

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ

(наименование института полностью)

Центр «Центр инженерного оборудования»

(наименование)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки / специальности)

Теплогазоснабжение и вентиляция

(направленность (профиль)/ специализации)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему г. Новокуйбышевск. Микрорайон 3. Теплоснабжение.

Обучающийся

В.О. Дегтярев

(инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

С.А. Анциферов

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2024

Аннотация

В данной бакалаврской работе было рассмотрено и запроектировано централизованное теплоснабжения города Новокуйбышевск в Самарской области, проектирование которое предполагает установку котельни, для того чтобы обеспечить жилые и общественные зданий теплом в центре города.

В проекте определены расчетные расходы сетевой воды, разработан график часового и годового потребления тепла, график регулирования отпуска тепла, построена расчетная и монтажная схема теплопровода, выполнен гидравлический расчет системы теплоснабжения и подобраны диаметры трубопроводов. На основании гидравлического расчета построен пьезометрический график. Для определения глубины заложения теплотрассы построен продольный профиль. Также в проекте подобраны материалы, трубы и арматура для тепловых сетей. Построены и разобраны схемы, конструкции и оборудование системы теплоснабжения, сделаны необходимые расчеты и выводы. Разработаны мероприятия по организации монтажных работ и инструкции по безопасности на производстве.

Бакалаврская работа включает 6 листов с графическим материалом и пояснительную записку, где расписаны основные расчеты по теплоснабжению, а также сделаны решения по строительству новой тепловой сети и автоматизации ИТП.

Содержание

Введение.....	4
1 Исходные данные	5
2 Тепловые нагрузки и регулирование отпуска тепла	7
2.1 Графики годового и часового потребления тепла	7
2.2 Регулирование отпусков теплоты	8
3 Расчет системы теплоснабжения.....	16
3.1 Определение расчетных расходов сетевой воды.....	16
3.2 Способ прокладки и конструирование тепловых сетей.....	22
3.3 Гидравлический расчет тепловой сети	23
3.4 Пьезометрический график	31
4 Построение продольного профиля тепловой сети.....	34
4.1 Определение размера камеры	34
5 Тепловая изоляция трубопроводов	39
6 Подбор сетевых насосов.....	45
7 Механический расчет тепловых сетей.....	47
8 Автоматизация ИТП	49
9 Организация строительно-монтажных работ.....	51
9.1 Определение объёмов работ	51
9.2 Определение трудоемкости строительных и монтажных работ.....	56
10 Безопасность и экологичность технического объекта	58
10.1 Технологическая характеристика объекта	58
10.2 Идентификация профессиональных рисков.....	60
10.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков	60
10.4 Обеспечение экологической безопасности технического объекта.....	61
10.5 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта.....	62
Заключение	64
Список используемых источников.....	65
Приложение А Ведомость трудоемкости работ	67

Введение

«Централизованное теплоснабжение – это система, обеспечивающая теплом здания и сооружения, представляющая собой совокупность составляющих элементов: теплоисточника, тепловых сетей и местных систем теплоснабжения отдельных зданий и сооружений» [11].

Одним из путей повышения энергоэффективности в отечественной теплоэнергетике является модульное теплоснабжение при количественном и качественно-количественном регулировании тепловой нагрузки на тепловых источниках.

Система теплоснабжения предназначена для обогрева зданий и сооружений. Она играет важную роль в обеспечении комфортных условий для проживания людей и проведения технологических процессов, поэтому надежная работа таких систем имеет высокое значение. Особую значимость приобретает разработка новых технологий и методик расчета способов регулирования тепловой нагрузки систем теплоснабжения. С увеличением благосостояния населения растет потребность в тепле, поэтому необходимо обеспечить надежную систему теплоснабжения для всех потребителей. Цель настоящего проекта заключается в разработке централизованной системы теплоснабжения города Новокуйбышевск, 3 микрорайона, обеспечивающей бесперебойную поставку тепла потребителям.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи: определить тепловые нагрузки, разработать графики потребления тепла, выбрать метод регулирования и построить график отпуска тепла; рассчитать расходы сетевой воды, спроектировать тепловую сеть, провести гидравлический расчет, определить эффективность изоляции; выбрать котельные агрегаты, разработать тепловую схему, обеспечить автоматизацию котельной; определить трудоемкость монтажных работ; соблюсти требования безопасности и экологичности объекта.

1 Исходные данные

Климатологические данные зависят от географического местоположения жилого района и принимаются согласно [13] для города Новокуйбышевск (к расчетам принимаются параметры для г. Самара). Для выполнения выпускной квалификационной работы необходимы следующие данные:

- Расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления $t_{н.о} = -27^{\circ}\text{C}$;
- Средняя температура наружного воздуха за отопительный период $t_{от} = -4,7^{\circ}\text{C}$;
- Расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции $t_{н.в} = -27^{\circ}\text{C}$;
- Продолжительность отопительного периода $n_o = 196$ сут;
- Внутри помещений требуется поддерживать $t_b = 20^{\circ}\text{C}$

Источником теплоснабжения является котельная.

Параметры теплоносителя котельной:

- Подающая магистраль 150°C ;
- Обратная магистраль 70°C .

Строительный объект представляет собой тепловую сеть в 3 микрорайоне города Новокуйбышевск, которая обеспечивает теплоснабжение для 21 здания перечисленных в таблице 1.

Таблица 1 – Тепловые нагрузки зданий

«Объект»	Расчетный тепловой поток (МВт)			
	Отопление	Вентиляция	ГВС	Всего
Жилой дом	1,489	-	0,642	2,131
Жилой дом	0,442	-	0,17	0,612
Жилой дом	0,442	-	0,17	0,612» [11].

Продолжение таблицы 1

«Объект»	Расчетный тепловой поток (МВт)			
	Отопление	Вентиляция	ГВС	Всего
Жилой дом	0,442	-	0,17	0,612
Жилой дом	0,442	-	0,17	0,612
Магазин	0,48	0,72	0,194	1,394
Школа	1,09	0,83	0,312	2,232
Жилой дом	0,252	-	0,096	0,348
Жилой дом	0,252	-	0,096	0,348
Жилой дом	0,252	-	0,096	0,348
Жилой дом	0,252	-	0,096	0,348
Жилой дом	0,52	-	0,192	0,712
Жилой дом	0,484	-	0,186	0,67
Жилой дом	0,484	-	0,186	0,67
Жилой дом	0,442	-	0,17	0,612
Жилой дом	0,52	-	0,192	0,712
Жилой дом	0,484	-	0,186	0,67
Жилой дом	0,484	-	0,186	0,67
Жилой дом	0,442	-	0,17	0,612
Жилой дом	0,442	-	0,17	0,612
Жилой дом	0,442	-	0,17	0,612» [11].
10,579	1,55	4,02	16,149	

В таблице 2 приведены данные по [16] о продолжительности стояния температур.

Таблица 2 – Продолжительность стояния температур

t °С	Температура наружная °С							
	-27 -25	-25 -20	-20 -15	-15 -10	-10 -5	-5 0	0 +5	+5 +8
n, ч	41	280	478	584	844	997	968	609
Σn		321	799	1383	2227	3224	4192	4801

Данный проект предусматривает прокладку подземной двухтрубной теплосети в соответствии с утвержденным техническим заданием.

2 Тепловые нагрузки и регулирование отпуска тепла

2.1 Графики годового и часового потребления тепла

«Для построения графика часовых расходов теплоты на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение (рисунок 1) в зависимости от температуры наружного воздуха и график годового расхода теплоты по продолжительности стояния температур наружного воздуха. Значения расчетных расходов теплоты составляют: на отопление $Q'_o = 10,579$ МВт, вентиляцию $Q'_в = 1,55$ МВт, горячее водоснабжение $Q_{г.в}^{cp} = 4,02$ МВт. Расчетные температуры наружного воздуха для проектирования отопления и вентиляции $t_{н}=-27$ » [12].

«Определяем расходы теплоты на отопление и вентиляцию при $t_{н}=+8^{\circ}\text{C}$:

$$Q_o = Q'_o \cdot \frac{t_{в}-t_{н}}{t_{в}-t_{н,о}}, \text{ МВт} \quad (1)$$

$$Q_o = 10,579 \cdot \frac{20 - 8}{20 + 27} = 2,7 \text{ МВт}$$

$$Q_{в} = Q'_{в} \cdot \frac{t_{в}-t_{н}}{t_{в}-t_{н,в}}, \text{ МВт} \quad (2)$$

$$Q_{в} = 1,55 \cdot \frac{20 - 8}{20 + 27} = 0,396 \text{ МВт}$$

В летний период тепловые нагрузки на отопление и вентиляцию отсутствуют, остается нагрузка на горячее водоснабжение, значение которой определяем по формуле:

$$Q_{г.в}^л = \beta \cdot Q_{г.в}^{cp} \cdot \frac{65-t_{х,л}}{65-t_{х,з}}, \text{ МВт} \quad (3)$$

где β – это коэффициент, учитывающий изменение среднего расхода воды на гвс в летний период по отношению к отопительному периоду, принимается 0,8» [12].

$t_{x,л}$ – это температура холодной воды в летний период, принимается 15 °С

$t_{x,з}$ – это температура холодной воды в отопительный период, принимается 5 °С

$$Q_{г.в}^л = 0,8 \cdot 4,02 \cdot \frac{65 - 15}{65 - 5} = 2,68 \text{ МВт}$$

Часовой и годовой график расхода теплоты представлен на рисунке 1

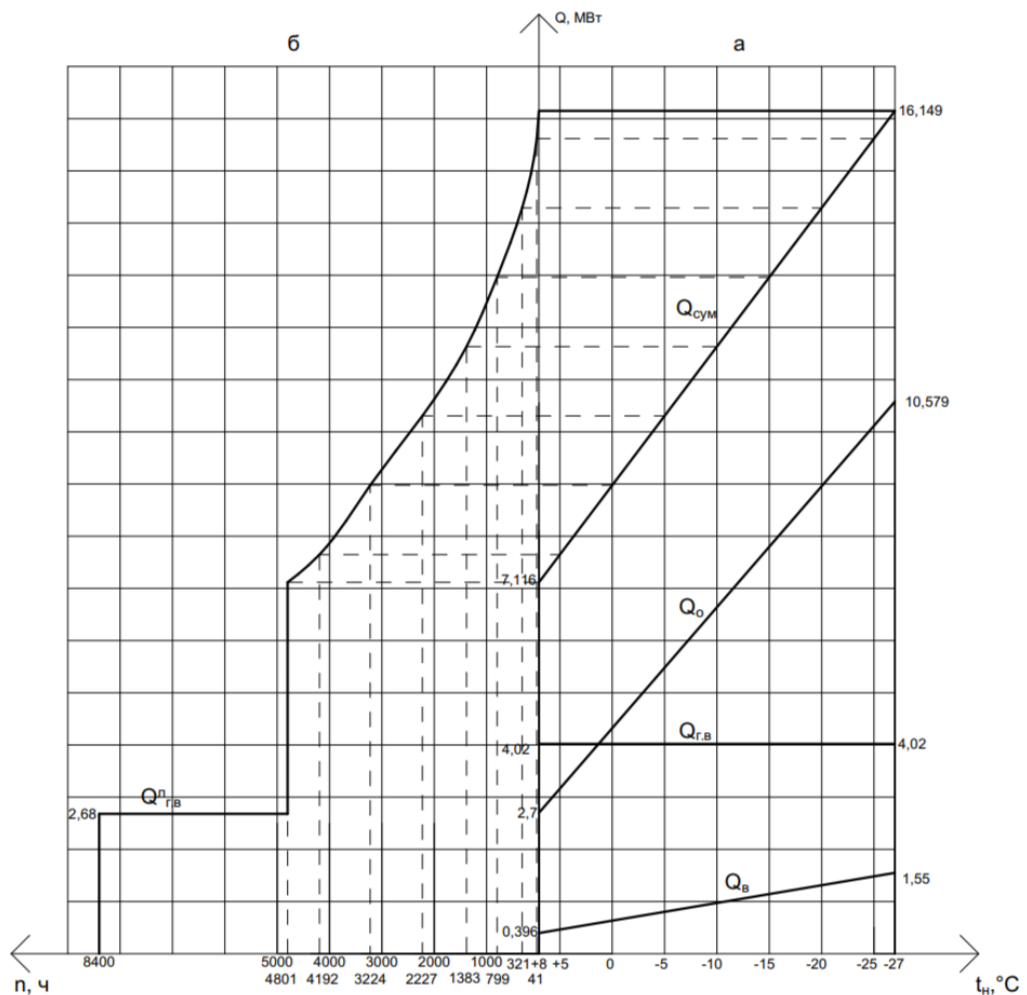


Рисунок 1 – Графики часовых (а) и годового (б) расходов теплоты

2.2 Регулирование отпусков теплоты

«Для определения расчетных расходов сетевой воды был разработан график центрального качественного регулирования отпуска теплоты, исходя

из совместной нагрузки отопления, горячего водоснабжения и вентиляции. В расчетах использовались параметры температуры сетевой воды в подающей и обратной магистралях, принятые равными значениям теплоносителя Новокуйбышевской котельни в 3 микрорайоне: $\tau'_{1,0} = 150$ $\tau'_{2,0} = 70$ » [12].

«Температура воды в подающей и обратной магистралях, в диапазоне температур наружного воздуха +8... - 27 , определены по следующим выражениям:

$$\tau_{1,0} = t_B + \Delta t'_0 \cdot \left(\frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H,0}}\right)^{0,8} + \left(\delta \tau'_0 - \frac{\theta'}{2}\right) \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H,0}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (4)$$

$$\tau_{2,0} = t_B + \Delta t'_0 \cdot \left(\frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H,0}}\right)^{0,8} - \frac{\theta'}{2} \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H,0}}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5)$$

где t_B – температура воздуха в отапливаемых помещениях, $t_B = 20^\circ\text{C}$;

$\Delta t'_0$ – температурный напор нагревательного прибора (при расчетной температуре воды в отопительной системе $\tau'_3 = 95$ и $\tau'_{2,0} = 70$.

$$\Delta t'_0 = \frac{\tau'_3 + \tau'_{2,0}}{2} - t_B, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (6)$$

$$\Delta t'_0 = \frac{95 + 70}{2} - 20 = 62,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$\delta \tau'_0$ – расчетный перепад температур воды в тепловой сети

$$\delta \tau'_0 = \tau'_{1,0} - \tau'_{2,0}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7)$$

$$\delta \tau'_0 = 150 - 70 = 80 \text{ } ^\circ\text{C}$$

t_H – текущая температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$

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

$$\begin{aligned} \theta' &= \tau'_3 - \tau'_{2,0}, \text{ } ^\circ\text{C} \\ \theta' &= 95 - 70 = 25 \text{ } ^\circ\text{C} \end{aligned} \quad (8)$$

Путем изменения температуры наружного воздуха t_H от +8 до -27 $^\circ\text{C}$, мы определяем числовые значения температур воды в подающем и обратном тепловых трубах - $\tau_{1,0}$ и $\tau_{2,0}$ » [12].

При -27 °C:

$$\begin{aligned}\tau_{1.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20+27}{20+27}\right)^{0,8} + \left(80 - \frac{25}{2}\right) \cdot \frac{20+27}{20+27} = 150 \text{ °C} \\ \tau_{2.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20+27}{20+27}\right)^{0,8} - \frac{25}{2} \cdot \frac{20+27}{20+27} = 70 \text{ °C}\end{aligned}$$

При -25 °C:

$$\begin{aligned}\tau_{1.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20+25}{20+27}\right)^{0,8} + \left(80 - \frac{25}{2}\right) \cdot \frac{20+25}{20+27} = 144,9 \text{ °C} \\ \tau_{2.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20+25}{20+27}\right)^{0,8} - \frac{25}{2} \cdot \frac{20+25}{20+27} = 68,4 \text{ °C}\end{aligned}$$

При -20 °C:

$$\begin{aligned}\tau_{1.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20+20}{20+27}\right)^{0,8} + \left(80 - \frac{25}{2}\right) \cdot \frac{20+20}{20+27} = 132,4 \text{ °C} \\ \tau_{2.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20+20}{20+27}\right)^{0,8} - \frac{25}{2} \cdot \frac{20+20}{20+27} = 64,3 \text{ °C}\end{aligned}$$

При -15 °C:

$$\begin{aligned}\tau_{1.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20+15}{20+27}\right)^{0,8} + \left(80 - \frac{25}{2}\right) \cdot \frac{20+15}{20+27} = 119,6 \text{ °C} \\ \tau_{2.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20+15}{20+27}\right)^{0,8} - \frac{25}{2} \cdot \frac{20+15}{20+27} = 60 \text{ °C}\end{aligned}$$

При -10 °C:

$$\begin{aligned}\tau_{1.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20+10}{20+27}\right)^{0,8} + \left(80 - \frac{25}{2}\right) \cdot \frac{20+10}{20+27} = 106,7 \text{ °C} \\ \tau_{2.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20+10}{20+27}\right)^{0,8} - \frac{25}{2} \cdot \frac{20+10}{20+27} = 55,6 \text{ °C}\end{aligned}$$

При -5 °C:

$$\begin{aligned}\tau_{1.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20+5}{20+27}\right)^{0,8} + \left(80 - \frac{25}{2}\right) \cdot \frac{20+5}{20+27} = 93,6 \text{ °C} \\ \tau_{2.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20+5}{20+27}\right)^{0,8} - \frac{25}{2} \cdot \frac{20+5}{20+27} = 51 \text{ °C}\end{aligned}$$

При 0 °C:

$$\begin{aligned}\tau_{1.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20-0}{20+27}\right)^{0,8} + \left(80 - \frac{25}{2}\right) \cdot \frac{20-0}{20+27} = 80,3 \text{ °C} \\ \tau_{2.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20-0}{20+27}\right)^{0,8} - \frac{25}{2} \cdot \frac{20-0}{20+27} = 46,2 \text{ °C}\end{aligned}$$

При +5 °C:

$$\begin{aligned}\tau_{1.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20-5}{20+27}\right)^{0,8} + \left(80 - \frac{25}{2}\right) \cdot \frac{20-5}{20+27} = 66,6 \text{ °C} \\ \tau_{2.0} &= 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20-5}{20+27}\right)^{0,8} - \frac{25}{2} \cdot \frac{20-5}{20+27} = 41 \text{ °C}\end{aligned}$$

При +8 °C:

$$\tau_{1.0} = 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20-8}{20+27}\right)^{0,8} + \left(80 - \frac{25}{2}\right) \cdot \frac{20-8}{20+27} = 58,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\tau_{2.0} = 20 + 62,5 \cdot \left(\frac{20-8}{20+27}\right)^{0,8} - \frac{25}{2} \cdot \frac{20-8}{20+27} = 37,8 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Результаты расчётов заносим в таблицу 3.

