

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

« _____ » _____ 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

код – наименование направления

Реконструкция тепловых сетей в д. Глядень

тема

Руководитель

подпись, дата

доцент, к.т.н.

должность, ученая степень

Т.А. Пьяных

инициалы,
фамилия

Выпускник

подпись, дата

Д.Д. Каменев

инициалы,
фамилия

Красноярск 2024

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа по теме «Реконструкция теплосети в д. Глядень» содержит 48 страниц текстового документа, 8 таблиц, 14 использованных источников литературы, 1 график.

Сети теплоснабжения, изоляция трубопровода, нагрузки на систему, схема подключения, надежность трубопровода, тепловые потери.

Объект проектирования – тепловая сеть от здания котельной по адресу: Красноярский край, Назаровский район, д. Глядень, ул. Новая, 4”А” до здания школы, расположенной по адресу: ул. Новая, №28

Цели ВКР:

- Расчет и обзор современного оборудования, применяемого при проектировании тепловых сетей;
- Разработка проекта для подключения нового потребителя по адресу ул. Совхозная 4 к существующей тепловой сети от здания котельной по адресу: Красноярский край, Назаровский район, д. Глядень, ул. Новая, 4”А”

Необходимо решить следующие задачи:

- Расчет расхода теплоносителя по заданным нагрузкам;
- Расчет наладочного, теплового и поверочного расчёта в программе ZuluThermo;
- Подбор основного оборудования;
- Выбор схемы подключения потребителя к тепловой сети;
- Расчёт стоимости прокладки трубопровода;
- Расчет надежности трубопровода;
- Гидравлический расчет теплосети
- Расчет толщины тепловой изоляции теплосети;
- Расчет дроссельных шайб;

В ходе проектных работ был выполнен гидравлический расчет действующей системы отопления д. Глядень с использованием программы ZuluThermo. Был произведен подбор труб оптимального диаметра, выбрана

теплоизоляция и произведен расчёт параметров компенсатора. Подбрано необходимое оборудование для (ИТП) индивидуального теплового пункта. Помимо этого, осуществлён экономический расчет, с помощью которого были выявлены затраты на монтаж труб и произведен расчет уровня надёжности системы.

Содержание

ВВЕДЕНИЕ	5
1 Классификация систем теплоснабжения, способы прокладки тепловых сетей, тепловая изоляция	7
1.1 Система теплоснабжения	7
1.2 Способы прокладки тепловых сетей	10
1.2.1 Наземная и надземная способы прокладки	10
1.2.2 Подземная прокладка сети	12
1.3 Тепловая изоляция.....	14
1.3.1 Асбест	14
1.3.2 Асбозурит.....	15
1.3.3 Ячеистые бетоны	16
1.3.4 Стекловолоконная вата.....	16
1.3.5 Магнезиальные материалы	16
2 Технические характеристики тепловой сети от здания котельной д. Глядень.....	19
2.1 Описание тепловой сети и её технические характеристики.....	19
2.2 Пьезометрические графики тепловой сети до самых дальних потребителей ..	26
2.3 Графики падения температур до самых дальних потребителей, полученные с помощью наладочного расчета.....	27
3 Результаты расчетов после подключение нового потребителя.....	30
3.1 Пьезометрические графики до и после подключения нового потребителя.....	31
3.2 Графики падения температур до и после подключения потребителя	32
4 Расчет толщины теплоизоляции теплосети	36
5 Расчёт и подбор компенсатора.....	38
6 Выбор схемы подключения потребителя	40
7 Экономический расчет	42
8 Расчет вероятности безотказной работы труб.....	44
Заключение.....	46
Список использованной литературы.....	47

ВВЕДЕНИЕ

Теплоснабжение является одной из самых значимых отраслей народного хозяйства и важнейшей энергетической системой. Наибольшая часть добываемых энергетических ресурсов идет на нужды производства тепловой энергии и дальнейшего теплоснабжения потребителей. Главной целью теплоснабжения является обеспечение потребителей теплоносителем нужных параметров в соответствии с заданным графиком. Современные системы теплоснабжения можно разделить на централизованные и децентрализованные системы, в зависимости от взаимного расположения потребителей теплоты и источника. В децентрализованных системах теплоснабжения источник тепловой энергии находится непосредственно у потребителя, когда в централизованных системах теплоснабжения один источник теплоты обслуживает теплоиспользующие устройства ряда потребителей, расположенных отдельно, поэтому осуществление передачи тепла от источника до потребителей происходит по тепловым сетям.

Тепловая сеть – совокупность устройств, включая центральные тепловые пункты, насосные станции и другое оборудование, предназначенных для передачи тепловой энергии, теплоносителя от источников тепловой энергии до теплопотребляющих установок. В настоящее время эксплуатируются как современные, так и относительно старые тепловые сети.

Темой выпускной квалификационной работы является реконструкция тепловых сетей д. Глядень.

Целью работы является разработка проекта подключения нового потребителя тепловой сети по адресу: Почтовая 4 от здания котельной расположенной по адресу ул. Новая 4 “А”. Местоположение: Красноярский край, Назаровский район, д. Глядень.

Для выполнения цели проекта нужно решить следующие задачи:

- Провести анализ и выбор современного оборудования, используемого при проектировании тепловой сети.
- Проложить тепловую сеть до нового потребителя.
- Выполнить расчеты сети с использованием программы ZuluThermo.
- Выполнить расчет надежности тепловой сети.
- Выбрать схему подключения потребителя.
- Осуществить подбор основного оборудования.
- Произвести расчет стоимости проекта.

Актуальность данной работы заключается в постоянном улучшении систем теплоснабжения, повышение долговечности и уменьшение тепловых потерь трубопроводов.

1 Классификация систем теплоснабжения, способы прокладки тепловых сетей, тепловая изоляция

1.1 Система теплоснабжения

Система теплоснабжения – совокупность технических устройств, агрегатов и подсистем, обеспечивающих подготовку теплоносителя, его транспортировку и распределение в соответствии со спросом на тепловую энергию по отдельным потребителям [1].

Система теплоснабжения состоит из трех основных элементов:

- 1) источника тепловой энергии;
- 2) системы передачи тепловой энергии – тепловой сети;
- 3) потребителей тепловой энергии.

Источником тепловой энергии могут выступать: теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), районные, местные или групповые котельные и индивидуальные источники тепловой энергии. На теплоэлектроцентрали одновременно производятся электрическая энергия и тепловая, т. е. осуществляется теплофикация, поэтому системы теплоснабжения от ТЭЦ называют теплофикационными. Системы теплоснабжения от районных или групповых котельных называют централизованными системами теплоснабжения [2].

Как правило, местная котельная обслуживает только одного потребителя, например, баню. Данный источник тепловой энергии можно считать децентрализованным или индивидуальным.

В систему теплоснабжения входят следующие тепловые пункты: центральные тепловые пункты (ЦТП), обслуживающие группу потребителей, или индивидуальные тепловые пункты (ИТП), работающие только на одного потребителя тепловой энергии.

В настоящее время к потребителям тепловой энергии относятся: системы отопления и вентиляции, горячего водоснабжения и технологическое оборудование.

Способы подключения горячего водоснабжения подразделяют на открытые и закрытые системы [1-4].

В открытых системах теплоснабжения забор горячей воды для нужд потребителя происходит непосредственно из тепловой сети, причем он может быть, как полным, так и частичным. Остающаяся в системе горячая вода используется на нужды отопления или вентиляции.

При данном способе теплоснабжения расход воды в тепловой сети будет компенсироваться дополнительным количеством воды, которая подается в тепловую сеть.

Закрытые системы теплоснабжения – это системы, в которых вода, циркулирующая в трубопроводе, используется непосредственно как теплоноситель и не используется для нужд обеспечения горячего водоснабжения (ГВС). Такая схема системы полностью закрыта от окружающей среды.

По способу подключения системы отопления бывают зависимые и независимые системы [1-4].

Зависимые системы теплоснабжения – это системы, в которых теплоноситель по трубопроводу попадает сразу в систему отопления потребителя. Тут нет никаких промежуточных теплообменников, тепловых пунктов и гидравлической изоляции. Данная схема проста в обслуживании и не требует никакого дополнительного оборудования, например, циркуляционных насосов, автоматических приборов регулирования и контроля, теплообменников и т. д. Однако такая схема подключения имеет большой недостаток, а именно, невозможность регулирования теплоснабжения в начале и конце отопительного сезона, когда появляется избыток тепловой энергии. Это влияет не только на

комфорт потребителя, но и приводит к существенным потерям тепловой энергии, что снижает ее, как кажется, первоначальную экономичность.

Когда вопросы энергосбережения становятся актуальными, разрабатываются и активно внедряются методики перехода зависимой системы теплоснабжения к независимой, что позволяет производить экономию тепловой энергии на 10–40 % в год.

Независимыми системами теплоснабжения называются системы, в которых отопительное оборудование потребителей гидравлически изолировано от производителя тепловой энергии, и для теплоснабжения потребителей используют дополнительные теплообменники центральных или индивидуальных тепловых пунктов. Независимая система теплоснабжения имеет следующие преимущества:

- Возможность регулирования количества тепловой энергии, которая доставляется к потребителю при помощи регулирования вторичного теплоносителя (второго контура);
- Высокая надежность;
- Энергосберегающий эффект. При такой системе экономия тепловой энергии может составлять 10–40 % по сравнению с зависимой схемой;
- Возможность улучшения эксплуатационных и технических качеств теплоносителя.

Благодаря этим преимуществам, независимые системы теплоснабжения стали активно применяться в крупных городах, где тепловые сети имеют большую протяженность и имеют большой разброс тепловых нагрузок.

1.2 Способы прокладки тепловых сетей

Проектирование тепловых сетей является неотъемлемой частью проектирования схем теплоснабжения городов и отдельных его районов, схем теплоснабжения от теплоэлектростанций, тепломагистралей и разводящих тепловых сетей.

Одним из наиболее важных вопросов при проектировании тепловых сетей является выбор способа прокладки трубопроводов. По способу прокладки трубопроводов тепловые сети подразделяются на наземные, надземные и подземные [1-4].

