

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

институт

Теплотехники и гидрогазодинамики

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ В. А. Кулагин

подпись      инициалы, фамилия

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

код – наименование направления

Реконструкция теплосети в Октябрьском районе г. Красноярск

тема

Руководитель

\_\_\_\_\_

подпись, дата

\_\_\_\_\_ доцент, к.т.н.

должность, ученая степень

\_\_\_\_\_ М.В. Колосов

инициалы, фамилия

Выпускник

\_\_\_\_\_

подпись, дата

\_\_\_\_\_ В.А.Плетенева

инициалы, фамилия

Красноярск 2023

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реконструкция теплосети в Октябрьском районе г. Красноярска» содержит ... страниц текстового документа, 21 иллюстрацию, 7 таблиц, 12 использованных источников.

ТЕПЛОВЫЕ СЕТИ, ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ, ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ, ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЯ, ПОТРЕБИТЕЛЬ, ПОДЗЕМНАЯ ПРОКЛАДКА ТРУБОПРОВОДА, РАСЧЕТНЫЕ НАГРУЗКИ, КОМПЕНСАТОР, СХЕМА ПОДКЛЮЧЕНИЯ, ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ТЕПЛОВОЙ ПУНКТ, ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ИТП, КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ, НАДЕЖНОСТЬ ТРУБОПРОВОДА.

Объект проектирования –тепловая сеть от ТК-12-5-3 до внешней стены здания по ул. Норильская, 50.

Цели ВКР:

- Теоретический обзор современного оборудования, применяемого при проектировании тепловых сетей;
- Разработка проекта подключения нового потребителя по адресу ул. Норильская, 50 к существующей тепловой сети от котельной № 12 в г. Красноярске.

Задачи ВКР:

- Расчет по заданным нагрузкам расхода теплоносителя;
- Выбор оптимального диаметра прокладываемого трубопровода;
- Гидравлический расчет всей тепловой сети;
- Расчет толщины тепловой изоляции;
- Прочностной расчет;
- Проектирование индивидуального теплового пункта;
- Экономический расчет;
- Расчет надежности участка тепловой сети

Выполнены наладочный и тепловой расчёт в программе Zulu Thermo. По итогу проведенных расчетов был определен требуемый напор на источнике, подобраны дроссельные шайбы, получены пьезометрические и тепловые графики, тепловые потери и потери с утечками. Определен расход теплоносителя, в соответствии с этим подобран диаметр трубопровода.

Произведен расчет Г-образного компенсатора.

Была подобрана тепловая изоляция трубопровода, также определена толщина слоя данной теплоизоляции.

Был рассчитан индивидуальный тепловой пункт: определена схема подключения системы отопления и горячего водоснабжения, независимая и закрытая, подогрев осуществляется по одноступенчатой схеме; подобрано основное оборудование.

В завершении были выполнены экономический расчет проекта подключения нового потребителя, по итогу которого были рассчитаны затраты и расчет надежности проектируемого трубопровода.

## Содержание

Введение.....	6
1 Обзор материала тепловых сетей и современного оборудования .....	8
1.1 Материалы для изготовления трубопроводов .....	8
1.2 Теплоизоляция трубопроводов .....	11
1.2.1 Пенополиуретан .....	11
1.2.2 Пенополимерминеральная теплоизоляция .....	11
1.2.3. Пенополистирол .....	12
1.2.4 Армопенобетон.....	12
1.3 Компенсаторы на тепловых сетях.....	13
1.3.1 Сальниковые компенсаторы .....	13
1.3.2 Сильфонные компенсаторы .....	15
1.3.3 П-образный компенсатор .....	17
1.4 Теплообменные аппараты.....	18
2 Технические характеристики тепловой сети Октябрьского района .....	21
2.1 Пьезометрические графики существующей сети до самых отдалённых потребителей .....	35
2.2 Графики падения температур, тепловые потери, потери от утечек .....	38
3 Подключение нового потребителя .....	47
3.1 Пьезометрический график до и после подключения .....	47
3.2 Графики температур до и после подключения .....	48
4 Расчет теплоизоляции трубопроводов .....	57
5 Прочностной расчет трубопровода .....	61
6 Выбор схемы подключения потребителей .....	64
6.1 Расчет местных потерь напора на арматуре: .....	64
6.2 Подбор диаметров и оборудования .....	65
7 Экономический расчет.....	71
8 Расчёт надёжности трубопроводов .....	74
Заключение .....	76

Список используемой литературы .....	78
--------------------------------------	----

## ВВЕДЕНИЕ

Системы теплоснабжения состоят из трех основных компонентов: тепловых источников, тепловых сетей и местных систем теплоиспользования отдельных зданий и сооружений. Трубопроводы и запорная арматура являются составляющими элементами наружных тепловых сетей. Тепловые сети представляют собой чаще всего замкнутую циркуляционную систему, в которой теплота передается за счет теплоносителя, воды или водяного пара. Водяные сети разделяют на магистральные, распределительные. По магистральным сетям теплоноситель подается от источников тепла в районы потребления. Распределительные, или межквартальные, сети транспортируют теплоту от тепловых магистральных сетей к объектам теплоснабжения. Они отличаются от магистральных сетей, как правило, меньшим диаметром и длиной. Внутриквартальные сети ответвляются от распределительных или непосредственно от магистральных тепловых сетей и заканчиваются в тепловом пункте потребителей теплоты.

Также различают два вида теплоснабжения: централизованное и децентрализованное. В Красноярске применяется централизованное: источник теплоснабжения ТЭЦ или котельная расположены на значительном расстоянии от самого удаленного потребителя теплоты.

Темой выпускной квалификационной работы является реконструкция теплосети в Октябрьском районе.

Целью работы является разработка проекта подключения нового потребителя по адресу ул. Норильская, 50 к существующей тепловой сети от котельной № 12, находящейся по адресу Норильская, 31 стр.3

Для достижения данной цели в работе необходимо решить следующие задачи:

- необходимо провести анализ и выбор современного оборудования,

задействованного при проектировании теплосети;

- проложить тепловую сеть к подключаемому потребителю;
- выполнить наладочный и тепловой расчёт сети в программе Zulu

Thermo;

- выполнить прочностной расчет
- следует выбрать схему подключения потребителя и выполнить подбор

основного оборудования;

- рассчитать стоимость проекта

Актуальность данной работы заключается в постоянном развитии систем теплоснабжения, уменьшении издержек за счет повышения надежности и долговечности трубопроводов и снижения тепловых потерь, уровень которых на сегодняшний день непозволительно высок.

# 1 Обзор материала тепловых сетей и современного оборудования

## 1.1 Материалы для изготовления трубопроводов

При всем многообразии современных материалов, применяемых для производства труб, условно их можно разделить на три категории:

- металлические;
- неметаллические;
- многослойные металлопластиковые.

Трубы изготавливают:

### 1. Из углеродистой стали

Стальные трубы по ГОСТ3262-75 имеют хорошие показатели механической прочности, выдерживают повышенные давления и температуры, а их соединение имеет надежный и герметичный характер.

К главным достоинствам трубопроводов из обычной углеродистой стали относятся их низкая цена, доступность, большой ассортимент диаметров и типоразмеров, а также простые и хорошо освоенные методы сварки и монтажа.

К недостаткам труб из углеродистой стали относят:

- склонность к коррозии: сетевая вода даже при условии ее деаэрации все равно содержит некоторое количество кислорода и диоксида углерода, который взаимодействует с металлом внутренней стенки трубопровода, такую коррозию принято называть внутренней, а наружная коррозия тепловых сетей в зависимости от способа прокладки и условий эксплуатации может быть вызвана электрохимическим взаимодействием металла труб с увлажненной тепловой изоляцией и блуждающими токами, стекающими с поверхности труб в грунт через увлажненную тепловую изоляцию;

- образование осадка и накопление отложений на внутренних поверхностях.

Кроме того, для стали, как и любого металла, характерно, низкое тепловое сопротивление.

## 2. Оцинкованные трубопроводы из углеродистой стали

Цинковое покрытие, как способ увеличения антикоррозийной стойкости углеродистой стали, является наиболее известным и широко применяемым покрытием, эффективность которого доказала практика строительства всех видов теплотрасс.

Цинк на поверхность трубы наносят с помощью химико-термического метода при рабочих температурах от 300 до 500°C. Сам процесс цинкования заключается в диффузионном насыщении цинком поверхности трубы из углеродистой стали. Толщина такого покрытия обычно составляет 43 мкм.

Особенностью эксплуатации оцинкованных трубопроводов для всех видов теплосетей является низкая температура теплоносителя, которая не должна превышать величину 60°C. Связана такая особенность с эффектом электрохимической коррозии, который возникает в оцинкованной трубе с температурой теплоносителя больше 60°C.

## 3. Гибкие теплоизолированные трубы Касафлекс и Изопрофлекс

Гибкий теплоизолированный трубопровод Касафлекс представляет собой гофрированную трубу из нержавеющей стали, покрытую слоем изоляции из пенополиуретана с внешней оболочкой из пластика. Такая особенность расширяет температурные параметры теплоносителя и позволяет использовать Касафлекс для монтажа первичных теплосетей с максимальным температурным графиком — 155°C/70°C. Диапазон диаметров составляет от 55 мм до 163 мм.

В трубопроводе Изопрофлекс внутренняя труба изготавливается из пластика, а не из стали. Температурный диапазон у Изопрофлекса меньше,

максимальная температура теплоносителя составляет 115°C. Однако у данной марки трубопроводов более широкий выбор диаметров: от 25 до 225 мм.

#### 4. Стеклопластиковые трубопроводы

Различают два широко известных способа изготовления таких труб. При первом: стекловолокно, пропитанное эпоксидным компаундом (состоит из эпоксидной смолы и отвердителя) наматывают на вращающуюся металлический стержень, диаметр которого соответствует диаметру будущей трубы. После того, как компаунд полимеризуется и затвердевает, готовую трубу снимают со стержня, далее весь цикл повторяется. Данный способ носит название «циклический», его используют для изготовления труб фиксированной длины и большого диаметра. При непрерывной технологии волокно наматывают на стержень и в процессе производства готовая оболочка сходит с него. Этот способ подходит для труб практически неограниченной длины и малых диаметров.

Основные преимущества стеклопластиковых труб перед традиционными металлическими аналогами:

- в 4 раза легче;
- низкая стоимость монтажа;
- высокая коррозионная стойкость;
- хорошие гидравлические параметры;
- отсутствие коррозионных отложений на внутренней поверхности;
- исключительно высокая способность выдерживать давление и осевую нагрузку;
- в 4-5 раз больший срок службы.

## **1.2 Теплоизоляция трубопроводов**

### **1.2.1 Пенополиуретан**

Пенополиуретан (ППУ) – это строительный материал из группы полимерных теплоизоляционных средств с пористой структурой. Газонаполненная пластмасса характеризуется низким коэффициентом теплопроводности, что является одним из главных преимуществ на фоне большинства востребованных утеплителей. Также несмотря на синтетическую природу и токсичность отдельных ингредиентов конечный результат на выходе считается экологичным, допустимым для эксплуатации внутри жилого помещения. Покрытие из пенополиуретана является дорогостоящим и применимым ограниченно (при температуре теплоносителя до 120 °С иногда выдерживает и до 140°С), при более высоких температурах требуется слой дополнительного утеплителя (базальтового или другого минераловатного полотна), снижающего температурные параметры до допустимых пределов.

### **1.2.2 Пенополимерминеральная теплоизоляция**

Пенополимерминеральная изоляция представляет собой поверхностно закрытую ячеистую структуру из вспененного полиуретана с минеральными добавками, которая состоит из:

- внешнего плотного водонепроницаемого слоя;
- среднего пористого слоя;
- плотного слоя, прилегающего к поверхности трубы.

Данная теплоизоляция в сравнении с пенополиуретаном: имеет более высокий коэффициент теплопроводности (для ППУ коэффициент теплопроводности составляет 0.024-0.033 Вт/мК, а для ППМ– 0.044 Вт/мК), выдерживает такие же механические воздействия (при нанесении удара, с энергией 14 Дж по корковому слою ППМ изоляции и ПЭ оболочке

трубопровода в ППУ глубины повреждений ПЭ и коркового слоя ППМ изоляции вполне сравнимы 2-2,5 мм у ПЭ и 2,5-3 мм у ППМ изоляции).

Отмечается исследователями, что водопоглощение у ППМ в 20 раз меньше, чем у ППУ. Но в условиях высокой влажности грунта при бесканальной прокладке, влага не будет так интенсивно удаляться из слоев ППМ изоляции, что приведет к более стремительной коррозии и повышению коэффициента теплопроводности, чем у ППУ изоляции.

### **1.2.3. Пенополистирол**

Пенополистирол – жесткий материал с ячеистой структурой, полученный путем спекания гранул, получаемых из суспензионного вспенивающегося полистирола беспрессовым способом.

Одно из основных свойств пенополистирола – это его практически нулевое водопоглощение, благодаря системе замкнутых пор, влага не проходит внутрь материала. Во влажной среде пенополистирол не разрушается и не теряет, как минеральная вата, свои теплоизоляционные свойства.

### **1.2.4 Армопенобетон**

Армопенобетон (АПБ) относится к теплоизоляционным изделиям из ячеистых бетонов. Основным сырьём служат: цемент, известь, кварцевый песок и др. Вводя в их смесь клееканифольную мыльную пену, получают пенобетон.

К преимуществам армопенобетонной изоляции в сравнении с другими видами изоляции следует отнести высокую предельную температуру применения (до 300 °С), что в отличие от других видов изоляции позволяет использовать ее в тепловых сетях, работающих по температурным графикам 95-70, 150-70 и 180-70 °С.

Важным преимуществом армопенобетона является высокая прочность на сжатие (не менее 0,4 МПа), что отвечает требованиям СНиП 2.04.14-88 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» и позволяет применять трубы с АПБ-изоляцией при бесканальной прокладке тепловых сетей практически на любой принятой в практике глубине и во всех грунтовых условиях.

Армопенобетонная изоляция защищает стальные трубы от наружной коррозии. Гидросиликаты кальция, входящие в состав пенобетона, образуют защитную пленку (двуокись железа) на поверхности стальной трубы, которая оказывает пассивирующее воздействие на процесс коррозии.

Пенобетонная изоляция является негорючей, что позволяет использовать ее при всех видах прокладки.

### **1.3 Компенсаторы на тепловых сетях**

Компенсаторы – это устройства, позволяющие воспринимать и компенсировать перемещения, температурные деформации, вибрации, смещения.

#### **1.3.1 Сальниковые компенсаторы**

Представляют собой сочетание трубы и фасонного патрубка, которые вставлены один в другой. В зазоре между патрубком размещается сальниковое уплотнение и затем затягивается грандбуксой.

Сальниковый компенсатор, в отличие от прочих типов изделий, получил более выраженную способность к эффекту компенсации. Технология его применения предполагает, что установка такого изделия в основном требуется при оборудовании магистральных трубопроводов со сварными стыковыми соединениями.

Разрабатывают сальниковые компенсаторы с учетом требований водопроводов и паровых тепловых сетей, где они очень востребованы.

Изделие способно выдерживать давление до 2,5 МПа и бесперебойно работать при нагревании среды до 200°С при транспортировке воды и до 300°С при транспортировке пара.

Чтобы визуально рассмотреть строение сальникового компенсатора, необходимо обратиться к типовому чертежу общего вида.

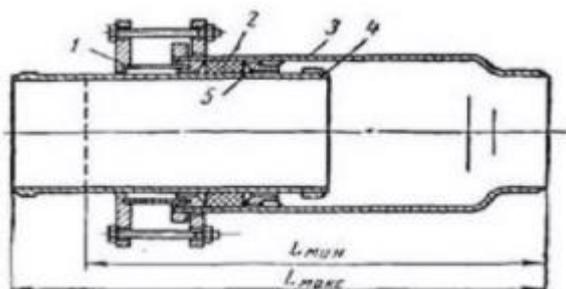


Рисунок 1 – сальниковый компенсатор в разрезе

На указанном чертеже цифрами обозначены следующие основные элементы и детали компенсатора: 1 — грундбукса, 2 — сальниковое уплотнение, 3 — фасонный патрубок, 4 — патрубок, 5 -упорное кольцо.

Данная конструкция является типовой для сальниковых компенсаторов, но может незначительно изменяться в зависимости от той или иной серии компенсаторов.

Компенсаторы магистральных трубопроводов сальникового типа изготавливаются из различных марок стали. Как правило применяется углеродистая сталь. В качестве уплотнителя между патрубками применяется сальниковая набивка, а также резиновые кольца.

Различают двусторонние и односторонние сальниковые компенсаторы. Односторонние устанавливаются на условный диаметр трубопровода от 100 до 1400 мм, двусторонние – от 100 до 1000 мм. Компенсирующая способность первых составляет 200 – 450 мм, у вторых в два раза больше.

К недостаткам использования сальниковых компенсаторов можно отнести следующее:

1) Основным недостатком сальниковых компенсаторов является необходимость их регулярного обслуживания. Это происходит по причине того, что сальниковая набивка, используемая как уплотнение, вырабатывается и слёживается, что приводит к появлению течи.

Из вышесказанного вытекают такие последствия как:

-невозможность использования компенсаторов с сальниковой набивкой при транспортировке горючих, токсичных или агрессивных средах;

-при подземной прокладке трубопровода для установки сальниковых компенсаторов необходимо строительство специальных камер для доступа обслуживающего персонала.

Одним из преимуществ применения сальниковых компенсаторов является большая компенсирующая способность по сравнению с другими видами компенсаторов.

### 1.3.2 Сильфонные компенсаторы

Данное устройство представляет собой цилиндр, чаще всего металлический, с гофрированной оболочкой, сделанной из сильфона. Сильфон – это гибкий металлический рукав, сохраняющий герметичность при многократных деформациях.

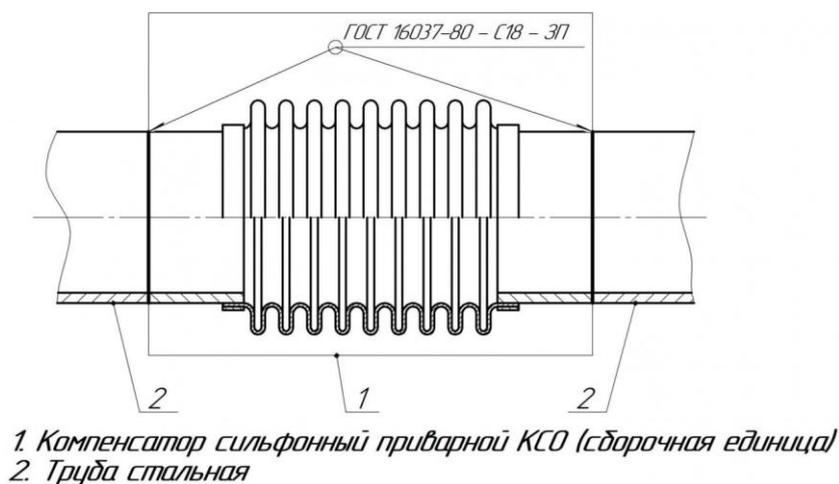


Рисунок 2 – сильфонный компенсатор

Существует несколько типов сильфонных компенсаторов:

- **Осевой**

Такие изделия устанавливаются на прямых участках трубопровода между статичными опорами. Предназначены для компенсации расширений, связанных из-за разницы температур внутри и снаружи трубопровода. Компенсация нагрузки происходит за счёт осевого движения сильфона, т.е. сильфонный компенсатор сжимается или растягивается в зависимости от условий эксплуатации. Применяются осевые компенсаторы в трубопроводных системах не зависимо от длины магистрали в любой отрасли промышленности.

