованиями к их благоустройству	то же	115	130	10,9	0,2 (200)
2. Общежития:					
- с общими душевыми;	то же	50	60	6,3	0,14 (60)
- с душами при всех жилых комнатах;	то же	60	70	8,2	0,14 (60)
- с общими кухнями и блоками душевых на этажах при жилых комнатах	то же	80	90	7,5	0,14 (60)
3. Гостиницы, пансионаты и мотели с общими ваннами и душами					
	то же	70	70	8,2	0,2 (200)
4. Гостиницы и пансионаты с душами во всех отдельных номерах					
	то же	140	140	12	0,14 (80)
5. Гостиницы с ваннами в отдельных номерах, % от общего числа номеров:					
до 25	то же	100	100	10,4	0,2 (180)
до 75	то же	150	150	15	0,2 (190)
до 100	то же	180	180	16	0,2 (200)
6. Больницы:					
- с общими ваннами и душевыми;	1 койка	75	75	5,4	0,14 (60)
- с санузлами, приближенными к палатам;	то же	90	90	7,7	0,2 (200)
- инфекционные	то же	110	110	9,5	0,14 (120)
8. Поликлиники и амбулатории					
	1 больной в смену	5,2	6	1,2	0,14 (60)
9. Детские ясли и сады:					
- с дневным пребыванием детей:					
а) со столовыми, работающими на полуфабрикатах;	1 ребенок	11,5	16	4,5	0,1 (60)
б) со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, оборудованными автоматическими машинами;	1 ребенок	25	35	8	0,14 (60)
- с круглосуточным пребыванием детей:					
а) со столовыми, работающими на полуфабрикатах;	то же	21,4	30	4,5	0,1 (60)
б) со столовыми, работающими на сырье, и прачечными, оборудованными автоматическими машинами	то же	28,5	40	8	0,14 (60)
10. Прачечные:					
- механизированные;	1 кг сух. белья	25	25	25	по тех. дан.
- немеханизированные		15	15	15	0,2 (200)
11. Административные здания					
	1 работающий	5	7	2	0,1 (60)
12. Учебные заведения					
	1 уч-ся и 1 преп-ль	6	8	1,2	0,1 (60)
13. Общеобразовательные школы					
	то же	3	3,5	1	0,1 (60)
14. Профтехучилища					
	то же	8	9	1,4	0,1 (60)
15. Научно-исследовательские институты и лаборатории:					

Потребители	Измеритель	Норма расхода воды, л			Расход воды прибором, л/с (л/ч)
		в средние сутки, л/сут	в сутки наибольшего водопотребления, л/сут	в час наибольшего водопотребления, л/ч	
- химического профиля;	1 работающий	60	80	8	0,2 (200)
- биологического профиля;		55	75	8,2	0,2 (200)
- физического профиля;		15	20	1,7	0,2 (200)
- естественных наук		5	7	1,7	0,1 (60)
16. Аптеки	то же	5	7	2	0,1 (40)
17. Предприятия общественного питания:					
- для приготовления пищи;	1 условное блюдо	12,7	12,7	12,7	0,2 (200)
- выпускающие полуфабрикаты:					
а) мясные;	1 т	—	3100	—	0,2 (200)
б) рыбные		—	700	—	0,2 (200)
18. Магазины:					
- продовольственные;	1 работающий в смену	65	65	9,6	0,2 (200)
- промтоварные		5	7	2	0,1 (60)
19. Парикмахерские	1 рабочее место в смену	33	35	4,7	0,1 (40)
20. Кинотеатры	1 место	1,5	1,5	0,2	0,1 (50)
21. Клубы	то же	2,6	3	0,4	0,1 (50)
22. Театры:					
- для зрителей;	1 место	5	5	0,3	0,1 (40)
- для артистов	1 артист	25	25	2,2	0,1 (50)

Приложение В

(справочное)

Удельные перепады давления $\Delta P_{тр}$, Па/м, в стальных трубах
при нормированной шероховатости $k_s = 0,0005$ м