Таблица 3 – 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	-27
$\tau_{1.0}$	58,2	66,6	80,3	93,6	106,7	119,6	132,4	144,9	150
$\tau_{2.0}$	37,8	41	46,2	51	55,6	60	64,3	68,4	70

«По полученным значениям $\tau_{1.0}$ и $\tau_{2.0}$ строим график температур воды в подающей и обратной магистралях тепловой сети» [11].

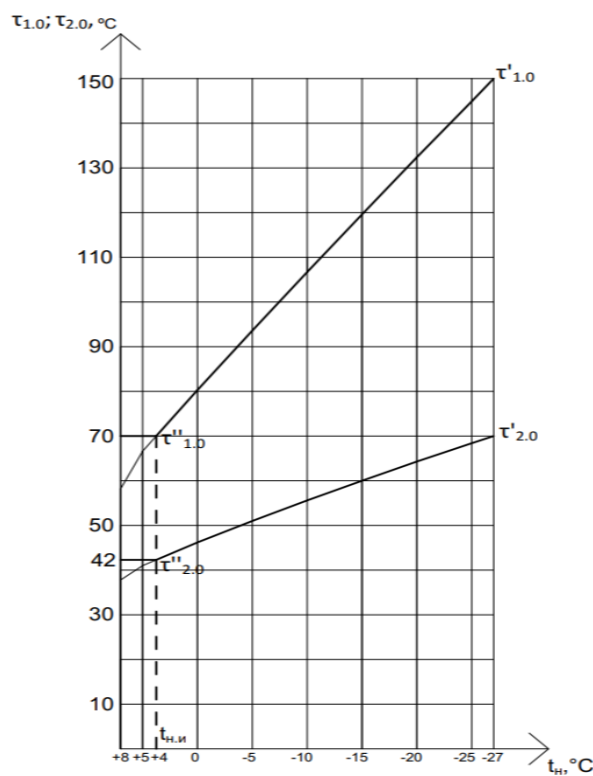


Рисунок 2 – График температур воды в тепловой сети по отопительной нагрузке

«В последующем значения величин с одним штрихом означает, что они взяты при $t_{н.о.}$, с двумя штрихами при $t_{н.в.}$, с тремя штрихами при $t_{н.и.}$

Задаемся величиной недогрева водопроводной воды до температуры греющей воды в нижней (первой) ступени подогревателя $\Delta t''' = 10^\circ\text{C}$ при $t_{н.и.} = t'''_{н.}$ » [11].

Из рисунка 2 определяем, что $t_{н.и.} = +4^\circ\text{C}$, $\tau'''_{1.0} = 70^\circ\text{C}$, $\tau'''_{2.0} = 42^\circ\text{C}$.

Тогда после нижней (первой ступени подогревателя при $t_{н.и.}$) температура нагреваемой водопроводной воды будет равна:

$$t_n'' = \tau'''_{2.0} - \Delta t''', ^\circ\text{C} \quad (9)$$

$$t_n'' = 42 - 10 = 32^\circ\text{C}$$

«Приняв значения температур воды в подающей магистрали $\tau'_{1.0}$ и обратной магистрали $\tau'_{2.0}$ при $t_{н.о.}$ теплоносителя по отопительно-бытовому температурному графику, мы можем определить перепад температур сетевой воды δ_2 в нижней ступени подогревателя, используя следующие формулы:» [11].

при наружной температуре $t_{н.и.}$:

$$\delta_2''' = \frac{1,2Q_{г.в.}^{cp}}{Q'_{o}} \cdot \frac{t_n'' - t_x}{t_{г.} - t_x} \cdot (\tau'_{1.0} - \tau'_{2.0}) \quad (10)$$

$$\delta_2''' = \frac{1,2 \cdot 4,02}{10,579} \cdot \frac{32 - 5}{65 - 5} \cdot (150 - 70) = 16,42^\circ\text{C}$$

при наружной температуре $t_{н.о.}$:

$$\delta_2' = \delta_2''' \cdot \frac{\tau_{2.0}' - t_x}{\tau_{2.0}''' - t_x}, ^\circ\text{C} \quad (11)$$

$$\delta_2' = 16,42 \cdot \frac{70 - 5}{42 - 5} = 28,8^\circ\text{C}$$

при наружной температуре $t_{н.в.}$:

$$\delta_2'' = \delta_2''' \cdot \frac{\tau_{2.0}'' - t_x}{\tau_{2.0}''' - t_x}, ^\circ\text{C} \quad (12)$$

где $\tau''_{2,0} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура сетевой воды в обратной магистрали при $t_{\text{н.в.}} = -27^\circ\text{C}$.

$$\delta_2'' = 16,42 \cdot \frac{70 - 5}{42 - 5} = 28,8 \text{ }^\circ\text{C}$$

Определим по следующим формулам температуру сетевой воды в обратной магистрали повышенного температурного графика:

$$\tau'_2 = \tau'_{2,0} - \delta'_2, \text{ }^\circ\text{C} \quad (13)$$

$$\tau'_2 = 70 - 28,8 = 41,2^\circ\text{C}$$

$$\tau_2''' = \tau_{2,0}''' - \delta_2''', \text{ }^\circ\text{C} \quad (14)$$

$$\tau_2''' = 42 - 16,42 = 25,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\tau_2'' = \tau_{2,0}'' - \delta_2'', \text{ }^\circ\text{C} \quad (15)$$

$$\tau_2'' = 70 - 28,8 = 41,2 \text{ }^\circ\text{C}$$

По полученным значениям строится график $\tau_2=f(t_{\text{н}})$ (рисунок 3).

«Суммарный перепад температур сетевой воды в подогревателях нижней и верхней ступеней определим по формуле:» [11]

$$\delta = \delta_1 + \delta_2 = \frac{1,2Q_{\text{г.в.}}^{\text{ср}}}{Q'_{\text{о}}} \cdot (\tau'_{1,0} - \tau'_{2,0}), \text{ }^\circ\text{C} \quad (16)$$

$$\delta = \frac{1,2 \cdot 4,02}{10,579} \cdot (150 - 70) = 36,5 \text{ }^\circ\text{C}$$

«Находим перепад температур сетевой воды в верхней ступени подогревателя при $t_{\text{н.о.}}$, $t_{\text{н.в.}}$ и $t_{\text{н.и.}}$ по формулам:» [11]

$$\delta_1' = \delta - \delta_2', \text{ }^\circ\text{C} \quad (17)$$

$$\delta_1' = 36,5 - 28,8 = 7,7^\circ\text{C}$$

$$\delta_1'' = \delta - \delta_2'', \text{ }^\circ\text{C} \quad (18)$$

$$\delta_1'' = 36,5 - 28,8 = 7,7 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\delta_1''' = \delta - \delta_2''', \text{ }^\circ\text{C} \quad (19)$$

$$\delta_1''' = 36,5 - 16,42 = 20,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Определим температуру сетевой воды в подающей магистрали тепловой сети для повышенного температурного графика по формулам:

$$\tau_1' = \tau_{1.0}' - \delta_1', \text{ } ^\circ\text{C} \quad (20)$$

$$\tau_1' = 150 + 7,7 = 158 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\tau_1'' = \tau_{1.0}'' - \delta_1'', \text{ } ^\circ\text{C} \quad (21)$$

$$\tau_1'' = 150 + 7,7 = 158 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\tau_1''' = \tau_{1.0}''' - \delta_1''', \text{ } ^\circ\text{C} \quad (22)$$

$$\tau_1''' = 70 + 20,1 = 90 \text{ } ^\circ\text{C}$$

По полученным значениям строим график $\tau_1=f(t_n)$ (рисунок 3).

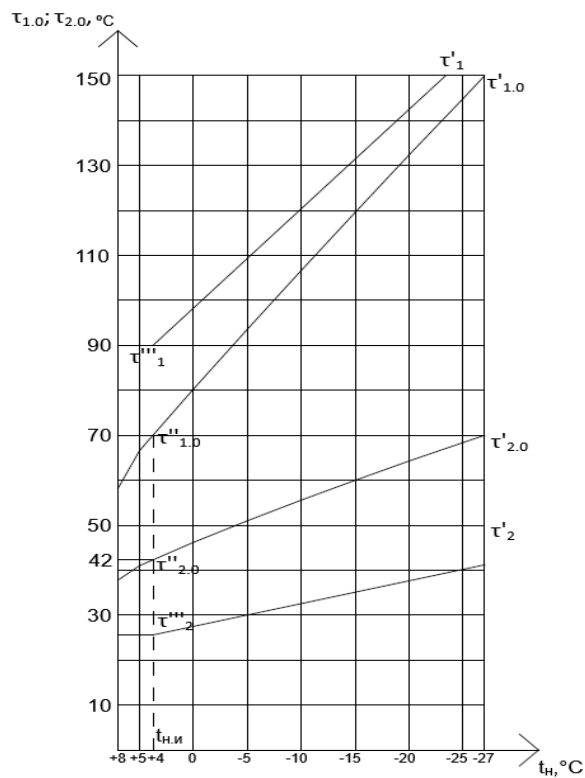


Рисунок 3 – График температур воды в тепловой сети по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения

Вывод: Для оценки температуры воды для сети был создан график, который учитывает различные факторы, такие как использование отопления, ГВС и вентиляция.

3 Расчет системы теплоснабжения

3.1 Определение расчетных расходов сетевой воды

Определить расходы сетевой воды на отопление вентиляцию и горячее водоснабжение потребителей для закрытой системы теплоснабжения при регулировании отпуска теплоты по совместной нагрузке отопления и горячего водоснабжения.

«Расчетный расход сетевой воды на отопление каждого потребителя, т/ч, находим по выражению:

$$G_o = \frac{3,6 \cdot Q_o}{c \cdot (\tau'_{1,0} - \tau'_{2,0})}. \quad (23)$$

Расчетный расход сетевой воды на вентиляцию находим по выражению:

$$G_B = \frac{3,6 \cdot Q_B}{c \cdot (\tau''_{1} - \tau''_{2,0})} \quad (24)$$

где τ''_{1} – температура сетевой воды в подающей магистрали при $t_{н.в.}$, берется повышенному температурному графику $\tau''_{1}=158 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$\tau''_{2,0}$ – температура сетевой воды после вентиляционных калориферов при $t_{н.в.}$, $\tau''_{2,0}=70 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [11].

«Среднечасовой расход сетевой воды на горячее водоснабжение определяем:

$$G_{Г.В}^{cp} = \frac{3,6 \cdot Q_{Г.В}^{cp}}{c \cdot (\tau'''_{1,0} - \tau'''_{2,0})} \cdot \left(\frac{65 - t_{п}}{65 - t_{х.з}} + 0,2 \right) \quad (25)$$

где $t_{п}$ – температура нагреваемой воды после подогревателя первой ступени» [11].

$$t_{\Pi} = \tau'''_{2.0} - 10, \text{ }^{\circ}\text{C} \quad (26)$$

$$t_{\Pi} = 42 - 10 = 32 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Суммарный расход сетевой воды, т/ч, в распределительных сетях квартала с числом жителей менее 6000 человек при двухступенчатой последовательной схеме присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения определяется по выражению:

$$G_p = G_o + G_b \quad (27)$$

с проверкой по формуле:

$$G_p = G_{Г.В}^{ср} + \frac{3,6 \cdot (Q_o''' + Q_b''')}{c \cdot (\tau'''_1 - \tau'''_{2.0})} \quad (28)$$

где Q_o''' и Q_b''' – расходы теплоты на отопление и вентиляцию при температуре наружного воздуха, соответствующей точке излома графика температур воды

τ'''_1 – температура сетевой воды в подающей магистрали при $t_{н.и}$, берется по повышенному графику температур воды, $\tau'''_1 = 90^{\circ}\text{C}$

$\tau'''_{2.0}$ – температура сетевой воды в обратной магистрали при $t_{н.и}$, берется по отопительно–бытовому графику $\tau'''_{2.0} = 42 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

За расчетное значение расхода сетевой воды в распределительных сетях квартала следует принимать большее из полученных величин G_p

В качестве примера, произведен расчет школы №7

На отопление:

$$G_o = \frac{3,6 \cdot 1090}{4,19 \cdot (150 - 70)} = 11,71 \text{ т/ч,}$$

На вентиляцию:

$$G_b = \frac{3,6 \cdot 830}{4,19 \cdot (158 - 70)} = 8,1 \text{ т/ч,}$$

Суммарный расчетный расход:

$$G_p = 11,71 + 8,1 = 19,81 \text{ т/ч.}$$

«Определим расчетный расход сетевой воды в распределительных сетях. Зная расчетные расходы теплоты на отопление и вентиляцию, находим расходы теплоты при $t_{н.и} = +4 \text{ }^\circ\text{C}$ » [11]

$$Q_o''' = Q_o \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H.O}} = 1090 \cdot \frac{20 - 4}{20 + 27} = 371,06 \text{ Вт}$$

$$Q_B''' = Q_B \cdot \frac{t_B - t_H}{t_B - t_{H.B}} = 830 \cdot \frac{20 - 4}{20 + 27} = 282,55 \text{ Вт}$$

Среднечасовой расход сетевой воды на горячее водоснабжение:

$$G_{Г.В}^{ср} = \frac{3,6 \cdot 312}{4,19 \cdot (70 - 42)} \cdot \left(\frac{65 - 32}{65 - 5} + 0,2 \right) = 7,18 \text{ т/ч.}$$

Выполняем проверку суммарного расхода сетевой воды:

$$G_p = 7,18 + \frac{3,6 \cdot (371,06 + 282,55)}{4,19 \cdot (90 - 42)} = 18,88 \text{ т/ч.}$$

Для расчета расхода воды сети других потребителей используем те же методы, что и для магистральных и распределительных сетей. Таблица 4 содержит информацию о расчетных данных.