Преимущества осевых сильфонных компенсаторов:

- конструкция осевого компенсатора максимально проста и эффективна;
- устройство способно работать при высоком давлении, агрессивными средами, с повышенными или пониженными температурами;
- срок службы до 20-30 лет.

- **Фланцевый**

Фланцевые компенсаторы — наиболее распространенный тип изделий, применяемый для стыковки труб с помощью фланцев. Они позволяют создать разъемное соединение и стабилизировать нагрузки в осевом направлении.

Компенсаторы этого типа отличаются высокой термоустойчивостью, надежностью и сопротивляемостью к статическим и динамическим нагрузкам. Применяются в трубопроводных системах, транспортирующих среду с температурой до 250 °С.

- **Угловой**

В отличие от осевых компенсаторов, которые деформируются в длину, т.е. сжимаются или растягиваются, угловые компенсаторы допускают угловые смещения. Другими словами, угловые компенсаторы способны совершать угловой поворот в одной или нескольких плоскостях (до 15°). Они оснащаются особым шарнирным элементом, определяющим характер перемещения устройства.

Преимущества угловых сильфонных компенсаторов:

- снижаются нагрузки на все неподвижные опоры;
- благодаря шарнирному элементу сильфон предохраняется от скручивания.

- Карданный

Карданные сильфонные компенсаторы могут перемещаться в любой плоскости, благодаря наличию двух шарнирных элементов. Это позволяет им также перемещаться в осевом направлении.

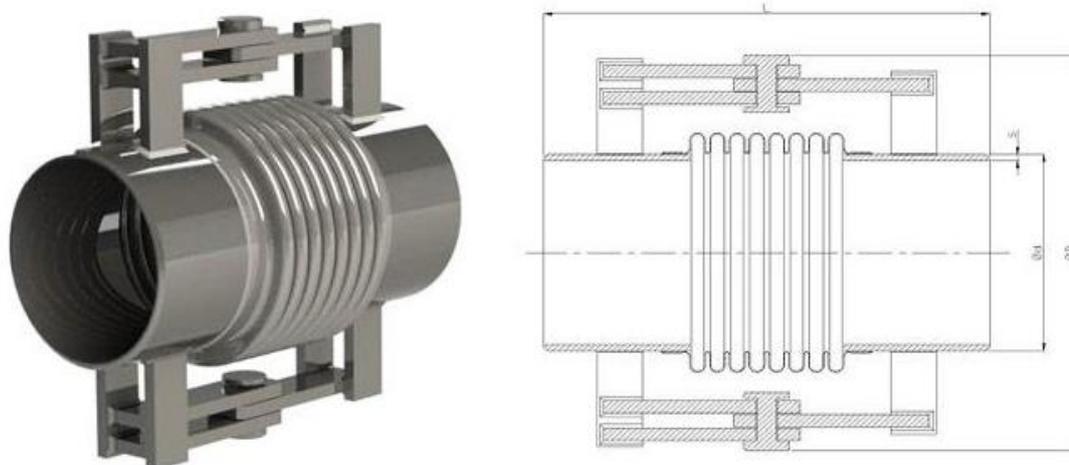


Рисунок 3 – сильфонный компенсатор карданный

Сильфонные компенсаторы могут устанавливаться на трубопроводы, условный диаметр которых составляет от 50 до 1600 мм. Диапазоны рабочего давления в зависимости от конструкции: от вакуума до 63 бар и от 2,5 до 25 бар. Температура рабочей среды от -196°С до 550°С.

### 1.3.3 П-образный компенсатор

Идея разработки П-образного компенсатора появилась в результате явления самокомпенсации трубопроводов, имеющих повороты и изгибы. В процессе работы теплотрассы трубы за счет этих поворотов способны проявлять устойчивость к деформациям кручения и растяжения.

Изготавливается компенсатор одним из двух способов:

- Цельная труба гнется в нужных местах с определенным радиусом изгиба, образуя П-образную конструкцию;
- В состав компенсатора входят 7 элементов, среди которых три прямолинейных отвода и 4 поворотных уголка, которые свариваются в единую конструкцию.

Несмотря на относительную простоту устройства, не всегда монтаж П-образного компенсатора оказывается ниже по себестоимости, по сравнению, например, со стоимостью сильфонного компенсатора. Сейчас речь идет о трубопроводах большого диаметра. В таком случае затраты на дополнительные элементы и их монтирование превышают стоимость сильфонного устройства, а если учесть необходимость постройки опор, то разница в цене будет весьма ощутимой.

Целесообразно применять данный тип компенсаторов при монтаже трубопроводов небольших диаметров. П-образное колено отлично справляется с вибрациями, однако для его изготовления требуется большое количество материала, что существенно повышает стоимость устройства.

Существенными недостатками данного типа компенсатора являются скапливающиеся отложения, которые следует прочищать, сильфонные компенсаторы такого не требуют. Также стоит учесть и то, что П-образные компенсаторы в отличие от других видов занимают гораздо больше места. И в завершении: гидравлическое сопротивление гораздо выше за счет поворотов, чем в том же сильфонном компенсаторе.

#### **1.4 Теплообменные аппараты**

В основном для закрытой системы горячего водоснабжения и независимой системы отопления в индивидуальном тепловом пункте ставят пластинчатые теплообменники.

Пластинчатый теплообменник представляет собой рекуперативный теплообменный аппарат, состоящий из двух металлических плит, между

которыми располагается набор тонких штампованных пластин с гофрированной поверхностью. Данная поверхность усиливает турбулизацию потоков рабочих сред и повышает коэффициент теплопередачи. Пластины обычно изготавливаются из оцинкованной или коррозионностойкой стали, титана, алюминия. Пластины, собранные в единый пакет, образуют между собой каналы, по которым протекают горячий и холодный теплоносители, горячие и холодные слои чередуются друг с другом. Движение теплоносителей может осуществляться прямотоком, противотоком и смешанным.

Существует три модификации данного теплообменника:

- разборные: пластины разделены прокладками
- полуразборные: пластины сварены попарно и сдвоенные разделены резиновыми прокладками
- неразборные: соединения всех пластин сварные, прокладки отсутствуют

Основным достоинством данного теплообменного аппарата является то, что он компактный, для размещения в ИТП это выгодно. К тому же величина коэффициента теплопередачи может достигать весьма высоких значений ( $6000 - 7000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ).

К недостаткам можно отнести наличие большого количества резиновых уплотнений у разборных и полуразборных модификаций, которые со временем выходят из строя по причине несоблюдения температурного режима, таким образом эти уплотнения теряют свою эластичность, что приводит к нарушению герметичности.

Наряду с разборными так же применяются и неразборные паяные теплообменники. Пластины из нержавеющей стали надежно спаяны между собой во всех точках соприкосновения, а также по краю. Это на 100% исключает утечку жидкостей, а также их смешение. В качестве материала для

пайки используется медь. Их главным достоинством является то, что у них отсутствуют резиновые прокладки, что заметно облегчает эксплуатацию. Но при изменении тепловой нагрузки, расхода теплоносителей, паяный теплообменник уступает разборному, так как у второго есть возможность перекомпоновки поверхности теплообмена, либо увеличение, либо уменьшения общей поверхности теплообмена.

К явным недостаткам паяного неразборного теплообменника следует отнести то, что при эксплуатации необходимо контролировать коэффициент теплопередачи и гидравлическое сопротивление аппарата. При загрязнении поверхности теплообмена гидравлическое сопротивление возрастает. В таком случае аппарат подлежит промывке.

## 2 Технические характеристики тепловой сети Октябрьского района

Для проектирования систем отопления, были приняты следующие климатологические характеристики (СП 131.13330.2018) [1]:

Республика, край, область, пункт, административный округ	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью		Температура воздуха, °С, обеспеченностью 0,94	Абсолютная минимальная температура воздуха, °С	Средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца, °С	Продолжительность, сут, и средняя температура воздуха, °С, периода со средней суточной температурой воздуха						Средняя месячная относительная влажность воздуха наиболее холодного месяца, %	Средняя месячная относительная влажность воздуха в 15 ч наиболее холодного месяца, %	Количество осадков за ноябрь — март, мм	Преобладающее направление ветра за декабрь — февраль	Максимальная из средних скоростей ветра по румбам за январь, м/с	Средняя скорость ветра, м/с, за период со средней суточной температурой воздуха $\pm 8$ °С
								$\leq 0$ °С		$\leq 8$ °С		$\leq 10$ °С							
	0,98	0,92	0,98	0,92				продолжительность	средняя температура	продолжительность	средняя температура	продолжительность	средняя температура						
Красноярск*	-41	-39	-39	-37	-23	-53	8,4	169	-10,7	235	-6,5	252	-5,5	72	69	112	ЮЗ	4,1	2,5

Рисунок 4 – климатологические характеристики

Котельная №12 расположена городе Красноярске по адресу ул. Норильская, 31 стр.3. Имеет 3 водогрейных твердотопливных котла: ДКВР 20/13; КЕ-25-14С; КЕ-25-14-225С. Общая установленная мощность котельной составляет 45,2 Гкал/час. Температурный график 130/70 °С. Рабочая температура теплоносителя в тепловой сети 90/50 °С. Основное топливо – бурый уголь.

Котельная работает круглогодично в том числе в течение отопительного периода и обеспечивает тепловую нагрузку системы отопления и ГВС жилых и административных зданий г. Красноярска.

Тепловая сеть водяная 2-х трубная, с обеспечением потребителей горячим водоснабжением; материал трубопроводов – сталь трубная; способ прокладки – подземная в непроходных каналах. Компенсация температурных удлинений трубопроводов осуществляется за счет естественных изменений направления трассы, а также применения Г-образных компенсаторов. Вид тепловой изоляции –маты минераловатные прошивные.

Потребители тепловой энергии, подключенные к тепловой сети котельной г. Красноярска: жилой дом по ул. Норильская, 34; жилой дом по ул. Норильская, 36; жилой дом по ул. Норильская, 38; жилой дом по ул.

Норильская, 40; жилой дом по ул. Норильская, 42; жилой дом по ул. Норильская, 44; жилой дом по ул. Норильская, 46; жилой дом по ул. Норильская, 52; МБДОУ Детский сад №16 по ул. Норильская, 60; ул. Норильская, 31 стб; ул. Норильская, 31 стр. 4; ул. Норильская, 9 стр. 14; ул. Норильская, 9 стр. 12; ул. Норильская, 9 ст20; ул. Норильская, 9 стр. 11; ул. Норильская, 9а; ул. Норильская, 9 ст25; ул. Норильская, 9 ст7; ул. Норильская, 7 стр. 7; ул. Норильская, 16и; ул. Норильская, 16ж; ул. Норильская, 16д; ул. Норильская, 14; ул. Норильская, 6; ул. Норильская, 8; ул. Норильская, 8а; ул. Норильская, 10; ул. Норильская, 4к; ул. Норильская, 4; ул. Норильская, 6а; ул. Норильская, 4а; ул. Норильская, 8г; ул. Норильская, 4г; ул. Норильская, 4д; ул. Норильская, 5; ул. Норильская, 1д; ул. Норильская, 1; ул. Норильская, 1а; ул. Норильская, 3; ул. Норильская, 3а; ул. Норильская, 3г; ул. Норильская, 3д; ул. Норильская, 3б; ул. Норильская, 3е; ул. Норильская, 3в; ул. Норильская, 3ж; ул. Норильская, 3и; ул. Калинина, 175 стр. 9; ; ул. Калинина, 175 стр. 10; ул. Калинина, 191; ул. Калинина, 189; ул. Калинина, 187а; ул. Калинина, 185; ул. Калинина, 187; ул. Калинина, 183; ул. Калинина, 183а; ул. Калинина, 181; ул. Калинина, 179; ул. Калинина, 177; ул. Калинина, 110.

Подключаемый потребитель: ул. Норильская, 50

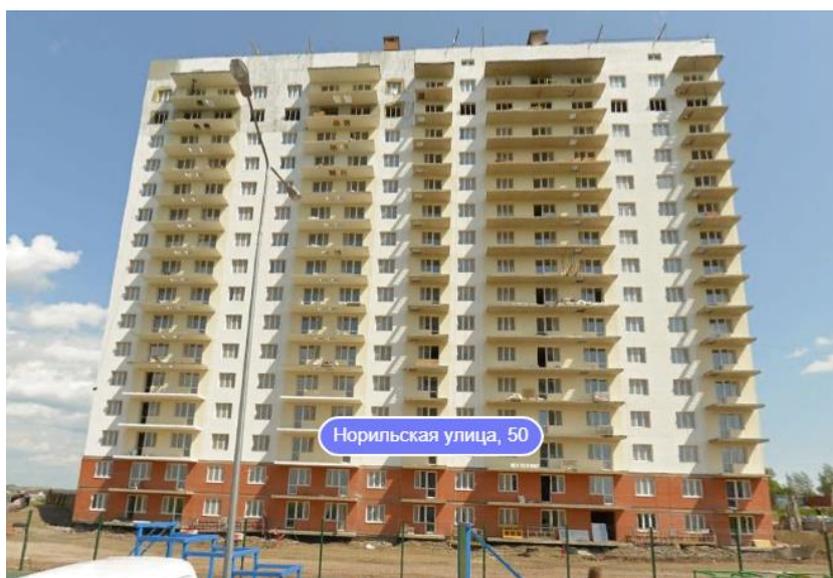


Рисунок 5 – внешний вид здания

Зона теплоснабжения Котельной № 12 г. Красноярск приведена на рисунке 6.

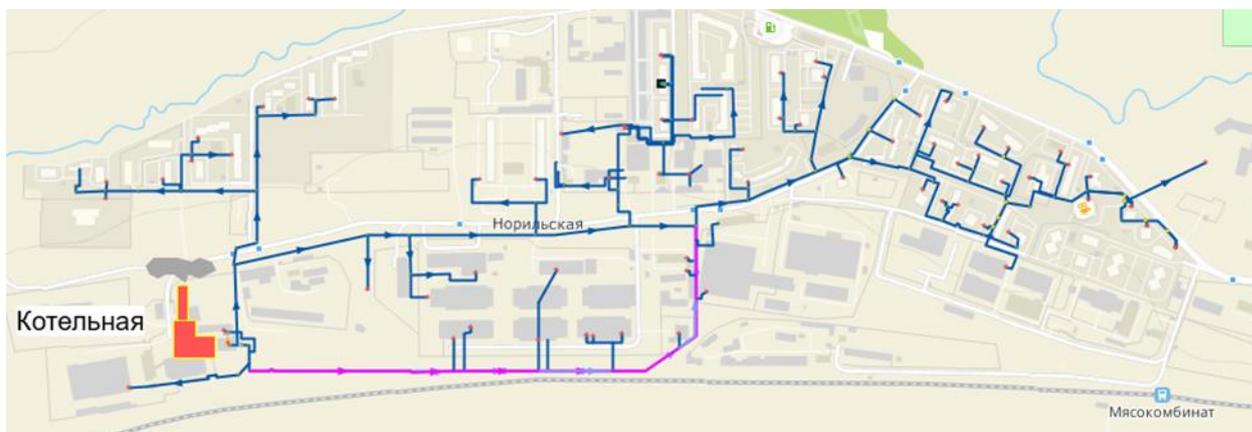


Рисунок 6 - Схема тепловых сетей котельной № 12 г. Красноярск

Таблица 1 – Характеристики трубопроводов тепловой сети

Наименование участка	Подающая труба		Обратная труба		Теплоизоляция	Тип прокладки
	$d_n$ , мм	L, м	$d_n$ , мм	L, м		
Котельная № 12-ТК-12-2	414	1140	414	1140	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-2 – ТК-12-3	414	101	414	101	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-3 – ТК-12-4	414	34,32	414	34,32	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-4 – ТК-12-5	414	81,4	414	81,4	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-5 – ТК-12-6	207	151,5	207	151,5	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-6 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 38	100	22	100	22	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-6 – ТК-12-6-2	207	114	207	114	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-6-2 – УТ-1	207	24,8	207	24,8	маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 36	100	13,9	100	13,9	маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 34	150	74,3	150	74,3	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-5 – ТК-12-5-1	309	144,75	309	144,75	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-5-1 – УТ3-1	150	97	150	97	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ3-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 44	82	7,8	82	7,8	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ3-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 42	82	73	82	73	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ3-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 40	100	63	100	63	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале

Наименование участка	Подающая труба		Обратная труба		Теплоизоляция	Тип прокладки
	$d_n$ , мм	L, м	$d_n$ , мм	L, м		
ТК-12-5-1 – ТК-12-5-3	309	142,5	309	142,5	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-5-3– УТ-8	250	40,65	250	40,65	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-8 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 52	80	13,45	80	13,45	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-8 – ввод в адм. зд. Ул. Норильская, 60	82	73,8	82	73,8	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Котельная № 12–ТК-12-1	414	18	414	18	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1 – ТК-12-2-1	259	170	259	170	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-2-1 – ООО «Сладкий мир» склад на ул. Норильская	125	116	125	116	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-2-1а-1 – ул. Норильская, 9а	82	46	82	46	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-2-1 – ТК-12-2-1а	259	190	259	190	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-2-1а – ТК-12-2-1а-1	82	88	82	88	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-2-1а-1 – ул. Норильская, 9, стр. 25	82	99	82	99	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-2-1а-1 – ТК-12-2-2	259	300	259	300	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-2-2 – ТК-12-2-2-1	150	92	150	92	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-2-2-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 16ж	150	51,6	150	51,6	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-2-2-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 16и	125	210	125	210	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале

Наименование участка	Подающая труба		Обратная труба		Теплоизоляция	Тип прокладки
	$d_H$ , мм	L, м	$d_H$ , мм	L, м		
ТК-12-2-2 – ТК-12-1-2	259	127	259	127	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-2 – ТК-12-1-1	259	404,4	259	40,4	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-1 – ТК-12-1-4.1	309	40	309	40	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-4.1 – ТК-12-1-4	309	73	309	73	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-4 – ТК-12-1-4-1	150	49	150	49	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-4-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 4	150	8,5	150	8,5	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-4-1 – ТК-12-1-4-1/1	100	73,16	100	73,16	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-4-1/1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 4к	100	15,8	100	15,8	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-4 – ТК-12-1-5	414	368,7	414	368,7	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-5 – ТК-1-5-1Б	150	30	150	30	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-5-1Б – ТК-12-1-5-1А	150	60	150	60	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-5-1А – ТК-12-1-5-1	150	133	150	133	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-5-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 4г	100	12,5	100	12,5	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-5-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 4д	100	67	100	67	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-5-1А – ТК-12-1-5.2	150	45	150	45	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале

Наименование участка	Подающая труба		Обратная труба		Теплоизоляция	Тип прокладки
	$d_H$ , мм	L, м	$d_H$ , мм	L, м		
ТК-12-1-5.2 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 4а	82	16,5	82	16,5	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-5.2 – ТК-12-1-5.2/1	125	71,5	125	71,5	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-5.2/1 – ТК-12-1-5-3	100	26,5	100	26,5	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-5-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 6а	100	6	100	6	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-5-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 8г	100	102,2	100	102,2	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-5 – ТК-12-1-6	414	107,3	414	107,3	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-6 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 5	82	58,7	82	58,7	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-6 – ТК-12-1-7	125	105	125	105	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-7 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 1д	82	35	82	35	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-7 – ТК-12-1-8	125	60,3	125	60,3	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-8 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 1	82	64,5	82	64,5	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-6 – ТК01	259	117,1	259	117,1	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК01 – ТК02	207	83,4	207	83,4	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК02- ввод в ж.д. ул. Норильская, 3б	100	15,6	100	15,6	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК02 – ТК03	207	100	207	100	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале

Наименование участка	Подающая труба		Обратная труба		Теплоизоляция	Тип прокладки
	$d_H$ , мм	L, м	$d_H$ , мм	L, м		
ТК03-ТК04	125	31,4	125	31,4	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК04- ввод в ж.д. ул. Норильская, 3в	100	11,5	100	11,5	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК04- ввод в ж.д. ул. Норильская, 3е	82	29,8	82	29,8	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК03 – ТК05	207	119	207	119	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК05 – ТК06	207	71,2	207	71,2	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК06 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3и	82	41,8	82	41,8	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК01 – УТ-1	259	25,8	259	25,8	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3	82	11	82	11	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-1 – УТ-5	82	139,9	82	139,9	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-1 – УТ-2	259	90,3	259	90,3	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-2 – УТ-3	100	19	100	19	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3а	69	26,8	69	26,8	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3г	82	9	82	9	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-2 – УТ-4	259	77,7	259	77,7	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-4 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3д	69	24	69	24	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале

Наименование участка	Подающая труба		Обратная труба		Теплоизоляция	Тип прокладки
	$d_H$ , мм	L, м	$d_H$ , мм	L, м		
УТ-4 – УТ-4.1	100	86	100	86	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-4.1 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 189	82	12	82	12	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-4.1 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 191	82	84	82	84	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-4 – ТК-1	259	34	259	34	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-1 – ТК-1.1	259	30	259	30	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-1.1 – ТК-2.1	150	18,5	150	18,5	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-2.1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3ж	100	23,4	100	23,4	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-2.1 – ул. Калинина, 175, стр. 9, 10	82	80,5	82	80,5	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК1 – ТК-2	207	71,5	207	71,5	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-2 – ТК-3	150	57	150	57	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-3 – ввод в зд. ул. Калинина, 187а	69	72,4	69	72,4	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-3 – ТК-5	125	96	125	96	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-5 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 185	100	11,6	100	11,6	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-5 – ввод в ТЦ ул. Калинина, 187	50	37	50	37	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-3 – ТК-4	150	78,6	150	78,6	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале

Наименование участка	Подающая труба		Обратная труба		Теплоизоляция	Тип прокладки
	$d_H$ , мм	L, м	$d_H$ , мм	L, м		
ТК-4 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 183	125	25,44	125	25,44	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-4 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 183а	100	18,79	100	18,79	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-4 – ТК-5.1	150	105,1	150	105,1	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-5.1 – ТК-5.2	150	19,88	150	19,88	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-5.2 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 181	100	24,85	100	24,85	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-5.2 – ТК-5.3	150	52,3	150	52,3	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-5.3 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 179	100	17,19	100	17,19	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-5.3 – ТК-5.4	150	73,85	150	73,85	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-5.4 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 177	100	43,11	100	43,11	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-5.2 – ввод в зд. ул. Калинина, 110	150	200	150	200	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т.А – ул. Норильская, 31, стр. 6	50	146	50	146	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. Г – ТК-12	207	35	207	35	Маты из минеральной ваты прошивные	Надземная
ТК-12 – Узел т. 2	207	216	207	216	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 2 – ул. Норильская, 31 стр.4	150	37,3	150	37,3	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 9 – Узел т. Б			207	439	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале

Наименование участка	Подающая труба		Обратная труба		Теплоизоляция	Тип прокладки
	$d_H$ , мм	L, м	$d_H$ , мм	L, м		
Узел т. 8 – Узел т. 9			207	152,5 1	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 7 – Узел т. 8			207	153	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 6 – Узел т. 7			207	135	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 5 – Узел т. 6			207	180	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 4 – Узел т. 5			207	45	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 4 – ТК-12-1-1			259	60,02	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-1 – Узел т. 10			207	150	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 10 – Узел т. 8			207	443	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 8 – Узел т. 11			207	173	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 11 – Узел т. Б			207	418,3 3	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. Б – Узел т. 11	309	419,7			Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 11 – Узел т. 9	309	22,99			Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 9 – Узел т. 8	309	153,7			Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 8 – Узел т. 7	309	153			Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 7 – Узел т. 6	309	135			Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале

Наименование участка	Подающая труба		Обратная труба		Теплоизоляция	Тип прокладки
	$d_H$ , мм	L, м	$d_H$ , мм	L, м		
Узел т. 6 – Узел т. 10	309	135			Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 10 – Узел т. 5	309	45			Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 5 – Узел т. 4	309	45			Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 4 – ТК-12-1-1	309	60			Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 4 – ул. Норильская, 9	82	25	82	25	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 5 – ул. Норильская, 9	50	25	50	25	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 10 – ул. Норильская, 7 стр. 7	150	40	150	40	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 6 – ул. Норильская, 9 стр. 7	50	31,04	50	31,04	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 7 – Узел т. 13	50	45	50	45	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 13 – ул. Норильская, 9 стр. 11	50	21,86	50	21,86	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 13 – узел т.14	50	39	50	39	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 14 – ул. Норильская, 9 стр.11	50	4	50	4	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 14 – ул. Норильская, 9 стр.11	50	24,09	50	24,09	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 8 – ул. Норильская, 9 стр.12	100	64.6	100	64.6	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ул. Норильская, 9 стр.12 – Узел т. 12	100	69,71	100	69,71	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале

Наименование участка	Подающая труба		Обратная труба		Теплоизоляция	Тип прокладки
	$d_H$ , мм	L, м	$d_H$ , мм	L, м		
Узел т. 12 – ул. Норильская, 9 стр.20	69	41,71	69	41,71	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 9 – ул. Норильская, 9 стр. 14	82	64	82	64	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 11 – ул. Норильская, 9 стр. 14	50	48	50	48	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-2 – ТК-12-1-2/2	207	94,3	207	94,3	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-2/2 – ТК-12-1-2/4	207	31,37	207	31,37	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-2/4 – хоз. зд. ООО «Полипак -10»	100	17	100	17	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-2/4 –ЦТП ввод в зд. ул. Норильская, 16д	207	152	207	152	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ЦТП – Узел .16	150	100	150	100	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 15 – Узел т. 16	50	9,42	50	9,42	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 15 – склад ООО «Полипак»	50	116	50	116	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 16 – ТК-12-1-3-1	100	104,8	100	104,8	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 17 – Узел т. 18	100	100	82	100	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 18 – Узел т. 19	100	65	82	65	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 19 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 8	69	19,7	50	19,7	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 19 – Узел т. 20	82	64,7	50	64,7	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале

Наименование участка	Подающая труба		Обратная труба		Теплоизоляция	Тип прокладки
	$d_H$ , мм	L, м	$d_H$ , мм	L, м		
Узел т. 20 – ввод ж.д. ул. Норильская, 10	69	25,3	50	25,3	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 20 – узел т. 21	69	74,3	50	74,3	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 21 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 12	69	26,6	50	26,6	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-3-1 – ТК-12-1-3-2	125	65	125	65	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-3-2 – ул. Норильская, 8	82	19,7	82	19,7	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-3-2 – ТК-12-1-3-3	100	64,7	100	64,7	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-3-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 10	82	25,3	82	25,3	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-3-3 – ТК-12-1-3-4	82	74,3	82	74,3	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-3-4 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 12	82	26,6	82	26,6	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-3-1 – Узел т. 22	150	75	150	75	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 22 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 14	21	2	21	2	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
Узел т. 22 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 6	100	35	100	35	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
УТ-5 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 1а	82	12	82	12	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-1-3-2 – ул. Норильская, 8а	125	49,85	125	49,85	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале
ТК-12-5-1 – Норильская, 4б	82	56,05	82	56,05	Маты из минеральной ваты прошивные	Подземная в непроходном канале

Поправочный коэффициент на нормы тепловых потерь в соответствии с СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» равен 0,95 [2].

Коэффициент шероховатости выбираем в соответствии с проектной документацией.

## 2.1 Пьезометрические графики существующей сети до самых отдалённых потребителей

Выборочные расчетные пьезометрические графики тепловой сети от источника теплоснабжения до тупиковых наиболее удаленных потребителей представлены на рисунках 6 – 10 (при выполнении наладки тепловой сети).

На пьезометрическом графике отображаются:

- линия напора в подающем трубопроводе красным цветом;
- линия напора в обратном трубопроводе синим цветом;
- линия поверхности земли;
- линия не вскипания;
- линия статического напора.

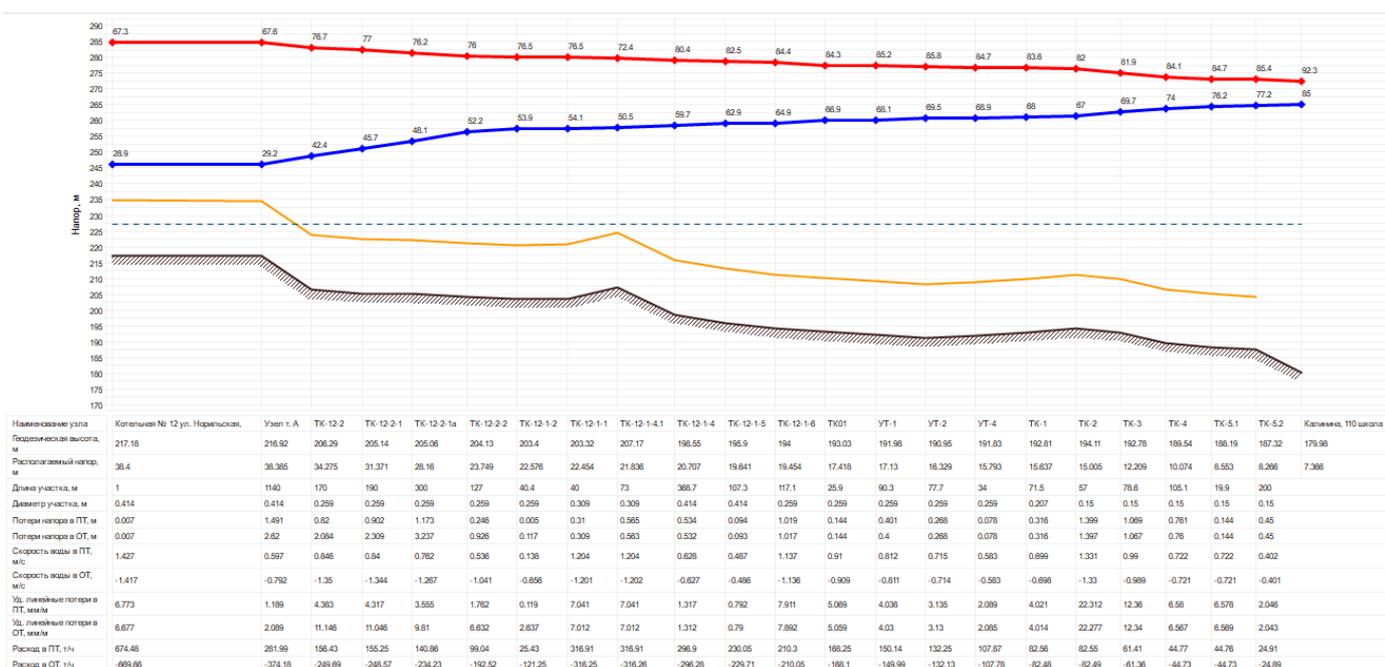


Рисунок 6 – Пьезометрический график от котельной № 12 до школы на ул. Калинина 110

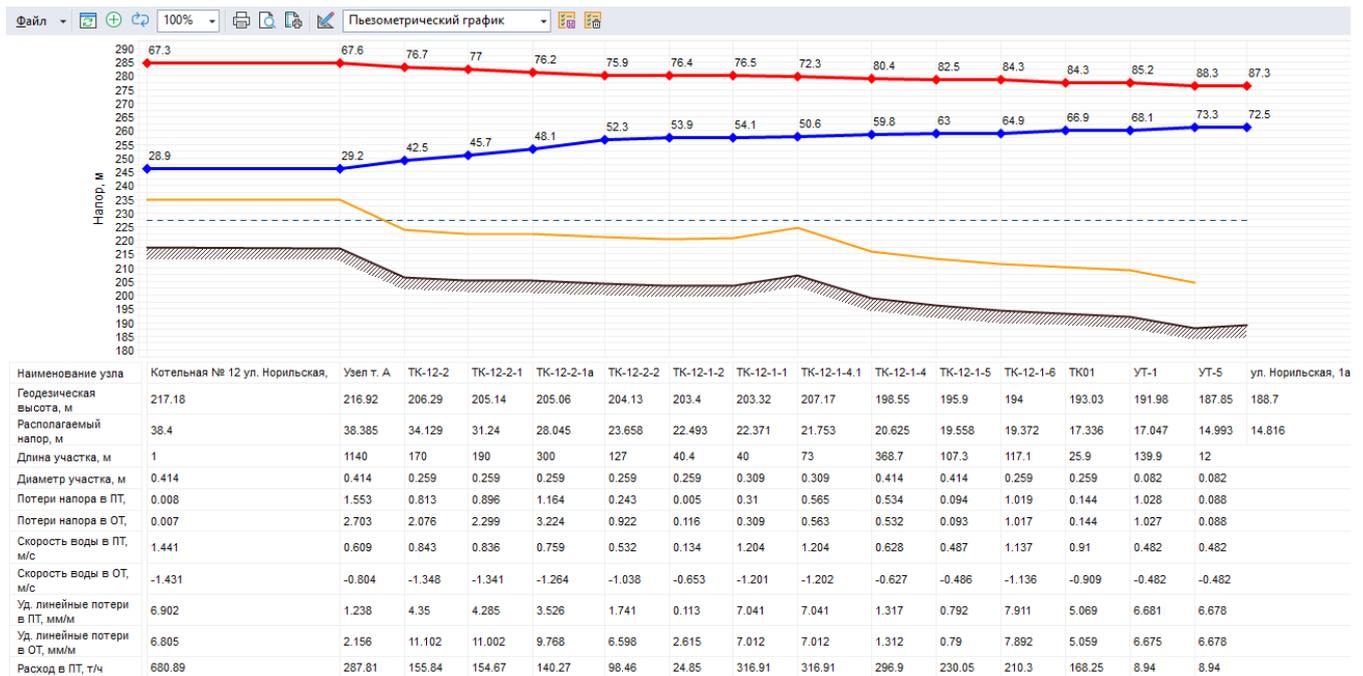


Рисунок 7 – Пьезометрический график от котельной № 12 до жилого дома ул. Норильская, 1а

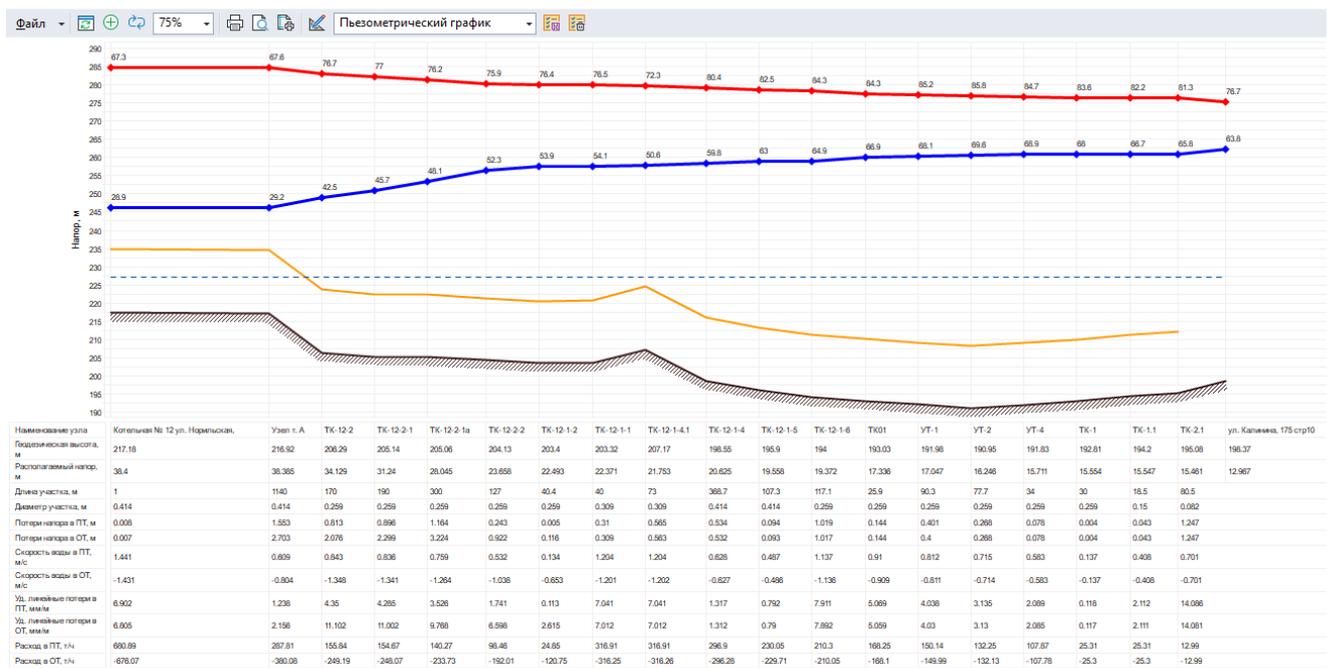


Рисунок 8 – Пьезометрический график от котельной № 12 до жилого дома на ул. Калинина, 175 стр.10