1.2.1 Наземная и надземная способы прокладки

Наземный и надземный способы прокладки трубопроводов используются на территории промышленных предприятий или при невозможности осуществления подземной прокладки на территории населенных пунктов. Невозможность или нецелесообразность подземной прокладки может быть обусловлена различными факторами, например, высоким уровнем грунтовых вод, наличием скальных пород, высокой пучинистости грунта и т.п. На территории промышленных предприятий межцеховые коммуникации иногда прокладывают на различных креплениях, заделанных в стены зданий или по кровлям производственных зданий. Надземная прокладка тепловых сетей в жилой зоне и общественной застройки допускается только при обосновании, кроме территорий детских и лечебных учреждений, где допустима только подземная прокладка коммуникаций.[5]

Наземная прокладка трубопроводов осуществляется, как правило, в наземных каналах. Бесканальная наземная прокладка трубопроводов тепловой сети в основном применяется при ремонтных работах для организации временных обводных (байпасных) линий.

Надземная прокладка трубопроводов тепловой сети может осуществляться как на низких, так и на высоких опорах. На территории, не подлежащей

застройке вне населенных пунктов, прокладку тепловых сетей следует предусматривать надземную на низких опорах. В качестве низких опор используют бетонные основания или металлические конструкции высотой не более 500мм.

Прокладка теплотрасс на низких опорах осуществляется при сооружении тепловых сетей на территории промышленных предприятий или вне черты города, но может быть использована и на территории жилой застройки при невозможности или экономической неэффективности подземной прокладки.

Надземная прокладка труб на высоких опорах применяется на территориях промышленных предприятий, когда теплотрасса проходит через препятствие – автомобильную или железную дорогу, рельеф местности, речку и др.

Надземная прокладка теплотрассы может осуществляться на отдельно стоящих стойках (опорах), эстакадах и подвесных конструкциях. Однако, отдельно стоящие опоры бывают стальные, железобетонные, высокие или низкие. Расстояние между опорами нормируется и в зависимости от несущей способности труб принимается от 2 до 24 м. Большие пролеты между стойками допустимы, когда прокладка труб осуществляется большого диаметра.

Наземный и надземный способы прокладки имеют следующие положительные эксплуатационные преимущества:

- а) хорошая доступность и осматриваемость сетей, способствующие своевременному ремонту неисправностей;
- б) отсутствие разрушающего эффекта грунтовых вод;
- в) использование надежных П-образных компенсаторов;
- г) широкая возможность устройства прямолинейного продольного профиля теплопроводов (вне зависимости от уклонов рельефа местности), при котором уменьшается количество воздушных и спускных вентилей. [6]

Вышеописанные факторы способствуют повышению надежности и долговечности, а также снижению стоимости сетей по сравнению с канальной подземной прокладкой на 30-60%.

1.2.2 Подземная прокладка сети

Одним из преобладающих способов прокладки трубопроводов тепловых сетей в населенных пунктах является подземная прокладка. Существует несколько видов подземной прокладки тепловой сети:

- а) бесканальная прокладка;
- б) канальная в непроходных каналах;
- в) канальная в полупроходных каналах;
- г) канальная в полнопроходных каналах (коллекторах, тоннелях).

Бесканальная прокладка – это самый дешевый способ подземной прокладки. Обычно, применение бесканальной прокладки тепловой сети позволяет снижать до 40% капитальные затраты на сооружение тепловых сетей – значительно уменьшать трудовые затраты, потребность в грузовой технике, расход стройматериалов, что существенно сказывается на экономии денежных средств. Блоки теплопроводов изготавливают на заводе, монтаж теплопроводов на трассе сводится лишь к укладке автокраном блоков в траншею и сварке стыков.

Бесканальный способ прокладки может быть различным, в зависимости от конструкции тепловой изоляции. Трубопроводы тепловой сети, проложенные бесканальным способом, должны быть хорошо изолированы от воздействия влажных и коррозионноактивных грунтов. При бесканальном способе прокладки теплопроводов применяется гидроизоляция весьма усиленного типа. [7]

Подземные бесканальные прокладки тепловых сетей могут прокладываться в зоне сезонного промерзания грунта. При меньшей глубине прокладки тепловой сети уменьшается объем земляных работ и снижается стоимость строительства. Подземные тепловые сети чаще всего прокладывают на глубинах от 0,5 до 2 м от поверхности земли и глубже.

Плюсы подземных бесканальных прокладок тепловой сети:

- Низкие тепловые потери. Трубы не отдают большое количество тепла окружающей среде, не охлаждаются при низких температурах воздуха.
- Долговечность подземных тепловых сетей выше, чем у надземных.

- Подземные трубопроводы не портят внешний вид местности и не затрудняют движение людям и транспорту.

Минусы подземных бесканальных прокладок тепловых сетей являются:

- Воздействие грунтовых и поверхностных вод на изоляцию, что приводит к повышенным тепловым потерям;
- Коррозия труб в следствии влаги, содержащейся в грунте;
- Перекрытие движения на дорогах, проездах во дворы при ремонте трубопроводов.
- Просадка трубопроводов из - за размытия грунта ведет к заедания сальниковых компенсаторов и перенапряжению сварных швов.

Непроходные каналы

Прокладка теплосети в непроходных каналах наиболее распространена, так как она менее затратна, чем в полупроходных и полнопроходных каналах и в то же время обеспечивает больший срок эксплуатации трубопроводов, чем бесканальная прокладка.

Полупроходные каналы по конструкции и требованиям к прокладке не сильно отличаются от непроходных каналов. Отличие состоит лишь в том, что полупроходные каналы имеют большую высоту перекрытия, обеспечивающую возможность передвижения внутри канала. Высота полупроходных каналов не менее 1,4 м., может достигать до 1,6 м., минимальная ширина прохода – 0,6 м. Такие каналы строят из железобетонных блоков, плит перекрытий и днищ.

Полупроходные каналы обычно применяются на коротких участках тепловых трасс, например, на ответвлениях от проходных каналов к крупным цехам на промышленных площадках или при прокладке тепловых сетей под проездами с интенсивным движением транспорта, под железнодорожными путями и в других местах, где вскрытие непроходных каналов для ремонта может быть затруднено. Также прокладка в полупроходных каналах применяется при пересечении жилых и общественных зданий транзитными водяными тепловыми сетями с диаметрами теплопроводов до 300 мм.

Полнопроходной канал – это протяженное подземное сооружение с полным доступом к тепловым сетям, предназначенное для прокладки трубопроводов без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Высота прохода полнопроходного канала 1,8 м, ширина прохода между изолированными трубопроводами должна быть равной наружному диаметру самого большого трубопровода +100 мм, но не менее 700 мм.

В полнопроходных каналах устанавливается приточно-вытяжная вентиляция. Вентиляция тоннелей должна обеспечивать температуру воздуха в тоннелях не более +40°С как в зимнее, так и летнее время, а на время выполнения ремонтных работ – не более +33°С. Если в процессе эксплуатации в воздухе выделяются вредные вещества превышающие предельно допустимые концентрации, то устройство вентиляции является обязательным требованием.

Вытяжные шахты на тепловой трассе размещают примерно через 100 м. Приточные шахты располагают между вытяжными шахтами и по возможности объединяют с аварийными люками. [8]

1.3 Тепловая изоляция

1.3.1 Асбест

Асбест и асбестовые изделия. Асбест – материал, который имеет волокнистое строение и обладает свойством расщепления на отдельные тонкие и гибкие волокна, которые могут скручиваться в нить. Если волокна асбеста деформированы и перепутаны между собой, то такой асбест называется распушенным. Из волокон асбеста с добавлением вяжущих веществ и наполнителя делают асбестовые шнуры, ткани, картон и бумагу.

Для изготовления тепловой изоляции и огнезащитных прокладок применяют бумагу и картон. Толщина бумаги, обычно, составляет от 0,3 до 1,5 мм, а картон – от 2 до 10 мм. Шнуры из асбеста, как правило, используют для изоляции оборудования подверженного вибрациям, а также для изоляции мелких трубопроводов с температурой до 500 °С. Ткань используется для создания материала теплоизоляции.

Материалы из диатомита. Диатомит и трепел представляют собой осадочную породу. Они обладают большой пористостью, являются основным сырьем для изготовления керамических теплоизоляционных изделий типа диатомовых и пенодиатомовых, а также некоторых сыпучих материалов типа асбозурита. Молотый диатомит применяется для приготовления штукатурных мастик, а также для производства теплоизоляционной засыпки.

1.3.2 Асбозурит

Порошковый материал, состоящий из диатомита и асбеста. Применяется в виде мастики для нанесения подмазочного слоя и для отделки поверхностей изделий. Пенодиатомовые изделия производятся в виде кирпичей, блоков, скорлуп и сегментов.

Известково-кремнеземистые и вулканитовые изделия. Эти материалы термостойки и высокоэффективны, обычно, применяются для изоляции оборудования и трубопроводов с температурой 200–300 °С. Вулканитовые изделия производятся в виде плит, скорлуп и сегментов, которые предназначены для теплоизоляции промышленных установок, оборудования и трубопроводов при температуре изолируемых поверхностей до 600 °С. Их получают путем автоклавной обработки диатомита, извести и асбеста. [7]

Вспученные горные породы и изделия из них. К этой группе относятся перлит и вермикулит. Вспученный перлит получают путем измельчения, сортировки и обжига горных пород. Перлитцементные изделия в виде плит, блоков, скорлуп и сегментов производятся из смеси вспученного перлитового песка, цемента и асбеста. Вспученный вермикулит представляет из себя сыпучий зернистый материал с чешуйчатым строением, получаемый в результате обжига минерала вермикулита. При быстром нагреве до 800–1000 °С вермикулит расщепляется на отдельные слюдяные пластины и увеличивается в объеме до 15–20 раз. Вермикулит применяют в виде теплоизоляционной засыпки для заполнителя легких бетонов, изготовления огнезащитных теплоизоляционных

звукопоглощающих штукатурных растворов, изготовления теплоизоляции в виде плит, скорлуп и сегментов.

1.3.3 Ячеистые бетоны

Они представляют собой искусственные каменные материалы, которые состоят из затвердевшего вяжущего вещества с равномерно распределенными в нем воздушными ячейками. Сырьем для бетона служит цемент, мелкие камни, известь, песок и вода. Предельная температура применения – 400 °С.

