

Министерство образования и науки РФ
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Кафедра ТЭГВ

Курсовой проект
по дисциплине: «Выбор и расчет ТИМ ОК и ТС
на тему: «Выбор и расчет тепловой изоляции трубопроводов
тепловых сетей системы ГВС микрорайона»»

Выполнила: ст. гр. 3ТЭ03

Кабанова Т.В. *Т.В.*

Проверила: к.п.н., доцент

Ахмерова Г.М. *Г.М.*

Дата 5.04.2017

Оценка отлично

Казань, 2017

Министерство образования и науки РФ
Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Кафедра ТЭГВ

Курсовой проект
по дисциплине: «Выбор и расчет ТИМ ОКиТС
на тему: «Выбор и расчет тепловой изоляции трубопроводов
тепловых сетей системы ГВС микрорайона»»

Выполнила: ст.гр. 3ТГ03
Кабанова Т.В.
Приняла: к.п.н., доцент
Ахмерова Г.М.

Дата _____

Оценка _____

Казань, 2017

Содержание

Введение.....	3
1. Определение количества потребителей.....	5
1.1 Определение тепловых потоков и расчетных расходов.....	8
2. Определение температуры наружного воздуха, соответствующей точке излома температурного графика.....	11
2.1 Определение точки температуры излома аналитическим способом.....	13
3. Определение ёмкости бака–аккумулятора.....	13
4. Расчёт теплообменника горячего водоснабжения, присоединённого по двухступенчатой последовательной схеме.....	16
5. Расчёт регулирования отпуска теплоты по совмещённой нагрузке.....	21
6. Предварительный гидравлический расчёт тепловой сети.....	23
7. Составление монтажной схемы.....	25
8. Пьезометрический график.....	29
9. Построение продольного профиля трассы.....	31
10. Расчет компенсации тепловых удлинений трубопровода.....	34
11. Расчет силы трения в подвижных опорах труб.....	36
12. Расчет неуравновешенных сил внутреннего давления.....	37
13. Тепловая изоляция трубопровода	37
13.1 Расчёт толщины тепловой изоляции.....	38
13.2 Расчёт эффективности тепловой изоляции.....	42
13.3 Поверочный расчёт тепловой изоляции при увлажнении грунта	43
14. Расчет падения температуры теплоносителя по длине изолированного теплопровода.....	46
Заключение.....	48
Список использованной литературы.....	49
Приложение 1. Расчет технической изоляции ТЕХНОНИКОЛЬ.....	50

						<i>ИСТИЭС КР 17.23</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Кол.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ док</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Кабанова Т.В</i>				<i>Выбор и расчет тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей системы ГВС микрорайона</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Проверил</i>		<i>Ахмерова Г.М.</i>					<i>У</i>	<i>2</i>	<i>51</i>
<i>Консульт.</i>		<i>Ахмерова Г.М.</i>					<i>КГАСУ гр.ЗТГ03</i>		
<i>Н. контр.</i>									
<i>Зав.каф.</i>		<i>Садыков Р.А.</i>							

Введение

Тюмень — первый русский город в Сибири, административный центр Тюменского района и Тюменской области. Город административно разделен на четыре территориальных округа: Центральный, Ленинский, Калининский и Восточный.

Площадь территории в границах муниципального образования городского округа город Тюмень — 69848,0 га. Численность населения города Тюмени — 744575 человек (2017).

После пожара 1695 года было начато строительство каменного города. Большой удачей для Тюмени стало то, что именно через этот город прошла Транссибирская магистраль. На этом маршруте настоял граф Посьет, за что благодарные тюменцы сделали его почетным гражданином города. Однако, наивысшего расцвета город достиг после открытия нефтяных месторождений. Теперь это богатый город нефтяников, знаменитый на весь мир.

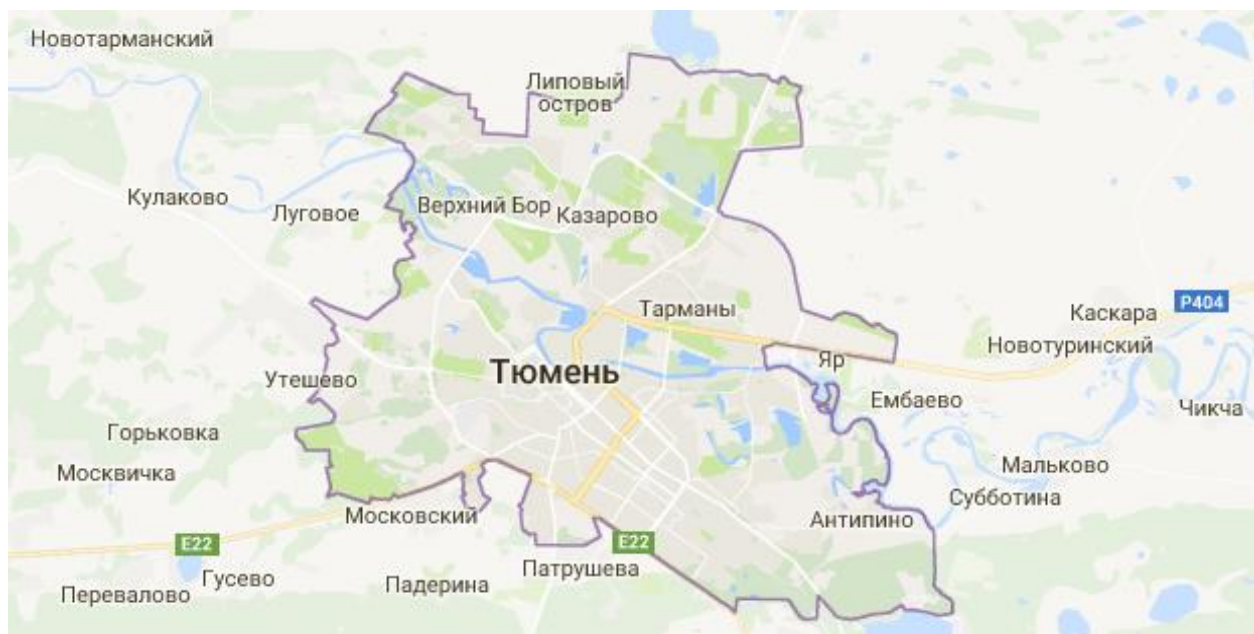


Рис.1 Карта города Тюмень

Географические данные:

Широта: 57°09'00" с. ш.,

Долгота: 65°32'00" в. д.

Высота над уровнем моря: 81 м.

Климат в Тюмени континентальный. Погода в Тюмени - суровая и продолжительная зима (примерно 30-32 недели в тундре и 21 неделя в зоне лесостепи), короткое и холодное лето на севере и более или менее теплое на юге области, с запоздавшими весенними и очень ранними осенними холодами. Из-за равнинного характера основной части территории Тюменской области, ее открытые зоны не могут препятствовать довольно глубокому прониканию холодных арктических ветров, а также не могут задержать в себе тропические ветра, которые приходят с юга.

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						3
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Среднестатистической температурой в Тюмени в январе является -21° до -28° С, на остальной территории температура равномерно понижается с юга к северу с -17° до -28° С. В особые морозные дни температура воздуха ночью достигает отметки -44° С на юге области. В период жутких морозов зимой, температура воздуха достигает отметки -63° С в северной части области и -51° на юге. Но бывают и резкие потепления зимой, которые достигают температуры в 6° С. Однако, такие явления очень редкие и кратковременные, продолжительность которых бывает не более трех дней.

Отопительный сезон в Тюменской области довольно долгий – от 230 суток в южной части, и до 320 суток в северной части области.

В основном в Тюмени преобладают северные ветра. Самое теплое время в Тюмени – июль. Температура воздуха на севере области достигает 18° С, а в южной части порой температура доходит до 35° . Но такое потепление очень кратковременное. Из-за постоянных северных ветров, температура воздуха в августе может резко упасть на севере области до $-4...-6^{\circ}$ С, а на юге до $-1...-3^{\circ}$ С.

Самое большое количество осадков в году в Тюменской области выпадает с мая по октябрь включительно. Среднее количество осадков на южной территории составляет 360-400 мм.

Погода в Тюмени специфическая, так как на территории Тюменской области особенно преобладают климатические зоны лесотундры и тундры – воздух сильно насыщен влагой, довольно продолжительная зима и холодное лето. Климат в лесной зоне немного помягче и характеризуется снежной зимой и умеренно теплым летом. Климат в лесостепи представляет собой суровую и довольно снежную зиму с теплым летом.

Климатологические данные города Тюмень

Таблица 1

Республика, край, область, пункт	Температура отопительного периода, °С				Скорость ветра в январе, м/с	Продолжитель ность отопительного периода, сут	Повторяемость температур наружного воздуха, всего часов
	Абсолютный минимум	Расчетная для отопления	Расчетная для вентиляции	Средняя			
1	2	3	4	5	6	7	8
Тюмень	-50	-37	-21	-7,5	3,9	220	5280

Повторяемость направлений ветра

Таблица 2

Январь							
С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
3	3	4	11	22	33	16	1
Июль							
С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
19	10	7	8	6	12	14	24

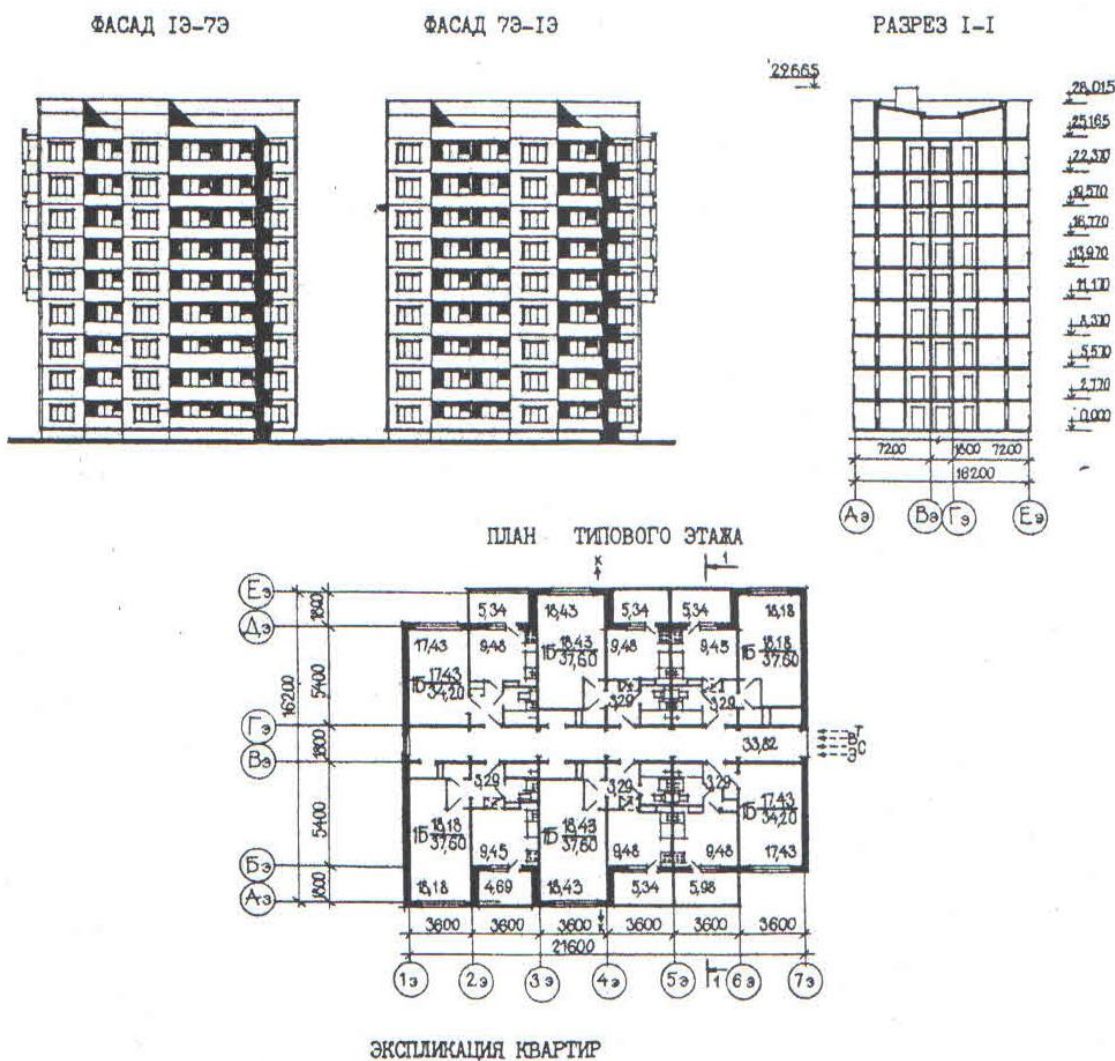
					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						4
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Определение количества потребителей

—9—86 Том 3

125

<p>СССР</p>	<p>СТРОИТЕЛЬНЫЙ КАТАЛОГ ЧАСТЬ 2 ТИПОВЫЕ ПРОЕКТЫ ПРЕДПРИЯТИЙ, ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ</p>	<p>ЗОНАЛЬНЫЙ ТИПОВОЙ ПРОЕКТ I34-04Iв.I3.86 УДК 728.2.011:691-413</p>
<p>ЦИТП</p>	<p>ЖИЛОЙ БЛОК 9-ЭТАЖНЫЙ</p>	<p>ДХСН</p>
<p>СЕНТЯБРЬ 1986</p>	<p>54-КВАРТИРНЫЙ. IБ. IБ. IБ. IБ. IБ. IБ. (в г.г. Ворошиловграде и Донецке)</p>	<p>На 2 листах На 4 страницах Страница I</p>



Квартиры (тип)	Количество	Площадь, м ²	
		жилая	общая
Однокомнатные IБ	18	17,43	34,20
Однокомнатные IБ	18	18,18	37,60
Однокомнатные IБ	18	18,43	37,60
Средняя площадь квартиры		18,01	36,47

Рис. 2 План типового этажа

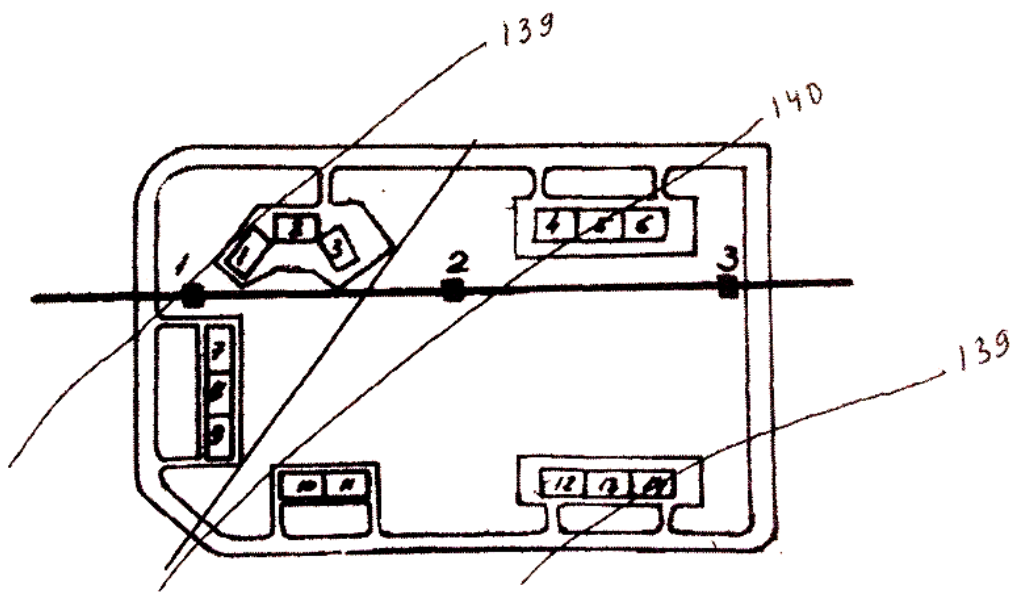


Рис. 3 Генплан

По плану типового этажа определяем общую площадь этажа здания, умножив ее на число этажей, определяют площадь здания.

Площадь одного этажа: $F_{эм} = (5,4 + 1,8 + 5,4) \cdot 21,6 + 3,6 \cdot 1,8 \cdot 4 = 298,08 \text{ м}^2$

Определим общие площади каждого здания:

$$F_{зд} = F_{эм} \cdot n, \text{ м}^2 \tag{1.1}$$

где $F_{эм}$ - площадь этажа дома, м^2

n - число этажей

Площадь пятиэтажного дома: $F_{зд} = 298,08 \cdot 5 = 1490,4 \text{ м}^2$

Площадь девятиэтажного дома: $F_{зд} = 298,08 \cdot 9 = 2682,72 \text{ м}^2$

Площадь двенадцатиэтажного дома: $F_{зд} = 298,08 \cdot 12 = 3576,96 \text{ м}^2$

Норма общей площади жилых зданий на одного человека, $f = 14,5 \text{ м}^2/\text{чел}$ (по заданию).

Число жителей каждого здания:

$$m = \frac{F_{зд}}{f}, \text{ чел} \tag{1.2}$$

Для дома 1 – 3: $m = \frac{1490,4}{14,5} = 103, \text{ чел}$

Для дома 4 – 8: $m = \frac{2682,72}{14,5} = 186, \text{ чел}$

Для дома 9 - 14: $m = \frac{3576,96}{14,5} = 247, \text{ чел}$

Расчеты сведены в Таблицу 3.

Таблица 3

№ здания	Наименование здания	Площадь одного этажа $F_{эт}, м^2$	Число этажей	Площадь одного дома $F_{зд}, м^2$	Число жителей m , чел
1	Жилой дом	298,08	5	1490,4	103
2	Жилой дом	298,08	5	1490,4	103
3	Жилой дом	298,08	5	1490,4	103
4	Жилой дом	298,08	9	2682,72	186
5	Жилой дом	298,08	9	2682,72	186
6	Жилой дом	298,08	9	2682,72	186
7	Жилой дом	298,08	9	2682,72	186
8	Жилой дом	298,08	9	2682,72	186
9	Жилой дом	298,08	12	3576,96	247
10	Жилой дом	298,08	12	3576,96	247
11	Жилой дом	298,08	12	3576,96	247
12	Жилой дом	298,08	12	3576,96	247
13	Жилой дом	298,08	12	3576,96	247
14	Жилой дом	298,08	12	3576,96	247
15	ЦТП	392	1	392	8
Итого				39738,56	2729

					<i>ИСТИЭС КП 17.23</i>	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1.1. Определение тепловых потоков и расчетных расходов

Вероятность действия водоразборных приборов на участке сети для группы одинаковых зданий определяют по формуле:

$$P^h = \frac{q_{hr,u}^h \cdot U}{q_o^h \cdot N \cdot 3600}, \quad (1.3)$$

где $q_{hr,u}^h$ - норма расхода горячей воды потребителем в час наибольшего водопотребления, л;

N - общее число водоразборных приборов в микрорайоне;

U - количество потребителей горячей воды в микрорайоне, чел;

$q_o^h=0,2$ - расход горячей воды, л/с, санитарно-техническим прибором (прил.1 [1]).

$$P^h = \frac{10 \cdot 103}{0,2 \cdot 60 \cdot 3600} = 0,0238,$$

Вероятность использования санитарно-технических приборов:

$$P_{hr}^h = \frac{3600 \cdot P^h \cdot q_o^h}{q_{o,hr}^h} \quad (1.4)$$

где: $q_{o,hr}^h=200$ - расход воды прибором, л/ч, (прил.1 [1]).

$$P_{hr}^h = \frac{3600 \cdot 0,0238 \cdot 0,2}{200} = 0,0857,$$

По числу приборов и вероятности использования определены коэффициенты α_{hr}^h прил.2 [1].

Для дома №1:

$$P_{hr}^h \cdot N = 0,0857 \cdot 60 = 5,142$$

$$\alpha_{hr}^h = 2,606$$

Максимальный часовой расход горячей воды:

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot q_{o,hr}^h \cdot \alpha_{hr}^h, \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (1.5)$$

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot 200 \cdot 2,606 = 2,606, \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Средний часовой расход воды:

$$q_T^h = \frac{\sum_i q_{u,i}^h \cdot U}{1000 \cdot T}, \text{ м}^3 / \text{ч} \quad (1.6)$$

где $q_u^h=120$ - норма расхода горячей воды в сутки наибольшего водопотребления, л/сут, (прил.1 [1]);

U - число жителей, чел;

T - период потребления, час.

$$q_T^h = \frac{120 \cdot 103}{1000 \cdot 24} = 0,515, \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Среднечасовой расход теплоты в системе горячего водоснабжения с учетом потерь тепла трубопроводами:

$$Q_T^h = 1,16 \cdot q_T^h \cdot (55 - t_c) \cdot (1 + K_T), \text{ кВт} \quad (1.7)$$

где t_c - температура холодной воды в отопительный период, °С, принимают 5°С,

K_T - коэффициент, учитывающий потери теплоты трубами, $K_T = 0,35$, прил.3 [1].

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q^h_T = 1,16 \cdot 0,515 \cdot (55 - 5) \cdot (1 + 0,35) = 40,32 \text{ кВт}$$

Максимальный часовой расход теплоты в системе горячего водоснабжения:

$$Q^h_{hr} = 1,16 \cdot (q^h_{hr} + q^h_T \cdot K_T) \cdot (55 - t_c), \text{ кВт} \quad (1.8)$$

$$Q^h_{hr} = 1,16 \cdot (2,606 + 0,515 \cdot 0,35) \cdot (55 - 5) = 161,60 \text{ кВт}$$

Расчетные тепловые потоки на отопление равны:

$$Q_{0\max} = q_0 \cdot F_{з\partial} \text{ кВт} \quad (1.9)$$

где $q_0=87$ - укрупненный показатель максимального теплового потока на отопление жилых зданий на 1 м^2 общей площади, Вт/ м^2 ; прил.4 [1].

$F_{з\partial}$ - общая площадь жилых зданий, м^2 .

$$Q_{0\max} = 87 \cdot 1490,4 = 129664,8 \text{ Вт}$$

Расчетные расходы сетевой воды для отопления:

$$G_{0\max} = Q_{0\max} \cdot 1000 / (c \cdot (\tau_1 - \tau_2)) \text{ кг/с} \quad (1.10)$$

$$G_{0\max} = 0,12966 \cdot 1000 / (4,187 \cdot (150 - 70)) = 0,387 \text{ кг/с}$$

Расчетные расходы сетевой воды для горячего водоснабжения:

$$G_{hm} = Q^h_{hr} / (c \cdot (t_h - t_c)) \text{ кг/с} \quad (1.11)$$

$$G_{hm} = 161,60 / (4,187 \cdot (65 - 5)) = 0,643 \text{ кг/с}$$

где $Q_{0\max}$, $Q_{v\max}$, Q^h_{hr} - максимальные тепловые потоки на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение в кВт;

c - удельная теплоемкость воды, $c=4,187$ кДж/(кг °С)

τ_1 - температура воды в подающей магистрали, °С

τ_2 - температура воды в обратной магистрали, °С

t_h - температура горячей воды в системе ГВС, °С

t_c - температура холодной воды в отопительный период, °С ($t_c=+5$ °С);

Расход циркуляционной воды $G_{c\text{ир}}$ л/с принимается по приложению 10 [1] в зависимости от этажности и числа стояков в узле.

