

Аннотация

В данной бакалаврской работе была запроектирована реконструкция старых тепловых сетей района города. С учетом всех перерасчетов длин трубопроводов на участках определены тепловые нагрузки и расходы сетевой воды, построены график температуры теплоносителя и график расчетных расходов сетевой воды. Выполнен гидравлический расчет тепловых сетей и построен пьезометрический график с продольным профилем тепловой сети. Рассчитана толщина и тип тепловой изоляции трубопроводов, подобраны компенсаторы температурных удлинений. Определены объемы работ. Рассмотрены вопросы безопасности и экологичности.

СОДЕРЖАНИЕ		Стр.
ВВЕДЕНИЕ		6
1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ		7
2. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ		8
2.1 Построение графика расходов теплоты		8
2.2 Определение расчетных расходов сетевой воды		11
2.3 Способ прокладки и конструкции тепловых сетей		18
2.4 Гидравлический расчет тепловой сети		19
2.5 Пьезометрический график		31
2.6 Продольный профиль тепловой сети		34
2.7 Тепловая изоляция трубопроводов		35
2.8 Компенсация температурных удлинений трубопроводов		38
3. АВТОМАТИЗАЦИЯ		41
4. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ		43
5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ОБЪЕКТА		49
5.1 Технологическая характеристика объекта		49
5.2 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта		50
5.3 Обеспечение экологической безопасности технического объекта		53
ЛИТЕРАТУРА		55
ПРИЛОЖЕНИЯ		58

Введение

Реконструкция старых тепловых сетей является неотъемлемой частью бесперебойной подачи теплоносителя в жилые дома, детские сады, школы, больницы и т. д. С течением времени, тепловые сети изнашиваются, тем самым происходят прорывы трубопроводов, влекущие за собой неблагоприятные последствия. Своевременная замена изношенных трубопроводов путем замены тепловой изоляции сохраняет температуру теплоносителя и практически исключает возможность прорывов трубопроводов тепловой сети.

Большими темпами ведется в больших масштабах новое жилищное строительство, вытесняя устаревшие тепловые сети, как в городах, так и в поселках. По средствам этого создаются благоприятные условия для широкого развития системы централизованного теплоснабжения.

Целью выполнения бакалаврской работы является реконструкция тепловых сетей города Саратов.

1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Реконструкция тепловых сетей произведена в Кировском районе города Саратов.

Параметры наружного воздуха для холодного периода года определены согласно СП [1]:

$t_{н,о} = -28^{\circ}\text{C}$ – расчетная температура наружного воздуха на отопление;

$t_{н,в} = -17^{\circ}\text{C}$ – расчетная температура наружного воздуха на вентиляцию;

$z_{от} = 196$ сут. – количество дней с температурой наружного воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$;

$t_{от} = -4,5^{\circ}\text{C}$ – средняя температура периода с температурой наружного воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$;

Глубина промерзания грунта Саратовской области 1,5 м [27].

Источником теплоснабжения является Саратовская ТЭЦ №5, расположенная в северной части города [18].

Параметры теплоносителя ТЭЦ:

– Подающая магистраль 150°C ;

– Обратная магистраль 70°C ;

Продолжительность стояния температур для данного города приведена согласно [2] в таблице 1.1

Таблица 1.1 - Продолжительность стояния температур города Саратов

Число стояния температур, t_H	Температура наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$							
	-30... ...-25	-25... ...-20	-20... ...-15	-15... ...-10	-10... ...-5	-5... ...0	0... ...+5	+5... ...+8
n	3	36	194	432	655	883	1379	1128
n		39	233	665	1320	2203	3582	4710

2. РАСЧЕТ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

2.1 Построение графиков расхода теплоты

Для построения графика часовых расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение в зависимости от температуры наружного воздуха и построения графика годовых расходов теплоты по продолжительности стояния температур наружного воздуха, были определены расходы теплоты для каждого потребителя, к которому подключена тепловая сеть.

Расчетные температуры наружного воздуха для проектирования отопления и вентиляции взяты из исходных данных:

Расчетная температура наружного воздуха для проектирования системы отопления $t_{н.о} = -28^{\circ}\text{C}$;

Расчетная температура наружного воздуха для проектирования системы вентиляции $t_{н.в} = -17^{\circ}\text{C}$;

Температура воздуха в отапливаемых помещениях, согласно [3] $t_{в} = 18^{\circ}\text{C}$;
Значения расчетных расходов теплоты на отопление, вентиляцию и ГВС сведены в таблицу 2.1.

Таблица 2.1 - Расчетные расходы теплоты на отопление, вентиляцию и ГВС

Улица, № здания	Этаж	Q_o	Q_v	$Q_{г.в}^{cp}$	Q
1	2	3	4	5	6
Ул. Большая Горная 8	9	0,612	0	0,4176	1,0296
Ул. Большая Горная 10	5	0,348	0	0,291	0,639
Ул. Большая Горная 12	9	0,765	0	0,630	1,395
Ул. Большая Горная 14	9	0,918	0	0,9924	1,9104
Ул. Большая Горная 16	9	0,918	0	0,9924	1,9104
Ул. Большая Горная 18	9	0,442	0	0,390	0,832
Ул. Большая Горная 20	9	0,748	0	0,63	1,378
Ул. Большая Горная 22	5	0,3384	0	0,280	0,6184
Ул. Большая Горная 24	5	0,3384	0	0,280	0,6184
Ул. Большая Горная 26	3	0,255	0,164	0,191	0,610
Ул. Большая Горная 26А	3	0,2377	0	0,184	0,4217
Ул. Большая Горная 28	5	0,2344	0	0,186	0,4204
Ул. Большая Горная 30	9	0,918	0	0,9924	1,9104
Ул. Посадского 5/79	5	0,3384	0	0,280	0,6184
Ул. имени Кутякова 9	14	0,5225	0	0,3007	0,8232
Ул. имени Кутякова 11	5	0,3384	0	0,280	0,6184
Ул. имени Кутякова 13	5	0,2344	0	0,186	0,4204
Ул. имени Кутякова 15	5	0,2344	0	0,186	0,4204
Ул. имени Кутякова 17	9	0,714	0	0,630	1,344
Ул. имени Кутякова 19	2	0,204	0,112	0,163	0,479
Ул. имени Кутякова 21	5	0,2344	0	0,186	0,4204
Ул. имени Кутякова 23	5	0,2344	0	0,186	0,4204
Ул. имени Кутякова 25	5	0,3384	0	0,280	0,6184
Ул. имени Кутякова 27	14	0,520	0	0,2934	0,8134
Ул. Астраханская 75	9	0,612	0	0,4176	1,0296
Ул. Астраханская 77	5	0,348	0	0,291	0,639
Ул. Астраханская 81	9	0,442	0	0,390	0,832
Ул. Астраханская 83	9	0,714	0	0,630	1,344
Ул. Астраханская 83А	3	0,2377	0	0,184	0,4217
Ул. Астраханская 85	9	0,729	0	0,630	1,359
Ул. Астраханская 85А	3	0,2377	0	0,184	0,4217
Ул. Астраханская 87	9	0,442	0	0,390	0,832
Ул. Астраханская 89	5	0,234	0	0,186	0,420
Ул. Астраханская 89А	3	0,255	0,164	0,191	0,610
Ул. Астраханская 91	5	0,3384	0	0,280	0,6184
Ул. Астраханская 93	9	0,986	0	1,055	2,041
Ул. Астраханская 93А	5	0,2456	0	0,265	0,5106
Ул. Астраханская 7/95	14	0,523	0	0,2934	0,8164
Улица Степана Разина 50	9	1,4427	0	1,129	2,5717
Улица Степана Разина 52	10	0,602	0	0,430	1,032
Улица Степана Разина 56	9	1,496	0	1,300	2,796
Улица Степана Разина 58	5	0,3384	0	0,280	0,6184
Улица Степана Разина 60	2	0,204	0,112	0,163	0,479

Продолжение табл. 2.1

Улица Степана Разина 62	5	0,3384	0	0,280	0,6184
Улица Степана Разина 64	2	0,204	0,112	0,163	0,479
Улица Степана Разина 66	10	0,612	0	0,438	1,050
Улица Степана Разина 68	9	1,3516	0	1,072	2,4236
		$Q_o =$ 23,950 МВт	$Q_B =$ 0,664 МВт	$Q_{Г.В}^{CP} =$ 20,510 МВт	$Q_o = 45,124$ МВт
Итого с учетом потерь тепла в теплосетях 8%		25,870 МВт	0,717 МВт	22,160 МВт	48,747 МВт

Исходя из таблицы 2, значения расчетных расходов теплоты составляют:

На отопление: $Q'_o = 25,870$ МВт;

На вентиляцию: $Q'_B = 0,717$ МВт;

На горячее водоснабжение: $Q'_{ГВС} = 22,160$ МВт;

Согласно [2] определены расходы теплоты на отопление и вентиляцию при температуре $+8^\circ\text{C}$:

$$Q_o = Q'_o \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H,0}}; \quad Q_o = 25,87 \cdot \frac{18-8}{18+28} = 5,62 \text{ МВт}; \quad (2.1)$$

$$Q_B = Q'_B \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H,0}}; \quad Q_o = 0,717 \cdot \frac{18-8}{18+28} = 0,205 \text{ МВт}. \quad (2.2)$$

Тепловая нагрузка на горячее водоснабжение не зависит от наружной температуры и в диапазоне летнего периода проведена прямая, параллельная оси абсцисс [30].

График годовой тепловой нагрузки построен следующим образом:

Из точек на оси абсцисс, которые соответствуют температурам в диапазоне $(+8 \dots -28)$ вверх проведены перпендикуляры до пересечения с линией суммарного расхода теплоты. Из точек на линии $Q_{\text{сум}}$ проведены прямые, параллельные оси абсцисс, до пересечения с перпендикулярами, проведенными из точек стояния температуры наружного воздуха. Соединив точки, получена искомая кривая графика расхода теплоты за отопительный период.

В летний период (диапазон продолжительности стояния наружной температуры от 4710 до 8400 ч) тепловая нагрузка присутствует только на горячее водоснабжение, значение которой определяется согласно:

$$Q_{ГВ}^Л = \beta \cdot Q_{ГВ}^{ср} \cdot \frac{55-t_{х.л}}{55-t_{х.з}} ; Q_{ГВ}^Л = 0,8 \cdot 22,16 \cdot \frac{55-15}{55-5} = 14,18 \text{ МВт} \quad (2.3)$$

Поскольку нагрузка на горячее водоснабжение не зависит от наружной температуры, то в диапазоне летнего периода проведена прямая, параллельная оси абсцисс [25].

График часовых и годовых расходов теплоты представлен в приложении А.

2.2 Определение расчетных расходов сетевой воды

Для определения расчетных расходов сетевой воды был построен график центрального качественного регулирования отпуска теплоты по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения (для закрытой системы теплоснабжения) [21]. Расчет произведен согласно [2]. Расчетная температура сетевой воды в подающей и обратной магистралях принимаются равным параметрам теплоносителя Саратовской ТЭЦ № 5: $\tau'_{1.0} = 150^\circ\text{C}$; $\tau'_{2.0} = 70^\circ\text{C}$.

Температура воды в подающей и обратной магистралях, в диапазоне температур наружного воздуха $+8... - 28^\circ\text{C}$, определены по следующим выражениям [4]:

$$\tau_{1.0} = t_B + \Delta t' \cdot \left(\frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H.0}} \right)^{0,8} + \delta \tau' - \frac{\theta'}{2} \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H.0}} ; \quad (2.4)$$

$$\tau_{2.0} = t_B + \Delta t' \cdot \left(\frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H.0}} \right)^{0,8} - \frac{\theta'}{2} \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H.0}} ; \quad (2.5)$$

где t_B – температура воздуха в отапливаемых помещениях, $t_B = 18^\circ\text{C}$ [2];

$\Delta t'_0$ – температурный напор нагревательного прибора, (при расчетной температуре воды в отопительной системе $\tau'_3 = 95^\circ\text{C}$ и $\tau'_{2.0} = 70^\circ\text{C}$;

$$t'_0 = \frac{\tau'_3 + \tau'_{2.0}}{2} - t_B ; t'_0 = \frac{95 + 70}{2} - 18 = 64,5^\circ\text{C} \quad (2.6)$$

$\delta \tau'_0$ – расчетный перепад температур воды в тепловой сети, $^\circ\text{C}$;

$$\delta\tau'_0 = t'_{1.0} - t'_{2.0}; \delta\tau'_0 = 150 - 70 = 80^\circ\text{C} \quad (2.7)$$

t_n – температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}[1]$;

θ' – расчетный перепад температур воды в местной системе отопления;

$$\theta' = \tau'_3 - \tau'_{2.0}; \theta' = 95 - 70 = 25^\circ\text{C}; \quad (2.8)$$

При $+8^\circ\text{C}$ по формулам (2.4) и (2.5):

$$\tau'_{1.0} = 18 + 64,5 \cdot \left(\frac{18 - 8}{18 + 28}\right)^{0,8} + \left(80 - \frac{25}{2}\right) \cdot \frac{18 - 8}{18 + 28} = 51,70^\circ\text{C}$$

$$\tau'_{2.0} = 18 + 64,5 \cdot \left(\frac{18 - 8}{18 + 28}\right)^{0,8} - \frac{25}{2} \cdot \frac{18 - 8}{18 + 28} = 34,30^\circ\text{C}$$

Аналогично рассчитана температура теплоносителя в диапазоне ($+5 \dots -28^\circ\text{C}$) и занесена в таблицу 2.2

Таблица 2.2. Значения температур сетевой воды в подающем и обратном теплопроводах.

τ	Температура сетевой воды при t_n $^\circ\text{C}$								
	+8	+5	0	-5	-10	-15	-20	-25	-28
$\tau_{1.0}$	51,70	60,55	74,84	88,80	102,47	115,83	129,1	139,42	150
$\tau_{2.0}$	34,30	37,94	43,56	48,80	53,75	58,47	63,04	67,42	70

Температура нагреваемой водопроводной воды после нижней ступени подогревателя:

$$t''_n = \tau''_{2.0} - \Delta t''; t''_n = 41,5 - 10 = 31,5^\circ\text{C} \quad (2.9)$$

где $\Delta t''$ – температура греющей воды после нижней ступени подогревателя, при $t_{n.и} = 10^\circ\text{C}$;

$\tau''_{2.0}$ – температура греющей воды, исходя из приложения;

Расчет повышенного температурного графика заключается в определении перепада температур сетевой воды в подогревателе верхней и нижней ступенях. Приняв значение температур сетевой воды в подающей и обратной магистралях

по отопительно-бытовому температурному графику, определен перепад температур воды в нижней ступени подогревателя:

- при наружной температуре $t_{н.и.}$:

$$\delta_2''' = \frac{1,2 \cdot Q_{г.в.}^{cp}}{Q'_0} \cdot \frac{t_n''' - t_{х.з.}}{t_{г.} - t_{х.з.}} \cdot \tau'_{1,0} - \tau'_{2,0} ; \quad (2.10)$$

$$\delta_2''' = 1,2 \cdot 0,25 \cdot \frac{34,5 - 5}{55 - 5} \cdot 150 - 70 = 12,72^{\circ}\text{C}$$

- при наружной температуре $t_{н.о.}$:

$$\delta_2' = \delta_2''' \cdot \frac{\tau'_{2,0} - t_{х.з.}}{\tau'''_{2,0} - t_{х.з.}}; \delta_2' = 12,72 \cdot \frac{70 - 5}{41,5 - 5} = 22,65^{\circ}\text{C} \quad (2.11)$$

- при наружной температуре $t_{н.в.}$:

$$\delta_2'' = \delta_2''' \cdot \frac{\tau''_{2,0} - t_{х.з.}}{\tau'''_{2,0} - t_{х.з.}}; \delta_2'' = 12,72 \cdot \frac{53,75 - 5}{41,5 - 5} = 16,99^{\circ}\text{C} \quad (2.12)$$

Температура сетевой в обратной магистрали повышенного температурного графика:

$$\tau'_2 = \tau'_{2,0} - \delta'_2; \tau'_2 = 70 - 22,65 = 47,35^{\circ}\text{C} \quad (2.13)$$

$$\tau'''_2 = \tau'''_{2,0} - \delta'''_2; \tau'''_2 = 41,5 - 12,72 = 28,78^{\circ}\text{C} \quad (2.14)$$

$$\tau''_2 = \tau''_{2,0} - \delta''_2; \tau''_2 = 53,75 - 16,99 = 36,76^{\circ}\text{C} \quad (2.15)$$

Суммарный перепад температур сетевой воды в подогревателях нижней и верхней ступеней:

$$\delta = \delta_1 - \delta_2 = \frac{Q_{г.в.}^{\delta}}{Q'_0} \cdot \tau'_{1,0} - \tau'_{2,0} ; \quad (2.16)$$

$$\delta = 1,2 \cdot 0,25 \cdot 150 - 70 = 24^{\circ}\text{C}$$

Перепад температур сетевой воды в верхней ступени подогревателя при $t_{н.о.}$, $t_{н.в.}$ и $t_{н.и.}$:

$$\delta'_1 = \delta - \delta'_2; \delta'_1 = 24 - 22,65 = 1,35^{\circ}\text{C}; \quad (2.17)$$

$$\delta_1'' = \delta - \delta_2''; \delta_1'' = 24 - 16,99 = 7,01^\circ\text{C}; \quad (2.18)$$

$$\delta_1''' = \delta - \delta_2'''; \delta_1''' = 24 - 12,72 = 11,28^\circ\text{C}. \quad (2.19)$$

Температура воды в подающей магистрали для повышенного температурного графика:

$$\tau_1' = \tau_{1,0}' + \delta_1'; \tau_1' = 150 + 1,35 = 151,35^\circ\text{C}; \quad (2.20)$$

$$\tau_1'' = \tau_{1,0}'' + \delta_1''; \tau_1'' = 102,47 + 7,01 = 109,48^\circ\text{C}; \quad (2.21)$$

$$\tau_1''' = \tau_{1,0}''' + \delta_1'''; \tau_1''' = 70 + 11,28 = 81,28^\circ\text{C}. \quad (2.22)$$

Исходя из полученных значений, построен график температур воды в сети теплоснабжения, представленный в приложении Б.

Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления и вентиляции определена согласно [2] для данного города.

В качестве примера, произведен расчет для центра развития ребенка (детский сад) «Моё счастье», находящегося по адресу: ул. Степана Разина 64.

Расчетный расход сетевой воды по выражению для детского учреждения:

- на отопление:

$$G_o = \frac{3,6 \cdot Q_o}{c \cdot (\tau_{1,0}' - \tau_{2,0}')}; G_o = \frac{3,6 \cdot 204}{4,19 \cdot 150 - 70} = 2,19 \text{ т/ч}; \quad (2.23)$$

где Q_o – расчетный расход теплоты на отопление жилых и общественных зданий, кВт (таблица 2, графа 3);

$\tau_{1,0}'$ и $\tau_{2,0}'$ – расчетный перепад температур сетевой воды в подающей и обратной магистралях;

c – теплоемкость воды, равная 4,19 кДж/(кг°К).

- на вентиляцию:

$$G_b = \frac{3,6 \cdot Q_b''}{c \cdot (\tau_{1,0}'' - \tau_{2,0}'')}; G_b = \frac{3,6 \cdot 112}{4,19 \cdot (100 - 50)} = 1,73 \text{ т/ч}; \quad (2.24)$$

где Q_b – расчетный расход сетевой воды на вентиляцию, кВт (таблица 2, графа 4);

$\tau''_{1,0}$ - температура сетевой воды в подающей магистрали при $t_{н.в.} \tau''_{1,0} = 100^\circ\text{C}$;

$\tau''_{2,0}$ - температура сетевой воды после вентиляционных калориферов при $t_{н.в.} \tau''_{2,0} = 50^\circ\text{C}$;

C – теплоемкость воды, равная $4,19 \text{ кДж}/(\text{кг}^\circ\text{K})$.

- на горячее водоснабжение:

$$G_{г.в.}^{ср} = \frac{3,6 \cdot Q_{г.в.}^{ср}}{c \cdot (\tau'''_{1,0} - \tau'''_{2,0})} \cdot \left(\frac{65 - t_n}{65 - t_{х.з.}} + 0,2 \right); G_{г.в.}^{ср} = \frac{3,6 \cdot 163}{4,19 \cdot (70 - 41,5)} \cdot \left(\frac{65 - 31,5}{65 - 5} \right) = 2,19 \text{ т/ч} \quad (2.25)$$

где $Q_{г.в.}^{ср}$ – средний расход теплоты на горячее водоснабжение, кВт;

$\tau'''_{1,0}, \tau'''_{2,0}$ – температура сетевой воды в подающей и обратной магистралях тепловой сети в точке излома отопительно-бытового графика, $\tau'''_{1,0} = 70^\circ\text{C}$, $\tau'''_{2,0} = 41,5^\circ\text{C}$;

t_n – температура нагреваемой воды после подогревателя первой ступени,

$t_n = \tau'''_{2,0} - 10, t_n = 41,5 - 10 = 31,5^\circ\text{C}$;

Расчетные расходы сетевой воды для всех зданий приведены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Расчетные расходы сетевой воды

№ здания	Расчетный расход сетевой воды, т/ч			Суммарный расход воды для расчета магистральных труб $G_p = G_o + G_b$	Расход теплоты при $t_n = +1,5^\circ\text{C}$, кВт		Суммарный расход воды в распределительных сетях на одно здание $G_p = G_{г.в.}^{ср} + \frac{3,6 \cdot (Q_o'' + Q_b'')}{c \cdot (\tau_1'' - \tau_{2,в}'')}$	Расчетный расход воды в распределительных сетях на одно здание, т/ч
	G_o	G_b	$G_{г.в.}$		Q_o''	Q_b''		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Улица Большая Горная								
8	6,57	0	8,42	6,57	219,5	0	13,16	13,16
10	3,74	0	4,12	3,74	124,6	0	6,44	6,44
12	8,22	0	8,93	8,22	274,6	0	14,15	14,15
14	9,86	0	14,05	9,86	327,7	0	16,94	16,94
16	9,86	0	14,05	9,86	327,7	0	16,94	16,94
18	4,75	0	5,53	4,75	157,8	0	8,16	8,6
20	8,03	0	8,93	8,03	267,04	0	13,8	13,8
22	3,63	0	3,97	3,63	120,7	0	6,24	6,24
24	3,63	0	3,97	3,63	120,7	0	6,24	6,24
26	2,74	2,53	5,76	5,27	91,04	77,25	4,71	4,71
26А	2,55	0	2,61	2,55	84,61	0	4,38	4,38
28	2,51	0	2,63	2,51	83,54	0	4,31	4,31
30	9,86	0	14,05	9,86	327,7	0	16,94	16,94
Улица Посадского								
5/79	3,63	0	3,97	3,63	121,3	0	6,25	6,25
Улица имени Кутякова								
9	5,62	0	4,27	5,62	187,8	0	9,67	9,67
11	3,63	0	3,97	3,63	121,4	0	6,25	6,25
13	2,51	0	2,64	2,51	84,01	0	4,32	4,32
15	2,51	0	2,64	2,51	84,01	0	4,32	4,32
17	7,67	0	8,93	7,67	256,3	0	14,47	14,47

Продолжение табл. 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
19	2,19	1,73	2,31	3,92	73,24	55,75	3,77	3,77
21	2,51	0	2,64	2,51	84,01	0	4,32	4,32
23	2,51	0	2,64	2,51	84,01	0	4,32	4,32
25	3,63	0	3,97	3,63	121,4	0	6,25	6,25
27	5,58	0	4,15	5,58	186,7	0	9,61	9,61
Улица Астраханская								
75	8,42	0	5,91	8,42	219,5	0	13,16	13,16
77	3,74	0	4,12	3,74	124,9	0	6,44	6,44
81	4,75	0	5,53	4,75	158,7	0	8,18	8,18
83	7,67	0	8,93	7,67	256,3	0	13,21	13,21
83А	2,56	0	2,61	2,56	85,44	0	4,41	4,41
85	7,83	0	8,33	7,83	261,7	0	13,48	13,48
85А	2,52	0	2,61	2,52	85,44	0	4,41	4,41
87	4,75	0	5,53	4,75	158,7	0	8,18	8,18
89	2,51	0	2,65	2,51	84,01	0	5,04	5,04
89А	2,74	2,53	2,71	7,98	91,55	120,11	4,72	4,72
91	3,63	0	3,97	3,63	121,3	0	6,25	6,25
93	10,59	0	14,95	10,59	354,0	0	18,24	18,24
93А	2,64	0	3,75	2,64	88,31	0	4,55	4,55
7/95	5,62	0	4,15	5,62	187,8	0	9,68	9,68
Улица Степана Разина								
50	15,49	0	16,00	15,49	518,04	0	26,68	26,68
52	6,47	0	6,09	6,47	216,2	0	11,14	11,14
56	16,07	0	18,42	16,07	537,06	0	27,67	27,67
58	3,63	0	3,97	3,63	121,3	0	6,25	6,25
60	2,19	1,73	2,31	3,92	73,24	52,75	3,77	3,77
62	3,63	0	3,97	3,63	121,4	0	6,35	6,25
64	2,19	1,73	2,31	2,19	73,24	52,75	3,77	3,77
66	6,57	0	13,20	6,57	219,7	0	11,31	11,31
68	14,52	0	19,16	14,52	485,4	0	25,00	25,00

2.3. Способ прокладки и конструкции тепловых сетей

Исходя из местных условий застройки, коммуникаций и расположения дорог проложена подземная двухтрубная прокладка в непроходных каналах марки (КЛ 120-60, КЛ 90-45, КЛ 60-45).

Дно каналов уложено с уклоном не менее 0,002 в сторону тепловых камер, где устроен сбор воды. Спуск воды осуществлен в дренажном колодце.

По всей трассе тепловых сетей установлены теплофикационные камеры, изготовленные из сборных железобетонных конструкций. Переход труб с большего диаметра на меньший осуществлен только в теплофикационных камерах.

Для опоры трубопроводов предусмотрены двухупорные неподвижные опоры с защитой от электрокоррозии по [5].

Тепловые сети выполнены из стали марки В-20 по ГОСТ 1050-74*. Трубопроводы стальные электросварные прямошовные по ГОСТ 10704-91 с тепловой изоляцией из пенополиуретана с защитной полиэтиленовой оболочкой по ГОСТ 30732-2006.

При изменении диаметра трубопроводов применены переходы в сварные листовые по ГОСТ 17378-83 из стали В-20.

В углах поворотов применены крутоизогнутые отводы из стали В-20 по ГОСТ 17378-83.

Для компенсации температурных удлинений использованы участки самокомпенсации, то есть трубопроводы с поворотом на 90-120 градусов, и гнутые П-образные компенсаторы.

Перед вводом в здание за 4 метра до входа в индивидуальный тепловой пункт установлены неподвижные опоры.

2.4 Гидравлический расчет тепловой сети.

Гидравлический расчет тепловых сетей выполнен для определения диаметров трубопроводов, потерь давления на трение и скорости движения теплоносителя.

В закрытой системе теплоснабжения [17] расходы теплоносителя в подающем и обратном теплопроводах одинаковы, следовательно, гидравлический расчет выполнен для подающего теплопровода, при этом потери давления в обратном теплопроводе такие же, как в подающем.

Зная расчетные расходы воды по участкам (приложение В), по таблицам для гидравлического расчета [2], составленным для труб с коэффициентом эквивалентной шероховатости $K_3 = 0,5$ мм, подобраны диаметры теплопровода, потери давления на трение и скорости движения теплоносителя (не более 3,5 м/с).

Местные сопротивления на расчетных участках определены по монтажной схеме теплопроводов, а потери давления заменены эквивалентными потерями давления в трубопроводе того же диаметра. Согласно [2] подобраны значения эквивалентных длин местных сопротивлений. Посчитаны общие потери давления на участках по выражению [2]:

$$\Delta P = R \cdot l_{пр} = R \cdot (l_{ф} + l_3), \quad (2.26)$$

где R – удельные потери давления на участке, Па/м;

$l_{пр}$ – приведенная длина, м;

$l_{ф}$ – фактическая длина, м;

l_3 – эквивалентная длина, м;

Расчет произведен с учетом того, что величина невязки между ветками А и Б не превышает 10% [20].

В летний период осуществляется нагрузка только на горячее водоснабжение.

Гидравлический расчет для летнего периода выполнен исключительно для подающей магистрали, поскольку в закрытой системе теплоснабжения расходы сетевой воды в обратной и подающей линии теплосети эквивалентны.

Потери давления на расчетных участках сети для летнего периода при известных диаметрах теплопроводов и летних расчетных расходах теплоносителя определены исходя из потерь давления для зимнего периода.

Гидравлический расчет водяных тепловых сетей произведен для зимнего и летнего периода и сведен в таблицы 4 и 5.

Таблица 2.4 - Гидравлический расчет водяных тепловых сетей

№участка	Расход воды G, т/ч	Ду, м	Днх S, мм	Фактическая длина l _ф , м	Эквивалентная длина l _э , м	Приведенная длина l _{пр} , м	Скорость воды ω, м/с	Удельные потери давления на участке R, Па/м	Потери давления на участке ΔP = R * l _{пр}	Потери напора H, м	Суммарные Потери Давления R _{пр} , Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ветка А (магистраль)											
1	268,85	0,175	194х5	382,0	35,34	417,34	2,95	58,5	24414,39	2,44	24414,39
2	262,28	0,175	194х5	154,1	35,44	189,54	2,84	54,2	10273,07	1,03	34687,46
3	247,76	0,175	194х5	72,40	2,90	75,30	2,73	50,2	3780,06	0,38	38467,52
4	242,18	0,175	194х6	21,20	21,04	42,24	2,68	49,0	2069,76	0,207	40537,28
5	232,12	0,175	194х6	110,4	13,80	124,20	2,56	45,0	5589,00	0,56	46126,28
6	225,98	0,175	194х6	128,8	48,70	177,50	2,56	45,0	7987,50	0,80	54113,78
7	209,66	0,175	194х6	52,2	13,80	66,00	2,34	37,5	2475,00	0,25	56588,78
8	184,20	0,175	194х6	20,5	13,80	34,30	2,12	30,7	1053,01	0,106	57641,79
9	181,69	0,150	159х4,5	103,1	28,44	131,54	2,87	72,3	9510,34	0,95	67152,13
10	171,95	0,150	159х4,5	27,1	8,44	35,54	2,79	68,2	2423,83	0,24	69575,96
11	162,33	0,150	159х4,5	83,5	18,44	101,94	2,71	64,3	6554,74	0,66	76130,7
12	154,66	0,150	159х4,5	125,5	18,44	143,94	2,54	56,7	8161,40	0,82	84292,1
13	106,15	0,125	133х4	63,9	6,60	70,50	2,60	74,9	5280,45	0,53	89572,55
14	57,610	0,100	108х4	92,9	11,45	104,35	2,22	72,7	7586,25	0,76	97158,8
15	53,980	0,100	108х4	17,8	3,30	21,10	1,99	58,9	1242,80	0,125	98401,6
16	34,310	0,080	89х3,5	167,0	6,68	173,68	1,92	70,9	12313,91	1,23	110715,51
17	25,330	0,080	89х3,5	92,0	3,83	95,83	1,48	42,2	4044,03	0,405	115403,31
18	9,860	0,050	57х3,5	40,4	0,65	41,05	1,48	80,6	3308,63	0,33	118711,94
Ветка А (отвлетвление)											
20	6,570	0,050	57х3,5	21,5	0,65	22,15	0,98	35,1	777,47	0,078	777,47
Ветка А (отвлетвление)											
21	14,520	0,065	76х3,5	51,6	1,00	52,60	1,16	32,6	1714,76	0,172	1714,76