Минеральная вата и изделия из нее. Минеральная вата является наиболее распространенным материалом теплоизоляции, для изоляции оборудования и трубопроводов. Имеет структуру высокопористого материала, состоит из тонких и гибких стекловидных волокон, которые получают из силикатных расплавов.

1.3.4 Стекловолоконная вата

Стекловолоконная вата - высокоэффективный теплоизоляционный материал, который нашел свое применение для изоляции оборудования и трубопроводов. Сырьем для изготовления ваты является кварцевый песок, известь и сода. Максимальная температура применения 450 С.

1.3.5 Магнезиальные материалы

К этой группе относятся совелит и ньювель. Это высокоэффективные материалы, используемые для изоляции оборудования электростанций. Совелит состоит из смеси углекислотных солей магния и кальция с асбестом. Ньювель изготавливается в виде порошка, из которого на месте монтажа формируется сегменты и скорлупы. [8]

При монтаже стальных труб тепловых сетей, обычно, соединяют с помощью электрической или газовой сварки. Соединение стальных трубопроводов на фланцах используют только при установке фланцевой арматуры.

В настоящее время широко применяют предизолированные трубы для тепловых сетей, выполненные в заводской изоляции из пенополиуретана.

Как альтернатива стальному трубопроводу отлично зарекомендовали себя полимерные трубы.

Гибкие трубы для тепловых сетей изготавливаются из сшитого полиэтилена, полибутена и других высокопрочных полимеров. Материал для напорных труб должен быть прочным и долговечным. Он не подвержен температурным и химическим воздействиям, хорошо переносит перепады давления внутри сети и механически прочный к внешним воздействиям. При соблюдении технических условий, срок службы таких труб составляет минимум 50 лет.

Требования, предъявляемые к свойствам полимерных гибких труб. Теплоизоляция гибких труб представляет собой вспененный полиэтилен с закрытой пористой структурой. Влагопоглощение данного материала составляет не более 1%, а также обладает полной паронепроницаемостью. Это позволяет достигать лучших теплоизолирующих свойств при меньшей толщине материала.

Еще один слой защитной оболочки, создаваемый для гибких труб, - это высокоплотный полиэтилен. Для надежности конструкции формируют прочный, влагонепроницаемый, но сохраняющий гибкость гофрированный кожух. Внутри кожуха может размещаться до четырех труб. За счет высокой прочности материала трубопровод можно укладывать на глубину до 6 метров без обустройства дополнительного железобетонного лотка.

Преимущества полимерных труб перед стальными:

- Гибкость. Полимерные трубы обладают высокой прочностью и гибкостью, что позволяет обходить препятствия и не использовать соединительные элементы трубопровода.
- Прокладка гибкого трубопровода. Прочность и упругость гибких труб для тепловых сетей позволяет минимизировать использование монтажа отводов, компенсаторов и неподвижных опор.
- Антикоррозийная стойкость. Пластик не ржавеет, гладкость внутренней поверхности труб препятствует отложениям накипи и способствует сохранению длительного периода изначально пропускной способности

трассы.

- Малый вес. Полимерная труба в 5 раз легче стальной трубы аналогичного диаметра.
- Эксплуатация. Монтаж гибких труб, в отличие от металлических, намного проще и быстрее. Время безаварийной работы трубопровода в несколько раз больше.
- Экономичность. Использование гибких полимерных труб снижает стоимость проекта на 5-7 %. [2]

2 Технические характеристики тепловой сети от здания котельной д. Глядень.

2.1 Описание тепловой сети и её технические характеристики.

Климатологические характеристики для расчета тепловой сети д. Глядень выбираем по данным для ближайшего города – Ачинск. [9]

1	2		3		4	5	6	7	8	9						15	16	17	18	19	20			
	Температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью		Температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью							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, %		
	0,98	0,92	0,98	0,92						≤ 0 °С	≤ 8 °С	≤ 10 °С	продолжительность	средняя температура	продолжительность							средняя температура	продолжительность	средняя температура
Ачинск	-43	-40	-40	-36	-22	-60	7,7	172	10,6	234	-6,7	250	-5,7	74	71	102	ЮЗ	4,7	4,0					

Рисунок 1 – климатологические характеристики

Котельная д. Глядень расположена: Красноярский край, Назаровский район, д. Глядень, ул. Новая 4 “А”.

Схема тепловой сети д. Глядень

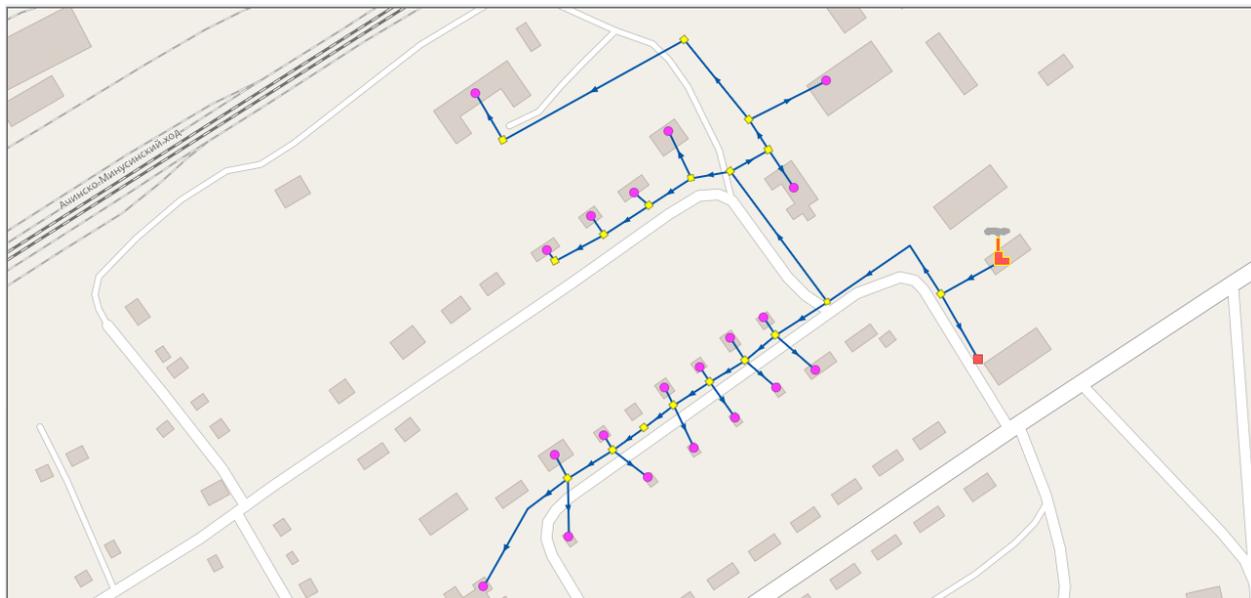


Таблица 1 – Проектные данные тепловой сети д. Глядень

Наименование участка	Подающая труба		Обратная труба		Теплоизоляция	Тип прокладки
	d_n , мм	L, м	d_n , мм	L, м		
Котельная ТК-1	219	80	219	80	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-1 - ТК-2	157	50	157	50	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-2 - ТК-3	157	37	157	37	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-3 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 1	40	36	40	36	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-3 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 2	40	18	40	18	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-3 – ТК-4	96	35	96	35	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-4 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 3	40	36	40	36	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-4 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 4	40	18	40	18	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная

ТК-4 – ТК-5	86	35	86	35	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-5 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 5	40	36	40	36	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-5 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 6	40	18	40	18	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-5 – ТК-6	86	35	86	35	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-6 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 7	40	36	40	36	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-6 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 8	40	18	40	18	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-6 – ТК-7	86	35	86	35	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-7 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 10	40	18	40	18	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-7 – ТК-8	86	45	86	45	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-8 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 11	40	36	40	36	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-8 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 12	40	18	40	18	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-8 – Садик «Колокольчик №20»	86	90	86	90	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-2 – ТК-9	86	100	86	100	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-9 – ТК-10	86	40	86	40	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-10 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 2	40	17	40	17	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная

ТК-10 – ТК-11	86	40	86	40	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-11 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 4	40	17	40	17	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-11 – ТК-12	86	40	86	40	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-12 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 6	40	17	40	17	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-12 – ТК-13	86	18	86	18	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-13 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 8	40	17	40	17	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-9 – ТК-14	86	60	86	60	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-14 – ввод в не жилое здание ул. Почтовая 3	86	20	86	20	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-14 – ТК-15	86	80	86	80	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-15 – ввод в не жилое здание ул. Почтовая 2 «А»	86	10	86	10	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-15 – ТК-16	86	80	86	80	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-16 – ТК-17	86	182	86	182	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная
ТК-17 – ввод в не жилое здание ул. Почтовая 4 «А»	86	20	86	20	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная

Настоящий Свод правил содержит указания по проектированию и строительству подземных тепловых сетей бесканальной прокладки из стальных труб и фасонных изделий с индустриальной тепловой изоляцией из пенополиуретана в полиэтиленовой оболочке. Выполнение этих указаний обеспечит соблюдение обязательных требований к тепловым сетям и их изоляции, установленных действующими нормативными документами: СНиП 2.04.07, СНиП 3.05.03. [13]

Расчет тепловой сети происходит исходя из следующих данных на источнике:

Геодезическая отметка, м: 290

Расчетная температура в подающем трубопроводе, °С: 95

Расчетная температура в обратном трубопроводе, °С: 70

Расчетная температура холодной воды, °С: 5

Расчетная температура наружного воздуха, °С: -36

Продолжительность работы системы теплоснабжения: >5000 часов в год

Среднегодовая температура воды в под. тр-де, °С: 65

Среднегодовая температура воды в обр. тр-де, °С: 50

Среднегодовая температура грунта, °С: 5

Среднегодовая температура наружного воздуха, °С: 0

Среднегодовая температура воздуха в подвалах, °С: 10

Таблица 2 – тепловая нагрузка на потребителях

Наименование участка	Тепловая нагрузка, Вт	Тепловая нагрузка, Гкал/ч
ТК-3 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 1	4815,72	0,004141
ТК-3 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 2	5380,8	0,004732
ТК-4 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 3	5503,68	0,004207
ТК-4 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 4	4892,16	0,004627
ТК-5 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 5	5380,8	0,011831
ТК-5 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 6	13759,2	0,004207
ТК-6 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 7	4892,16	0,004207
ТК-6 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 8	4892,2	0,005258
ТК-7 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 10	6191,64	0,004207
ТК-8 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 11	4892,16	0,005915
ТК-8 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 12	6879,6	0,168584
ТК-8 – Садик «Колокольчик №20»	196062,72	0,104257
ТК-10 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 2	121251,31	0,005324