Аналогичным образом рассчитаны остальные здания. Расчеты сведены в таблицу 4.

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 4

№ дома	N, число приборов	m, чел	$P^{h_{hr}}$	$N \cdot P^{h_{hr}}$	$\alpha^{h_{hr}}$	$q^{h_{hr}}$, м ³ /ч	$q^{h_{tr}}$, м ³ /ч	$Q^{h_{tr}}$, кВт	$Q^{h_{hr}}$, кВт	Q_{vr} , кВт	Q_0 , кВт	G_0 , кг/с	G_{hm} , кг/с	G_{citr} , кг/с
1	60	103	0,0858	5,15	2,609	2,609	0,515	40,325	161,777	-	129,665	0,387	0,644	0,085
2	60	103	0,0858	5,15	2,609	2,609	0,515	40,325	161,777	-	129,665	0,387	0,644	0,085
3	60	103	0,0858	5,15	2,609	2,609	0,515	40,325	161,777	-	129,665	0,387	0,644	0,085
4	108	186	0,0861	9,3	3,918	3,918	0,93	72,819	246,123	-	233,397	0,697	0,980	0,153
5	108	186	0,0861	9,3	3,918	3,918	0,93	72,819	246,123	-	233,397	0,697	0,980	0,153
6	108	186	0,0861	9,3	3,918	3,918	0,93	72,819	246,123	-	233,397	0,697	0,980	0,153
7	108	186	0,0861	9,3	3,918	3,918	0,93	72,819	246,123	-	233,397	0,697	0,980	0,153
8	108	186	0,0861	9,3	3,918	3,918	0,93	72,819	246,123	-	233,397	0,697	0,980	0,153
9	144	247	0,0935	13,46	5,120	5,120	1,235	96,701	322,054	-	311,196	0,929	1,282	0,203
10	144	247	0,0935	13,46	5,120	5,120	1,235	96,701	322,054	-	311,196	0,929	1,282	0,203
11	144	247	0,0935	13,46	5,120	5,120	1,235	96,701	322,054	-	311,196	0,929	1,282	0,203
12	144	247	0,0935	13,46	5,120	5,120	1,235	96,701	322,054	-	311,196	0,929	1,282	0,203
13	144	247	0,0935	13,46	5,120	5,120	1,235	96,701	322,054	-	311,196	0,929	1,282	0,203
14	144	247	0,0935	13,46	5,120	5,120	1,235	96,701	322,054	-	311,196	0,929	1,282	0,203
ЦТП	2	8	0,22	0,44	0,638	0,638	0,04	3,132	37,816	-	34,104	0,102	0,151	0,022
Σ	1586	2729						1068,404	3686,083	-	3457,255	10,321	14,673	2,26

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ИСТИЭС КП 17.23

Лист

10

Так как $\frac{Q_{hr}^h}{Q_0} = \frac{1068,404}{3457,255} = 0,309 > 0,15 \Rightarrow$ Принимаем регулирование по совмещенной

нагрузке отопления и горячего водоснабжения.

При $\frac{Q_{hr}^h}{Q_0} = \frac{3686,083}{3457,255} = 1,066 < 1,2 \Rightarrow$ Теплообменники горячего водоснабжения

присоединяют по двухступенчатой последовательной схеме.

2. Определение температуры наружного воздуха, соответствующей точке излома температурного графика

Температура сетевой воды на абонентском вводе перед отопительными установками (до смесительных устройств) определяется по формуле [1]:

$$\tau_{01} = t_i + \Delta t_o' \cdot (\bar{Q}_o)^{0,8} + (\delta \tau_o' - \frac{\theta_o'}{2}) \bar{Q}_o, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.1)$$

Температура воды после отопительной установки:

$$\tau_{02} = t_i + \Delta t_o' \cdot (\bar{Q}_o)^{0,8} - 0,5 \cdot \theta_o' \cdot \bar{Q}_o, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (2.2)$$

Температура воды в подающем трубопроводе после смесительного устройства:

$$\tau_3 = t_i + \Delta t_o' \cdot (\bar{Q}_o)^{0,8} + 0,5 \cdot \theta_o' \cdot \bar{Q}_o, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.3)$$

где:

τ_{01} – текущая температура воды в подающей магистрали, $^\circ\text{C}$;

t_i – средняя температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, принимая для жилых и общественных зданий равной $+20^\circ\text{C}$;

$\Delta t_o'$ – температурный напор нагревательного прибора, $^\circ\text{C}$;

\bar{Q}_o – относительный расход теплоты на отопление при t_{in} ;

$\delta \tau_o'$ – расчетный перепад температур воды в тепловой сети, $^\circ\text{C}$;

θ_o' – расчетный перепад температур воды в местной системе отопления, $^\circ\text{C}$;

τ_{02} – текущая температура воды в обратной магистрали, $^\circ\text{C}$.

Рассчитаем температурный напор нагревательного прибора:

$$\Delta t_o' = \frac{\tau_3' + \tau_{02}'}{2} - t_i, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (2.4)$$

где:

τ_3' – расчетная температура воды в подающем стояке местной системы отопления, $^\circ\text{C}$, $\tau_3' = 95^\circ\text{C}$;

τ_{02}' – температура воды в обратной магистрали тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха t_o , $^\circ\text{C}$, $\tau_{02}' = 70^\circ\text{C}$;

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист 11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\Delta t_o' = \frac{95 + 70}{2} - 20 = 62,5^\circ\text{C}.$$

Определим расчетный перепад температур воды в местной системе отопления:

$$\theta_o' = \tau_3' - \tau_{02}', \text{ }^\circ\text{C}, \quad (2.5)$$

$$\theta_o' = 95 - 70 = 25^\circ\text{C}.$$

Вычислим расчетный перепад температур воды в тепловой сети:

$$\delta\tau_o' = \tau_{01}' - \tau_{02}', \text{ }^\circ\text{C}, \quad (2.6)$$

где:

τ_{01}' – температура воды в подающей магистрали тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха t_o' , $^\circ\text{C}$;

$$\delta\tau_o' = 150 - 70 = 80^\circ\text{C}.$$

Определим точку излома температурного графика $t_{н.и}$ графическим методом.

Задавшись $Q_o = 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0$ рассчитаем τ_{01}' , τ_{02}' и τ_3' :

При $Q_o = 0,2$

$$\tau_{01}' = 20 + 62,5 \cdot 0,2^{0,8} + (80 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,2 = 20 + 17,25 + 13,5 = 50,75^\circ\text{C}$$

$$\tau_{02}' = 20 + 62,5 \cdot 0,2^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,2 = 20 + 17,25 - 2,5 = 34,75^\circ\text{C}$$

$$\tau_3' = 20 + 62,5 \cdot 0,2^{0,8} + 0,5 \cdot 25 \cdot 0,2 = 20 + 17,25 + 2,5 = 39,75^\circ\text{C}$$

При $Q_o = 0,4$

$$\tau_{01}' = 20 + 62,5 \cdot 0,4^{0,8} + (80 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,4 = 20 + 30,03 + 27 = 77,03^\circ\text{C}$$

$$\tau_{02}' = 20 + 62,5 \cdot 0,4^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,4 = 20 + 30,03 - 5 = 45,03^\circ\text{C}$$

$$\tau_3' = 20 + 62,5 \cdot 0,4^{0,8} + 0,5 \cdot 25 \cdot 0,4 = 20 + 30,03 + 5 = 55,03^\circ\text{C}$$

При $Q_o = 0,6$

$$\tau_{01}' = 20 + 62,5 \cdot 0,6^{0,8} + (80 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,6 = 20 + 41,53 + 40,5 = 102,03^\circ\text{C}$$

$$\tau_{02}' = 20 + 62,5 \cdot 0,6^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,6 = 20 + 41,53 - 7,5 = 54,03^\circ\text{C}$$

$$\tau_3' = 20 + 62,5 \cdot 0,6^{0,8} + 0,5 \cdot 25 \cdot 0,6 = 20 + 41,53 + 7,5 = 69,03^\circ\text{C}$$

При $Q_o = 0,8$

$$\tau_{01}' = 20 + 62,5 \cdot 0,8^{0,8} + (80 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,8 = 20 + 52,28 + 54 = 126,28^\circ\text{C}$$

$$\tau_{02}' = 20 + 62,5 \cdot 0,8^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 0,8 = 20 + 52,28 - 10 = 62,28^\circ\text{C}$$

$$\tau_3' = 20 + 62,5 \cdot 0,8^{0,8} + 0,5 \cdot 25 \cdot 0,8 = 20 + 52,28 + 10 = 82,28^\circ\text{C}$$

При $Q_o = 1,0$

$$\tau_{01}' = 20 + 62,5 \cdot 1,0^{0,8} + (80 - 0,5 \cdot 25) \cdot 1,0 = 20 + 62,5 + 67,5 = 150^\circ\text{C}$$

$$\tau_{02}' = 20 + 62,5 \cdot 1,0^{0,8} - 0,5 \cdot 25 \cdot 1,0 = 20 + 62,5 - 12,5 = 70^\circ\text{C}$$

$$\tau_3' = 20 + 62,5 \cdot 1,0^{0,8} + 0,5 \cdot 25 \cdot 1,0 = 20 + 62,5 + 12,5 = 95^\circ\text{C}$$

По этим данным строится график и при помощи его определяется точка начала излома.

					<i>ИСТИЭС КП 17.23</i>	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.1. Определение точки температурного излома аналитическим способом

Относительные расход теплоты на отопление при $t_{н.и}$:

$$\bar{Q}_{они} = \frac{t_i - t_{ни}}{t_i - t_o} \quad (2.7)$$

Уравнение решается методом подбора, задаваясь значением $\bar{Q}_{они} = 0,3 \div 0,4$:

При найденном значении $\bar{Q}_{они}$ определяют:

$$t_{ни} = t_i - \bar{Q}_{они} (t_i - t_o), \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.8)$$

В первом приближении возьмем $\bar{Q}_{они} = 0,345$:

$$\tau_{01н.и.} = 20 + 62,5 \cdot 0,345^{0,8} + (80 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,345 = 20 + 26,68 + 23,29 = 69,97^\circ\text{C}$$

Во втором приближении берем $\bar{Q}_{они} = 0,3453$:

$$\tau_{01н.и.} = 20 + 62,5 \cdot 0,3453^{0,8} + (80 - 0,5 \cdot 25) \cdot 0,3453 = 20 + 26,695 + 23,31 = 70^\circ\text{C}$$

$$t_{ни} = 20 - 0,3453 \cdot (20 + 37) = 0,3179 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температура в обратной линии при $t_{н.и}$:

$$\tau_{02н.и.} = \tau_{01н.и.} - \delta\tau \cdot \bar{Q}_{они}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.9)$$

$$\tau_{02н.и.} = 70 - 80 \cdot 0,3453 = 42,376^\circ\text{C}$$

$$\tau_{3н.и.} = \tau_{02н.и.} + \theta \cdot \bar{Q}_{они}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (2.10)$$

$$\tau_{3н.и.} = 42,376 + 25 \cdot 0,3453 = 51,009, \text{ } ^\circ\text{C}$$

3. Определение ёмкости бака-аккумулятора

Переменная нагрузка горячего водоснабжения вызывает удорожание стационарного оборудования и тепловых сетей, которые должны быть рассчитаны на покрытие максимальной нагрузки. Для снижения затрат, упрощения эксплуатации выравнивают резкопеременную нагрузку путём аккумуляирования тепла.

Ёмкость аккумулятора горячей воды зависит от неравномерности потребления воды по часам суток и от принятого режима подачи теплоты в аккумулятор.

Расход теплоты на горячее водоснабжение по часам суток определяется по формуле [1]:

$$Q_{h,i} = Q_T^h \cdot n_i \cdot \eta_i, \text{ } \text{кВт} \quad (3.1)$$

По данным таблицы 5 строятся график расхода теплоты по часам суток и интегральный график расхода теплоты. Из графика определяем наибольший запас теплоты в аккумуляторе в 8 часов в воскресенье:

$$\Delta Q_{\max} = 9011,1 \text{ } \text{кВт}$$

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 5

Время суток, час	Расход теплоты за час кВт/ч	Суммарный расход от начала потребления до данного часа, кВт	Расход теплоты за час кВт/ч	Суммарный расход от начала потребления до данного часа, кВт	Расход теплоты за час кВт/ч	Суммарный расход от начала потребления до данного часа, кВт	Расход теплоты за час кВт/ч	Суммарный расход от начала потребления до данного часа, кВт								
									Понедельник		Вторник		Среда		Четверг	
									За час	Сумма	За час	Сумма	За час	Сумма	За час	Сумма
0-1	213,68	213,68	213,68	213,68	534,20	534,20	427,36	427,36								
1-2	106,84	320,52	0,00	213,68	106,84	641,04	213,68	641,04								
2-3	53,42	373,94	0,00	213,68	213,68	854,72	106,84	747,88								
3-4	0,00	373,94	53,42	267,10	106,84	961,56	106,84	854,72								
4-5	0,00	373,94	106,84	373,94	106,84	1068,40	160,26	1014,98								
5-6	641,04	1014,98	641,04	1014,98	106,84	1175,24	320,52	1335,50								
6-7	1014,98	2029,97	1442,34	2457,33	641,04	1816,29	961,56	2297,07								
7-8	1335,50	3365,47	2029,97	4487,29	908,14	2724,43	1442,34	3739,41								
8-9	1495,76	4861,24	641,04	5128,34	1442,34	4166,77	1388,92	5128,34								
9-10	1602,61	6463,84	694,46	5822,80	1602,61	5769,38	1495,76	6624,10								
10-11	1335,50	7799,35	747,88	6570,68	1549,19	7318,56	1335,50	7959,61								
11-12	1388,92	9188,27	694,46	7265,14	1282,08	8600,65	961,56	8921,17								
12-13	908,14	10096,41	908,14	8173,29	1014,98	9615,63	908,14	9829,31								
13-14	1282,08	11378,50	908,14	9081,43	1282,08	10897,72	1068,40	10897,72								
14-15	961,56	12340,06	747,88	9829,31	1068,40	11966,12	1068,40	11966,12								
15-16	1068,40	13408,46	854,72	10684,04	961,56	12927,68	961,56	12927,68								
16-17	1175,24	14583,71	854,72	11538,76	908,14	13835,83	1068,40	13996,09								
17-18	1175,24	15758,95	1014,98	12553,74	1282,08	15117,91	1175,24	15171,33								
18-19	1335,50	17094,46	1068,40	13622,14	1656,03	16773,93	1495,76	16667,09								
19-20	1816,29	18910,74	1709,45	15331,59	1656,03	18429,96	1602,61	18269,70								
20-21	2243,65	21154,39	2029,97	17361,56	1816,29	20246,25	1816,29	20085,99								
21-22	1816,29	22970,68	1602,61	18964,16	1656,03	21902,27	2564,17	22650,15								
22-23	1335,50	24306,18	1495,76	20459,93	1335,50	23237,78	1709,45	24359,60								
23-24	1175,24	25481,42	1014,98	21474,91	1014,98	24252,76	876,09	25235,69								

Продолжение таблицы 5

Время суток, час	Расход теплоты за час кВт/ч	Суммарный расход от начала потребления до данного часа, кВт	Расход теплоты за час кВт/ч	Суммарный расход от начала потребления до данного часа, кВт	Расход теплоты за час кВт/ч	Суммарный расход от начала потребления до данного часа, кВт						
							Понедельник		Вторник		Среда	
							За час	Сумма	За час	Сумма	За час	Сумма
0-1	534,20	534,20	961,56	961,56	641,04	641,04						
1-2	106,84	641,04	480,78	1442,34	320,52	961,56						
2-3	106,84	747,88	213,68	1656,03	213,68	1175,24						
3-4	0,00	747,88	267,10	1923,13	0,00	1175,24						
4-5	106,84	854,72	213,68	2136,81	213,68	1388,92						
5-6	427,36	1282,08	213,68	2350,49	267,10	1656,03						
6-7	854,72	2136,81	587,62	2938,11	320,52	1976,55						
7-8	1495,76	3632,57	1388,92	4327,03	641,04	2617,59						
8-9	1388,92	5021,50	1388,92	5715,96	1976,55	4594,14						
9-10	1282,08	6303,58	2029,97	7745,93	2510,75	7104,88						

Продолжение таблицы 5

Время суток, час	Расход теплоты за час кВт/ч	Суммарный расход от начала потребления до данного часа, кВт	Расход теплоты за час кВт/ч	Суммарный расход от начала потребления до данного часа, кВт	Расход теплоты за час кВт/ч	Суммарный расход от начала потребления до данного часа, кВт						
							Понедельник		Вторник		Среда	
							За час	Сумма	За час	Сумма	За час	Сумма
10-11	1068,40	7371,98	2350,49	10096,41	2671,01	9775,89						
11-12	1014,98	8386,97	2457,33	12553,74	2350,49	12126,38						
12-13	908,14	9295,11	1976,55	14530,29	1976,55	14102,93						
13-14	1014,98	10310,09	1602,61	16132,89	1976,55	16079,47						
14-15	908,14	11218,24	1495,76	17628,66	1869,71	17949,18						
15-16	961,56	12179,80	1602,61	19231,26	1442,34	19391,52						
16-17	961,56	13141,36	1816,29	21047,55	1923,13	21314,65						
17-18	961,56	14102,93	1816,29	22863,83	2297,07	23611,72						
18-19	1282,08	15385,01	2564,17	25428,00	2297,07	25908,78						
19-20	1762,87	17147,88	2457,33	27885,33	2029,97	27938,75						
20-21	1923,13	19071,00	2671,01	30556,34	2564,17	30502,92						
21-22	1656,03	20727,03	2671,01	33227,35	2243,65	32746,57						
22-23	1495,76	22222,79	2136,81	35364,16	1388,92	34135,49						
23-24	427,36	22650,15	1335,50	36699,66	747,88	34883,37						

Ёмкость бака-аккумулятора:

$$V_a = \frac{\Delta Q_{\max} \cdot 3600}{c \cdot \rho \cdot (t_h - t_c)} \cdot 1,1 = \frac{9011,1 \cdot 3600}{4,187 \cdot 1000 \cdot (65 - 5)} \cdot 1,1 = 142,04 \text{ м}^3 \quad (3.2)$$

где:

c – удельная теплоемкость воды, $c=4,187$ кДж/(кг·°C);

ρ – плотность воды (допускается принимать равной 1000 кг/м³);

t_h – температура воды в аккумуляторе (обычно 65°C);

t_c – температура водопроводной воды, $t_c = 5^\circ\text{C}$;

$1,1$ – коэффициент запаса.

4. Расчет теплообменника горячего водоснабжения, присоединенных по двухступенчатой последовательной схеме

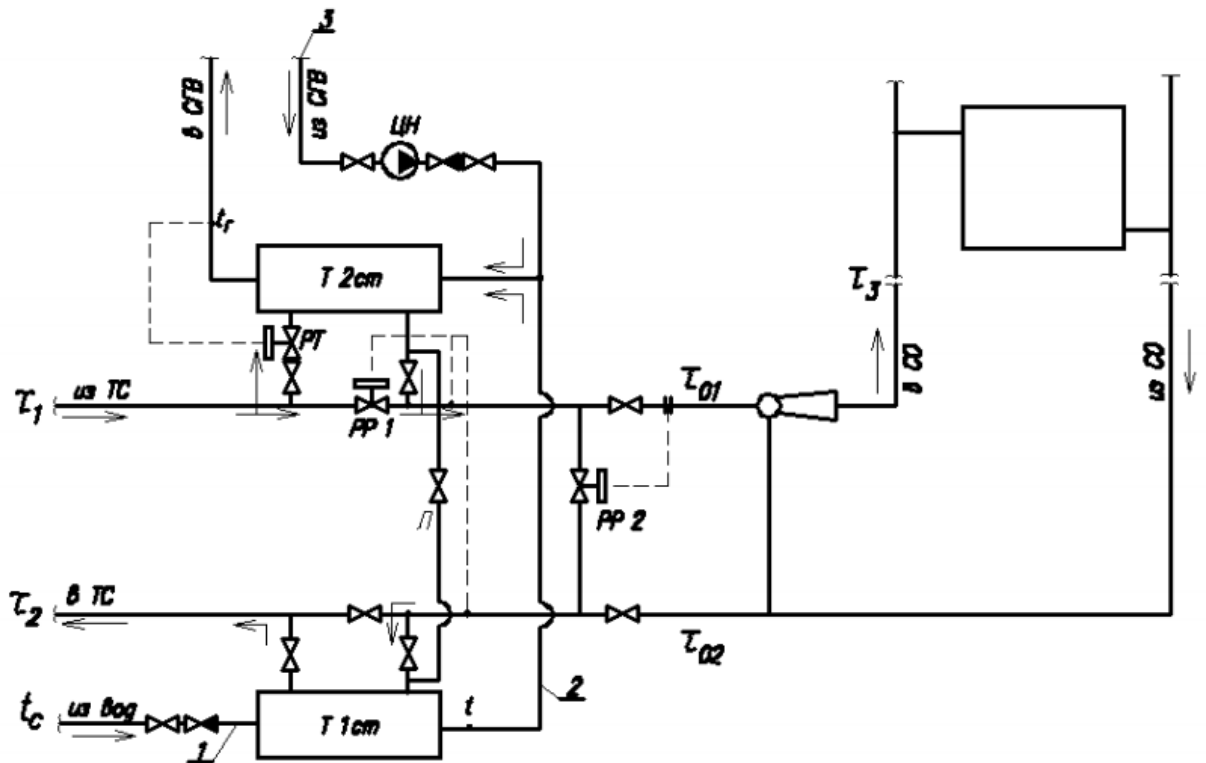


Рис. 4 Принципиальная двухступенчатая последовательная схема присоединения теплообменников горячего водоснабжения

Расчет теплообменников производят при балансовом расходе теплоты на горячее водоснабжение:

$$Q^{\delta}_{з.в.} = \eta \cdot Q_T^h = 1 \cdot 1068,404 = 1068,404 \text{ кВт} \quad (4.1)$$

η – балансовый коэффициент (при установке аккумулятора в ЦТП $\eta=1$).

