

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет  
(национальный исследовательский университет)»  
Политехнический институт  
Энергетический факультет  
Кафедра промышленной теплоэнергетики  
Направление подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент,  
Начальник КИПиА, ООО «ТЭСиС»  
\_\_\_\_\_ П.А. Вергасов  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой  
промышленной теплоэнергетики,  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ К.В. Осинцев  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

**МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С. ТЮБУК  
С ПЕРЕХОДОМ К НЕЗАВИСИМОЙ СХЕМЕ ПРИСОЕДИНЕНИЯ  
АБОНЕНТОВ**

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ БАКАЛАВРА  
ЮУрГУ–13.03.01.2018.087.26.ПЗ ВКР

Консультант по разделу  
«Экономика и управление»,  
старший преподаватель  
\_\_\_\_\_ Р.А. Алабугина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Руководитель работы,  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ В.Ю. Шашкин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Нормоконтролер,  
старший преподаватель  
\_\_\_\_\_ Р.А. Алабугина  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Автор работы,  
студент группы П - 479  
\_\_\_\_\_ В.М. Янтурин  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 г.

Челябинск 2018

## АННОТАЦИЯ

Янтурин В.М. Модернизация системы теплоснабжения с. Тюбук с переходом к независимой схеме присоединения абонентов. – Челябинск: ЮУрГУ, ПИ, Э; 2018, 95 с., 4 ил., библиогр. список – 45 наим., 5 листов чертежей ф.А1, 1 демонстрационный лист ф.А1.

В выпускной квалификационной работе бакалавра предложен вариант модернизации системы теплоснабжения с. Тюбук с переходом к независимой схеме присоединения абонентов, путем удаления трубопровода ГВС и установки теплообменников в индивидуальные тепловые пункты зданий.

Выпускная квалификационная работа состоит из 13 специальных глав, заключения и библиографического списка.

Первая глава посвящена анализу сложившейся ситуации и дается обоснование модернизации, а также актуальность работы. Вторая глава работы состоит из анализа материалов тепловой изоляции трубопроводов. Третья глава работы состоит из анализа источников информации применяемых в работе т.е. в ней рассматривается научно-техническая литература, использованная при разработке работы. Четвертая глава посвящена мероприятиям, связанным с энергосбережением. Пятая глава полностью посвящена расчетам нагрузок отопления, вентиляции и ГВС. В шестой главе произведено качественное регулирование по отопительной нагрузке. В седьмой главе произведен гидравлический расчет сети. Восьмая глава посвящена выбору вспомогательного оборудования: теплообменников и насосов. В девятой главе произведен расчет и подбор диаметров тепловой изоляции для различных диаметров трубопроводов. В десятой главе описываются контрольно измерительные приборы и автоматика ИТП. В одиннадцатой главе проанализированы опасные и вредные производственные факторы и разработаны мероприятия по снижению рисков получения персоналом травм и влияния вредных производственных факторов. В двенадцатой главе разработаны мероприятия по уменьшению утечек химически очищенной воды, что приводит к снижению загрязнения окружающей среды. В тринадцатой главе приводится экономическое обоснование выбора варианта оборудования, проведено сравнение капитальных и текущих затрат, выполнен анализ обоснования выбранного варианта.

В заключении представлены выводы по теме.

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						5
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
1 АКТУАЛЬНОСТЬ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ.....	10
2 СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ МАТЕРИАЛА ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДА...	11
2.1 Минеральная вата.....	11
2.2 Вспененный полиэтилен.....	12
2.3 Пенополиуретан.....	12
3 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	13
4 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ.....	14
5 ТЕПЛОВЫЕ НАГРУЗКИ НА ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЮ И ГВС.....	17
5.1 Тепловые нагрузки на отопление.....	19
5.2 Тепловые нагрузки на вентиляцию.....	20
5.3 Тепловые нагрузки на горячее водоснабжение.....	21
5.4 Годовые расходы теплоты.....	24
5.5 Нагрузки в зависимости от температуры наружного воздуха.....	27
6 КАЧЕСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ.....	29
7 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ.....	34
7.1 Задачи гидравлического расчета.....	34
7.2 Гидравлический расчет.....	34
7.3 Пьезометрический график.....	54
8 ВЫБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ.....	56
8.1 Теплообменник.....	56
8.1.1 Расчет теплообменника.....	56
8.2 Насосы.....	68
9 РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ.....	73
10 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ.....	77
11 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	79
11.1 Факторы электробезопасности.....	79
11.2 Факторы пожарной безопасности.....	80
11.3 Факторы и мероприятия безопасности человека в ИТП.....	81
11.4 Психофизиологические вредные производственные факторы.....	82
11.5 Нормы ремонтной бригады котельной и ИТП.....	82
12 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ.....	84
13 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ.....	86
13.1 Расчет капитальных затрат.....	86
13.2 Расчет текущих затрат.....	88

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

13.3 Модель SWOT-анализа вариантов технических решений .....	91
13.4 Дерево целей повышения энергетической эффективности .....	92
13.5 График Ганта .....	94
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	95
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	96

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		7

## ВВЕДЕНИЕ

Тепловая сеть - это система прочно и плотно соединенных между собой участников теплопроводов, по которым теплота с помощью теплоносителей транспортируется от источников к тепловым потребителям.

Основными элементами тепловых сетей являются трубопровод, состоящий из труб, соединенных между собой с помощью сварки, тепловая изоляция, предназначенная для защиты трубопровода от наружной коррозии и тепловых потерь, и несущая конструкция, воспринимающая вес трубопровода и усилия, возникающие при его эксплуатации.

Наиболее ответственными элементами являются трубы, которые должны быть достаточно прочными и герметичными при максимальных давлениях и температурах теплоносителя, обладать низким коэффициентом температурных деформаций, малой шероховатостью внутренней поверхности, высоким термическим сопротивлением стенок, способствующим сохранению теплоты, неизменностью свойств материала при длительном воздействии высоких температур и давлений [42].

Системы водяных теплопроводов могут быть однетрубными и двухтрубными (в отдельных случаях многотрубными). Наиболее распространенной является двухтрубная система теплоснабжения (по одной трубе подается горячая вода потребителю, по другой, обратной, охлажденная вода возвращается на ТЭЦ или в котельную). Различают открытую и закрытую системы теплоснабжения. В открытой системе осуществляется горячая вода из подающей сети разбирается потребителями для хозяйственных, санитарно - гигиенических нужд. При полном использовании горячей воды может быть применена однетрубная система. Для закрытой системы характерно почти полное возвращение сетевой воды на ТЭЦ (или районную котельную) [2].

Для оценки эффективности работы любой системы, в том числе теплоэнергетической, обычно используется обобщенный физический показатель, - коэффициент полезного действия. Увеличения КПД системы (а значит и повышения ее экономичности) можно достигнуть только снижением величины непроизводительных потерь, возникающих в процессе работы. Это и является главной задачей энергосбережения.

Основной же проблемой, возникающей при решении этой задачи, является выявление наиболее крупных составляющих этих потерь и выбор оптимального технологического решения, позволяющего значительно снизить их влияние на величину КПД. Причем каждый конкретный объект имеет ряд характерных конструктивных особенностей и составляющие его тепловых потерь различны по величине. И всякий раз, когда речь заходит о повышении экономичности работы теплоэнергетического оборудования, перед принятием решения в пользу использования какого-нибудь технологического новшества, необходимо обязательно провести детальное обследование самой системы и выявить наиболее существенные каналы потерь энергии. Разумным решением будет использование только таких технологий, которые существенно снизят наиболее крупные

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						8
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

непроизводительные составляющие потерь энергии в системе и при минимальных затратах значительно повысят эффективность ее работы [3]

Величина КПД на всей длине теплотрассы определяется следующим:

- КПД сетевых насосов, обеспечивающих движение теплоносителя по теплотрассе;
- потерями тепловой энергии по длине теплотрасс, связанными со способом укладки и изоляции трубопроводов;
- потерями тепловой энергии, связанными с правильностью распределения тепла между объектами-потребителями;
- периодически возникающими во время аварийных и нештатных ситуаций утечками теплоносителя.