Массовые расходы воды, Гв, кг/с	Условный проход труб, D_v , мм				Массовые расходы воды, Гв, кг/с	Условный проход труб, D_v , мм					
	25	32	40	50		65	80	100	125	150	175
	$d_H \times S$					$d_H \times S$					
	32 × 2,5	38 × 2,5	45 × 2,5	57 × 3		76 × 5	89 × 4	108 × 4	133 × 4	159 × 4,5	194 × 5
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,05	5,44	—	—	—	0,5	4,29	—	—	—	—	—
0,06	7,37	—	—	—	0,6	6,12	—	—	—	—	—
0,07	10,4	3,97	—	—	0,7	8,27	—	—	—	—	—
0,08	13,5	5	—	—	0,8	10,7	—	—	—	—	—
0,09	17	6,27	—	—	0,9	13,5	—	—	—	—	—
0,10	20,8	7,69	—	—	1,0	16,7	7,35	—	—	—	—
0,12	29,8	10,9	4,2	—	1,2	23,9	10,5	—	—	—	—
0,14	40,3	14,8	5,65	—	1,4	33,4	14,2	5,09	—	—	—
0,16	52,4	19,2	7,32	—	1,6	43,7	18,5	6,61	—	—	—
0,18	66	24,2	9,2	—	1,8	55,3	23,8	8,33	—	—	—
0,20	91,5	29,7	11,3	—	2,0	68,2	29,4	10,3	—	—	—
0,22	111	36,8	13,6	—	2,2	82,6	35,6	12,4	—	—	—
0,24	132	42,6	16,1	5,25	2,4	98,3	42,4	14,7	—	—	—
0,26	155	49,8	18,9	6,13	2,6	115	49,7	17,3	5,4	—	—
0,28	179	57,6	21,8	7,08	2,8	134	57,7	20,1	6,25	—	—
0,30	206	72,6	25	8,09	3,0	154	66,2	23,1	7,16	—	—
0,32	234	82,6	28,4	9,18	3,2	175	75,3	26,3	8,13	—	—
0,34	264	93,2	32	10,3	3,4	197	85	29,7	9,16	—	—
0,36	296	105	35,8	11,6	3,6	221	95,3	33,3	10,2	—	—
0,38	330	116	39,8	12,8	3,8	246	106	37,1	11,4	—	—
0,40	366	129	44	14,2	4	273	118	41,1	12,6	4,9	—
0,45	463	163	59,9	17,9	5	426	184	64,1	19,7	7,6	—
0,50	572	202	74	22	6	614	265	92,4	28,3	10,8	—
0,55	—	244	89,5	26,5	7	—	360	126	38,6	14,7	5,11
0,60	—	390	107	31,5	8	—	470	164	50,4	19,2	6,64
0,65	—	—	125	39	9	—	—	208	63,7	24,3	8,26
0,70	—	—	145	45,2	10	—	—	257	78,7	30	10,2
0,75	—	—	166	51,8	12	—	—	369	113	43,2	14,7
0,80	—	—	189	59	14	—	—	503	154	58,8	20
0,85	—	—	214	66,6	16	—	—	—	201	76,8	26,1
0,90	—	—	240	74,7	18	—	—	—	255	97,2	33
0,95	—	—	267	83,2	20	—	—	—	315	120	40,8
1,0	—	—	296	92,2	22	—	—	—	381	145	49,4
1,2	—	—	426	133	24	—	—	—	453	173	58,7
1,4	—	—	—	181	26	—	—	—	523	203	68,9
1,6	—	—	—	236	28	—	—	—	—	235	80
1,8	—	—	—	299	30	—	—	—	—	270	91,8
2,0	—	—	—	369	32	—	—	—	—	307	104
2,2	—	—	—	446	34	—	—	—	—	347	118
2,4	—	—	—	531	36	—	—	—	—	389	132
—	—	—	—	—	38	—	—	—	—	433	147
—	—	—	—	—	40	—	—	—	—	480	163
—	—	—	—	—	45	—	—	—	—	—	207
—	—	—	—	—	50	—	—	—	—	—	255
—	—	—	—	—	55	—	—	—	—	—	308
—	—	—	—	—	60	—	—	—	—	—	367
—	—	—	—	—	65	—	—	—	—	—	431
—	—	—	—	—	70	—	—	—	—	—	500