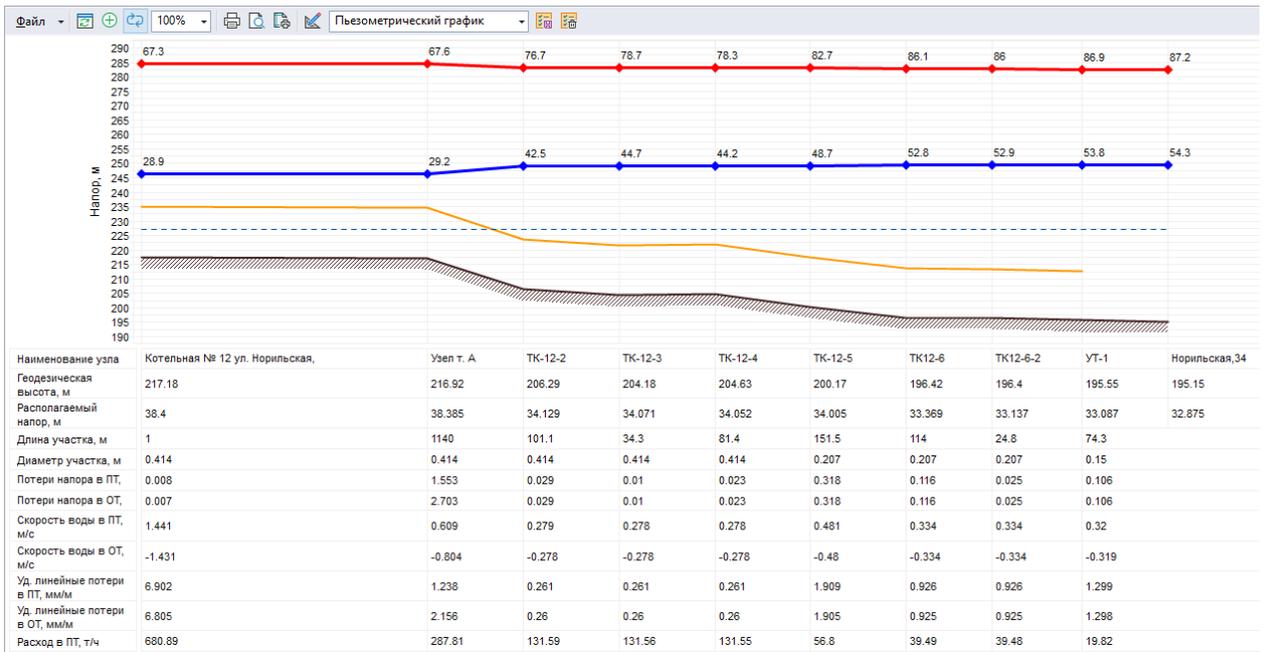


Рисунок 9 – Пьезометрический график от котельной № 12 до жилого дома ул. Норильская, 34



Рисунок 10 – Пьезометрический график от котельной № 12 до жилого дома ул. Норильская, 52



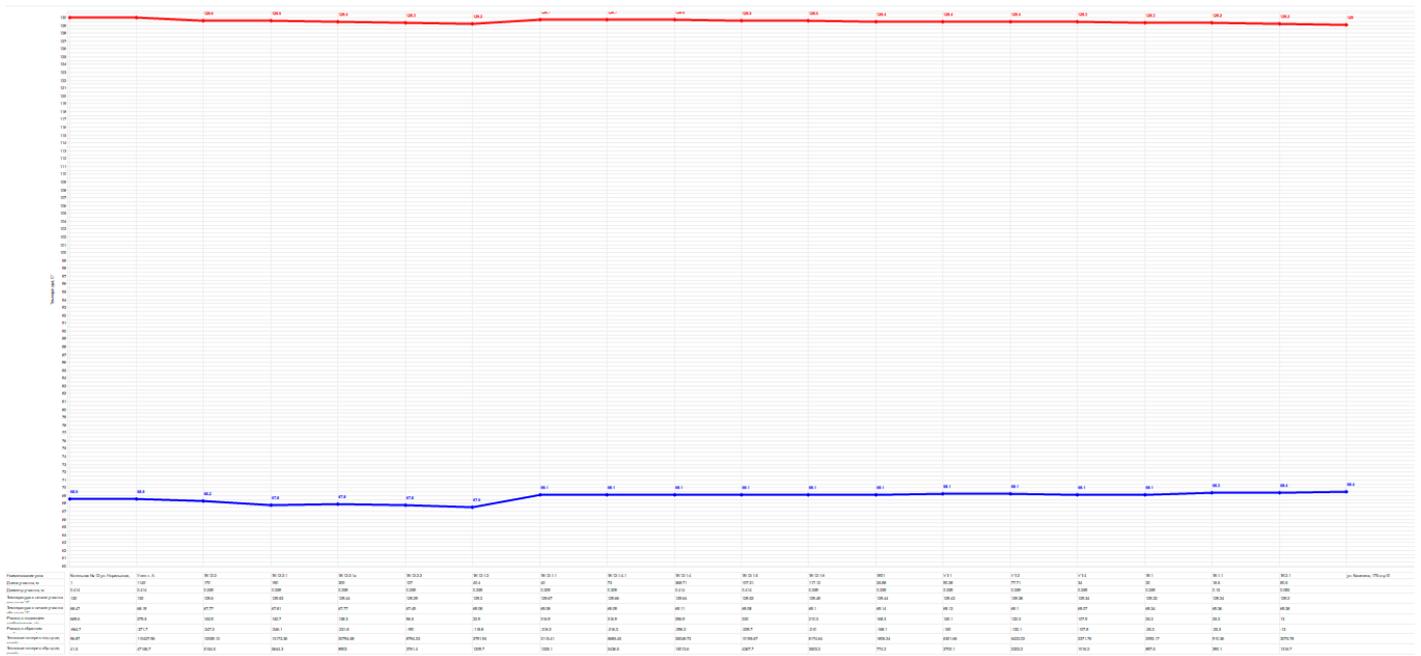


Рисунок 13 – График температур от котельной № 12 до жилого дома на ул. Калинина, 175 стр.10



Рисунок 14 – График температур от котельной № 12 до жилого дома ул. Норильская, 34



Рисунок 15 – График температур от котельной № 12 до жилого дома ул. Норильская, 52

Тепловые потери и потери тепла с утечками приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Тепловые потери и потери тепла с утечками

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч
Котельная № 12- ТК-12-2	110427,96	47156,71	48553,7	25483,57
ТК-12-2 – ТК-12-3	9562,96	4116,44	4298,126	2291,48
ТК-12-3 – ТК-12-4	3260,58	1397,28	1458,49	778,128
ТК-12-4 – ТК-12-5	7732,81	3313,44	3458,067	1846,063
ТК-12-5 – ТК-12-6	9199,06	3943	1607,63	861,0315
ТК-12-6 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 38	911,53	390,99	54,437	29,28
ТК-12-6 – ТК-12-6-2	6923,02	2964,1	1208,125	647,789
ТК-12-6-2 – УТ-1	1504,58	644,75	262,6	141,015
УТ-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 36	575,29	246,64	34,34	18,47
УТ-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 34	3727,08	1595,72	412,76	221,737
ТК-12-5 – ТК-12-5-1	11493,57	4920,74	3422,61	1827,46
ТК-12-5-1 – Норильская, 46	2183,17	939,08	93,186	50,05
ТК-12-5-1 – УТ3-1	4865,41	2086,52	539,875	289,629
УТ3-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 44	304,01	130,36	12,96	6,975
УТ3-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 42	2845,21	1217,75	121,247	65,1
УТ3-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 40	2608,92	1117,61	155,68	83,669

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч
ТК-12-5-1 – ТК-12-5-3	11303,24	4821,08	3359,076	1789,32
ТК-12-5-3 – УТ-8	2878,64	1233,1	625,324	334,934
УТ-8 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 52	521,12	223,47	21,169	11,378
УТ-8 – ввод в зд. на ул. Норильская, 60	2859,4	1222,77	121,882	65,342
Котельная № 12–ТК-12-1	1942,38	832,44	853,0938	452,5577
ТК-12-1 – ТК-12-2-1	12059,12	5154,53	2828,6	1479,34
ТК-12-2-1 – ООО «Сладкий мир» склад на ул. Норильская	5615,5	2331,14	440,97	228,167
ТК-12-2-1а-1 – ул. Норильская, 9а	1755,5	751,54	76,397	40,98
ТК-12-2-1 – ТК-12-2-1а	13173,36	5644,25	3159,375	1654,26
ТК-12-2-1а – ТК-12-2-1а-1	3338,99	1439,29	146,49	78,24
ТК-12-2-1а-1 – ул. Норильская, 9, стр. 25	3778,13	1617,24	164,41	88,193
ТК-12-2-1а – ТК-12-2-2	20794,58	8903,05	4983,93	2610,267
ТК-12-2-2 – ТК-12-2-2-1	4490,77	1938,18	512,1399	274,1299
ТК-12-2-2-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 16ж	2536,49	1087,9	287,3	154,3
ТК-12-2-2-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 16и	10020,24	4280,19	809,65	433,64
ТК-12-2-2 – ТК-12-1-2	8794,23	3761,42	2107,89	1100,54
ТК-12-1-2 – ТК-12-1-1	2791,94	1209,71	669,99	358,349
ТК-12-1-1 – ТК-12-1-4.1	3115,41	1335,13	948,028	505,065
ТК-12-1-4.1 – ТК-12-1-4	5685,45	2436,49	1729,966	921,824
ТК-12-1-4 – ТК-12-1-4-1	2413,09	1035,8	273,49	146,639

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч
ТК-12-1-4-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 4	419,25	179,84	47,4155	25,515
ТК-12-1-4-1 – ТК-12-1-4-1/1	2977,3	1268,21	180,87	96,55
ТК-12-1-4-1/1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 4к	639,07	273,76	38,926	20,91
ТК-12-1-4 – ТК-12-1-5	35048,72	15013,58	15676,74	8358,4
ТК-12-1-5 – ТК-1-5-1Б	1476,68	633,48	167,355	89,57
ТК-12-1-5-1Б –ТК-12-1-5-1А	2956,26	1266,8	334,62	179,179
ТК-12-1-5-1А –ТК-12-1-5-1	6552,16	2807,44	741,115	397,791
ТК-12-1-5-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 4г	507,97	217,76	30,93	16,64
ТК-12-1-5-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 4д	2722,1	1166,1	165,714	89,065
ТК-12-1-5-1А – ТК-12-1-5.2	2216,9	949,52	250,85	134,29
ТК-12-1-5.2 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 4а	630,84	270,61	27,611	14,86
ТК-12-1-5.2 – ТК-12-1-5.2/1	3417,03	1463,29	276,55	148,14
ТК-12-1-5.2/1 –ТК-12-1-5-3	1075,64	460,93	65,55	35,16
ТК-12-1-5-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 6а	243,51	104,45	14,83	7,98
ТК-12-1-5-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 8г	4147,72	1774,22	252,419	135,449
ТК-12-1-5 – ТК-12-1-6	10195,67	4367,66	4559,727	2431,85
ТК-12-1-6 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 5	2242,74	961,11	97,68	52,41
ТК-12-1-6 – ТК-12-1-7	5007,86	2143,89	406,0925	216,3981
ТК-12-1-7 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 1д	1333,97	572,31	58,13	31,23

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч
ТК-12-1-7 – ТК-12-1-8	2872,8	1227,37	232,49	123,97
ТК-12-1-6 – ТК01	8174,64	3503,21	1947,103	1039,22
ТК01 – ТК02	4962,53	2124,75	885,225	472,2
ТК02- ввод в ж.д. ул. Норильская, 3б	633,04	271,98	38,63	20,78
ТК02 – ТК03	5943,83	2543,01	1059,988	564,98
ТК03-ТК04	1495,52	642,16	121,24	65,12
ТК04- ввод в ж.д. ул. Норильская, 3в	466,45	199,93	28,4	15,27
ТК04- ввод в ж.д. ул. Норильская, 3е	1137,62	487,21	49,477	26,59
ТК03 – ТК05	7061,07	3003,08	1256,442	664,9
ТК05 – ТК06	4192,53	1794,14	747,96	399,48
ТК06 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3и	1578,19	675,99	68,72	36,88
ТК01 – УТ-1	1806,24	774,2	430,16	229,76
УТ-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3	420,3	180,55	18,32	9,85
УТ-1 – УТ-5	5452,99	2330,66	232,46	124,41
УТ-5 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 1а	457,27	195,94	19,89	10,69
УТ-1 – УТ-2	6301,66	2700	1500,3	801,43
УТ-2 – УТ-3	770,36	330,78	47	25,26
УТ-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3а	961,6	411,58	31,6	16,96
УТ-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3г	264,08	113,2	11,48	6,18
УТ-2 – УТ-4	5423,02	2323,23	1290,99	689,51
УТ-4 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3д	859,17	368,65	28,27	15,19
УТ-4 – УТ-4.1	3489,17	1495,54	212,8	114,03
УТ-4.1 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 189	458,28	196,52	19,94	10,72
УТ-4.1 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 191	3207,95	1372,83	139,5	74,88
УТ-4 – ТК-1	2371,76	1016,2	564,7	301,57
ТК-1 – ТК-1.1	2092,17	897,53	498,06	267,07
ТК-1.1 – ТК-2.1	910,36	390,11	102,97	55,26
ТК-2.1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3ж	949,96	407,21	57,86	31,11
ТК-2.1 – ул. Калинина, 175, стр. 9, 10	3075,78	1316,69	133,76	71,839
ТК1 – ТК-2	4250,66	1820,74	758,34	404,77
ТК-2 – ТК-3	2800,64	1200,15	317,345	169,48

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч
ТК-3 – ввод в зд. ул. Калинина, 187а	2589,48	1108,97	85,149	45,67
ТК-3 – ТК-5	4578,09	1960,87	370,66	198,63
ТК-5 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 185	469,93	201,44	28,62	15,39
ТК-5 – ввод в ТЦ ул. Калинина, 187	1146,22	490,37	22,8	12,241
ТК-3 – ТК-4	3861,54	1654,41	437,43	233,7
ТК-4 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 183	1212,8	520,32	98,23	52,78
ТК-4 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 183а	761,41	326,89	46,45	24,97
ТК-4 – ТК-5.1	5163,75	2210,78	584,74	312,21
ТК-5.1 – ТК-5.2	975,37	417,99	110,5	59,058
ТК-5.2 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 181	1005,88	431,42	61,34	32,95
ТК-5.2 – ТК-5.3	2565,82	1098,09	290,49	155,09
ТК-5.3 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 179	694,84	298,11	42,38	22,77
ТК-5.3 – ТК-5.4	3617,96	1547,62	409,31	218,927
ТК-5.4 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 177	1739,24	744,98	105,96	56,89
ТК-5.2 – ввод в зд. ул. Калинина, 110	9811,93	4201,01	1109,93	595,27
Узел т.А – ул. Норильская, 31, стр. 6	4635,37	1945,56	89,76	47,17
Узел т. Г – ТК-12	3019,08	2191,91	373,589	199,5
ТК-12 – Узел т. 2	13167,07	5635,7	2297,6	1231,75
Узел т. 2 – ул. Норильская, 31 стр.4	1877,78	804,61	207,94	111,86
Узел т. 9 – Узел т. Б		11219,24		2486,27
Узел т. 8 – Узел т. 9		3896,45		863,8
Узел т. 7 – Узел т. 8		3906,6		865,6
Узел т. 6 – Узел т. 7		3447,25		764,27
Узел т. 5 – Узел т. 6		4595,9		1019,34
Узел т. 4 – Узел т. 5		1148,92		254,9
Узел т. 4 – ТК-12-1-1		1797,19		532,35
ТК-12-1-1 – Узел т. 10		3828,81		849,7
Узел т. 10 – Узел т. 8		11321,82		2513,8
Узел т. 8 – Узел т. 11		4419,94		979,84
Узел т. 11 – Узел т. Б		10687,54		2366,988
Узел т. Б – Узел т. 11	32724,56		9968,36	
Узел т. 11 – Узел т. 9	1792,17		545,83	
Узел т. 9 – Узел т. 8	11984,69		3648,4	
Узел т. 8 – Узел т. 7	11927,36		3631,04	

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч
Узел т. 7 – Узел т. 6	10517,77		3203,02	
Узел т. 6 – Узел т. 10	10518,52		3202,22	
Узел т. 10 – Узел т. 5	3509,19		1067,22	
Узел т. 5 – Узел т. 4	3505,84		1067,13	
Узел т. 4 – ТК-12-1-1	1422,68		4674,24	
Узел т. 4 – ул. Норильская, 9	956,5	410,89	41,72	22,42
Узел т. 5 – ул. Норильская, 9	777,19	333,34	15,5	8,319
Узел т. 10 – ул. Норильская, 7 стр. 7	1972,49	847,69	223,5	120,26
Узел т. 6 – ул. Норильская, 9 стр. 7	965,04	414,29	19,257	10,34
Узел т. 7 – Узел т. 13	1398,96	596,39	27,9	14,73
Узел т. 13 – ул. Норильская, 9 стр. 11	676	289,9	13,5	7,23
Узел т. 13 – узел т.14	1206,03	514,66	24,06	12,75
Узел т. 14 – ул. Норильская, 9 стр.11	123,17	52,9	2,46	1,32
Узел т. 14 – ул. Норильская, 9 стр.11	741,77	314,73	14,72	7,823
Узел т. 8 – ул. Норильская, 9 стр.12	2627,64	1127,73	160,48	85,92
ул. Норильская, 9 стр.12 – Узел т. 12	2839,53	1210,29	172,65	92,04
Узел т. 12 – ул. Норильская, 9 стр.20	1490,92	638,34	49	26,29
Узел т. 9 – ул. Норильская, 9 стр. 14	2450,81	1052,95	106,91	57,45
Узел т. 11 – ул. Норильская, 9 стр. 14	1492,99	585,64	28,628	14,12
ТК-12-1-2 – ТК-12-1- 2/2	5556,3	2347,03	999,2	501,9
ТК-12-1-2/2 – ТК-12- 1-2/4	1821,8	780,71	332,27	167,024
ТК-12-1-2/4 – хоз. зд. ООО «Полипак -10»	673,53	295,39	42	22,56
ТК-12-1-2/4 – ЦТП ввод в зд. ул. Норильская, 16д	8826,62	3775,8	1609,026	806,32
ЦТП – Узел .16	5882,8	2558,2	555,27	292,03
Узел т. 15 – Узел т. 16	354,77	149,56	5,8	2,918
Узел т. 15 – склад ООО «Полипак»	4297,34	1819,9	70,17	36,46
Узел т. 16 – ТК-12-1- 3-1	24015,61	10281,41	25795,4	13673,7
Узел т. 17 – Узел т. 18	4876,4	2092,81	245	85,98

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч
Узел т. 18 – Узел т. 19	3174,04	1361,53	157,52	57,24
Узел т. 19 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 8	849,56	420,87	22,558	9,519
Узел т. 19 – Узел т. 20	2976,18	1218,5	104,3	18,81
Узел т. 20 – ввод ж.д. ул. Норильская, 10	1042,27	12,42	28,57	3,72
Узел т. 20 – узел т. 21	3060,88	1297,6	83	22,14
Узел т. 21 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 12	1083,92	462,75	29,11	8,06
ТК-12-1-3-1 – ТК-12-1-3-2	3762,12	1612,16	249,1	132,88
ТК-12-1-3-2 – ул. Норильская, 8	912,07	391,39	32,45	17,43
ТК-12-1-3-2 – ТК-12-1-3-3	3182,69	1362,25	158,48	84,55
ТК-12-1-3-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 10	1169,82	501,74	41,61	22,336
ТК-12-1-3-3 – ТК-12-1-3-4	3435,48	1468,53	122	65,17
ТК-12-1-3-4 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 12	1226,74	525,5	43,58	23,38
ТК-12-1-3-1 – Узел т. 22	4472,05	1911,7	413,16	220,3
Узел т. 22 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 14	60,62	26	0,2154	0,11566
Узел т. 22 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 6	1717,5	735,48	85,41	45,8
ТК-12-1-3-2 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 8а	2884,94	1234,53	190,58	102,047
<b>Итого, ккал/ч</b>	<b>738960</b>	<b>337830</b>	<b>186330</b>	<b>97330</b>
<b>Итого, Гкал/ч</b>	<b>0,73896</b>	<b>0,33783</b>	<b>0,18633</b>	<b>0,09733</b>

### 3 Подключение нового потребителя

Будет производиться подключение потребителя по адресу ул. Норильская, 50. По проектной документации нагрузка на систему отопления равна 0,1429 Гкал/ч, ГВС – 0,252 Гкал/ч. Для этого следует произвести прокладку трубопровода в подземном непроходном канале длиной 18 м, диаметром 80 мм до ввода в здание. Выбор величины диаметра зависит от удельных линейных потерь по длине, они не должны превышать 80 Па/м (8 мм. в. ст./м).