Таблица 4 – Расчетные расходы сетевой воды для холодного периода

№	Расходы сетевой воды, т/ч			Суммарный расход воды: $G_p = G_o + G_B$	расходы теплоты при +4		Суммарный расход воды: $G_p = G_{г.в} + \frac{3,6 \cdot (Q_o''' + Q_B''')}{c \cdot (\tau'''_{1.0} - \tau'''_{2.0})}$	Расчетный расход воды
	G_o	G_B	$G_{г.в}^{cp}$		Q_o'''	Q_B'''		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	15,99	–	14,77	15,99	506,89	–	20,22	20,22
2	4,75	–	3,91	4,75	150,47	–	5,53	5,53
3	4,75	–	3,91	4,75	150,47	–	5,53	5,53
4	4,75	–	3,91	4,75	150,47	–	5,53	5,53
5	4,75	–	3,91	4,75	150,47	–	5,53	5,53
6	5,16	7,03	4,46	12,18	163,40	245,11	11,78	12,18
7	11,71	8,10	7,18	19,81	371,06	282,55	18,88	19,81
8	2,71	–	2,21	2,71	85,79	–	3,13	3,13
9	2,71	–	2,21	2,71	85,79	–	3,13	3,13
10	2,71	–	2,21	2,71	85,79	–	3,13	3,13
11	2,71	–	2,21	2,71	85,79	–	3,13	3,13
12	5,58	–	4,42	5,58	177,02	–	6,32	6,32
13	5,20	–	4,28	5,20	164,77	–	6,05	6,05
14	5,20	–	4,28	5,20	164,77	–	6,05	6,05
15	4,75	–	3,91	4,75	150,47	–	5,53	5,53
16	5,58	–	4,42	5,58	177,02	–	6,32	6,32
17	5,20	–	4,28	5,20	164,77	–	6,05	6,05
18	5,20	–	4,28	5,20	164,77	–	6,05	6,05

Продолжение таблицы 4

№	Расходы сетевой воды, т/ч			Суммарный расход воды: $G_p = G_o + G_B$	расходы теплоты при +4		Суммарный расход воды: $G_p = G_{г.в} + \frac{3,6 \cdot (Q_o''' + Q_B''')}{c \cdot (\tau'''_1 - \tau'''_{2,0})}$	Расчетный расход воды
	G_o	G_B	$G_{г.в}^{cp}$		Q_o'''	Q_B'''		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
19	4,75	–	3,91	4,75	150,47	–	5,53	5,53
20	4,75	–	3,91	4,75	150,47	–	5,53	5,53
21	4,75	–	3,91	4,75	150,47	–	5,53	5,53

«В летний период из всех видов тепловой нагрузки остается одна нагрузка на горячее водоснабжение. В летнее время максимальная тепловая нагрузка на горячее водоснабжение снижается в связи с повышением температуры холодной воды до 15°C и определяется по формуле:

$$Q_{Г.В.}^л = Q_{Г.В.}^{max} \cdot \left(\frac{65 - t_{х.л.}}{65 - t_{х.з.}} \right), \text{ Вт} \quad (29)$$

$$Q_{Г.В.}^л = 642 \cdot \left(\frac{65 - 15}{65 - 5} \right) = 1284 \text{ Вт}$$

где $Q_{Г.В.}^{max}$ – максимальный часовой расход теплоты за отопительный период на горячее водоснабжение, определяется по формуле:

$$Q_{Г.В.}^{max} = 2,4 \cdot Q_{Г.В.}^{cp}, \text{ Вт} \quad (30)$$

$$Q_{Г.В.}^{max} = 2,4 \cdot 642 = 1540,8 \text{ Вт.}$$

Максимальный часовой расход сетевой воды на горячее водоснабжение в теплый период для каждого квартала определяется по формуле:

$$G_{Г.В.}^{max.л} = \frac{3,6 \cdot Q_{Г.В.}^л}{c \cdot (\tau_1 - \tau_2)}, \text{ т/ч} \quad (31)$$

где τ_1 – температура сетевой воды в подающем теплопроводе в теплый период, равная 70°C;

τ_2 – температура воды после водоподогревателя, равная 25,6°C» [12]

$$G_{Г.В.}^{max.л} = \frac{3,6 \cdot 1284}{4,19 \cdot (70 - 25,6)} = 24,85 \text{ т/ч}$$

«Расчетный часовой расход воды т/ч в летний период определяется с учетом снижения расхода воды в летнее время по формуле:

$$G_p^л = \beta \cdot G_{Г.В.}^{max.л}, \text{ т/ч} \quad (32)$$

где β – коэффициент, учитывающий снижение расхода воды в теплый период по отношению к отопительному, принимается равным 0,8» [12].

$$G_p^{\text{л}} = 0,8 \cdot 24,85 = 19,9 \text{ т/ч.}$$

Результаты расчетов приведены в таблице 5

Таблица 5 – Расчетные расходы сетевой воды для теплого периода

№	$Q_{\text{Г.В}}^{\text{ср}}$	$Q_{\text{Г.В}}^{\text{л}}$	$Q_{\text{Г.В}}^{\text{max.л}}$	$Q_p^{\text{л}}$
1	2	3	4	5
1	642	535,0	10,35	8,28
2	170	141,7	2,74	2,19
3	170	141,7	2,74	2,19
4	170	141,7	2,74	2,19
5	170	141,7	2,74	2,19
6	194	161,7	3,13	2,50
7	312	260,0	5,03	4,03
8	96	80,0	1,55	1,24
9	96	80,0	1,55	1,24
10	96	80,0	1,55	1,24
11	96	80,0	1,55	1,24
12	192	160,0	3,10	2,48
13	186	155,0	3,00	2,40
14	186	155,0	3,00	2,40
15	170	141,7	2,74	2,19
16	192	160,0	3,10	2,48
17	186	155,0	3,00	2,40
18	186	155,0	3,00	2,40
19	170	141,7	2,74	2,19
20	170	141,7	2,74	2,19
21	170	141,7	2,74	2,19

3.2 Способ прокладки и конструирование тепловых сетей

«В соответствии с местными условиями застройки, коммуникаций и расположением дорог была проложена подземная двухтрубная прокладка в непроходных каналах марок КЛс 150-90, КЛ 90-45, КЛ 60-45. Дно каналов

уложено с уклоном не менее 0,002 в сторону тепловых камер, где предусмотрен сбор воды. Для отведения воды спуск осуществляется в дренажном колодце, обеспечивая эффективное удаление сточных вод и предотвращая образование заторов и застаивание воды» [2].

На всем протяжении сети теплопроводов имеются камеры теплофикации, выполненные из железобетона и предназначенные для перехода труб от крупного диаметра к меньшему. Этот процесс проводится исключительно в специальных теплофикационных камерах.

«Для опоры трубопроводов используются двухупорные неподвижные опоры с защитой от электрокоррозии.

Трубопроводы стальные электросварные прямошовные по ГОСТ 10704–91 с тепловой изоляцией из минеральной ваты и облицована материалом из оцинкованного кровельного материала.

Для изменения диаметра трубопроводов использовались сварные листовые переходы по стандарту ГОСТ 17378-83 из стали марки В-20.

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

Для компенсации температурных изменений используются участки самокомпенсации, где трубопровод поворачивается на 90 градусов, и гнутые отводы в форме П-образного компенсатора» [2]

3.3 Гидравлический расчет тепловой сети

«Прежде чем выполнить гидравлический расчет разрабатывается расчетная схема тепловых сетей. Определяем расход теплоносителя на расчетном участке, зная расчетные расходы отдельных участков (Таблица 3). Длины участков принимаем по генплану. Расчетная схема показана на рисунке 4» [9]

«Гидравлический расчет тепловых сетей выполнен для определения диаметров трубопроводов, потерь давления на трение и скорости движения теплоносителя. В закрытой системе теплоснабжения количество

теплоносителя, подаваемого в подающем и обратном теплопроводах, одинаково, поэтому гидравлический расчет проводится для подающего теплопровода. При этом потери давления в обратном теплопроводе такие же, как и в подающем.

Расчетные расходы воды по участкам (Таблица 3), используются для подбора диаметров теплопровода и определения потерь давления на трение и скорости течения теплоносителя (не превышающей 3,5 м/с).

Местные сопротивления на рассчитываемых участках определены согласно монтажной схеме теплопроводов, а потери давления заменены эквивалентными значениями потерь давления в трубопроводе такого же диаметра. Значения эквивалентных длин местных сопротивлений подобраны в соответствии с рекомендациями из источника. Общие потери давления на участках рассчитываются по следующему выражению:

$$\Delta P = R \cdot l_{\text{пр}} = R \cdot (l_{\text{ф}} + l_{\text{э}}) \quad (33)$$

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

$l_{\text{пр}}$ – приведенная длина, м;

$l_{\text{ф}}$ – фактическая длина, м;

$l_{\text{э}}$ – эквивалентная длина, м» [8].

«Расчет проведен с учетом того, что разница между расходами веток А и Б не превышает 10%.

В летний период нагрузка оказывается только на горячее водоснабжение. Гидравлический расчет для летнего периода выполнен только для подающей магистрали, так как расходы сетевой воды в обратной и подающей линиях теплосети равны в закрытой системе теплоснабжения.

Потери давления на расчетных участках сети для летнего периода были определены на основе потерь давления для зимнего периода при известных диаметрах теплопроводов и летних расходах теплоносителя» [8] Расчетная схема показана на рисунке 5.

В таблицах 6 и 7 представлены результаты гидравлического расчета водяных тепловых сетей, выполненного как для зимнего, так и для летнего сезонов.

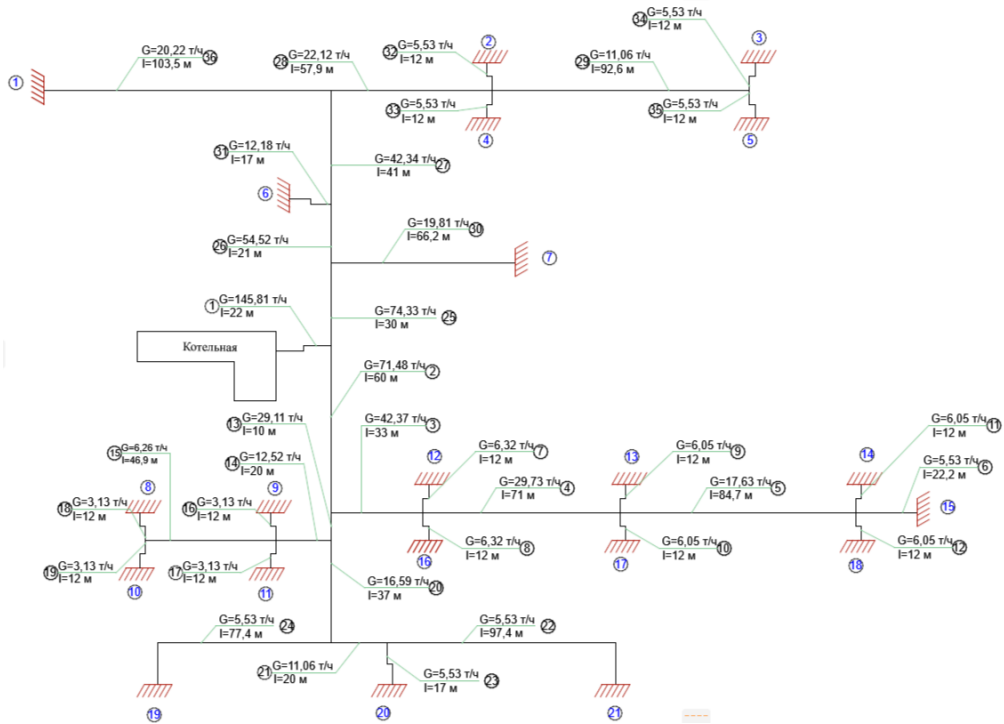


Рисунок 4 – Расчетная схема тепловой сети для холодного периода

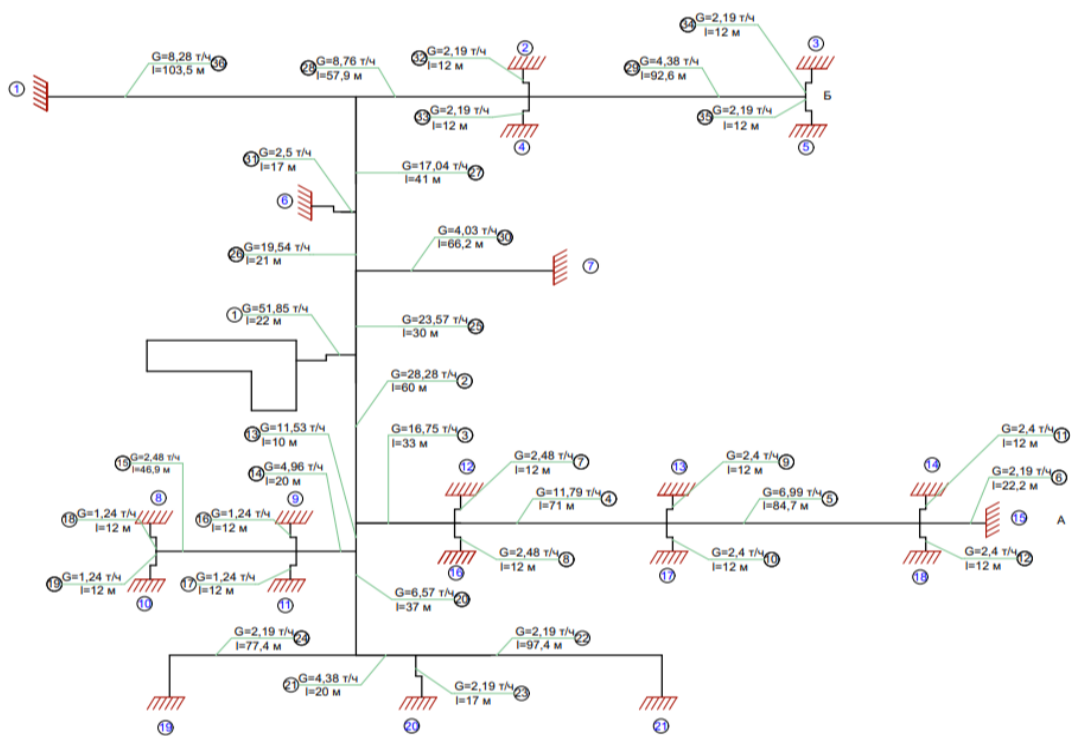


Рисунок 5 – Расчетная схема тепловой сети для теплого периода

Таблица 6 – Гидравлический расчет тепловых сетей для холодного периода

№	Расход воды	Дв	Дн*S	Факт. длина	Экв. длина	Прив. длина	Скорость воды	Удельные потери, кгс	Удельные потери, ПА	Потери давления на участке	Потери напора	Сумм. потери давления	Сумм. потери напора
1	2	3	4	5	6	7	8	9	9	10	11	12	13
Ветка А (Магистраль)													
1	145,81	0,257	273x8	22	37,73	59,73	0,82	2,93	28,750	1717	0,172	1717	0,172
2	71,48	0,182	194x6	60	28,97	88,97	0,80	4,34	42,594	3790	0,379	5507	0,551
3	42,37	0,143	152x4,5	33	13	46	0,77	5,46	53,497	2461	0,246	7968	0,797
4	29,73	0,125	133x4	71	13,64	84,64	0,70	5,47	53,662	4542	0,454	12510	1,251
5	17,63	0,1	108x4	84,7	20,13	104,83	0,65	6,28	61,541	6451	0,645	18961	1,896
6	5,53	0,069	76x3,5	22,2	1	23,2	0,43	4,43	43,455	1008	0,101	19969	1,997
Ветка А (Ответвления)													
7	6,32	0,05	57x3,5	12	1,95	13,95	0,93	32,21	315,829	4406	0,441	4406	0,441
Невязка: $12001-4406/12001=63,29\%$ давление гасится на абонентских вводах													
Ветка А (Ответвления)													
8	6,32	0,05	57x3,5	12	1,95	13,95	0,93	32,21	315,829	4406	0,441	4406	0,441
Невязка: $12001-4406/12001=63,29\%$ давление гасится на абонентских вводах													
Ветка А (Ответвления)													
9	6,05	0,05	57x3,5	12	1,95	13,95	0,89	29,51	289,420	4037	0,404	4037	0,404
Невязка: $7459-4037=45,88\%$ давление гасится на абонентских вводах													
Ветка А (Ответвления)													
10	6,05	0,05	57x3,5	12	1,95	13,95	0,89	29,51	289,420	4037	0,404	4037	0,404
Невязка: $7459-4037=45,88\%$ давление гасится на абонентских вводах													

Продолжение таблицы 6

Ветка А (Ответвления)													
11	6,05	0,069	76x3,5	12	3	15	0,47	5,30	52,012	780	0,078	780	0,078
Невязка: $1008-780/1008=22,62\%$ давление гасится на абонентских вводах													
Ветка А (Ответвления)													
12	6,05	0,069	76x3,5	12	3	15	0,47	5,30	52,012	780	0,078	780	0,078
Невязка: $1008-780/1008=22,62\%$ давление гасится на абонентских вводах													
Ветка А (Ответвления)													
13	29,11	0,1	108x4	10	6,6	16,6	1,08	17,11	167,781	2785	0,279	2785	0,279
14	12,52	0,082	89x3,5	20	8,25	28,25	0,69	9,07	88,976	2514	0,251	5299	0,530
15	6,26	0,069	76x3,5	46,9	8	54,9	0,49	5,68	55,685	3057	0,306	8356	0,836
16	3,13	0,05	57x3,5	12	1,95	13,95	0,46	7,90	77,465	1081	0,108	9436	0,944
17	3,13	0,05	57x3,5	12	1,95	13,95	0,46	7,90	77,465	1081	0,108	10517	1,052
18	3,13	0,05	57x3,5	12	1,95	13,95	0,46	7,90	77,465	1081	0,108	11598	1,160
19	3,13	0,05	57x3,5	12	1,95	13,95	0,46	7,90	77,465	1081	0,108	12678	1,268
Невязка: $14462-12678/14462=12,34\%$ давление гасится на абонентских вводах													
Ветка А (Ответвления)													
20	16,59	0,1	108x4	37	6,6	43,6	0,61	5,56	54,494	2376	0,238	2376	0,238
21	11,06	0,082	89x3,5	20	11,5	31,5	0,61	7,08	69,434	2187	0,219	4563	0,456
22	5,53	0,082	89x3,5	97,4	2	99,4	0,30	1,77	17,359	1725	0,173	6289	0,629
23	5,53	0,069	76x3,5	17	3	20	0,43	4,43	43,455	869	0,087	7158	0,716
24	5,53	0,069	76x3,5	77,4	3	80,4	0,43	4,43	43,455	3494	0,349	10651	1,065
Невязка: $14462-13437/14462=7,09\%$													