Продолжение табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ветка А (отвлетвление)											
22	5,580	0,040	42x2,5	81,6	0,43	82,03	1,29	83,3	6833,1	0,6	6833,1
Ветка А (отвлетвление)											
23	7,550	0,050	57x3,5	16,6	1,95	18,55	1,18	51,6	957,18	0,096	957,18
24	3,920	0,040	44,5x2,5	178,2	0,48	178,68	0,95	45,5	8129,94	0,82	9087,12
25	3,630	0,040	44,5x2,5	18,5	0,48	18,98	0,88	38,9	738,32	0,074	9825,44
Ветка А (отвлетвление)											
26	2,510	0,032	38x2,5	42,7	0,58	43,28	0,88	50,3	2176,99	0,218	2176,99
Ветка А (отвлетвление)											
27	6,140	0,050	57x3,5	121,6	1,95	123,55	0,92	31,0	3830,05	0,38	3830,05
28	2,510	0,045	48x2,5	17,7	1,04	18,74	0,88	50,3	942,62	0,095	4772,67
29	3,630	0,040	44,5x2,5	6,2	0,48	6,68	0,88	38,9	259,85	0,026	5032,52
Ветка А (отвлетвление)											
30	16,320	0,065	76x3,5	37,2	3,00	40,20	1,32	41,9	1684,4	0,17	1684,4
31	7,670	0,050	57x3,5	11,2	0,65	11,85	1,18	51,6	611,46	0,062	2295,86
32	8,650	0,050	57x3,5	12,0	1,30	13,30	1,33	65,3	868,50	0,087	3164,36
33	3,630	0,040	44,5x2,5	78,6	0,96	79,56	0,88	38,9	3094,90	0,31	6259,26
34	2,510	0,032	38x2,5	15,9	0,75	16,65	0,88	50,3	837,50	0,084	7096,76
35	2,510	0,032	38x2,5	4,5	0,75	5,25	0,88	50,3	336,40	0,037	7433,16
Ветка А (отвлетвление)											
36	21,830	0,065	76x3,5	123,4	6,00	129,4	1,71	70,1	9070,94	0,91	9070,94
37	10,590	0,050	57x3,5	42,6	1,95	44,55	1,48	80,6	3590,73	0,36	12661,67
38	11,240	0,050	57x3,5	45,1	3,25	48,35	1,55	88,9	4298,32	0,43	16959,99
39	5,620	0,040	44,5x2,5	20,8	0,48	21,28	1,33	89,1	1897,83	0,19	18857,82
40	5,620	0,040	44,5x2,5	24,9	0,96	25,86	1,33	89,1	2304,13	0,23	21161,95

Продолжение табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ветка А (отвлетвление)											
41	3,630	0,040	44,5x2,5	25,6	0,48	26,08	0,88	38,9	1014,51	0,11	1014,51
Ветка А (отвлетвление)											
42	2,510	0,032	38x2,5	85,2	0,76	85,96	0,88	50,3	4323,79	0,44	4323,79
Ветка А (отвлетвление)											
43	9,740	0,050	57x3,5	45,0	1,95	46,95	1,48	80,6	3784,17	0,38	3784,17
44	3,920	0,040	44,5x2,5	21,0	0,96	21,96	0,95	45,5	999,18	0,1	4783,35
45	5,820	0,040	45x2,5	83,3	1,93	85,23	1,34	89,4	7619,56	0,77	12402,91
46	3,630	0,040	44,5x2,5	19,2	0,48	19,68	0,88	38,9	765,56	0,076	13168,47
47	2,190	0,032	38x2,5	26,5	0,43	26,93	0,75	36,0	969,48	0,097	14137,95
Ветка А (отвлетвление)											
48	9,620	0,050	57x3,5	43,6	2,60	46,20	1,48	80,6	3723,72	0,38	3723,72
49	7,980	0,050	57x3,5	33,9	0,65	34,55	1,18	51,6	1782,78	0,18	5506,5
50	2,640	0,032	38x2,5	70,8	0,38	71,18	0,92	54,3	3865,07	0,39	9371,57
Ветка А (отвлетвление)											
51	7,670	0,050	57x3,5	5,1	0,65	5,75	1,18	51,6	296,7	0,03	296,7
Ветка А (отвлетвление)											
52	48,540	0,100	108x4	82,2	4,95	87,15	1,81	48,5	4226,78	0,43	4226,78
53	4,750	0,040	44,5x2,5	6,2	0,48	6,68	1,14	65,5	437,54	0,044	4664,32
54	43,790	0,100	108x4	34,6	1,65	36,25	1,63	39,1	1417,38	0,015	6081,7
55	8,030	0,050	57x3,5	4,2	0,65	4,85	1,26	58,3	282,76	0,029	6364,46
56	35,760	0,080	89x3,5	34,6	3,83	38,413	1,98	75,0	2880,98	0,29	9245,44
57	27,940	0,080	89x3,5	31,3	1,56	32,86	1,54	45,4	1491,85	0,15	10737,29
58	9,860	0,050	57x3,5	6,2	0,65	6,85	1,48	80,6	552,11	0,055	11289,4
59	18,080	0,065	76x3,5	95,8	1,00	95,8	1,4	46,9	4493,02	0,45	15782,42
60	9,860	0,050	57x3,5	9,5	1,30	10,80	1,48	80,6	870,48	0,087	16652,9
61	8,220	0,050	57x3,5	83,6	0,65	84,25	1,26	58,3	4911,78	0,49	21564,68
62	7,820	0,050	57x3,5	48,5	1,95	50,45	1,18	51,6	2603,22	0,26	24167,9
63	2,550	0,032	38x2,5	61,5	0,76	62,26	0,88	50,3	3131,68	0,32	27299,58
64	5,270	0,040	45x2,5	45,9	0,96	46,86	1,25	77,5	3631,65	0,37	30931,23

Продолжение табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ветка А (ответвление)											
65	3,630	0,040	44,5x2,5	4,5	0,48	4,98	0,88	38,9	193,65	0,02	193,65
Ветка А (отвлетвление)											
66	3,630	0,040	44,5x2,5	49,8	0,96	50,76	0,88	38,9	1974,57	0,2	1974,57
67	16,070	0,065	76x3,5	5,9	1,00	6,9	1,24	37,1	255,99	0,026	2230,56
Ветка А (отвлетвление)											
68	6,470	0,050	57x3,5	107,7	1,95	109,65	0,98	35,1	3848,72	0,39	3848,72
Ветка А (отвлетвление)											
69	2,510	0,032	38x2,5	8,9	0,43	9,33	0,88	50,3	469,30	0,047	469,30
Ветка А (отвлетвление)											
70	15,470	0,065	76x3,5	31,3	3,00	34,30	1,24	37,1	1272,53	0,13	1272,53

Продолжение табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ветка Б (ответвление)											
71	48,510	0,100	108x4	234,2	8,25	242,45	1,81	48,5	11758,83	1,18	11758,83
77	31,180	0,080	89x3,5	42,0	1,28	43,28	1,76	59,3	2566,51	0,26	14325,34
78	24,610	0,080	89x3,5	37,9	6,38	44,28	1,37	36,2	1602,94	0,16	15928,28
81	12,560	0,065	76x3,5	4,10	3,00	7,10	1,12	30,5	216,55	0,022	16144,83
82	10,040	0,050	57x3,5	54,8	1,95	56,75	1,48	80,6	4574,05	0,46	20718,88
84	7,480	0,050	57x3,5	61,3	1,95	63,25	1,11	45,4	2871,55	0,29	23590,43
86	3,740	0,040	44,5x2,5	20,0	0,48	20,48	0,9	41,0	839,70	0,084	24430,13
Ветка Б (отвлетвление)											
72	17,330	0,065	76x3,5	20,9	3,00	23,90	1,4	46,9	1120,91	0,12	1120,91
73	12,580	0,065	76x3,5	17,4	3,00	20,4	1,12	30,5	622,20	0,063	1743,11
74	4,750	0,040	44,5x2,5	12,0	0,48	12,48	1,14	65,5	817,44	0,082	2560,55
75	7,830	0,050	57x3,5	74,9	1,95	76,85	1,18	51,6	3965,46	0,40	6526,01
76	4,750	0,040	44x2,5	29,1	0,48	29,58	1,14	65,5	1937,50	0,20	8463,51
Ветка Б (отвлетвление)											
79	8,420	0,050	57x3,5	17,0	0,65	17,65	1,26	58,3	1029,00	0,11	1029,00
Ветка Б (отвлетвление)											
80	3,630	0,040	44,5x2,5	72,9	1,38	74,28	0,88	38,9	2889,50	0,29	2889,50
Ветка Б (отвлетвление)											
83	2,560	0,032	38x2,5	21,6	0,38	21,98	0,88	50,3	1105,60	0,12	1105,60
Ветка Б (отвлетвление)											
85	3,740	0,040	44,5x2,5	22,4	0,43	22,83	0,9	41,0	936,03	0,094	936,03
Ветка Б (отвлетвление)											
87	2,520	0,032	38x2,5	34,0	0,38	34,38	0,88	50,3	1729,32	0,18	1729,32
Ветка Б (отвлетвление)											
88	6,570	0,050	57x3,5	97,9	3,90	101,8	1,00	37,3	3797,14	0,38	3797,14

Таблица 2.5 - Гидравлический расчет для летнего периода

№ участка	Расходы воды в зимний период G_p , т/ч	Потери напора на участке в зимний период H , м	Сопротивление участков сети S , $м^3 \cdot ч^2 / м^6$	Расходы воды в летний период G_p^l , т/ч	Потери напора на участке в летний период H , м	Суммарные Потери напора H_L , м
1	2	3	4	5	6	7
Ветка А (магистраль)						
1	268,85	2,44	$3,376 \cdot 10^{-5}$	130,82	0,58	0,58
2	262,28	1,03	$1,497 \cdot 10^{-5}$	129,46	0,26	0,84
3	247,76	0,38	$6,190 \cdot 10^{-5}$	122,37	0,93	1,77
4	242,18	0,207	$3,529 \cdot 10^{-5}$	120,31	0,51	2,28
5	232,12	0,56	$1,039 \cdot 10^{-5}$	114,95	0,14	2,42
6	225,98	0,80	$1,566 \cdot 10^{-5}$	112,74	0,20	2,62
7	209,66	0,25	$5,687 \cdot 10^{-5}$	105,33	0,63	3,35
8	184,20	0,106	$3,124 \cdot 10^{-5}$	96,59	0,29	3,64
9	181,69	0,95	$2,878 \cdot 10^{-5}$	90,13	0,24	3,88
10	171,95	0,24	$8,117 \cdot 10^{-5}$	85,14	0,59	4,47
11	162,33	0,66	$2,505 \cdot 10^{-5}$	80,67	0,16	4,63
12	154,66	0,82	$3,428 \cdot 10^{-5}$	75,62	0,20	4,83
13	106,15	0,53	$4,703 \cdot 10^{-5}$	52,55	0,13	4,96
14	57,610	0,76	$0,002 \cdot 10^{-5}$	26,76	1,13	6,07
15	53,980	0,125	$4,289 \cdot 10^{-5}$	25,66	0,03	6,1
16	34,310	1,23	$0,01 \cdot 10^{-5}$	17,19	1,14	7,24
17	25,330	0,405	$0,06 \cdot 10^{-5}$	12,25	0,93	8,07
18	9,86	0,33	$0,034 \cdot 10^{-5}$	4,34	0,79	8,86
Ветка А (ответвление)						
20	6,570	0,078	$0,018 \cdot 10^{-5}$	3,22	0,17	0,17
Ветка А (ответвление)						
21	14,520	0,122	$0,58 \cdot 10^{-5}$	7,02	0,02	0,02
Ветка А (ответвление)						
22	5,580	0,6	$0,0193 \cdot 10^{-5}$	2,96	0,69	0,69

Продолжение табл. 2.5

1	2	3	4	5	6	7
Ветка А (ответвление)						
23	7,550	0,096	$0,001 \cdot 10^{-5}$	3,65	0,85	0,85
24	3,920	0,82	$0,0534 \cdot 10^{-5}$	2,01	0,65	1,50
25	3,630	0,074	$0,0056 \cdot 10^{-5}$	1,78	0,63	2,13
Ветка А (ответвление)						
26	2,510	0,218	$0,0346 \cdot 10^{-5}$	1,33	0,61	0,61
Ветка А (ответвление)						
27	6,140	0,38	$0,010 \cdot 10^{-5}$	3,02	0,45	0,45
28	2,510	0,095	$0,015 \cdot 10^{-5}$	1,33	0,39	0,84
29	3,630	0,026	$0,002 \cdot 10^{-5}$	1,78	0,56	1,4
Ветка А (ответвление)						
30	16,320	0,170	$0,006 \cdot 10^{-5}$	8,22	0,23	0,23
31	7,670	0,062	$0,01 \cdot 10^{-5}$	3,98	0,36	0,59
32	8,650	0,087	$0,012 \cdot 10^{-5}$	3,66	0,58	1,17
33	3,630	0,310	$0,2352 \cdot 10^{-5}$	1,78	0,14	1,31
34	2,510	0,084	$0,0133 \cdot 10^{-5}$	1,33	0,35	1,66
35	2,510	0,037	$0,0058 \cdot 10^{-5}$	1,33	0,51	2,37
Ветка А (ответвление)						
36	21,830	0,91	$0,002 \cdot 10^{-5}$	10,25	0,29	0,83
37	10,590	0,36	$0,0032 \cdot 10^{-5}$	5,66	0,54	1,37
38	11,240	0,43	$0,0034 \cdot 10^{-5}$	5,33	0,96	2,33
39	5,620	0,19	$0,006 \cdot 10^{-5}$	2,48	0,54	2,87
40	5,62	0,23	$0,007 \cdot 10^{-5}$	2,93	0,32	3,19
Ветка А (ответвление)						
41	3,63	0,11	$0,008 \cdot 10^{-5}$	1,78	0,31	0,31
Ветка А (ответвление)						
42	2,510	0,44	$0,070 \cdot 10^{-5}$	1,33	0,12	0,12

Продолжение табл. 2.5

1	2	3	4	5	6	7
Ветка А (ответвление)						
43	9,740	0,38	$0,004 \cdot 10^{-5}$	4,44	0,26	0,26
44	3,920	0,1	$0,0065 \cdot 10^{-5}$	2,03	0,54	0,80
45	5,820	0,77	$0,023 \cdot 10^{-5}$	2,25	0,52	1,32
46	3,630	0,076	$0,0058 \cdot 10^{-5}$	1,78	0,39	2,71
47	2,190	0,097	$0,0202 \cdot 10^{-5}$	1,10	0,95	3,66
Ветка А (ответвление)						
48	9,620	0,38	$0,0041 \cdot 10^{-5}$	4,31	0,13	0,13
49	7,980	0,18	$0,0028 \cdot 10^{-5}$	3,96	0,18	0,31
50	2,640	0,39	$0,056 \cdot 10^{-5}$	1,32	0,33	0,64
Ветка А (ответвление)						
51	7,670	0,03	$0,0005 \cdot 10^{-5}$	3,67	0,25	0,25
Ветка А (ответвление)						
52	48,540	0,43	$0,0002 \cdot 10^{-5}$	23,63	0,37	0,37
53	4,750	0,044	$0,0019 \cdot 10^{-5}$	2,35	0,28	0,65
54	43,790	0,015	$7,822 \cdot 10^{-5}$	21,36	0,39	1,04
55	8,030	0,029	$0,0005 \cdot 10^{-5}$	4,07	0,99	2,03
56	35,760	0,29	$0,0002 \cdot 10^{-5}$	17,74	0,21	2,24
57	27,940	0,15	$0,0002 \cdot 10^{-5}$	13,65	0,23	2,47
58	9,860	0,055	$0,0006 \cdot 10^{-5}$	4,82	0,58	3,05
59	18,080	0,45	$0,001 \cdot 10^{-5}$	9,08	0,43	3,48
60	9,860	0,087	$0,0009 \cdot 10^{-5}$	4,12	0,37	3,85
61	8,220	0,49	$0,007 \cdot 10^{-5}$	3,96	0,28	4,13
62	7,820	0,26	$0,004 \cdot 10^{-5}$	3,66	0,39	4,52
63	2,550	0,32	$0,049 \cdot 10^{-5}$	1,33	0,27	4,79
64	5,270	0,37	$0,013 \cdot 10^{-5}$	2,32	0,12	4,91