Приложение Г
(рекомендуемое)
Эквивалентные характеристики трубопроводов

Таблица Г.1 — Значения l_{Σ} для труб при $\sum \xi = 1$

Размеры труб, мм		l_{Σ} , м, при k_{Σ} , м			Размеры труб, мм		l_{Σ} , м, при k_{Σ} , м		
D_y , мм	$D_H \times S$, мм	0,0002	0,0005	0,001	D_y , мм	$D_H \times S$, мм	0,0002	0,0005	0,001
25	33,5 × 3,2	0,84	0,67	0,56	350	377 × 9	21,2	16,9	14,2
32	38 × 2,5	1,08	0,85	0,72	400	426 × 9	24,9	19,8	16,7
40	45 × 2,5	1,37	1,09	0,91	400	426 × 6	25,4	20,2	17
50	57 × 3	1,85	1,47	1,24	450	480 × 7	29,4	23,4	19,7
70	76 × 3	2,75	2,19	1,84	500	530 × 8	33,3	26,5	22,2
80	89 × 4	3,3	2,63	2,21	600	630 × 9	41,4	32,9	27,7
100	108 × 4	4,3	3,42	2,87	700	720 × 10	48,9	38,9	32,7
125	133 × 4	5,68	4,52	3,8	800	820 × 10	57,8	46	38,7
150	159 × 4,5	7,1	5,7	4,8	900	920 × 11	66,8	53,1	44,7
175	194 × 5	9,2	7,3	6,2	1000	1020 × 12	76,1	60,5	50,9
200	219 × 6	10,7	8,5	7,1	1100	1120 × 12	85,7	68,2	57,3
250	273 × 7	14,1	11,2	9,4	1200	1220 × 14	95,2	95,2	63,7
300	325 × 8	17,6	14,0	11,8	1400	1420 × 14	115,6	91,9	77,3

Таблица Г.2 — Коэффициенты местных сопротивлений

Местное сопротивление	ξ	Местное сопротивление	ξ
Задвижка нормальная	0,5	Отводы сварные:	
		двухшовные под 90°	0,6
Вентиль:		трехшовные под 90°	0,5
		Отводы гнутые под углом 90°, гладкие при R/d:	
с косым шпинделем	0,5	1	1
с вертикальным шпинделем	6		
Обратный клапан нормальный	7	3	0,5
Обратный клапан «захлопка»	3	4	0,3
Кран проходной	2	Тройник при слиянии потоков:	
Компенсатор сальниковый	0,3	проход	1,5
		ответвление	2
Компенсатор П-образный:		Тройник при разделении потока:	
с гладкими отводами	1,7	проход	1
с крутоизогнутыми отводами	2,4	ответвление	1,5
со сварными отводами	2,8	Тройник при потоке:	
Отводы гнутые под углом 90° со складками при R/d:		расходящемся	2
		встречном	3
Отводы сварные одношовные под углом:		Грязевик	10
45°	0,3		

Приложение Д
(справочное)
Расстояние между неподвижными опорами трубопроводов

Условный проход труб, мм	Компенсаторы П-образные	Компенсаторы сальниковые	Самокомпенсация
	Расстояния между неподвижными опорами, м, при параметрах теплоносителя: $P_{\text{раб}} = 8\text{—}16 \text{ кгс/см}^2, t = 100\text{—}150 \text{ }^\circ\text{C}$		
32	50	—	30
40	60	—	36
50	60	—	36
70	70	—	42
80	80	—	48
100	80	70	48
125	90	70	54
150	100	80	60
175	100	80	60
200	120	80	72
250	120	100	72
300	120	100	72
350	140	120	84
400	160	140	96
450	160	140	96
500	180	140	108
600	200	160	120
700	200	160	120
800	200	160	120
900	200	160	120
1000	200	160	120