#### 3.1 Пьезометрический график до и после подключения

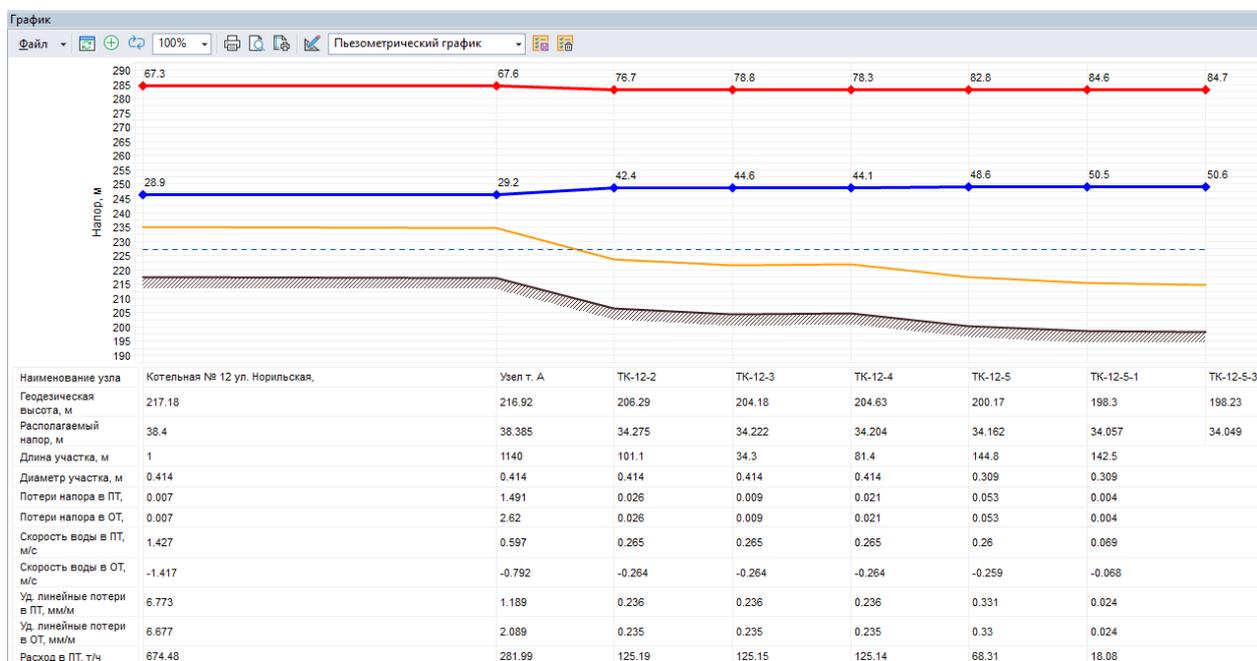


Рисунок 13 – Исходный пьезометрический график от котельной № 12 до ТК-12-5-3

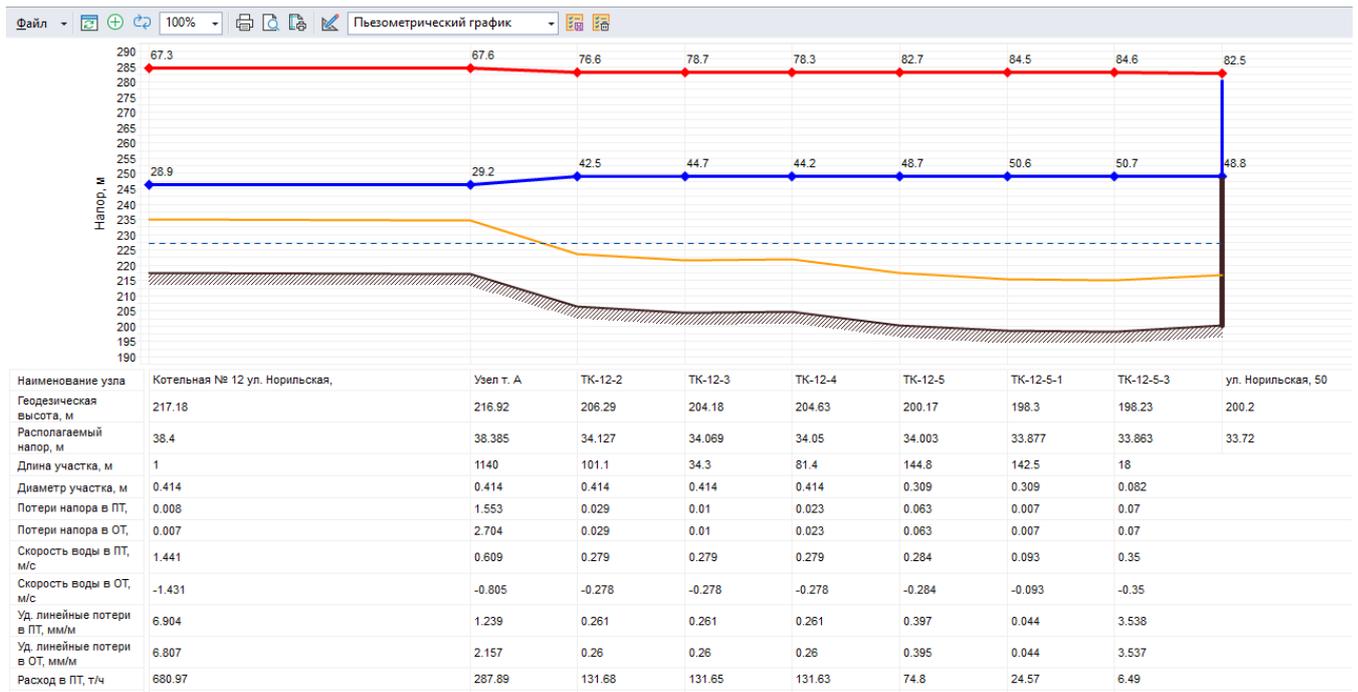


Рисунок 14 – Пьезометрический график после подключения от котельной № 12 до ТК-12-5-3

### 3.2 Графики температур до и после подключения

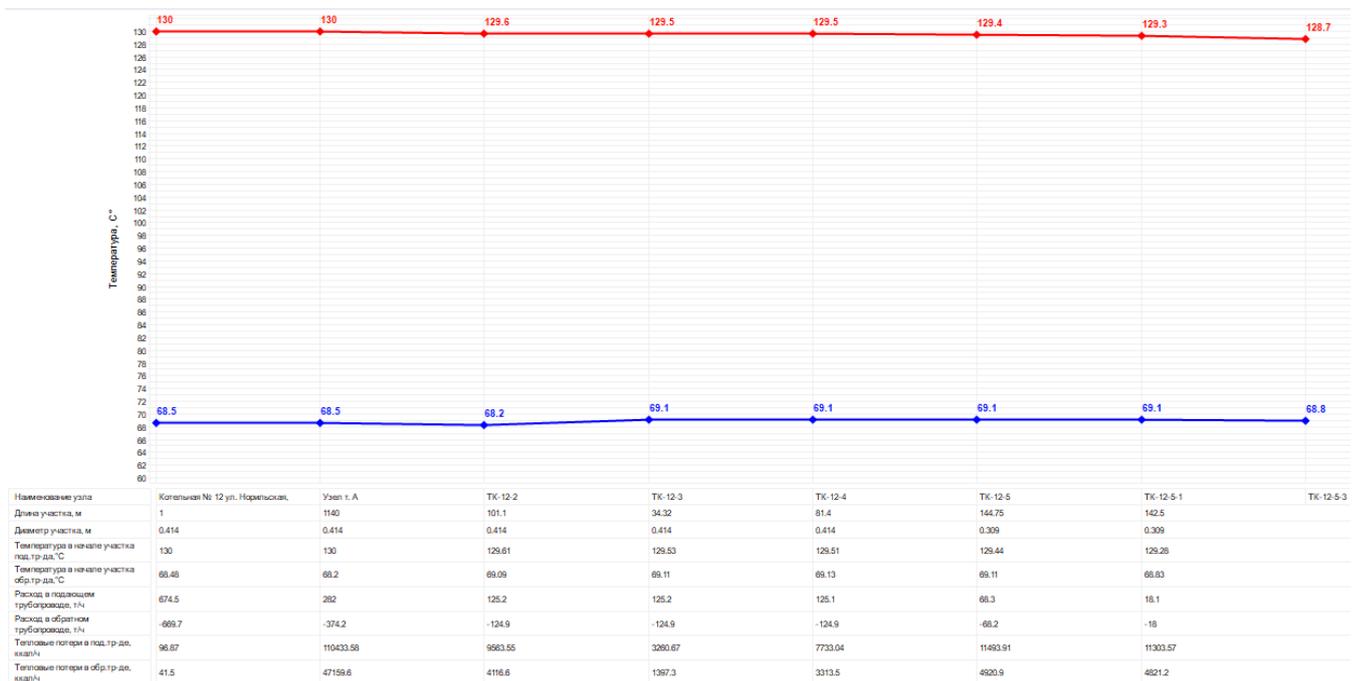


Рисунок 15 – Исходный график температур от котельной № 12 до ТК-12-5-3

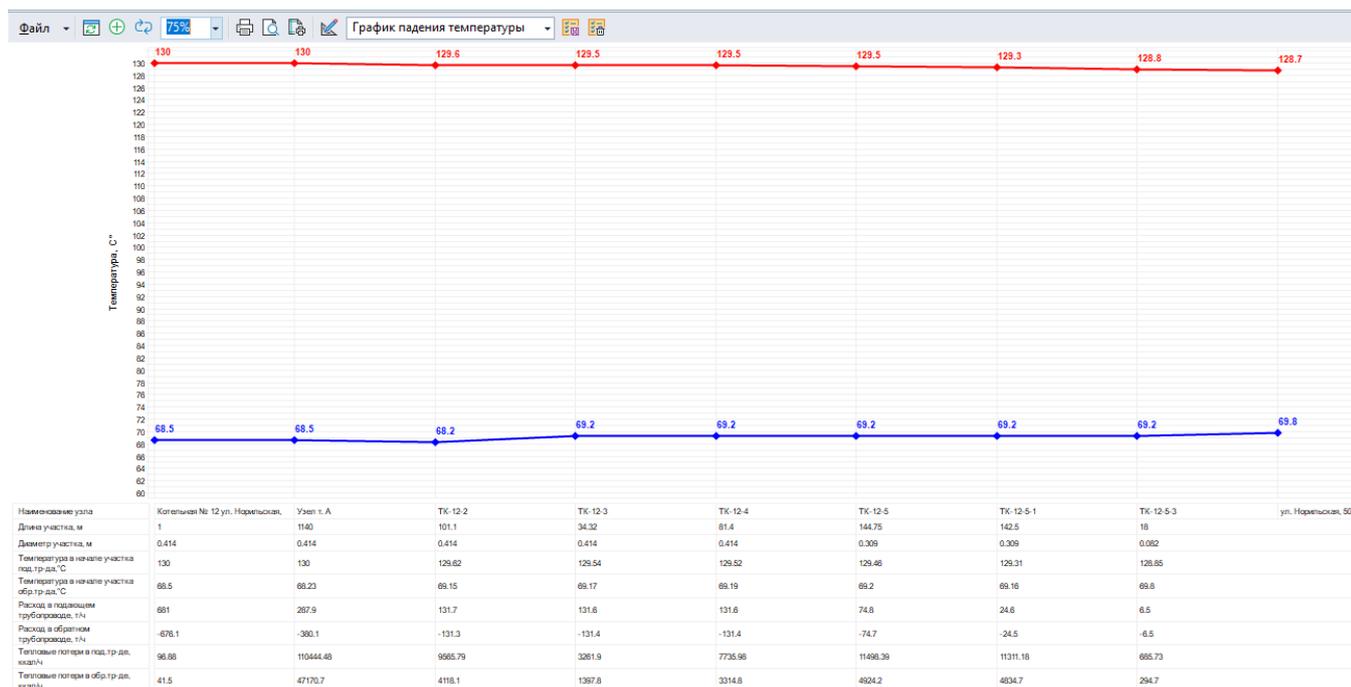


Рисунок 16 – График температур после подключения от котельной № 12 до ТК-12-5-3

Таблица 3 - Тепловые потери и потери тепла с утечками

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч
Котельная № 12- ТК-12-2	110508,45	47220,39	48556,38	25573,72
ТК-12-2 – ТК-12-3	9575,86	4129,99	4298,7	2311,47
ТК-12-3 – ТК-12-4	3271,3	1401,89	1458,71	784,9
ТК-12-4 – ТК-12-5	7758,29	3324,41	3458,7	1862
ТК-12-5 – ТК-12-6	9229,5	3943,82	1607,93	861
ТК-12-6 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 38	911,72	391,08	54,44	29,28
ТК-12-6 – ТК-12-6-2	6924,45	2964,71	1208,35	647,926
ТК-12-6-2 – УТ-1	1504,9	644,788	262,65	141,04
УТ-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 36	575,29	246,64	34,34	18,47
УТ-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 34	3727,85	1596,05	412,84	221,78
ТК-12-5 – ТК-12-5-1	11531,6	4948,85	3423,5	1854,9
ТК-12-5-1 – Норильская, 46	2195,64	936,42	93,218	50,07
ТК-12-5-1 – УТ3-1	4865,41	2087,29	540	289,74
УТ3-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 44	304,12	130,36	12,96	6,975
УТ3-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 42	2846,26	1218,19	121,28	65,13
УТ3-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 40	2609,9	1118,02	155,73	83,7

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч
ТК-12-5-1 – ТК-12-5-3	11367,78	4904,53	3362,9	1868,5
ТК-12-5-3 – УТ-8	2928,44	1235,71	626,53	335,65
УТ-8 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 52	522,22	223,95	21,21	11,4
УТ-8 – ввод в зд. на ул. Норильская, 60	2859,4	1222,77	121,882	65,342
Котельная № 12–ТК-12-1	1942,38	832,44	853,0938	452,5577
ТК-12-1 – ТК-12-2-1	12075,4	5155,36	2828,92	1479,667
ТК-12-2-1 – ООО «Сладкий мир» склад на ул. Норильская	5616,4	2331,43	441,023	228,197
ТК-12-2-1а-1 – ул. Норильская, 9а	1755,73	751,64	76,4	40,98
ТК-12-2-1 – ТК-12-2-1а	13175,46	5645,17	3159,75	1654,62
ТК-12-2-1а – ТК-12-2-1а-1	3339,53	1439,48	146,51	78,25
ТК-12-2-1а-1 – ул. Норильская, 9, стр. 25	3778,64	1617,46	164,43	88,2
ТК-12-2-1а – ТК-12-2-2	20797,97	8904,62	4984,58	2610,86
ТК-12-2-2 – ТК-12-2-2-1	4491,56	1938,48	512,2	274,17
ТК-12-2-2-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 16ж	2536,87	1088,06	287,04	154,326
ТК-12-2-2-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 16и	10021,75	4280,84	809,76	433,71
ТК-12-2-2 – ТК-12-1-2	8795,78	3762,18	2108,197	1100,85
ТК-12-1-2 – ТК-12-1-1	2792,5	1209,72	670,11	358,35
ТК-12-1-1 – ТК-12-1-4.1	3115,43	1335,15	948,03	505,065
ТК-12-1-4.1 – ТК-12-1-4	5685,5	2436,51	1729,98	921,83
ТК-12-1-4 – ТК-12-1-4-1	2413,11	1035,8	273,49	146,639

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч
ТК-12-1-4-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 4	419,25	179,84	47,4155	25,515
ТК-12-1-4-1 – ТК-12-1-4-1/1	2977,32	1268,22	180,87	96,55
ТК-12-1-4-1/1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 4к	639,07	273,76	38,926	20,91
ТК-12-1-4 – ТК-12-1-5	35049,03	15013,71	15676,86	8358,47
ТК-12-1-5 – ТК-1-5-1Б	1476,7	633,49	167,35	89,57
ТК-12-1-5-1Б –ТК-12-1-5-1А	2956,28	1266,81	334,62	179,179
ТК-12-1-5-1А –ТК-12-1-5-1	6552,22	2807,46	741,12	397,79
ТК-12-1-5-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 4г	507,97	217,76	30,93	16,64
ТК-12-1-5-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 4д	2722,1	1166,1	165,714	89,065
ТК-12-1-5-1А – ТК-12-1-5.2	2216,92	949,53	250,85	134,29
ТК-12-1-5.2 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 4а	630,84	270,61	27,611	14,86
ТК-12-1-5.2 – ТК-12-1-5.2/1	3417,05	1463,3	276,55	148,14
ТК-12-1-5.2/1 –ТК-12-1-5-3	1075,65	460,93	65,55	35,16
ТК-12-1-5-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 6а	243,51	104,45	14,83	7,98
ТК-12-1-5-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 8г	4147,76	1774,24	252,42	135,45
ТК-12-1-5 – ТК-12-1-6	10195,76	4367,7	4559,76	2431,87
ТК-12-1-6 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 5	2242,76	961,12	97,68	52,41
ТК-12-1-6 – ТК-12-1-7	5007,9	2143,9	406,095	216,4
ТК-12-1-7 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 1д	1333,97	572,31	58,13	31,23