Температура нагреваемой воды на выходе из I ступени ВВП при $t_{н.и}$:

$$t_{н.и} = \tau_{02,и} - (6 \div 9) = 42,376 - 7 = 35,376 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.2)$$

Суммарный перепад температур греющей (сетевой) воды в I и II ступенях при $Q^{\delta}_{з.в.}$:

$$\delta = \delta_I + \delta_{II} = \frac{Q^{\delta}_{з.в.}}{Q_o} \cdot (\tau_{01} - \tau_{02}) = \frac{1068,404}{3457,255} \cdot (150 - 70) = 24,723 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.3)$$

Перепад температур греющей воды в I ступени при $t_{н.и}$:

$$\delta_{I,и} = \delta \cdot \frac{t_{н.и} - t_c}{t^h - t_c} = 24,723 \cdot \frac{35,376 - 5}{65 - 5} = 12,516 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.4)$$

Перепад температур греющей воды во II ступени при $t_{н.и}$:

$$\delta_{II,и} = \delta - \delta_{I,и} = 24,723 - 12,516 = 12,207 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.5)$$

Температура воды в подающей трубе при повышенном графике в точке излома:

$$\tau_{ин} = \tau_{01,и} + \delta_{II,и} = 70 + 12,207 = 82,207 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.6)$$

Производительность I ступени ВВП при $Q^{\delta}_{з.в.}$ и $t_{н.и}$:

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q_{\text{Iли}}^{\delta} = Q_{\text{з.в.}}^{\delta} \cdot \frac{t_{\text{н.ли}} - t_c}{t^h - t_c} = 1068,404 \cdot \frac{35,376 - 5}{65 - 5} = 540,897 \text{ кВт} \quad (4.7)$$

Производительность II ступени ВВП при $Q_{\text{з.в.}}^{\delta}$ и $t_{\text{н.ли}}$:

$$Q_{\text{Iли}}^{\delta} = Q_{\text{з.в.}}^{\delta} - Q_{\text{Iли}}^{\delta} = 1068,404 - 540,897 = 527,51 \text{ кВт} \quad (4.8)$$

Расход греющей воды на отопление по формуле:

$$G_0 = \frac{3600 \cdot Q_0}{c \cdot (\tau_{01} - \tau_{02})} = \frac{3600 \cdot 3457,255}{4,187 \cdot (150 - 70)} = 37157,03 \text{ кг/ч} \quad (4.9)$$

Расход нагреваемой воды при балансовой нагрузке на горячее водоснабжение:

$$G_{\text{з.в.}}^{\delta} = \frac{3600 \cdot Q_{\text{з.в.}}^{\delta}}{c \cdot (t^h - t_c)} = \frac{3600 \cdot 1068,404}{4,187 \cdot (65 - 5)} = 15310,303 \text{ кг/ч} \quad (4.10)$$

Расход нагреваемой воды при максимальной нагрузке:

$$G_{\text{з.в. max}} = \frac{3600 \cdot Q_{\text{hr}}^h}{c \cdot (t^h - t_c)} = \frac{3600 \cdot 3686,083}{4,187 \cdot (65 - 5)} = 52821,82 \text{ кг/ч} \quad (4.11)$$

Расход сетевой воды на абонентский ввод при $Q_{\text{з.в.}}^{\delta}$:

$$G_{\text{аб}} = G_0 + G_{\text{hm}} = \frac{3600 \cdot Q_0}{c \cdot (\tau_{01} - \tau_{02})} + \frac{3600 \cdot Q_{\text{з.в.}}^{\delta}}{c \cdot (\tau_{\text{Iли}} - \tau_{02\text{ли}})} \cdot \left(\frac{55 - t_{\text{н.ли}}}{55 - t_c} + 0,2 \right), \text{ кг/ч} \quad (4.12)$$

$$G_{\text{аб}} = 37157,03 + \frac{3600 \cdot 1068,404}{4,187 \cdot (70 - 42,376)} \cdot \left(\frac{55 - 35,376}{55 - 5} + 0,2 \right) = 56859,57 \text{ кг/ч}$$

Максимальный часовой расход сетевой воды на абонентский ввод при установке регулятора расхода:

$$G_{\text{аб max}} = 1,1 \cdot G_{\text{аб}} = 1,1 \cdot 56859,57 = 62545,53 \text{ кг/ч} \quad (4.13)$$

Температура греющей воды после I ступени при $Q_{\text{з.в.}}^{\delta}$ и $t_{\text{н.ли}}$:

$$\tau_{2\text{ли}} = \tau_{02\text{ли}} - \frac{3600 \cdot Q_{\text{Iли}}^{\delta}}{c \cdot G_{\text{аб}}} = 42,376 - \frac{3600 \cdot 540,897}{4,187 \cdot 56859,57} = 34,197 \text{ °C} \quad (4.14)$$

Среднелогарифмическая разность температур греющего и нагреваемого теплоносителей в I ступени при $Q_{\text{з.в.}}^{\delta}$ и $t_{\text{н.ли}}$:

$$\Delta t_{\text{Iли}} = \frac{\Delta t_{\text{дл}} - \Delta t_{\text{мл}}}{\ln \frac{\Delta t_{\text{дл}}}{\Delta t_{\text{мл}}}} = \frac{(\tau_{2\text{ли}} - t_c) - (\tau_{02\text{ли}} - t_{\text{н.ли}})}{\ln \frac{(\tau_{2\text{ли}} - t_c)}{(\tau_{02\text{ли}} - t_{\text{н.ли}})}} = \frac{(34,197 - 5) - (42,376 - 35,376)}{\ln \frac{34,197 - 5}{42,376 - 35,376}} = 15,544 \text{ °C}$$

(4.15)

Безразмерный параметр подогревателя I ступени:

$$\Phi_I = \frac{3600 \cdot Q_{\text{Iли}}^{\delta}}{c \cdot \Delta t_{\text{Iли}} \cdot \sqrt{G_{\text{аб}} \cdot G_{\text{з.в.}}^{\delta}}} = \frac{3600 \cdot 540,897}{4,187 \cdot 15,544 \cdot \sqrt{56859,57 \cdot 15310,303}} = 1,014 \quad (4.16)$$

Безразмерная удельная тепловая производительность I ступени при максимальной тепловой нагрузке на горячее водоснабжение Q_{hr}^h :

$$\varepsilon_I = \frac{1}{0,65 + 0,35 \cdot \frac{G_{\text{з.в. max}}}{G_{\text{аб max}}} + \frac{1}{\Phi_I} \cdot \sqrt{\frac{G_{\text{з.в. max}}}{G_{\text{аб max}}}}} = \frac{1}{0,65 + 0,35 \cdot \frac{52821,82}{62545,53} + \frac{1}{1,014} \cdot \sqrt{\frac{52821,82}{62545,53}}} = 0,54$$

(4.17)

Коэффициент смешения элеватора:

$$U = 1,15 \cdot \frac{\tau_{01} - \tau_3}{\tau_3 - \tau_{02}} = 1,15 \cdot \frac{150 - 95}{95 - 70} = 2,53 \quad (4.18)$$

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расчетный коэффициент:

$$U^* = \frac{(1+U) \cdot G_0}{G_{аб}} - 1 = \frac{(1+2,53) \cdot 37157,03}{56859,57} - 1 = 1,307 \quad (4.19)$$

Средняя температура воды в нагревательном приборе при $t_{н.и}$:

$$\tau_{нр,ни} = \frac{\tau_{02ни} + \tau_{3ни}}{2} = \frac{42,376 + 51,009}{2} = 46,69 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.20)$$

Безразмерная характеристика отопительной системы при Q^h_{hr} :

$$\varepsilon_0 = \frac{1}{\frac{0,5+U^*}{1+U^*} + \frac{\tau_{нр,ни} - t_i}{\tau_{1,ни} - \tau_{02,ни}} \cdot \frac{G_{аб\max}}{G_0}} = \frac{1}{\frac{0,5+1,307}{1+1,307} + \frac{46,69 - 20}{82,207 - 42,376} \cdot \frac{62545,53}{37157,03}} = 0,523 \quad (4.21)$$

Суммарный перепад температур греющей воды в I и II ступенях при Q^h_{hr} :

$$\delta_{\max} = \frac{Q^h_{hr} \cdot 3600}{c \cdot G_{аб\max}} = \frac{3686,083 \cdot 3600}{4,187 \cdot 62545,53} = 50,672 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.22)$$

Температура греющей воды после системы отопления при Q^h_{hr} :

$$\tau_{02\max} = \frac{(\tau_{1ни} - \delta_{\max} - \varepsilon_I \cdot \frac{G_{з.в.\max}}{G_{аб\max}} \cdot t_c) \cdot (1 - \varepsilon_0) + t_i \cdot \varepsilon_0}{1 - \varepsilon_I \cdot (1 - \varepsilon_0) \cdot \frac{G_{з.в.\max}}{G_{аб\max}}} = \frac{(82,207 - 50,672 - 0,54 \cdot \frac{52821,82}{62545,53} \cdot 5) \cdot (1 - 0,523) + 20 \cdot 0,523}{1 - 0,54 \cdot (1 - 0,523) \cdot \frac{52821,82}{62545,53}} = 31,221 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.23)$$

Тепловая производительность подогревателя I ступени при Q^h_{hr} и $t_{н.и}$:

$$Q_{I\max} = \varepsilon_I \cdot Q^h_{hr} \cdot \frac{(\tau_{02\max} - t_c)}{(t_h - t_c)} = 0,54 \cdot 3686,083 \cdot \frac{(31,221 - 5)}{(65 - 5)} = 869,88 \text{ кВт} \quad (4.24)$$

Тепловая производительность подогревателя II ступени при Q^h_{hr} :

$$Q_{II\max} = Q^h_{hr} - Q_{I\max} = 3686,083 - 869,88 = 2816,203 \text{ кВт} \quad (4.25)$$

Температура греющей воды на выходе из II ступени при Q^h_{hr} :

$$\tau_{01\max} = \tau_{1ни} - \frac{Q_{II\max} \cdot 3600}{c \cdot G_{аб\max}} = 82,207 - \frac{2816,203 \cdot 3600}{4,187 \cdot 62545,53} = 43,49 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.26)$$

Температура греющей воды после I ступени:

$$\tau_{2\max} = \tau_{02,\max} - \frac{Q_{I\max} \cdot 3600}{c \cdot G_{аб\max}} = 31,221 - \frac{869,88 \cdot 3600}{4,187 \cdot 62545,53} = 19,26 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.27)$$

Температура нагреваемой воды после I ступени:

$$t_{н\max} = t_c + \frac{Q_{I\max} \cdot 3600}{c \cdot G_{з.в.\max}} = 5 + \frac{869,88 \cdot 3600}{4,187 \cdot 52821,82} = 19,16 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.28)$$

Температурный напор I ступени при Q^h_{hr} :

$$\Delta t_{I\max} = \frac{\Delta t_{I\delta\max} - \Delta t_{I\text{м}\max}}{\ln \frac{\Delta t_{I\delta\max}}{\Delta t_{I\text{м}\max}}} = \frac{(19,26 - 5) - (31,221 - 19,16)}{\ln \frac{(19,26 - 5)}{(31,221 - 19,16)}} = 13,168 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.29)$$

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Температурный напор II ступени при Q^{hr} :

$$\Delta t_{II \max} = \frac{\Delta t_{II\delta \max} - \Delta t_{IIl \max}}{\ln \frac{\Delta t_{II\delta \max}}{\Delta t_{IIl \max}}} = \frac{(82,207 - 65) - (43,49 - 19,16)}{\ln \frac{(82,207 - 65)}{(43,49 - 19,16)}} = 20,587 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.30)$$

Принимая скорость нагреваемой воды в трубках $W_{mp} = 1 \text{ м/с}$, определяют поперечное сечение трубного пространства:

$$f_{mp} = \frac{G_{z.в. \max}}{W_{mp} \cdot \rho \cdot 3600} = \frac{52821,82}{1 \cdot 1000 \cdot 3600} = 0,01467 \text{ м}^2 \quad (4.31)$$

Принимаем к установке теплообменник со следующими параметрами:

Таблица 6

Обозначение	D _н , мм	D _{вн} , мм	L, мм	l, мм	Число трубок Z	Площадь поверхности нагрева F, м ²	Площадь живого сечения, м ²	
							трубок f, тр	межтрубного пространства f, м ²
14ОСТ 34-588-68 14-273x4000-Р ПВ-z-14	273	259	5032	178	109	20,3	0,01679	0,03077

$d_H \times \delta = 16 \times 1 \text{ мм}$, коэффициент загрязнения трубок $\beta = 1$ по прил.6 [1].

Скорость в трубках I и II ступеней:

$$W_{mp} = \frac{G_{z.в. \max}}{f_{mp} \cdot \rho \cdot 3600} = \frac{52821,82}{0,01679 \cdot 1000 \cdot 3600} = 0,874 \text{ м/с} \quad (4.32)$$

Скорость воды в межтрубном пространстве I и II ступеней:

$$W_{m.mp} = \frac{G_{аб \max}}{f_{m.mp} \cdot \rho \cdot 3600} = \frac{62545,53}{0,03077 \cdot 1000 \cdot 3600} = 0,565 \text{ м/с} \quad (4.33)$$

Средняя температура греющей воды в I ступени:

$$\tau_{I \text{ ср max}} = \frac{\tau_{02 \max} + \tau_{2 \max}}{2} = \frac{31,221 + 19,26}{2} = 25,24 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.34)$$

Средняя температура нагреваемой воды в I ступени:

$$t_{I \text{ ср max}} = \frac{t_c + t_{n \max}}{2} = \frac{5 + 19,16}{2} = 12,08 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.35)$$

Средняя температура греющей воды во II ступени:

$$\tau_{II \text{ ср max}} = \frac{\tau_{1 \text{ нн}} + \tau_{01 \max}}{2} = \frac{82,207 + 43,49}{2} = 62,849 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.36)$$

Средняя температура нагреваемой воды во II ступени:

$$t_{II \text{ ср max}} = \frac{t_h + t_{n \max}}{2} = \frac{65 + 19,16}{2} = 42,08 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4.37)$$

Эквивалентный диаметр межтрубного пространства $d_{ЭКВ}$ определяется по формуле:

$$d_{ЭКВ} = \frac{D_{ВН}^2 - z d_H^2}{D_{ВН} + z d_H} = \frac{0,259^2 - 109 \cdot 0,016^2}{0,259 + 109 \cdot 0,016} = 0,02 \text{ м} \quad (4.38)$$

Коэффициент теплоотдачи от греющей воды к трубкам в I ступени:

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\alpha_{1I} = (1630 + 21 \cdot \tau_{I \text{ ср max}} + 0,041 \cdot \tau_{I \text{ ср max}}^2) \cdot \frac{W_{\text{м.мп}}^{0,8}}{d_{\text{ЭКВ}}^{0,2}} =$$

$$= (1630 + 21 \cdot 25,24 + 0,041 \cdot 25,24^2) \cdot \frac{0,565^{0,8}}{0,02^{0,2}} = 3027,54 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$
(4.39)

Коэффициент теплоотдачи от греющей воды к трубкам во II ступени:

$$\alpha_{1II} = (1630 + 21 \cdot \tau_{II \text{ ср max}} + 0,041 \cdot \tau_{II \text{ ср max}}^2) \cdot \frac{W_{\text{м.мп}}^{0,8}}{d_{\text{ЭКВ}}^{0,2}} =$$

$$= (1630 + 21 \cdot 62,849 + 0,041 \cdot 62,849^2) \cdot \frac{0,565^{0,8}}{0,02^{0,2}} = 4309,40 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$
(4.40)

Коэффициент теплоотдачи от стенок трубок к нагреваемой воде в I ступени:

$$\alpha_{2I} = (1630 + 21 \cdot t_{I \text{ ср max}} + 0,041 \cdot t_{I \text{ ср max}}^2) \cdot \frac{W_{\text{мп}}^{0,8}}{d_{\text{тр.вн.}}^{0,2}} =$$

$$= (1630 + 21 \cdot 12,08 + 0,041 \cdot 12,08^2) \cdot \frac{0,874^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 3984,62 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$
(4.41)

Коэффициент теплоотдачи от стенок трубок к нагреваемой воде во II ступени:

$$\alpha_{2II} = (1630 + 21 \cdot t_{II \text{ ср max}} + 0,041 \cdot t_{II \text{ ср max}}^2) \cdot \frac{W_{\text{мп}}^{0,8}}{d_{\text{тр.вн.}}^{0,2}} =$$

$$= (1630 + 21 \cdot 42,08 + 0,041 \cdot 42,08^2) \cdot \frac{0,874^{0,8}}{0,014^{0,2}} = 5453,34 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$
(4.42)

Коэффициент теплопередачи I ступени:

$$K_I = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_{1I}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{2I}}} = \frac{1}{\frac{1}{3027,54} + \frac{0,001}{110} + \frac{1}{3984,62}} = 1693,796 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$
(4.43)

Коэффициент теплопередачи II ступени:

$$K_{II} = \frac{\beta}{\frac{1}{\alpha_{1II}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{2II}}} = \frac{1}{\frac{1}{4309,40} + \frac{0,001}{110} + \frac{1}{5453,34}} = 2355,93 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{°C}$$
(4.44)

Поверхность нагрева I ступени:

$$F_I = \frac{Q_{I \text{ max}}}{K_I \cdot \Delta t_{I \text{ max}}} = \frac{869,88 \cdot 1000}{1693,796 \cdot 13,168} = 39,00 \text{ м}^2$$
(4.45)

Поверхность нагрева II ступени:

$$F_{II} = \frac{Q_{II \text{ max}}}{K_{II} \cdot \Delta t_{II \text{ max}}} = \frac{2816,203 \cdot 1000}{2355,93 \cdot 20,587} = 58,064 \text{ м}^2$$
(4.46)

Число секций в I ступени:

$$n_I = \frac{F_I}{F} = \frac{39,00}{20,3} = 1,92 \approx 2$$
(4.47)

Число секций в II ступени:

$$n_{II} = \frac{F_{II}}{F} = \frac{58,064}{20,3} = 2,86 \approx 3$$
(4.48)

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5. Расчёт регулирования отпуска теплоты по совмещённой нагрузке

Задача расчёта является определение перепадов температур сетевой воды в подогревателе горячей воды, т.е.:

$$\delta = \delta_I + \delta_{II} = \frac{Q_{2,6}^{\delta}}{Q_o} \cdot (\tau_{01} - \tau_{02}) = \frac{1068,404}{3457,255} \cdot (150 - 70) = 24,723 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (5.1)$$

где δ_I - разность температур воды в тепловой сети в нижней ступени подогревателя;

δ_{II} - разность температур воды в тепловой сети в верхней ступени подогревателя;

$\delta_I + \delta_{II} = const$ при любых температурах наружного воздуха.

Диапазон I

При температуре наружного воздуха в точке излома температурного графика $t_{н.и}$ температуры сетевой воды в подающей и обратной линии тепловой сети $\tau_{01,ни} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ и $\tau_{02,ни} = 42,376 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

При двухступенчатом подогреве горячей воды в нижней ступени её недогрев до τ_{02} равен $6 \div 9 \text{ }^{\circ}\text{C}$, следовательно, температура водопроводной воды на выходе из подогревателя нижней ступени I:

$$t_{н,ни} = \tau_{02,ни} - (6 \div 9) = 42,376 - 7 = 35,376 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (5.2)$$

Перепад температур греющей воды в I ступени при $t_{н.и}$:

$$\delta_{I,ни} = \delta \cdot \frac{t_{н,ни} - t_c}{t^h - t_c} = 24,723 \cdot \frac{35,376 - 5}{60 - 5} = 13,654 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (5.3)$$

Перепад температур греющей воды во II ступени при $t_{н.и}$:

$$\delta_{II,ни} = \delta - \delta_{I,ни} = 24,723 - 13,654 = 11,069 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (5.4)$$

Температура воды в подающей трубе при повышенном графике в точке излома:

$$\tau_{1ни} = \tau_{01ни} + \delta_{II,ни} = 70 + 11,069 = 81,069 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (5.5)$$

Рассчитаем температуру воды в обратном трубопроводе при повышенном графике в точке излома по формуле:

$$\tau_{2,ни} = \tau_{02ни} - \delta_{I,ни} = 42,376 - 13,654 = 28,722 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (5.6)$$

При $t_{нк}$: $\tau_{1,нк} = \tau_{1,ни} = 81,069 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\tau_{2,нк} = \tau_{2,ни} = 28,722 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Диапазон II

При t_o : $Q_o = 1,0$; $\tau_{01} = 150 \text{ }^{\circ}\text{C}$; $\tau_{02} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

В диапазоне переменных температур в тепловой сети перепад температур сетевой воды в подогревателе нижней ступени находят по формуле:

$$\delta_I = \delta_{I,ни} \cdot \frac{\tau_{02} - t_c}{\tau_{02,ни} - t_c} = 13,654 \cdot \frac{70 - 5}{42,376 - 5} = 23,745 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (5.7)$$

Снижение температуры сетевой воды во II ступени при t_o :

$$\delta_{II} = \delta - \delta_I = 24,723 - 23,745 = 0,978 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (5.8)$$

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Зная τ_{01} и τ_{02} , а также δ_I и δ_{II} , находят температуры теплоносителя при повышенном графике:

$$\tau_1 = \tau_{01} + \delta_{II} = 150 + 0,978 = 150,978 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.9)$$

$$\tau_2 = \tau_{02} - \delta_I = 70 - 23,745 = 46,255 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.10)$$

При t_{om} :
$$\bar{Q}_o = \frac{t_i - t_{om}}{t_i - t_o} = \frac{20 - (-6,1)}{20 - (-37)} = 0,4579.$$

Температура воды в подающей трубе при t_{om} :

$$\begin{aligned} \tau_{01} &= t_i + \Delta t_o' \cdot (\bar{Q}_o)^{0,8} + (\delta\tau_o' - \frac{\theta_o'}{2}) \cdot \bar{Q}_o = \\ &= 20 + 62,5 \cdot (0,4579)^{0,8} + (80 - \frac{25}{2}) \cdot 0,4579 = 84,366 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (5.11)$$

Температура воды в обратной линии после элеватора при t_{om} :

$$\tau_{02} = \tau_{01} - \delta\tau \cdot \bar{Q}_o = 84,366 - 80 \cdot 0,4579 = 47,734 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.12)$$

Перепад температур сетевой воды в подогревателе нижней ступени:

$$\delta_I = \delta_{I,nu} \cdot \frac{\tau_{02} - t_c}{\tau_{02,nu} - t_c} = 13,654 \cdot \frac{47,734 - 5}{42,376 - 5} = 15,611 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.13)$$

Снижение температуры сетевой воды во II ступени при t_{om} :

$$\delta_{II} = \delta - \delta_I = 24,723 - 15,611 = 9,112 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.14)$$

Температуры теплоносителя при повышенном графике:

$$\tau_1 = \tau_{01} + \delta_{II} = 84,366 + 9,112 = 93,478 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.15)$$

$$\tau_2 = \tau_{02} - \delta_I = 47,734 - 15,611 = 32,123 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.16)$$

Результаты расчета сводим в таблицу 7.