Продолжение таблицы 6

Ветка Б (Магистраль)													
25	74,33	0,182	194x6	30	10,14	40,14	0,83	4,70	46,059	1849	0,185	1849	0,185
26	54,52	0,15	159x4,5	21	16,8	37,8	0,90	7,02	68,803	2601	0,260	4450	0,445
27	42,34	0,15	159x4,5	41	11,2	52,2	0,70	4,23	41,495	2166	0,217	6616	0,662
28	22,12	0,125	133x4	57,9	19,8	77,7	0,52	3,03	29,706	2308	0,231	8924	0,892
29	11,06	0,1	108x4	92,6	10,22	102,82	0,41	2,47	24,220	2490	0,249	11414	1,141
30	19,81	0,125	133x4	66,2	8,25	74,45	0,47	2,43	23,826	1774	0,177	13188	1,319
31	12,18	0,1	108x4	17	4,95	21,95	0,45	3,00	29,373	645	0,064	13833	1,383
32	5,53	0,069	76x3,5	12	1,95	13,95	0,43	4,43	43,455	606	0,061	14439	1,444
33	5,53	0,069	76x3,5	12	1,95	13,95	0,43	4,43	43,455	606	0,061	15045	1,505
34	5,53	0,069	76x3,5	12	1,95	13,95	0,43	4,43	43,455	606	0,061	15651	1,565
35	5,53	0,069	76x3,5	12	1,95	13,95	0,43	4,43	43,455	606	0,061	16257	1,626
Невязка: $18252-16257/18252=9,7\%$													
Ветка Б (Ответвление)													
36	20,22	0,125	133x4	103,5	9,9	113,4	0,48	2,53	24,822	2815	0,281	2815	0,281
Невязка: $7223-2815/7223=61,02\%$ давление гасится на абонентских вводах													

Таблица 7 – Гидравлический расчет тепловых сетей для теплого периода

№	Расход воды в зимний период G_p , т/ч	Потери напора на участке в зимний период H , м	Сопротивление участков сети $S, 10^{-5}$ $м ч^2/м^6$	Расход воды в летний период $G_p^л$, т/ч	Потери напора на участке в летний период H , м	Суммарные потери напора ΣH , м
1	2	3	4	5	6	7
1	145,81	0,172	0,81	51,85	0,022	0,022
2	71,48	0,379	7,42	28,28	0,059	0,081
3	42,37	0,246	13,71	16,75	0,038	0,119
4	29,73	0,454	51,39	11,79	0,071	0,191
5	17,63	0,645	207,56	6,99	0,101	0,292
6	5,53	0,101	329,67	2,19	0,016	0,308
7	6,32	0,441	1103,04	2,48	0,068	0,376
8	6,32	0,441	1103,04	2,48	0,068	0,444
9	6,05	0,404	1103,04	2,4	0,064	0,507
10	6,05	0,404	1103,04	2,4	0,064	0,571
11	6,05	0,078	213,15	2,4	0,012	0,583
12	6,05	0,078	213,15	2,4	0,012	0,595
13	29,11	0,279	32,87	11,53	0,044	0,639
14	12,52	0,251	160,35	4,96	0,039	0,679
15	6,26	0,306	780,12	2,48	0,048	0,727
16	3,13	0,108	1103,04	1,24	0,017	0,744
17	3,13	0,108	1103,04	1,24	0,017	0,761
18	3,13	0,108	1103,04	1,24	0,017	0,777
19	3,13	0,108	1103,04	1,24	0,017	0,794

Продолжение таблицы 7

1	2	3	4	5	6	7
20	16,59	0,238	86,33	6,57	0,037	0,832
21	11,06	0,219	178,80	4,38	0,034	0,866
22	5,53	0,173	564,22	2,19	0,027	0,893
23	5,53	0,087	284,20	2,19	0,014	0,907
24	5,53	0,349	1142,47	2,19	0,055	0,961
25	74,33	0,185	3,35	23,57	0,019	0,980
26	54,52	0,260	8,75	19,54	0,033	1,013
27	42,34	0,217	12,08	17,04	0,035	1,049
28	22,12	0,231	47,17	8,76	0,036	1,085
29	11,06	0,249	203,58	4,38	0,039	1,124
30	19,81	0,177	45,20	4,03	0,007	1,131
31	12,18	0,064	43,46	2,5	0,003	1,134
32	5,53	0,061	198,23	2,19	0,010	1,143
33	5,53	0,061	198,23	2,19	0,010	1,153
34	5,53	0,061	198,23	2,19	0,010	1,162
35	5,53	0,061	198,23	2,19	0,010	1,172
36	20,22	0,281	68,85	8,28	0,047	1,219

3.4 Пьезометрический график

«Пьезометрический график строят для статического и динамического режимов работы системы теплоснабжения. При построении графика за начало координат принимаем отметку оси сетевых насосов. По оси ординат откладываем значения напоров в подающей и обратной магистралях тепловой сети, отметки рельефа местности и длины расчетных участков сети. Вначале чертим план трассы теплопроводов с указанием узлов ответвлений, расстояний между ними и углов поворотов трассы. Затем строим профиль местности и показываем в масштабе высоты зданий присоединяемых кварталов, принимая высоту одного этажа равно 3м. Ввиду небольшого заглубления теплопроводов ось теплотрассы принимаем совпадающей с отметкой рельефа местности.

После построения профиля местности и нанесения высот присоединяемых потребителей начинаем разработку пьезометрического графика при гидростатическом режиме, когда циркуляция теплоносителя в тепловой сети отсутствует, и напор в системе поддерживается работой подпиточных насосов. При данном режиме график напоров представляет прямую, параллельную оси абсцисс. При построении линии статического напора необходимо исходить из условия заполнения всех потребителей сетевой водой и создания у них избыточного напора. Для нашего случая наибольшую отметку имеют 5 этажные здания, у которых полный статический напор в местных системах отопления составит:» [11]

$$H_{ст12} = H_{кв} + Z_9 \quad (34)$$

где $H_{кв}$ – высота зданий;

Z_9 – геодезическая высота.

$$H_{ст12} = 15 + 1,6 = 16,2 \text{ м.}$$

Тогда величина полного статического напора для всей системы:

$$H_{ст} = 16,2 + 5 = 21,2 \text{ м}$$

«После построения линии статического напора приступаем к разработке пьезометрического графика при гидродинамическом режиме, когда циркуляция теплоносителя в тепловой сети осуществляется сетевыми насосами. Разработку начинаем с построения пьезометрической линии обратной магистрали. Напора на всасывающей патрубке сетевых насосов $H_{вс}$ принимаем равным 21,6 м. Зная потери напора на расчетных участках, определяем значения полных напоров в обратной магистрали:» [11].

$$H_1 = 21,6 + 0,172 = 21,772 \text{ м}$$

$$H_2 = 21,772 + 0,379 = 22,151 \text{ м}$$

$$H_3 = 22,151 + 0,246 = 22,397 \text{ м}$$

$$H_4 = 22,397 + 0,454 = 22,851 \text{ м}$$

$$H_5 = 22,851 + 0,645 = 23,496 \text{ м}$$

$$H_6 = 23,496 + 0,101 = 23,597 \text{ м}$$

«Соединив полученные точки, получим ломаную линию A_1B_1 – пьезометрическая линия обратной магистрали.

От точки B_1 откладываем вверх располагаемый напор на потребителя $H_{кв} = 25$ м, полученная точка B_2 характеризует полный напор в подающей магистрали в УТ 6: $23,597 + 25 = 48,597$ м. Зная потери напора на расчетных участках, аналогично пьезометрической линии обратной магистрали строим пьезометрическую линию подающей магистрали A_2B_2 :» [11]

$$H_6 = 48,597 + 0,101 = 48,698 \text{ м}$$

$$H_5 = 48,698 + 0,645 = 49,343 \text{ м}$$

$$H_4 = 49,343 + 0,454 = 49,797 \text{ м}$$

$$H_3 = 49,797 + 0,246 = 50,043 \text{ м}$$

$$H_2 = 50,043 + 0,379 = 50,422 \text{ м}$$

$$H_1 = 50,422 + 0,172 = 50,594 \text{ м}$$

«Точка A_2 характеризует напор на коллекторе подающей магистрали тепловой сети, равный 50,594 м. От точки A_2 откладываем вверх потери

напора в теплоподготовительной установке источника теплоснабжения $H_{ит} = 20$ м

Полученная точка A_3 характеризует напор на нагнетательном патрубке патрубке сетевого насоса, равный $50,594+20=70,594$ м

Напор, развиваемый сетевыми насосами равен:

$$H_{сн} = H_{под} + H_{обр} + H_{пот} + Z_9, \text{ м} \quad (35)$$

где $H_{пот}$ – располагаемый напор на потребителя

$$H_{сн} = 1,997 + 1,997 + 25 + 20 + 1,6 = 50,594 \text{ м}$$

Минимальный пьезометрический напор в подающем теплопроводе в камере ТК 5 равен разности полного напора в подающей линии сети и геодезической высоты оси теплопровода $48,698-0,04= 48,658$ м, что превышает минимально допустимый пьезометрический напор 40 м из условия невоскипания теплоносителя с температурой 150 °С.

Аналогично считаем для летнего периода» [11].

Вывод: В холодное и теплое время года были проанализированы расходы сетевой воды в системе теплоснабжения, что привело к прокладке подземной двухтрубной сети в непроходимых каналах марок КЛс 150-90, КЛ 90-45, КЛ 60-45. Кроме того, была проведена гидравлическая оценка работы тепловой сети. Неотъемлемой частью этого процесса стало построение пьезометрического графика тепловой системы

4 Построение продольного профиля тепловой сети

4.1 Определение размера камеры

Продольный профиль теплотрассы строится для определения глубин заложения всех ТК, уклонов трассы, а также для обозначения мест выпуска воздуха и слива воды в дренаж.

На продольном профиле указываются все тепловые камеры, пункты ответвлений от основного направления, неподвижные опоры, углы поворотов трассы. Указываются все расстояния между ними.

Далее наносятся все отметки земли, после чего они соединяются плавной линией для получения профиля местности. Уклоны трассы должны быть не менее 0,002 м

«Высота всех камер определяется с учётом минимальных расстояний заглубления каналов, высотой арматуры, минимального расстояния от врезки канала до дна камеры.

$$H_{\text{пол.к.}} = H_3 - a - b - l - c, \quad (36)$$

где H_3 – отметка земли, м;

a – минимальное расстояние от поверхности земли до верха перекрытия камеры, принимаемое равным 0,3 м;

b – расстояния от перекрытия камеры до маховика задвижки принимаем 0,5 м;

l – высота задвижки, м;

c – расстояние от оси теплопровода до пола канала находится по формуле:

$$c = h + \frac{d_n}{2}, \quad (37)$$

где h – расстояние от низа трубы до пола канала;

d_n – наружный диаметр трубопровода.

Отметка потолка канала определяется по формуле:» [11].

$$H_{\text{пот.к}} = H_{\text{пол.к.}} + H, \quad (38)$$

где H – высота канала, м.

Отметка дна камеры определяется по формуле:

$$H_{\text{дно.к}} = H_{\text{пол.к.}} - d, \quad (39)$$

где d – расстояние от пола канала до дна камеры, принимаем равным 0,5 м.

Расчёт ТК сведен в таблице 8. Размеры ТК представлены на рисунках 6–10

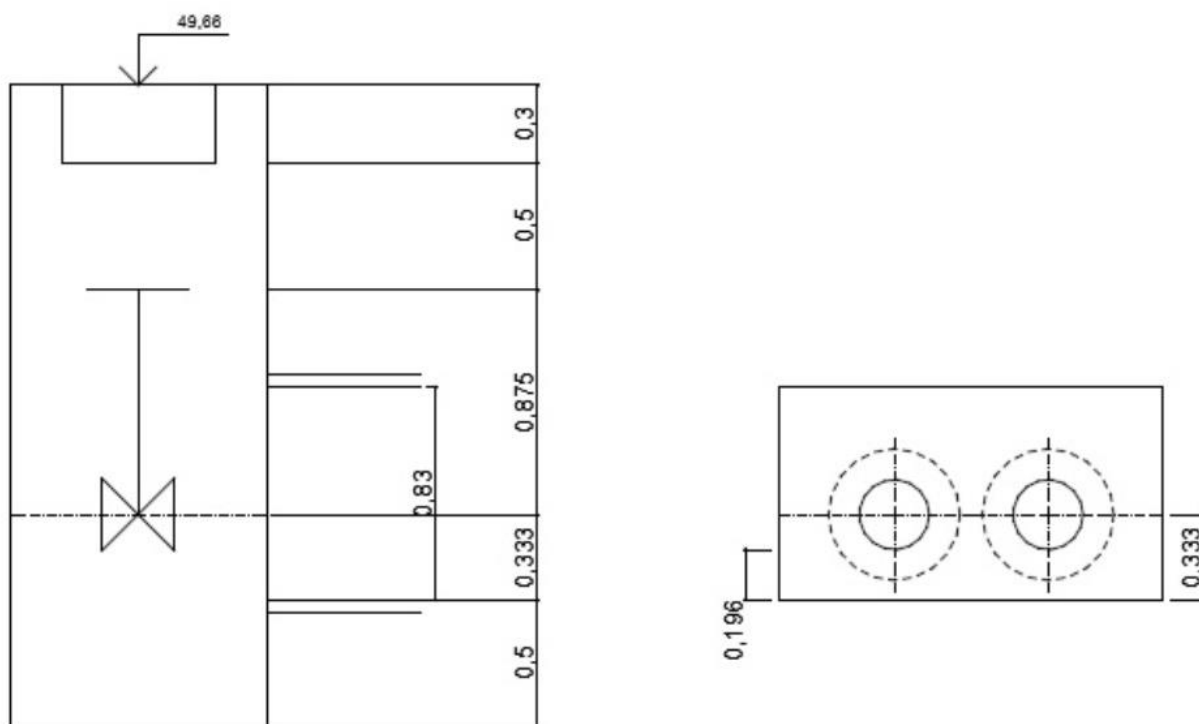


Рисунок 6 – Размеры камеры ТК 1

Таблица 8 – Расчет размеров тепловых камер

	ТК1	ТК2	ТК3	ТК4	ТК 5	ТК 11	ТК 12	ТК 13	ТК 14	ТК 15
Диаметр трубопровода, d_n	0,273	0,194	0,152	0,133	0,108	0,194	0,159	0,159	0,133	0,108
Диаметр условный, d_y	0,25	0,175	0,15	0,125	0,1	0,175	0,15	0,15	0,125	0,1
Высота задвижки, l	0,875	0,768	0,66	0,61	0,56	0,768	0,66	0,66	0,61	0,56
Расстояние от поверхности земли до верха перекрытия камеры, a	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Расстояние от перекрытия камеры до маховика задвижки, b	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Расстояние от низа трубы до пола канала, h	0,196	0,196	0,196	0,196	0,196	0,196	0,196	0,196	0,196	0,196
Высота канала, H	0,83	0,83	0,46	0,46	0,46	0,83	0,46	0,46	0,46	0,46
Расстояние от оси теплопровода до пола канала, c	0,333	0,293	0,272	0,263	0,250	0,293	0,276	0,276	0,263	0,250
Расстояние от пола канала до дна камеры, d	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Отметка земли	49,66	49,35	49,2	48,74	48,04	49,05	49,37	49,78	50	49,47
Отметка пола канала	47,653	47,489	47,468	47,068	46,430	47,189	47,635	48,045	48,328	47,860
Отметка потолка канала	48,483	48,319	47,928	47,528	46,890	48,019	48,095	48,505	48,788	48,320
Отметка дна камеры	47,153	46,989	46,968	46,568	45,930	46,689	47,135	47,545	47,828	47,360
Глубина заложения теплопровода	2,508	2,361	2,232	2,173	2,110	2,361	2,235	2,235	2,173	2,110
Длинна	60	33	71	84,7	22,2	21	41	57,9	92,6	–
Уклоны	0,003	0,012	0,006	0,008	0,016	0,004	0,005	0,005	0,005	–

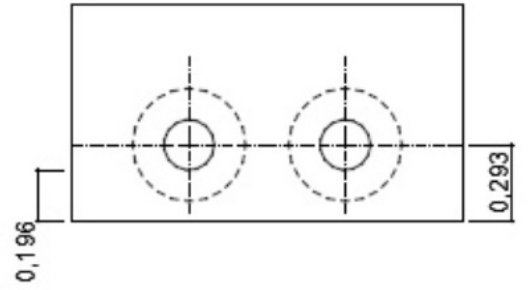
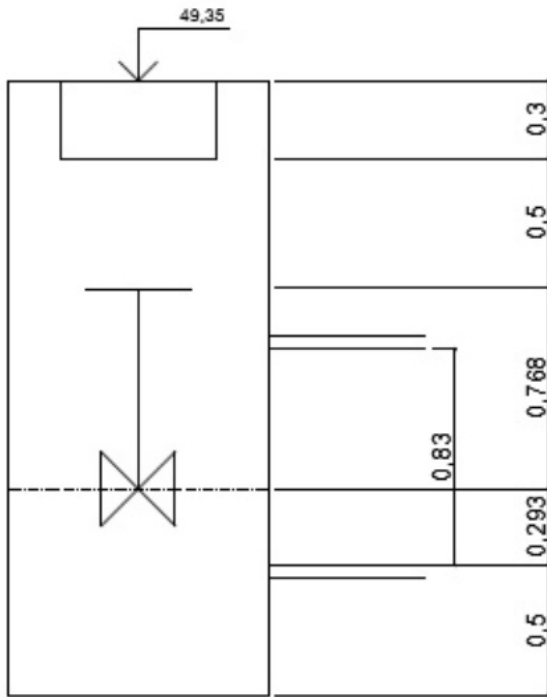