При разумно спроектированной и гидравлически налаженной системе теплотрасс, удаление конечного потребителя от участка производства энергии редко составляет больше 1,5-2 км и общая величина потерь обычно не превышает 5-7%. Однако:

- использование отечественных мощных сетевых насосов с низким КПД практически всегда приводит к значительным непроизводительным перерасходам электроэнергии.
- при большой протяженности трубопроводов теплотрасс значительное влияние на величину тепловых потерь приобретает качество тепловой изоляции теплотрасс.
- гидравлическая налаженность теплотрассы является основополагающим фактором, определяющим экономичность ее работы. Подключенные к теплотрассе объекты теплоснабжения должны быть правильно шайбированы таким образом, чтобы тепло распределялось по ним равномерно. В противном случае тепловая энергия перестает эффективно использоваться на объектах потребления и возникает ситуация с возвращением части тепловой энергии по обратному трубопроводу на котельную. Помимо снижения КПД котлоагрегатов это вызывает ухудшение качества отопления в наиболее отдаленных по ходу теплосети зданиях.
- если вода для систем горячего водоснабжения (ГВС) подогревается на расстоянии от объекта потребления, то трубопроводы трасс ГВС обязательно должны быть выполнены по циркуляционной схеме. Присутствие тупиковой схемы ГВС фактически означает, что около 35-45% тепловой энергии, идущей на нужды ГВС, затрачивается впустую.

Обычно потери тепловой энергии в теплотрассах не должны превышать 5-7%. Но фактически они могут достигать величины в 25% и выше [1].

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

# 1 АКТУАЛЬНОСТЬ ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЫ

Актуальность дипломной работы состоит в том, что в селе Тюбук Челябинской области в последнее время участились аварии в системе теплоснабжения и утечки в трубопроводе горячего водоснабжения. В связи с этим предлагается переход к независимой схеме присоединения абонентов.

В результате технико-экономического анализа было принято решение изменить схему теплоснабжения путем установки теплообменников в многоквартирные дома для подготовки ГВС.

Предлагается установить пластинчатые теплообменники фирмы «Ридан». Пластинчатые теплообменники представляют собой разборные теплообменные аппараты. Поверхность теплообмена которых состоит из тонких металлических штампованных пластин, изготовленных из коррозионноустойчивых сталей 1.4401/AISI316, 1.4301/AISI304. [16]

Гофрированная поверхность пластин усиливает турбулизацию потоков рабочих сред, за счет чего повышается коэффициент теплопередачи и уменьшается количество отложений и загрязнений на рабочих поверхностях. [43]

После установки теплообменников будет произведен переход к независимой схеме, в результате чего помимо резкого сокращения аварий мы добьемся следующего:

- 1) Исключений влияния на местные системы волновых процессов и ударов;
- 2) Облегчения нестационарных гидравлических режимов тепловых сетей при аварийных переключениях;
- 3) Некоторого уменьшения утечек;
- 4) Облегчения водоподготовки и подпитки теплоносителя в первом контуре системы теплоснабжения. [3]

Также после проведенных работ отпадет нужда в трубопроводе ГВС, так как холодная водопроводная вода будет подогреваться сетевой водой на месте присоединения абонентов, поскольку тепловая нагрузка сетей учитывает дополнительные затраты теплоты на подогрев исходной воды для целей горячего водоснабжения. Так как общая длина магистрали составляет около 5 километров, то демонтаж трубопровода гвс будет экономически целесообразен.

К преимуществу данного подхода можно отнести:

- 1) Ремонт и сервис оборудования будет проводиться обслуживающей компанией;
- 2) Уменьшение тепловых потерь за счет демонтажа одной трубы;
- 3) Уменьшение затрат на тепловую изоляцию;
- 4) Сокращение аварий в системе.
- 5) В процессе проведения работ установка импульсных датчиков на трубопроводы, позволяющих с небольшой погрешностью определить место аварии.

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
						10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2 СРАВНЕНИЕ ВАРИАНТОВ МАТЕРИАЛА ИЗОЛЯЦИИ ТРУБОПРОВОДА

На данный момент в селе Тюбук как материал тепловой изоляции трубопроводов используется минеральная вата. После проведения модернизации системы теплоснабжения было принято решение заменить материал на более эффективный и энергосберегающий. Было решено провести анализ трех наиболее популярных и часто используемых материалов изоляции трубопроводов. В таблице 2 приведены основные физические и экономические параметры трех видов тепловой изоляции.

Таблица 2 – Основные характеристики тепловой изоляции

	Минеральная вата	Вспененный полиэтилен	Пенополиуретан
Теплопроводность, Вт/(м*С)	0,051-0,045	0,038-0,039	0,019-0,028
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	20-220	25-200	18-300
Класс пожаробезопасности	Г1 (слабогорючие)	Г3 (Нормально горючие)	Г2 (малогорючие)
Цена за м <sup>2</sup> , руб.	500	300	700

Как видно из таблицы 2, пенополиуретан является наиболее энергоэффективным материалом, однако рассмотрим все положительные и отрицательные особенности всех видов изоляции.

### 2.1 Минеральная вата

Минеральная вата — это общее название для группы неорганических утеплителей, которые имеют волокнистую структуру и изготавливаются из некоторых горных пород, стекла и шлаков.. Теплоизоляционная плита или мат состоит из миллионов волокон, переплетенных между собой в определенном порядке.

Плюсы:

- Водонепроницаемость;
- Стойкость перед воздействием химических веществ;
- Хорошая звукоизоляция;
- Длительный срок эксплуатации. Средний срок использования составляет 25-50 лет.

Недостатки:

- Потеря теплофизических свойств при попадании влаги;
- Проводить монтажные работы с использованием материала нужно только в спецодежде, респираторе и очках.

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11



- Выделение паров фенолформальдегидных смол. Минеральная вата опасна для здоровья, так как пары используемой в производстве фенолформальдегидной смолы канцерогенны [6].

## 2.2 Вспененный полиэтилен

Преимущества:

- Обладает высоким коэффициентом тепло- и звукоизоляции;
- Экологически чистый, имеет незначительный вес;
- Не пропускает воду и пар;
- Даже в процессе горения продолжает оставаться нетоксичным;
- Долговечен, может служить не менее 25 лет, а максимально до 80–100 лет;

Недостатки

- Мягкость. Полиэтилен не обладает необходимой для такого рода материалов жесткостью;
- Изоляция крепится с трудом. Для установки такого утеплителя нужно дополнительно применять различные клеящие смеси;
- При нахождении на солнце теряет свои теплофизические свойства [6].

## 2.3 Пенополиуретан

Достоинства:

- Этот утеплитель делается прямо на месте, а объем исходных компонентов минимален. Поэтому расходы на транспорт низкие.
- Пенополиуретан отличается необыкновенной легкостью, он не утяжеляет поверхности.
- При нанесении слоя ППУ мы не только утепляем трубопровод, но и делаем его более прочным.
- Пенополиуретановое покрытие не реагирует на потепление и похолодание в течение года. Оно прекрасно себя чувствует при температурах от минус 200 до плюс 200 градусов по Цельсию.
- В отличие от панельного и листового утепления, данный вид теплоизоляции является единым целым, плотно облегающим конструкцию.

Недостатки:

- Негативное воздействие ультрафиолетового излучения может привести к быстрому износу материала;
- Высокая стоимость;
- Категория горючести Г2 – при воздействии высоких температур материал начинает тлеть, однако возгорания не происходит.

На основании проведенного анализа можно сделать вывод, что материал ППУ, не смотря на высокую стоимость, наиболее энергоэффективен и по многим параметрам не уступает другим материалам. Выберем его в качестве материала изоляции [5].

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						12
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

### 3 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Исходные данные для теплотехнического расчета выбраны из СНиП 23-01-99 «Строительная климатология». Москва 2012 г [7].

Теплотехнический расчет был произведен по методике описанной в Николаев, А.А. Проектирование тепловых сетей: справочник проектировщика / А.А. Николаев. – Курган: изд-во Интеграл, 2012 г [10].

Качественное регулирование тепловой нагрузке и расчет расходов сетевой воды были рассчитаны по методике описанной в Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебное пособие / Е.Я. Соколов. – М: изд-во Стройиздат, 2012 г [14].

Гидравлический расчет тепловой сети был произведен по Николаев, А.А. Проектирование тепловых сетей: справочник проектировщика / А.А. Николаев. – Курган: изд-во Интеграл, 2012 г [10].  
Тепловой расчет теплообменника был произведен по методике, описанной в Н.В. Барановский Пластинчатые и спиральные теплообменники / Н.В. Барановский. – Москва: изд-во Машиностроение, 2010 г [13].