Продолжение табл. 2.5

1	2	3	4	5	6	7
Ветка А (ответвление)						
65	3,630	0,02	$0,0015 \cdot 10^{-5}$	1,78	0,36	0,36
Ветка А (ответвление)						
66	3,630	0,2	$0,015 \cdot 10^{-5}$	1,78	0,22	0,22
67	16,070	0,026	$0,0001 \cdot 10^{-5}$	8,33	0,45	0,77
Ветка А (ответвление)						
68	6,470	0,39	$0,009 \cdot 10^{-5}$	3,11	0,23	0,23
Ветка А (ответвление)						
69	2,510	0,047	$0,007 \cdot 10^{-5}$	1,33	0,21	0,21
Ветка А (ответвление)						
70	15,470	0,13	$0,0005 \cdot 10^{-5}$	7,56	0,33	0,33
Ветка Б (магистраль)						
71	48,510	1,18	$0,0005 \cdot 10^{-5}$	22,33	0,55	0,55
77	31,180	0,26	$0,0003 \cdot 10^{-5}$	15,96	0,36	0,91
78	24,610	0,16	$0,0003 \cdot 10^{-5}$	12,33	0,72	1,63
81	12,560	0,022	$0,0001 \cdot 10^{-5}$	6,69	0,52	2,15
82	10,040	0,46	$0,005 \cdot 10^{-5}$	5,03	0,49	2,64
84	7,480	0,29	$0,005 \cdot 10^{-5}$	3,97	0,89	3,53
86	3,740	0,084	$0,006 \cdot 10^{-5}$	1,86	0,54	4,07
Ветка Б (ответвление)						
72	17,330	0,12	$0,0004 \cdot 10^{-5}$	8,33	0,33	0,33
73	12,580	0,063	$0,0004 \cdot 10^{-5}$	5,69	0,17	0,50
74	4,750	0,082	$0,003 \cdot 10^{-5}$	2,11	0,16	0,66
75	7,830	0,40	$0,006 \cdot 10^{-5}$	3,65	0,26	0,92
76	4,750	0,20	$0,009 \cdot 10^{-5}$	2,85	0,14	1,06
79	8,420	0,11	$0,0016 \cdot 10^{-5}$	3,65	0,26	1,32

Продолжение табл. 2.5

1	2	3	4	5	6	7
Ветка Б (ответвление)						
80	3,630	0,29	$0,022 \cdot 10^{-5}$	1,78	0,29	0,29
Ветка Б (ответвление)						
83	2,560	0,12	$0,018 \cdot 10^{-5}$	1,35	0,22	0,22
Ветка Б (ответвление)						
85	3,740	0,094	$0,007 \cdot 10^{-5}$	1,65	0,25	0,25
Ветка Б (ответвление)						
87	2,520	0,18	$0,028 \cdot 10^{-5}$	1,33	0,31	0,31
Ветка Б (ответвление)						
88	6,570	0,38	$0,0088 \cdot 10^{-5}$	3,54	0,25	0,25

2.5 Пьезометрический график

Пьезометрический график построен для статического и динамического режимов работы системы теплоснабжения, на основании данных гидравлического расчета для холодного и теплого периодов года. Расчет произведен согласно[4].

На основании графика представленного в графической части определены:

- располагаемый напор в любой точке тепловой сети;
- высота присоединенных потребителей и потерь напора в сети;
- схема присоединения потребителей.

При построении графика за начало координат принята отметка 60,6 (ТК-63). Высота этажа 3 метра.

По оси ординат отложены значения напоров в подающей и обратной магистралях тепловой сети, отметки рельефа и длины расчетных участков сети. На плане трассы теплопроводов указаны теплофикационные камеры, углы поворота и расстояния между камерами. Далее был построен профиль местности и показаны в масштабе высоты зданий.

После построения профиля местности и нанесения высот присоединяемых потребителей начата разработка пьезометрического графика, (гидростатический режим) когда циркуляция теплоносителя теплосети отсутствует, и напор в системе поддерживается подпиточными насосами.

Исходя из пьезометрического графика, выполненного в графической части проекта, наибольшую из всех потребителей отметку 59,7 имеют здания(№ 28,30,52)), у которых полный статический напор в местной системе отопления, определен как сумма высоты здания и геодезической высоты:

$$H_{\text{ст}}^{52} = H_{\text{зд}} + Z_{\text{зд}}; H_{\text{ст}}^{52} = 30,0 + 5,0 = 35,0 \text{ м} \quad (2.26)$$

После построения линии статического напора начата разработка графика при (гидродинамическом режиме), когда циркуляция теплоносителя в сети теплоснабжения осуществлена сетевыми насосами.

Разработка пьезометрического графика при гидродинамическом режиме начата с построения линии обратной магистрали. Для ее построения потери напора, определенные ранее в гидравлическом расчете суммированы с напором на всасывающей патрубке сетевого насоса, принимаемого 20 метров. Таким образом определены значения полных напоров в обратной магистрали на всех 17 участках ветки А:

В конце первого участка: $H_1 = 20 + 2,44 = 22,44$ м.

В конце второго участка: $H_2 = 22,44 + 1,03 = 23,47$ м.

Аналогично рассчитаны 3-16 участки.

В конце семнадцатого участка: $H_{17} = 31,085 + 0,405 = 31,49$ м.

Далее точки соединены ломаной линией А1-Б1. Тем самым получена линия обратной магистрали.

От точки Б₁ отложен вверх располагаемый напор на здание (№52) до точки Б₂. Точка Б₂ характеризует полный напор в подающей магистрали, равный сумме располагаемого напора и значения полного напора в конце 17 участка ветки А: $31,49 + 35,00 = 66,49$ м.

Пьезометрическая линия подающей магистрали Б₂А₂ строится аналогично обратной магистрали. Исходя из потерь напора на расчетных участках определены точки, через которые проведена ломанная линия для подающей магистрали:

В начале семнадцатого участка $H_{17} = 66,49 + 0,405 = 66,895$ м.

В начале шестнадцатого участка $H_{16} = 66,895 + 1,23 = 68,125$ м.

Аналогично рассчитаны 3-15 участки.

В начале второго участка $H_2 = 74,48 + 1,03 = 75,78$ м.

В начале первого участка $H_1 = 75,78 + 2,44 = 78,22$ м.

Точка А₂ характеризует напор на коллекторе подающей магистрали сети теплоснабжения.

Напор, развиваемый сетевыми насосами определен:

$$H_{\text{сн}} = H_{\text{под}} + H_{\text{обр}} + H_{\text{кв}} + H_{\text{и.т.}}; H_{\text{сн}} = 11,61 + 11,61 + 35 = 78,22\text{м} \quad (2.27)$$

В камере № 25, минимально допустимый напор в подающем теплопроводе считается равным разности полного напора в подающей магистрали и геодезической высоты оси теплопровода: $66,49 - 5,5 = 61,49$ м.

Данный напор превышает минимально допустимый пьезометрический напор, равный 40 метрам (из условия не вскипания теплоносителя при температуре 150 °С)

Таким образом, данный пьезометрический график при статическом и динамическом режимах обеспечивает возможность присоединения всех абонентов по зависимой схеме, кроме зданий № 28,30,52, в которых при динамическом режиме системы отопления будет происходить опорожнение через обратный трубопровод тепловой сети. Для исключения опорожнения установлен регулятор давления на обратной линии ввода.

Аналогично построен пьезометрический график для ветки Б и приведен в графической части работы.

2.6 Продольный профиль

Продольный профиль тепловых сетей разработан от камеры подключения до последнего участка в расчетной схеме. При разработке профиля указаны все углы поворотов трассы, теплофикационные камеры и расстояния между ними. Для уменьшения объема земляных работ сети теплоснабжения проложены параллельно профилю земли, т.к. ломаный профиль увеличивает затраты на строительство и усложняет их эксплуатацию из-за необходимости сооружения дополнительных камер для обслуживания и размещения спускных механизмов и воздушников.

Трасса тепловых сетей запроектирована с учетом приближения к коммуникациям с водопроводными сетями с привязкой основных направлений к существующим зданиям и сооружениям.

Уклон ответвлений к зданиям принят по направлению к камере тепловой сети. Трасса сети теплоснабжения выполнена под полосами зеленых насаждений, под тротуарами и местами поперек внутриквартальной проезжей части.

В графической части построен профиль тепловой сети для обеих веток. На чертеже показаны отметки поверхности земли теплофикационных камер, расстояние между неподвижными опорами и камерами, отметки пола и потолка камеры. Указаны тип канала и диаметры труб, подобранные в гидравлическом расчете данного проекта. Расстояние от поверхности земли до верха перекрытия камеры согласно [2] составляет не менее 0,3 м.

Исходя из продольного профиля, в нижних точках тепловой сети предусмотрены штуцера с запорной арматурой для спуска воды (дренаж). Согласно [2] определен диаметр штуцера и запорной арматуры спускных устройств. В высших точках сети теплоснабжения предусмотрены штуцера с запорной арматурой для выпуска воздуха.

2.7 Тепловая изоляция трубопроводов

Определение эффективности тепловой изоляции двухтрубной тепловой сети ведется согласно [4],[6],[9]. Изоляция рассчитана для трубопровода участка № 2 с $d_n \times S = 194 \times 5$, в канале типа КЛ 120-60.

Коэффициент теплопроводности конструкции канала $\lambda_k = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°К})$ согласно [24].

Среднегодовая температура теплоносителя $\tau_1 = 100 \text{ °С}$, $\tau_2 = 52 \text{ °С}$. Грунты Саратова песчаные, влажные. Температура грунта на глубине заложения $t_o = 5 \text{ °С}$, глубина заложения грунта 1,2 м.

Изоляция выполнена из полуцилиндров и цилиндров минераловатных. Покровный слой из бризола $\delta = 0,005 \text{ м}$ (коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности канала и наружной поверхности бризола принят равным $\lambda = 8,15 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°К})$ согласно [4]). Толщина изоляции 0,12 м., коэффициент теплопроводности $\lambda_{и} = 0,045 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{°С})$.

Размеры канала КЛ 120-60:

- наружные $1,44 \times 0,74 \text{ м}$,
- внутренние $1,2 \times 0,6$.

Определены наружный и внутренний эквивалентные диаметры канала по формуле:

$$d_{н.э} = \frac{4 \cdot F}{P}; d_{н.э} = \frac{4 \cdot (1,44 \cdot 0,74)}{2 \cdot (1,44 + 0,74)} = 0,978 \text{ м} \quad (2.28)$$

$$d_{в.э} = \frac{4 \cdot F}{P}; d_{в.э} = \frac{4 \cdot (1,2 \cdot 0,6)}{2 \cdot (1,2 + 0,6)} = 0,800 \text{ м}$$

где F и P – площадь и периметр лотка канала, м.

Термическое сопротивление на внутренней поверхности канала:

$$R_{п.к.} = \frac{1}{\pi \cdot d_{в.э} \cdot \lambda}, (\text{м}^2 \cdot \text{°К})/\text{Вт}; R_{п.к.} = \frac{1}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 8,15} = 0,049 (\text{м}^2 \cdot \text{°К})/\text{Вт} \quad (2.29)$$

Термическое сопротивление стенок канала:

$$R_K = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_K} \cdot \ln \frac{d_{н.э.}}{d_{в.э.}}; R_K = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,04} \cdot \ln \frac{0,978}{0,800} = 0,016 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт} \quad (2.30)$$

Термическое сопротивление грунта:

$$R_{гр} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{гр}} \cdot \ln \frac{4 \cdot h}{d_{н.э.}}; R_{гр} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,58} \cdot \ln \frac{4 \cdot 1,2}{0,978} = 0,160 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт} \quad (2.31)$$

где $\lambda_{гр}$ – коэффициент теплопроводности грунта, равный 1,58 Вт/(м·°K) согласно [5].

Общее термическое сопротивление канала и грунта :

$$R_0 = R_K + R_{п.к.} + R_{гр}; R_0 = 0,016 + 0,049 + 0,160 = 0,225 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт} \quad (2.32)$$

При одинаковой толщине тепловой изоляции термическое сопротивление основного слоя изоляции для каждой трубы определено:

$$R_{и}^{1,2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из}} \cdot \ln \frac{d_{и.}}{d_{н.}}; R_{и}^1 = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,045} \cdot \ln \frac{0,414}{0,194} = 2,68 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт} \quad (2.33)$$

где $d_{и}$ - диаметр трубы с учётом изоляционного слоя, м.

Термическое сопротивление покровного слоя для каждой трубы:

$$R_{пс}^{1,2} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{пс}} \cdot \ln \frac{d_{пс.}}{d_{и.}}; R_{пс}^{1,2} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,175} \cdot \ln \frac{0,424}{0,414} = 0,005 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт} \quad (2.34)$$

где $\lambda_{пс}$ – коэффициент теплопроводности покровного слоя = 0,175 Вт/(м·°K);

Термическое сопротивление поверхности покрытия:

$$R_{пп}^{1,2} = \frac{1}{\pi \cdot d_{пс} \cdot \lambda}; R_{пп}^{1,2} = \frac{1}{3,14 \cdot 0,424 \cdot 8,15} = 0,092 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт} \quad (2.35)$$

Суммарное термическое сопротивление каждой трубы:

$$R = R_{и} + R_{п.с.} + R_{пп}; R = 2,68 + 0,005 + 0,092 = 2,777 \text{ (м}^2 \cdot \text{°K)/Вт} \quad (2.36)$$

Температура воздуха в канале:

$$t_K = \frac{\frac{\tau_1^{cp}}{R} + \frac{\tau_2^{cp}}{R} + \frac{t_{гр}}{R_0}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{1}{R_0}}; t_K = \frac{\frac{100,0}{2,777} + \frac{52,0}{2,777} + \frac{5,0}{0,225}}{\frac{1}{2,777} + \frac{1}{2,777} + \frac{1}{0,225}} = 14,91^\circ\text{C} \quad (2.37)$$

Удельные теплотери изолированными подающими и обратными теплопроводами определяются по формуле:

$$q_1 = \frac{\tau_1^{cp} - t_K}{R_1}; q_1 = \frac{100,0 - 14,91}{2,777} = 16,34 \text{ Вт/м} \quad (2.38)$$

$$q_2 = \frac{\tau_2^{cp} - t_K}{R_2}; q_2 = \frac{52,0 - 14,91}{2,777} = 7,65 \text{ Вт/м}$$

Суммарные удельные теплотери изолированных трубопроводов:

$$q^i = q_1 + q_2; q^i = 16,34 + 7,65 = 23,99 \text{ Вт/м} \quad (2.39)$$

Термическое сопротивление на поверхности неизолированного теплопровода:

$$R_H = \frac{1}{\pi \cdot d_H \cdot \lambda}; R_H = \frac{1}{3,14 \cdot 0,194 \cdot 8,15} = 0,201 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт} \quad (2.40)$$

Температура воздуха в канале при неизолированных теплопроводах:

$$t_K'' = \frac{\frac{100,0}{0,201} + \frac{52,0}{0,201} + \frac{5,0}{0,225}}{\frac{1}{0,201} + \frac{1}{0,201} + \frac{1}{0,225}} = 54,08^\circ\text{C} \quad (2.41)$$

Удельные теплотери неизолированных подающего и обратного теплопроводов:

$$q''_1 = \frac{100,0 - 54,08}{0,201} = 328,45 \text{ Вт/м}$$

$$q''_2 = \frac{52,0 - 54,08}{0,201} = -10,35 \text{ Вт/м}$$

Суммарные удельные теплотери неизолированных трубопроводов:

$$q^H = q_1 + q_2; q^H = 328,45 - 10,35 = 318,1 \text{ Вт/м} \quad (2.42)$$

Эффективность тепловой изоляции теплопроводов равна:

$$\eta = \frac{q^H - q^H}{q^H} \cdot 100\%; \eta = \frac{318,1 - 23,99}{318,1} \cdot 100 = 92,1\% \quad (2.43)$$

Аналогично рассчитана теплоизоляция и ее необходимый объем и внесена в таблицу 2.6

Таблица 2.6 – Объем тепловой изоляции

d_n	Тип канала	Толщина $\delta, \text{м}$	Эффект.	Макс. толщ	Объем изоляции
159	КЛ 120-60	0,11	85	0,65	180,349
133	КЛ 90-45	0,11	89	0,65	65,326
108	КЛ 90-45	0,11	85	0,5	17,456
89	КЛ 90-45	0,11	84	0,45	90,325
76	КЛ 90-45	0,11	85	0,4	105,687
57	КЛ 60-45	0,11	85	0,3	839,695
38	КЛ 60-45	0,11	86	0,3	544,332
					$v_{\text{СУМ}} = 1873 \text{ м}^3$

2.8 Компенсация температурных удлинений

Компенсационные устройства в сетях теплоснабжения служат для устранения или уменьшения различных деформационных усилий, возникающих при тепловых удлинениях труб. Компенсаторы снижают напряжения в стенках труб и силы, действующие на опорные конструкции и оборудование. Устанавливается при диаметре наружном не более 400.