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч
ТК-12-1-7 – ТК-12-1-8	2872,83	1227,38	232,499	123,97
ТК-12-1-8 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 1	2450,69	1049,11	106,68	57,2
ТК-12-1-6 – ТК01	8174,71	3503,24	1947,119	1039,23
ТК01 – ТК02	4962,58	2124,77	885,23	472,2
ТК02- ввод в ж.д. ул. Норильская, 3б	633,04	271,98	38,63	20,78
ТК02 – ТК03	5943,88	2543,03	1059,99	564,98
ТК03-ТК04	1495,54	642,17	121,24	65,12
ТК04- ввод в ж.д. ул. Норильская, 3в	466,45	199,93	28,4	15,27
ТК04- ввод в ж.д. ул. Норильская, 3е	1137,62	487,21	49,477	26,59
ТК03 – ТК05	7061,13	3003,11	1256,45	664,98
ТК05 – ТК06	4192,56	1794,16	747,97	399,49
ТК06 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3и	1578,19	675,99	68,72	36,88
ТК01 – УТ-1	1806,24	774,2	430,16	229,76
УТ-1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3	420,3	180,55	18,32	9,85
УТ-1 – УТ-5	5453,03	2330,68	232,46	124,41
УТ-5 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 1а	457,27	195,94	19,89	10,69
УТ-1 – УТ-2	6301,71	2700,12	1500,31	801,43
УТ-2 – УТ-3	770,36	330,78	47	25,26
УТ-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3а	961,6	411,58	31,6	16,96
УТ-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3г	264,08	113,2	11,48	6,18
УТ-2 – УТ-4	5423,06	2323,25	1291	689,516
УТ-4 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3д	859,17	368,65	28,27	15,19
УТ-4 – УТ-4.1	3489,2	1495,56	212,8	114,038
УТ-4.1 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 189	458,28	196,52	19,94	10,72
УТ-4.1 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 191	3207,98	1372,84	139,5	74,88
УТ-4 – ТК-1	2371,78	1016,21	564,7	301,57
ТК-1 – ТК-1.1	2092,19	897,54	498,069	267,07
ТК-1.1 – ТК-2.1	910,36	390,11	102,97	55,26
ТК-2.1 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 3ж	949,96	407,21	57,86	31,11
ТК-2.1 – ул. Калинина, 175, стр. 9, 10	3075,81	1316,7	133,76	71,839

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч
ТК1 – ТК-2	4250,7	1820,75	758,34	404,77
ТК-2 – ТК-3	2800,67	1200,16	317,348	169,489
ТК-3 – ввод в зд. ул. Калинина, 187а	2589,51	1108,98	85,15	45,67
ТК-3 – ТК-5	4578,13	1960,88	370,66	198,63
ТК-5 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 185	469,93	201,44	28,62	15,39
ТК-5 – ввод в ТЦ ул. Калинина, 187	1146,23	490,38	22,8	12,241
ТК-3 – ТК-4	3861,58	1654,42	437,44	233,7
ТК-4 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 183	1212,8	520,32	98,23	52,78
ТК-4 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 183а	761,41	326,89	46,45	24,97
ТК-4 – ТК-5.1	5163,79	2210,79	584,74	312,21
ТК-5.1 – ТК-5.2	975,37	417,99	110,5	59,058
ТК-5.2 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 181	1005,88	431,42	61,34	32,95
ТК-5.2 – ТК-5.3	2565,84	1098,1	290,49	155,09
ТК-5.3 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 179	694,84	298,11	42,38	22,77
ТК-5.3 – ТК-5.4	3617,99	1547,63	409,31	218,93
ТК-5.4 – ввод в ж.д. ул. Калинина, 177	1739,24	744,98	105,96	56,89
ТК-5.2 – ввод в зд. ул. Калинина, 110	9812,01	4201,04	1109,93	595,27
Узел т.А – ул. Норильская, 31, стр. 6	4635,64	1945,56	89,76	47,17
Узел т. Г – ТК-12	3019,08	2191,91	373,589	199,5
ТК-12 – Узел т. 2	13167,08	5635,7	2297,6	1231,75
Узел т. 2 – ул. Норильская, 31 стр.4	1877,78	804,61	207,94	111,86
Узел т. 9 – Узел т. Б		11219,93		2486,67
Узел т. 8 – Узел т. 9		3896,72		863,95
Узел т. 7 – Узел т. 8		3907,15		865,9
Узел т. 6 – Узел т. 7		3447,73		764,55
Узел т. 5 – Узел т. 6		4596,56		1019,71
Узел т. 4 – Узел т. 5		1148,92		254,9
Узел т. 4 – ТК-12-1-1		1797,21		532,35
ТК-12-1-1 – Узел т. 10		3828,84		849,7
Узел т. 10 – Узел т. 8		11321,9		2513,8
Узел т. 8 – Узел т. 11		4420,25		980,01
Узел т. 11 – Узел т. Б		10688,29		2367,427
Узел т. Б – Узел т. 11	32726,73		9968,4	
Узел т. 11 – Узел т. 9	1792,17		545,83	

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч
Узел т. 9 – Узел т. 8	11985.43		3648,43	
Узел т. 8 – Узел т. 7	11928.18		3631,08	
Узел т. 7 – Узел т. 6	10519.25		3203,06	
Узел т. 6 – Узел т. 10	10520		3202,28	
Узел т. 10 – Узел т. 5	3509,22		1067,24	
Узел т. 5 – Узел т. 4	3506.35		1067,15	
Узел т. 4 – ТК-12-1-1	4674,93		1422,71	
Узел т. 4 – ул. Норильская, 9	956,5	410,89	41,72	22,42
Узел т. 5 – ул. Норильская, 9	777,19	333,34	15,5	8,319
Узел т. 10 – ул. Норильская, 7 стр. 7	1972,49	847,69	223,5	120,26
Узел т. 6 – ул. Норильская, 9 стр. 7	965,04	414,29	19,257	10,34
Узел т. 7 – Узел т. 13	1398,98	596,39	27,9	14,73
Узел т. 13 – ул. Норильская, 9 стр. 11	676	289,9	13,5	7,23
Узел т. 13 – узел т.14	1206,03	514,66	24,06	12,75
Узел т. 14 – ул. Норильская, 9 стр.11	123,17	52,9	2,46	1,32
Узел т. 14 – ул. Норильская, 9 стр.11	741,77	314,73	14,72	7,823
Узел т. 8 – ул. Норильская, 9 стр.12	2627,66	1127,74	160,48	85,92
ул. Норильская, 9 стр.12 – Узел т. 12	2839,53	1210,3	172,65	92,04
Узел т. 12 – ул. Норильская, 9 стр.20	1490,92	638,34	49	26,29
Узел т. 9 – ул. Норильская, 9 стр. 14	2450,81	1052,95	106,91	57,45
Узел т. 11 – ул. Норильская, 9 стр. 14	1492,99	585,64	28,628	14,12
ТК-12-1-2 – ТК-12-1- 2/2	5556,45	2347,19	999,27	501,95
ТК-12-1-2/2 – ТК-12- 1-2/4	1821,8	780,71	332,27	167,024
ТК-12-1-2/4 – хоз. зд. ООО «Полипак -10»	673,53	295,39	42	22,56
ТК-12-1-2/4 – ЦТП ввод в зд. ул. Норильская, 16д	8827,22	3776,05	1609,129	806,38
ЦТП – Узел .16	58823,15	2558,36	555,3	292,05
Узел т. 15 – Узел т. 16	354,77	149,56	5,8	2,918
Узел т. 15 – склад ООО «Полипак»	4297,61	1820,01	70,17	36,46

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающ., ккал/ч	Обратный, ккал/ч
Узел т. 16 – ТК-12-1-3-1	24017,12	10282,06	25797,04	13674,7
Узел т. 17 – Узел т. 18	4876,7	2092,94	245,02	85,98
Узел т. 18 – Узел т. 19	3174,24	1361,62	157,53	57,249
Узел т. 19 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 8	849,56	420,87	22,558	9,519
Узел т. 19 – Узел т. 20	2976,36	1218,57	104,3	18,81
Узел т. 20 – ввод ж.д. ул. Норильская, 10	1042,27	12,42	28,57	3,72
Узел т. 20 – узел т. 21	3061,08	1297,68	83	22,14
Узел т. 21 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 12	1083,99	462,78	29,11	8,06
ТК-12-1-3-1 – ТК-12-1-3-2	3762,36	1612,26	249,1	132,88
ТК-12-1-3-2 – ул. Норильская, 8	912,07	391,39	32,45	17,43
ТК-12-1-3-2 – ТК-12-1-3-3	3182,89	1362,33	158,49	84,56
ТК-12-1-3-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 10	1169,82	501,74	41,61	22,336
ТК-12-1-3-3 – ТК-12-1-3-4	3435,69	1468,63	122	65,18
ТК-12-1-3-4 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 12	1226,74	525,5	43,58	23,38
ТК-12-1-3-1 – Узел т. 22	4472,33	1911,82	413,192	220,32
Узел т. 22 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 14	60,62	26	0,2154	0,11566
Узел т. 22 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 6	1717,61	735,53	85,41	45,8
ТК-12-1-3-2 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 8а	2885,12	1234,6	190,6	102,05
ТК-12-5-3 – ввод в ж.д. ул. Норильская, 50	695,63	306,95	29,85	17,96
<b>Итого, ккал/ч</b>	<b>740040</b>	<b>338360</b>	<b>186370</b>	<b>97580</b>
<b>Итого, Гкал/ч</b>	<b>0,74004</b>	<b>0,33836</b>	<b>0,18637</b>	<b>0,09758</b>

Тепловые потери в подающем и обратном трубопроводе стали составлять: 0,74004 Гкал/ч; 0,33836 Гкал/ч.

Потери тепла от утечек в подающем и обратном трубопроводе стали составлять: 0,18637 Гкал/ч; 0,09758 Гкал/ч.

## 4 Расчет теплоизоляции трубопроводов

Для того, чтобы транспортировка теплоносителя происходила с минимальными тепловыми потерями, трубопроводы покрывают тепловой изоляцией. Одним из самых эффективных теплоизоляционных материалов считается пенополиуретан. Его основные преимущества состоят в том, что при применении данной теплоизоляции увеличивается срок эксплуатации трубопроводов до 25 лет; наличие системы оперативно-дистанционного контроля (ОДК) позволяет контролировать целостность трубы без проведения земляных работ; обеспечивают отсутствие блуждающих токов.

### Подземная прокладка в непроходных каналах

Тепловые потери через изолированную поверхность двухтрубных тепловых сетей, прокладываемых в непроходном канале шириной  $b$  и высотой  $h$ , м, на глубине  $H$ , м, от поверхности земли до оси канала определяются по формуле

В соответствии с СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» табл. 8 суммарная линейная плотность теплового потока  $q_L = 37 \text{ Вт/м}$  [2].

$$q_{1,2}^L = \frac{(t_{\text{кан}} - t_{\text{н}})K}{R_{\text{кан}} + R_{\text{Гр}}^K} \quad (1)$$

Коэффициент дополнительных тепловых потерь  $K$  при расчете толщины изоляции по нормированной плотности теплового потока принимается равным 1.

Температура воздуха в канале  $t_{\text{кан}}$  определяется по формуле, °С:

$$t_{\text{кан}} = \frac{\frac{t_{\text{в1}}}{R_{\text{из1}}^L + R_{\text{н1}}^L} + \frac{t_{\text{в2}}}{R_{\text{из2}}^L + R_{\text{н2}}^L} + \frac{t_{\text{н}}}{R_{\text{кан}} + R_{\text{Гр}}^K}}{\frac{1}{R_{\text{из1}}^L + R_{\text{н1}}^L} + \frac{1}{R_{\text{из2}}^L + R_{\text{н2}}^L} + \frac{1}{R_{\text{кан}} + R_{\text{Гр}}^K}}; \quad (2)$$

$$\text{где } R_{\text{из1}}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{\text{из}}} \cdot \ln \frac{d_1 + 2\delta_{\text{из1}}}{d_1}; \quad (3)$$

$$R_{из2}^L = \frac{1}{2\pi\lambda_{из}} \cdot \ln \frac{d_2 + 2\delta_{из2}}{d_2}; \quad (4)$$

$$R_{н1}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_k(d_1 + 2\delta_{из1})}; \quad (5)$$

$$R_{н2}^L = \frac{1}{2\pi\alpha_k(d_2 + 2\delta_{из2})}; \quad (6)$$

$$R_{кан} = \frac{1}{\pi\alpha_k \frac{2bh}{b+h}}; \quad (7)$$

здесь  $q_{1,2}^L$  – линейные плотности теплового потока от подающего и обратного трубопровода, Вт/м;

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

$t_{в1}, t_{в2}$  – температуры подающего и обратного трубопровода, °С;

$R_{из1}^L, R_{из2}^L$  – термические сопротивления изоляции подающего и обратного трубопроводов, м·°С/Вт;

$R_{н1}^L, R_{н2}^L$  – термические сопротивления теплоотдаче от поверхности изоляции подающего и обратного трубопроводов, м·°С/Вт;

$R_{кан}$  – термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха к поверхности канала, м·°С/Вт;

$h, b$  – высота и ширина канала, соответственно, м;

$\alpha_k$  – коэффициент теплоотдаче в канале, принимается равным 11 Вт/(м<sup>2</sup>·°С);

$\lambda_{из}$  – теплопроводность изоляции в конструкции, принимаем для пенополиуретана 0,025 Вт/(м·°С);

$\delta_{из1}, \delta_{из2}$  – толщины изоляции подающего и обратного трубопроводов, м;

$R_{гр}^к$  – термическое сопротивление грунта, Вт/(м·°С), определяется по формуле

$$R_{гр}^к = \frac{\ln \left[ 3,5 \frac{H}{h} \left( \frac{h}{b} \right)^{0,25} \right]}{\left( 5,7 + 0,5 \frac{b}{h} \right) \lambda_{гр}} ; \quad (8)$$

$\lambda_{гр}$  – теплопроводность грунта, принимаем 1,2 Вт/(м·°С) по табл. В.6;

$H$  – глубина заложения, расстояние от оси трубы до поверхности земли, принимаем 1,5 м.

Расчет требуемой толщины тепловой изоляции по нормированной плотности теплового потока проводится по суммарной нормативной линейной плотности теплового потока от подающего и обратного трубопровода, в этом случае определяется толщина изоляции, одинаковая для обоих трубопроводов.

Расчет толщины изоляции подающего и обратного трубопровода по суммарной нормативной линейной плотности теплового потока выполняется методом последовательных приближений (методом подбора).

Задаемся толщиной изоляции  $\delta_{из1} = \delta_{из2} = 0,055$  м.

Термические сопротивления изоляции подающего и обратного трубопроводов, м·°С/Вт:

$$R_{из1}^L = R_{из2}^L = \frac{1}{2\pi \cdot 0,025} \cdot \ln \frac{0,089 + 2 \cdot 0,055}{0,089} = 5,123 .$$

Термические сопротивления теплоотдаче от поверхности изоляции подающего и обратного трубопроводов, м·°С/Вт:

$$R_{н1}^L = R_{н2}^L = \frac{1}{2\pi \cdot 11(0,089 + 2 \cdot 0,055)} = 0,073 .$$

Термическое сопротивление теплоотдаче от воздуха к поверхности канала, м·°С/Вт:

$$R_{кан} = \frac{1}{\pi \cdot 11 \frac{2 \cdot 0,61 \cdot 1,17}{0,61 + 1,17}} = 0,036 .$$

Прокладка труб 2Ду80 в ППУ изоляции производится в непроходном канале шириной  $h = 610$  мм, высотой  $b = 1170$  мм [3].

Термическое сопротивление грунта, Вт/(м·°С):

$$R_{\text{гр}}^{\text{к}} = \frac{\ln \left[ 3,5 \frac{1,5}{0,61} \left( \frac{0,61}{1,17} \right)^{0,25} \right]}{\left( 5,7 + 0,5 \frac{0,61}{1,17} \right)^{1,2}} = 0,249 .$$

Температура воздуха в канале  $t_{\text{кан}}$  определяется по формуле, °С:

$$t_{\text{кан}} = \frac{\frac{90}{5,123+0,073} + \frac{50}{5,123+0,073} + \frac{-37}{0,036+0,249}}{\frac{1}{5,123+0,073} + \frac{1}{5,123+0,073} + \frac{1}{0,036+0,249}} = -26,419$$

Тепловые потери, Вт/м:

$$q_{1,2}^L = \frac{(-26,419+37)1}{0,036+0,249} = 37,117$$

Данные тепловые потери отличаются от принятого значения суммарной линейной плотности теплового потока на 0,3%, следовательно заданная толщина теплоизоляционного слоя  $\delta_{\text{из1}} = \delta_{\text{из2}} = 0,055$  м подобрана верно.

## 5 Прочностной расчет трубопровода

При эксплуатации тепловых сетей возникает температурное удлинение, которое, в свою очередь, зависит от температуры теплоносителя. Во избежание деформации или повреждения трубопровода применяются компенсаторы. В данном проекте применяется самокомпенсация за счет поворота теплотрассы, соответственно следует определить длину плеч Г-образного компенсатора и изгибающее компенсационное напряжение [4].

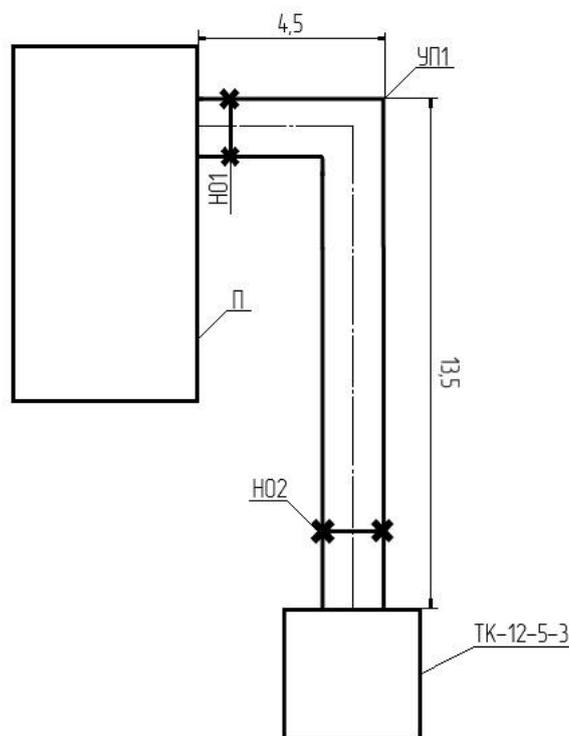


Рисунок 17 – принципиальная схема прокладываемого трубопровода

Величина теплового удлинения трубопровода по формуле, мм

$$\Delta l = \alpha l (t_1 - t_2); \quad (9)$$

$\alpha$  - коэффициент линейного расширения углеродистых трубных сталей, мм/(м·°С);

$l$  – длина рассматриваемого участка трубопровода, м;

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

$t_2$  – минимальная температура стенки трубы, принимаемая равной расчетной температуре наружного воздуха для отопления, °С.