Регулирование отпуска теплоты по совмещённой нагрузке отопления и горячего водоснабжения

Таблица 7

Наименование	Размерность	Температура наружного воздуха, °C			
		$t_o = -37 \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_{om} = -6,1 \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_{nu} = 0,32 \text{ } ^\circ\text{C}$	$t_{нк} = 10 \text{ } ^\circ\text{C}$
Q_h^σ	МВт	1,068	1,068	1,068	1,068
δ	°C	24,723	24,723	24,723	24,723
δ_I	°C	23,745	15,611	13,654	13,654
δ_{II}	°C	0,978	9,112	11,069	11,069
τ_{01}	°C	150	84,366	70	70
τ_1	°C	150,978	93,478	81,069	81,069
τ_{02}	°C	70	47,734	42,376	42,376
τ_2	°C	46,255	32,123	28,722	28,722

6. Предварительный гидравлический расчет тепловой сети

Гидравлический расчёт является важнейшим элементом проектирования тепловых сетей. В задачу гидравлического расчёта входят:

1. Определение диаметров трубопроводов.
2. Определение падения напора в сети.
3. Установление величин напоров (давлений) в различных точках сети.

4. Увязка напоров в различных точках системы при статическом и динамическом режимах её работы. Рекомендовано принимать следующие значения удельных потерь давления на трение [10]:

а) для основного расчётного направления от источника тепла до наиболее удалённого потребителя - до 80 Па/м. Скорость движения воды в трубопроводах не должна превышать 1,5 м/с.

б) для остальных участков - по располагаемому перепаду давления, но не более 300 Па/м. Скорость движения воды в трубопроводах не должна превышать 3,5 м/с.

Подбор диаметров труб участков магистрали и ответвления при предварительном гидравлическом расчёте производится в зависимости от расходов воды и удельных падений напоров по таблицам приложения 3 [3].

Предварительный гидравлический расчет трубопроводов Т1 и Т2

Таблица 8

№ уч-ка	G , кг/с	R_n , Па/м	$d_n \times \delta$ мм	v , м/с	l , м	α	$l_{np} = l \cdot (1 + \alpha)$, м	$\Delta P = R_n \cdot l_{np}$, Па	$\Sigma \Delta P$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Магистраль</i>									
УТ5-УТ4	1,86	59,17	76x3	0,505	22	0,3	28,60	1692,26	1692,26
УТ4-УТ3	2,79	57,3	89x4	0,549	101	0,3	131,30	7523,49	9215,75
УТ3-УТ2	4,65	56,05	108x4	0,621	43	0,3	55,90	3133,20	12348,95
УТ2-УТ1	6,97	38,29	133x4	0,597	136	0,3	176,80	6769,67	19118,62
УТ1-ЦТП	10,22	31,45	159x4,5	0,603	14	0,3	18,20	572,39	19691,01
ЦТП1	10,32	32,11	159x4,5	0,609	106	0,3	137,80	4424,76	24115,77
<i>Ответвления</i>									
УТ7-УТ6	1,63	245,45	57x3	0,835	22	0,3	28,60	7019,87	7019,87
УТ6-УТ2	2,32	92,02	76x3	0,63	43	0,3	55,90	5143,92	12163,79
Невязка $\Delta = \frac{12348,95 - 12163,79}{12348,95} \cdot 100 = 1,5 \% < 10 \%$									
УТ12-УТ11	0,774	55,26	57x3	0,394	12	0,3	15,60	862,06	862,06
УТ11-УТ10	1,161	125,04	57x3	0,591	109	0,3	141,70	17718,17	18580,22
УТ10-УТ9	1,858	25,42	89x4	0,372	22	0,3	28,60	727,01	19307,24
УТ9-УТ8	2,555	16,72	108x4	0,343	22	0,3	28,60	478,19	19785,43
УТ8-УТ1	3,252	27,18	108x4	0,435	32	0,3	41,60	1130,69	20916,12
Невязка $\Delta = \frac{19118,01 - 20916,12}{19118,01} \cdot 100 = -9,4 \% < 10 \%$									

Предварительный гидравлический расчет трубопроводов Т3

Таблица 9

№ уч-ка	G, кг/с	R _л , Па/м	d _н × δ мм	v, м/с	l, м	α	l _{нр} = l · (1 + α), м	ΔP = R _л · l _{нр} , Па	ΣΔP, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Магистраль</i>									
УТ5-УТ4	2,56	16,78	108×4	0,344	22	0,3	28,60	479,91	479,91
УТ4-УТ3	3,85	38,1	108×4	0,515	101	0,3	131,30	5002,53	5482,44
УТ3-УТ2	6,41	32,52	133×4	0,547	43	0,3	55,90	1817,87	7300,31
УТ2-УТ1	9,65	73,45	133×4	0,822	136	0,3	176,80	12985,96	20286,27
УТ1-ЦТП	14,52	64	159×4,5	0,851	14	0,3	18,20	1164,80	21451,07
ЦТП1	14,67	65,5	159×4,5	0,86	106	0,3	137,80	9025,90	30476,97
<i>Ответвления</i>									
УТ7-УТ6	2,26	87,31	76×3	0,615	22	0,3	28,60	2497,07	2497,07
УТ6-УТ2	3,24	77,24	89×4	0,638	43	0,3	55,90	4317,72	6814,78
Невязка $\Delta = \frac{7300,31 - 6814,78}{7300,31} \cdot 100 = 6,65 \% < 10 \%$									
УТ12-УТ11	1,288	154,12	57×3	0,654	12	0,3	15,60	2404,27	2404,27
УТ11-УТ10	1,932	63,81	76×3	0,523	109	0,3	141,70	9041,88	11446,15
УТ10-УТ9	2,912	145,2	76×3	0,788	22	0,3	28,60	4152,72	15598,87
УТ9-УТ8	3,891	111,46	89×4	0,768	22	0,3	28,60	3187,76	18786,63
УТ8-УТ1	4,871	61,13	108×4	0,652	32	0,3	41,60	2543,01	21329,63
Невязка $\Delta = \frac{20286,27 - 21329,63}{20286,27} \cdot 100 = -5,14 \% < 10 \%$									

Предварительный гидравлический расчет трубопроводов Т4

Таблица 10

№ уч-ка	G, кг/с	R _л , Па/м	d _н × δ мм	v, м/с	l, м	α	l _{нр} = l · (1 + α), м	ΔP = R _л · l _{нр} , Па	ΣΔP, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Магистраль</i>									
УТ5-УТ4	0,41	65,1	45×3	0,358	22	0,3	28,60	1861,86	1861,86
УТ4-УТ3	0,61	33	57×3	0,314	101	0,3	131,30	4332,90	6194,76
УТ3-УТ2	1,02	17,42	76×3	0,276	43	0,3	55,90	973,78	7168,54
УТ2-УТ1	1,52	39,58	76×3	0,41	136	0,3	176,80	6997,74	14166,28
УТ1-ЦТП	2,24	36,96	89×4	0,44	14	0,3	18,20	672,67	14838,95
ЦТП1	2,26	37,64	89×4	0,445	106	0,3	137,80	5186,79	20025,75
<i>Ответвления</i>									
УТ7-УТ6	0,36	46,3	45×3	0,32	22	0,3	28,60	1324,18	1324,18
УТ6-УТ2	0,51	112,76	45×3	0,448	43	0,3	55,90	6303,28	7627,46
Невязка $\Delta = \frac{7168,54 - 7627,46}{7168,54} \cdot 100 = -6,4 \% < 10 \%$									

№ уч-ка	G , кг/с	R_n , Па/м	$d_n \times \delta$ мм	v , м/с	l , м	α	$l_{np} = l \cdot (1 + \alpha)$, м	$\Delta P = R_n \cdot l_{np}$, Па	$\Sigma \Delta P$, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Ответвления</i>									
УТ12-УТ11	0,170	29,65	38x3	0,22	12	0,3	15,60	462,54	462,54
УТ11-УТ10	0,255	71,18	38x3	0,333	109	0,3	141,70	10086,21	10548,75
УТ10-УТ9	0,408	64,44	45x3	0,356	22	0,3	28,60	1842,98	12391,73
УТ9-УТ8	0,561	27,6	57x3	0,287	22	0,3	28,60	789,36	13181,09
УТ8-УТ1	0,714	50,61	57x3	0,376	32	0,3	41,60	2105,38	15286,47
Невязка $\Delta = \frac{14166,28 - 15286,47}{14166,28} \cdot 100 = -7,91 \% < 10 \%$									

7. Составление монтажной схемы сети

Монтажная схема разрабатывается после трассировки тепловой сети, составления расчётной схемы, выбора способа прокладки тепловых сетей, предварительного гидравлического расчёта. Монтажную схему тепловой сети выполнена в графической части проекта. Её выполняют без масштаба в четыре линии: подающая - Т1 - справа по ходу теплоносителя источника теплоты и обратная - Т2, Т3 – на гвс и Т4 – на рециркуляцию.

Построение монтажной схемы заключается в расстановке на трассе тепловых сетей запорно-регулирующей арматуры, неподвижных опор и компенсаторов. На магистрали показывают места врезки ответвлений, запорную арматуру, неподвижные опоры, переходы.

Запорную арматуру в тепловых сетях следует предусматривать [4]:

а) на всех трубопроводах выводов тепловых сетей от источников теплоты, независимо от параметров теплоносителя и диаметров трубопроводов;

б) на трубопроводах водяных тепловых сетей $D_y \geq 100$ мм на расстоянии не более 1000 м друг от друга (секционирующие задвижки) с устройством перемычки между подающим и обратным трубопроводами (со стороны источника теплоты) диаметром, равным 0,3 диаметра трубопровода, но не менее 50 мм; на перемычке подлежит предусматривать две задвижки и контрольный вентиль между ними $D 25$ мм;

в) в водяных и паровых тепловых сетях в узлах на трубопроводах ответвлений $D_y \geq 100$ мм, а также в узлах на трубопроводах ответвлений к отдельным зданиям, независимо от диаметра трубопровода. При длине ответвлений к отдельным зданиям до 30 м и при $D_y 50$ мм допускается запорную арматуру на этих ответвлениях не устанавливать; при этом следует предусматривать запорную арматуру, обеспечивающую отключение группы зданий с суммарной тепловой нагрузкой, не превышающей 0,6 МВт.

									Лист
									25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Неподвижные опоры предусматривают на выходе из источника теплоты, в узлах ответвлений. Число дополнительных неподвижных опор на участках зависит от допустимых расстояний между неподвижными опорами.

Независимо от параметров теплоносителя трубопроводы должны быть спроектированы таким образом, чтобы имели возможность свободно удлиняться (при нагреве) или укорачиваться (при снижении температуры теплоносителя).

В некоторых случаях тепловые изменения длин трубопроводов можно компенсировать за счёт эластичности самого трубопровода. Например, при наличии на трассе тепловой сети поворотов и изгибов.

Такая компенсация возникающих усилий называется самокомпенсацией. Повороты трассы под углом 90-130° используют для самокомпенсации тепловых удлинений трубопроводов независимо от параметров теплоносителя, способа прокладки и диаметров труб. Расстояние между неподвижными опорами трубопроводов на участках самокомпенсации рекомендуется принимать не более 60% от указанных для П-образных компенсаторов.

На всех ответвлениях теплопроводов в камере устанавливают отключающую арматуру. Переход на другой диаметр осуществляют в пределах камеры. Неподвижную опору располагают на теплопроводах большего диаметра.

По выполненной монтажной схеме определяем эквивалентные длины местных сопротивлений по участкам. Результаты расчета заносим в таблицы 11, 12, 13.

Эквивалентные длины местных сопротивлений для Т1 и Т2

Таблица 11

Номер участка	Коэффициенты местных сопротивлений					Эквивалентная длина при $\sum \xi = 1$, $l_{\text{эуд}}$, м	Эквивалентная длина на участке $l_{\text{э}} = l_{\text{эуд}} \cdot \sum \xi$, м
	Задвижка	Поворот	Тройник	Компенсатор	$\sum \xi$		
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Магистраль</i>							
ЦТП-УТ1	1x0,5	0	1x1,5	1x2,8	4,8	5,7	27,360
УТ1-УТ2	-	1x0,6	1x1,5	2x2,8	7,7	4,52	34,804
УТ2-УТ3	-	1x0,6	2x1,0	1x2,8	5,4	3,42	18,468
УТ3-УТ4	-	-	1x1,0	2x2,8	6,6	1,63	10,758
УТ4-УТ5	1x0,5	-	1x1,0	1x2,8	4,3	2,19	9,417
<i>Ответвление</i>							
УТ2-УТ6	1x0,5	1x0,6	1x1,0	1x2,8	4,9	2,19	10,731
УТ6-УТ7	1x0,5	-	1x1,0	1x2,8	4,3	1,47	6,321
<i>Ответвление</i>							
УТ1-УТ8	1x0,5	1x0,6	1x1,0	1x2,8	4,9	3,42	16,758
УТ8-УТ9	-	-	1x1,0	1x2,8	3,8	3,42	12,996
УТ9-УТ10	-	-	1x1,0	1x2,8	3,8	2,63	9,994
УТ10-УТ11	-	-	1x1,0	3x2,8	9,4	1,47	13,818
УТ11-УТ12	1x0,5	-	1x1,0	1x2,8	4,3	1,47	6,321

Эквивалентные длины местных сопротивлений для Т3

Таблица 12

Номер участка	Коэффициенты местных сопротивлений					Эквивалентная длина при $\sum \xi = 1$, $l_{\text{эуд}}$, м	Эквивалентная длина на участке $l_{\text{э}} = l_{\text{эуд}} \cdot \sum \xi$, м
	Задвижка	Поворот	Тройник	Компенсатор	$\sum \xi$		
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Магистраль</i>							
ЦТП-УТ1	1x0,5	0	1x1,5	1x2,8	4,8	5,7	27,36
УТ1-УТ2	-	1x0,6	1x1,5	2x2,8	7,7	4,52	34,804
УТ2-УТ3	-	1x0,6	2x1,0	1x2,8	5,4	4,52	24,408
УТ3-УТ4	-	-	1x1,0	2x2,8	6,6	3,42	22,572
УТ4-УТ5	1x0,5	-	1x1,0	1x2,8	4,3	3,42	14,706
<i>Ответвление</i>							
УТ2-УТ6	1x0,5	1x0,6	1x1,0	1x2,8	4,9	2,63	12,887
УТ6-УТ7	1x0,5	-	1x1,0	1x2,8	4,3	2,19	9,417
<i>Ответвление</i>							
УТ1-УТ8	1x0,5	1x0,6	1x1,0	1x2,8	4,9	3,42	16,758
УТ8-УТ9	-	-	1x1,0	1x2,8	3,8	2,63	9,994
УТ9-УТ10	-	-	1x1,0	1x2,8	3,8	2,19	8,322
УТ10-УТ11	-	-	1x1,0	3x2,8	9,4	2,19	20,586
УТ11-УТ12	1x0,5	-	1x1,0	1x2,8	4,3	1,47	6,321

Эквивалентные длины местных сопротивлений для Т4

Таблица 13

Номер участка	Коэффициенты местных сопротивлений					Эквивалентная длина при $\sum \xi = 1$, $l_{\text{эуд}}$, м	Эквивалентная длина на участке $l_{\text{э}} = l_{\text{эуд}} \cdot \sum \xi$, м
	Задвижка	Поворот	Тройник	Компенсатор	$\sum \xi$		
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Магистраль</i>							
ЦТП-УТ1	1x0,5	0	1x1,5	1x2,8	4,8	2,63	12,624
УТ1-УТ2	-	1x0,6	1x1,5	2x2,8	7,7	2,19	16,863
УТ2-УТ3	-	1x0,6	2x1,0	1x2,8	5,4	2,19	11,826
УТ3-УТ4	-	-	1x1,0	2x2,8	6,6	1,47	9,702
УТ4-УТ5	1x0,5	-	1x1,0	1x2,8	4,3	1,09	4,687
<i>Ответвление</i>							
УТ2-УТ6	1x0,5	1x0,6	1x1,0	1x2,8	4,9	1,09	5,341
УТ6-УТ7	1x0,5	-	1x1,0	1x2,8	4,3	1,09	4,687
<i>Ответвление</i>							
УТ1-УТ8	1x0,5	1x0,6	1x1,0	1x2,8	4,9	1,47	7,203
УТ8-УТ9	-	-	1x1,0	1x2,8	3,8	1,47	5,586
УТ9-УТ10	-	-	1x1,0	1x2,8	3,8	1,09	4,142
УТ10-УТ11	-	-	1x1,0	3x2,8	9,4	0,85	7,990
УТ11-УТ12	1x0,5	-	1x1,0	1x2,8	4,3	0,85	3,655

По приложению 4 [3] определяем коэффициенты местных сопротивлений ξ , находим сумму коэффициентов местных сопротивлений (МС) на участке $\sum \xi$, по приложению 5 [3] определяем $l_{\text{эуд}}$ при $\sum \xi = 1$, суммарную эквивалентную длину МС на участке:

$$l_{\text{э}} = l_{\text{эуд}} \cdot \sum \xi \quad (7.1)$$

В окончательном гидравлическом расчете по уточненным эквивалентным длинам определяют падение напора по участкам.

Результаты окончательного гидравлического расчета сводим в таблицы 14, 15, 16.

Окончательный гидравлический расчет трубопроводов Т1 и Т2

Таблица 14

Номер уч-ка	G, кг/с	R _л , Па/м	dxδ, мм	v м/с	l, м	l, м	$l_{\text{np}} = l + l_{\text{э}}$, м	$\Delta P = R_{\text{л}} * l_{\text{np}}$, Па	$H = \frac{\Delta P}{9800}$, м	$\sum H$, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Магистраль</i>										
ЦТП-УТ1	10,22	31,45	159x4,5	0,603	14	27,36	41,36	1300,77	0,133	0,133
УТ1-УТ2	6,97	38,29	133x4	0,597	136	34,804	170,80	6540,09	0,667	0,800
УТ2-УТ3	4,65	56,05	108x4	0,621	43	18,468	61,47	3445,28	0,352	1,152
УТ3-УТ4	2,79	57,3	89x4	0,549	101	10,758	111,76	6403,73	0,653	1,805
УТ4-УТ5	1,86	59,17	76x3	0,505	22	9,417	31,42	1858,94	0,190	1,995
<i>Ответвление</i>										
УТ2-УТ6	2,32	92,02	76x3	0,63	43	10,731	53,73	4944,33	0,505	0,505
УТ6-УТ7	1,63	245,45	57x3	0,835	22	6,321	28,32	6951,39	0,709	1,214
<i>Ответвление</i>										
УТ1-УТ8	3,25	27,18	108x4	0,435	32	16,758	48,76	1325,24	0,135	0,135
УТ8-УТ9	2,55	16,72	108x4	0,343	22	12,996	35,00	585,13	0,060	0,195
УТ9-УТ10	1,86	25,42	89x4	0,372	22	9,994	31,99	813,29	0,083	0,278
УТ10-УТ11	1,16	125,04	57x3	0,591	109	13,818	122,82	15357,16	1,567	1,845
УТ11-УТ12	0,77	55,26	57x3	0,394	12	6,321	18,32	1012,42	0,103	1,948

Окончательный гидравлический расчет трубопроводов Т3

Таблица 15

Номер уч-ка	G, кг/с	R _л , Па/м	dxδ, мм	v м/с	l, м	l, м	$l_{\text{np}} = l + l_{\text{э}}$, м	$\Delta P = R_{\text{л}} * l_{\text{np}}$, Па	$H = \frac{\Delta P}{9800}$, м	$\sum H$, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Магистраль</i>										
ЦТП-УТ1	14,52	64	159x4,5	0,851	14	27,36	41,36	2647,04	0,270	0,270
УТ1-УТ2	9,65	73,45	133x4	0,822	136	34,804	170,80	12545,55	1,280	1,550
УТ2-УТ3	6,41	32,52	133x4	0,547	43	24,408	67,41	2192,11	0,224	1,774
УТ3-УТ4	3,85	38,1	108x4	0,515	101	22,572	123,57	4708,09	0,480	2,254
УТ4-УТ5	2,56	16,78	108x4	0,344	22	14,706	36,71	615,93	0,063	2,317
<i>Ответвление</i>										
УТ2-УТ6	3,24	77,24	89x4	0,638	43	12,887	55,89	4316,71	0,440	0,440
УТ6-УТ7	2,26	87,31	76x3	0,615	22	9,417	31,42	2743,02	0,280	0,720

					<i>ИСТИЭС КП 17.23</i>					Лист 28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Номер уч-ка	$G, \text{ кг/с}$	$R_n, \text{ Па/м}$	$d \times d, \text{ мм}$	$v, \text{ м/с}$	$l, \text{ м}$	$l, \text{ м}$	$l_{np} = l + l_{\Sigma}, \text{ м}$	$\Delta P = R_n * l_{np}, \text{ Па}$	$H = \frac{\Delta P}{9800}, \text{ м}$	$\Sigma H, \text{ м}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Ответвление</i>										
УТ1-УТ8	4,87	61,13	108x4	0,652	32	16,758	48,76	2980,58	0,304	0,304
УТ8-УТ9	3,89	111,46	89x4	0,768	22	9,994	31,99	3566,05	0,364	0,668
УТ9-УТ10	2,91	145,2	76x3	0,788	22	8,322	30,32	4402,75	0,449	1,117
УТ10-УТ11	1,93	63,81	76x3	0,523	109	20,586	129,59	8268,88	0,844	1,961
УТ11-УТ12	1,29	154,12	57x3	0,654	12	6,321	18,32	2823,63	0,288	2,249

Окончательный гидравлический расчет трубопроводов Т4

Таблица 16

Номер уч-ка	$G, \text{ кг/с}$	$R_n, \text{ Па/м}$	$d \times d, \text{ мм}$	$v, \text{ м/с}$	$l, \text{ м}$	$l, \text{ м}$	$l_{np} = l + l_{\Sigma}, \text{ м}$	$\Delta P = R_n * l_{np}, \text{ Па}$	$H = \frac{\Delta P}{9800}, \text{ м}$	$\Sigma H, \text{ м}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>Магистраль</i>										
ЦТП-УТ1	2,24	36,96	89x4	0,44	14	12,624	26,62	984,02	0,100	0,100
УТ1-УТ2	1,52	39,58	76x3	0,41	136	16,863	152,86	6050,32	0,617	0,718
УТ2-УТ3	1,02	17,42	76x3	0,276	43	11,826	54,83	955,07	0,097	0,815
УТ3-УТ4	0,61	33	57x3	0,314	101	9,702	110,70	3653,17	0,373	1,188
УТ4-УТ5	0,41	65,1	45x3	0,358	22	4,687	26,69	1737,32	0,177	1,365
<i>Ответвление</i>										
УТ2-УТ6	0,51	112,76	45x3	0,448	43	5,341	48,34	5450,93	0,556	0,556
УТ6-УТ7	0,36	46,3	45x3	0,32	22	4,687	26,69	1235,61	0,126	0,682
<i>Ответвление</i>										
УТ1-УТ8	0,71	50,61	57x3	0,376	32	7,203	39,20	1984,06	0,202	0,202
УТ8-УТ9	0,56	27,6	57x3	0,287	22	5,586	27,59	761,37	0,078	0,280
УТ9-УТ10	0,41	64,44	45x3	0,356	22	4,142	26,14	1684,59	0,172	0,452
УТ10-УТ11	0,26	71,18	38x3	0,333	109	7,99	116,99	8327,35	0,850	1,302
УТ11-УТ12	0,17	29,65	38x3	0,22	12	3,655	15,66	464,17	0,047	1,349

8. Пьезометрический график

При проектировании и эксплуатации разветвленных тепловых сетей для учета взаимного влияния профиля района, потери давления в тепловой сети пользуются пьезометрическим графиком. По пьезометрическому графику можно легко определить высоты абонентских систем, давление и располагаемый перепад давлений в любой точке сети.