Для компенсации температурных удлинений в данном проекте, применены П-образные компенсаторы с гнутыми гладкими отводами. Всего подобрано 31 П – образных компенсаторов для диаметров трубопроводов с условным проходом от 32 до 175.

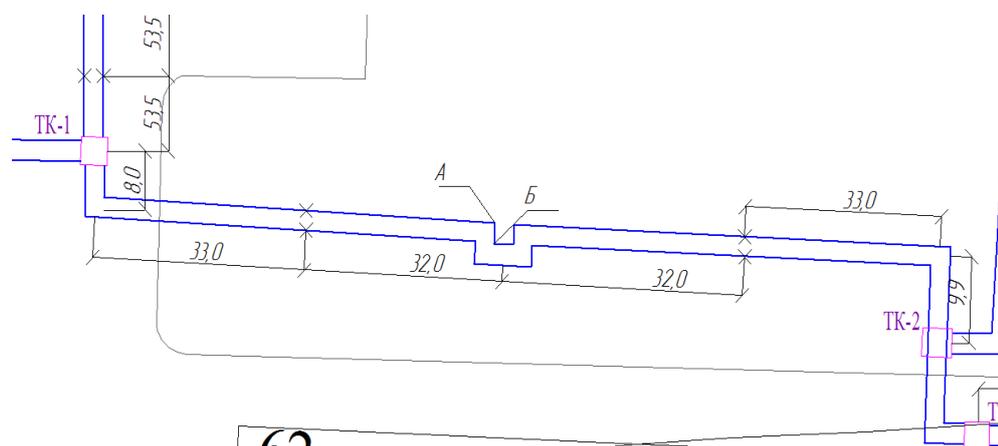


Рисунок 2.1
П-образный компенсатор на расчетном участке

Такие компенсаторы имеют как преимущества так и недостатки. Главными преимуществами П-образников является: простота их устройства, надежность и ненужность в обслуживании на протяжении длительного времени. Недостатками считаются: громоздкость, необходимость установки дополнительных подвижных опор и гидравлические сопротивления.

Для определения напряжения в точках А и Б (рисунок 1) для П – образного компенсатора из трубы с наружными диаметром $d_n=194$; $R=1,0$; вылетом $l= 3,0$ м., расположенного в расчетной схеме на участке 2 рассчитано линейное удлинение компенсирующего участка теплопровода согласно[19]:

$$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot \tau - t_o ; \Delta l = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 130 \cdot 178 = 0,27 \text{ м.} \quad (2.44)$$

где $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$, коэффициент удлинения стали;

L - расстояние между неподвижными опорами;

τ – температура теплоносителя, равная 150°C

t_o – расчетная температура на отопление = -28°C

Учитывая предварительную растяжку компенсатора, расчетное тепловое удлинение определено:

$$\Delta l = \varepsilon \cdot \Delta l; \Delta l = 0,5 \cdot 0,27 = 0,135 \text{ м.} \quad (2.45)$$

Изгибающие напряжения в точках А и Б определено согласно [5]

$$n_1 = \frac{l_1}{l}; n_1 = \frac{3.0}{3.0} = 1; \quad n_2 = \frac{L}{l}; n_1 = \frac{130}{3.0} = 43;$$

Изгибающие напряжения в точке Б:

$$\sigma_B = \frac{\Delta l_p \cdot E \cdot d_H}{l^2} \cdot \frac{1.5}{3 \cdot n_1 + 2 - \frac{n_1 + 1}{n_2 - n_1 + 1}}; \quad (2.46)$$

$$\sigma_B = \frac{0.135 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0.194}{3.0^2} \cdot \frac{1.5}{3 \cdot 1 + 2 - \frac{1+1}{43-1+1}} = 117,49 \text{ МПа} < \sigma^{\text{доп}}$$

Изгибающие напряжения в точке А:

$$\sigma_A = \frac{\Delta l_p \cdot E \cdot d_H}{l^2} \cdot \frac{1.5}{\frac{(3 \cdot n_1 + 2) \cdot (n_2 - n_1 + 1)}{n_1 + 1}}; \quad (2.47)$$

$$\sigma_A = \frac{0.135 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0.194}{3.0^2} \cdot \frac{1.5}{\frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot (43 - 1 + 1)}{1 + 1}} = 8,12 \text{ МПа.}$$

3. АВТОМАТИЗАЦИЯ

Системы ТГВ и их функционирование направлены в первую очередь на обеспечение оптимальной жизнедеятельности человека. Средства автоматизации главным образом должны способствовать созданию комфортных условий жизни и труда человека, предусмотренных нормативными документами [7], [8].

Автоматическое регулирование – это осуществление какого – либо процесса без участия человека, с помощью соответствующих систем автоматики. Под автоматикой в данном случае понимают перечень технических средств, входящих в эти системы. В каждой системе автоматического регулирования находится объект управления, отличительной особенностью которого является наличие в нем управляемого процесса. Управляемый процесс характеризуется одной или несколькими физическими величинами, называемыми регулируемыми параметрами.

Основной задачей автоматического регулирования является целенаправленное воздействие на объект управление в том случае, если проходящий в нем процесс отклоняется от заданного. Совокупность объекта управления и автоматического регулятора в целом составляют систему автоматического регулирования[9].

В зависимости от характеристик, присущих системам автоматического регулирования (САР), они различаются:

1. по виду регулируемого параметра – САР температуры, давления, уровня влажности и т.д.;
2. по принципу действия – САР непрерывного, релейного и импульсивного действия;
3. по характеру алгоритма задания (функционирования) – САР стабилизирующие, программные, следящие;
4. по динамическим свойствам – САР быстродействующие, медленнодействующие, статические, астатические и т.п.;

Автоматическое регулирование теплоснабжения присоединяемых потребителей осуществлено в индивидуальных тепловых пунктах в подвалах каждого здания. Это обосновано тем, что данные потребителей подключены к независимой схеме или непосредственно к тепловым сетям и насосами на перемычке. Температура воды в системах отопления 105-70 °С.

Для автоматического отпуска тепла на системы отопления в зависимости от температуры наружного воздуха и поддержания требуемой температуры в ИТП предусмотрены регулятор ECL 300, регулирующие клапаны VB2, датчики температур фирмы «Danfoss»[10].

Тепловая энергия учитывается теплосчетчиком СТД[16], состоящего из:

- вычислителя;
- электромагнитных преобразователей расхода ПРЭМ-2;
- термопреобразователь сопротивления КТПТР-0,1;
- счетчик воды СКБи-25.

Схема автоматизации индивидуального теплового пункта в приложении Д

4. ОРГАНИЗАЦИЯ МОНТАЖНЫХ РАБОТ

Протяженность тепловой сети составляет 4804 метра [26].

Определены объемы земляных работ с помощью наружных размеров лотков канала согласно [18], [22].

Таблица 4.1 – Размеры лотков канала

Тип канала	Длина	Размеры наружные			Количество		
		Ширина А	Высота Б	Длина L	Длина Lд	Станд.	Доборн.
	м	м	м	м	м	шт	шт
КЛ 60-45	3523	1,15	0,68	3,0	1,0	110	1
КЛ 90-45	339	1,15	0,68	3,0	1,0	110	1
КЛ 120-60	942	1,42	0,87	3,0	2,0	20	1

Монтаж выполнен в пять захваток. Длина одной захватки (участки 1-9) определена без учета тепловых камер и компенсаторов по формуле:

$$l = l_{\text{зах}} - l_{\text{кам}} - l_k \cdot n; l = 992,5 - 3 \cdot 41 - 2 \cdot 18 = 833,5 \text{ м.} \quad (4.1)$$

где $l_{\text{кам}}$ – длина камеры, м;
 $l_{\text{зах}}$ – длина захватки, м;
 l_k – диаметр колодца, м;
 n – число колодцев, шт.

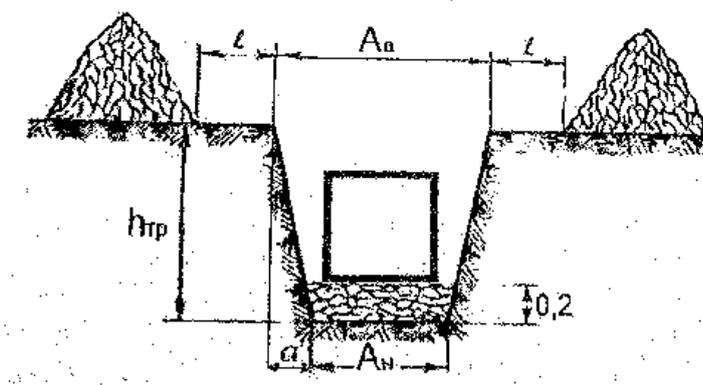


Рисунок 4.1
 Расположение канала КЛ60-45 в траншее

Средняя глубина траншеи на захватке определена по формуле:

$$h_{\text{ср}} = \frac{\sum_1^n h}{n}; h_{\text{ср}} = \frac{0,9 + 1,8}{2} = 1,35 \text{ м.} \quad (4.2)$$

где $\sum_1^n h$ – сумма всех глубин траншеи, м;

n – число сечений, определяется по участкам (характерны точкам поверхности земли), м.

Объем траншеи с откосами захватки 1 определен:

$$V_{\text{тр}} = h_{\text{гр}} \cdot A_{\text{н}} + 0,2 + m \cdot h_{\text{гр}}^2 \cdot l; \quad (4.3)$$

$$V_{\text{тр}} = 0,9 \cdot 1,15 + 0,2 + 0,5 \cdot 0,9^2 \cdot 704,2 = 1140 \text{ м}^3 \text{ (для КЛ60-45)}$$

$$V_{\text{тр}} = 0,9 \cdot 1,15 + 0,2 + 0,5 \cdot 0,9^2 \cdot 67,3 = 109 \text{ м}^3 \text{ (для КЛ90-45)}$$

$$V_{\text{тр}} = 0,9 \cdot 1,42 + 0,2 + 0,5 \cdot 0,9^2 \cdot 188,2 = 351 \text{ м}^3 \text{ (для КЛ120-60)}$$

где m – коэффициент крутизны откосов траншей.

Ширина траншеи по верху определена по формуле:

$$A_{\text{в}} = A_{\text{н}} + 0,2 + 2 \cdot a'; \quad (4.4)$$

$$A_{\text{в}} = 1,15 + 0,2 + 2 \cdot 0,8 = 2,95 \text{ м. (для КЛ60-45)}$$

$$A_{\text{в}} = 1,15 + 0,2 + 2 \cdot 0,8 = 2,95 \text{ м. (для КЛ90-45)}$$

$$A_{\text{в}} = 1,42 + 0,2 + 2 \cdot 0,8 = 3,22 \text{ м. (для КЛ 120-60)}$$

где $A_{\text{н}}$ – наружная ширина канала, м;

a' – определен по формуле: $a' = h_{\text{тр}} \cdot m$; $a' = 1,55 \cdot 0,5 = 0,8 \text{ м.}$

Определены объемы котлованов для камер:

Длина дна котлована камеры определена по формуле

$$A_{\text{н}} = a_{\text{кам}} + 0,5; A_{\text{н}} = 3,2 + 0,5 = 3,7 \text{ м.} \quad (4.5)$$

Ширина дна котлована камер определена по формуле

$$B_{\text{н}} = b_{\text{кам}} + 0,5; B_{\text{н}} = 3,2 + 0,5 = 3,7 \text{ м.} \quad (4.6)$$

Длина верха котлована камеры определена по формуле:

$$A_B = A_H + 2 \cdot a'; A_B = 3,7 + 2 \cdot 0,8 = 5,3 \text{ м.} \quad (4.7)$$

Ширина верха котлована определена по формуле:

$$B_B = B_H + 2 \cdot b'; B_B = 3,7 + 2 \cdot 0,8 = 5,3 \text{ м.} \quad (4.8)$$

Площадь камеры по верху определена по формуле:

$$F_B = A_B \cdot B_B; F_B = 5,3 \cdot 5,3 = 28,09 \text{ м}^2. \quad (4.9)$$

Площадь камеры по низу определена по формуле:

$$F_H = A_H \cdot B_H; F_H = 3,7 \cdot 3,7 = 13,69 \text{ м}^2. \quad (4.10)$$

Объём котлована камеры определен по формуле:

$$V_{\text{кот}} = \frac{1}{3} H_K (F_B + F_H + \sqrt{F_B + F_H}); \quad (4.11)$$

$$V_{\text{кот}} = \frac{1}{3} \cdot 2,4 \cdot (28,09 + 13,69 + \sqrt{28,09 + 13,69}) = 38,56 \text{ м}^3.$$

где H_K - глубина заложения камеры: $H_K = h + h_{\text{кам}}^{\text{нар}} + 0,2$;
 $H_K = 0,5 + 1,7 + 0,2 = 2,4 \text{ м.}$

Суммарный объем 41 котлована составляет 1580,08 м³, заложенных в пределах 2,4-2,7 м., поскольку рельеф местности не имеет значительных перепадов и сильных уклонов. Размеры всех камер 3х3 м.

Суммарный объем дренажных колодцев определен по формуле:

$$V_{\text{кол}} = \pi \cdot (R + 0,2)^2 \cdot h_{\text{кол}} \cdot n; V_{\text{кол}} = 9,1 \cdot 3 \cdot 18 = 491,4 \text{ м}^3. \quad (4.12)$$

Определены объемы строительных конструкций:

$$V = (1,15 \cdot 0,68) \cdot 1140 = 891 \text{ м}^3 - \text{для канала КЛ60} - 45;$$

$$V = (1,15 \cdot 0,68) \cdot 109 = 85 \text{ м}^3 - \text{для канала КЛ90} - 45;$$

$V = (1,42 \cdot 0,87) \cdot 351 = 433 \text{ м}^3$ – для канала КЛ120 – 60;

Объем 41 теплофикационной камеры: $V = (3,2 \cdot 3,2 \cdot 2,4) \cdot 41 = 1007,6 \text{ м}^3$.

$$V = 891 + 85 + 433 + 1007,6 = 2416,6 \text{ м}^3.$$

Объем обратной засыпки определен:

$$V_{\text{обр}}^{\text{зас}} = (V_0 - V_{\text{к}}) \cdot K_{\text{р}}; V_{\text{обр}}^{\text{зас}} = (4376,2 - 2416,6) \cdot 1,24 = 2429,9 \text{ м}^3 \quad (4.13)$$

где V_0 – объем отвала: $V_0 = V_{\text{тр}} + V_{\text{кот}} + V_{\text{кол}} + V_{\text{кан}}$;

$$V_0 = 1600 + 1580,8 + 491,4 + 704,2 = 4376,2 \text{ м}^3.$$

Объем избыточного грунта определен:

$$V_{\text{изб}} = V_0 \cdot K_{\text{р}} - V_{\text{обр}}^{\text{зас}}; V_{\text{изб}} = 4376,2 \cdot 1,24 - 2429,9 = 2996,6 \text{ м}^3. \quad (4.14)$$

Площадь планировки определена:

$$F_{\text{пл}} = A_{\text{ср}} + 4 l_{\text{зах}}; F_{\text{пл}} = (3,29 + 4) \cdot 704,2 = 5133,6 \text{ м}^2. \quad (4.15)$$

где $A_{\text{ср}}$ – средняя длина конструкции:

$$A_{\text{ср}} = \frac{A_{\text{в}}^{\text{тр}} + A_{\text{в}}^{\text{кот}}}{2}; A_{\text{ср}} = \frac{5,3 + 1,27}{2} = 3,29 \text{ м}. \quad (4.16)$$

где $A_{\text{в}}^{\text{тр}}$ – длина траншеи по верху, м;

$A_{\text{в}}^{\text{кот}}$ – длина котлована по верху, м.