Рисунок 7 – Размеры камеры ТК 2

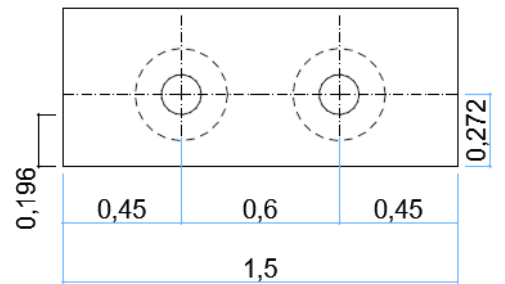
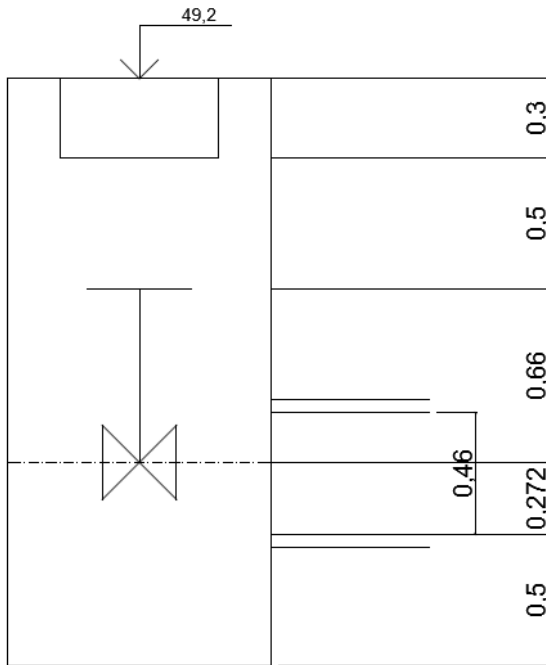


Рисунок 8 – Размеры камеры ТК 3

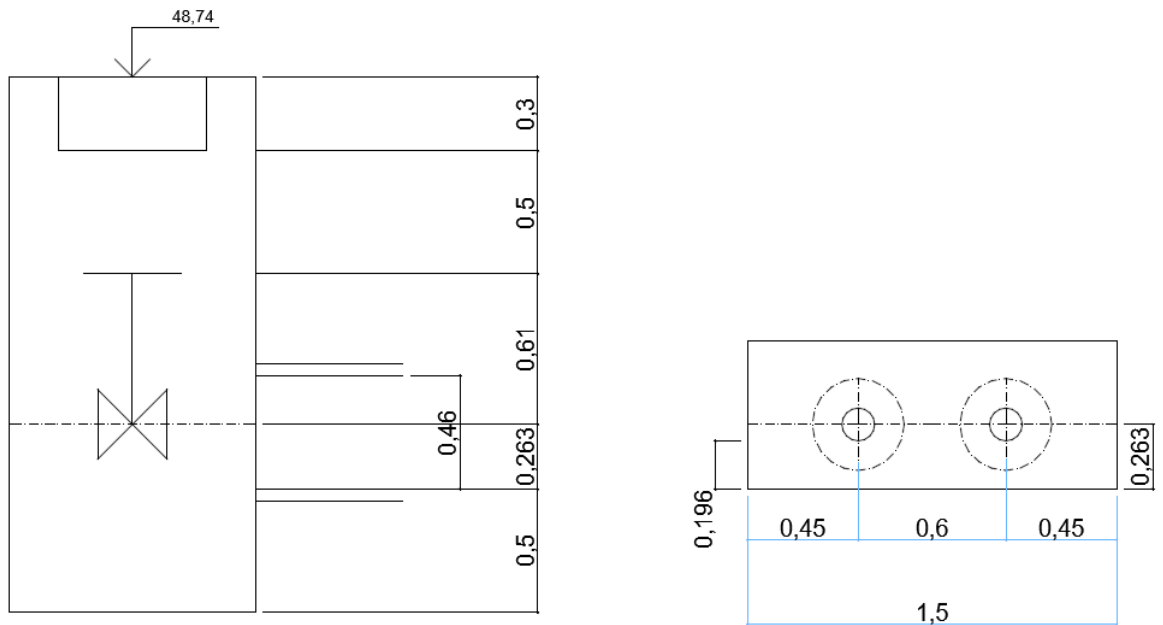


Рисунок 9 – Размеры камеры ТК 4

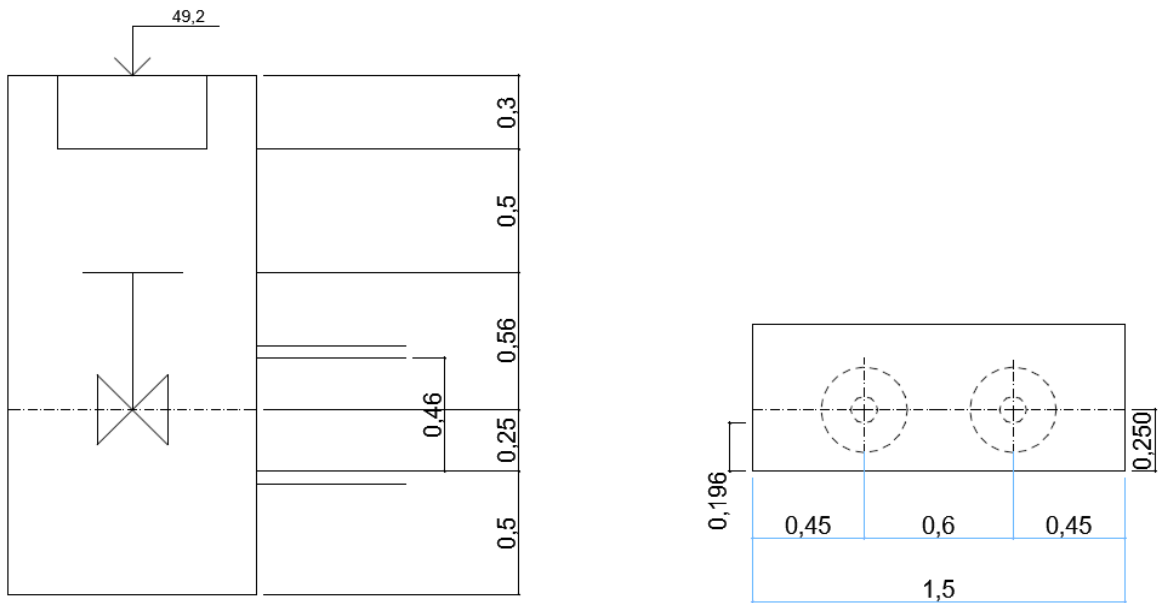


Рисунок 10 – Размеры камеры ТК 5

Вывод: Построен продольный профиль теплотрассы, рассчитаны глубины заложения тепловых камер и определены их размеры.

5 Тепловая изоляция трубопроводов

Цель расчета является определение эффективности тепловой изоляции, которая должна составлять не менее 92%

«Определение эффективности тепловой изоляции двухтрубной тепловой сети ведется согласно [9],[10],[14]. Изоляция рассчитана для трубопровода участка № 1 с $d_{нхS} = 273 \times 8$, в канале типа КЛс150–90. Коэффициент теплопроводности конструкции канала $\lambda_k = 2,04$ Вт/(м·°К)

Среднегодовая температура теплоносителя $\tau_1 = 81,41^\circ\text{C}$, $\tau_2 = 46,24^\circ\text{C}$
Грунты Новокуйбышевска с преобладанием чернозема. Температура грунта на глубине заложения $t_0 = 0,7$, глубина заложения канала $h = 2,008$ м.

Изоляция выполнена из минеральной ваты. Покровный слой из оцинкованного кровельного материала» [11].

Принимаем коэффициент теплоотдачи наружной поверхности покрытия из оцинкованной кровельной стали и внутренней поверхности канала $\lambda = 40$ Вт/(м·°К).

Размеры канала КЛс150–90:

Внутренние – 1,5x0,9 м

Наружные – 1,74x1,07 м

Определены наружный и внутренний эквивалентные диаметры канала по формуле:

$$d_{н.э} = \frac{4 \cdot F}{P}, \text{ м} \quad (40)$$

где F – площадь лотка канала, м

P – периметр лотка канала, м

$$d_{н.э} = \frac{4 \cdot 1,74 \cdot 1,07}{2 \cdot (1,74 + 1,07)} = 1,325 \text{ м}$$

$$d_{в.э} = \frac{4 \cdot F}{P}, \text{ м} \quad (41)$$

$$d_{в.э} = \frac{4 \cdot 1,5 \cdot 0,9}{2 \cdot (1,5 + 0,9)} = 1,125 \text{ м}$$

«Термическое сопротивление на внутренней поверхности канала:

$$R_{п.к} = \frac{1}{\pi \cdot d_{в.э} \cdot \lambda}, \text{ м} \quad (42)$$

$$R_{п.к} = \frac{1}{3,14 \cdot 1,125 \cdot 40} = 0,007 \text{ м}$$

Путем нахождения термического сопротивления стенок канала при использовании коэффициента теплопроводности конструкции принимаем $\lambda_k = 2,04 \text{ Вт}/(\text{ м} \cdot \text{°К})$, нахожу термическое сопротивление стенок канала:

$$R_k = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_k} \cdot \ln \frac{d_{н.э.}}{d_{в.э.}}, \text{ м} \cdot \text{°К} / \text{ Вт} \quad (43)$$

$$R_k = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,04} \cdot \ln \frac{1,325}{1,125} = 0,0128 \text{ м} \cdot \text{°К} / \text{ Вт}$$

Термическое сопротивление грунта при значении его коэффициента теплопроводности $\lambda_{гр} = 4 \text{ Вт}/(\text{ м} \cdot \text{°К})$:

$$R_{гр} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{гр}} \cdot \ln \frac{4 \cdot h}{d_{н.э.}}, \quad (44)$$

$$R_{гр} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 4} \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,008}{1,325} = 0,063 \text{ м} \cdot \text{°К} / \text{ Вт}$$

Общее термическое сопротивление канала грунта:

$$R_o = R_k + R_{п.к.} + R_{гр}, \text{ м} \cdot \text{°К} / \text{ Вт} \quad (45)$$

$$R_o = R_k + R_{п.к.} + R_{гр} = 0,007 + 0,0128 + 0,063 = 0,082 \text{ м} \cdot \text{°К} / \text{ Вт} \gg [14].$$

«Для каждой трубы термическое сопротивление основного слоя изоляции одинаково, так как диаметры подающего и обратного теплопровода одинаковы, изоляции для каждой трубы находим по формуле:

$$R_{и} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{и}} \cdot \ln \frac{d_{и}}{d_{и}}, \quad (46)$$

где $\lambda_{и}$ – коэффициент теплопроводности покровного слоя, Вт/(м·°С);

$d_{и}$ – наружный диаметр теплопровода с учетом слоя изоляции, $d_{и} = 0,392$ м» [2].

$$R_{ип} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0361} \cdot \ln \frac{0,273 + 0,23}{0,273} = 2,695 \text{ м} \cdot \text{°К} / \text{Вт}.$$

$$R_{ио} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,0335} \cdot \ln \frac{0,273 + 0,23}{0,273} = 2,908 \text{ м} \cdot \text{°К} / \text{Вт}.$$

«Термическое сопротивление покровного слоя для каждой трубы:

$$R_{пс} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{пс}} \cdot \ln \frac{d_{пс}}{d_{и}}, \quad (47)$$

где $\lambda_{пс}$ – коэффициент теплопроводности покрытие из оцинкованной кровельной стали, $\lambda_{пс} = 30$ Вт/(м·°К)

$d_{пс}$ – наружный диаметр теплопровода с учетом покровного слоя, $d_{пс} = 0,513$ м.

$$R_{пс} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 30} \cdot \ln \frac{0,513}{0,503} = 0,0001 \text{ м} \cdot \text{°К} / \text{Вт}.$$

Термическое сопротивление поверхности покрытие из оцинкованной кровельной стали для каждой трубы:

$$R_{п.п.} = \frac{1}{\pi \cdot d_{пс} \cdot \lambda}, \quad (48)$$

$$R_{п.п.} = \frac{1}{3,14 \cdot 0,513 \cdot 40} = 0,0155 \text{ м} \cdot \text{°К} / \text{Вт}.$$

Суммарное термическое сопротивление каждой трубы:

$$\Sigma R = R_{и} + R_{пс} + R_{п.п.}, \quad (49)$$

$$\Sigma R_{п} = 2,695 + 0,0001 + 0,0155 = 2,711 \text{ м} \cdot \text{°К} / \text{Вт} \gg [14].$$

$$\Sigma R_0 = 2,908 + 0,0001 + 0,0155 = 2,923 \text{ м} \cdot \text{°К} / \text{Вт}.$$

Температура воздуха в канале определяется по формуле:

$$t_{\text{к}} = \frac{\frac{\tau_1 + \tau_2 + t_0}{\Sigma R + \Sigma R + R_0}}{\frac{\tau_1 + \tau_2 + t_0}{\Sigma R + \Sigma R + R_0}}, \text{°С} \quad (50)$$

где τ_1, τ_2 – среднегодовые температуры теплоносителя в подающей и обратной магистрали.

$$t_{\text{к}} = \frac{\frac{81,41}{2,711} + \frac{46,24}{2,923} + \frac{0,7}{0,082}}{\frac{1}{2,711} + \frac{1}{2,923} + \frac{1}{0,082}} = 4,23 \text{ °С}.$$

Удельные теплотери изолированными подающими и обратными теплопроводами:

$$q_1 = \frac{\tau_1 - t_{\text{к}}}{\Sigma R}, \text{Вт/м} \quad (51)$$

$$q_1 = \frac{81,41 - 4,23}{2,711} = 28,47 \text{ Вт/м}$$

$$q_2 = \frac{\tau_2 - t_{\text{к}}}{\Sigma R}, \text{Вт/м} \quad (52)$$

$$q_2 = \frac{46,24 - 4,23}{2,923} = 14,37 \text{ Вт/м}$$

Суммарные удельные теплотери изолированных теплопроводов:

$$q^{\text{н}} = q_1 + q_2, \text{Вт/м} \quad (53)$$

$$q^{\text{н}} = 28,47 + 14,37 = 42,84 \text{ Вт/м}.$$

Термическое сопротивление на поверхности неизолированного теплопровода:

$$R_{\text{н}} = \frac{1}{\pi \cdot d_{\text{н}} \cdot \lambda}, \quad (54)$$

$$R_H = \frac{1}{3,14 \cdot 0,273 \cdot 40} = 0,0292 \text{ м} \cdot \text{°К} / \text{Вт}.$$

Температура воздуха в канале при неизолированных теплопроводах:

$$t_K^H = \frac{\frac{81,41}{0,0292} + \frac{46,24}{0,0292} + \frac{0,7}{0,082}}{\frac{1}{0,0292} + \frac{1}{0,0292} + \frac{1}{0,082}} = 54,34 \text{ °С}.$$

Удельные теплотери неизолированных подающего и обратного теплопроводов:

$$q_1^H = \frac{\tau_1 - t_K^H}{R_H}, \text{ Вт/м} \quad (55)$$

$$q_1^H = \frac{81,41 - 54,34}{0,0292} = 928,28 \text{ Вт/м}$$

$$q_2^H = \frac{\tau_2 - t_K^H}{R_H}, \text{ Вт/м} \quad (56)$$

$$q_2^H = \frac{46,24 - 54,34}{0,0292} = -277,61 \text{ Вт/м}$$

Суммарные теплотери неизолированных теплопроводов:

$$q^H = q_1^H + q_2^H, \text{ Вт/м} \quad (57)$$

$$q^H = 928,28 - 277,61 = 650,67 \text{ Вт/м}.$$

Эффективность тепловой изоляции:

$$\eta = \frac{q^H - q^И}{q^H} \cdot 100\%, \quad (58)$$

$$\eta = \frac{650,67 - 42,84}{650,67} \cdot 100\% = 93\%$$

Расчет эффективности изоляционной конструкции для ТК сведен в таблицу 9.