Многолетний опыт работы ООО «ТЭСиС» позволил разработать расчет для подбора вспомогательного оборудования в котельные и ИТП. Подбор насосов был произведен по методике, разработанной ООО «ТЭСиС».

Расчет тепловой изоляции был произведен по Николаев, А.А. Проектирование тепловых сетей: справочник проектировщика / А.А. Николаев. – Курган: изд-во Интеграл, 2012 г [10].

Для написания раздела автоматизация тепловых процессов был использован СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов [20].

Для раздела безопасность жизнедеятельности была использована следующая литература:

Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие с элементами самостоятельной работы студентов/ С.И. Боровик, Л.М. Кисилёва, И.С. Окраинская, И.П. Палатинская и др./ Под редакцией А.И. Сидорова. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004 г [24].

Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств: Охрана труда: учебное пособие для вузов /П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и др. – М.: Высш. шк., 2001 г [28].

Нормативные значения для раздела вопросы экологии взяты из СанПиН 21.4.559-96 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения» [32].

Раздел экономика и управление написан в соответствии с «Алабугин, А.А. Экономико-управленческая часть дипломного проекта: учебное пособие / А.А. Алабугин, Р.А. Алабугина. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2011. [41]»

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

#### 4 МЕРОПРИЯТИЯ ПО ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЮ

Энергосбережение при переносе тепловой энергии теплоносителем в разных отраслях промышленности могут быть основаны как на общих аспектах производства и использования технологического оборудования, так и на особенностях, которые характерны именно для данной отрасли промышленности, области рабочих температур, месте расположения и т.д.

К общим закономерностям энергосбережения в тепловых сетях относятся:

1. Энергосбережение при разработке систем транспортировки, ремонтпригодность, которая позволяет быстро найти и устранить неполадки в работе сети.

2. Установка эффективной тепловой изоляции трубопровода, которая будет надежно и долговечно работать при данных условиях эксплуатации.

3. Малое гидравлическое сопротивление канала, по которому проходит транспортировка теплоносителя, что обеспечивает малую мощность, затрачиваемую на прокачку теплоносителя.

4. Герметичность систем транспортировки, что обеспечивает энергосбережение во время переноса теплоносителя.

Ниже будут рассмотрены вопросы энергосбережения при транспортировке тепла жидким теплоносителем.

Методы энергосбережения при подземной и воздушной прокладке теплопроводов:

С точки зрения топливо-энергетического баланса страны тепловое потребление занимает второе место, после электрического, по использованию. Поэтому эффективная эксплуатация трубопроводов позволяет осуществить энергосбережение при транспортировке тепла, составляющее в наше время около 8% от передаваемой энергии.

Транспортировка тепловой энергии осуществляется практически в каждой отрасли промышленности, но наиболее широко она представлена в системах теплофикации. Теплопроводы могут располагаться под землей или проложены на открытом воздухе. Под землей они могут располагаться в проходных, полупроходных, непроходных каналах и непосредственно в грунте. Самые дорогие и сложные это теплопроводы в проходных каналах. Проще и дешевле осуществляется прокладка в грунте. В проходных каналах (высота которых составляет около 2.5 м) обслуживающий персонал может производить ремонт и сварочные работы, в полупроходных частично, а в непроходных ремонт осуществляется с большими затратами. Однако в некоторых случаях прокладка в грунте практически невозможна. Так в городах ремонт теплотрасс из-за выемки грунта затруднен. Поэтому в городах, как правило, применяется прокладка тепловых сетей в проходных каналах, в которых располагаются также силовые электрические кабели, кабели связи и водопровод. Это обеспечивает комплексное решение вопроса энерго- и водоснабжения, и, в конечном счете, ведет к энергосбережению [4].

											Лист
											14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.087.26 ПЗ						

Одним из существенных недостатков подземной прокладки тепловых сетей является разрушение тепловой изоляции под действием влаги грунтовых вод и влажного воздуха в каналах, что приводит к большим тепловым потерям. Поэтому часто, где это возможно, применяют воздушную прокладку теплопроводов с металлической защитой от дождей, часто это цинкованное железо. Она проще в изготовлении и ремонте, и, следовательно, в этом плане обеспечивает энергосбережение. Однако она применяется только на окраинах городов или на территориях промышленных предприятий. Вопрос о выборе типа теплопровода (воздушный или подземный) решается с учетом местных условий и технико-экономического обоснования.

Энергосбережение при транспортировке тепловой энергии в первую очередь зависит от качества тепловой изоляции. Она должна иметь не только низкую теплопроводность, воздухо- и водопроницаемость, а так же низкую электропроводность, что уменьшает электрохимическую коррозию материала трубы, воздухо- и водопроницаемость, т.е. увеличение влажности изоляции может не только ухудшить теплопроводность изоляции более чем в 3 раза, но и способствует разрушению труб. В результате срок службы сократится до 4-5 лет вместо 30, поэтому сами трубы имеют антикоррозионное покрытие, например, в виде силикатных эмалей и др. иногда сверху тепловой изоляции укладывают асбоцементные футляры с металлическими сетками, покрытые асбоцементной штукатуркой. Такие футляры препятствуют поступлению влаги из воздуха и грунта. Эта относительно сложная конструкция хотя и требует дополнительных энергетических затрат на изготовление, но зато более долговечна и за счет этого более выгодна [3].

В последние годы начали широко внедряться теплопроводы типа «труба в трубе» с пенополиуретановой изоляцией в гидрозакритной оболочке. Такая конструкция предусматривает применение не только предварительно изолированных пенополиуретаном и заключенных в полиэтилен труб, но и всех компонентов системы (шаровой арматуры, термических компенсаторов и т.д.). Такая конструкция может укладываться в землю бесканально и обеспечивает существенное энергосбережение за счет предварительного изготовления отдельных изолированных элементов в заводских условиях и практически полной ее герметичности и влагонепроницаемости [44].

При транспортировке низкотемпературных теплоносителей (область температур холодной и криогенной техники) вопросы качества тепловой изоляции встают более остро, чем при высоких температурах. Это связано с тем, что выработка 1 кВт холода при низкой температуре (например  $t = -100^{\circ}\text{C}$ ) требует гораздо больше энергии, чем выработка 1 кВт при высокой температуре (например  $t = 100^{\circ}\text{C}$ ). Теплоизолирующие материалы для области низких температур должны удовлетворять основным требованиям теплоизоляционных материалов, которые работают при высоких температурах как, например, низким значениям, незначительной гигроскопичностью, огнестойкостью, однако необходимо чтобы при низких температурах теплоизоляции обладала морозостойкостью и эластичностью. В области криогенных температур широкое

						<i>Лист</i>
					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	15
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

применение находят порошковые материалы (например, на основе диоксида кремния) и различные виды вакуумной изоляции. Следует отметить, что тепло в пористой изоляции передается от частички к частичке как кондуктивным путем, так и за счет лучистого теплообмена. Поэтому создавая в порошковой изоляции вакуум, уменьшают теплопроводность находящегося в пористом слое воздуха. При остаточном давлении 1.33 Па ( $1 \cdot 10^{-2}$  мм.рт.ст.) теплопроводность воздуха в десять раз меньше, чем у воздуха в нормальных условиях, т.е. 0,0023 Вт/(м·К). Вторым видом вакуумной изоляции является изоляция, состоящая из двух герметичных труб (труба в трубе), между которыми создается вакуум. Та же теплопроводность (0.0023Вт/(м·К)) достигается при остаточном давлении  $1,33 \cdot 10^{-3}$  Па. Третий тип вакуумной изоляции называется экранно-вакуумной теплоизоляцией: она состоит из чередующихся слоев, например, стекловолокна и алюминиевой фольги. На 1 см. толщины изоляции приходится от 20 до 30 слоев. В такой изоляции фольга выполняет роль экранов и существенно уменьшает лучистую составляющую в теплопроводности, а за счет вакуума существенно уменьшает теплопроводность воздуха в порах. Поэтому в области криогенных температур данная теплоизоляция считается наиболее эффективной и находит широкое применение на практике [45].