Пьезометрический график строится после выполнения окончательного гидравлического расчета и выполняется в масштабах вертикальном 1:500, горизонтальном 1:1000.

На пьезометрическом графике показывается распределение давлений в тепловых сетях, рельеф местности, высота присоединяемых зданий, потери напора в сети, фактические значения для подбора сетевых и подпиточных насосов.

					ИСТИЭС КП 17.23					Лист
										29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Пьезометрический график строится для статического и динамического режима системы теплоснабжения.

Статический режим – когда циркуляция отсутствует и система теплоснабжения заполнена водой до 100°C. Этот режим обеспечивается работой подпиточного насоса, который компенсирует утечки теплоносителя. График давлений сети при этом режиме изображается прямой горизонтальной линией. Чтобы в верхних точках систем отопления не образовывался вакуум и не происходило частичного опорожнения системы, линия статических напоров должна быть на 5 м выше самого высокого здания. Все здания должны быть под заливом. Максимальный статический напор не должен превышать 60 м, так как при зависимом присоединении абонентов и использовании радиаторов в системе отопления максимально пьезометрический напор для статического динамического режима составляет 60 м. Линия статических напоров обозначается S-S. При разработке пьезометрического графика следует стремиться к установлению единого уровня статического давления для всей системы теплоснабжения.

Динамический режим – теплоноситель циркулирует в трубопроводах от источника теплоты к потребителям и от потребителей к источнику теплоты. Динамический режим осуществляется работой сетевых насосов. В закрытых системах падение давления в падающих и обратных трубопроводах на участках одинаковы.

В курсовой работе для закрытых систем теплоснабжения пьезометрический график разрабатывается для отопительного сезона.

При построении пьезометрического графика ось теплотрассы условно совмещают с поверхностью земли. Принимают, что отметка оси насосов и нагревательных приборов первых этажей совпадает с отметкой земли, а высшее положение воды в местных системах соответствует высоте здания.

Для построения пьезометрического графика необходимы следующие данные: схема тепловой сети, профиль тепловой сети, данные окончательного гидравлического расчета, параметры теплоносителя, высоты зданий, необходимая разность напоров в подающей и обратной магистрали – располагаемый напор у конечного абонента. В закрытых системах теплоснабжения принимают $\Delta H_{аб} = 15-25$ м. Потери напора на источнике теплоты для котельной равны $\Delta H_{ит} = 10-20$ м.

При разработке гидравлических режимов необходимо учитывать следующие требования:

1. Давление не должно превышать допустимых значений. В стальных трубопроводах и арматуре тепловых сетей максимальное допустимое избыточное давление считают равным 1,6 МПа, что соответствует 160 м пьезометрического напора. Предельно допустимые напоры:

Таблица 17

Наименование оборудования	Предельно допустимые напоры, м
Стальные водогрейные котлы	250
Чугунные котлы	60
Подогреватели сетевой воды БО и БТ	140
Скоростные подогреватели воды МВН	100
Калориферы	80
Чугунные радиаторы	60

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Во всех элементах системы теплоснабжения нужно обеспечивать избыточное давление. Минимальное значение принимают 0,05 МПа (5 м. вод. ст.). Это необходимо для предупреждения кавитации насосов и защиты системы теплоснабжения от подсоса воздуха. При невыполнении этого требования происходит коррозия оборудования нарушение циркуляции воды.

3. Минимальный напор в подающем трубопроводе должен обеспечивать не вскипание теплоносителя при его циркуляции в сети. Это требование относится лишь к динамическому режиму, так как при переходе на статический режим перед остановкой циркуляционных насосов можно снизить температуру теплоносителя. Условия не вскипания определяют в зависимости от расчетной температуры воды:

Таблица 18

Расчетная температура сетевой воды, °С	120	130	140	150	160	170	180
Максимальный напор, м	10	20	30	40	55	72	93

Максимальный пьезометрический напор для обратного теплопровода не должен превышать 60 м в чугунных радиаторах нижних этажей систем отопления, присоединяемых по элеваторной схеме, а при независимых – 100 м из условия прочности. В данном курсовом проекте максимальный напор составляет 60 м.

На пьезометрическом графике от напоров в магистрали в точке присоединения ответвления проводят горизонталы, на них откладывают длины участков ответвления и по данным таблицы строят графики напоров ответвления.

При наличии грунтовых вод или глинистых грунтов устраивают попутные дренажи. Выбор конструкции дренажа зависит от условий прокладки теплосетей, например, от уровня и направления движения грунтовых вод, от уклона трассы тепловых сетей, характера строения грунта.

9. Построение продольного профиля трассы

Продольный профиль выполнен в масштабах:

- по горизонтали М 1:5000
- по вертикали М 1:100

Направление теплопроводов (трасса) выбирается по тепловой карте района с учетом материалов геодезической съемки, плана существующих и намечаемых надземных и подземных сооружений, данных о характере грунтов и высоте стояния грунтовых вод. Следует стремиться к прокладке магистральной трассы в районе наиболее плотной тепловой нагрузки, к наименьшей длине теплопровода и минимальному объему работ по сооружению сети.

При выборе трассы теплопровода следует руководствоваться в первую очередь условиями: надежности теплоснабжения, безопасности работы обслуживающего персонала, быстрой ликвидации возможных неполадок и аварий.

По трассе тепловых сетей строится продольный профиль, на который наносятся планировочные отметки земли, уровень стояния грунтовых вод, существующие и

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

проектируемые подземные коммуникации, и другие сооружения, пересекаемые теплопроводом, с указанием вертикальных отметок этих сооружений.

Профили сетей изображают в виде разверток по осям трасс сетей.

Трубопроводы бесканальной прокладки показываются контурными очертаниями наружных габаритов сплошной тонкой линией с указанием осей труб; неподвижные опоры - условным графическим изображением.

Трубопроводы в каналах, тоннелях, камерах и нишах не изображают.

Трубы проложены в лотковых каналах МКЛ, размеры которых зависят от диаметров трубопроводов, проложенных в каналах.

На профилях надземной прокладки сетей трубопроводы каждого яруса изображают одной сплошной основной линией.

При проектировании продольного профиля прокладки трубопроводов в профиле указываются уклоны трубопроводов тепловых сетей между основными точками трассы, места размещения камер, неподвижных опор, ниш компенсаторов.

Уклон труб тепловых сетей независимо от направления движения теплоносителя должен быть не менее 0,002.

Устанавливаем тепловые камеры высотой 2,1 м, поскольку диаметры трубопроводов менее 600 мм.

В самых высоких точках трассы предусматривается выпуск воздуха, а в самых низких точках – спуск воды. Диаметры штуцеров и запорной арматуры для выпуска воздуха и слива воды принимаются согласно таблицам 19 и 20. Спуск воды из трубопроводов осуществляется в сбросные колодцы с отводом воды из них самотеком в системы канализации и в поглощающие колодцы.

Условный проход штуцера и запорной арматуры
для выпуска воздуха

Таблица 19

Условный проход трубопровода, мм	25-80	100-150
Условный проход штуцера и запорной арматуры для выпуска воздуха, мм	15	20

Условный проход штуцера и арматуры для спуска воды
и подачи сжатого воздуха

Таблица 20

Условный проход трубопровода, мм	50-80	100-150
Условный проход штуцера и запорной арматуры для спуска воды, мм	40	80
То же, для подачи сжатого воздуха, мм	25	40
Условный проход перемычки, мм	50	80

Одним из основных условий повышения долговечности и надежности подземных тепловых сетей является защита их от затопления грунтовыми или поверхностными водами. Затопление сетей приводит к разрушению изоляции, развитию наружной коррозии трубопроводов, а также к резкому увеличению тепловых потерь. Поэтому при строительстве подземные тепловые сети желательно располагать выше уровня грунтовых вод.

Поскольку в данном проекте это не осуществимо, то при прокладке тепловых сетей ниже максимального уровня стояния грунтовых вод следует предусматривать искусственное понижение грунтовых вод — попутный дренаж, а для наружных поверхностей строительных конструкций — обмазочную битумную изоляцию [9].

Для тепловых сетей, как правило, применяются горизонтальные дренажи. Дренажные устройства (рис. 5) прокладывают вдоль трассы тепловых сетей по одну (односторонние дренажи) или обе стороны (двусторонние дренажи) от нее. Односторонние дренажи располагают со стороны притока грунтовых вод. Выбор конструкции дренажа зависит от условий прокладки теплосетей: уровня и направления движения грунтовых вод, их дебита, уклона трассы тепловых сетей, характера строения грунта и др.

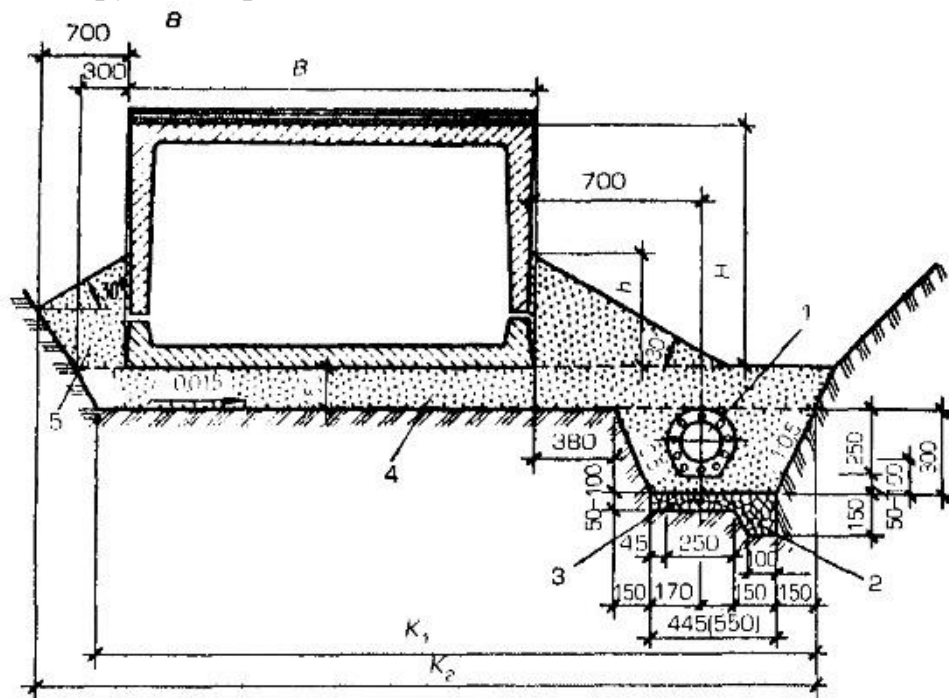


Рис. 5 Устройство попутного дренажа

1 — трубофильтр; 2 — рабочий дренаж из щебня; 3 — щебень основания, втрамбованный в грунт; 4 — песок основания с коэффициентом фильтрации не менее 20 м/сут; 5 — песок отсыпки с коэффициентом фильтрации не менее 5 м/сут

Для попутного дренажа (рис.6) в основном применяют асбестоцементные трубы с муфтами, керамические канализационные раструбные трубы, а также готовые трубофильтры. Применяют также бетонные, железобетонные, пластмассовые и другие трубы. Однако бетонные и железобетонные трубы можно использовать только для неагрессивных вод, так как в противном случае бетон может выщелачиваться с разрушением.

Диаметры дренажных труб выбирают исходя из расчетного количества отводимых вод, но не менее 150 мм (исходя из дебита воды до 5 л/с на 1 км

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

теплотрассы). Скорость движения воды в дренажных трубах принимают обычно порядка 0,5—0,7 м/с, но не больше 1 м/с, так как при больших скоростях дренируемой водой может размываться грунт около стыковых соединений труб.

Для обеспечения необходимой водоотводящей способности уклон попутного дренажа следует принимать не менее 0,003, при этом он может не совпадать по величине и направлению с уклоном тепловых сетей.

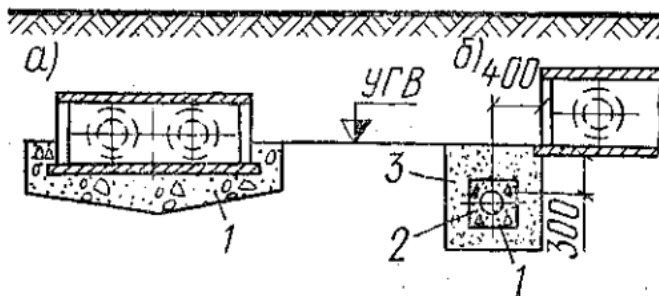


Рис. 6 Продольные дренажи

а – в виде дренирующего основания, б – дренажное устройство;

1 – гравий, 2 – дренажная труба, 3 – песок

Устройство попутного дренажа значительно удорожает стоимость строительства тепловых сетей в целом. При этом также существенно увеличиваются сроки строительства и ввода тепловых сетей в эксплуатацию. Однако опыт эксплуатации показывает, что при наличии попутного дренажа тепловые сети достаточно надежно защищены от затопления грунтовыми и поверхностными водами, что, безусловно, оказывает влияние на надежность и долговечность работы теплопроводов.

10. Расчет компенсации тепловых удлинений трубопровода

Для компенсации тепловых удлинений трубопроводов используются повороты трассы, и применяются П – образные компенсаторы. Необходимо определить вылет П – образного компенсатора с гнутым гладким отводом и силу упругой деформации при следующих данных:

Расчет ведем для компенсатора К12

D_y , мм.....89

Расстояние между неподвижными опорами, м.....22

Максимальная температура теплоносителя, t_1 , °С.....150

Расчетная температура наружного воздуха $t_{но}$, °С.....-37

Величина теплового удлинения трубопровода определяется по формуле:

$$\Delta l = \alpha l (t_1 - t_2), \text{ мм} \quad (10.1)$$

где α - коэффициент линейного расширения углеродистых трубных сталей, мм/м·°С [7, табл. VI.25];

l - длина рассматриваемого участка трубопровода, м;

t_1 - максимальная температура стенки трубы, принимаемая равной максимальной температуре теплоносителя, °С;

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

t_2 - минимальная температура стенки трубы, принимаемая равной расчётной температуре наружного воздуха для отопления ($t_2 = t_o$), °С.

$$\Delta l = 1,25 \cdot 10^{-2} \cdot 22 \cdot (150 + 37) = 51,43 \text{ мм}$$

Расчетное тепловое удлинение с учетом предварительной растяжки в размере 50% (температура теплоносителя до 250 °С) составит:

$$\Delta l_{\text{расч}} = 0,5 \cdot \Delta l, \text{ мм} \quad (10.2)$$

$$\Delta l_{\text{расч}} = 0,5 \cdot 51,43 = 25,72, \text{ мм}$$

При спинке компенсатора, равной половине вылета компенсатора, т.е. при $B=0,5 H$ и при $\Delta l_{\text{расч}} = 25,72, \text{ мм}$, по номограмме на листе VI.10, рис. 1 [7] (рис. 7) находим вылет компенсатора $H = 1,01 \text{ м}$, и силу упругой деформации $p_k = 0,2 \text{ Т}$.

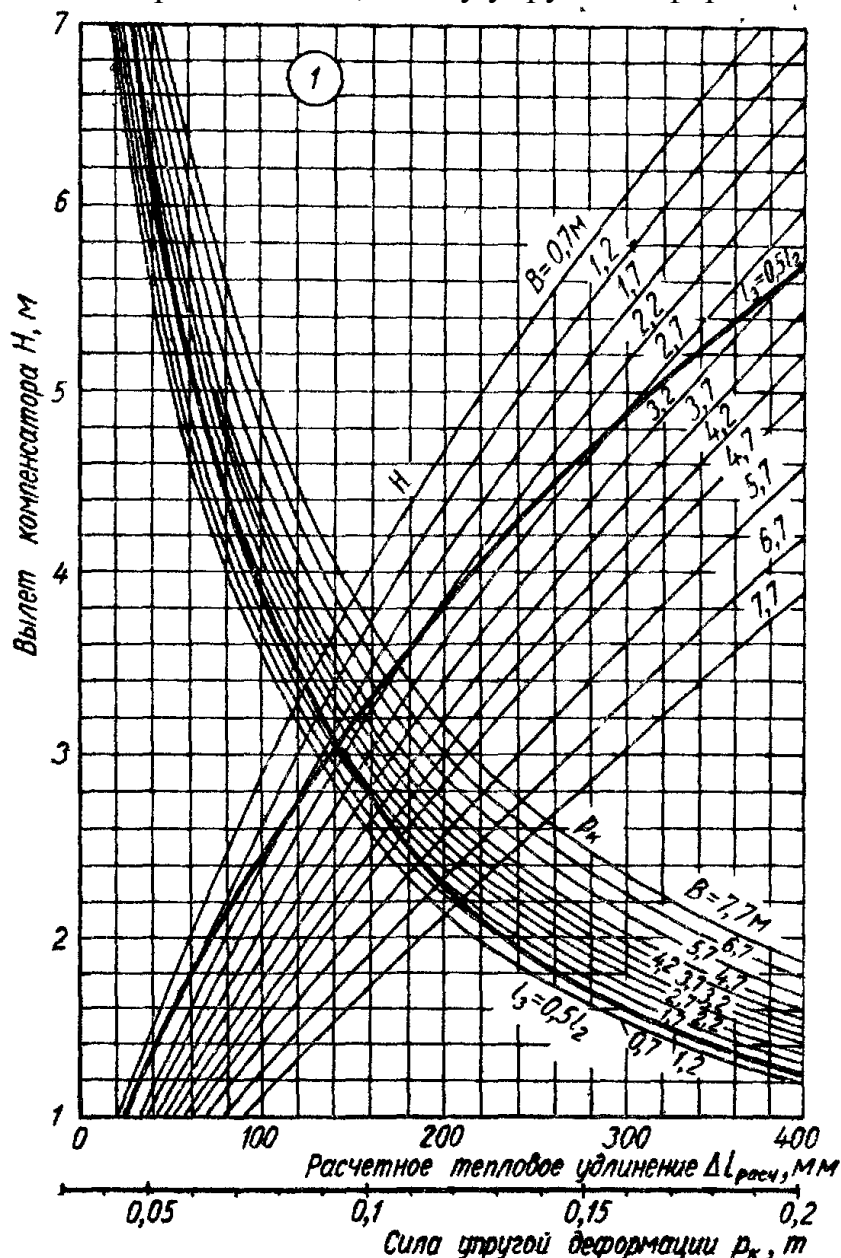


Рис. 7 Номограмма для расчета П-образных компенсаторов с гнутыми гладкими отводами при $D_H = 89 \text{ мм}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

11. Расчет силы трения в подвижных опорах труб

Усилия, воспринимаемые неподвижными опорами, складываются из неуравновешенных сил внутреннего давления, сил трения в сальниковых компенсаторах, в подвижных опорах и сил упругой деформации П-образных компенсаторов и самокомпенсации. При определении усилий на неподвижные опоры учитывается схема участка трубопровода, тип подвижных опор и компенсирующих устройств, расстояние между неподвижными опорами и наличие запорных органов и ответвлений.

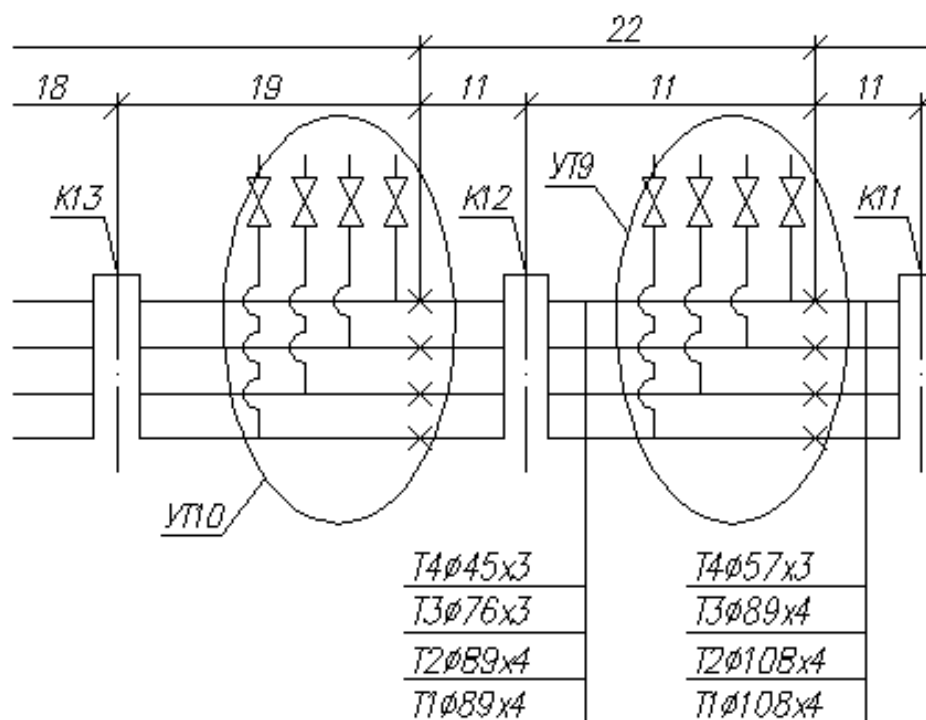


Рис. 8 Фрагмент монтажной схемы

Определим усилия на неподвижную опору участка трубопровода УТ9-УТ10. Силы трения в подвижных опорах труб N_f^{op} , H , определяемые по формуле:

$$N_f^{op} = \mu \cdot G_h \cdot L \quad (11.1)$$

где μ – коэффициент трения в подвижных опорах труб, для катковой и шариковой опоры $\mu = 0,1$, для скользящих – в зависимости от конструкции. При трении стали по стали $\mu = 0,3 \div 0,4$; стали по бетону $\mu = 0,6$; чугуна по стали $\mu = 0,35$;

G_h – вес одного метра трубопровода в рабочем состоянии, включающий вес трубы, теплоизоляционной конструкции и воды для водяных и конденсатных сетей (вес воды в паропроводах не учитывается), кг/м.

Для трубы $D_y = 89$ мм:

$$G_h = 7,38 \text{ кг/м} = 72,4 \text{ Н/м}$$

L_1 – длина трубопровода от неподвижной опоры до компенсатора или угла поворота трассы при самокомпенсации, м; $L_1 = 11$ м

$$N_f^{op} = 0,35 \cdot 72,4 \cdot 11 = 278,74 \text{ Н}$$

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист 36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

12. Расчет неравновешенных сил внутреннего давления

Неуравновешенные силы внутреннего давления возникают вследствие разности давлений или площадей сечений. В симметричных по обе стороны неподвижной опоры участках они взаимно уравниваются (компенсируются). При этом неподвижные опоры, на которые не действуют силы внутреннего давления, принято называть разгруженными, а при их наличии – неразгруженными.