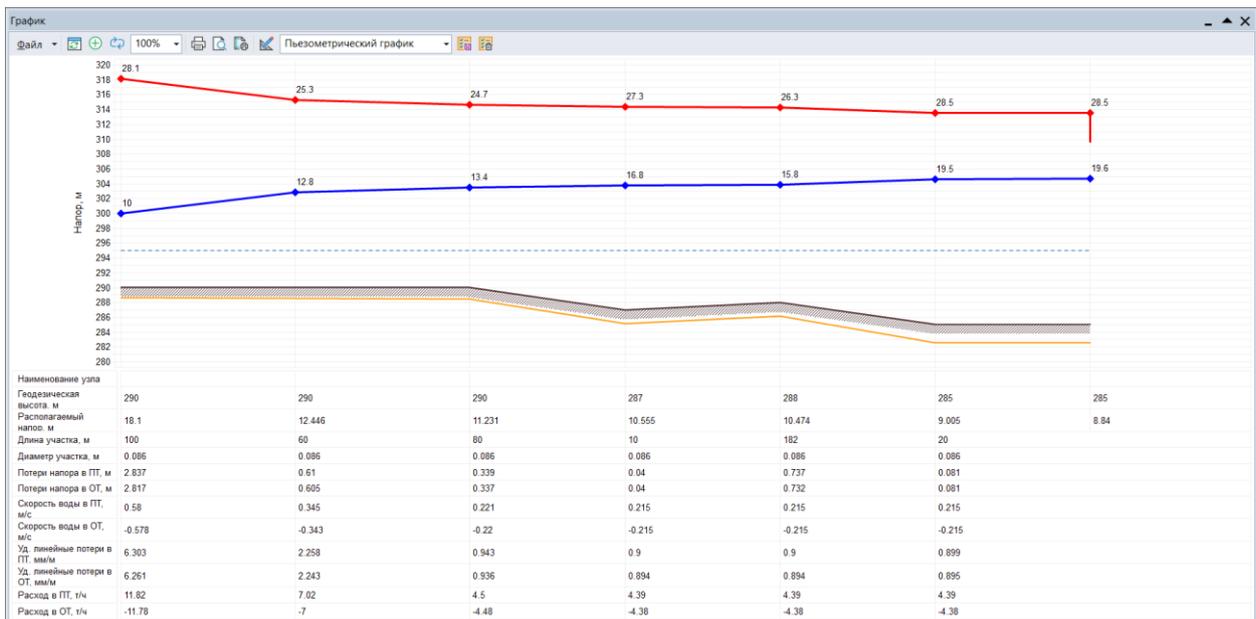
ТК-11 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 4	6191,43	0,005916
ТК-12 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 6	6879,73	0,004207
ТК-13 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 8	4892,42	0,063103
ТК-14 – ввод в не жилое здание ул. Почтовая 3	73388,95	0,00263
ТК-15 – ввод в не жилое здание ул. Почтовая 2 «А»	3059,18	0,109745
ТК-17 – ввод в не жилое здание ул. Почтовая 4 «А»	127632,96	0,196944
ТК-2 – Обобщенный потребитель ул. Новая	550129,47	0,475812
Итого	1156968,29	1,05421

Расчетные данные тепловой сети д. Глядень

2.2 Пьезометрические графики тепловой сети до самых дальних потребителей



Пьезометрический график от котельной до Садика «Колокольчик» по ул. Совхозная 17



Пьезометрический график от котельной до жилого здания по ул. Почтовая 4 «А»

2.3 Графики падения температур до самых дальних потребителей, полученные с помощью наладочного расчета

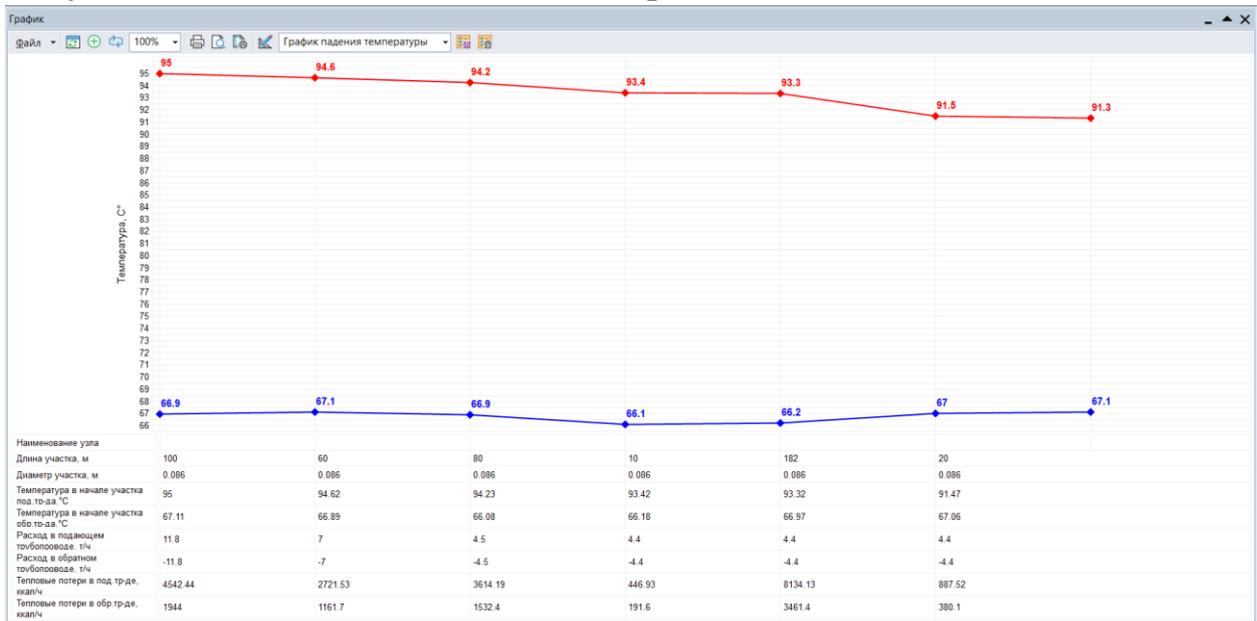


График падения температуры от котельной до нежилого дома по ул. Почтовая 4 «А»

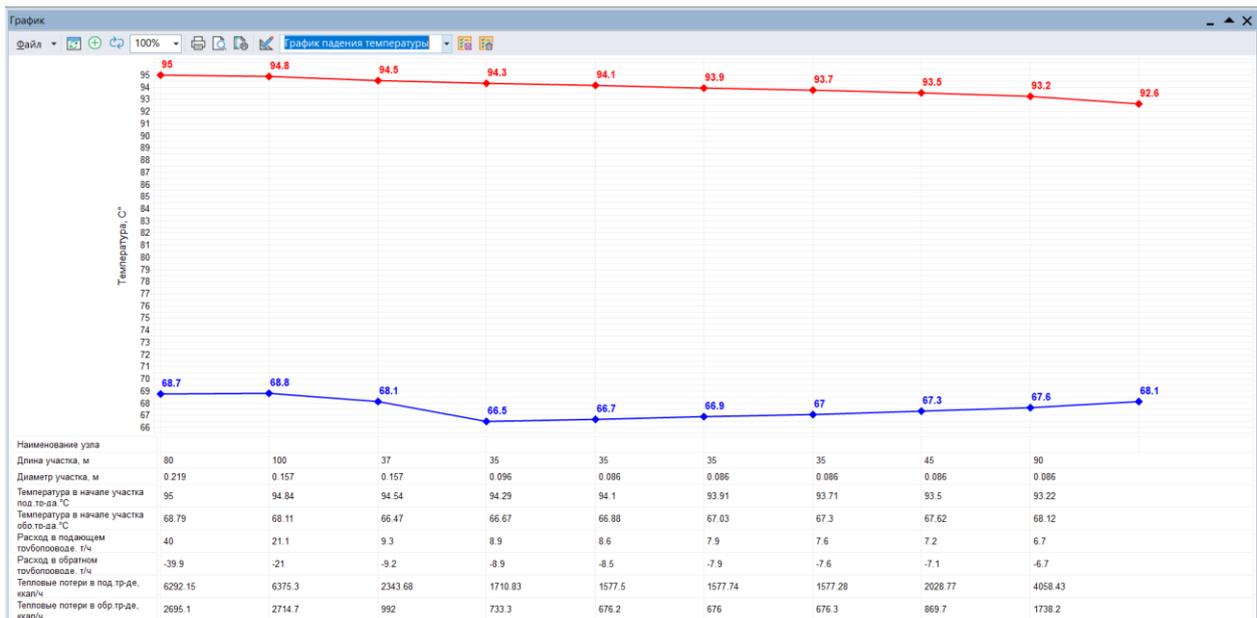


График падения температуры от котельной до нежилого здания садик «Колокольчик» по ул. Совхозная 17

Также при помощи наладочного расчета были рассчитаны тепловые потери и потери с утечками.