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						16
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 5 ТЕПЛОВЫЕ НАГРУЗКИ НА ОТОПЛЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЮ И ГВС

Исходные данные для расчета из СНиП 23-01-99 «Строительная климатология». Москва 2012г [5]:

- расчетная температура наружного воздуха в холодный период года для проектирования отопления  $t_{нв} = -34^{\circ}\text{C}$ ;

- продолжительность работы системы отопления  $n_o = 218$  сут.

При расчете нагрузок учитывается температура воздуха внутри помещений, которая может быть  $+18^{\circ}\text{C}$ ,  $+20^{\circ}\text{C}$  или  $+24^{\circ}\text{C}$ . По требованиям СНиП «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» при температуре наружного воздуха для проектирования систем отопления  $t_{нв} \leq -30^{\circ}\text{C}$ , температура воздуха внутри помещений принимается  $+20^{\circ}\text{C}$ , при  $t_{нв} > -30^{\circ}\text{C}$ , температура воздуха внутри помещений  $+18^{\circ}\text{C}$ . Так как для с. Тюбук Челябинской области  $t_{нв} = -34^{\circ}\text{C}$ , тогда принимаю  $t_b = +20^{\circ}\text{C}$  [6].

Исходные данные приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Исходные данные

Адрес	Объем здания м <sup>3</sup>	Количество человек
1	2	3
Мира 47/2	125	-
Мира 58	101	-
Мира 60	148	-
Мира 54	155	-
Мира 70/1	104	-
Мира 53/2	520	-
Мира 49	183	-
Сугоняева 6	148	-
Революционная 29	2357	-
Революционная 27	1799	-
Баня, Октябрьская 65	31	-
Мастерские	120	-
Пожарная часть	1455	-
МУП ЖКТ	399	-
Революционная 5 Энергосбыт	1418	10
Революционная 5	124	30
Революционная 7	1982	48
Революционная 4 Уралсвязьинфор	154	15
Революционная 4 Почта	150	4
Революционная 6	218	-

Продолжение таблицы 5

1	2	3
Мира 34	637	-
Революционная 14	151	-
Революционная 16	242	-
Магазин Гагарина 2г	42	-
мкр-н Березка 1	3510	51
мкр-н Березка 2	3512	51
мкр-н Березка 3	3207	51
мкр-н Березка 4	3207	51
мкр-н Березка 5	3521	51
мкр-н Березка 6	3512	51
мкр-н Березка 7	552	-
мкр-н Березка 8	3513	51
Клуб, Гагарина 2	3684	45
Гагарина 3	3665	54
Гагарина 5	2923	48
Гагарина 7	1353	24
Гагарина 9	1396	24
Тюбукская участковая Больница	6674	80
Гагарина 6	319	-
Комсомольская 16	311	-
Комсомольская 18	255	-
Комсомольская 20	479	-
Комсомольская 22	166	-
Комсомольская 24	479	-
Комсомольская 26	459	-
Гагарина 11	490	-
Гагарина 13	221	-
Детская школа искусств	1161	40
Детский сад, Гагарина 8	5752	52
Гагарина 15	110	-
Гагарина 17	402	-
Гагарина 19	213	-
Гагарина 10/2	229	-
Гагарина 21	182	-
Гагарина 12/1	118	-
Гагарина 14	214	-
Труда 1	419	-
Труда 6 Школа	9635	150

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2018.087.26 ПЗ

Лист

18

## Окончание таблицы 5

1	2	3
Комсомольская 4	153	-
Комсомольская 3	3176	54
Комсомольская 5	3776	54
Комсомольская 7	3176	54
Комсомольская 9	3176	54
Комсомольская 8	300	-
Комсомольская 12	140	-

### 5.1 Тепловые нагрузки на отопление

Максимальная часовая нагрузка на отопление в МВт по укрупнённым показателям определяю по формуле (5.1.1):

$$Q_0 = a \cdot q_0 \cdot V \cdot (t_b - t_{н.в.}), \quad (5.1.1)$$

где  $a$  – поправочный коэффициент, учитывающий климатические условия района строительства здания и применяемый в случаях, когда расчетная температура наружного воздуха отличается от  $t_{н.в.} = -30^\circ\text{C}$ ;

$q_0$  – удельная тепловая характеристика здания при  $t_{н.в.} = -30^\circ\text{C}$ , Вт/(м<sup>3</sup>·°C);

$V$  – объём отапливаемой части здания по внешнему обмеру, м<sup>3</sup> (высоту отсчитывают от поверхности земли);

$t_b$  – средняя температура воздуха в помещениях отапливаемого здания, °C;

$t_{н.в.}$  – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года для отопления, °C [10].

Рассчитаем сначала тепловую нагрузку отопления конкретных потребителей, а после рассчитаем общую нагрузку.

Жилой дом, ул. Мира 47/2

Поправочный коэффициент  $a$  для Челябинска и Челябинской области [2, с.42]:  
 $a = 0,95$ .

Удельная отопительная характеристика зданий находится по графику удельных отопительных характеристик жилых и общественных зданий в зависимости от наружного строительного объема здания [10]:

$$q_0 = 0,8 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Строительный объем здания:

$$V = 125 \text{ м}^3.$$

Максимальная часовая нагрузка на отопление определяется по формуле (5.1.1):

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
						19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



$$Q_0 = 0,95 \cdot 0,8 \cdot 125 \cdot (20 - (-34)) \cdot 10^{-6} = 0,0052 \text{ МВт.}$$

Остальных потребителей рассчитываю аналогично.

## 5.2 Тепловые нагрузки на вентиляцию

При отсутствии проектов вентилируемых зданий расчетный расход теплоты допускается определять по формуле укрупненных расчетов, Вт (5.2.1):

$$Q_g = q_{y\partial} \cdot V \cdot (t_g - t_{н.в.}), \quad (5.2.1)$$

где  $q_{y\partial}$  – удельная вентиляционная характеристика зданий, Вт/м<sup>3</sup> · °С;

$t_g$  – средняя температура воздуха в помещениях отапливаемого здания, °С;

$t_{н.в.}$  – расчетная температура наружного воздуха в холодный период года для отопления, °С;

$V$  – объем вентилируемой части здания по внешнему обмеру, м<sup>3</sup>.

Рассчитаем сначала тепловую нагрузку на вентиляцию конкретных потребителей, а после рассчитаем общую нагрузку [10].

Пример:

Энергосбыт, ул. Революционная 5

Удельная вентиляционная характеристика здания  $q_{y\partial}$  берется из таблицы 7.3

Удельные вентиляционные характеристики общественных зданий (справочник Николаева)

$q_{y\partial} = 0,18$  - для административных зданий.

Строительный объем здания:

$$V = 1418 \text{ м}^3.$$

$t_g$  – температура воздуха внутри помещения, +20 °С;

$t_{н.в.}$  - расчетная температура наружного воздуха в холодный период для проектирования отопления,  $t_{н.в.} = -34$  °С;

$$Q_g = \frac{0,18 \cdot 1418 \cdot (20 - (-34))}{10^6} = 0,0138 \text{ Гкал/ч,}$$

$$Q_g = 0,0138 \cdot 1,163 = 0,016 \text{ МВт.}$$

Остальные потребители рассчитываются аналогично.

Так как для жилых зданий села Тюбук вентиляция не предусмотрена, то в таблицу будут введены только административные здания.

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

### 5.3 Тепловые нагрузки на горячее водоснабжение

Нагрузка ГВС имеет существенно неравномерный характер как в течение суток, так и по дням недели. Наибольший расход горячей воды наблюдается в утренние и вечерние часы, из дней недели – в субботу.