Необходимо определить осевое усилие, действующее на промежуточную опору в УТ 10.

По монтажной схеме (рис. 8) выбираем расчетную схему №10 (табл.6 [2]) для рассматриваемой неподвижной опоры:

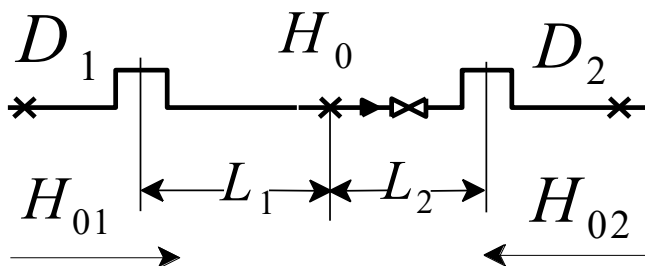


Рис. 9 Расчётная схема

При $D_1 > D_2$:

$$H_{01} = p_{k1} + N_{f1}^{op} \quad (12.1)$$

$$H_{01} = 200 + 278,74 = 478,74 \text{ Н}$$

13. Тепловая изоляция трубопровода

Теплоизоляционные материалы и конструкции предназначены для уменьшения потерь тепла трубопроводами и оборудованием тепловых сетей, поддержания заданной температуры теплоносителя, а также недопущения высокой температуры на поверхности теплопроводов и оборудования.

При монтаже и в процессе эксплуатации теплоизоляционные конструкции подвергаются температурным, влажностным, механическим, в том числе вибрационным, воздействиям, которые определяют перечень предъявляемых к ним требований.

К основным требованиям, предъявляемым к теплоизоляционным материалам и конструкциям, относят следующие:

- теплотехническая эффективность;
- эксплуатационная надежность и долговечность;
- пожарная и экологическая безопасность.

Теплотехническая эффективность конструкций промышленной тепловой изоляции определяется в первую очередь коэффициентом теплопроводности теплоизоляционного материала, который определяет требуемую толщину

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

теплоизоляционного слоя, а, следовательно, и нагрузки на изолируемый объект, конструктивные и монтажные характеристики конструкции.

Расчетные значения коэффициента теплопроводности принимаются с учетом его зависимости от температуры, степени уплотнения теплоизоляционных материалов в конструкции, шовности конструкции, наличия крепежных деталей. При выборе теплоизоляционного материала учитывают: температуростойкость теплоизоляционных материалов, возможную линейную усадку, потери прочности и массы, степень выгорания связующего при нагреве, прочностные и деформационные характеристики изолируемого объекта, допустимые нагрузки на опоры и изолируемые поверхности и другие влияющие факторы.

Долговечность теплоизоляционных конструкций зависит от их конструктивных особенностей и условий эксплуатации, включающих месторасположение изолируемого объекта, режим работы оборудования, степень агрессивности окружающей среды, интенсивность механических воздействий. Срок службы теплоизоляционного материала и теплоизоляционной конструкции в целом в значительной степени определяется качеством защитного покрытия.

На сегодняшний день на российском рынке теплоизоляционных материалов представлена продукция как отечественных, так и зарубежных производителей. Продукция таких производителей, как «ТЕХНОНИКОЛЬ» и «Rockwool», для изоляции трубопроводов и оборудования представлена широкой номенклатурой теплоизоляционных материалов. При канальной прокладке трубопроводов тепловых сетей используют преимущественно теплоизоляционные маты, мягкие плиты и высокоэффективные цилиндры из минеральной ваты и стеклянного волокна.

13.1. Расчет толщины тепловой изоляции

Расчет ведется согласно методике, описанной в [11] пункт В.3.2.

Исходные данные рассмотрим УТ2-УТ3.

$d_{тр}=159 \times 4.5 \text{ мм}$

Канал марки МКЛ-2 с размерами 1320x705мм

Глубина заложения $H=1,9 \text{ м}$

Грунт маловлажный $\lambda_r=1,1 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$

Канал периодическое затапливается грунтовыми водами.

Среднегодовые температуры воды в подающем и обратном теплопроводах определяется по формуле:

$$\tau_{01} = \frac{(\tau_{m1}n_1 + \tau_{m2}n_2 + \dots + \tau_{m12}n_{12})}{(n_1 + n_2 + \dots n_{12})} \quad (13.1.1)$$

$$\tau_{02} = \frac{(\tau_{m1}n_1 + \tau_{m2}n_2 + \dots + \tau_{m12}n_{12})}{(n_1 + n_2 + \dots n_{12})} \quad (13.1.2)$$

где $\tau_{m1}, \tau_{m2}, \dots, \tau_{m12}$ – средняя температура теплоносителя по месяцам, определяемая по графику центрального качественного регулирования в зависимости от среднемесячных температур воздуха;

n_1, n_2, \dots, n_{12} – количество часов по месяцам.

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Среднее значение температуры окружающей среды и теплоносителя за год и каждый месяц

Таблица 21

Месяц	Значение температуры, усреднённое за 5 лет, °С		Значения температуры теплоносителя в трубопроводах, °С	
	наружного воздуха	грунта на средней глубине заложения	подающий	обратный
Январь	-16,2	5,4	106,337	55,536
Февраль	-14,3	5,4	102,086	54,106
Март	-5,7	5,4	83,455	47,359
Апрель	3,7	5,4	70,000	42,421
Май	11,0	5,4	70,000	42,421
Июнь	16,5	5,4	70,000	42,421
Июль	18,6	5,4	70,000	42,421
Август	15,4	5,4	70,000	42,421
Сентябрь	9,6	5,4	70,000	42,421
Октябрь	2,2	5,4	70,000	42,421
Ноябрь	-6,8	5,4	85,882	48,239
Декабрь	-13,5	5,4	100,516	53,496
Среднее за год значение	1,7	5,4	80,690	46,307

$$\tau_{01} = \frac{(744 \cdot 106,34 + 672 \cdot 102,09 + 744 \cdot 83,46 + 720 \cdot 70 + 744 \cdot 70 + 720 \cdot 70 + 744 \cdot 70 + 744 \cdot 70 + 720 \cdot 70 + 744 \cdot 70 + 720 \cdot 85,88 + 744 \cdot 100,52)}{(744 + 672 + 744 + 720 + 744 + 720 + 744 + 744 + 720 + 744 + 720 + 744)} = 80,59^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_{02} = \frac{(744 \cdot 55,54 + 672 \cdot 54,11 + 744 \cdot 47,36 + 720 \cdot 42,42 + 744 \cdot 42,42 + 720 \cdot 42,42 + 744 \cdot 42,42 + 744 \cdot 42,42 + 720 \cdot 42,42 + 744 \cdot 42,42 + 720 \cdot 48,24 + 744 \cdot 53,50)}{(744 + 672 + 744 + 720 + 744 + 720 + 744 + 744 + 720 + 744 + 720 + 744)} = 46,27^{\circ}\text{C}$$

Принимаем к установке цилиндры минераловатные.

Коэффициент теплопроводности основного слоя изоляции определяем по расчету ТЕХНОНИКОЛЬ (прил.1), [12].

$$\lambda_{из1} = 0,0398 \text{ Вт / м} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

$$\lambda_{из2} = 0,0381 \text{ Вт / м} \cdot ^{\circ}\text{C}$$

Нормируемая суммарная линейная плотность теплового потока для подающего и обратного теплопровода определяем по прил. 8 [2]:

$$q_n^L = 40 \text{ Вт / м}$$

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха к поверхности канала $R_{кан}$:

$$R_{кан} = \frac{1}{\pi \alpha_k \cdot \frac{2A \cdot \Gamma}{A + \Gamma}}, \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт} \quad (13.1.3)$$

где A и Γ – внутренние размеры канала: A - ширина канала, Γ - высота, м, прил.3. [2];

α_k – коэффициент теплоотдачи в канале принимается равным 11 Вт/(м²·°C).

$$R_{кан} = \frac{1}{3,14 \cdot 11 \cdot \frac{2 \cdot 0,97 \cdot 0,555}{0,97 + 0,555}} = 0,041 \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Термическое сопротивление грунта $R_{зп}^k$:

$$R_{зп}^k = \frac{\ln \left[3,5 \frac{H}{\Gamma} \left(\frac{\Gamma}{A} \right)^{0,25} \right]}{\left(5,7 + 0,5 \frac{A}{\Gamma} \right) \lambda_{зп}}, \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт} \quad (13.1.4)$$

где H – глубина заложения, м, от поверхности земли до оси канала;

$\lambda_{зп}$ – теплопроводность грунта, Вт/(м·°C).

$$R_{зп}^k = \frac{\ln \left[3,5 \frac{1,9}{0,555} \left(\frac{0,555}{0,970} \right)^{0,25} \right]}{\left(5,7 + 0,5 \frac{0,970}{0,555} \right) \cdot 1,1} = 0,324 \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Термические сопротивления изоляции подающего и обратного трубопроводов:

$$R_{уз1}^L = \frac{1}{2\pi \lambda_{уз1}} \cdot \ln \frac{d_1 + 2\delta_{уз1}}{d_1}, \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт} \quad (13.1.5)$$

$$R_{уз2}^L = \frac{1}{2\pi \lambda_{уз2}} \cdot \ln \frac{d_2 + 2\delta_{уз2}}{d_2}, \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт} \quad (13.1.6)$$

где: $\lambda_{уз1}, \lambda_{уз2}$ – теплопроводность изоляционной конструкции трубопровода, Вт/(м·°C);

d_1, d_2 – наружные диаметры подающего и обратного трубопроводов, м;

$\delta_{уз1}, \delta_{уз2}$ – толщины изоляции подающего и обратного трубопроводов, м.

$$R_{уз1}^L = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0398} \cdot \ln \frac{0,108 + 2 \cdot 0,05}{0,108} = 2,622 \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

$$R_{уз2}^L = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0381} \cdot \ln \frac{0,108 + 2 \cdot 0,04}{0,108} = 2,317 \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Термические сопротивления теплоотдаче от поверхности изоляции подающего и обратного трубопроводов R_n^L :

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$R_{н1}^L = \frac{1}{\pi\alpha_n(d_1 + 2\delta_{уз1})}, \text{ м}\cdot\text{°C} / \text{Вт} \quad (13.1.7)$$

$$R_{н2}^L = \frac{1}{\pi\alpha_n(d_1 + 2\delta_{уз1})}, \text{ м}\cdot\text{°C} / \text{Вт} \quad (13.1.8)$$

$$R_{н1}^L = \frac{1}{3,14 \cdot 10 \cdot (0,108 + 2 \cdot 0,05)} = 0,153 \text{ м}\cdot\text{°C} / \text{Вт}$$

$$R_{н2}^L = \frac{1}{3,14 \cdot 10 \cdot (0,108 + 2 \cdot 0,04)} = 0,169 \text{ м}\cdot\text{°C} / \text{Вт}$$

Температура воздуха в канале $t_{кан}$, °C:

$$t_{кан} = \frac{\frac{t_{\theta 1}}{R_{уз1}^L + R_{н1}^L} + \frac{t_{\theta 2}}{R_{уз2}^L + R_{н2}^L} + \frac{t_n}{R_{кан} + R_{гр}^K}}{\frac{1}{R_{уз1}^L + R_{н1}^L} + \frac{1}{R_{уз2}^L + R_{н2}^L} + \frac{1}{R_{кан} + R_{гр}^K}}, \text{ °C} \quad (13.1.9)$$

где $t_{\theta 1}$, $t_{\theta 2}$ – температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети среднегодовая, °C; в качестве расчётных температур внутренней среды $t_{\theta 1}$, $t_{\theta 2}$ принимают среднегодовые температуры теплоносителя за год или каждый месяц по таблице 21, (табл.10, [2]),

t_n – температура наружной среды, °C. За расчётную температуру наружной среды принимают среднюю за год температуру грунта на глубине заложения трубопровода. При расстоянии от поверхности грунта до перекрытия канала 0,7 м и менее за расчётную температуру наружной среды должна приниматься та же температура наружного воздуха, что и при надземной прокладке.

$$t_{кан} = \frac{\frac{80,59}{2,622 + 0,153} + \frac{46,27}{2,317 + 0,169} + \frac{5,4}{0,041 + 0,324}}{\frac{1}{2,622 + 0,153} + \frac{1}{2,317 + 0,169} + \frac{1}{0,041 + 0,324}} = 19,888 \text{ °C}$$

Удельные тепловые потери подающего и обратного трубопроводов:

$$q_1^L = \frac{(t_{\theta 1} - t_{кан}) \cdot K}{R_{уз1}^L + R_{н1}^L}, \text{ Вт} / \text{м} \quad (13.1.10)$$

$$q_2^L = \frac{(t_{\theta 2} - t_{кан}) \cdot K}{R_{уз2}^L + R_{н2}^L}, \text{ Вт} / \text{м} \quad (13.1.11)$$

где K - коэффициент дополнительных потерь по табл. 9 [2], $K = 1, 2$.

$$q_1^L = \frac{(80,59 - 19,888) \cdot 1,2}{2,622 + 0,153} = 26,25 \text{ Вт} / \text{м}$$

$$q_2^L = \frac{(46,27 - 19,888) \cdot 1,2}{2,317 + 0,169} = 12,735 \text{ Вт} / \text{м}$$

Суммарный тепловой поток:

$$q^L = q_1^L + q_2^L = 26,25 + 12,735 = 38,985 \text{ Вт} / \text{м} \quad (13.1.12)$$

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Сравнивая полученные значения удельных тепловых потерь обратного и падающего трубопровода с нормативными, получаем что потери не превышают нормативного значения.

Суммарный тепловой поток не превышает нормативного $q_n^L = 40 \text{ Вт/м}$ для трубопроводов системы отопления.

13.2. Расчет эффективности тепловой изоляции

Рассчитаем тепловые потоки при отсутствии тепловой изоляции.

Термические сопротивления теплоотдаче от поверхности изоляции подающего и обратного трубопроводов R_n^L :

$$R_n^L = \frac{1}{\pi \alpha_k d}, \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт} \quad (13.2.1)$$

$$R_n^L = \frac{1}{3,14 \cdot 10 \cdot 0,108} = 0,295 \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

α_k – коэффициент теплоотдачи в канале принимается равным $10 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Температура воздуха в канале $t_{кан}$, °C:

$$t_{кан} = \frac{\frac{t_{\theta 1}}{R_n^L} + \frac{t_{\theta 2}}{R_n^L} + \frac{t_n}{R_{кан} + R_{сп}^к}}{2 \cdot \frac{1}{R_n^L} + \frac{1}{R_{кан} + R_{сп}^к}}, \text{ °C} \quad (13.2.2)$$

где $t_{\theta 1}$, $t_{\theta 2}$ – температура теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах тепловой сети среднегодовая, °C; в качестве расчётных температур внутренней среды $t_{\theta 1}$, $t_{\theta 2}$ принимают среднегодовые температуры теплоносителя за год или каждый месяц по таблице 21, (табл.10, [2]),

t_n – температура наружной среды, °C. За расчётную температуру наружной среды принимают среднюю за год температуру грунта на глубине заложения трубопровода. При расстоянии от поверхности грунта до перекрытия канала 0,7 м и менее за расчётную температуру наружной среды должна приниматься та же температура наружного воздуха, что и при надземной прокладке.

$$t_{кан} = \frac{\frac{80,59}{0,295} + \frac{46,27}{0,295} + \frac{5,4}{0,041 + 0,324}}{2 \cdot \frac{1}{0,295} + \frac{1}{0,041 + 0,324}} = 46,726 \text{ °C}$$

Найдём удельные и суммарные тепловые потоки неизолированных теплопроводов:

$$q_{неиз} = \frac{t_{\theta i} - t_{кан}}{R_n^L}, \text{ Вт} / \text{м} \quad (13.2.3)$$

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$q_{\text{неиз1}} = \frac{80,59 - 46,726}{0,295} = 114,793 \text{ Вт / м}$$

$$q_{\text{неиз2}} = \frac{46,27 - 46,726}{0,295} = -1,546 \text{ Вт / м}$$

Суммарный тепловой поток:

$$q_{\text{неиз}} = q_{\text{неиз1}} + q_{\text{неиз2}} = 114,793 - 1,546 = 113,247 \text{ Вт / м} \quad (13.2.4)$$

Эффективность теплоизоляции рассчитывается по формуле:

$$\eta = \frac{q_{\text{неиз}} - q^L}{q_{\text{неиз}}} \cdot 100, \% \quad (13.2.5)$$

$$\eta = \frac{113,247 - 38,985}{113,247} \cdot 100 = 65,58 \%$$

Подобранный материал и толщина теплоизоляции обладает тепловой эффективностью около 66 %.

13.3. Поверочный расчет тепловой изоляции при увлажнении грунта

По заданию, грунтовые воды расположены на глубине 1,9 м. Это на уровне расположения каналов.

В неблагоприятных гидрогеологических условиях с большими сезонными колебаниями уровней грунтовых вод наиболее целесообразно продольное дренирование. Дренаж представляет собой пористую засыпку из щебня, гравия средней крупности 5-20мм и крупнозернистого песка 0.5-1мм. Конструкция дренажа зависит от уровня и дебита грунтовых вод. При малом дебите и невысоком уровне грунтовых вод (УГВ) местное дренирование устраивается в виде фильтрующего основания и обсыпки стенок канала на высоту максимального подъема грунтовых вод. При большом дебите и высоком уровне воды дренирование рекомендуется выполнять по типовым проектам, разработанным для каналов различного сечения и грунтов с различной фильтрующей способностью. Дренажные трубы укладывают в зернистом слое с уклоном для лучшего отвода приточной воды. Дренаж устраивают с одной или двух сторон канала. Односторонний дренаж производится со стороны наибольшего притока воды. Устойчивое понижение уровня воды на глубину более 200мм от низа изоляции достигается заглублением верха дренажной трубы на 300мм и более от низа дна канала, а при бесканальной прокладке – от низа изоляции.

Дренажные трубы изготавливают из керамики, бетона, асбестоцемента. Для пропуска воды в них высверливают отверстия или пробивают щели. В последнее время предложено использование толстостенных трубофильтров, изготавливаемых из крупнопористых бетонов. Благодаря большой пористости стенок вода свободно проникает в трубы. Такие трубофильтры укладывают без устройства зернистого основания. Для очистки заиленных труб устраивают кирпичные или сборные

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

колодцы. Смотровые колодцы размещают на прямых участках через 40-75м в местах смены диаметров дренажных труб и перепадов уровней их заложения, а также на поворотах трасс и ответвлений.

Дренирование компенсаторных ниш и камер осуществляется ответвлениями от основного дренажа. При большом объеме работ по сооружению дренирующих обводов вокруг каждой ниши и камеры, требующих дополнительного устройства четырех поворотов дренажных труб и возведения на каждом повороте смотрового колодца, целесообразно дренажные трубы пропускать через ниши и камеры в стальных футлярах. Концы футляров должны быть возведены за наружные поверхности стен окружения на расстояние не менее 500мм, а кольцевые зазоры между трубами на торцах футляров заделаны цементным раствором и залиты битумом. Чтобы вода из дренажной трубы не вытекала в футляр и далее в пересекаемые ниши и камеры, дренажные трубы на длине футляров должны быть уложены без водоприемных отверстий.

Проверим эффективность теплоизоляции с учётом периодического затопления канала.

Коэффициент теплопроводности с учётом поправки на техническое состояние изоляционных конструкций определяется по формуле (прил.5 [2]):

$$\lambda_{из} = \lambda + k \cdot t_m, \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{°C} \quad (13.3.1)$$

где $k = 3 \div 5$ - поправка к коэффициенту теплопроводности теплоизоляционного материала в зависимости от технического состояния изоляционной конструкции.

$$\lambda_{из1} = 0,044 + 4 \cdot 0,00022 \cdot 63 = 0,099 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{°C}$$

$$\lambda_{из2} = 0,044 + 4 \cdot 0,00022 \cdot 45,5 = 0,084 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{°C}$$

Термические сопротивления изоляции подающего и обратного трубопроводов:

$$R_{из1}^L = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,099} \cdot \ln \frac{0,108 + 2 \cdot 0,05}{0,108} = 1,054 \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

$$R_{из2}^L = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,084} \cdot \ln \frac{0,108 + 2 \cdot 0,04}{0,108} = 1,051 \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Термические сопротивления теплоотдаче от поверхности изоляции подающего и обратного трубопроводов R_n^L :

$$R_{n1}^L = \frac{1}{3,14 \cdot 10 \cdot (0,108 + 2 \cdot 0,05)} = 0,153 \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

$$R_{n2}^L = \frac{1}{3,14 \cdot 10 \cdot (0,108 + 2 \cdot 0,04)} = 0,169 \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха к поверхности канала $R_{кан}$:

$$R_{кан} = \frac{1}{3,14 \cdot 11 \cdot \frac{2 \cdot 0,97 \cdot 0,555}{0,97 + 0,555}} = 0,041 \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Термическое сопротивление грунта $R_{гр}^K$:

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$R_{ep}^k = \frac{\ln \left[3,5 \frac{1,9}{0,555} \left(\frac{0,555}{0,970} \right)^{0,25} \right]}{\left(5,7 + 0,5 \frac{0,970}{0,555} \right) \cdot 1,1} = 0,324 \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

Температура воздуха в канале $t_{кан}$, °C:

$$t_{кан} = \frac{\frac{80,59}{1,054+0,153} + \frac{46,27}{1,051+0,169} + \frac{5,4}{0,041+0,324}}{\frac{1}{1,054+0,153} + \frac{1}{1,051+0,169} + \frac{1}{0,041+0,324}} = 27,232 \text{ °C}$$

Удельные тепловые потери подающего и обратного трубопроводов:

$$q_1^L = \frac{(80,59 - 27,232) \cdot 1,2}{1,054 + 0,153} = 53,049 \text{ Вт} / \text{м}$$

$$q_2^L = \frac{(46,27 - 27,232) \cdot 1,2}{1,051 + 0,169} = 18,726 \text{ Вт} / \text{м}$$

Суммарный тепловой поток:

$$q^L = q_1^L + q_2^L = 53,049 + 18,726 = 71,775 \text{ Вт} / \text{м}$$

При условии отсутствия тепловой изоляции термическое сопротивление теплопроводов состоит из термического сопротивления на поверхности и равно для обеих труб:

$$R_n^L = \frac{1}{3,14 \cdot 10 \cdot 0,108} = 0,295 \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт}$$

α_k – коэффициент теплоотдачи в канале принимается равным 8 Вт/(м²·°C).