Таблица 3 – тепловые потери и потери тепла с утечками

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающий, ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающий, ккал/ч	Обратный, ккал/ч
Котельная - ТК-1	6292,15	2695,07	697,2305	505,05555
ТК-1 - ТК-2	6375,3	2714,71	446,8313	321,079
ТК-2 - ТК-3	2343,68	992,01	164,8425	115,96249
ТК-3 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 1	1130,09	454,66	10,02107	6,91139
ТК-3 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 2	565,05	237,28	5,10596	3,64335
ТК-3 – ТК-4	1710,83	733,26	58,16407	41,14415
ТК-4 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 3	1130,15	458,45	10,04689	6,98676
ТК-4 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 4	565,07	236,73	5,09539	3,63509
ТК-4 – ТК-5	1577,5	676,18	46,58459	33,1225
ТК-5 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 5	1130,32	456,61	10,01903	6,95627
ТК-5 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 6	565,16	242,42	5,14487	3,74596
ТК-5 – ТК-6	1577,74	675,98	46,48957	33,19771
ТК-6 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 7	1129,99	451,97	9,96355	6,87387
ТК-6 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 8	564,99	235,63	5,07426	3,6186
ТК-6 – ТК-7	1577,28	676,26	46,38856	33,3308
ТК-7 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 9	1130,46	458,47	10,01444	7,00042
ТК-7 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 10	565,23	237,05	5,08216	3,64808
ТК-7 – ТК-8	2028,77	869,67	59,4857	43,04546
ТК-8 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 11	1130,71	449,11	9,90907	6,83156

ТК-8 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 12	565,35	237	5,07382	3,65034
ТК-8 – Садик «Колокольчик №20»	4058,43	1738,18	118,4072	86,64141
ТК-2 – ТК-9	4542,44	1943,98	134,238	94,90606
ТК-9 – ТК-10	1814,35	779,38	53,47908	38,37515
ТК-10 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 2	538,32	232,73	4,90373	3,60691
ТК-10 – ТК-11	1818,53	721,77	52,54039	33,38546
ТК-11 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 4	498,49	218,75	4,69327	3,36994
ТК-11 – ТК-12	1683,98	696,75	50,53378	32,81373
ТК-12 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 6	481,2	208,32	4,48518	3,21565
ТК-12 – ТК-13	731,5	299,49	21,65843	14,3127
ТК-13 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 8	459,62	194,63	4,24106	3,00099
ТК-9 – ТК-14	2721,53	1161,72	80,21493	56,75694
ТК-14 – ввод в не жилое здание ул. Почтовая 3	903,55	392	26,63278	19,54805
ТК-14 – ТК-15	3614,19	1532,36	106,2789	74,65169
ТК-15 – ввод в не жилое здание ул. Почтовая 2 «А»	446,93	185,25	12,92767	9,13598
ТК-15 – ТК-16	446,93	191,55	13,22079	9,36702
ТК-16 – ТК-17	8134,13	3461,38	238,1013	171,55463
ТК-17 – ввод в не жилое здание ул. Почтовая 4 «А»	887,52	380,08	25,87417	18,97637
Итого, ккал/ч	61062,16	28526,8	2608,998	1863,058
Итого Гкал/ч	0,06106216	0,0285268	0,00260899	0,00186305

При помощи наладочного расчета были получены суммарные тепловые потери в подающем и обратном трубопроводе: 0,089589 Гкал/ч;

Суммарные тепловые потери от утечки в подающем и обратном трубопроводе: 0,004472 Гкал/ч

3 Результаты расчетов после подключение нового потребителя

Подключение нового потребителя будет производиться по адресу: ул. Почтовая 4

Расчет диаметра трубопровода осуществляется по формуле:

$$D = \sqrt[2.1]{\frac{0.11 * Q^2 * \rho * \Delta^{0.25}}{\pi^2 * \Delta P}} = 0,04 \text{ м, где}$$

Q – расход теплоносителя, т/ч

ρ - плотность теплоносителя

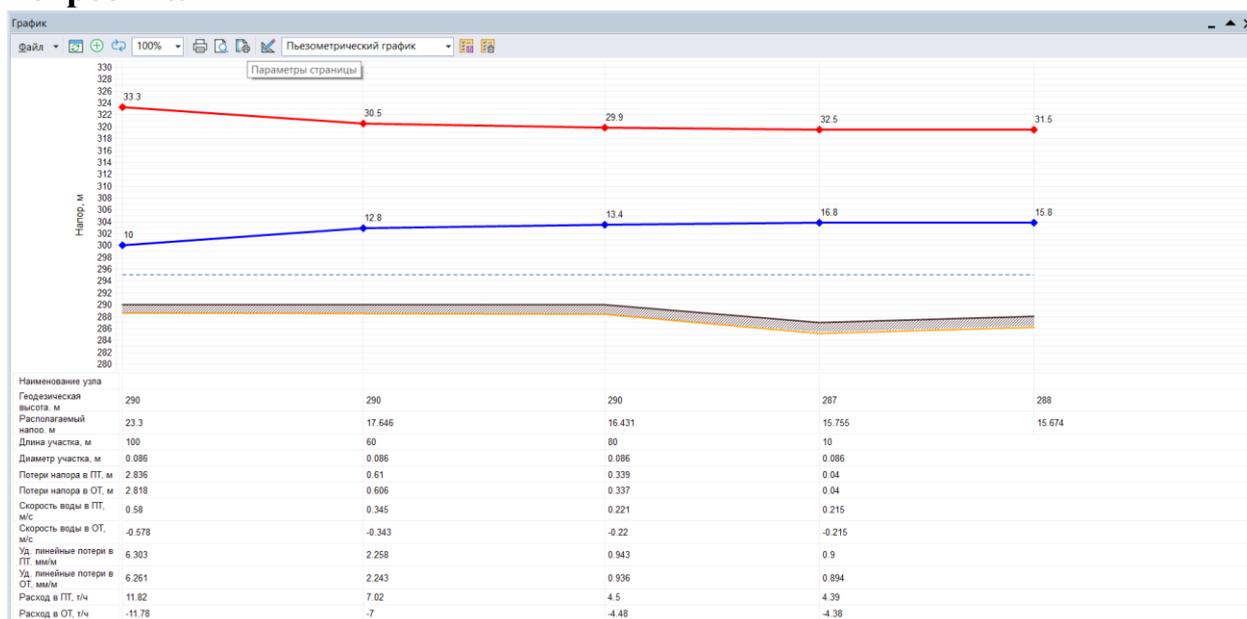
ΔP – удельные потери по длине, Па/м

Δ - шероховатость трубопровода

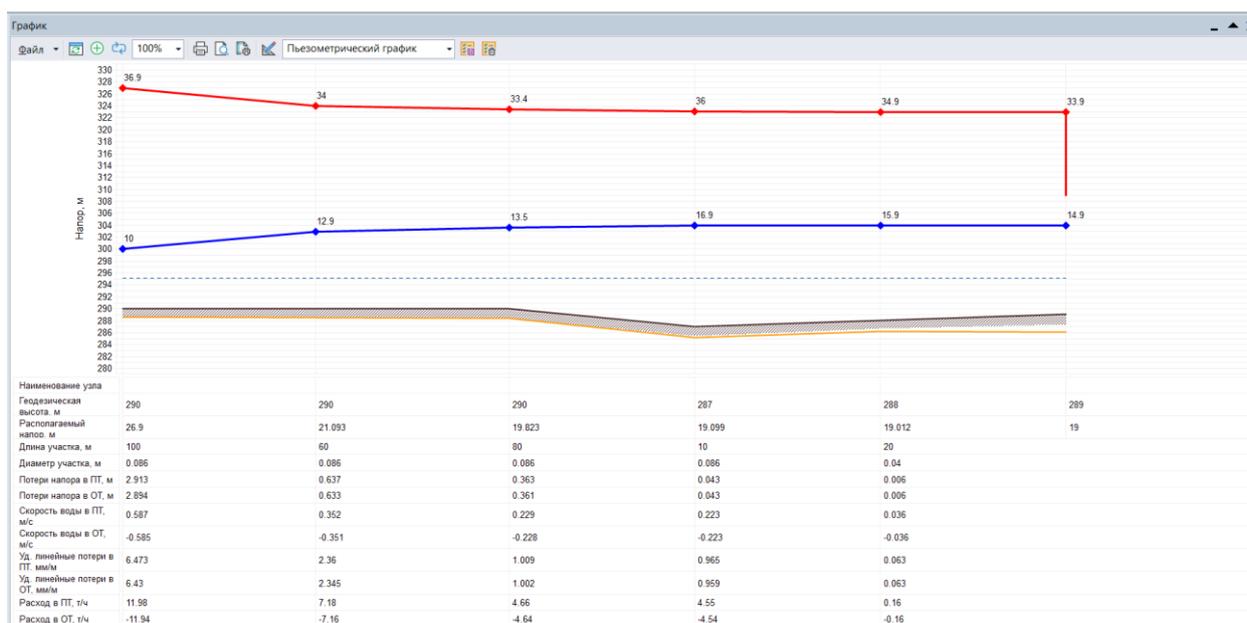
Расчетная нагрузка на отопление составляет 0,004 Гкал/ч. Длина трубопровода для подземной бесканальной прокладки составляет 20 м, диаметр – 0,04 м. Удельные линейные потери трубопровода не должны быть больше 8 мм. в. ст./м. Напор на источнике после подключения нового потребителя изменился на 3,2 м, новый насос подбирать не нужно.

Общая нагрузка на систему отопления составляет 1,05886 Гкал/ч.