При отсутствии данных о количестве и типе жилых и общественных зданий средненедельный расход теплоты на ГВС можно определять по формуле (5.3.1):

$$(Q_{ГВС}^{ср.н.})_з = \frac{1,2 \cdot (a + b) \cdot c_p \cdot z \cdot (t_г - t_x)}{n_c}, \quad (5.3.1)$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий остывание воды в трубах;

$a = 100 \frac{\text{л}}{\text{сут}}$  – норма расхода горячей воды на человека;

$b = 25 \frac{\text{л}}{\text{сут}}$  – норма расхода горячей воды для общественных зданий;

$z$  – количество человек;

Принимаем температуру горячей воды  $t_г = 70^\circ\text{C}$ ;

Задаем температурой холодной воды:

Зимой:  $t_x = t_x^з = 5^\circ\text{C}$ ;

Летом:  $t_x^л = 15^\circ\text{C}$ ;

Длительность подачи горячей воды:  $n = 86400$  с [9], тогда:

Для жилого дома расположенного по ул. Березка 1:

$$(Q_{ГВС}^{ср.н.})_з = \frac{1,2 \cdot (100 + 25) \cdot 4190 \cdot 51 \cdot (70 - 5)}{86400} = 0,0241 \text{ МВт};$$

Средненедельная нагрузка теплоты летом рассчитывается по формуле (5.3.2):

$$(Q_{ГВС}^{ср.н.})_л = 0,8 \cdot (Q_{ГВС}^{ср.н.})_з \cdot \frac{(70 - t_x^л)}{(70 - t_x^з)}; \quad (5.3.2)$$

$$(Q_{ГВС}^{ср.н.})_л = 0,8 \cdot 0,0241 \cdot 10^6 \cdot \frac{(70 - 15)}{(70 - 5)} = 0,0163 \cdot 10^6 \text{ Вт}.$$

Расчетные значения нагрузки ГВС рассчитываются по формуле (5.3.3):

$$(Q_{ГВС}^{расч}) = k_n \cdot k_c \cdot (Q_{ГВС}^{ср.н.}), \quad (5.3.3)$$

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
						21
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где  $k_n = 1,2$  – коэффициент недельной неравномерности для жилых и общественных зданий;

$k_c = 2$  – коэффициент суточной неравномерности [10].

$$Q_{ГВС}^{\max} = (Q_{ГВС}^{расч})_3 = 1,2 \cdot 2 \cdot 0,0241 \cdot 10^6 = 0,0578 \cdot 10^6 \text{ Вт};$$

$$(Q_{ГВС}^{ср.н.})_л = 1,2 \cdot 2 \cdot 0,0163 \cdot 10^6 = 0,0391 \cdot 10^6 \text{ Вт}.$$

Результаты всех потребителей свожу в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Тепловые нагрузки на ГВС, отопление и вентиляцию

Адрес	ГВС, МВт	Отопление, МВт	Вентиляция, МВт	Сумма
1	2	3	4	5
Мира 47/2	-	0,0060	-	0,0060
Мира 58	-	0,0050	-	0,0050
Мира 60	-	0,0070	-	0,0070
Мира 54	-	0,0072	-	0,0072
Мира 70/1	-	0,0051	-	0,0051
Мира 53/2	-	0,0220	-	0,0220
Мира 49	-	0,0097	-	0,0097
Сугонаяева 6	-	0,0070	-	0,0070
Революционная 29	-	0,0640	-	0,0640
Революционная 27	-	0,0564	-	0,0564
Баня, Октябрьская 65	-	0,0018	0,0021	0,0039
Мастерские	-	0,0042	0,0051	0,0093
Пожарная часть	-	0,0483	0,0091	0,0574
МУП ЖКТ	-	0,0171	0,0045	0,0216
Революционная 5 Энергосбыт	0,0340	0,0385	0,0160	0,0545
Революционная 5	0,0113	0,0047	-	0,0047
Революционная 7	0,0545	0,0935	-	0,0935
Революционная 4 Уралсвязьинфор	0,0170	0,0074	0,0017	0,0092
Революционная 4 Почта	0,0045	0,0071	0,0017	0,0088
Революционная 6	-	0,0088	-	0,0088
Мира 34	-	0,0177	-	0,0177
Революционная 14	-	0,0072	-	0,0072
Революционная 16	-	0,0108	-	0,0108
Магазин Гагарина 2г	-	0,0022	0,0003	0,0025
мкр-н Березка 1	0,0579	0,1079	-	0,1079
мкр-н Березка 2	0,0579	0,1073	-	0,1073

## Окончание таблицы 5.3

1	2	3	4	5
мкр-н Березка 3	0,0579	0,0986	-	0,0986
мкр-н Березка 4	0,0579	0,0986	-	0,0986
мкр-н Березка 5	0,0579	0,1083	-	0,1083
мкр-н Березка 6	0,0579	0,1073	-	0,1073
мкр-н Березка 7	-	0,0150	-	0,0150
мкр-н Березка 8	0,0579	0,1075	-	0,1075
Клуб, Гагарина 2	0,0511	0,1111	0,0463	0,1573
Гагарина 3	0,0613	0,0994	-	0,0994
Гагарина 5	0,0545	0,0916	-	0,0916
Гагарина 7	0,0272	0,0490	-	0,0490
Гагарина 9	0,0272	0,0507	-	0,0507
Тюбукская участковая Больница	0,0908	0,2012	0,1257	0,3269
Гагарина 6	-	0,0135	-	0,0135
Комсомольская 16	-	0,0131	-	0,0131
Комсомольская 18	-	0,0109	-	0,0109
Комсомольская 20	-	0,0197	-	0,0197
Комсомольская 22	-	0,0072	-	0,0072
Комсомольская 24	-	0,0197	-	0,0197
Комсомольская 26	-	0,0188	-	0,0188
Гагарина 11	-	0,0201	-	0,0201
Гагарина 13	-	0,0099	-	0,0099
Детская школа искусств	0,0454	0,0405	0,0070	0,0475
Детский сад, Гагарина 8	0,0590	0,1734	0,0361	0,2095
Гагарина 15	-	0,0053	-	0,0053
Гагарина 17	-	0,0165	-	0,0165
Гагарина 19	-	0,0095	-	0,0095
Гагарина 10/2	-	0,0102	-	0,0102
Гагарина 21	-	0,0084	-	0,0084
Гагарина 12/1	-	0,0057	-	0,0057
Гагарина 14	-	0,0094	-	0,0094
Труда 1	-	0,0172	-	0,0172
Труда 6 Школа	0,1702	0,2797	0,0466	0,3263
Комсомольская 4	-	0,0072	-	0,0072
Комсомольская 3	0,0613	0,0862	-	0,0862
Комсомольская 5	0,0613	0,1013	-	0,1013
Комсомольская 7	0,0613	0,0852	-	0,0852
Комсомольская 9	0,0613	0,0883	-	0,0883
Комсомольская 8	-	0,0123	-	0,0123
Комсомольская 12	-	0,0066	-	0,0066

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2018.087.26 ПЗ

Лист

23

## 5.4 Годовые расходы теплоты

Определим годовые расходы теплоты:

На отопление (5.4.1):

$$Q_0^{год} = Q_0 \cdot \frac{t_{вн} - t_{н.о.}^{cp}}{t_{вн} - t_{н.о.}} \cdot n_0; \quad (5.4.1)$$

где  $Q_0$  – максимальный часовой расход тепла на отопление и вентиляцию, МВт;

$t_{вн}$  – усредненная температура внутреннего воздуха зданий, °С;

$t_{н.о.}^{cp}$  – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С;

$t_{н.о.}$  – температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С;

$n_0$  – продолжительность отопительного периода в часах [10].

$$Q_0^{год} = 2,9083 \cdot 10^6 \cdot \frac{20 - (-6,5)}{20 - (-34)} \cdot 5232 = 7467,22 \cdot 10^6 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Годовой расход на вентиляцию (5.4.2):

$$Q_v^{год} = \frac{Q_v \cdot z_v}{24} \cdot \left[ n_v + \frac{t_{вн} - t_{н.в.}^{cp}}{t_{вн} - t_{н.в.}} \cdot (n_0 - n_v) \right], \quad (5.4.2)$$

где  $n_v = 0$  – продолжительность работы вентиляции;

$t_{н.в.}^{cp}$  – средняя температура наружного воздуха для проектирования вентиляции;

$t_{н.в.}$  – расчетная температура наружного воздуха для проектирования вентиляции;

$Q_v$  – максимальный часовой расход тепла на вентиляцию;

$z_v$  – число часов работы вентиляции в течение суток.

$$Q_v^{год} = \frac{0,3023 \cdot 10^6 \cdot 12}{24} \cdot \left[ (0 + \frac{20 - (-6,5)}{20 - (-34)} \cdot (5232 - 0)) \right] = 388,08 \cdot 10^6 \text{ МВт} \cdot \text{ч}$$