Температура воздуха в канале $t_{кан}$, °C:

$$t_{кан} = \frac{\frac{80,59}{0,295} + \frac{46,27}{0,295} + \frac{5,4}{0,041+0,324}}{2 \cdot \frac{1}{0,295} + \frac{1}{0,041+0,324}} = 46,726 \text{ °C}$$

Найдём удельные и суммарные тепловые потоки неизолированных теплопроводов:

$$q_{неиз1} = \frac{80,59 - 46,726}{0,295} = 114,793 \text{ Вт} / \text{м}$$

$$q_{неиз2} = \frac{46,27 - 46,726}{0,295} = -1,546 \text{ Вт} / \text{м}$$

Суммарный тепловой поток:

$$q_{неиз} = q_{неиз1} + q_{неиз2} = 114,793 - 1,546 = 113,247 \text{ Вт} / \text{м} \quad (13.2.4)$$

Эффективность теплоизоляции рассчитывается по формуле:

$$\eta = \frac{q_{неиз} - q^L}{q_{неиз}} \cdot 100, \% \quad (13.2.5)$$

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\eta = \frac{113,247 - 71,775}{113,247} \cdot 100 = 36,62 \%$$

Подобранный материал и толщина теплоизоляции обладает тепловой эффективностью около 39 %.

Сравнивая эффективность тепловой изоляции, рассчитанной для подземной канальной прокладки, можно сделать вывод, что эффективность тепловой изоляции резко понижается с увлажнением (при периодическом затоплении каналов).

14. Расчет падения температуры теплоносителя по длине изолированного теплопровода

Транспортные потери тепла вызывают падение температуры теплоносителя, вследствие этого удельные теплотери по длине трубопровода изменяются. На участках теплопроводов небольшой протяженности и уменьшения температуры теплоносителя не более 5% от начального значения для упрощения расчетов можно принимать удельные тепловые потери неизменными для всей длины теплопроводов.

Температуру воды в конце рассматриваемого участка τ_k определяют из уравнения теплового баланса [2]:

$$\sum Q_n = q_L \cdot l \cdot K = G \cdot c \cdot (\tau_n - \tau_k), \quad (14.1)$$

откуда $\tau_k = \tau_n - \frac{q_L l K}{G \cdot c},$

где τ_i – температура сетевой воды в начале участка, °С;

l – длина участка, м;

K - коэффициент дополнительных потерь;

G – расход воды, кг/с;

c – удельная теплоёмкость, $c = 4187$ Дж/кг °С.

Значения вносим в таблицы 22 и 23.

Падение температуры в трубопроводах Т1

Таблица 22

Номер уч-ка	Температура в начале участка $\tau_n, ^\circ\text{C}$	Плотность теплового потока $q, \text{Вт/м}$	Коэффициент дополнительных потерь, K	Удельная теплоемкость $c, \text{Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$	Длина участка $l, \text{м}$	Расход $G, \text{кг/с}$	Температура в начале участка $\tau_n, ^\circ\text{C}$
1	2	3	4	5	6	7	8
ЦТП-УТ1	150,000	25	1,2	4187	14	10,22	149,990
УТ1-УТ2	149,990	23	1,2	4187	136	6,97	149,862
УТ2-УТ3	149,862	20	1,2	4187	43	4,65	149,808
УТ3-УТ4	149,808	18,5	1,2	4187	101	2,79	149,616
УТ4-УТ5	149,616	17,5	1,2	4187	22	1,86	149,557

Таким образом падения температур теплоносителя по длине изолированного теплопровода равной 316 м составляют на Т1 0,443°С.

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Падение температуры в трубопроводах ТЗ

Таблица 23

Номер уч-ка	Температура в начале участка $t_{Н}, ^\circ\text{C}$	Плотность теплового потока $q, \text{Вт/м}$	Коэффициент дополнительных потерь, K	Удельная теплоемкость $c, \text{Дж/кг}\cdot^\circ\text{C}$	Длина участка $l, \text{м}$	Расход $G, \text{кг/с}$	Температура в начале участка $t_{Н}, ^\circ\text{C}$
1	2	3	4	5	6	7	8
ЦТП-УТ1	65,000	21	1,2	4187	14	14,52	64,994
УТ1-УТ2	64,994	19,5	1,2	4187	136	9,65	64,915
УТ2-УТ3	64,915	19,5	1,2	4187	43	6,41	64,878
УТ3-УТ4	64,878	17	1,2	4187	101	3,85	64,750
УТ4-УТ5	64,750	17	1,2	4187	22	2,56	64,708

Таким образом падения температур теплоносителя по длине изолированного теплопровода равной 316 м составляют на ТЗ 0,292 $^\circ\text{C}$.

					ИСТИЭС КП 17.23	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Заключение

При разработке этого проекта использовались нормативная СП 124.13330.2012 «Тепловые сети», СП 131.13330.2012 «Строительная климатология», СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов».

Тепловая нагрузка абонентов меняется в зависимости от температуры наружного воздуха. Максимальные тепловые потоки составляют:

- на отопление 3457,255 кВт;
- среднечасовой расход тепла на горячее водоснабжение 1048,404 кВт;
- максимальный часовой расход на горячее водоснабжение 3686,083 кВт.

В теплофицируемом районе имеется 14 домов 5, 9, 12 этажности с различными потребностями в сетевой воде. Система теплоснабжения насчитывает 12 узлов трубопроводов, так же компенсируют линейные удлинения трубопроводов 16 П-образных компенсаторов. Статичность трубопроводов обеспечивают 17 неподвижных опор.

В запроектированной системе имеется магистраль протяжённостью 316 м, и два расчетных ответвлений длиной 65 и 197 м. Магистральная линия и ответвления увязаны.

Так как канал может затапливаться грунтовыми водами, в качестве материала для теплоизоляции используются цилиндры минераловатные производства «ТЕХНОНИКОЛЬ». Расчётная эффективность тепловой изоляции не ниже 50%.

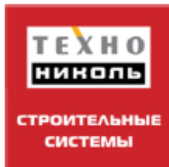
Прокладка трубопроводов подземная канальная. Используются каналы типа МКЛ различных модификаций, такие как МКЛ-2, МКЛ-1.

					<i>ИСТИЭС КП 17.23</i>	<i>Лист</i>
						48
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Список использованной литературы

1. Методические указания к расчётно-графической работе «Расчёт системы горячего водоснабжения микрорайона» по дисциплине «Современные системы теплоснабжения» для студентов направления подготовки 270800 «Строительство» профиля «Теплогазоснабжение и вентиляция» Сост.: Г.М. Ахмерова, А.Е. Ланцов – Казань: Изд-во Казанск. гос. Архитект.-строит. ун-та, 2013. - 49с.
2. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине "Теплоснабжение" для студентов-заочников специальности 270109. Часть I. / Сост.: Г.М. Ахмерова, А.Е. Ланцов. Казань: КГАСУ, 2012. – 38 с.
3. Методические указания к курсовому проектированию по дисциплине "Теплоснабжение" для студентов-заочников специальности 270109. Часть II (гидравлический расчёт водяных тепловых сетей). Сост.: Г.М. Ахмерова, А.Е. Ланцов, Казань: КГАСУ, 2012. – 35 с.
4. СП 124.13330.2012 Тепловые сети (утв. приказом Министерства регионального развития РФ от 30 июня 2012 г. N 280).
5. СП 131.13330.2012 Строительная климатология, М., 2012 г.
6. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов, М., 2012 г.
7. Щекин Р.В. и др. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Изд. Отопление и теплоснабжение. Киев: Будивельник, 1976. – 413 с.
8. Манюк В. И. и др. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей. - М.: Стройиздат, 1988. – 247 с.
9. Громов Н.К., Беляйкина И.В., Витальев В.П. и др.; Под ред. Громова Н.К., Шубина Е.П. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию. - М.: Энергоатомиздат, 1988. – 376с.
10. Ионин А. А. и др. Теплоснабжение. - М.: Стройиздат, 1982. – 336с.
11. Ахмерова Г.М. Теплоизоляционные материалы, применяемые для трубопроводов тепловых сетей и методы их расчета: Учебно-методическое пособие. – Казань: Изд-во Казанск. гос. Архитект.-строит. ун-та, 2017. – 111 с.
12. http://www.tn.ru/calc/tech_insulation/

					<i>ИСТИЭС КП 17.23</i>	<i>Лист</i>
						49
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



Построим лучшее вместе!

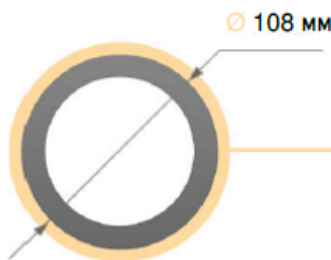
ООО "ТехноНИКОЛЬ-Строительные Системы"
 Москва, ул. Гиляровского 47, стр. 5,
 тел. +7 (495) 925 55 75
 факс. +7 (495) 925 8155
 e-mail: info@tn.ru

Расчет технической изоляции объектов с применением материалов корпорации ТехноНИКОЛЬ



Расчет по нормам плотности теплового потока

Исходные данные



Материал изоляционного слоя



Цилиндр ТЕХНО 80

Форма изолируемого объекта **Круговой цилиндр**
 Материал покровного слоя изоляции **Неметалл**
 Расположение изолируемого объекта **На открытом воздухе**
 Тип опор **Подвижные**

Температура теплоносителя **81 °C**
 Температура окружающей среды **5 °C**
 Время работы в год **> 5000 ч**
 Район строительства **Западная Сибирь**

Промежуточные результаты расчета

Температура теплоизоляционного слоя $t_{\text{изоляция}}$
 Теплопроводность теплоизоляционного слоя $\lambda_{\text{из}}$
 Нормированная плотность теплового потока $q_{\text{н}}$
 Коррекция нормы $q_{\text{рег}}$
 Коэффициент дополнительных потерь $K_{\text{пл}}$
 Ориентировочное значение $R_{\text{нЛ}}$

$t_{\text{изоляция}} = (t_{\text{в}} + 45) / 2$ **63 °C**
 $\lambda_{\text{из}} = 0.0398 \text{ Вт / (м} \times \text{°C)}$
 $q_{\text{н}} = 29.2072 \text{ Вт/м}$
 $q_{\text{рег}} = q_{\text{н}} \cdot K_{\text{пл}}$ **28.623056 Вт/м**
 $K_{\text{пл}} = 0.98$
 $R_{\text{нЛ}} = 0.07 \text{ м}^2\text{/Вт}$
 $\ln B = 0.6332$
 $B = 1.88364$

Результаты расчета технической изоляции

Минимальная толщина без учета уплотнения

$$\delta_{\text{из}} = \frac{d_{\text{н}} \cdot q_{\text{н}} \cdot (B - 1)}{2} \quad \mathbf{47.72 \text{ мм}}$$

Минимальная толщина с учетом уплотнения

$$\delta_{\text{из, мин, уст}} = \delta_{\text{из, мин}} \cdot K_{\text{у}} \cdot \frac{d_{\text{н}} + \delta_{\text{из, мин}}}{d_{\text{н}} + 2 \cdot \delta_{\text{из, мин}}} \quad \mathbf{48 \text{ мм}}$$

Толщина изоляции согласно номенклатурных размеров

50 мм

02.04.2017

Расчет произведен в соответствии с СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов

ГОРЯЧАЯ ЛИНИЯ

8 800 200 0565

звонок из регионов России бесплатный

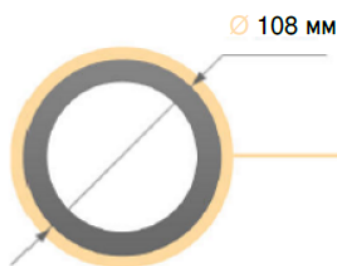
					<i>ИСТИЭС КП 17.23</i>	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расчет технической изоляции объектов с применением материалов корпорации ТехноНИКОЛЬ



Расчет по нормам плотности теплового потока

Исходные данные



Материал изоляционного слоя



Цилиндр ТЕХНО 80

Форма изолируемого объекта **Круговой цилиндр**
Материал покровного слоя изоляции **Неметалл**
Расположение изолируемого объекта **На открытом воздухе**
Тип опор **Подвижные**

Температура теплоносителя **46 °C**
Температура окружающей среды **5 °C**
Время работы в год **> 5000 ч**
Район строительства **Западная Сибирь**

Промежуточные результаты расчета

Температура теплоизоляционного слоя $t_{\text{ИЗОЛЯЦИИ}}$
Теплопроводность теплоизоляционного слоя $\lambda_{\text{ИЗ}}$
Нормированная плотность теплового потока $q_{\text{Н}}$
Коррекция нормы $q_{\text{рег}}$
Коэффициент дополнительных потерь $K_{\text{плот}}$
Ориентировочное значение $R_{\text{нЛ}}$

$$t_{\text{ИЗОЛЯЦИИ}} = (t_{\text{в}} + 45) / 2 = 45.5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\lambda_{\text{ИЗ}} = 0.0381 \text{ Вт / (м} \times \text{ } ^\circ\text{C)}$$

$$q_{\text{Н}} = 18.1893 \text{ Вт/м}$$

$$q_{\text{рег}} = q_{\text{Н}} \cdot K_{\text{плот}} = 17.825514 \text{ Вт/м}$$

$$R_{\text{нЛ}} = 0.98$$

$$\ln B = 0.07 \text{ м}^\circ\text{C/Вт}$$

$$B = 1.68682$$

Результаты расчета технической изоляции

Минимальная толщина без учета уплотнения

$$\delta_{\text{ИЗ}} = \frac{d_{\text{в}}^{\text{СТ}} (B - 1)}{2} = 37.09 \text{ мм}$$

Минимальная толщина с учетом уплотнения

$$\delta_{\text{ИЗ}_\text{УПЛОТ}} = \delta_{\text{ИЗ}_\text{МИН}} \cdot K_{\text{с}} \cdot \frac{d_{\text{в}} + \delta_{\text{ИЗ}_\text{МИН}}}{d_{\text{в}} + 2 \cdot \delta_{\text{ИЗ}_\text{МИН}}} = 37 \text{ мм}$$

Толщина изоляции согласно номенклатурных размеров

40 мм

02.04.2017

Расчет произведен в соответствии с СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов

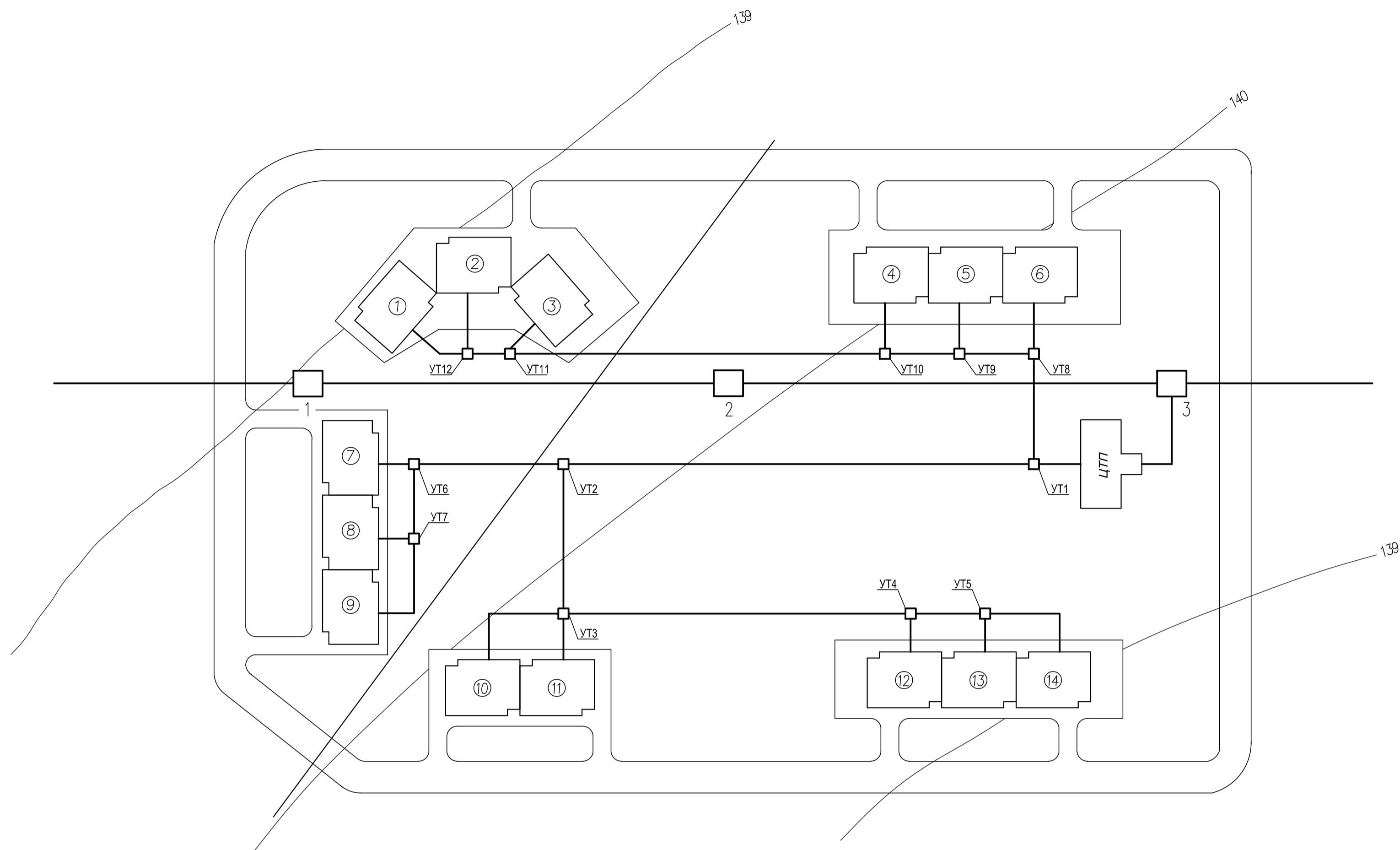
ГОРЯЧАЯ ЛИНИЯ

8 800 200 0565

звонок из регионов России бесплатный

					<i>ИСТИЭС КП 17.23</i>	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Генеральный план
М 1:1000



Монтажная схема

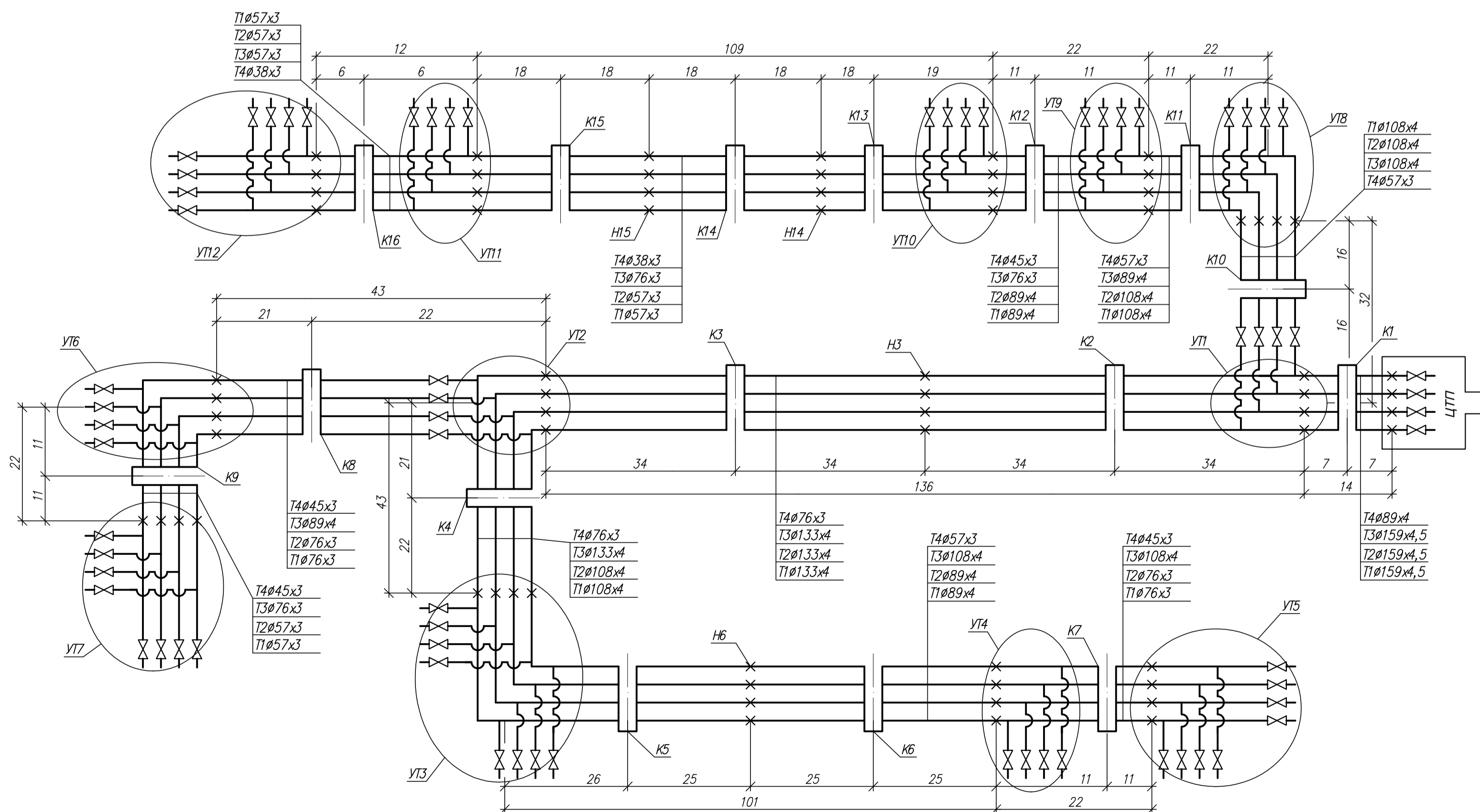
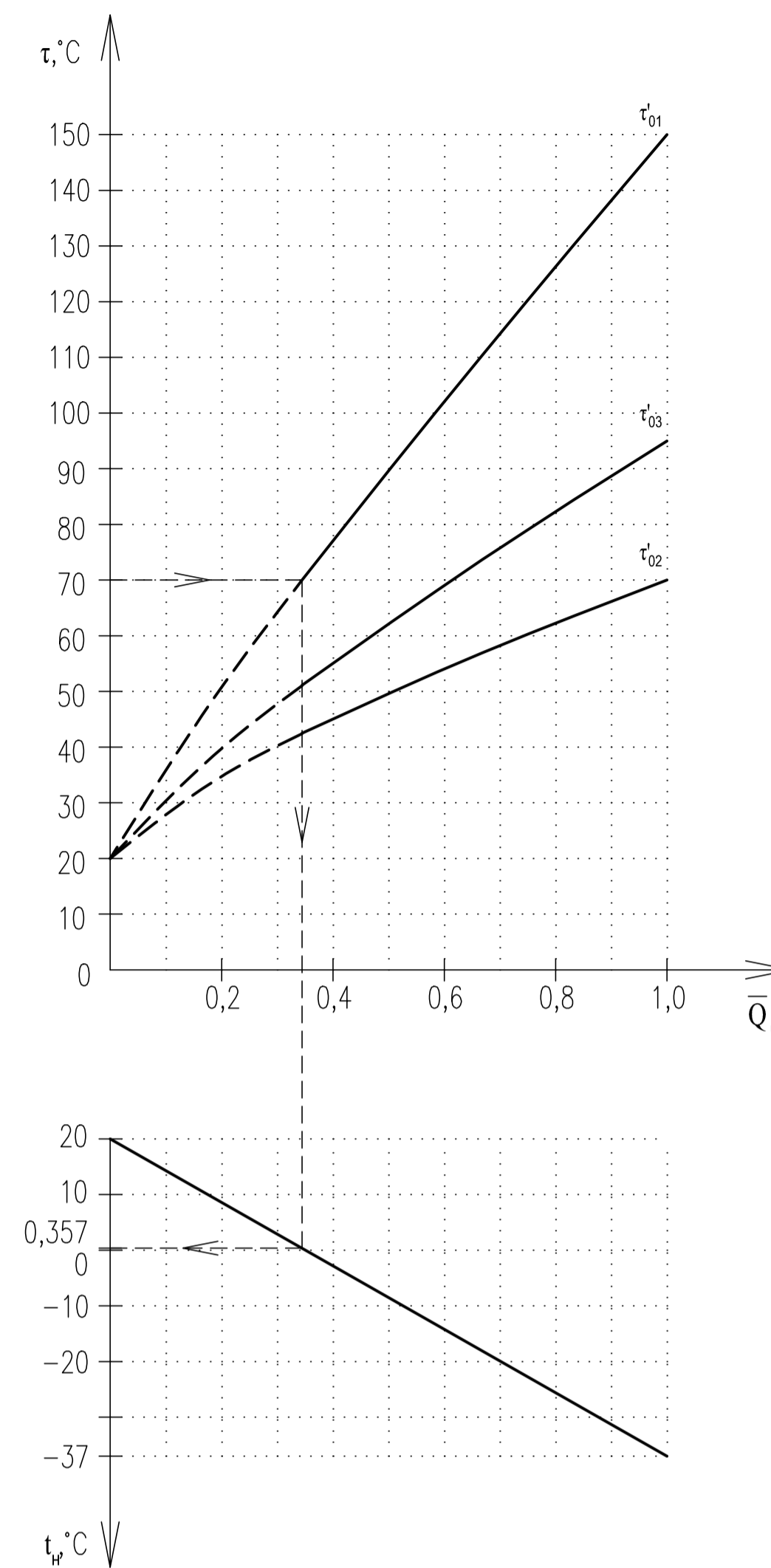