Коэффициент линейного расширения при температуре 130 °С принимается равным  $\alpha = 1,24 \cdot 10^{-2}$  мм/(м·°С).

$$\Delta l = 1,24 \cdot 10^{-2} \cdot 18 \cdot (130 + 37) = 37,27 ;$$

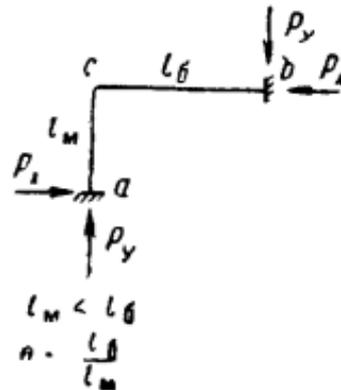


Рисунок 18 – схема расчетного участка

По табл. 10.19 А.А. Николаев «Справочник проектировщика» расчетные формулы для определения изгибающих компенсационных напряжений  $\sigma$ , кгс/мм<sup>2</sup>

Отношение плеч Г-образного компенсатора  $n = \frac{l_b}{l_m} = \frac{13,5}{4,5} = 3$

$$C_{(a)} = \frac{1,5(n^3 + 2n^2 + 1)}{n(n+1)}; \tag{10}$$

$$C_{(b)} = \frac{1,5(n^3 + 2n + 1)}{n^2(n+1)}; \tag{11}$$

$$C_{(c)} = \frac{3(n^2 + 1)}{n(n+1)}; \tag{12}$$

$$C_{(a)} = \frac{1,5(3^3 + 2 \cdot 3^2 + 1)}{3(3+1)} = 5,75;$$

$$C_{(b)} = \frac{1,5(3^3 + 2 \cdot 3 + 1)}{3^2(3+1)} = 1,416;$$

$$C_{(c)} = \frac{3(3^2 + 1)}{3(3+1)} = 2,5;$$

$$\sigma_a = C_a \frac{\alpha E D_H \Delta t}{10^7 \cdot l_M}; \quad (13)$$

$$\sigma_b = C_b \frac{\alpha E D_H \Delta t}{10^7 \cdot l_M}; \quad (14)$$

$$\sigma_c = C_c \frac{\alpha E D_H \Delta t}{10^7 \cdot l_M}; \quad (15)$$

$E$  – модуль упругости, в соответствии с табл. 10.11 равен 1,95 кгс/см<sup>2</sup>.

По табл. 10.21 при  $D_H = 89$  мм вспомогательная величина  $\frac{\alpha E D_H}{10^7}$  равна 0,0214 кгс·м/(мм<sup>2</sup>·°C).

$$\sigma_a = 5.75 \cdot 0.0214 \frac{(130+37)}{4.5} = 4.56 \leq 8 \text{ кгс/мм}^2$$

$$\sigma_b = 1.416 \cdot 0.0214 \frac{(130+37)}{4.5} = 1.124 \leq 8 \text{ кгс/мм}^2$$

$$\sigma_c = 2.5 \cdot 0.0214 \frac{(130+37)}{4.5} = 1.98 \leq 8 \text{ кгс/мм}^2$$

Для Г - образных компенсаторов допустимое напряжение 8 кгс/мм<sup>2</sup> в соответствии с табл., соответственно компенсатор подобран верно [5].

## 6 Выбор схемы подключения потребителя

Выбираем схему подключения для жилого дома ул. Норильская, 50, расчётная нагрузка на отопление составляет 0,1429 Гкал/ч, на ГВС 0,252 Гкал/ч. Потребителя подключаем к тепловой сети по независимой и закрытой схеме (рисунок 8).

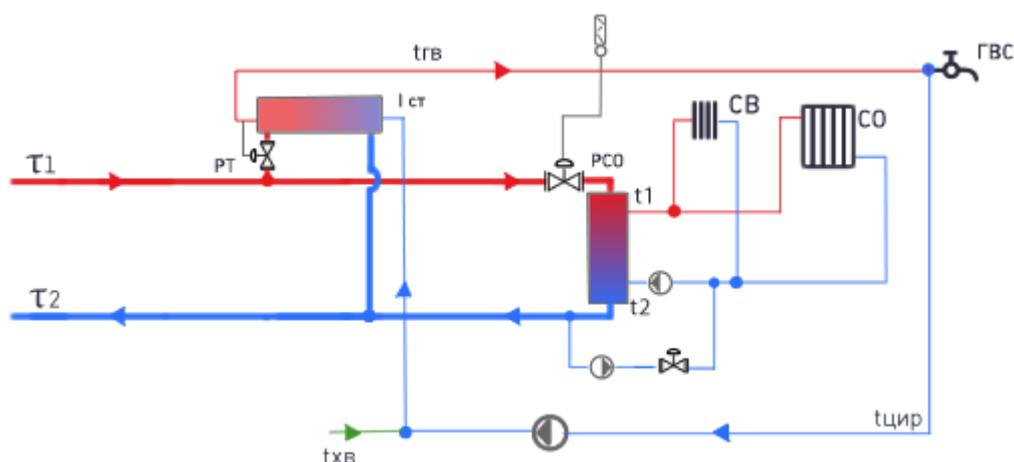


Рисунок 19 - Схема с параллельным подключением подогревателей ГВС и независимым присоединением СО и СВ

Данные необходимые для подбора основного оборудования для ИТП представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Данные для подбора оборудования

Наименование параметра	Значение
Давление в подающем трубопроводе, бар	8,26
Давление в обратном трубопроводе, бар	4,87
Расход сетевой воды всего, кг/с	2,44

### 6.1 Расчет местных потерь напора на арматуре:

$$\Delta p = \sum \xi \frac{\rho \cdot v^2}{2}. \quad (16)$$

Коэффициенты местных сопротивлений на внешнем контуре ИТП подающего трубопровода.

Коэффициенты местных сопротивлений элементов:

$$\xi_{кр.шар.} = 0,5; \xi_{грязевик} = 10; \xi_{сетч.ф.} = 11,3; \xi_{тройник} = 0,5;$$

$$\Delta p = (0,5 \cdot 2 + 10 + 11,3 + 1,5) \cdot \frac{988 \cdot \left(\frac{0,0025}{3,14 \cdot (0,041)^2}\right)^2}{2} = 2326,6 \text{ Па};$$

$$\Delta p = 0,02 \text{ бара.}$$

На данном участке больше всего арматуры, соответственно данное значение самое максимальное из всех, его можно принять равным нулю, так как практически не влияет на напор в трубопроводе.

## 6.2 Подбор диаметров и оборудования

Нагрузка на отопление, т/ч [6]:

$$G_c^p = \frac{Q_{от}^p \cdot 10^3}{t_{1p} - t_{2p}}; \quad (17)$$

$$G_c^p = \frac{0,1429 \cdot 10^3}{130 - 70} = 2,38;$$

$$G_c^p = 0,66 \text{ кг/с}$$

Определяем диаметр  $D_1$  1-го контура ИТП на СО, м:

Принимаем скорость движения теплоносителя в системах водяного отопления 0,5 м/с в соответствии с «Строительные нормы и правила» СНиП 2.04.05-91\* [7].

$$\frac{G}{\rho} = \frac{\pi \cdot D_1^2}{4} \cdot W;$$

$$\frac{0,66}{958} = \frac{3,14 \cdot D_1^2}{4} \cdot 0,5;$$

$$D_1 = 0,041 \text{ м.}$$

Таким образом, выбираем 2Ду50 мм на систему отопления 1-го контура.

Расход  $G_2$  2-го контура на СО, т/ч:

$$G_2 = \frac{0,1429 \cdot 10^3}{95 - 70} = 5,716;$$

$$G_2 = 1,6 \text{ кг/с;}$$

Определяем диаметр  $D_2$  2-го контура на СО, м:

$$\frac{1,6}{970,6} = \frac{3,14 \cdot D_2^2}{4} \cdot 0,5;$$

$$D_2 = 0,0648.$$

Таким образом, выбираем 2Ду70 мм на систему отопления 2-го контура.

В летний период расход на ГВС максимальный для закрытых систем, с учетом этого проведем расчет нагрузки в летний период:

Нагрузка на горячее водоснабжение 1-го контура, т/ч [6]:

$$G_{\text{Г.Л}}^{\text{ср}} = \frac{0,8Q_{\text{Г}}^{\text{ср}} \cdot (t_{\text{Г}} - t_{\text{хл}}) \cdot 10^3}{(t_{\text{Г}} - t_{\text{х}})(t_{\text{п.л}} - t_{\text{о.л}}^{\text{ср}})}; \quad (18)$$

$t_{\text{Г}}$  – температура горячей воды в системах ГВС;

$t_{\text{хл}}$  – температура холодной воды в летний период;

$t_{\text{х}}$  – температура холодной воды, принимаемая обычно 5 °С;

$t_{\text{п.л}}$  – температура воды в подающей линии в летний период;

$t_{\text{о.л}}^{\text{ср}}$  – температура воды за подогревателем ГВС.

$$G_{\text{Г.Л}}^{\text{ср}} = \frac{0,8 \cdot 0,252(65-8) \cdot 10^3}{(65-5)(70-40)} = 6,4;$$

$$G_{\text{Г.Л}}^{\text{ср}} = 1,8 \text{ кг/с.}$$

Определяем диаметр  $d_1$  1-го контура системы ГВС, м:

$$\frac{1,8}{959} = \frac{3,14 \cdot d_1^2}{4} \cdot 0,5;$$

$$d_1 = 0,069.$$

Следует взять немного с запасом с учетом удельных линейных потерь по длине, поэтому выбираем трубопровод 2Ду80 мм.

Расход  $G_2$  2-го контура системы ГВС, т/ч:

$$G'_2 = \frac{0,252 \cdot 10^3}{65-5} = 4,2;$$

$$G'_2 = 1,17 \text{ кг/с.}$$

Определяем диаметр  $d_2$  2-го контура системы ГВС, м:

$$\frac{1,6}{995,67} = \frac{3,14 \cdot d_2^2}{4} \cdot 0,5;$$

$$d_2 = 0,054.$$

Таким образом, выбираем 2Ду70 мм на систему ГВС 2-го контура.

Диаметр трубопровода подпитки в систему отопления примем 2Ду25 мм и водопроводной линии системы горячего водоснабжения – 2Ду32 мм.

Проводим подбор регулирующих клапанов [8]:

Система горячего водоснабжения:

Определяем требуемую пропускную способность  $Kv$  клапана-ограничителя расхода:

$$Kv = \frac{G}{\sqrt{\Delta P}}; \quad (20)$$

$G$  – максимальный расход, м<sup>3</sup>/ч;

$\Delta P$  – потери давления на полностью открытом регулирующем клапане принимаем согласно рекомендациям 0,4 бар [8].

$$Kv = \frac{6,84}{\sqrt{0,4}} = 10,8 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Производим расчёт на определение минимального диаметра  $D_y$ , мм, регулирующего клапана, при которых будет допустимый уровень шума на данном клапане.

Если нет ограничений по шуму от регулирующей арматуры (например, для ЦТП) принимаем  $V = 5$  м/с, иначе, если есть ограничения по шуму (например, для ИТП многоквартирных домов), принимаем  $V = 3$  м/с [9].

$$D_y = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{G}{V}} = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{6,84}{3}} = 28,4 \text{ мм}. \quad (21)$$

По ближайшему большему диаметру и меньшей условной пропускной способности из каталога ГК «Теплосила» «Современное энергосберегающее оборудование для тепловых пунктов» по таблице 2.1 выбираем двухходовой регулирующей клапан: тип TRV-32-10 (Ду 32 мм,  $P_y = 16$  бар,  $T_{\max} = 150^\circ\text{C}$ ,  $Kvs = 10$  м<sup>3</sup>/ч) [8].

Определяем перепад давлений на полностью открытом клапане  $\Delta P_{\text{кл}}$ , бар, при заданном расчётном расходе:

$$\Delta P_{\text{ф.рк}} = \left(\frac{G}{Kvs}\right)^2 = \left(\frac{6,84}{12,5}\right)^2 = 0,3; \quad (22)$$

$$\Delta P_{py} = \frac{\Delta P_{\phi.pк}}{k_{зап2}} + \Delta P_{то} = \frac{0,3}{0,7} + 0,2 = 0,62 \text{ бар}, \quad (23)$$

где  $k_{зап2} = 0,7$  – коэффициент запаса регулирующего клапана, который обеспечивает настройку регулирующего органа для расчетного режима в прикрытом положении, что позволяет при необходимости обеспечить расход воды через систему на 20% больше расчетного.

Проводим подбор регулирующего клапана на систему отопления:

Определяем требуемую пропускную способность  $Kv$  клапана-ограничителя расхода:

$$Kv = \frac{2,38}{\sqrt{0,3}} = 4,34 \text{ м}^3/\text{ч};$$

$$D_y = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{G}{V}} = 18,8 \cdot \sqrt{\frac{2,38}{3}} = 16,74 \text{ мм}.$$

По ближайшему большему диаметру и меньшей условной пропускной способности из каталога ГК «Теплосила» «Современное энергосберегающее оборудование для тепловых пунктов» по таблице 2.1 выбираем двухходовой регулирующий клапан: тип TRV-20-4 (Ду 20 мм,  $P_y = 16$  бар,  $T_{max} = 150^\circ\text{C}$ ,  $Kvs = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) [8].

Определяем перепад давлений на полностью открытом клапане  $\Delta P_{кл}$ , бар, при заданном расчётном расходе:

$$\Delta P_{\phi.pк} = \left(\frac{2,38}{Kvs}\right)^2 = \left(\frac{2,38}{4}\right)^2 = 0,35;$$

$$\Delta P_{py} = \frac{\Delta P_{\phi.pк}}{k_{зап2}} + \Delta P_{то} = \frac{0,35}{0,7} + 0,2 = 0,7 \text{ бар}.$$

Расчет диаметра шайбы, мм [6]:

$$d = 10 \cdot \sqrt[4]{\frac{G^2}{\Delta H}}; \quad (24)$$

$G$  – расчетный расход воды, т/ч;

$\Delta H$  – напор, дросселируемый диафрагмой, м.

$$\Delta H_{гвс} = (P_1 - P_2) - \Delta P_{py} = 82,6 - 48,7 - 6,2 = 27,7 \text{ м};$$

$$d_{гвс} = 10 \cdot \sqrt[4]{\frac{6,4^2}{27,7}} = 11,1;$$

$$\Delta H_{CO} = (P_1 - P_2) - \Delta P_{py} = 82,6 - 48,7 - 7 = 26,9 \text{ м};$$

$$d_{CO} = 10 \cdot \sqrt[4]{\frac{2,38^2}{26,9}} = 6,8.$$

Оборудование ИТП:

1. ультразвуковой расходомер SLS-720A Ду65 мм;
2. ультразвуковой расходомер SLS-720A Ду25 мм
3. грязевик ТС-569.00.000-03 Ду80 мм ООО «Гремир»;
4. фильтр сетчатый Danfoss Y666, Ду80 мм;
5. фильтр сетчатый Danfoss Y333, Ду65 мм;
6. фильтр сетчатый АДЛ IS15 BM03D103785 Ду32 мм;
7. фильтр сетчатый АДЛ IS15 BM03D103784 Ду25 мм;
8. Тепловычислитель теплосчетчика ТЭМ-104 ТЭСМАРТ и температурные датчики ТЭСМА-К;
9. термометры ТТЖ-М ООО «Армет24»;
10. манометры ТМ-310 РОСМА;
11. электронный регулятор температуры (контроллер) – Термодат-17Е6-А-Ф «Системы контроля»;
12. кран шаровой двухсоставной НР-ВР, TL200BVC-FM «TITAN LOCK» Ду50 мм;
13. кран шаровой TL250BVSS «TITAN LOCK» Ду65 мм;
14. кран шаровой TL300BVSS «TITAN LOCK» Ду80 мм;
15. кран шаровой «Бивал» КШТ.10.025.40 С/С Ду25 мм;
16. затвор дисковый (бабочка) межфланцевый чугунный TL065FBVS-EP «TITAN LOCK» Ду65 мм;
17. дисковый поворотный затвор BD01N30669 «Гранвэл» Ду32 мм;
18. теплообменник пластинчатый паяный LB31-110-1 Secespol;
19. теплообменник пластинчатый паяный LB31-80H-5/4 Secespol;
20. насосы: Grundfos «Ин-лайн» TPE3 32-80 S-A-F-A-BQBE-CYB;
21. обратный клапан нержавеющей (AISI304) «TITAN LOCK» Ду25 мм;
22. обратный клапан TLCV032WDS «TITAN LOCK» Ду32 мм;

23. обратный клапан TLCV065WDS «TITAN LOCK» Ду65 мм;
24. двухходовой регулирующий клапан TRV-32-10 Ду 32 мм,  $Kvs = 10$   $M^3/ч$ ;
25. двухходовой регулирующий клапан TRV-20-4 Ду 20 мм,  $Kvs = 4$   $M^3/ч$ ;
26. электромагнитный клапан серии BRA-05 DN25 G1;
27. датчик температуры наружного воздуха ТСП-Н L60 Pt100.

Схема индивидуального теплового пункта представлена на рисунке 20.