Годовой расход теплоты на ГВС (5.4.3):

$$Q_{ГВС}^{год} = (Q_{ГВС}^{cp.н.})_3 \cdot [n_0 + \beta \cdot \frac{t_2 - t_x^л}{t_2 - t_x^3} \cdot (n_2 - n_0)], \quad (5.4.3)$$

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где  $8400 \frac{\text{ч}}{\text{год}}$  - продолжительность подачи горячей воды потребителю;

$t_{x.l}, t_{x.z}$  - температура холодной воды в зимний и летний периоды;

$Q_{гвс}^{ср.н.}$  - среднечасовой за неделю расход тепла на гвс.

$$Q_{ГВС}^{год} = 0,565 \cdot 10^6 \cdot [ 5232 + 0,8 \cdot \frac{70 - 15}{70 - 5} \cdot (8400 - 5232) ]$$

$$= 4167,72 \cdot 10^6 \text{ МВт} \cdot \text{ч.}$$

Суммарный годовой расход теплоты(5.4.4):

$$Q_{год} = Q_0^{год} + Q_в^{год} + Q_{ГВС}^{год}; \quad (5.4.4)$$

$$Q_{год} = ( 7467,22 + 388,08 + 4167,72 ) \cdot 10^6 = 12023,02 \cdot 10^6 \text{ МВт} \cdot \text{ч.}$$

Годовые расходы у конкретных потребителей сводятся в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Годовые расходы теплоты

Адрес	Отопление	Вентиляция	ГВС
1	2	3	4
Мира 47/2	15,528	-	-
Мира 58	12,840	-	-
Мира 60	17,916	-	-
Мира 54	18,514	-	-
Мира 70/1	13,139	-	-
Мира 53/2	56,437	-	-
Мира 49	24,784	-	-
Сугонаяева 6	17,916	-	-
Революционная 29	164,234	-	-
Революционная 27	144,824	-	-
Баня, Октябрьская 65	4,628	2,684	-
Мастерские	10,750	6,522	-
Пожарная часть	123,922	11,731	-
МУП ЖКТ	43,895	5,790	-
Энергосбыт	98,839	20,578	104,635
Революционная 5	11,944	-	34,878
Революционная 7	240,080	-	167,416
Революционная 4	19,111	2,235	52,317
Революционная 4 Почта	18,215	2,177	13,951
Революционная 6	22,694	-	-

## Окончание таблицы 5.4

1	2	3	4
Мира 34	45,388	-	-
Революционная 14	18,514	-	-
Революционная 16	27,770	-	-
Магазин Гагарина 2г	5,674	0,326	-
Березка 1	277,107	-	177,879
Березка 2	275,614	-	177,879
Березка 3	253,218	-	177,879
Березка 4	253,218	-	177,879
Березка 5	278,003	-	177,879
Березка 6	275,614	-	177,879
Березка 7	38,520	-	-
Березка 8	275,913	-	177,879
Клуб, Гагарина 2	285,169	59,404	156,952
Гагарина 3	255,309	-	188,343
Гагарина 5	235,302	-	167,416
Гагарина 7	125,713	-	83,708
Гагарина 9	130,193	-	83,708
Тюбукская больница	516,590	161,425	279,026
Гагарина 6	34,638	-	-
Комсомольская 16	33,743	-	-
Комсомольская 18	28,069	-	-
Комсомольская 20	50,465	-	-
Комсомольская 22	18,514	-	-
Комсомольская 24	50,465	-	-
Комсомольская 26	48,374	-	-
Гагарина 11	51,659	-	-
Гагарина 13	25,382	-	-
Школа искусств	103,915	9,014	139,513
Детский сад, Гагарина 8	445,223	46,375	181,367
Гагарина 15	13,736	-	-
Гагарина 17	42,402	-	-
Гагарина 19	24,486	-	-
Гагарина 10/2	26,277	-	-
Гагарина 21	21,500	-	-
Гагарина 12/1	14,632	-	-
Гагарина 14	24,187	-	-
Труда 1	44,194	-	-
Труда 6 Школа	718,149	59,843	523,174
Комсомольская 4	18,514	-	-
Комсомольская 3	221,268	-	188,343
Комсомольская 5	260,086	-	188,343
Комсомольская 7	218,879	-	188,343
Комсомольская 9	226,642	-	188,343
Комсомольская 8	31,652	-	-
Комсомольская 12	17,021	-	-

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2018.087.26 ПЗ

Лист

26

## 5.5 Нагрузки в зависимости от температуры наружного воздуха

Тепловые нагрузки отопления и вентиляции при различных режимах определяются по формулам (5.5.1) и (5.5.2):

$$Q_o = Q'_o \cdot \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{но}} ; \quad (5.5.1)$$

$$Q_v = Q'_v \cdot \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{но}} , \quad (5.5.2)$$

где  $Q'_o, Q'_v$  – расчетные расходы теплоты на отопление и вентиляцию, МВт;

$t_g$  – усредненная температура внутреннего воздуха в отапливаемых помещениях, °С;

$t_n$  – температура наружного воздуха, °С;

$t_{но}$  – средняя температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С [8].

Нагрузки на ГВС постоянны.

Определим нагрузку на отопление при  $t_n = 8^\circ\text{C}$  (5.5.3):

$$Q_o^{+8} = Q'_o \cdot \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{н.о.}} ; \quad (5.5.3)$$

$$Q_o^{+8} = 2,9083 \cdot 10^6 \cdot \frac{20 - 8}{20 - (-34)} = 0,6462 \cdot 10^6 \text{ Вт.}$$

Определим нагрузку на вентиляцию при  $t_n = 8^\circ\text{C}$  (5.5.4):

$$Q_v^{+8} = Q'_v \cdot \frac{t_g - t_n}{t_g - t_{н.о.}} ; \quad (5.5.4)$$

$$Q_v^{+8} = 0,3023 \cdot 10^6 \cdot \frac{20 - 8}{20 - (-34)} = 0,0671 \cdot 10^6 \text{ Вт.}$$

Суммарная нагрузка теплоты (5.5.5):

$$Q_\Sigma = Q_o + Q_v + Q_{\text{ГВС}}^{\text{max}} ; \quad (5.5.5)$$

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



При  $t_H = 8^\circ\text{C}$ :

$$Q_\Sigma = 0,6462 + 0,0671 + 0,565 = 2,071 \text{ МВт};$$

Результаты всех вычислений сведем в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Нагрузка в зависимости от температуры наружного воздуха

	$t_n$	$Q_o$ , МВт	$Q_v$ , МВт	$Q_{звс}$ , МВт	$Q_{сумм}$ , МВт
	1	2	3	4	5
8	20	0,6463	0,0672	0,5650	1,2785
0		1,0771	0,1120	0,5650	1,7541
-5		1,3464	0,1400	0,5650	2,0514
-10		1,6157	0,1680	0,5650	2,3486
-15		1,8850	0,1959	0,5650	2,6459
-20		2,1543	0,2239	0,5650	2,9432
-25		2,4235	0,2519	0,5650	3,2405
-30		2,6928	0,2799	0,5650	3,5377
-34		2,9083	0,3023	0,5650	3,7756

В таблице 5.6 представлена продолжительность отопительного периода в г. Челябинск.

Таблица 5.6 – Число часов за отопительный период

$t$ , °C	-35	-30	-25	-20	-15	-5	0	8
$n$ , ч	7	39	166	520	1110	2980	3920	5180

На основании таблиц 5.5 и 5.6 начертим график зависимости нагрузки от температуры наружного воздуха.

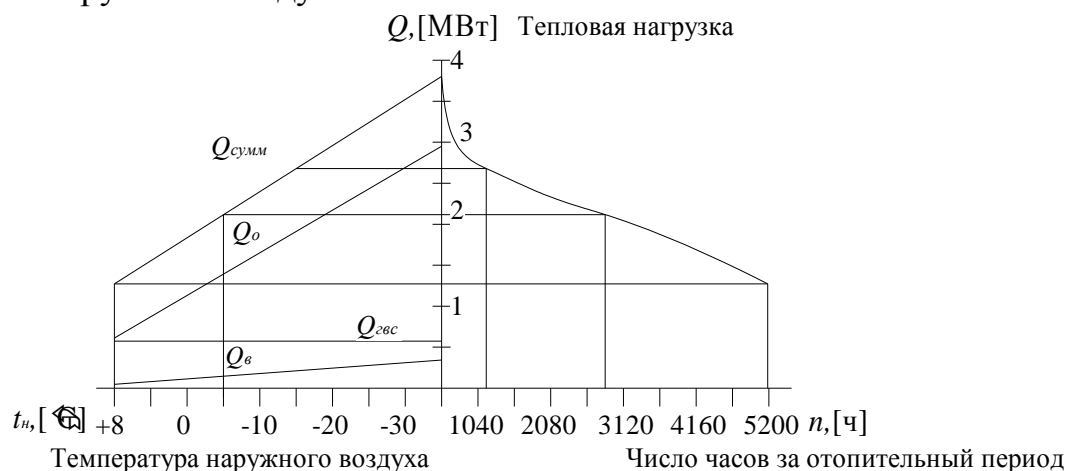


Рисунок 1 – График зависимости нагрузки от температуры наружного воздуха.