3.1 Пьезометрические графики до и после подключения нового потребителя



Пьезометрический график до подключения потребителя по ул. Почтовая 4



Пьезометрический график после подключения потребителя по ул. Почтовая 4

3.2 Графики падения температур до и после подключения потребителя

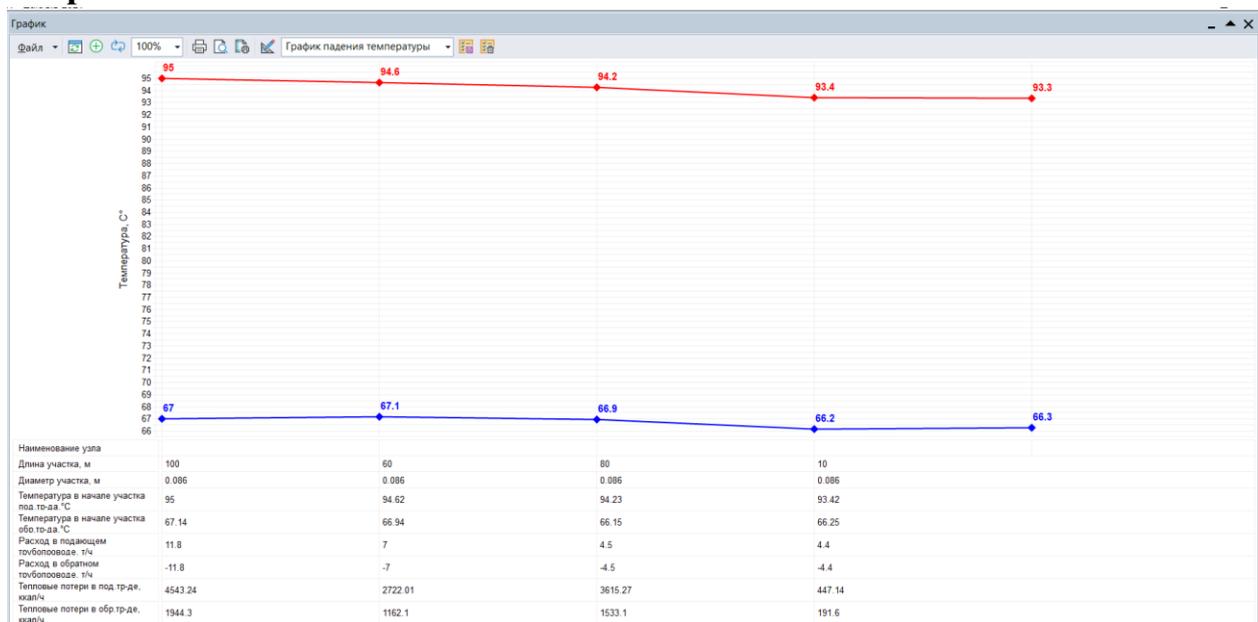


График падения температуры до подключения потребителя



График падения температуры после подключения потребителя

Таблица 4 - тепловые потери и потери тепла с утечками после подключения нового потребителя

Наименование участка	Тепловые потери		Потери тепла с утечками	
	Подающий, ккал/ч	Обратный, ккал/ч	Подающий, ккал/ч	Обратный, ккал/ч
Котельная - ТК-1	6292,39	2695,18	697,23312	505,09742
ТК-1 - ТК-2	6375,56	2715,05	446,84089	321,15723
ТК-2 - ТК-3	2343,98	992,05	164,84829	115,96688
ТК-3 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 1	1130,13	454,68	10,02142	6,91165
ТК-3 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 2	565,07	237,29	5,10614	3,64349
ТК-3 – ТК-4	1710,9	733,29	58,16612	41,1457
ТК-4 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 3	1130,19	458,47	10,04724	6,98702
ТК-4 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 4	565,1	236,74	5,09557	3,63523
ТК-4 – ТК-5	1577,56	676,21	46,58624	33,12375
ТК-5 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 5	1130,37	456,62	10,01938	6,95653
ТК-5 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 6	565,18	242,43	5,14505	3,7461
ТК-5 – ТК-6	1577,8	676,01	46,49121	33,19896
ТК-6 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 7	1130,03	451,98	9,96391	6,87413
ТК-6 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 8	565,02	235,64	5,07444	3,61873
ТК-6 – ТК-7	1577,34	676,29	46,3902	33,33206
ТК-7 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 9	1130,5	458,49	10,01479	7,00069
ТК-7 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 10	565,25	237,06	5,08234	3,64822
ТК-7 – ТК-8	2028,85	869,71	59,4878	43,04709
ТК-8 – ввод в жилое здание ул. Совхозная 11	1130,75	449,13	9,90942	6,83182
ТК-8 – ввод в жилое здание ул.	565,38	237,01	5,074	3,65048

Совхозная 12				
ТК-8 – Садик «Колокольчик №20»	4058,59	1738,24	118,4114	86,64469
ТК-2 – ТК-9	4542,57	1944,07	134,24161	94,91094
ТК-9 – ТК-10	1814,44	779,42	53,48197	38,37737
ТК-10 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 2	538,35	232,74	4,90399	3,60712
ТК-10 – ТК-11	1818,63	721,81	52,54323	33,38739
ТК-11 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 4	498,52	218,76	4,69352	3,37014
ТК-11 – ТК-12	1684,08	696,79	50,5365	32,81562
ТК-12 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 6	481,23	208,33	4,48542	3,21584
ТК-12 – ТК-13	731,55	299,51	21,65959	14,31353
ТК-13 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 8	459,65	194,64	4,24129	3,00116
ТК-9 – ТК-14	2721,66	1161,87	80,22294	56,76378
ТК-14 – ввод в не жилое здание ул. Почтовая 3	903,67	392,06	26,63666	19,55111
ТК-14 – ТК-15	3614,67	1533,11	106,30996	74,69452
ТК-15 – ввод в не жилое здание ул. Почтовая 2 «А»	447,15	185,34	12,93336	9,14029
ТК-15 – ТК-16	447,15	191,64	13,22687	9,37116
ТК-16 – ТК-17	8138,12	3464,94	238,21518	171,83473
ТК-17 – ввод в не жилое здание ул. Почтовая 4 «А»	618,81	265,06	5,60199	4,1111
ТК-17 – ввод в жилое здание ул. Почтовая 4	622,89	259	5,60061	3,97143
Итого, ккал/ч	67799,08	28676,66	2594,544	1852,655
Итого Гкал/ч	0,067799	0,028676	0,002594544	0,001852655

После подключения нового потребителя по ул. Почтовая 4, при помощи наладочного расчета были получены следующие тепловые потери:

Тепловые потери в подающем и обратном трубопроводе: 0,096475 Гкал/ч;

Суммарные тепловые потери от утечки в подающем и обратном трубопроводе: 0,004447199 Гкал/ч

Расчетные диаметры дроссельных шайб на потребителях

Таблица 5 – Диаметры дроссельных шайб

Наименование потребителя	Диаметр дроссельных шайб, мм
Жилой дом, улица Совхозная №1	5.22
Жилой дом, улица Совхозная №2	3.061
Жилой дом, улица Совхозная №3	3.517
Жилой дом, улица Совхозная №4	3.234
Жилой дом, улица Совхозная №5	3.584
Жилой дом, улица Совхозная №6	3.298
Жилой дом, улица Совхозная №7	4.606
Жилой дом, улица Совхозная №8	4.585
Жилой дом, улица Совхозная №9	4.74
Жилой дом, улица Совхозная №10	5.526
Жилой дом, улица Совхозная №11	3.311
Жилой дом, улица Совхозная №12	3.865
Садик колокольчик №20	14.723
Жилой дом, улица Почтовая 2	0
Жилой дом, улица. Почтовая 4	4.216
Жилой дом, улица. Почтовая 6	8.386
Жилой дом, улица. Почтовая 8	8.685
Нежилой дом, улица. Почтовая 3	10.078
Нежилой дом, улица. Почтовая 2 «А»	5.96
Нежилой дом, улица. Почтовая 4 «А»	14.964

4 Расчет толщины теплоизоляции теплосети

Для расчета толщины изоляции будут взяты данные из СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов [10]

Способ прокладки теплосети – подземная бесканальная, тепловая изоляция – пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке.

Для однослойных цилиндрических поверхностей расчет осуществляется по формуле:

$$\ln B = 2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из} \cdot \left(K \cdot \left(\frac{t_B - t_H}{q_{LH}} \right) - R_{LH} \right);$$

$\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности изоляционного слоя;

q_{LH} – линейная плотность теплового потока через цилиндрическую теплоизоляционную конструкцию, Вт/м (принимается значение 51 Вт/м², по СП 61.13330.2012)

R_{LH} – линейное термическое сопротивление теплоотдачи наружной стенки изолируемого объекта, м²·°С/Вт (принимается значение 0,32 по таблице Б.1. из СП 61.13330.2012) [10]

$$\ln B = 2 \cdot \pi \cdot 0,032 \cdot \left(1 \cdot \frac{(95 + 56)}{51} - 0,32 \right) = 0,567$$

$$B = 1,75$$

Далее находим значение «В» по формуле:

$$B = \frac{d_{н ст} + 2 \cdot \delta_{из}}{d_{н ст}};$$

где $\delta_{из}$ – толщина изоляции, м.

$d_{н ст}$ – наружный диаметр стенки изолируемого объекта, м;

Толщину изоляции принимаем $\delta_{из} = 15$ мм.

$$B = \frac{(0,04 + 2 \cdot 0,015)}{0,04} = 1,75$$

Проверяем заданное значение толщины изоляции:

$$0,567 = 2 \cdot \pi \cdot 0,032 \cdot \left(1 \cdot \frac{(95 + 56)}{q_{LH}} - 0,32 \right)$$

$$qL_n = 51$$

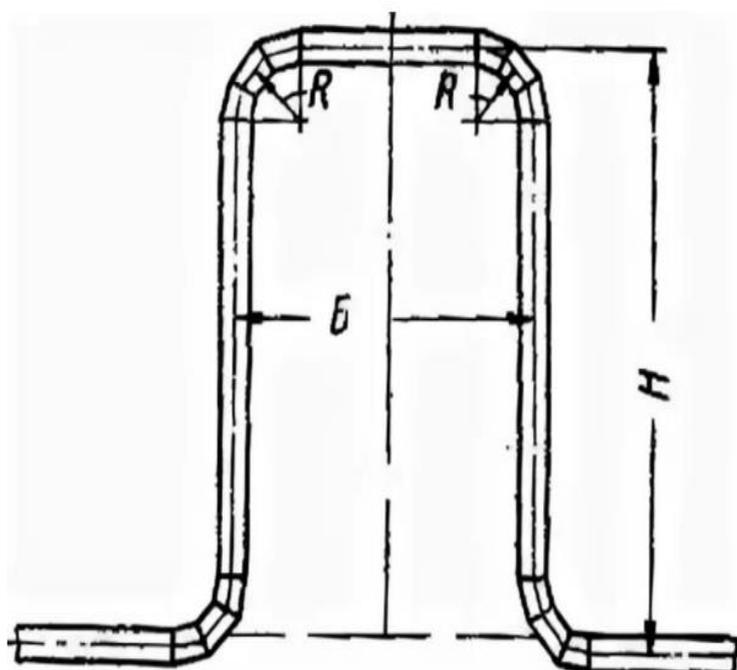
Из полученного значения qL_n следует, что значение толщины теплоизоляции подобрано верно. Далее определяем требуемую толщину теплоизоляции по формуле: $\delta_{из} = d_n \text{ ст} \cdot (B-1) / 2 = 0,04 \cdot (1,76-1) / 2 = 0,015 \text{ м}$

Требуемая толщина теплоизоляции 15 мм.