График определения температуры
начала излома



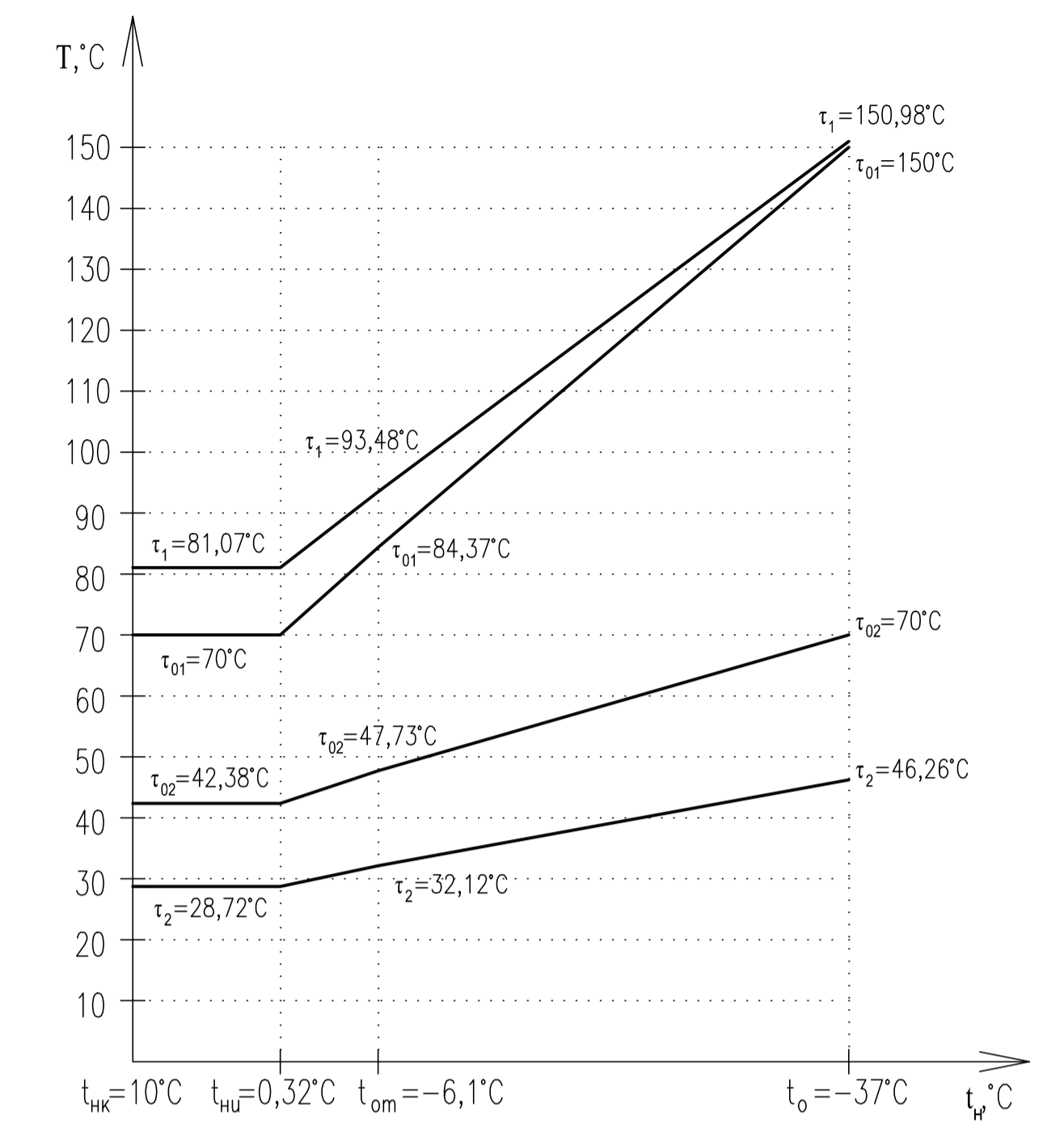
Условные обозначения:

T_{01} – расчетная температура воды в подающей магистрали, °C;
 T_{02} – расчетная температура воды в обратной магистрали, °C;
 T_{03} – расчетная температура воды в подающем стояке местной системы отопления, °C.

Условные обозначения:

УТ1 – УТ12 – узлы трубопроводов;
 Н6 – Н15 – неподвижные опоры;
 К1 – К16 – П-образные компенсаторы;
 Т1 – подающий трубопровод;
 Т2 – обратный трубопровод;
 Т3 – обратный трубопровод;
 Т4 – обратный трубопровод.

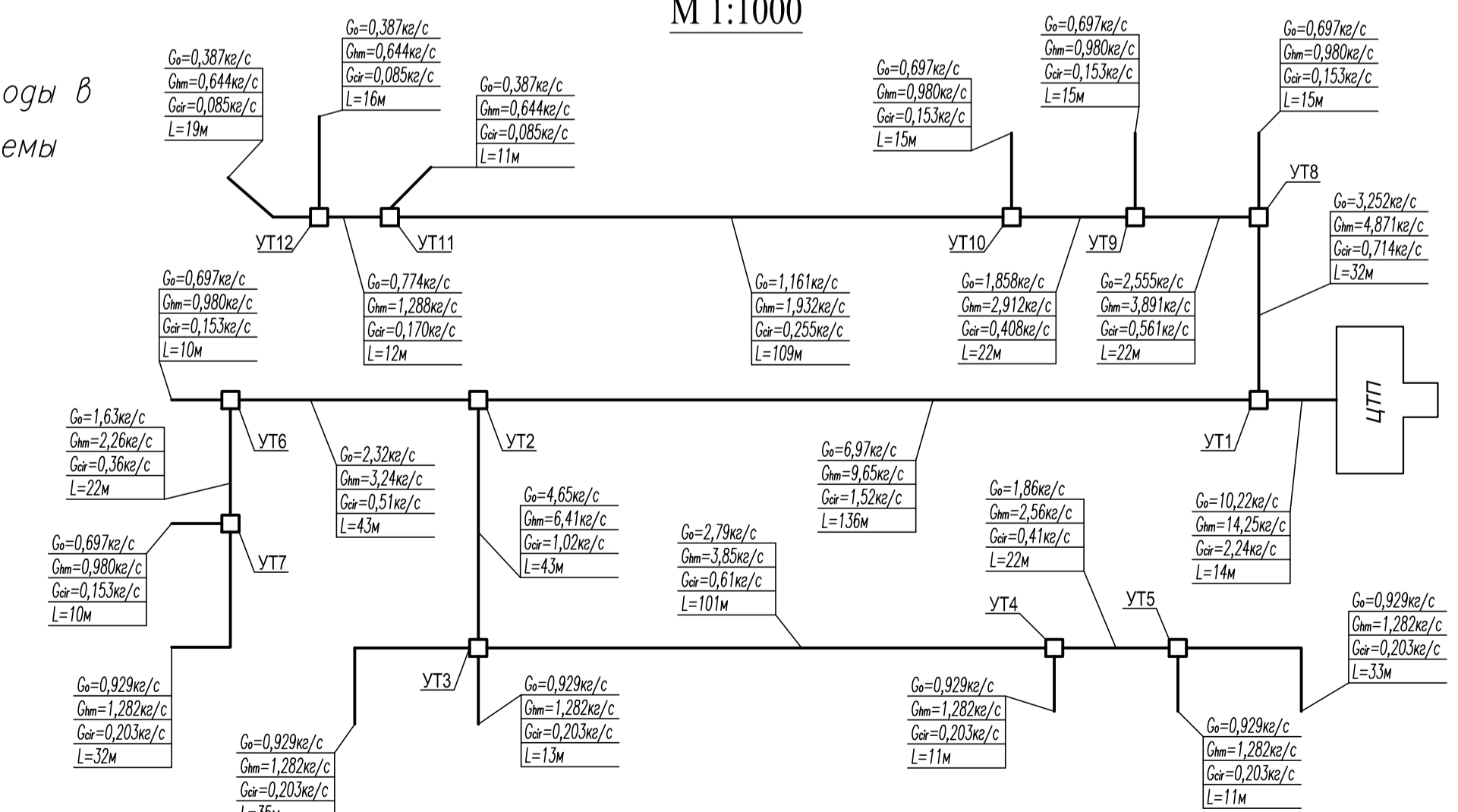
График регулирования отпуска теплоты
по совмещенной нагрузке отопления и
горячего водоснабжения



Регулирование отпуска теплоты по совмещенной нагрузке
отопления и горячего водоснабжения

Наименование	Размерность	Температура наружного воздуха, °C			
		$t_o = -37$	$t_{om} = -6,1$	$t_{nw} = 0,32$	$t_{нк} = +10$
Q_n^r	MВт	1,068	1,068	1,068	1,068
δ	°C	24,723	24,723	24,723	24,723
δ_i	°C	23,745	15,611	13,654	13,654
δ_{it}	°C	0,978	9,112	11,069	11,069
T_{01}	°C	150,978	93,478	81,069	81,069
T_{02}	°C	70	47,734	42,376	42,376
T_2	°C	46,255	32,123	28,722	28,722

Расчетная схема
М 1:1000



ИСТУЭС КП 17.23

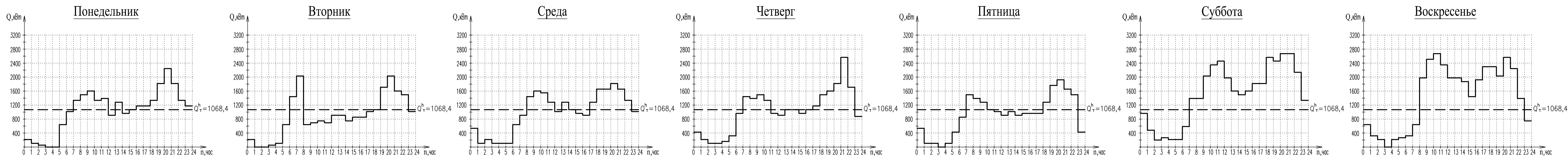
Выбор и расчет ТИМ ОКиТС

Изм.	Кол.уч.	Лист	Нрск	Подпись	Дата	Страница	Лист	Листов
Разработ.				Кабанова Т.В.		У	1	2
Проб.				Амброва Г.М.				
Т.контр.								
И.контр.								
Зав.кар.				Сидиков Р.А.				

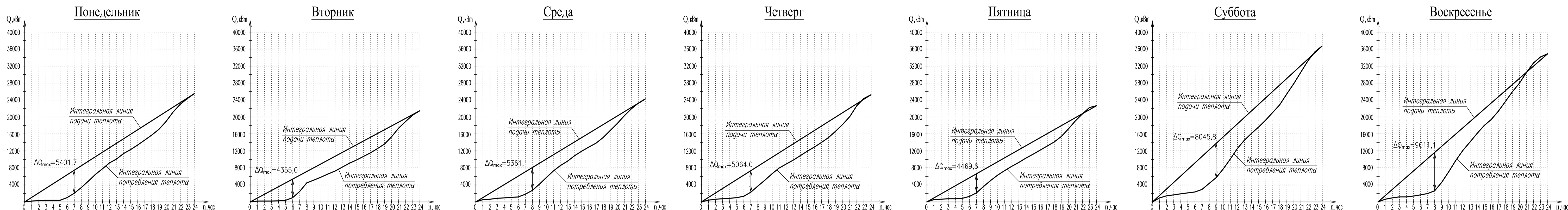
Выбор и расчет тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей системы ГВС микрорайона
 Расчетная схема М 1:1000. Монтажная схема. Расчетная схема М 1:1000. График определения температуры начала излома. График регулирования отпуска теплоты по совмещенной нагрузке О и ГВ.

КГАСУ
гр.31П03

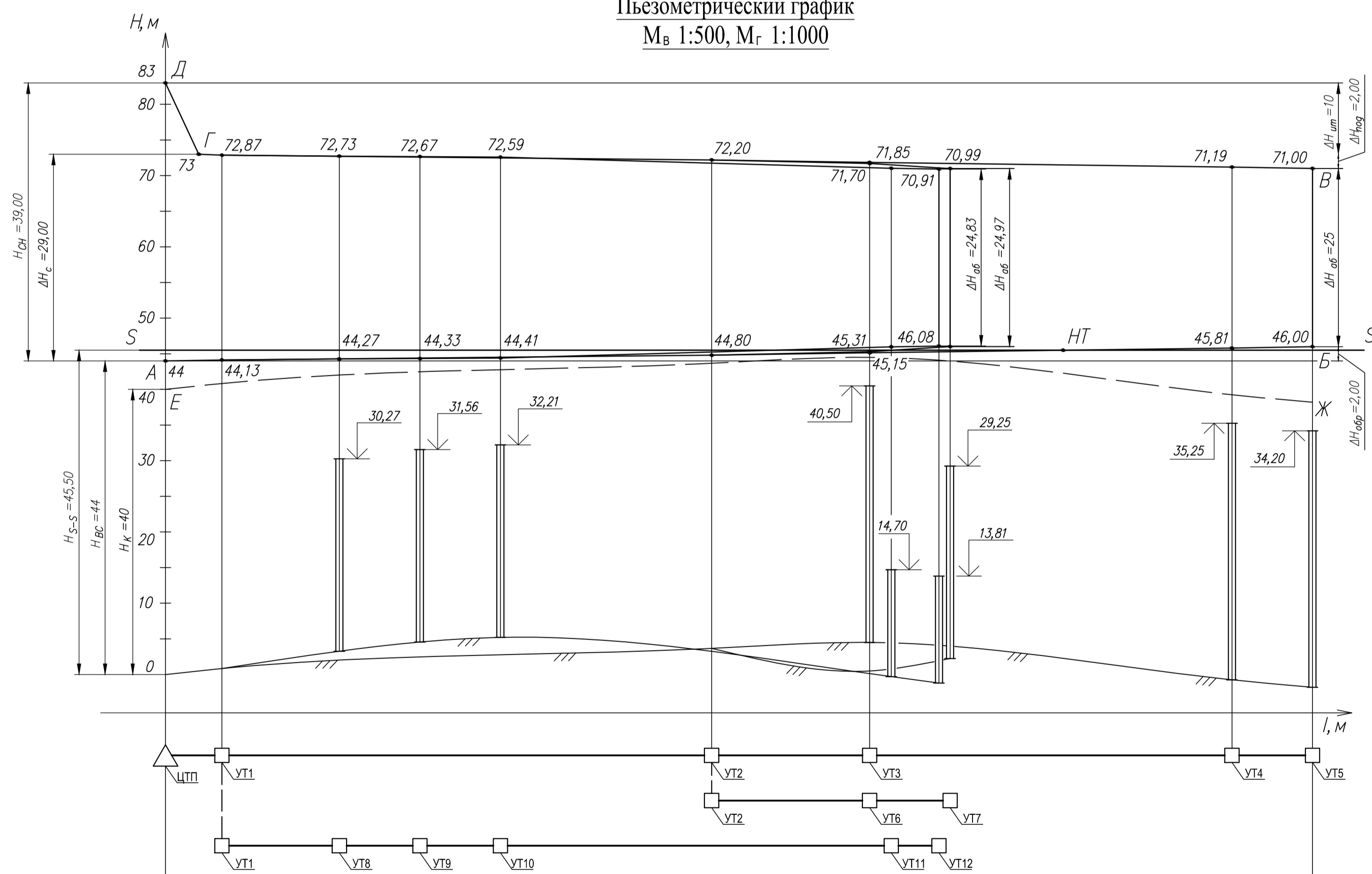
Графики расхода тепла по часам суток



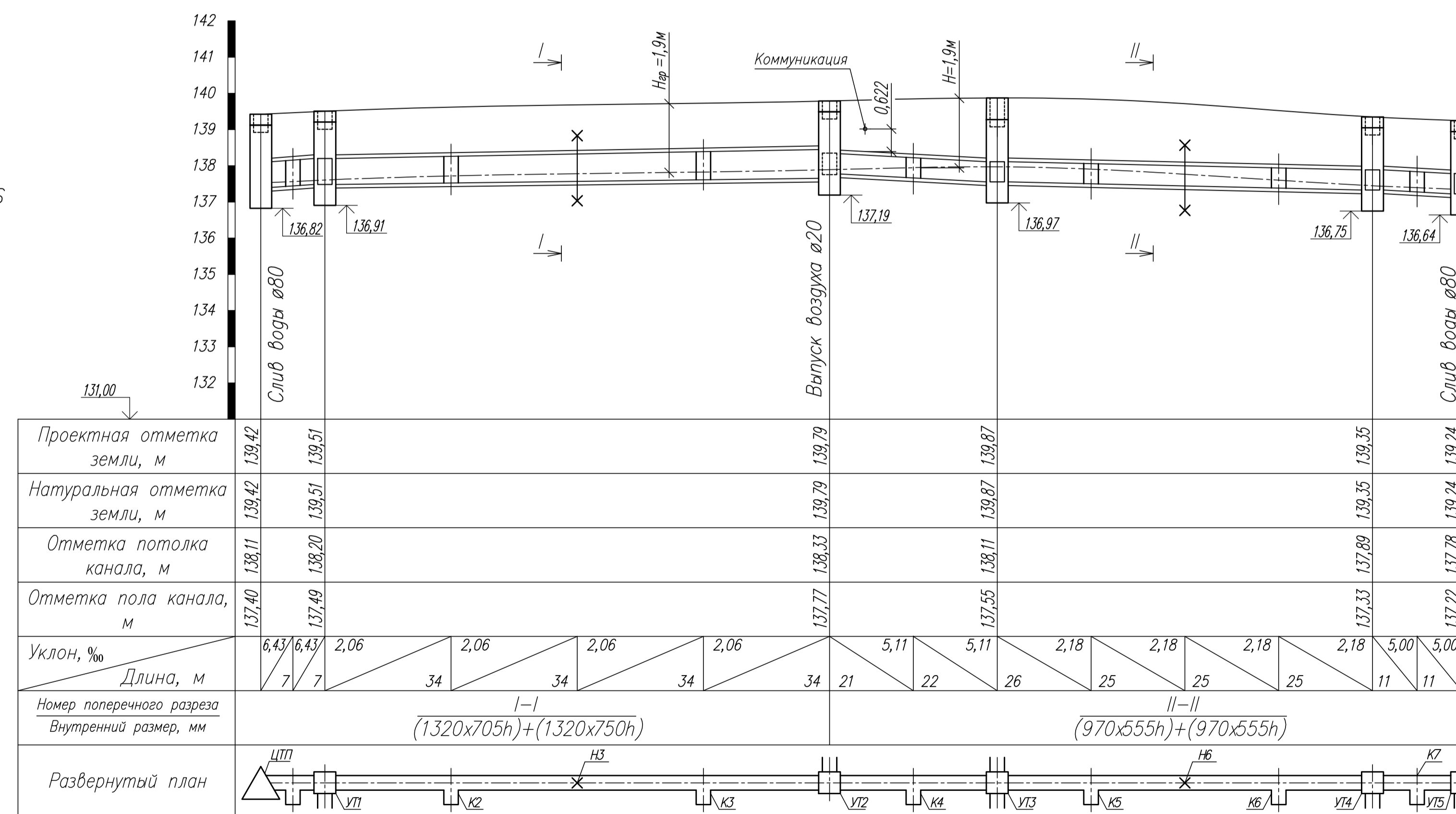
Интегральные графики расхода и подачи тепла на горячее водоснабжение



Пьезометрический график
Мв 1:500, Мг 1:1000



Продольный профиль
Мв 1:100, Мг 1:1000



Емкость бака-аккумулятора:

$$V_0 = \frac{\Delta Q_{max} \cdot 3600}{c \cdot \rho \cdot (t_h - t_c)} \cdot 1,1 = \frac{9011,1 \cdot 3600}{4,187 \cdot 1000 \cdot (65 - 5)} \cdot 1,1 = 142,04 \text{ м}^3$$

Отметки поверхности земли, м	139,42	139,51	139,79	139,87	139,35	139,24
Номер расчетного участка	1	2	3	4	5	
Номер УТ	1	2	3	4	5	
Длина участка L, м	14	136	43	101	22	
Условный диаметр труб D, м	150	125	100	80	70	

ИСТУЭС КП 17.23					
Выбор и расчет ТИМ ОКиТС					
Изм.	Кол.уч.	Лист	Нр/к	Подпись	Дата
Разраб.	Кабачков Т.В.				
Проб.	Амброва Г.М.				
Т.контр.					
Н.контр.					
Заб.кар.	Соловьев Р.А.				
Выбор и расчет тепловой изоляции трубопроводов тепловых сетей системы ГВС микрорайона			Стария	Лист	Листов
График расхода тепла по часам суток			У	2	2
Интегральные графики расхода и подачи тепла на ГВС			КГАСУ		
Пьезометрический график Мв 1:500, Мг 1:1000			гр.31П03		
Продольный профиль Мв 1:100, Мг 1:1000					