## 6 КАЧЕСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОВОЙ НАГРУЗКИ

Качественное регулирование по отопительной нагрузке предполагает, что  $G'_o = const$ . Требуется определить  $\tau_{o1} = f(t_n)$  и  $\tau_{o2} = f(t_n)$ . Для отопительной установки максимальная разность температур  $\nabla = \tau_{o1} - t_e$ .

При температуре  $t_{н.о} = -34$  °С задаемся температурами теплоносителя:

- $\tau'_{o1} = 95$  °С – температура воды в подающей линии;
- $\tau'_{o2} = 70$  °С – температура теплоносителя в обратной линии;
- $\tau'_{o3} = 95$  °С – температура воды, поступающей в системы отопления к потребителю [13].

Перепад температур в тепловой сети определяется по формуле (6.1):

$$\delta\tau'_o = \tau'_{o1} - \tau'_{o2}; \quad (6.1)$$

$$\delta\tau'_o = 95 - 70 = 25 \text{ °С.}$$

Разность температур в системе отопления у потребителя (6.2):

$$\theta'_o = \tau'_{o3} - \tau'_{o2}; \quad (6.2)$$

$$\theta'_o = 95 - 70 = 25 \text{ °С.}$$

Температурный напор нагревательного прибора (6.3):

$$\Delta t'_o = \frac{\tau'_{o3} + \tau'_{o2}}{2} - t_e; \quad (6.3)$$

$$\Delta t'_o = \frac{95 + 70}{2} - 20 = 62,5 \text{ °С.}$$

Относительная величина тепловой нагрузки (6.4):

$$\overline{Q}_o = \frac{Q_o}{Q'_o}; \quad (6.4)$$

Температура воды в подающей линии (6.5):

$$\tau_{o1} = t_e + \Delta t'_o \cdot \overline{Q}_o^{0,8} + \overline{Q}_o (\delta\tau'_o - 0,5 \cdot \theta'_o); \quad (6.5)$$

									Лист
									29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.087.26 ПЗ				

Температура воды в обратной линии (6.6):

$$\tau_{o2} = t_g + \Delta t'_o \cdot \overline{Q_o^{0,8}} - 0,5 \cdot \overline{Q_o} \cdot \theta'_o; \quad (6.6)$$

Полученные данные сведем в таблицу 6.

Таблица 6.1 – Качественного регулирование по отопительной нагрузке в закрытых системах теплоснабжения

t	-34	-30	-25	-20	-15	-10	-9,21	-5	0	8
Q <sub>o</sub>	2,908	2,693	2,424	2,154	1,885	1,616	1,573	1,346	1,077	0,646
$\overline{Q_o}$	1	0,926	0,833	0,741	0,648	0,556	0,541	0,463	0,370	0,222
$\tau_{o1}$	95	90,342	84,434	78,419	72,281	65,998	65	65	65	65
$\tau_{o2}$	70	67,194	63,601	59,901	56,078	52,109	51,47	51,47	51,47	51,47

На рисунке 6.1 представлен температурный график, построенный по результатам вычислений:

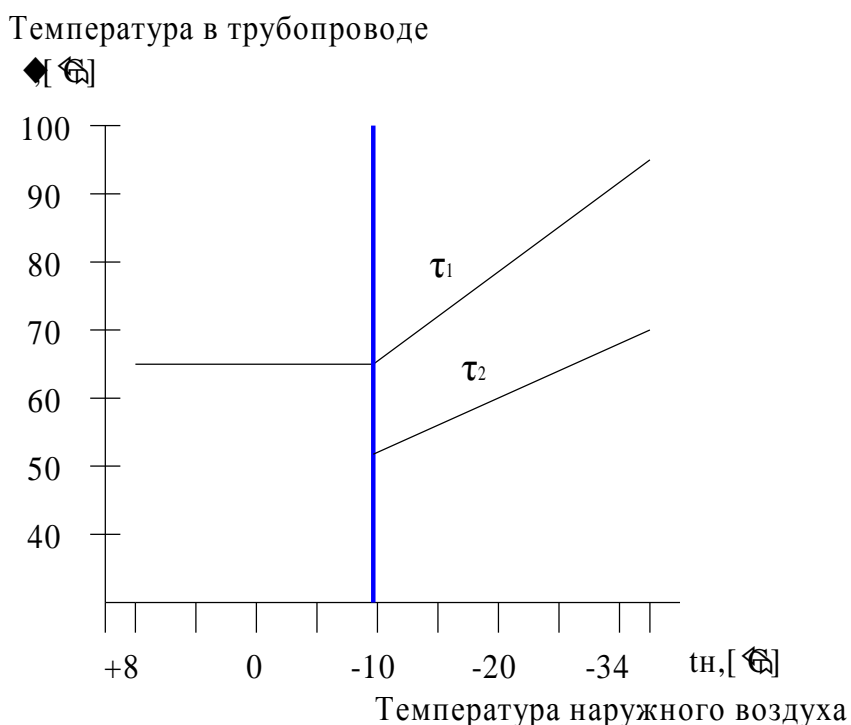


Рисунок 6.1 – Температурный график

Подрезка графика дается при температуре 65 °С, так как температура ГВС не может быть ниже данной температуры в закрытых системах теплоснабжения. В таком случае определим температуры по графику:

$$t_{ни} = -9,21 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$\tau''_{o1} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$\tau''_{o2} = 51,47 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

При  $t_n > t_{ни}$  происходит смена регулирования с качественного на количественное, либо регулирование пропусками. При  $t_n < t_{ни}$  график температур сетевой воды рассчитывается для случая регулирования либо по отопительной нагрузке, либо по совмещенной нагрузке отопления и ГВС.

Расход воды на отопление  $G'_o$  будет неизменным при любой температуре в интервале температур от  $t_{ни}$  до  $t_{но}$ , его можно определить, используя формулу (6.7):

$$G'_o = \frac{Q'_o}{C_p \cdot \delta\tau'_o}; \quad (6.7)$$

$$G'_o = \frac{2,908 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 25} = 27,764 \text{ кг/с}.$$

При температуре больше чем  $t_{ни}$  расход сетевой воды на отопление рассчитывается с учетом подрезки температурного графика (6.8):

$$G_o = \frac{Q_o}{C_p \cdot (\tau''_{o1} - \tau''_{o2})}; \quad (6.8)$$

$$G_o^{+8} = \frac{0,646 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (65 - 51,47)} = 11,395 \text{ кг/с}.$$

Аналогично для расхода воды на вентиляцию, при любой температуре в интервале температур от  $t_{ни}$  до  $t_{но}$  (6.9)::

$$G'_s = \frac{Q'_s}{C_p \cdot \delta\tau'_o} \quad (6.9)$$

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$G'_B = \frac{0,3023 \cdot 10^3}{4,19 \cdot 25} = 2,886 \text{ кг/с.}$$

При температуре больше чем  $t_{ни}$  расход сетевой воды на вентиляцию рассчитывается с учетом подрезки температурного графика (6.10):

$$G_6 = \frac{Q_6}{C_p \cdot (\tau''_{o1} - \tau''_{o2})} \quad (6.10)$$

$$G_B^{+8} = \frac{0,0672 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (65 - 51,47)} = 1,185 \text{ кг/с.}$$

Расход сетевой воды на ГВС (6.11):

$$G_{ГВС} = \frac{Q_{ГВС}^{max}}{C_p \cdot (\tau_{o1} - \tau_{o2})} \quad (6.11)$$

Таким образом, из формулы (6.11) можно сделать вывод, что расход на ГВС будет существенно изменяться с изменением температуры наружного воздуха в интервале температур от  $t_{ни}$  до  $t_{но}$  и будет оставаться неизменным при интервале от  $t_{ни}$  до +8 °С [11]. Сведем полученные данные в таблицу 6.2

Таблица 6.2 – Расходы теплоносителя при качественном регулировании по отопительной нагрузке в закрытых системах теплоснабжения

t, °С	-34	-30	-25	-20	-15	-10	-9,21	-5	0	8
G <sub>o</sub> , кг/с	27,764	27,764	27,764	27,764	27,764	27,764	27,764	23,750	19,000	11,400
G <sub>B</sub> , кг/с	2,886	2,886	2,886	2,886	2,886	2,886	2,886	2,469	1,975	1,185
G <sub>ГВС</sub> , кг/с	5,394	5,825	6,473	7,282	8,322	9,709	9,967	9,966	9,966	9,966
G <sub>сумм</sub> , кг/с	36,044	36,475	37,122	37,931	38,972	40,359	40,617	36,185	30,942	22,551

На основании таблицы 6.2 построим график расходов теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха.