5 Расчёт и подбор компенсатора

Для надежной работы трубопровода и исключения их повреждения во время движения и расширения труб из-за перепада температур используется устройство – компенсатор. Компенсаторы предотвращают перенапряжение и деформацию трубопровода, что обеспечивает больший срок службы трубопровода. Подбор компенсатора зависит от вида прокладки теплосети, диаметров трубопроводов и прочих условий.

Для подземной бесканальной прокладки труб компенсирующим устройством будет выступать П-образный компенсатор.



П-образный компенсатор

Чтобы определить параметры компенсатора, нужно, для начала, рассчитать температурное удлинение трубопровода. Расчет будет производиться по формуле:

$$\Delta l = \alpha l \cdot (t_1 - t_2); \text{ где}$$

α – коэффициент линейного расширения стали труб, мм/м·°С (принимается $1,22 \cdot 10^{-2}$ (Таблица 4.1) [14];

l – длина участка трубопровода, м;

t_1 – максимальная температура стенки трубы, которая равняется максимальной температуре теплоносителя, °С;

t_2 – минимальная температура стенки трубы, которая равняется расчётной температуре наружного воздуха для отопления, °С.

$$\Delta l = 1,22 \cdot 10 - 2 \cdot 20 \cdot (95 + 56) = 36,844 \text{ мм}$$

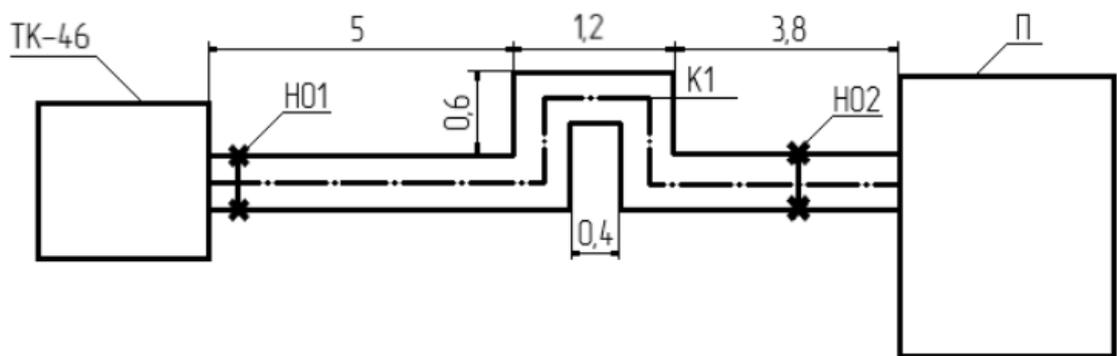
Далее (с помощью таблицы 4.2), по расчётным значения выбираем П-образный компенсатор [14]

По данным таблицы размеры П-образного компенсатора:

Полка: 1,2 м;

Вылет 0,6 м.

На рисунке 15 представлена схема прокладываемого трубопровода с выбранными размерами П-образного компенсатора.



6 Выбор схемы подключения потребителя

Производим выбор схемы подключения для нового потребителя по адресу: ул. Почтовая 4. Нагрузка на систему отопления составляет 0,004 Гкал/ч.

Подключение потребителя к тепловой сети происходит по зависимой схеме – напрямую.

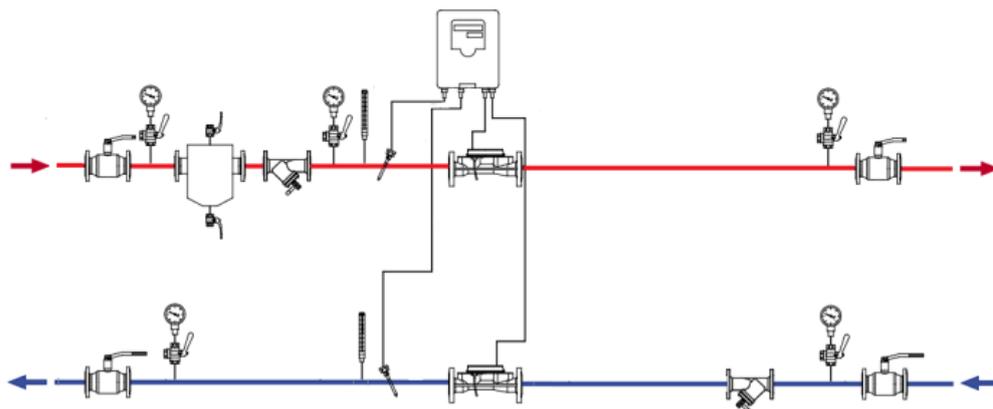


Расчетные данные для выбора основного оборудования для Индивидуального теплового пункта.

Таблица 6 – данные для подбора оборудования.

Наименование параметра	Значение
Давление в подающем трубопроводе, м	33,94
Давление в обратном трубопроводе, м	14,93
Диаметр шайбы на подающем трубопроводе перед СО, мм	3,697
Потери напора на шайбе подающего трубопровода перед СО, м	14,012
Расход сетевой воды на СО, кг/с	0,16
Скорость воды, м/с	0,036

1. Грязевик вертикальный сталь ду 40 мм;
2. Электромагнитный расходомер ПРЭМ-40
3. Фильтр сетчатый Y-образный чугун Ду 40 мм;
4. термометры ТТЖ-М ООО «Армет24»;
5. Манометр ТМ-510РМ2 давление 0-0,4МПа;
6. Теплосчетчик Авектра Ду40;
7. Датчик температуры ТСП-Н 5;



Ду40 мм

Схема индивидуального теплового пункта

Таблица 7 – Оборудование ИТП и его стоимость

Оборудование	Количество, шт.	Цена за шт, руб.
Грязевик вертикальный сталь ду 40	1	4 260,10
Электромагнитный расходомер ПРЭМ-40	2	42 360
Фильтр сетчатый Y-образный чугун Ду 40	2	5454
Термометр ТТЖ-М ООО «Армет24»	2	3000
Манометр ТМ-510PM2 давление 0-0,4МРа	5	872
Теплосчетчик Авектра Ду40	1	32571
Датчик температуры ТСП-Н 5	2	2875
Задвижка чугунная клиновья Venarno 30ч39р Ду40	4	5603

7 Экономический расчет

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

$$З = К + Э \cdot Т;$$

где К – капитальные затраты;

Т – срок использования;

Э – эксплуатационные затраты.

Капитальные затраты на прокладку трубопроводов рассчитываются по следующей формуле:

$$K_{\text{труб}} = \text{ФЕР} \cdot K \cdot l; \text{ где}$$

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

К – коэффициент пересчёта = 10,37 (индексы-2-2024-32641-ИФ/09);

$$K_{\text{труб}} = 10,37 \cdot 267382,89 \cdot 0,02 = 55455,21 \text{ руб}$$

Эксплуатационные затраты рассчитываются по следующей формуле:

$$Э = \text{Пот. ут} + \text{Пот. Т} + \text{Пот. Т. с ут.}$$

Пот. ут – потери утечек;

Пот. Т – тепловые потери;

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

Рассчитываются по следующим формулам:

$$\text{Пот. Т} = Q \cdot t \cdot \text{тариф } Q$$

$$\text{Пот. ут} = G_{\text{ут}} \cdot t \cdot \text{тариф воды}$$

$$\text{Пот. Т. с ут.} = Q_{\text{ут}} \cdot \text{тариф } Q$$

$$ЭЭ = N \cdot t \cdot \text{тариф}$$

Потери утечек:

$$\text{Пот. ут} = 0,000006 \cdot (234 \cdot 30 \cdot 24) \cdot 27,58 = 27,88 \text{ руб.}$$

Тепловые потери:

Тепловые потери в подающем трубопроводе: $622 \cdot 10^{-6}$ Гкал/ч

Тепловые потери в обратном трубопроводе: $259 \cdot 10^{-6}$ Гкал/ч

$$\text{Пот. Т} = 622 \cdot 10^{-6} \cdot (234 \cdot 30 \cdot 24) \cdot 2445,6 = 256285,575 \text{ руб.}$$

$$\text{Пот. Т} = 259 \cdot 10^{-6} \cdot (234 \cdot 30 \cdot 24) \cdot 2445,6 = 106716,98 \text{ руб.}$$

Суммарные тепловые потери: $256285,575 + 106716,98 = 363002,55$ руб.

Потери тепла с утечками:

Тепловые потери от утечек в подающем трубопроводе:

$$5,6 \cdot 10^{-6} \cdot (234 \cdot 30 \cdot 24) \cdot 2445,6 = 2307,39$$

Тепловые потери от утечек в обратном трубопроводе:

$$3,9 \cdot 10^{-6} \cdot (234 \cdot 30 \cdot 24) \cdot 2445,6 = 1606,93$$

Суммарные тепловые потери с утечками: $2307,39 + 1606,93 = 3914,32$ руб.