Площадь вскрытия и восстановления дорожного полотна определена:

$$F_{\text{д}} = (A_{\text{в}}^{\text{тр}} + 0,2) l_{\text{дор}} \cdot n; F_{\text{д}} = 5,3 + 0,2 \cdot 3,3 \cdot 10 = 183 \text{ м}^2 \quad (4.17)$$

где $l_{\text{дор}}$ – длина дорожного покрытия, равная 33,3 м.;

n – количество транспортных коммуникаций.

Данные расчетов сведены в таблицу 4.2

Таблица 4.2 – Объемы строительно-монтажных работ по захваткам.

№ захватки	Общий объем, м ³	Объем конструкций, м ³	Объем обратной засыпки, м ³	Объем избыточного грунта, м ³	Площадь планировки, м ²	Площадь дорожного покрытия, м ²
1	2	3	4	5	6	7
1	4376,2	2416,6	2429,9	2996,6	5133,6	183,0
2	4732,3	2513,3	2523,1	2782,3	4966,3	120,2
3	3982,3	2223,1	2040,1	2214,3	5002,3	90,3
4	4002,3	1987,1	1632,1	1854,3	4865,0	74,3
5	4632,7	2417,6	2213,4	2413,8	4445,2	112,3

Определен объем трудоемкости строительных и монтажных работ и сведен в приложение :

Таблица 4.3 – Ведомость объемов строительно – монтажных работ

№ п/п	Наименование работ	Единица измерения	Объем работ по 5 захваткам
1	2	3	4
1	Отрывка траншей экскаватором	100 м ³	21,78
2	Отрывка котлованов экскаватором	100 м ³	4,91
3	Устройство песчаного основания	1 м ³	1512,3
4	Монтаж ж/б лотков каналов	м	4804
5	Устройство теплофикационных камер	шт	41
6	Сборка труб в секции на бровке	м	9608
7	Поворотная сварка труб	стык	150
8	Монтаж неподвижных опор	шт	77
9	Монтаж подвижных опор	шт	90
10	Укладка секций труб в каналы	м	9608
11	Установка арматуры	шт	155
12	Монтаж фасонных частей: отводов тройников переходов	шт	421
		шт	27
		шт	17
13	Монтаж компенсаторов	шт	30
14	Неповоротная сварка труб в канале	стык	272
15	Первичное испытание труб на прочность и плотность	м	9608
16	Гидроизоляция сварных стыков	стык	1478
17	Тепловая изоляция трубопроводов	м	9608
18	Укладка плит перекрытия: каналов камер	м	8
		шт	18
19	Устройство гидроизоляции перекрытия каналов, камер	100м ²	63,1
20	Устройство защитного слоя по гидроизоляции каналов, камер	100м ²	70,1
21	Окончательное испытание труб, промывка и хлорирование	м	9608
22	Обратная засыпка котлованов и траншей бульдозером	100м ³	112,3
23	Планировка площадей бульдозером	1000м ²	38,32

5. БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭКОЛОГИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА

г. Саратов Кировский район. Реконструкция. Теплоснабжение.

5.1. Технологическая характеристика объекта

Таблица 5.1 – Технологический паспорт объекта

п/п	Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование, устройство, приспособление	Материалы, вещества
1	Соединение труб	Сварка стальных труб	Газосварщик 11620	Газосварочный аппарат	Газовый баллон, шлифовальная машинка

Идентификация профессиональных рисков

Таблица 5.2 – Идентификация профессиональных рисков

№ п/п	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
1	Соединение труб газовой сваркой	Повышенный уровень вибрации и шума на рабочем месте; Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны; Излишняя яркость; Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов; Поступление в зону дыхания сварочных аэрозолей, содержащих в составе твердой фазы оксиды различных металлов.	Газовая грелка; радиация газосварочного аппарата; пламя горелки.

Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 5.3 – Методы и средства снижения воздействия опасных и вредных производственных факторов [15].

№ п/п	Опасный и вредный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения, устранения опасного и вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
1	Повышенный уровень вибрации и шума на рабочем месте	Статическая и динамическая балансировка прибора	Беруши; защитный щиток для сварщика с креплением на каске; костюм сварщика брезентовый; ботинки кожаные с жестким подноском.
2	Повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны	Гигиеническое нормирование содержание аэрозолей в воздухе рабочей зоны	
3	Излишняя яркость	Экранирование участка сварочных работ	
4	Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов	Экранирование участка сварочных работ	
5	Поступление в зону дыхания сварочных аэрозолей, содержащих в составе твердой фазы оксиды различных металлов	Гигиеническое нормирование содержание аэрозолей в воздухе рабочей зоны	

5.2 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Проводится идентификация источников потенциального возникновения класса пожара и выявленных опасных факторов пожара [23].

Таблица 5.4 – Идентификация классов и опасных факторов пожара.

№ п/п	Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасные факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
1	2	3	4	5	6
1	г. Саратов Кировский район. Реконструкция. Теплоснабжение	Газосварочный аппарат, Ручной электроинструмент, кран	А, В	Пламя и искры	Образующиеся в процессе пожара части трубопроводных систем. Вынос высокого электрического напряжения. Опасные факторы взрыва, возникающие вследствие происшедшего пожара.

Таблица 5.5 – Организационные (организационно-технические) мероприятия по обеспечению пожарной безопасности [28], [29].

Наименование технологического процесса, используемого оборудования в составе технического объекта	Наименование видов реализуемых организационных (организационно-технических) мероприятий	Предъявляемые нормативные требования по обеспечению пожарной безопасности
1	2	3
г. Саратов Кировский район. Реконструкция. Теплоснабжение.	Грамотная эксплуатация согласно тех. паспорту прибора, профилактические ремонты, осмотры и испытания сварочного оборудования, соблюдение противопожарных норм и правил при устройстве и установке сварочного оборудования, обучение рабочих сварщиков правилам пожарной безопасности.	ГОСТ Р 12.3.047-2012 Национальный стандарт Российской Федерации. ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля

Таблица 5.6 – Технические средства обеспечения пожарной безопасности.

Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Стационарные установки системы пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент (механизированный и не механизированный)	Пожарные сигнализация, связь и оповещение.
1	2	3	4	5	6	7	8
Огнетушители, вода, песок.	Пожарные машины, бульдозер.	Пожарные гидранты, щит со средствами пожаротушения	Не предусматриваются	Пожарные гидранты	Респираторы, противогазы,	Ведро, лопата, багор, лом.	Пожарная сигнализация телефон «112» и «01»

5.3 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.

Таблица 5.7 – Идентификация негативных экологических факторов технического объекта

Наименование технического объекта, производственно-технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, производственно-технологического процесса	Негативное экологическое воздействие технического объекта на атмосферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на гидросферу	Негативное экологическое воздействие технического объекта на литосферу
1	2	3	4	5
г. Саратов Кировский район. Реконструкция. Теплоснабжение.	Сварка стальных труб, земляные работы, работа автокрана, автотранспорта, работа электроинструмента.	В процессе сварки выделяются вредные вещества. Выхлопные газы от автомобилей и стр. машин.	Мойка оборудования и строительных машин.	Твердые отходы, мусор, остатки материалов после окончания работ. Повреждение верхнего слоя почвы.

Разработка мероприятий по снижению негативного антропогенного воздействия на окружающую среду рассматриваемым техническим объектом.

Таблица 5.8 – Разработанные организационно-технические мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия заданного технического объекта на окружающую среду

Наименование технического объекта	Теплопровод в Кировском районе г. Саратова.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на атмосферу	Для снижения негативного воздействия на атмосферу в результате газовой сварки необходимо уменьшать концентрацию вредных веществ в газовых баллонах, не оставлять аппарат включенным если он не используется, следить за герметичностью шлангов и баллонов.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного	Воздействие на гидросферу минимально и обеспечивается контролем за техническими и вредными веществами способными попасть в воду в процессе прокладки

воздействия на гидросферу	трубопроводов.
Мероприятия по снижению негативного антропогенного воздействия на литосферу	Так как в процессе прокладки трубопроводов наносится большой вред верхнему слою почвы , необходимо его восстановление . Чаще всего он засеивается травой или заменяется в случае его загрязнения . Отходы складываются в мусорных контейнерах и вывозятся на городскую свалку по мере наполнения контейнеров

Заключение по разделу «Безопасность и экологичность технического объекта»

В разделе «Безопасность и экологичность технического объекта» приведена характеристика производственно-технологического процесса сварки стальных труб, технологической операцией является соединение труб газовой сваркой, должность работников выполняющих технологическую операцию – газосварщик. Для данного процесса определены профессиональные риски, вредные производственные факторы и их источники. Были предусмотрены методы и средства снижения негативного воздействия на организм человека и подобраны средства индивидуальной защиты. Произведена идентификация класса пожароопасности объекта и выявлены опасные факторы пожара. Разработаны технические средства и мероприятия по обеспечению пожарной безопасности. Так же были определены факторы влияющие на экологическую обстановку в процессе производства технологического процесса и разработаны мероприятия по уменьшению антропогенного воздействия на окружающую среду.

ЛИТЕРАТУРА

1. СП 131.13330.2011. – Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99 [Электронный ресурс]. – Введ. 2013. – 01. – 01. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200095546>
2. Ионин А. А. Теплоснабжение [Текст] / А. А. Ионов, Б. М. Хлыбов, В. Н. Братенков и др. – М. : Стройиздат, 1982. – 360 с.
3. СП 124.13330.2012 – Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2004 / Госстрой СССР – М. : ЦНТП, 2013.
4. Козин В. Е. Теплоснабжение [Текст] / В. Е. Ионин, Т. А. Левина, А. П. Марков и др. – М. : Высшая школа, 1980. – 408 с.
5. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети [Текст] / Е. Я. Соколов. – М. : Энергоиздат, 1982. – 360 с.
6. СНиП 2.04.14-88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов / Госстрой России. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 28 с.
7. Колмаков А. А. Автоматика и автоматизация систем теплогасоснабжения и вентиляции: учебник для вузов [Текст] / А. А. Колмаков, Ю. Я. Кувшинов, С. С. Романова, С. А. Щелкунов / Под редакцией Богословского В. Н. – М. : Стройиздат, 1986. – 479 с.
8. Маслова Н. В. Организация работ по монтажу систем вентиляции: методические указания[Текст] / Н. В. Маслова – Тольятти : ТолПИ, 1995.
9. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003 / Госстрой России – М. : ГУП ЦПП, 2003.
10. Каталог оборудования. Измерительные приборы [Электронный ресурс] – режим доступа:<https://lunda.ru/catalog/category/c1255.html>
11. ЕНиР. Сборник Е1. Земляные работы. Вып. 1. Механизированные и ручные земляные работы/Госстрой России. – М. : ГУП ЦПП, 2013. – 127 с.
12. ЕНиР. Сборник Е2. Сооружение систем теплоснабжения, водоснабжения, газоснабжения и канализации. Наружные сети и сооружения/Госстрой России. – М. : ГУП ЦПП, 2013. – 58 с.
13. ЕНиР. Сборник Е22. Сварочные работы. Вып. 1. Конструкции зданий и промышленных сооружений/Госстрой России. – М. : ГУП ЦПП, 2013. – 40 с.
14. ЕНиР. Сборник Е9. Сооружение систем теплоснабжения, водоснабжения, газоснабжения и канализации. Вып. 1. Санитарно-техническое оборудование зданий и сооружений/Госстрой России. – М.: ГУП ЦПП, 2013. – 59 с.

15. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс] – режим доступа: studbooks.net/2143554/tovarovedenie/bzh
16. Мухин О. А. Автоматизация систем теплоснабжения и вентиляции: Учебное пособие для вузов [Текст] / О. А. Мухин. – М. : Альянс, 2015. – 304 с.
17. Зингер Н. М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем. 2 – изд. [Текст] / Н. М. Зингер. – М. : Энергоатомиздат, 1986 – 335 с.
18. Шубин Е. П. Проектирование теплоприготовительных установок ТЭЦ и котельных [Текст] / Е. П. Шубин, Б. И, Левин. – М. : Энергия, 1970. – 496 с.
19. Стрижевский И. В. Защита подземных трубопроводов от коррозии [Текст] / И. В. Стрижевский, М. А, Сурис. – М. : Энергоатомиздат, 1983. – 280 с.
20. Громов Н. К. Городские теплофикационные системы [Текст] / Н. К. Громов – М. : Энергия, 1974. – 253 с.
21. Авдолимов Е. М. Водяные тепловые сети [Текст] / Е. М. Авдолимов, А. П. Шольков. – М. : Стройиздат, 1984. – 288 с.
22. СНиП 11-01-95. Инструкция о порядке разработки, согласования, утверждения и составе проектной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений / Госстрой России. – М. : ГП ЦЕНТРИНВЕСТпроект, 1995 – 13 с.
23. Правила эксплуатации теплотребляющих установок и тепловых сетей потребителей и Правила техники безопасности при эксплуатации теплотребляющих установок и тепловых сетей потребителей. 3-е изд., перераб., доп. – М. : Энергоатомиздат, 1992. – 159 с.
24. Центнер Ф. Г. Проектирование тепловой изоляции электростанции и тепловых сетей [Текст] / Ф. Г. Центнер – М. : Энергия, 1972. – 250 с.
25. Проектирование теплоснабжения: Уч. пособие для вузов [Текст] / Н. И. Пешехов. – Киев: Высшая школа. Головное изд-во, 1982. – 288 с.
26. Белецкий Б. Ф. Технология прокладки трубопроводов и коллекторов различного назначения [Текст] / Б. Ф. Белецкий – М. : Стройиздат, 1992. – 336 с.
27. ГОСТ 5180-84. Методы лабораторного определения физических характеристик / Госстрой России. – М. : Госстандарт, 1984. – 21 с.
28. Андреев С. В. Охрана труда [Текст] / С. В. Андреев, О. С. Ефимова. – М. : Альфа-Пресс, 2003. – 288 с.
29. Пчелинцев В. А. Охрана труда в строительстве [Текст] / В. А. Пчелинцев. – М. : Высшая школа, 1991. – 272 с.