Таблица 9 – Расчёт эффективности изоляционной конструкции

Участ.	ТК 1	ТК 2	ТК 3	ТК 4	ТК 5	ТК 11	ТК 12	ТК 13	ТК 14	ТК 15
Каналы	КЛс150–90	КЛс150–90	КЛ90–45	КЛ90–45	КЛ90–45	КЛс150–90	КЛ90–45	КЛ90–45	КЛ90–45	КЛ90–45
d_H	0,273	0,194	0,152	0,133	0,108	0,194	0,159	0,159	0,133	0,108
$d_{в.э}$	1,125	1,125	0,6	0,6	0,6	1,125	0,600	0,600	0,600	0,600
$d_{н.э}$	1,325	1,325	0,80	0,80	0,80	1,325	0,800	0,800	0,800	0,800
$R_{п.к}$	0,007	0,007	0,013	0,013	0,013	0,007	0,013	0,013	0,013	0,013
R_k	0,0128	0,0128	0,0228	0,0228	0,0228	0,0128	0,0225	0,0225	0,0225	0,0225
$R_{гр}$	0,063	0,060	0,096	0,094	0,092	0,060	0,096	0,096	0,095	0,093
R_o	0,082	0,080	0,132	0,130	0,128	0,080	0,132	0,132	0,130	0,128
$R_{ип}$	2,695	3,448	4,064	4,428	5,032	3,448	3,946	3,946	4,428	5,032
$R_{ию}$	2,908	3,720	4,385	4,777	5,428	3,720	4,257	4,257	4,777	5,428
$R_{пс}$	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0002
$R_{п.п.}$	0,0155	0,0183	0,0203	0,0213	0,0229	0,0183	0,0200	0,0200	0,0213	0,0229
$\sum R_{п}$	2,711	3,467	4,085	4,450	5,055	3,467	3,966	3,966	4,450	5,055
$\sum R_o$	2,923	3,738	4,405	4,799	5,451	3,738	4,277	4,277	4,799	5,451
t_k	4,23	3,42	4,44	4,11	3,68	3,42	4,55	4,55	4,11	3,68
q_1	28,47	22,50	18,84	17,37	15,38	22,50	19,38	19,38	17,37	15,38
q_2	14,37	11,45	9,49	8,78	7,81	11,45	9,75	9,75	8,78	7,81
q^H	42,84	33,95	28,34	26,16	23,19	33,95	29,13	29,13	26,15	23,19
R_H	0,0292	0,0410	0,0524	0,0599	0,0737	0,0410	0,0501	0,0501	0,0599	0,0737
t_k^H	54,34	50,96	53,38	52,03	49,74	50,96	53,77	53,77	52,04	49,75
q_1^H	928,28	741,97	535,28	490,81	429,58	741,97	551,98	551,98	490,73	429,52
q_2^H	-277,61	-114,96	-136,13	-96,67	-47,47	-114,96	-150,35	-150,35	-96,75	-47,54
q^H	650,67	627,01	399,15	394,14	382,12	627,01	401,64	401,64	393,98	381,98
η	93	95	93	93	94	95	93	93	93	94

Вывод: Двухтрубная тепловая сеть была рассчитана с точки зрения тепловой изоляции, результаты показали, что эффективность составляет не менее 92%

6 Подбор сетевых насосов

«Требуемый напор сетевых насосов в зимний период:

$$H_H = H_{ПК} + H_C + H_{аб}, \text{ м} \quad (59)$$

где $H_{ПК}$ – потери напора в котельни

H_C – потери напора в подающих и обратных теплопроводах сети 50,6 м

$H_{аб}$ – требуемый напор у абонентов 25 м

$$H_H = 20 + 50,6 + 25 = 95,6 \text{ м}$$

Расход сетевой воды в зимний период $G_3 = 145,81$ т/ч, в летний период $G_L = 51,85$ т/ч.

По технической характеристике выбираем насосы СЭ 500–100 в количестве одной штуки.

Определяем характеристику сопротивления сети:

$$S = \frac{H_C}{G_3^2}, \text{ м} \cdot \text{ч}^2/\text{м}^6 \quad (60)$$

$$S = \frac{50,6}{145,81^2} = 2,38 \cdot 10^{-3} \text{ м} \cdot \text{ч}^2/\text{м}^6$$

Задаваясь различными значениями расхода теплоносителя в теплосети при $S = \text{const}$, находим величины напора в сети:

$$G = 150 \text{ т/ч}; H_C = 53,55 \text{ м}$$

$$G = 100 \text{ т/ч}; H_C = 23,8 \text{ м}$$

$$G = 50 \text{ т/ч}; H_C = 5,85 \text{ м}$$

По этим данным строим характеристику сети S .

Для нашей сети S устанавливаем два насоса: один будет работать, а второй будет запасным.

Определяем требуемый напор для сетевых насосов в летний период по формуле:

$$H_{НЛ} = H_H \cdot \left(\frac{G_L}{G_3}\right)^2, \text{ м} \quad (61)$$

$$H_{нл} = 95,6 \cdot \left(\frac{51,85}{145,81} \right)^2 = 12,09 \text{ м}$$

В данной сети устанавливаем два насоса 4Д200–90б, один из которых является резервным, с учетом выбора насоса на основе летнего расхода $G_{л} = 51,85 \text{ м}^3/\text{ч}$ и требуемого напору $H_{нл} = 12,09 \text{ м}$. Строим характеристику работы насоса в системе [20]».

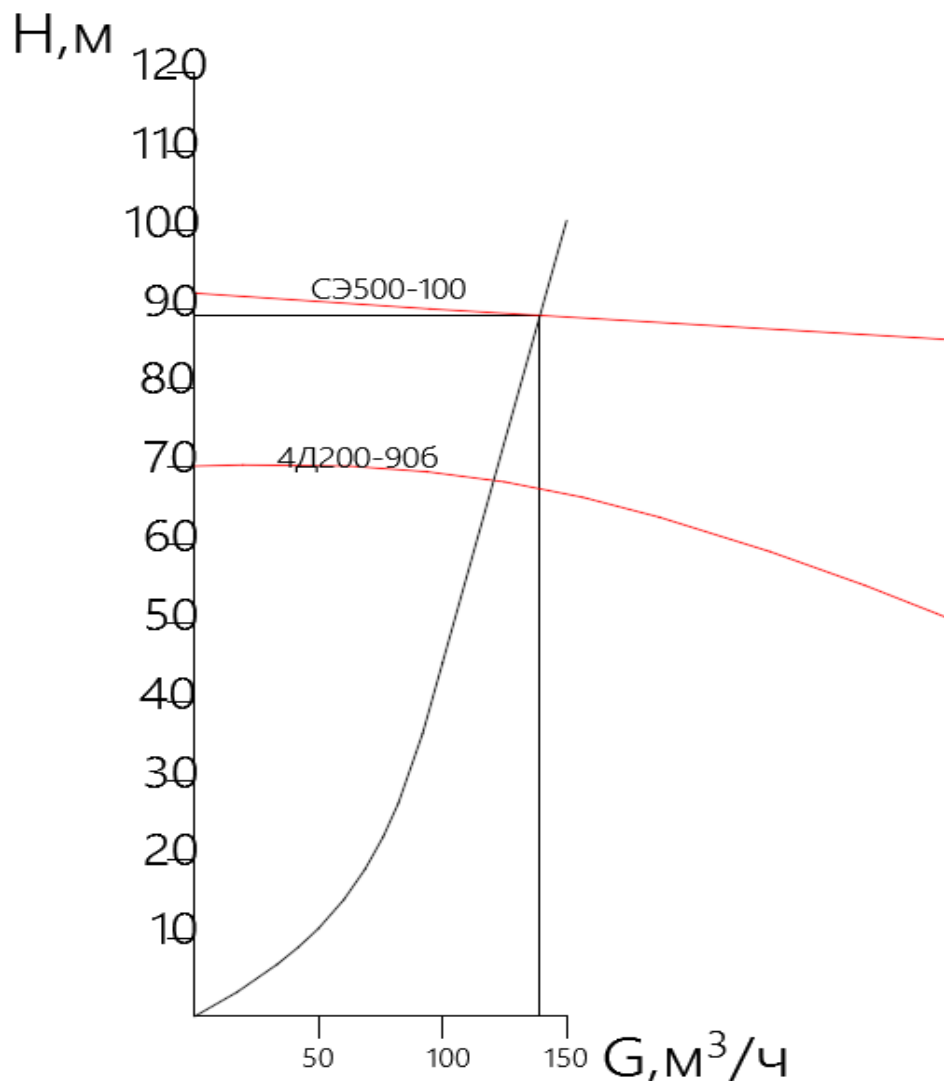


Рисунок 11 – Гидравлические характеристики сети и сетевого насоса

Вывод: Подобран сетевой насос 4Д200-90б по требуемому напору и расходу.

7 Механический расчет тепловых сетей

Для подсчёта напряжения в местах А и В на трубе диаметром 133х4 с радиусом $R=1,5$ и протяженностью $l=2,6$ м и вылетом $l_1 = 3,15$ м, при условии температуры носителя тепла $\tau=150$ °С, и колебания наружной температуры $t_{н.о} = -27$ °С, необходимо использовать данные о П-образном компенсаторе.

Коэффициент удлинения стали

$\alpha = 12 \cdot 10^{-6}$ 1/°С, модуль продольной упругости $E = 2 \cdot 10^5$ МПа

Линейное удлинение компенсируемого участка теплопровода:

$$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot (\tau - t_0), \text{ м} \quad (62)$$

$$\Delta l = 12 \cdot 10^{-6} \cdot 70(150 + 27) = 0,149 \text{ м}$$

При расчете теплового удлинения учитывается предварительная растяжка компенсатора:

$$\Delta l_p = \varepsilon \cdot \Delta l \quad (63)$$

$$\Delta l_p = 0,5 \cdot 0,149 = 0,0745 \text{ м}$$

Если:

$$n_1 = \frac{l_1}{l} \quad (64)$$

$$n_1 = \frac{2,6}{3,15} = 0,69$$

$$n_2 = \frac{L}{l} \quad (65)$$

$$n_2 = \frac{70}{3,15} = 22,2$$

То изгибающее напряжение в точке В определяется по формуле:

$$\sigma_B = \frac{\Delta l_p \cdot E \cdot d_H}{l^2} \cdot \frac{1,5}{3 \cdot n_1 + 2 - \frac{n_1 + 1}{n_2 - n_1 + 1}}, \text{ МПа} \quad (66)$$

$$\sigma_B = \frac{0,0745 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,133}{3,15^2} \cdot \frac{1,5}{3 \cdot 0,69 + 2 - \frac{0,69 + 1}{22,2 - 0,69 + 1}} = 75 \text{ МПа}$$

$$\sigma_A = \frac{\Delta l_p \cdot E \cdot d_H}{l^2} \cdot \frac{1,5}{\frac{(3 \cdot n_1 + 2) \cdot (n_2 - n_1 + 1)}{n_1 + 1}}, \text{ МПа} \quad (67)$$

$$\sigma_A = \frac{0,0745 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 0,194}{3,15^2} \cdot \frac{1,5}{\frac{(3 \cdot 0,69 + 2) \cdot (22,2 - 0,69 + 1)}{0,69 + 1}} = 8 \text{ МПа}$$

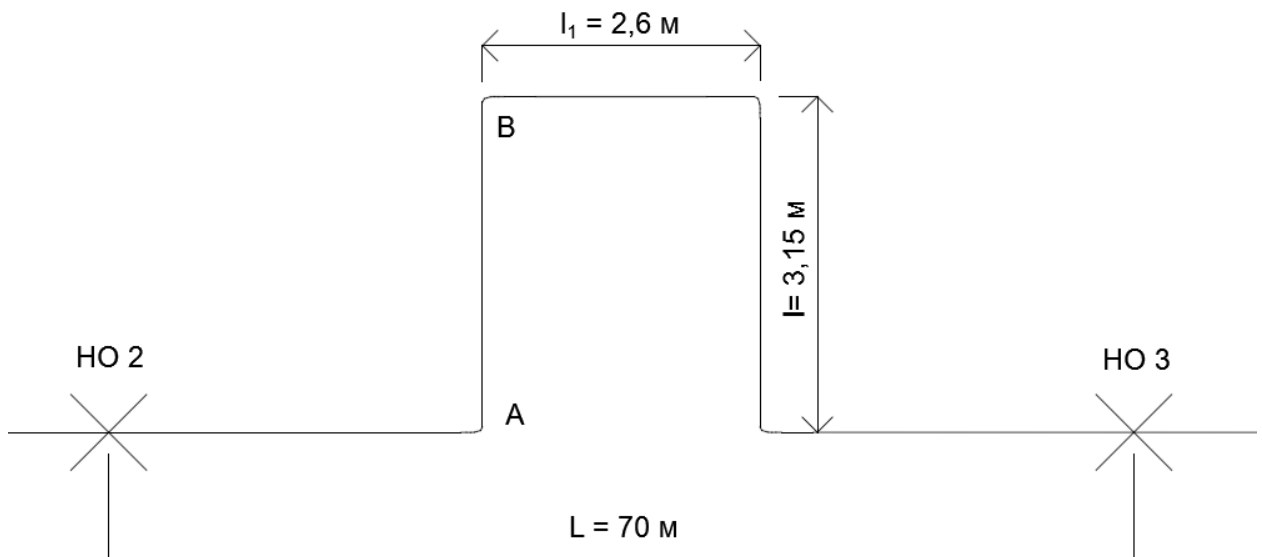


Рисунок 12 – Участок трассы между опорами НО 2 и НО 3

Вывод: Определено напряжение в точках А и В для П-образного компенсатора, где допустимое напряжение меньше $\sigma^{\text{доп}} = 80 \text{ МПа}$

8 Автоматизация ИТП

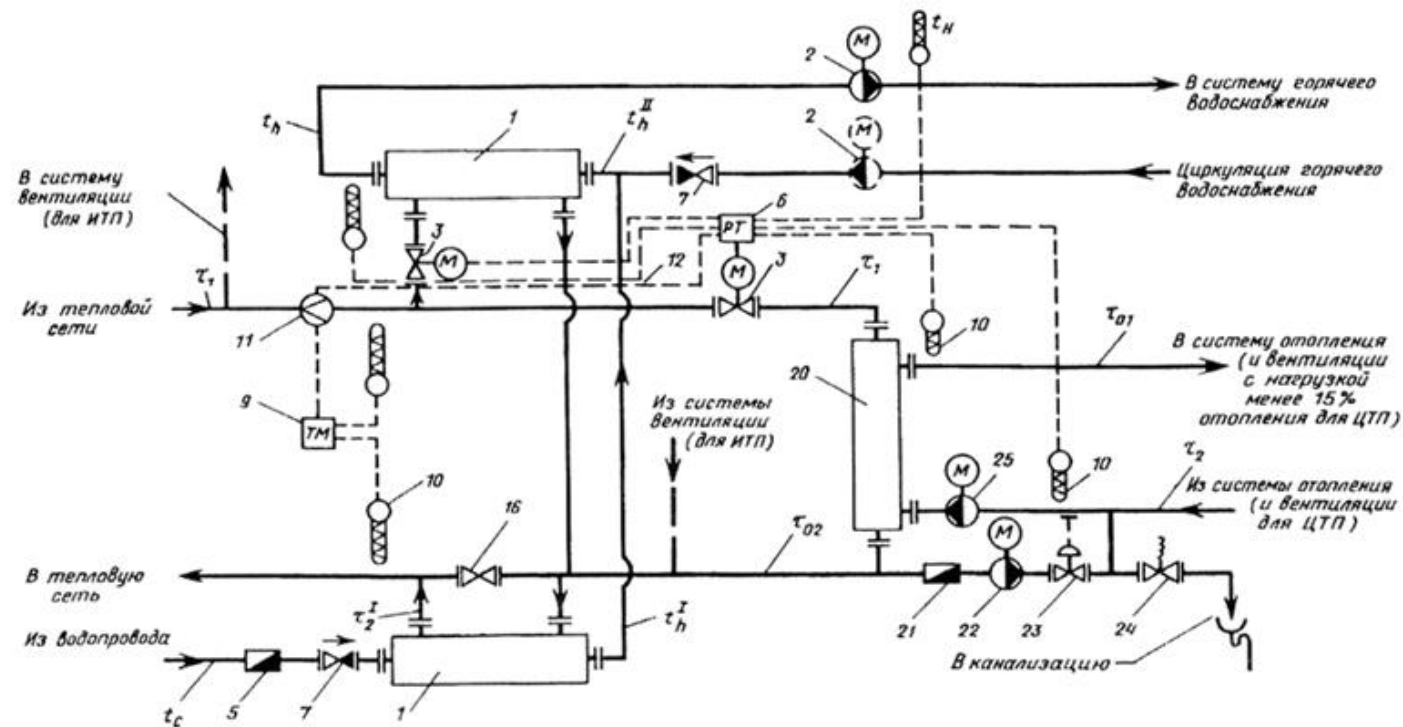
Система организации горячего водоснабжения, использующая двухступенчатую схему присоединения водоподогревателей, направляет тепловые энергетические ресурсы по двум отдельным каналам для обеспечения потребностей в горячей воде.

В такой схеме каждый из двух каналов служит для подачи тепловой энергии в разные подсистемы – один канал предназначен для обеспечения теплой водой отопительной системы (ЦТП – центральное тепловое пункт), второй – для обогрева воды в водоподогревателях, которая используется для горячего водоснабжения (ИТП – индивидуальные тепловые пункты) (Рисунок 13).

Такая схема обеспечивает независимость систем отопления и горячего водоснабжения друг от друга, что улучшает общую надежность и эффективность работы теплоснабжения.

Двухступенчатая схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения является эффективным и современным решением для жилых и общественных зданий, а также для жилых микрорайонов, где требуется надежное и комфортное горячее водоснабжение.