Итого затраты на создание и эксплуатацию тепловой сети:

$$З = 55455,21 + 27,88 + 363002,55 + 3914,32 = 422399,96 \text{ руб.}$$

Таблица 8 – данные прокладываемой трубы до нового потребителя

Наименование участка	Параметры		Теплоизоляция	Тип прокладки	ФЕР, руб.	Стоимость, руб.
	d_n , мм	L, м				
ТК – 17 – Почтовая 4	40	20	пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке	Подземная бесканальная	267382,89	55455,21

8 Расчет вероятности безотказной работы труб

Вероятность безотказной работы рассчитывается по формуле:

$$P0(t) = e^{-\omega \cdot l \cdot t}; \text{ где}$$

ω – частота отказов за единицу времени.

l – длина трубы

t – год использования

Год	Вероятность безотказной работы трубы							Вероятность безотказной работы трубопровода
	P1(80)	P2(50)	P3(50)	P4(100)	P5(60)	P6(80)	P7(20)	P1*P2*P3*P4*P5*P6*P7
1	0,961	0,975	0,975	0,951	0,97	0,961	0,99	0,807
2	0,923	0,951	0,951	0,905	0,942	0,923	0,98	0,651
3	0,887	0,928	0,928	0,861	0,914	0,887	0,97	0,525
4	0,852	0,905	0,905	0,819	0,887	0,852	0,961	0,423
5	0,819	0,882	0,882	0,779	0,861	0,819	0,951	0,341
6	0,787	0,861	0,861	0,741	0,835	0,787	0,942	0,275
7	0,756	0,839	0,839	0,705	0,811	0,756	0,932	0,222
8	0,726	0,819	0,819	0,67	0,787	0,726	0,923	0,179
9	0,698	0,799	0,799	0,638	0,763	0,698	0,914	0,144
10	0,67	0,779	0,779	0,607	0,741	0,67	0,905	0,116
11	0,644	0,76	0,76	0,577	0,719	0,644	0,896	0,094
12	0,619	0,741	0,741	0,549	0,698	0,619	0,887	0,076
13	0,595	0,723	0,723	0,522	0,677	0,595	0,878	0,061
14	0,571	0,705	0,705	0,497	0,657	0,571	0,869	0,049
15	0,549	0,687	0,687	0,472	0,638	0,549	0,861	0,04
16	0,527	0,67	0,67	0,449	0,619	0,527	0,852	0,032
17	0,507	0,654	0,654	0,427	0,6	0,507	0,844	0,026
18	0,487	0,638	0,638	0,407	0,583	0,487	0,835	0,021
19	0,468	0,622	0,622	0,387	0,566	0,468	0,827	0,017
20	0,449	0,607	0,607	0,368	0,549	0,449	0,819	0,014
21	0,432	0,592	0,592	0,35	0,533	0,432	0,811	0,011
22	0,415	0,577	0,577	0,333	0,517	0,415	0,803	0,009
23	0,399	0,563	0,563	0,317	0,502	0,399	0,795	0,007
24	0,383	0,549	0,549	0,301	0,487	0,383	0,787	0,006
25	0,368	0,535	0,535	0,287	0,472	0,368	0,779	0,005
26	0,353	0,522	0,522	0,273	0,458	0,353	0,771	0,004
27	0,34	0,509	0,509	0,259	0,445	0,34	0,763	0,003
28	0,326	0,497	0,497	0,247	0,432	0,326	0,756	0,002

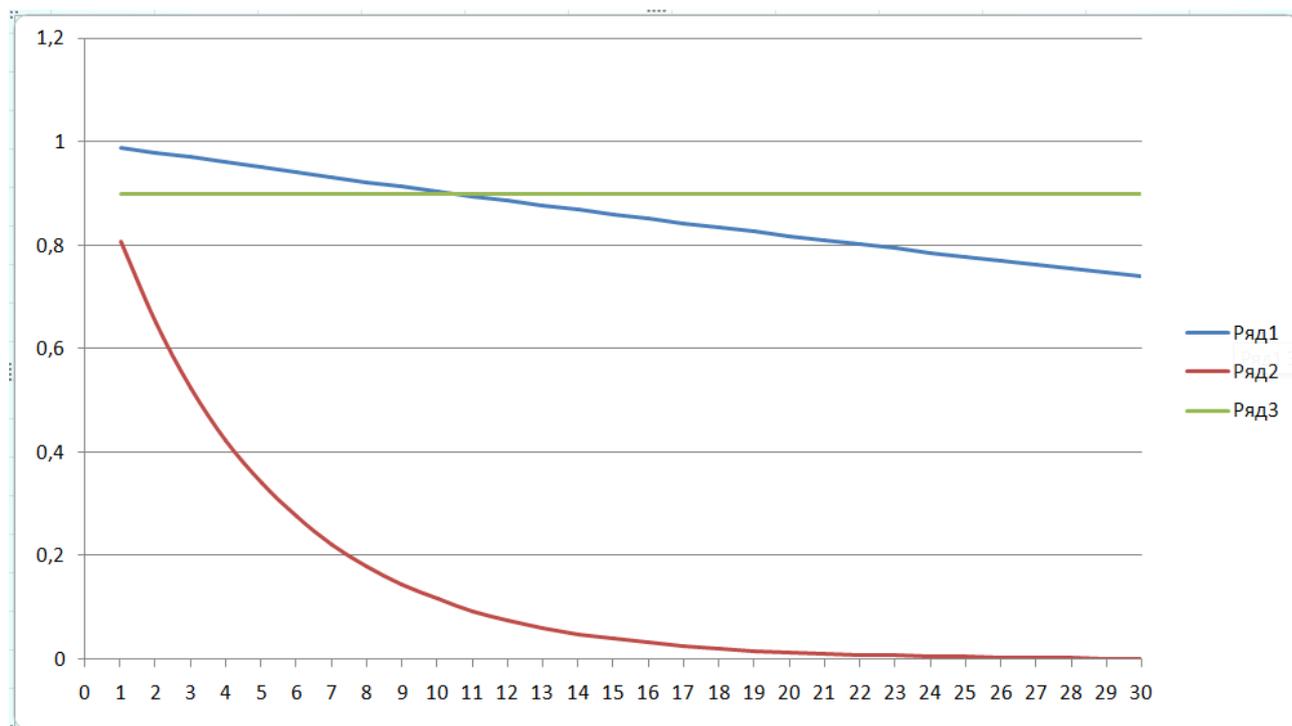
29	0,313	0,484	0,484	0,235	0,419	0,313	0,748	0,002
30	0,301	0,472	0,472	0,223	0,407	0,301	0,741	0,002

В результате рассчитанной вероятности безотказной работы, трубы можно оценить следующим образом:

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

На графике показана вероятность безотказной работы трубы и трубопровода до нового потребителя на протяжении 30 лет.

График 1 – Вероятность безотказной работы



Заключение

Целью выпускной квалификационной работы является разработка проекта подключения нового потребителя к существующей тепловой сети д. Глядень.

В результате выполнения работы были выполнены следующие задачи:

1. Были проанализированы возможные способы прокладки теплосети и материалы изоляции трубопровода;
2. Выполнен гидравлический расчёт теплосети, с помощью которого были получены графики падения температур, и в том числе графики пьезометрий, а также были посчитаны суммарные тепловые потери и потери теплоты с утечками;
3. Произведен анализ пьезометрических графиков и графиков температурных потерь до и после подключения нового потребителя;
4. Рассчитана тепловая изоляция в результате чего в качестве теплоизоляционного материала выступает пенополиуретан в полиэтиленовой оболочке, а также подобраны вид и размер компенсатора для прокладываемого трубопровода;
5. Произведен подбор и расчет стоимости основного оборудования для индивидуального теплового пункта;
6. Посчитан экономический расчёт теплосети после подключения нового потребителя, в результате которого была определена стоимость прокладки трубопровода в размере 422399,96 руб.;
7. Выполнен расчёт вероятности безотказной работы трубы и теплосети до нового потребителя, а также представлен график работы за 30 лет.
8. Произведен выбор насоса для тепловой сети. Результатом выбора был насос TP 65-340/2 A-F-A-BQQE-LW1.

Список использованной литературы

1. Соколов, Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е. Я. Соколов – Москва: Издательство МЭИ, 2001. — 472 с. – ISBN 5-7046-0703-9.
2. Кузнеченков, Н. С. Тепловые сети: учебное пособие / Н. С. Кузнеченков, Краснов А.С.; Петербургский государственный университет путей сообщения императора Александра I. – Санкт-Петербург: ФГБОУ ВО ПГУПС, 2023. – 60 с. – ISBN 978-5-7641-1891-8.
3. Мананков, В. М. Тепловая изоляция воздухопроводов / В. М. Мананков. - Текст : непосредственный // Вентиляция. Отопление. Кондиционирование: АВОК. - 2012. - № 1. - С. 50-51. - ISSN 1609-7843.
4. Веженкова, Ю. А. Современные подходы к строительству и ремонту тепловых сетей / Ю. А. Веженкова, А.В. Иконникова// научный журнал «CETERIS PARIBUS». – 2022. – № 7. – С. 10–17.
5. Белиловец, В.И. Проектирование подземных бесканальных, предварительно термически напряженных, теплопроводов со стартовыми компенсаторами / В.И. Белиловец, Ю. Л. Липовка// известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2018. Т. 329. №7. – С. 57-69.
6. Бирюзова, Е.А. Влияние способа прокладки трубопроводов на энергоэффективность тепловой сети / Е.А. Бирюзова, А.С. Глуханов// вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. – 2019. – Т. 10, №4. – С.59-66.
7. Галдин, В.Д Тепловая изоляция систем теплоснабжения [Электронный курс] / В.Д. Галдин – Электрон. дан. – Омск: СибАДИ, 2020. – 50с.
8. Скрипченко, А.С. Повышение эффективности работы тепловых сетей/ А.С. Скрипченко – Уфа: Международный научный журнал «Инновационная наука» №5/2016 ISSN 2410-6070.

9. СП 131.13330.2018 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99*/ Минстрой России – М: Стандартинформ, 2019 г. – 107 с.
10. СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003/Минрегион России – М: ФАУ «ФЦС», 2012 г. – 49 с.
11. СП 124.13330.2012. Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003/Минрегион России – М: ФАУ «ФЦС», 2012. — 73 с.
12. Леонтьев, В.И. Обеспечение работы отопительных систем / В.И. Леонтьев, А.Ю. Попов// учебное пособие / ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2022. – 157с. - ISBN 978-5-7765-1519-4.
13. СП 41-105-2002. Свод правил по проектированию и строительству. Государственный комитет Российской федерации по строительству и жилищно-коммунальному комплексу (Госстрой России).
14. Тихомиров, А. К. Методические рекомендации к выполнению выпускных (дипломных) работ по теплоснабжению / А. К. Тихомиров - Хабаровск 2010.

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

Политехнический институт

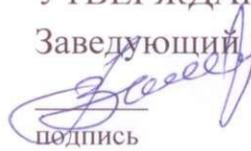
институт

Теплотехники и гидрогазодинамики

кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой



В. А. Кулагин

инициалы, фамилия

«25» июня 2024 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника

код – наименование направления

Реконструкция тепловых сетей в д. Глядень

тема

Руководитель Пьяных 25.06.24
подпись, дата должность, ученая степень

Т.А. Пьяных
инициалы, фамилия

Выпускник Каменев 25.06.24
подпись, дата

Д.Д. Каменев
инициалы, фамилия

Красноярск 2024