30. ВНТП – 81. Нормы технологического проектирования тепловых электрических станций и тепловых сетей / Минэнерго СССР. – М. : Издательство МОТЕП, 1981. – 46 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

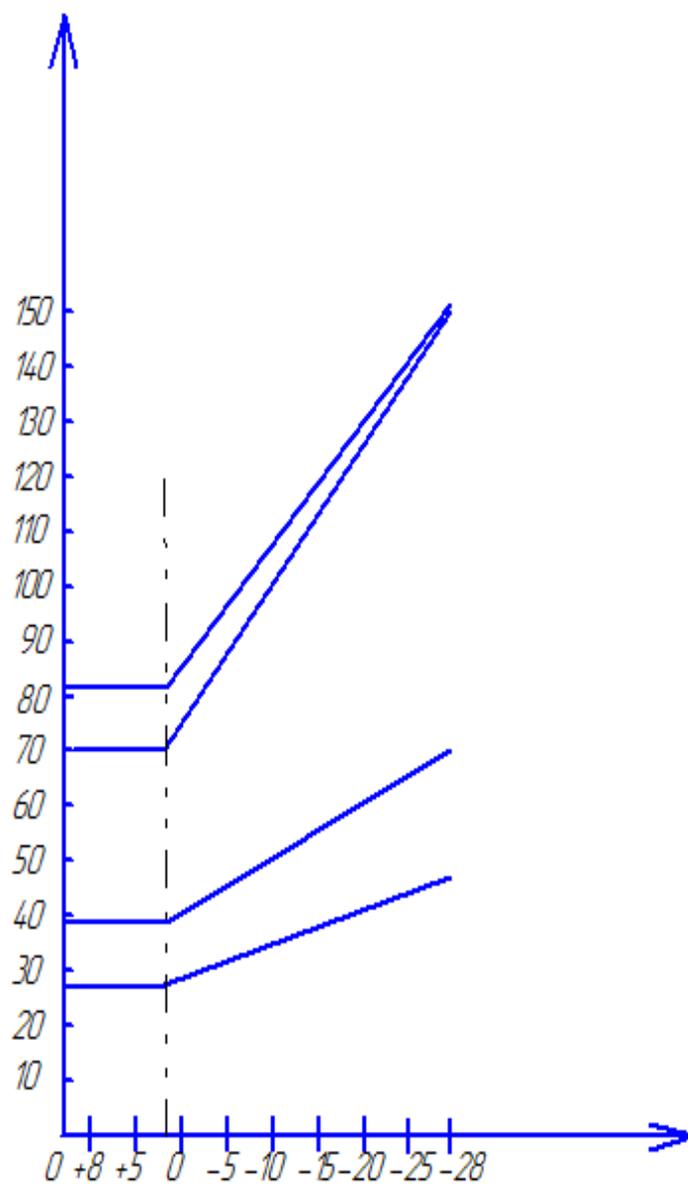


График температур теплоносителя

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

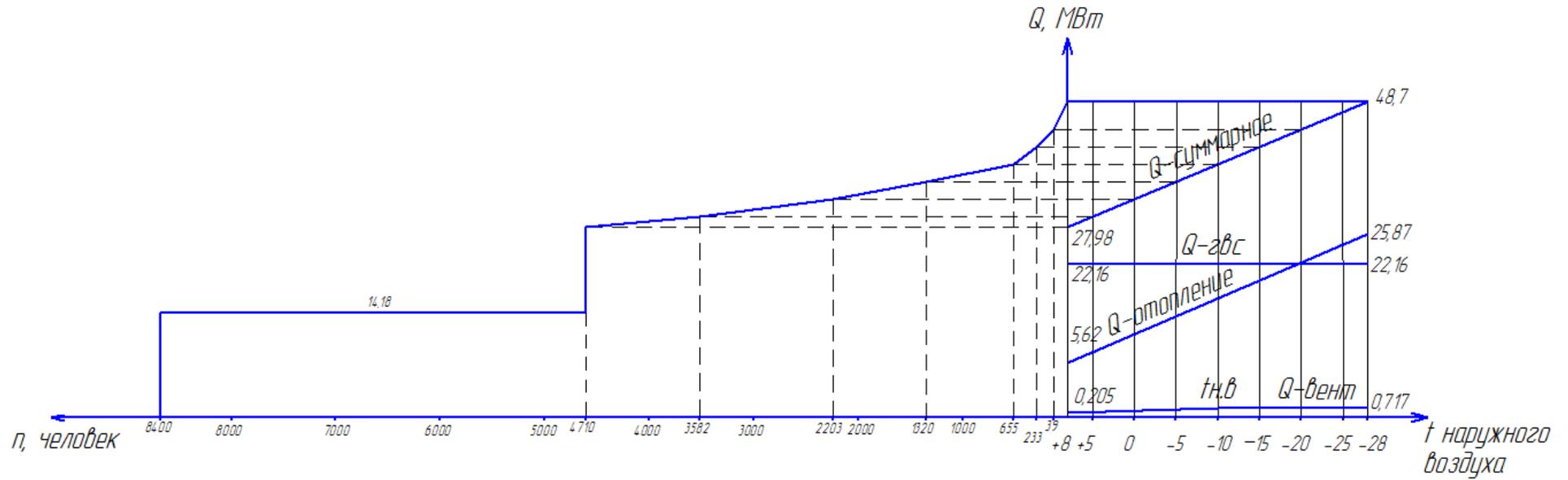
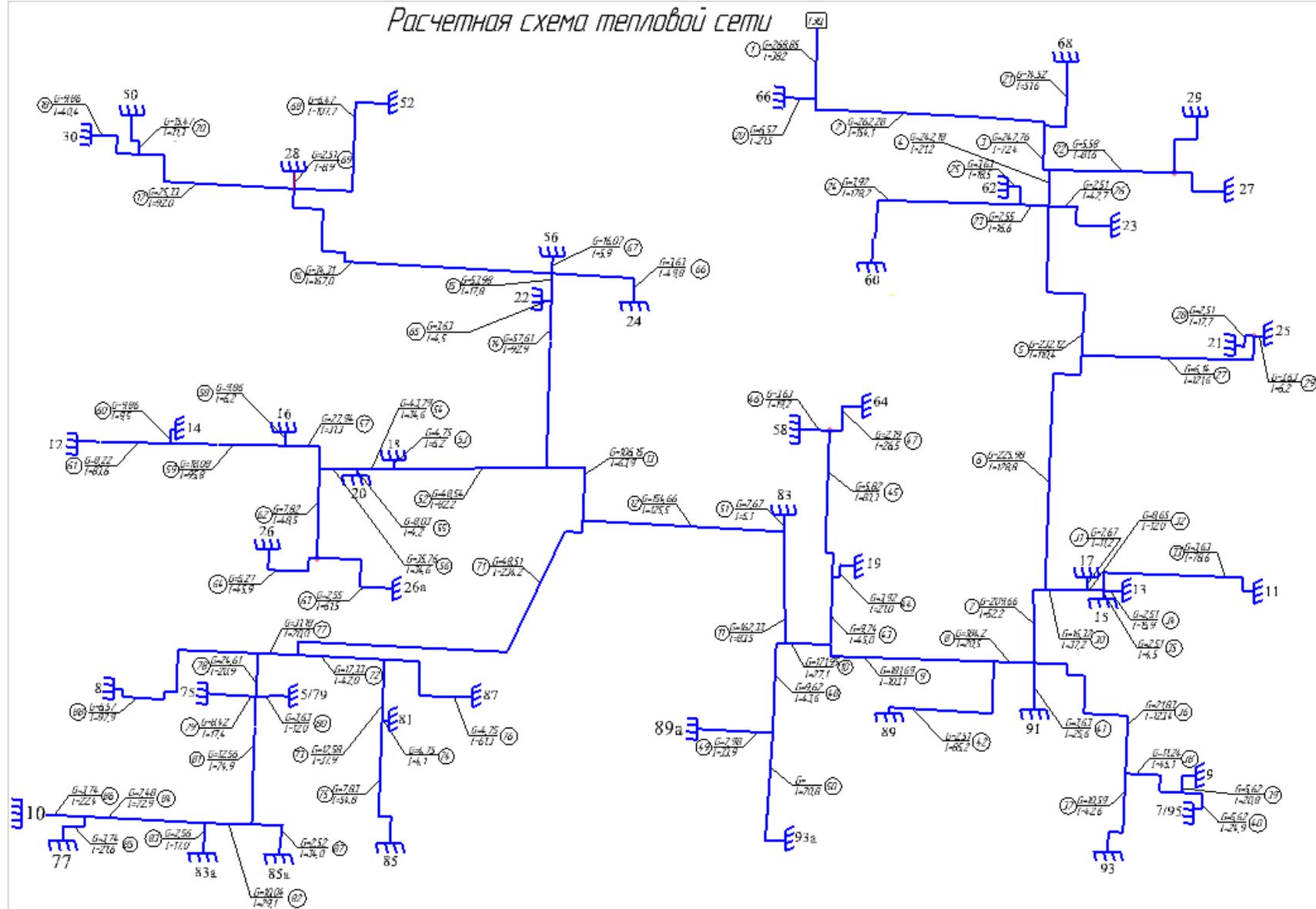


График часовых и годовых расходов теплоты

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Расчетная схема тепловой сети



ПРИЛОЖЕНИЕ Г

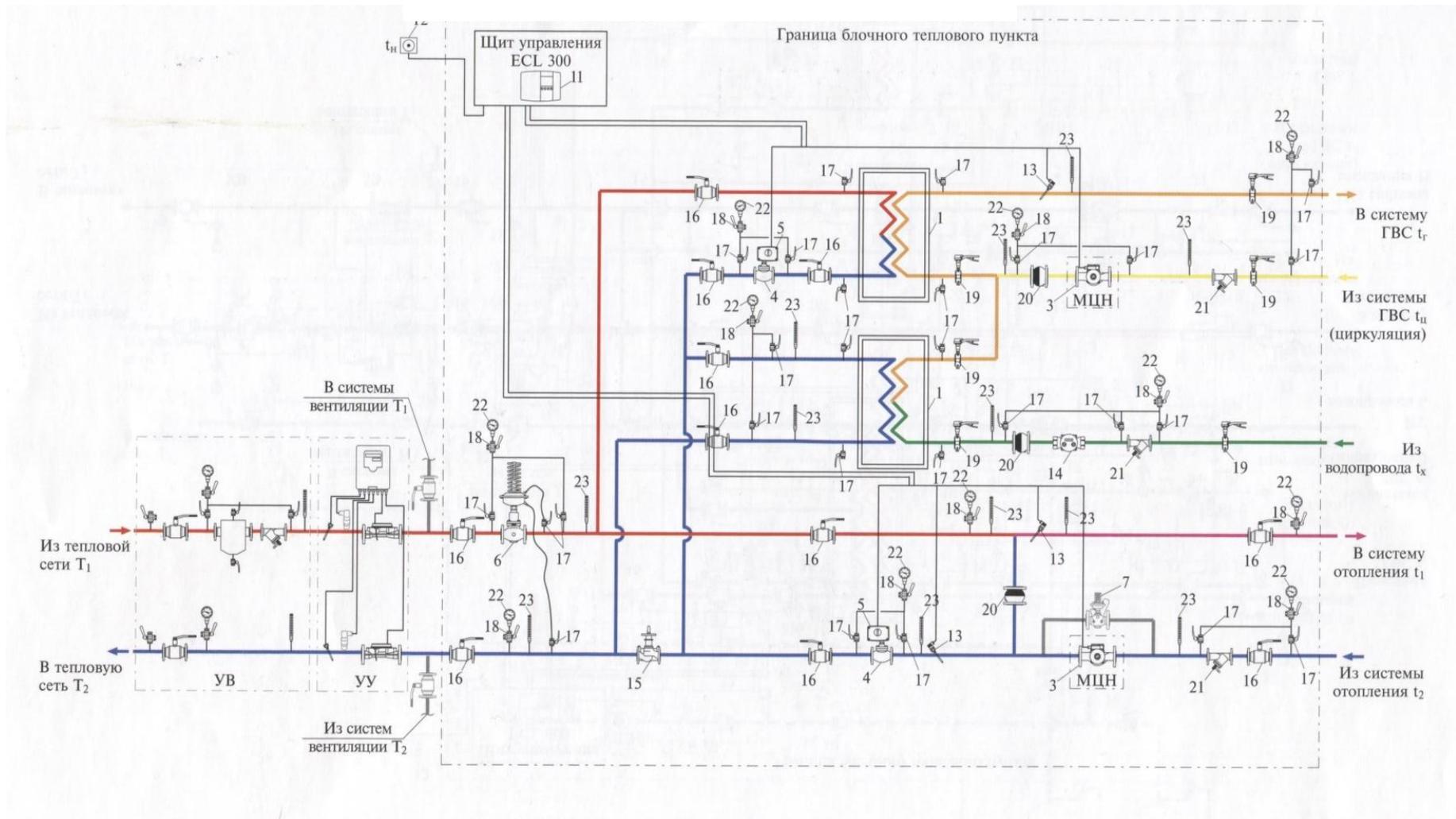


Схема автоматизации и ИТП

Позиция по схеме	Описание оборудования, приборов и устройств и рекомендации по их применению			Примечание	
1	Одноходовой теплообменник для системы отопления, вентиляции или ГВС				
	Паяный, типа XB, P _y = 25 бар, T _{макс} = 180 °C		Разборный, типа XG, P _y = 16 бар, T _{макс} = 150 °C		
2	Двухходовой моноблочный теплообменник для двухступенчатого водоподогревателя системы ГВС				
	Разборный, типа XG, P _y = 16 бар, T _{макс} = 150 °C				
3	Насос циркуляционный или подпиточный			Фирмы Grundfos или Wilo	
	Одинарный или спаренный, с частотным преобразователем или без него				
4	Клапан регулирующий, седельный, проходной				
	VB2 D _y = 15–50 мм, K _{vs} = 1–40 м ³ /ч, чугунный, фланцевый, P _y = 25 бар, T _{макс} = 150 °C	VF2 D _y = 65–100 мм, K _{vs} = 63–145 м ³ /ч, чугунный, фланцевый, P _y = 16 бар, T _{макс} = 130 °C	VFS2 D _y = 65–100 мм, K _{vs} = 63–145 м ³ /ч, чугунный, фланцевый, P _y = 25 бар, T _{макс} = 200 °C		
	Редукторный электропривод регулирующего клапана				
5	AMV20 для клапана VB2, 220 В, 15 с/мм,	AMV30 для клапана VB2, 220 В, 3 с/мм,	AMV55 для клапанов VF2 и VFS2, 220 В, 8 с/мм	AMV56 для клапанов VF2 и VFS2, 220 В, 4 с/мм	
	Регулятор перепада давлений				
6	Моноблочный, типа AVP, для подающего или обратного трубопровода, D _y = 15–50 мм, K _{vs} = 4,0–20 м ³ /ч, чугунный, фланцевый, P _y = 25 бар, T _{макс} = 150 °C, ΔP = 0,2–1 бар или ΔP = 0,3–2 бар		Составной, типа AFP/VFG2		
			Клапан VFG2 D _y = 15–125 мм, K _{vs} = 34–160 м ³ /ч, чугунный, фланцевый, P _y = 16 бар, T _{макс} = 200 °C		
	Импульсная трубка AV для AVP (1 или 2 шт.)		Регулирующий элемент AFP-9 ΔP = 0,15–1,5 бар или ΔP = 0,5–3 бар		
			Импульсная трубка AF для AFP (2 шт.)		
7	Регулятор перепуска				
	Моноблочный типа AVPA		Составной типа AFPA/VFG2		
	D _y = 15–25 мм, K _{vs} = 4–8 м ³ /ч, бронзовый, с наружной резьбой, P _y = 16 бар, T _{макс} = 150 °C, ΔP = 0,2–1 бар	D _y = 15–25 мм, K _{vs} = 4–8 м ³ /ч, бронзовый, с наружной резьбой, P _y = 25 бар, T _{макс} = 150 °C, ΔP = 0,3–2 бар	D _y = 32–50 мм, K _{vs} = 12,5–20 м ³ /ч, чугунный, фланцевый, P _y = 25 бар, T _{макс} = 150 °C, ΔP = 0,2–1 бар или ΔP = 0,3–2 бар		Клапан VFG2 D _y = 50–100 мм, K _{vs} = 32–125 м ³ /ч, чугунный, фланцевый, P _y = 16 бар, T _{макс} = 200 °C
					Регулирующий элемент AFP-9 ΔP = 0,15–1,2 бар или ΔP = 0,5–2,5 бар
	Присоединительные фитинги для AVPA		—		Импульсная трубка AF для AFPA (2 шт.)
	С наружной резьбой (комплект, 2 шт.)	Под приварку (комплект, 2 шт.)	—		—
Электромагнитный (соленоидный) клапан					
Клапан EV220B, D _y = 15–50 мм, K _v = 4–40 м ³ /ч, бронзовый, муфтовый, P _y = 16 бар, T _{макс} = 120 °C					
Катушка электромагнитная на 220 В для клапана EV220B					
Штекер для подключения кабеля к электромагнитной катушке					
9	Электроконтактное реле давления (прессостат) KPI35				

Сводная спецификация тепломеханического оборудования, приборов и арматуры БТП.