Вывод: Подобрана двухступенчатая схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения для жилых и общественных зданий и жилых микрорайонов с независимым присоединением систем отопления в ЦТП и ИТП.



1 – Водоподогреватель горячего водоснабжения; 2 – Повысительно– циркуляционный насос горячего водоснабжения(пунктиром – циркуляционный насос); 3 – регулирующий клапан с электроприводом; 4 – регулятор перепада давлений(прямого действия); 5 – водомер для холодной воды; 6 – регулятор подачи теплоты на отопление, горячее водоснабжение и ограничения максимального расхода сетевой воды на ввод; 7 – обратный клапан; 8 – корректирующий подмешивающий насос; 9 – теплосчетчик; 10 – датчик температуры; 11 – датчик расхода воды; 12 – сигнал ограничения максимального расхода воды из тепловой сети на ввод; 13 – датчик давления воды в трубопроводе; 14 – регулятор ограничения максимального расхода воды на ввод (прямого действия); 14а – датчик расхода воды в виде сужающего устройства (камерная диафрагма); 15 – регулятор подачи теплоты на отопление; 16 – задвижка, нормально закрытая; 17 – регулятор подачи теплоты на горячее водоснабжение (прямого действия); 18 – сигнал включения насоса при закрытии клапана К–2; 19 – регулятор перепада давлений (электронный); 20 – водоподогреватель отопления; 21 – водомер горячеводный; 22 – подпиточный насос отопления; 23 – регулятор подпитки; 24 – предохранительный клапан; 25 – циркуляционный насос отопления»

Рисунок 13 – Двухступенчатая схема присоединения водоподогревателей горячего водоснабжения для жилых и общественных зданий и жилых микрорайонов с независимым присоединением систем отопления в ЦТП и ИТП

9 Организация строительного-монтажных работ

9.1 Определение объёмов работ

Общая протяженность проектируемой тепловой сети составляет 1216 м, монтаж выполняется в одну захватку, бригадой из 4 человек, состоящей из монтажников 2,3,4,5 разряда. Работа выполняется согласно типовой технологической карты на монтаж наружного теплоснабжения. Гидравлические испытания проводятся согласно [12]. Ведомость трудоемкости работ заполняется согласно ЕНиР [5], [6], [7].

В таблице 10 указаны наружные размеры лотков каналов, которые используются для расчета объемов земляных работ.

Таблица 10 – Типы, размеры, количество лотков каналов

Тип канала	Длина	Размеры наружные			Количество		
		Ширина	Высота	Длина	стандарт.	длина	доборные
	м	м	м	м	шт	м	шт
КЛс150–90	112	1,64	0,98	3	37	1	1
КЛ90–45	635	1,15	0,78	3	211	2	1
КЛ60–45	469	0,78	0,63	3	156	1	1

Для расчета длины захватки исключаются тепловые камеры и компенсаторные ниши. Определяется по формуле:

$$l = l_{\text{зах}} - l_{\text{кам}} - l_{\text{к}} \cdot n \quad (68)$$

где $l_{\text{кам}}$ – длина камеры, м;

$l_{\text{зах}}$ – длина захватки, м;

$l_{\text{к}}$ – длина компенсаторной ниши, м;

n – число компенсаторных ниш.

$$l = 1216 - (3 \cdot 15) - (7 \cdot 12,5 + 4 \cdot 6,4) = 1058 \text{ м.}$$

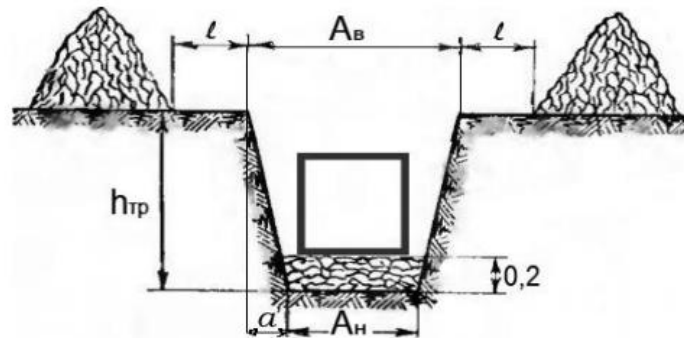


Рисунок 14 – Монтажное расположение канала КЛ 90–45 в траншее

«Средняя глубина траншеи на захватке определяется по формуле:

$$h_{\text{ср}} = \frac{\Sigma h}{n}, \text{ м} \quad (69)$$

где Σh – сумма всех глубин траншеи, м

n – число сечений, определяется по участкам, равна 0,5

$$h_{\text{ср}} = \frac{1,2 + 1,3 + 1,5}{3} = 1,33$$

Объем траншеи с откосами определяется по формуле, м³

$$V_{\text{тр}} = (h_{\text{тр}} \cdot (A_{\text{н}} + 0,2) + m \cdot h_{\text{тр}}^2) \cdot l \quad (70)$$

где m – коэффициент крутизны откосов траншей, при данном виде грунта и глубине выемки 1,5 м равен 0,5» [9].

«Ширина траншеи по верху определяется по формуле, м:

$$A_{\text{в}} = A_{\text{н}} + 0,2 + 2 \cdot a' \quad (71)$$

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

a' – определяется по формуле (72), м

$$a' = h_{\text{тр}} \cdot m \quad (72)$$

где $h_{\text{тр}}$ – глубина траншеи, с учетом наружной высота канала и подсыпки, равная 1,53 м.

$$a' = 1,53 \cdot 0,5 = 0,77 \text{ м}$$

$$A_{\text{в}} = 1,15 + 0,2 + 2 \cdot 0,77 = 2,88 \text{ м}$$

$$V_{\text{тр}} = (1,53 \cdot (1,15 + 0,2) + 0,5 \cdot 1,53^2) \cdot 1058 = 3424 \text{ м}^3$$

Определяются объемы котлованов для камер:

Длина дна котлована камеры определяется по формуле:

$$A_{\text{н}} = a_{\text{кам}} + 0,5 \quad (73)$$

Ширина дна котлована камеры определяется по формуле:

$$B_{\text{н}} = b_{\text{кам}} + 0,5 \quad (74)$$

Длина верха котлована камеры определяется по формуле:

$$A_{\text{в}} = A_{\text{н}} + 2 \cdot a' \quad (75)$$

Ширина верха котлована камеры определяется по формуле:

$$B_{\text{в}} = B_{\text{н}} + 2 \cdot b' \quad (76)$$

Площадь камеры по низу определяется по формуле:

$$F_{\text{н}} = A_{\text{н}} \cdot B_{\text{н}} \quad (77)$$

Площадь камеры по верху определяется по формуле:

$$F_{\text{в}} = A_{\text{в}} \cdot B_{\text{в}} \quad (78)$$

Объем котлована камеры определяется по формуле:

$$V_{\text{кот}} = \frac{1}{3} H_{\text{к}} (F_{\text{в}} + F_{\text{н}} + \sqrt{F_{\text{в}} + F_{\text{н}}}) \quad (79)$$

где $H_{\text{к}}$ – глубина заложения камеры, определяется по формуле, м:

$$H_{\text{к}} = h + h_{\text{кам}}^{\text{нар}} + 0,2 \quad (80)$$

где $h = 0,5 \text{ м}$ [9].

В районе, где находится заложение всех 15 тепловых камер, рельеф местности практически не меняется, сохраняя небольшие перепады высот от 2,1 до 2,5 метров. Размеры камер одинаковы и составляют 3 на 3 метра.

$$A_{\text{н}} = 3,2 + 0,5 = 3,7 \text{ м}$$

$$B_{\text{н}} = 3,2 + 0,5 = 3,7 \text{ м}$$

$$A_{\text{в}} = 3,7 + 2 \cdot 0,5 \cdot 0,77 = 5,24 \text{ м}$$

$$A_{\text{б}} = 3,7 + 2 \cdot 0,5 \cdot 0,77 = 5,24 \text{ м}$$

$$F_{\text{н}} = 3,7 + 3,7 = 13,69 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{в}} = 5,24 \cdot 5,24 = 27,46 \text{ м}^2$$

$$V_{\text{кот}} = \frac{1}{3} \cdot 2,4 \cdot (27,46 + 13,69 + \sqrt{27,46 + 13,69}) = 38,1 \text{ м}^3$$

Расчет объема 572 м³ производится для 15 котлованов в компенсаторных нишах. Формула определяет объем компенсаторной ниши, м³:

$$V_{\text{к.н}} = (H_{\text{тр}} \cdot A_{\text{н}+0,2} + m \cdot h_{\text{тр}}^2) l_{\text{усл}} \cdot n \quad (81)$$

где $l_{\text{усл}}$ – условная длина П-образного компенсатора, зависящая от диаметра трубы, равная 4,5 м.

n – число компенсаторов, шт

$$V_{\text{к.н}}^1 = (1,3 \cdot 1,35 + 0,5 \cdot 1,53^2) \cdot 4,5 \cdot 4 = 52,66 \text{ м}^3$$

$$V_{\text{к.н}}^2 = (1,5 \cdot 1,84 + 0,5 \cdot 1,53^2) \cdot 6 \cdot 7 = 165,08 \text{ м}^3$$

Суммарный объем компенсаторных ниш составляет 217,74 м³

$$V_{\text{кол}} = \frac{3,14 \cdot 1,7^2}{4} \cdot 2 = 4,54 \text{ м}^3$$

Суммарный объем дренажных колодцев составляет 4,54

Определяются объемы существующих коммуникаций:

$$\begin{aligned} V'_{1\text{кан}} &= (0,78 \cdot 0,63) \cdot 469 = 230,5 \text{ м}^3 \\ V'_{2\text{кан}} &= (1,15 \cdot 0,78) \cdot 635 = 569,6 \text{ м}^3 \\ V'_{3\text{кан}} &= (1,64 \cdot 0,98) \cdot 112 = 180 \text{ м}^3 \\ V'_{1\text{кам}} &= (3,2 \cdot 3,2 \cdot 2,4) \cdot 15 = 368,6 \text{ м}^3 \\ V'_{1\text{комп}} &= (0,78 \cdot 0,63) \cdot 14 = 6,88 \text{ м}^3 \\ V'_{2\text{комп}} &= (1,15 \cdot 0,78) \cdot 4 = 3,59 \text{ м}^3 \\ V'_{3\text{комп}} &= (1,64 \cdot 0,98) \cdot 1 = 1,6 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

Объем обратной засыпки определяется по формуле:

$$V_{\text{обр}}^{\text{зас}} = (V_0 - V_{\text{к}}) \cdot K_p \quad (82)$$

где V_0 – объем отвала, определяется по формуле, м^3 :

$$V_0 = V_{\text{тр}} + V_{\text{кол}} + V_{\text{коом}} \quad (83)$$

Объем избыточного грунта определяется по формуле, м^3 :

$$V_{\text{изб}} = V_0 \cdot K_p - V_{\text{обр}}^{\text{зас}} \quad (84)$$

где K_p – коэффициент разрыхления грунта равный 1,24

$$\begin{aligned} V_0 &= 3424 + 572 + 217,74 + 4,54 = 4218 \text{ м}^3 \\ V_{\text{обр}}^{\text{зас}} &= (4218 - 1360,77) \cdot 1,24 = 3543 \text{ м}^3 \\ V_{\text{изб}} &= 4218 \cdot 1,24 - 3543 = 1687,32 \text{ м}^3 \end{aligned}$$

Площадь планировки определяется по формуле, м^2 :

$$F_{\text{пл}} = (A_{\text{ср}} + 4)l_{\text{зах}} \quad (85)$$

где $l_{\text{зах}}$ – длина захватки

$A_{\text{ср}}$ – средняя длина конструкции, определяется по формуле, м

$$A_{\text{ср}} = \frac{A_{\text{в}}^{\text{тр}} + A_{\text{в}}^{\text{котл}}}{2} \quad (86)$$

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

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

1 захватка:

$$A_{\text{ср}} = \frac{5,24+1,27}{2} = 3,25 \text{ м}$$

$$F_{\text{пл}} = (3,25 + 4) \cdot 1216 = 8816 \text{ м}^2$$

Для расчета площади восстановления дорожного полотна используется специальная формула, которая учитывает различные параметры, м²:

$$F_{\text{д}} = (A_{\text{в}}^{\text{тр}} + 0.2) \cdot l_{\text{дор}} \cdot n \quad (87)$$

где $l_{\text{дор}}$ – длина дорожного покрытия, равная 17 м

n – количество транспортных коммуникаций, шт.

$$F_{\text{д}} = (5,24 + 0,2) \cdot 17 \cdot 3 = 277,44 \text{ м}^2$$

Результаты расчетов сводятся в таблицу 11

Таблица 11 – Ведомость земляных работ

№ захватки	Общий V_0 , м ³	Объем конструкций, $V_{\text{к}}$, м ³	Объем обратной засыпки, $V_{\text{обр}}$, м ³	Объем избыточного грунта, $V_{\text{изб}}$, м ³	Площадь планировки, $F_{\text{пл}}$, м ²	Площадь вскрытия и восстановления дорожного покр., $F_{\text{дор}}$, м ²
1	4218	1360,77	3543	1687,32	8816	277,44

9.2 Определение трудоемкости строительных и монтажных работ

«Расчет трудоемкости СМР производится согласно [1], [15], [2] по ранее подсчитанным объемам работ.

Трудоемкость работ определяется по формуле, чел–дн, маш–см:

$$T_{\text{р}} = \frac{H_{\text{вр}} \cdot V}{8,2} \quad (88)$$

где $H_{\text{вр}}$ – норма времени на единицу объема работ, чел–час, маш–час.

V – объем работ, т, шт, м, м², м³;

8,2 – продолжительность смены в часах.

Кроме определения трудоемкости основных строительно–монтажных работ, необходимо учесть затраты труда на необъемные работы, выполненные за счет накладных расходов, а также на подготовительные работы, размеры которых принимаются в процентах от суммарной трудоемкости основных работ» [2]. Ведомость трудоемкости работ (приложение 1) предполагает фиксацию результатов вычислений.

Вывод: Были проанализированы объемы производства и трудозатраты для строительства и монтажа, результаты которого позволят оценить объем работ.

10 Безопасность и экологичность технического объекта

10.1 Технологическая характеристика объекта

«Проектом разрабатывается монтаж системы теплоснабжения. Участок территории, на которой осуществляется трудовая деятельность рабочего или бригады, выполняющих строительный процесс, оснащенная необходимыми средствами и предметами труда, называется рабочим местом. При монтаже системы теплоснабжения рабочими местами считаются все участки, где на данном этапе производится монтаж этой системы.

В таком процессе значительный объем занимают такелажные работы – доставка, строповка, подъем, ориентирование, установка и крепление оборудования системы теплоснабжения.

Вредный производственный фактор – это такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности.

Опасный производственный фактор – это такой производственный фактор, который при нарушении правил безопасности работ работающим, в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья» [1].

Таблица 12 – Технологический паспорт объекта.

«Технологический процесс	Технологическая операция, вид выполняемых работ	Наименование должности работника, выполняющего технологический процесс, операцию	Оборудование устройство, приспособление	Материалы, вещества
Земляные работы	Рытье траншей	Механизатор, рабочий	Экскаватор, лопата штыковая, лопата совковая, лом	Грунт» [1].

Продолжение таблицы 12

«Подвозка железобетонных лотков и выгрузка их, на место установки	Заготовительные работы	Водитель, стропальщик	Грузовой автомобиль, автокран, чалочные приспособления	ЖБ конструкции
Подготовительные работы	Обмазка лотков, снаружи, горячим битумом	Рабочий	Печь для разогрева битума, кисть для обмазки	Битум
Монтажно-сварочные работы	Установка и соединение железобетонных лотков	Монтажник ЖБК	Автокран, чалочные приспособления	ЖБ конструкции
Подвозка оборудования системы теплоснабжения и выгрузка их, на место установки	Заготовительные работы	Водитель, стропальщик	Грузовой автомобиль, автокран	Трубопроводов и его элементы
Монтажно-сварочные работы	Монтажные работы, электросварка	Стропальщик, слесарь-монтажник, электросварщик	Автокран, чалочные приспособления, аппарат электросварочный	Трубопровод и его элементы
Монтажно-сборочные работы	Закрытие железобетонных лотков плитами	Монтажник ЖБК	Автокран, чалочные приспособления	ЖБ конструкции
Подготовительные работы	Обмазка лотков, снаружи, горячим битумом и герметизация стыков цементно-песчаным раствором	Рабочий	Печь для разогрева битума, кисть для обмазки. Грузовой автомобиль для доставки цементно-песчаного раствора	Битум, цементно-песчаный раствор
Земляные работы	Засыпка траншей	Механизатор, рабочий	Экскаватор или бульдозер, лопата штыковая, лопата совковая	Грунт» [1].