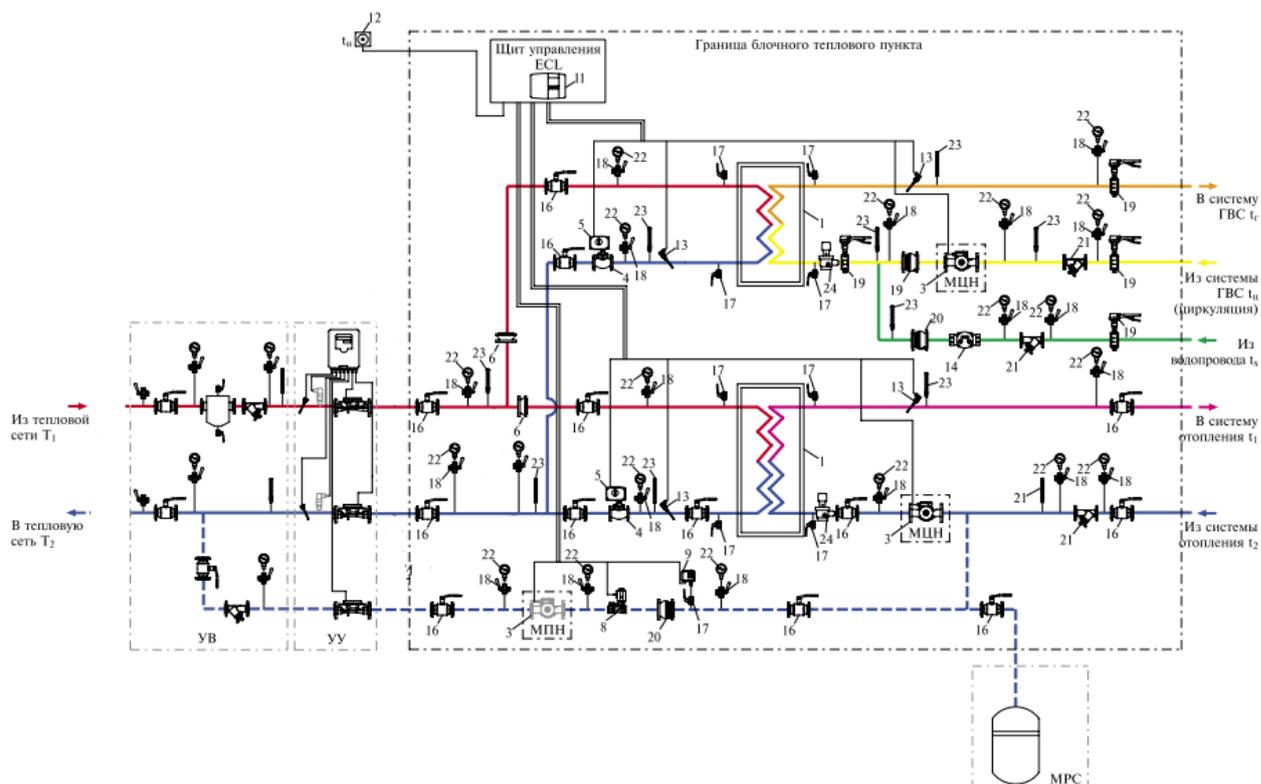


Рисунок 20 – схема индивидуального теплового пункта

## 7 Экономический расчет

Таблица 5 – Затраты на прокладку трубопроводов

Наименование участка	Параметры		Теплоизоляция	Тип прокладки	ФЕР, руб.	Стоимость, руб.
	$d_n$ , мм	L, м				
Котельная № 12-ТК-12-5	82	18	СкППУ (скорлупы-пенополиуретан)	Подземная в непроходном канале	86387,67	13839,3

Затраты на создание и эксплуатацию тепловой сети рассчитываются по следующей формуле:

$$З = К + Э \cdot Т \quad (25)$$

К – капитальные затраты;

Т – срок использования;

Э – эксплуатационные затраты.

Капитальные затраты на прокладку трубопроводов рассчитываются по следующей формуле:

$$K_{\text{труб}} = \text{ФЕР} \cdot K \cdot l \quad (26)$$

ФЕР – Федеральные единичные расценки (ФЕР 81-02-24-2001) [10];

К – коэффициент пересчёта = 8,9 (индексы-1-2022-12920-ИФ-09);

Затраты на прокладку трубопроводов представлены в таблице 4:

Эксплуатационные затраты рассчитываются по следующей формуле:

$$Э = \text{Пот. ут} + \text{Пот. Т} + \text{Пот. Т. с ут.} \quad (27)$$

Пот. ут – потери утечек;

Пот. Т – тепловые потери;

Пот. Т. с ут. – потери тепла с утечками;

Рассчитываются по следующим формулам:

$$\text{Пот. Т} = Q \cdot t \cdot \text{тариф } Q \quad (28)$$

$$\text{Пот. ут} = G_{\text{ут}} \cdot t \cdot \text{тариф воды} \quad (29)$$

$$\text{Пот. Т. с ут.} = Q_{\text{ут}} \cdot \text{тариф } Q \quad (30)$$

$$\text{ЭЭ} = N \cdot t \cdot \text{тариф} \quad (31)$$

**Потери утечек:**

$$\text{Пот. ут} = 0,00046 \cdot (239 \cdot 30 \cdot 24) \cdot 30,94 = 2449,11 \text{ руб.}$$

### Тепловые потери:

Тепловые потери в подающем трубопроводе:  $695,63 \cdot 10^{-6}$  Гкал/ч

Тепловые потери в обратном трубопроводе:  $306,96 \cdot 10^{-6}$  Гкал/ч

Пот. Т =  $695,63 \cdot 10^{-6} \cdot (239 \cdot 30 \cdot 24) \cdot 2038,74 = 244045,35$  руб.

Пот. Т =  $306,95 \cdot 10^{-6} \cdot (239 \cdot 30 \cdot 24) \cdot 2038,74 = 107686,15$  руб.

### Потери тепла с утечками:

Тепловые потери от утечек в подающем трубопроводе:

$29,85 \cdot 10^{-6} \cdot 172080 = 5,158$  Гкал

Тепловые потери от утечек в обратном трубопроводе:

$17,96 \cdot 10^{-6} \cdot 172080 = 3,1$  Гкал

Пот. Т. с ут. =  $8,258 \cdot 2038,74 = 16835,9$  руб.

Итого затраты на создание и эксплуатацию тепловой сети:

$3 = 13839,3 + 2449,11 + 351731,5 + 16835,9 = 384855,81$  руб.

Таблица 6 – Стоимость оборудования ИТП

Наименование оборудования	Количество, шт	Стоимость, руб
Ультразвуковой расходомер SLS-720A Ду65 мм	2	159200
Ультразвуковой расходомер SLS-720A Ду25 мм	1	75400
Грязевик ТС-569.00.000-03 Ду80 мм ООО «Гремир»;	1	12893
Фильтр сетчатый Danfoss Y666, Ду80 мм;	1	8693
Фильтр сетчатый Danfoss Y333, Ду65 мм;	1	12337
Фильтр сетчатый АДЛ IS15 BM03D103785 Ду32 мм;	1	2102
Фильтр сетчатый АДЛ IS15 BM03D103784 Ду25 мм;	1	1708
Тепловычислитель теплосчетчика ТЭМ-104 ТЭСМАРТ и температурные датчики ТЭСМА-К;	1	56829
Термометры ТТЖ-М ООО «Армет24»;	11	2849
Манометры ТМ-310 РОСМА;	24	13416
Электронный регулятор температуры (контроллер) – Термодат-17Е6-А-F «Системы контроля»;	1	36540
Кран шаровой двухсоставной НР-ВР, TL200BVC-FM «TITAN LOCK» Ду50 мм;	3	11403
Кран шаровой TL250BVSS «TITAN LOCK» Ду65 мм;	3	19836
Кран шаровой TL300BVSS «TITAN LOCK» Ду80 мм;	6	54534
Кран шаровой «Бивал» КШТ.10.025.40 С/С Ду25	4	4393,8

Наименование оборудования	Количество, шт	Стоимость, руб
Затвор дисковый (бабочка) межфланцевый чугунный TL065FBVS-EP «TITAN LOCK» Ду65 мм;	3	5124
Дисковый поворотный затвор BD01N30669 «Гранвэл» Ду32 мм;	1	4492
Теплообменник пластинчатый паяный LB31-110-1 Secespol	1	129114
Теплообменник пластинчатый паяный LB31-80Н-5/4 Secespol	1	106830
Насосы: Grundfos «Ин-лайн» TPE3 32-80 S-A-F-A-BQBE-CYB;	2	407364
Обратный клапан нержавеющей (AISI304) «TITAN LOCK» Ду25 мм;	1	3323
Обратный клапан TLCV032WDS «TITAN LOCK» Ду32 мм;	1	3330
Обратный клапан TLCV065WDS «TITAN LOCK» Ду65 мм;	1	5258
Двухходовой регулирующий клапан TRV-32-10 Ду 32 мм, Kvs = 10 м³/ч;	1	81232
Двухходовой регулирующий клапан TRV-20-4 Ду 20 мм, Kvs = 4 м³/ч;	1	73122
Электромагнитный клапан серии BRA-05 DN25 G1;	1	13952
Датчик температуры наружного воздуха ТСН-Н L60 Pt100.	1	1556
<b>Итого затрат:</b>		<b>1306830,8</b>

Общие затраты на реализацию проекта:

$$Z_{\text{общ}} = Z_{\text{тр}} + Z_{\text{ИТП}} ; \quad (32)$$

где  $Z_{\text{тр}}$  – затраты на прокладку трубопровода;

$Z_{\text{ИТП}}$  – затраты на приобретение оборудования для ИТП.

$$Z_{\text{общ}} = 384855,81 + 1306830,8 = 1691686,61 \text{ руб.}$$

## 8 Расчёт надёжности трубопроводов

Вероятность того, что за период (t) не будет ни одного отказа рассчитывается по следующей формуле:

$$P_0(t) = e^{-\omega \cdot t} \quad (33)$$

$\omega$  – частота отказов за единицу времени;

Вероятность отказов каждого трубопровода для всех потребителей представлена в таблице 5:

Таблица 7 – Вероятность отказов:

До ул. Норильская, 50				
P1	P2	P3	ВБР	t
0,94	0,98	1,00	0,9202131	1
0,89	0,95	1,00	0,8467922	2
0,84	0,93	1,00	0,7792292	3
0,80	0,90	1,00	0,717057	4
0,75	0,88	1,00	0,6598452	5
0,71	0,86	0,99	0,6071982	6
0,67	0,84	0,99	0,5587518	7
0,63	0,82	0,99	0,5141707	8
0,60	0,80	0,99	0,4731466	9
0,57	0,78	0,99	0,4353957	10
0,53	0,76	0,99	0,4006568	11
0,50	0,74	0,99	0,3686897	12
0,48	0,72	0,99	0,3392731	13
0,45	0,70	0,99	0,3122035	14
0,42	0,69	0,99	0,2872938	15
0,40	0,67	0,99	0,2643715	16
0,38	0,65	0,98	0,2432781	17
0,36	0,64	0,98	0,2238677	18
0,34	0,62	0,98	0,206006	19
0,32	0,60	0,98	0,1895694	20
0,30	0,59	0,98	0,1744443	21
0,29	0,57	0,98	0,1605259	22
0,27	0,56	0,98	0,147718	23
0,25	0,55	0,98	0,1359321	24
0,24	0,53	0,98	0,1250865	25
0,23	0,52	0,98	0,1151062	26
0,21	0,51	0,98	0,1059222	27
0,20	0,49	0,98	0,097471	28
0,19	0,48	0,97	0,0896941	29
0,18	0,47	0,97	0,0825377	30

В зависимости от полученных показателей надежности отдельных систем и системы коммунального теплоснабжения городского поселения они с точки зрения надежности могут быть оценены как:

- высоконадежные – при  $P \geq 0,90$ ;
- надежные – при  $P$  от 0,75 до 0,89;
- малонадежные – при  $P$  0,50 до 0,74;
- ненадежные – при  $P < 0,50$ .

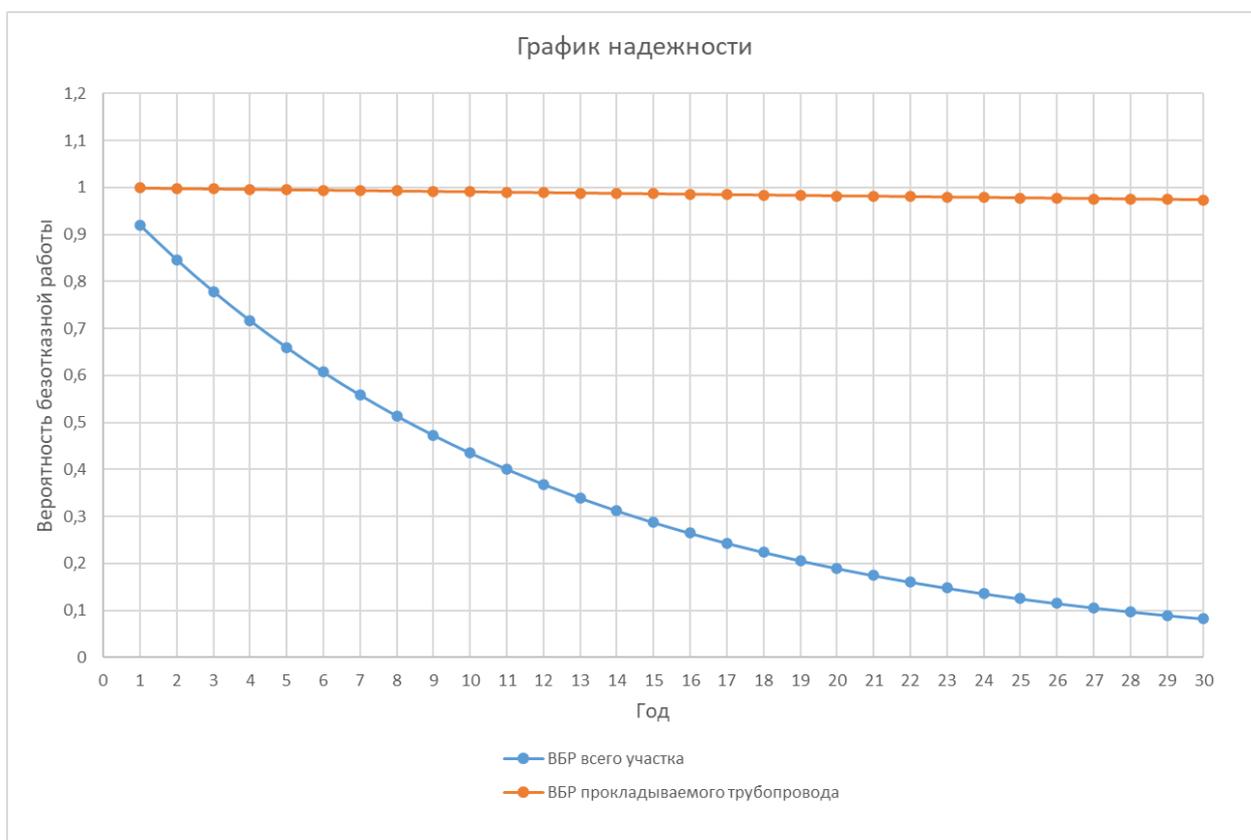


Рисунок 21 – График надежности

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

Рассмотрено современное оборудование тепловых сетей, в том числе: часто используемые материалы трубопроводов, виды тепловой изоляции, всевозможные компенсаторы и теплообменники. В ходе расчёта были выполнены наладочный и тепловой расчёт в программе Zulu Thermo. По итогу проведенных расчетов был определен требуемый напор на источнике, подобраны дроссельные шайбы, получены пьезометрические и тепловые графики, тепловые потери и потери с утечками. Определен расход теплоносителя, в соответствии с этим подобран диаметр трубопровода.

Произведен расчет Г-образного компенсатора, результатами которого являются тепловое удлинение и изгибающие компенсационные напряжения.

Была подобрана тепловая изоляция трубопровода, также определена толщина слоя данной теплоизоляции.

Был рассчитан индивидуальный тепловой пункт с закрытой одноступенчатой системой горячего водоснабжения и независимой системой отопления для обеспечения требуемой нагрузки. Определены диаметры трубопроводов первого и второго контуров. Были подобраны арматура и основное оборудование. Подогрев воды осуществляется с помощью паяного пластинчатого теплообменного аппарата ТТ95-60 фирмы «Термосистемы». Индивидуальный тепловой пункт должен быть оборудован насосами и регуляторами расхода, которые также были подобраны и рассчитаны: регулирующий клапан Danfoss-AVQ 003H6727 Ду32 мм,  $K_{vs} = 12,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; двухходовой регулирующий клапан TRV-20-4 Ду 20 мм,  $K_{vs} = 4 \text{ м}^3/\text{ч}$ ; насосы Grundfos «Ин-лайн» ТРЕ3 32-80 S-A-F-A-BQBE-CYB с напором  $H = 2 \text{ м}$  и расходом  $G = 5,7 \text{ м}^3/\text{ч}$ ;  $G' = 4,2 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Был произведен экономический расчет, в ходе которого были определены затраты на прокладку тепловой сети и затраты

на приобретение оборудования для индивидуального теплового пункта. Итого затрат на реализацию данного проекта составляет 1691686,61 рублей. Рассчитана вероятность безотказной работы проектируемого участка трубопровода, как итог участок высоконадежен  $P \geq 0,90$ .

## Список используемой литературы

1. СП 131.13330.2018 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*/ Минстрой России – М: Стандартинформ, 2019 г. – 107 с.
2. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003/Минрегион России – М: ФАУ «ФЦС», 2012 г. – 49 с.
3. Строительный справочник [Электронный ресурс]: сайт [spravkidoc.ru](http://spravkidoc.ru) –Режим доступа: <http://spravkidoc.ru/news/opredelenie-gabaritov-neproходного-kanal-dlya-teplovых-setej.html>
4. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / Под ред. инж. А. А. Николаева. - Москва: Стройиздат, 1965. - 361 с.
5. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Книга вторая. Вентиляция и кондиционирование воздуха / Р. В. Щекин и др. - 4-е изд., перераб. и доп. - Киев: Будівельник, 1976. - 416 с.
6. Манюк, В. И. и др. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей. – Справочник / В. И. Манюк, Я. И. Каплинский, Э. Б. Хиж, А. И. Манюк, В. К. Ильин; под ред. В.И. Манюка.–: 3-е издание, переработанное и дополненное. – М.: Стройиздат, 1988. – 432 с.
7. СНиП 2.04.05-91\*. Отопление, вентиляция и кондиционирование/ Госстрой России. — М.: ГУП ЦПП, 1997. — 72 с.
8. Теплосила [Электронный ресурс]: сайт [teplo-sila.com](http://teplo-sila.com)– Режим доступа: <https://teplo-sila.com/assets/files/proektirovshhikam/metodika-podbora/metodika-podbora.pdf>
9. СП 51.13330.2011 Защита от шума. Актуализированная редакция СНиП 23-03-2003 (с изменением № 1)/ Минрегион России – М: НИИСФ РААСН, 2010 г. – 47 с.
10. ФЕР 81-02-24-2001 Теплоснабжение и газопроводы – наружные сети/ Госстрой России – М: «Мособлгосэкспертиза», 2003 г.

11. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. М.: Издательство МЭИ, 2001. 472 с.

12. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения : справочно-методическое пособие [для инженерно-технических работников эксплуатационных и наладочных предприятий] / М. М. Апарцев. - Москва : Энергоатомиздат, 1983. - 203 с.

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

институт

Теплотехники и гидрогазодинамики

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



подпись

В. А. Кулагин

инициалы, фамилия

« 29 »

июня

2023 г.

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

код – наименование направления

Реконструкция теплосети в Октябрьском районе г. Красноярска

тема

Руководитель



подпись, дата

доцент, к.т.н.

должность, ученая степень

М.В. Колосов

инициалы, фамилия

Выпускник



подпись, дата

В.А.Плетенева

инициалы, фамилия

Красноярск 2023