Позиция по схеме	Описание оборудования, приборов и устройств и рекомендации по их применению			Примечание
10	Реле разности давлений RT262A для ABP насосов			
	Электронный, цифровой, двухканальный регулятор температуры			
	ECL Comfort 300		ECL Comfort 301	
	Управляющая карточка			
	C66	C62	L66	
11	—		Релейный модуль ECA80 для ECL 301	
	—		Резисторы 1кОм и 1,3 кОм для ECL 301	
	Крепежный комплект для щитового монтажа регулятора			
12	Датчик температуры наружного воздуха ESMT			
	Датчик температуры теплоносителя и горячей воды			
13	ESMU, погружной, L = 100 мм, медный		ESMU, погружной, L = 100 мм, из нержавеющей стали	
	Гильза из нержавеющей стали для погружного медного датчика ESMU		—	
14	Расходомер холодноводный			Производитель — по указанию заказчика
	Клапан балансировочный, ручной			
15	MSV-C, D _y = 20–50 мм, латунный, муфтовый, без измерительной диафрагмы, P _y = 16 бар, T _{макс} = 120 °C		MSV-F, D _y = 65–150 мм, чугунный, фланцевый, P _y = 16 бар, T _{макс} = 120 °C	
16	Кран шаровой типа JiP, D _y = 32–150 мм, стальной под приварку или фланцевый, P _y = 40 бар (для D _y = 25–50 мм) и P _y = 25 бар (для D _y = 65–150 мм), T _{макс} = 150 °C			
17	Кран шаровой типа X1666, D _y = 15–50 мм, стальной, муфтовый, P _y = 69 бар, T _{макс} = 230 °C			
18	Кран трехходовой под манометр, D _y = 15 мм, P _y = 16 бар, T _{макс} = 150 °C			Произвольного поставщика
19	Дисковый поворотный затвор типа SYLAX, D _y = 65–100 мм, чугунный, для установки между фланцами, P _y = 16 бар, T _{макс} = 120 °C			
	Клапан обратный			
20	Тип 223, D _y = 20–50 мм, латунный, с наружной резьбой, P _y = 16 бар, T _{макс} = 80 °C	Тип 402, D _y = 40–100 мм, чугунный, фланцевый, P _y = 10 бар, T _{макс} = 100 °C	Тип 802, D _y = 20–50 мм, бронзовый, для установки между фланцами, P _y = 16 бар, T _{макс} = 200 °C	Тип 802, D _y = 65–100 мм, чугунный, для установки между фланцами, P _y = 16 бар, T _{макс} = 150 °C
	Присоединительные штуцеры			
	с наружной резьбой (компл., 2 шт.)	под приварку (компл., 2 шт.)	—	
	Фильтр сетчатый			
21	Тип Y222P, D _y = 20–50 мм, латунный, муфтовый, со спускным краном, P _y = 25 бар, T _{макс} = 110 °C		Тип Y333P, D _y = 40–150 мм, чугунный, фланцевый, со спускным краном, P _y = 16 бар, T _{макс} = 150 °C	
22	Манометр показывающий, сертифицированный в России, с диаметром шкалы не менее 100 мм, с верхним пределом измерения в соответствии со значением испытательного давления			Произвольного поставщика
23	Термометр показывающий, с гильзой, сертифицированный в России, с верхним пределом измерения в соответствии с максимальной температурой измеряемой среды			Произвольного поставщика

Сводная спецификация тепломеханического оборудования, приборов и арматуры БТП.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

№ п/п	Наименование работ	Един. измер.	Обоснование (ГЭСН, ЕНИР)	Нормы времени, человек часы	Трудоемкость										Состав бригады
					Захватка 1		Захватка 2		Захватка 3		Захватка 4		Захватка 5		
					объем работ	чел-дни	объем работ	чел-дни	объем работ	чел-дни	объем работ	чел-дни	объем работ	чел-дни	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Установка досок (бортовых) и колышков	1	Е9-2-24	1,5 ч	833,5	152	844,2	154	763,5	139	784,5	143	784,5	143	Мон.нар.труб., 5 разр-1, 4разр-1, 3разр-2, 2разр-1.
2	Песчаное основание (установка),подача песка в траншею, разравнивание, уплотнение	1	Е9-2-24	1,5 ч	833,5	152	844,2	154	763,5	139	784,5	143	784,5	143	Монтаж наружных трубопров., 5 разр-1, 4разр-1, 3разр-2, 2разр-1.
3	Установка днищ лотка, со строповкой и опусканием в траншею и выверкой	1	Е9-2-24	1,5 ч	833,5	152	844,2	154	763,5	139	784,5	143	784,5	143	Монтаж наружных трубопров., 5 разр-1, 4разр-1, 3разр-2, 2разр-1.
4	Заделка швов между лотками	1	Е9-2-24	1,5 ч	833,5	152	844,5	154	763,5	139	784,5	143	784,5	143	Монтаж наружных трубопров., 5 разр-1, 4разр-1, 3разр-2, 2разр-1.

Продолжение приложения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
5	Укладка ж/б плит под труб-од с разм. и очисткой мест укладки, подачей расстил. цементного раствора, строповка и опуск. в траншею	1	Е9-2-24	1,5 ч	833,5	152	844,5	154	763,5	139	784,5	143	784,5	143	Монтаж наружных трубопров., 5 разр-1, 4разр-1, 3разр-2, 2разр-1.
6	Установка стен. блоков коллекторов, каналов, камер при площади до 2 м ²	1	Е9-2-28	0,54	208,2	6	211,1	28	763,5	16	784,5	24	784,5	24	Монтаж наружных трубопров., 5 разр-1, 4разр-1, 3разр-2, 2разр-1.
7	Укладка ж/б плит перекрытия и днища коллекторов, каналов и камер при площади плит до 2 м ²	1	Е9-2-28	0,25	208,2	2	208,2	8	763,5	6	784,5	8	784,5	8	Монтаж наружных трубопров., 5 разр-1, 4разр-1, 3разр-2, 2разр-1.

Продолжение приложения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
8	Устройство гидроизоляции стыков коллекторов и каналов из двух слоев гидроизола на битумной основе (ширина шва до 30 см)	1	E9-2-28	0,16	208,2	2	208,2	8	763,5	8	784,5	7	784,5	7	Монтаж наружных трубопров. 5 разр-1, 4разр-1, 3разр-2, 2разр-1.
9	Сборка труб в звенья на бровке траншеи		E9-2-1												
	d_H 194x6	1		0,9	892,0	92									
	d_H 159x4,5	1		0,6	100,2	7	339,2	20							
	d_H 133x4	1		0,5			63,9	3							
	d_H 108x4	1		0,2			650,2	39							
	d_H 89x3,5	1		0,2					162	6					
	d_H 57x3,5	1		0,2					12,0	1					
	d_H 44,5x2,5	1		0,2					90,0	4	24,6	0,3	0	0	
	d_H 38x2,5	1		0,2					12	1	13,0	0,5	0	0	

Продолжение приложения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
10	Поворотная сварка и вертикальные стыки	1	E22-1-1												Газосварщик 3 го разряда
	d_H 194x6	1		0,7	197,3	14									
	d_H 159x4,5	1		0,7	67,2	5									
	d_H 133x4	1		0,7	213,6	14									
	d_H 108x4	1		0,4	7,2	0									
	d_H 89x3,5	1		0,25	4,6	0	46	3							
	d_H 57x3,5	1		0,25			46,3	3							
	d_H 44,5x2,5	1		0,25			21,0	0,93	6,0	1	10,4	1	0,37	0,08	
	d_H 38x2,5	1		0,2			3,01	0,05	0	0	0	0	0	0	
11	Установка опор и кронштейнов под трубопровод	1	E9-2-18												Монт-ов нар трубопроводов 5 разр-1.
	d_H 194x6	1		4,9	833,5	152									
	d_H 159x4,5	1		2,3	100,2	7	339,2	20							
	d_H 133x4	1		2,9			63,9	3							
	d_H 108x4	1		0,8			650	39							
	d_H 89x3,5	1		0,8					162,0	6					
	d_H 57x3,5	1		0,8					12,0	1					
	d_H 44,5x2,5	1		0,8					90,0	4	24,6	0,3	0	0	
	d_H 38x2,5	1		0,8					12,0	1	13,0	0,5	0	0	

Продолжение приложения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
12	Укладка звеньев труб в траншею	1	E22-1-1												Монт-ов нар трубопроводов 5 разр-1.3 р-1
	d_H 194x6	1		0,24	833,5	27									
	d_H 159x4,5	1		0,18	833,5	19									
	d_H 133x4	1		0,18	833,5	17									
	d_H 108x4	1		0,16			24,2	0,4	19,2	0,3	24,0	0,3	24,0	0,3	
	d_H 89x3,5	1		0,10			0	0	0	0	0	0	0	0	
	d_H 57x3,5	1		0,10			7,0	0,1	0	0	20,2	0,22	31,0	0,4	
	d_H 44,5x2,5	1					0	0	0	0	0	0	0	0	
	d_H 38x2,5	1					0	0	0	0	0	0	0	0	
13	Установка фасонных частей	1	E9-2-14												Монт-ов нар трубопроводов 4 разряд-1
	d_H 194x6	1		4,4	12,5										
	d_H 159x4,5	1		3,4	2,0	0									
	d_H 133x4	1			6,0	1									
	d_H 108x4	1		2,4	12,0	3	1	0,1	4	0,2	0	0	12,0	0,6	
	d_H 89x3,5	1		0,4	1	0	0	0	0	0	4	0,2			
	d_H 57x3,5	1		0,4											
	d_H 44,5x2,5	1		0,4	1,0	0,1									
	d_H 38x2,5	1													

Продолжение приложения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
14	Монтаж арматуры	1	E9-2-1												Монт-ов нар трубопроводов 5 разр-1.3 р-1
	d_H 194x6	1		7,0											
	d_H 159x4,5	1		6,3											
	d_H 133x4	1		1,8											
	d_H 108x4	1		3,9	16,0	2,8	16,0	2,8	16,0	2,8	16,0	2,8	16,0	2,8	
	d_H 89x3,5	1		1,3											
	d_H 57x3,5	1		1,3	16,0	2,8	16,0	2,8	16,0	2,8	16,0	2,8	0	0	
	d_H 44,5x2,5	1													
15	Установка компенсаторов	1													Монт-ик нар трубопроводов 4 разр-1.
	d_H 194x6	1		9	7	8									
	d_H 159x4,5	1		3	2	3									
	d_H 133x4	1		-	-	-									
	d_H 108x4	1		4			5	6							
	d_H 89x3,5	1		2			3	4							
	d_H 57x3,5	1		8	9	12									
	d_H 44,5x2,5	1		6	5	7									
	d_H 38x2,5	1		2					2	3					

Продолжение приложения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
16	Неповоротная сварка, вертикальные стыки	1	E22-1-1												Монт-ов нар трубопроводов 5 разр-1.3 р-1
	d_H 194x6	1		1,3	55	8									
	d_H 159x4,5	1		0,98	22	6									
	d_H 133x4	1		0,89	64	7									
	d_H 108x4	1		0,8	9	4	24,0	2,2	18,0	1,7	24,0	2,3	24,0	2,3	
	d_H 89x3,5	1		0,7	7	2									
	d_H 57x3,5	1		0,45	5	3									
	d_H 44,5x2,5	1		0,45	5	2	16,0	0,9	3,6	0,2	11,0	0,6	0	0	
	d_H 38x2,5	1		0,45	4	2	7,0	0,4	0	0	28,0	0,11	0	0	
17	Испытание трубопроводов	1	E9-2-9												Монт-ов нар трубопроводов 6 разр-1.
	d_H 194x6	1		0,53	833,5	27									
	d_H 159x4,5	1		0,45	100,2	7									
	d_H 133x4	1					12,0	2	0	0	7,4	0,32	0	0	
	d_H 108x4	1					4,0	1	0	0	5,3	0,12	0	0	
	d_H 89x3,5	1					14,3	0,96	0	0	5,0	0,15	2,3	0,1	
	d_H 57x3,5	1		0,54	32,5	4									
	d_H 44,5x2,5	1			12,6	2									

Продолжение приложения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
18	Антикоррозионная изоляция стыков стальных трубопроводов	1	Е9-2-12												Изолировщики на термоизоляции 4 разряд -1
	d_H 194x6	1		0,24	833,5	27									
	d_H 159x4,5	1		0,18	833,5	27									
	d_H 133x4	1		0,24	100,2	12									
	d_H 108x4	1		0,2	24,0	0,23	24,3	0,3	24,0	0,23	41	0,21	23,0	0,18	
	d_H 89x3,5	1		0,18	12,3	0,1	0	0	0	0	0	0	0		
	d_H 57x3,5	1		0,2			12,3	0,2							
	d_H 44,5x2,5	1		0,25					12,5	0,23					
	d_H 38x2,5	1		0,24					14,3	0,36					
19	Тепловая изол. стальных трубопроводов	1	Е9-2-13												Изолировщ. на термоизоляции 4 разряд -1
	d_H 194x6	1		0,24	833,5	27									
	d_H 159x4,5	1		0,18	833,5	27									
	d_H 133x4	1		0,24	100,2	15									
	d_H 108x4	1		0,2	24,0	0,2	22,0	0,23	24,0	0,3	22,0	0,3			
	d_H 89x3,5	1		0,18	0	0	12,3	0,3	30,1	0,56	24,0	0,36	24,0	0,36	
	d_H 57x3,5	1		0,2	12	0,25									
	d_H 44,5x2,5	1		0,25	16	0,4									
	d_H 38x2,5	1		0,24	2	0									

Продолжение приложения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
20	Устройство лотковых перекрытий с подачей и растиранием цементного раствора, строповкой и опусканием в траншею выверкой.	1	E9-2-24	1,5	833,5	152	844,2	154	763,5	139	784,5	143	784,5	143	Монтаж наружных трубопров. 5 разр-1, 4разр-1, 3разр-2, 2разр-1.
21	Устройство лотковыми перекрытиями между плитами днища и лотковыми перекрытиями цементным раствором с устройством и разборкой опалубки и затиркой поверхности	1	E9-2-24	1,5	833,5	152	844,2	154	763,5	139	784,5	143	784,5	143	Монтаж наружных трубопров. 5 разр-1, 4разр-1, 3разр-2, 2разр-1.

Продолжение приложения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
22	Устройство выравнивающего слоя по перекрытию из цементного раствора с заглаживанием поверхности.	1	E9-2-24	1,5	833,5	152	844,2	154	763,5	139	784,5	143	784,5	143	Монтаж наружных трубопров. 5 разр-1, 4разр-1, 3разр-2, 2разр-1.
23	Устройство гидроизоляции перекрытия из двух слоев гидроизола на битуме с заготовкой материалов	1	E9-2-24	0,53	833,5	152	844,2	154	763,5	139	784,5	143	784,5	143	Изолировщики на гидроизоляции 4 разряд-1, 3 разряд-1, 2 разряд-1.
24	Устройство защитного слоя по гидроизоляции перекрытия из цем. Раствора с заглаживанием поверхности.	1	E9-2-24	0,34	833,5	152	844,2	154	763,5	139	784,5	143	784,5	143	Изолировщики на гидроизоляции 3 разряд-1, 2 разряд-1.