10.2 Идентификация профессиональных рисков

Таблица 13 – Идентификация профессиональных рисков

«Технологическая операция, вид выполняемых работ	Опасный и вредный производственный фактор	Источник опасного и вредного производственного фактора
Земляные работы	Движущиеся механизмы, опасность обрушения грунта	Экскаватор, траншея
Погрузочно-разгрузочные работы	Опасность, ущемления грузом рабочего	Автокран, грузовой автомобиль
Подготовительные работы	Работа с горячими и горючими веществами	Печь для разогрева битума
Выполнение электросварочных работ	Опасность поражения электротоком	Аппарат электросварочный
Все строительно-монтажные работы	Повышенная запылённость, шум, недостаточная освещённость	Все механизмы» [1].

10.3 Методы и средства снижения профессиональных рисков

Таблица 14 – Методы и средства снижения воздействия опасных и производственных факторов

«Опасный и вредный производственный фактор	Методы и средства защиты, снижения, устранения опасного и вредного производственного фактора	Средства индивидуальной защиты работника
Движущиеся механизмы, опасность обрушения грунта	Соблюдение правил техники безопасности, при работе с движущимися механизмами, при разработке грунта. Быть внимательным	Каска, спецодежда, спецобувь, рукавицы
Работа с горячими и горючими веществами	Соблюдение правил пожарной безопасности, использование СИЗ, иметь средства пожаротушения	Спецодежда, спец-обувь, рукавицы. Огнетушитель, кошма, запас воды
Опасность поражения электротоком	Ограничение доступа посторонних к электроаппаратуре, обеспечение надежного заземления электроаппаратуры, использование СИЗ	Спецодежда, спец-обувь, рукавицы, очки или щиток с затемненными стеклами для защиты зрения
Повышенная запыленность, шум недостаточная освещенность	Использование СИЗ, использование искусственного освещения	Спецодежда, спец-обувь, рукавицы, очки для защиты зрения, наушники или беруши, применение искусственного освещения» [1].

Таблица 15 – Мероприятия по обеспечению пожарной безопасности

Наименование технологического процесса, вид объекта	Наименование видов работ	Требования по обеспечению пожарной безопасности
Монтаж	Монтаж труб	Работать в специально отведенном месте, выполнение требований пожарной безопасности

10.4 Обеспечение экологической безопасности технического объекта

Таблица 16 – Идентификация экологических факторов

Наименование технического объекта, технологического процесса	Структурные составляющие технического объекта, технологического процесса	Воздействие объекта на атмосферу	Воздействие объекта на гидросферу	Воздействие объекта на литосферу
Котельная	Монтаж	Не предусмотрено	Не предусмотрено	Не предусмотрено

Таблица 17 – Мероприятия по снижению антропогенного воздействия на окружающую среду

Наименование технического объекта	Монтаж инженерных систем
Мероприятия по снижению антропогенного воздействия на атмосферу	Мусорные отходы
Мероприятия по снижению антропогенного воздействия на гидросферу	Не предусмотрено
Мероприятия по снижению антропогенного воздействия на литосферу	Не предусмотрено

10.5 Обеспечение пожарной безопасности технического объекта

Таблица 18 – Идентификация классов и опасных факторов пожара

«Участок, подразделение	Оборудование	Класс пожара	Опасный факторы пожара	Сопутствующие проявления факторов пожара
Котельная	котел	Класс D	Повышенная температура окружающей среды	При возникновении пожара, уже в самой его начальной стадии, человеку угрожает опасность в результате того, что пожар сопровождается выделением теплоты, продуктов полного и неполного сгорания, токсических веществ, обрушением конструкций, что, так или иначе, угрожает здоровью и даже жизни человека. Поэтому при проектировании здания принимаем меры, чтобы процесс эвакуации мог бы завершиться в необходимое время и безопасно. Обеспечение безопасности движения людей связано с проектированием эвакуационных выходов и путей, отвечающих установленным требованиям» [11].

Таблица 19 – Средства обеспечения пожарной безопасности

«Первичные средства пожаротушения	Мобильные средства пожаротушения	Установки пожаротушения	Средства пожарной автоматики	Пожарное оборудование	Средства индивидуальной защиты и спасения людей при пожаре	Пожарный инструмент	Пожарная сигнализация, связь с оповещением.
Огнетушитель, песок, вода	Пожарные автомобили, механическая лопата	Пожарные гидранты	Дренчер	Огнетушители, пожарный водопровод, насос	Защита органов дыхания, пути эвакуации	Лом, топор, ведро, клещи, лопата, багор	01 или с сот.112» [1]

Вывод: Безопасность и экологичность технических объектов являются важными аспектами, которые необходимо учитывать при проектировании, строительстве и эксплуатации любых инженерных сооружений. Обеспечение безопасности означает защиту людей, собственности и окружающей среды от аварийных ситуаций и вредного воздействия технических объектов. Экологичность, в свою очередь, предполагает минимизацию негативного воздействия на окружающую природную среду.

Для обеспечения безопасности технического объекта необходимо проводить комплекс мероприятий, включающих технические, организационные и профилактические меры. Это может включать в себя регулярные проверки и обслуживание оборудования, обучение персонала, разработку планов эвакуации и мер по предотвращению чрезвычайных ситуаций.

Заключение

В заключении своей выпускной квалификационной работы на тему "Теплоснабжение района города" можно подчеркнуть следующие основные результаты и рекомендации.

Проектом разработано теплоснабжение микрорайона города Новокуйбышевск. Были определены тепловые нагрузки и регулирование отпуска тепла, расчет системы теплоснабжения, построение пьезометрического графика и продольного профиля тепловой сети, подобрана тепловая изоляция трубопроводов, подбор сетевых насосов, механический расчет тепловых сетей, а также автоматизация ИТП, организация строительно-монтажных работ, безопасность и экологичность технического объекта. На основе полученных данных были выработаны рекомендации по оптимизации системы теплоснабжения, в том числе внедрение энергосберегающих технологий, модернизация оборудования, улучшение качества обслуживания потребителей.

Выпускная квалификационная работа позволила установить, что современные требования к устойчивому и эффективному теплоснабжению требуют комплексного подхода, который включает в себя не только технические и организационные аспекты, но и учет социальных и экологических аспектов.

Наконец, проведенный проект подтвердил важность создания устойчивой и надежной системы теплоснабжения района города, которая обеспечивала бы комфорт и безопасность жителей, при этом учитывая экономическую и экологическую составляющие. Внедрение предложенных рекомендаций позволит совершенствовать систему теплоснабжения и повысить ее эффективность, что в итоге приведет к повышению качества жизни городского населения.

Список используемых источников

1. Андреев С.В., Ефимова О.С. Охрана труда. – М.:Альфа-Пресс,2003.–288с
2. Белецкий Б.Ф. Технология прокладки трубопроводов и коллекторов различного назначения. – М.: Стройиздат, 1992.–336 с.
3. Громов Н. К. Городские теплофикационные системы [Текст] / Н. К. Громов – М. : Энергия, 1974. – 253 с.
4. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно–строительные работы. Сборник Е9. Сооружение систем теплоснабжения, водоснабжения, газоснабжения и канализации. Выпуск 2 наружные сети и сооружения.
5. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно–строительные работы. Сборник Е22. Сварочные работы. Выпуск 2 трубопроводы.
6. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно–строительные работы. Сборник Е2. Земляные работы. Выпуск 1 механизированные и ручные земляные работы
7. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно–строительные работы. Сборник Е11. Изоляционные работы.
8. Ионин А. А. Теплоснабжение [Текст] / А. А. Ионов, Б. М. Хлыбов, В. Н. Братенков и др. – М. : Стройиздат, 1982. – 360 с.
9. Козин В. Е. Теплоснабжение [Текст] / В. Е. Ионин, Т. А. Левина, А. П. Марков и др. – М. : Высшая школа, 1980. – 408 с.
10. СНиП 2.04.14–88. Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов / Госстрой России. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1988. – 28 с.
11. СП 124.13330.2012 – Тепловые сети. Актуализированная редакция СНиП 41–02–2004 / Госстрой СССР – М. : ЦНТП, 2013.

12. СП 129.13330.2019. Свод правил. Наружные сети и сооружения водоснабжения и канализации. Актуализированная редакция СНиП 3.05.04–85*
13. СП 131.13330.2020 Строительная климатология
14. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41–03–2003 / Госстрой России – М. : ГУП ЦПП, 2003.
15. Справочник мастера строителя / П. Котов, А.П, Новак и др.; Под ред. Д.В. Коротеева.–2–е изд., перераб. и доп.– М.: Стройиздат, 1989.
16. Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных сетей. – М.: Энергоатомиздат, 1986, - 319 с.
17. Пырков В. В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование. – К.: И ДП «Такі справи», 2007.– 252 с.
18. Приложение к методическим указаниям по выполнению курсовой работы. Строительство систем теплоснабжения. Тепловые сети. Тольятти, 1988. (С-30).
19. Расчет трубопроводов на прочность. Справочная книга. Камерштейн А.Г., Рождественский В.В., Ручиминский Н.Н. Изд. 2, перераб. и доп. М., изд-во «Недра», 1989. – 440с., ил.
20. Справочник по наладке и эксплуатации водяных тепловых сетей // Под ред. Манюка В.И., Каплинского Я.И – М.: Стройиздат, 1982. – 215 с.

Приложение А
Ведомость трудоемкости работ

Таблица А.1 – Ведомость трудоемкости работ

Наименование работ	Ед. изм.	ЕНиР	Норма времени		Трудоемкость		
			чел.ч	маш.ч	объем работ	чел–дн	маш–см
1	2	3	4	5	6	7	8
1.Отрывка траншей и котлованов экскаватором:	100м ³	Е9–2–10					
с погрузкой на транспорт			3,6	3,6	35,43	15,55	6,83
на вымет			2,9	2,9	16,8732	5,97	2,62
Состав бригады: машинист бр–2							
2.Устройство песчаного основания	1м ³	Е9–2–32	0,9		803	88,13	
Состав бригады: монтажник наружных трубопроводов 5р–1, 4р–2, 3р–2, 2р–1							
3.Монтаж ж/б лотков каналов	1м	Е9–2–25	0,55		948	63,59	

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Состав бригады: монтажник наружных трубопроводов 5р-1, 4р-2, 3р-2, 2р-1							
4.Устройство днищ камер и дрен.колодцы	1шт	Е9-2- 28	3		15	5,49	
Состав бригады: монтажник наружных трубопроводов 5р-1, 4р-2, 3р-2							
5.Устройство стен камер	1м ³	Е9-2- 28	3		5,6	2,06	
Состав бригады: каменщики 4р-1, 2р-1							
6.Сборка труб в секции на бровке траншей		Е9-2-1					
Ø 273x8			0,05		44	0,268	
Ø 194x6			0,04		180	0,878	
Ø 159x4,5			0,03		124	0,454	
Ø 152x4,5			0,03		66	0,241	
Ø 133x4			0,03		598	2,187	
Ø 108x4			0,02		484	1,18	
Ø 89x3,5			0,02		274	0,668	

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Ø 76x3,5			0,02		470	1,146	
Ø 57x3,5			0,01		192	0,234	
Состав бригады: монтажник наружных трубопроводов 5р-1, 4р-2, 3р-2							
7.Поворотная сварка труб	1стык	Е22-2-2					
Ø 273x8			0,91		4	0,0127	
Ø 108x4			0,26		4	0,0049	
Ø 89x3,5			0,182		2	0,0022	
Ø 76x3,5			0,118		30	0,0434	
Ø 57x3,5			0,1		32	0,0392	
Состав бригады: электросварщик 5р-1							
8.Устройство неподвижных опор	1шт	Е9-2-18					
Ø 273x8			0,21		1	0,0256	
Ø 159x4,5			0,17		1	0,0207	
Ø 133x4			0,13		1	0,0158	

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Ø 108x4			0,11		3	0,0402	
Ø 89x3,5			0,11		1	0,0134	
Ø 76x3,5			0,11		2	0,0268	
Состав бригады: монтажник наружных трубопроводов 5р-1, 3р-1							
9.Укладка труб в каналы	1м	Е9-2-1					
Ø 273x8			0,2		44	1,07	
Ø 194x6			0,18		180	3,95	
Ø 159x4,5			0,1		124	1,51	
Ø 152x4,5			0,1		66	0,8	
Ø 133x4			0,08		598	5,83	
Ø 108x4			0,08		484	4,72	
Ø 89x3,5			0,08		274	2,67	
Ø 76x3,5			0,08		470	4,59	
Ø 57x3,5			0,08		192	1,87	

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Состав бригады: монтажник наружных трубопроводов 5р-1, 4р-2, 3р-2, 2р-1							
10.Монтаж фасонных частей	1шт	Е9-2- 14					
Ø 76x3,5			0,42		30	1,537	
Ø 57x3,5			0,42		32	1,639	
переходы			0,49		8	0,478	
тройники менее d_y 100			0,56		16	1,093	
тройники более d_y 100			1,1		14	1,878	
Состав бригады: монтажник 4р-1, 3р-2							
11.Монтаж арматуры	1шт	Е9-2- 16					
Ø 273x8			3,7		2	0,902	
Ø 194x6			2,9		2	0,707	
Ø 152x4,5			1,9		2	0,463	
Ø 133x4			1,9		6	1,39	

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Ø 108x4			1,4		2	0,341	
Ø 89x3,5			1,4		6	1,024	
Ø 76x3,5			1,4		16	2,732	
Ø 57x3,5			0,87		16	1,698	
Состав бригады: монтажник 5р-1, 4р-1, 3р-1							
12.Неповоротная сварка труб	1стык	Е22-2-2					
Ø 273x8			1,3		2	0,317	
Ø 194x6			0,7		8	0,683	
Ø 159x4,5			0,39		6	0,285	
Ø 152x4,5			0,39		4	0,19	
Ø 133x4			0,33		12	0,483	
Ø 108x4			0,29		18	0,637	
Ø 89x3,5			0,22		10	0,268	
Ø 76x3,5			0,15		22	0,402	

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Ø 57x3,5			0,14		16	0,273	
Состав бригады: электросварщик 5р-1							
13.Первичное гидравлическое испытание на прочность	1м	Е9-2-9					
до d_y 100			0,1		1424	17,366	
до d_y 200			0,12		967	14,151	
до d_y 300			0,14		22	0,376	
Состав бригады: монтажник наружных трубопроводов 5р-1, 4р-2, 3р-2							
14.Гидроизоляция сварных стыков	1стык	Е9-2-12					
до d_y 100			0,27		134	4,412	
до d_y 200			0,3		30	1,098	
до d_y 300			0,34		6	0,249	
Состав бригады: изолировщик на термоизоляцию 4р-2, 3р-2							

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
15.Тепловая изоляция трубопроводов	1м	Е9-2-13					
Ø 273x8			0,82		44	4,4	
Ø 194x6			0,7		180	15,366	
Ø 159x4,5			0,56		124	8,468	
Ø 152x4,5			0,56		66	4,507	
Ø 133x4			0,56		598	40,839	
Ø 108x4			0,43		484	25,38	
Ø 89x3,5			0,43		274	14,368	
Ø 76x3,5			0,43		470	24,646	
Ø 57x3,5			0,3		192	7,024	
Состав бригады: изолировщик на термоизоляцию 4р-1, 2р-1							
16.Укладка плит перекрытия каналов	1м	Е9-2-24					
до d_y 200			0,95		940	108,9	

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
до d_y 300			1,2		8	1,17	
Состав бригады: монтажник наружных трубопроводов 5р-1, 4р-2, 3р-2, 2р-1							
17.Укладка плит перекрытия камер	1шт	Е9-2-28	0,3		15	0,549	
Состав бригады: монтажник наружных трубопроводов 4р-1, 3р-2							
18.Устройство гидроизоляции каналов	100м ²	Е9-2-24	0,28		13,55	0,463	
Состав бригады: изолировщик на гидроизоляцию 4р-1, 3р-1, 2р-1							
19.Устройство гидроизоляции перекрытий камер	100м ²	Е11-37	11,5		2,63	3,688	
Состав бригады: гидроизолировщик 4р-1							
20.Обратная засыпка траншей и котлованов бульдозером	100м ³	Е2-1-34	0,66	0,66	35,43	2,852	0,23
Состав бригады: машинист бр-1							
21.Окончательное испытание трубопроводов	1м	Е9-2-9					

Продолжение приложения А

Продолжение таблицы А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
до d_y 100			0,1		1424	17,366	
до d_y 200			0,12		967	14,151	
до d_y 300			0,14		22	0,376	
Состав бригады: монтажник наружных трубопроводов 5р-1, 4р-1, 3р-2							
22.Промывка и хлорирование трубопроводов	1м	Е9-2-9					
до d_y 100			0,05		1424	8,683	
до d_y 200			0,06		967	7,076	
до d_y 300			0,07		22	0,188	
Состав бригады: монтажник наружных трубопроводов 4р-1, 3р-2, 2р-1							
23.Планирование площадей бульдозером	1000м ²	Е2-1-36	0,49	0,49	8,816	0,527	0,527
Состав бригады: машинист бр-1							

Продолжение приложения А

Продолжение таблица А.1

1	2	3	4	5	6	7	8
Всего:						583,36	10,21
Неучтенные работы 10%						641,7	11,23
Затраты труда на необъемные работы. выполняемые за счет накладных расходов, принимаемые 16%						102,67	1,79
От суммарной трудоемкости основных работ						757,39	
Затраты труда на подготовительные работы, принимаемые 8% от суммарной трудоемкости						60,59	