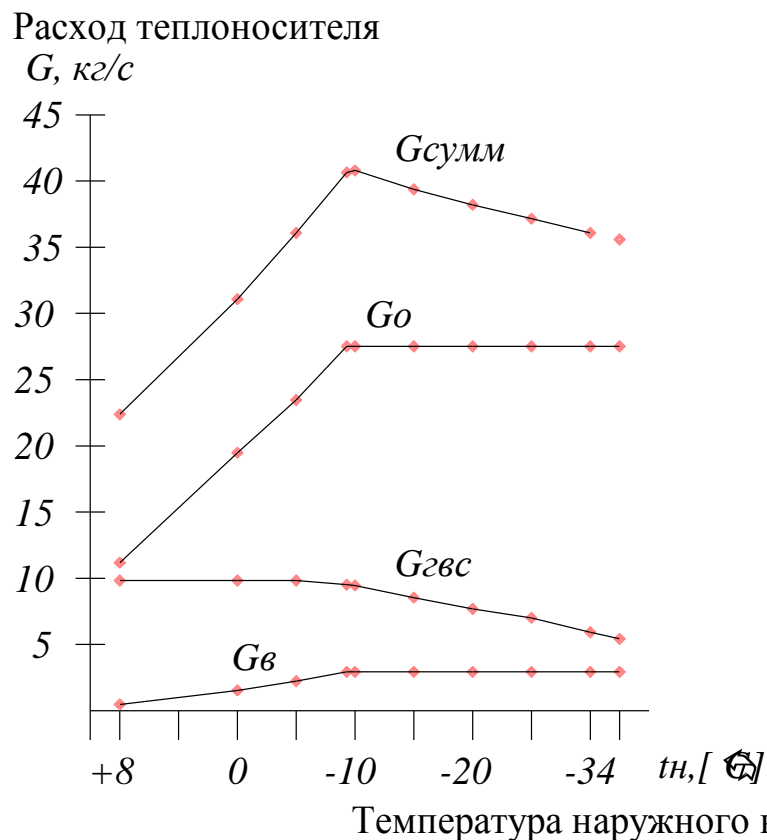


Рисунок 6.2 – График расходов теплоносителя в зависимости от температуры наружного воздуха

## 7 ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ

### 7.1 Задачи гидравлического расчета.

Гидравлический расчет — один из важнейших разделов проектирования и эксплуатации тепловой сети.

При проектировании в гидравлический расчет входят следующие задачи:

- 1) определение диаметров трубопроводов;
- 2) определение падения давления (напора);
- 3) определение давлений (напоров) в различных точках сети;
- 4) увязка всех точек системы при статическом и динамическом режимах с целью обеспечения допустимых давлений и требуемых напоров в сети и абонентских системах.

В некоторых случаях может быть поставлена также задача определения пропускной способности трубопроводов при известном их диаметре и заданной потере давления.

Результаты гидравлического расчета дают следующий исходный материал:

- 1) для определения капиталовложений, расхода металла (труб) и основного объема работ по сооружению тепловой сети;
- 2) установления характеристик циркуляционных и подпиточных насосов, количества насосов и их размещения;
- 3) выяснения условий работы источников теплоты, тепловой сети и абонентских систем и выбора схем присоединения теплопотребляющих установок к тепловой сети;
- 4) разработки режимов эксплуатации систем теплоснабжения.

Для проведения гидравлического расчета должны быть заданы схема и профиль тепловой сети, указаны размещение источников теплоты и потребителей и расчетные нагрузки [12].

Расчет ведется согласно методике гидравлического расчета описанного в «Справочник проектировщика» под ред. Инж. А.А. Николаева – М., Издательство МЭИ.:2001 г. – 361с [10].

### 7.2 Гидравлический расчет

Потери давления на участке трубопровода (7.2.1):

$$\Delta P = \Delta P_{тр} + \Delta P_{м} = \Delta h \cdot l_{пр} \quad (7.2.1)$$

где  $\Delta P_{тр}$  – потеря давления на трение, кгс/м<sup>2</sup>;

$\Delta P_{м}$  – потеря давления в местных сопротивлениях, кгс/м<sup>2</sup>;

$\Delta h$  – удельные потери давления на трение, кгс/м<sup>2</sup>\*м;

$l_{пр}$  – приведенная длина трубопровода, м.

Потери давления на трение (7.2.2):

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\Delta P_{mp} = \Delta h \cdot l, \quad (7.2.3)$$

где  $l$  - длина участка трубопровода, м.

Потери давления в местных сопротивлениях (7.2.4):

$$\Delta P_M = \Delta h \cdot l_{\text{э}}, \quad (7.2.4)$$

где  $l_{\text{э}}$  - эквивалентная длина в местных сопротивлениях, м.

Для упрощения расчетов, значения эквивалентных длин представлены в таблице для каждого вида местного сопротивления [таблица 9.12, 9.13]. Значения удельных потерь представлены в таблице 9.11

Формула для расчета потери давления на участке трубопровода (7.2.5):

$$\Delta P = \Delta h \cdot (l_{np} + l_{\text{э}}). \quad (7.2.5)$$

Значения эквивалентных длин в местных сопротивлениях на каждом участке представлены в таблице 7.2.1.

Таблица 7.2.1 – Значения эквивалентных длин в местных сопротивлениях

Наименование участка	Диаметр, мм	Наименование местного сопротивления	Эквивалентная длина на элемент, м	количество, шт	Всего эквивалентная длина, м
1	2	3	4	5	6
Котельная - ТК1	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
		Отвод 90	4,2	2	8,4
Итого на участке					9,24
ТК1 - ТК19-5	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
Итого на участке					0,84
ТК 19-5 - ТК 19-4	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
Итого на участке					0,84
ТК 19-4 - ТК 19-3	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
Итого на участке					0,84
ТК 19-3 - ТК 19-2	125	Отвод 90	2,2	2	4,4
		Переход 200/125	0,44	1	0,44
		Тройник (расход) 125/50	8,8	1	8,8
Итого на участке					18,48
ТК 19-2 - ТК 19-1	125	Отвод 90	2,2	1	2,2
		Тройник (проход)	4,4	1	4,4
Итого на участке					6,6



Продолжение таблицы 7.2.1

1	2	3	4	5	6
ТК 19-1 - Мира 49/1	32	Компенсатор П-образный	1,8	1	1,8
		Вентиль	6	1	6
		Тройник (ответвление) 125/32	1,5	1	1,5
Итого на участке					9,3
ТК 19-1 - ТК 19	125	Компенсатор линзовый	0,44	1	0,44
		Тройник (проход)	4,4	1	4,4
Итого на участке					4,84
ТК 19 - Мира 58	32	Тройник (ответвление) 125/32	1,5	1	1,5
		Компенсатор П-образный	1,8	1	1,8
		Вентиль	6	1	6
Итого на участке					9,3
ТК 19 - Мира 47/2	32	Тройник (ответвление) 125/32	1,5	1	1,5
		Компенсатор П-образный	1,8	1	1,8
		Вентиль	6	1	6
Итого на участке					9,3
ТК 19 - Мира 60	32	Отвод 125	0,8	1	0,8
		Компенсатор П-образный	1,8	1	1,8
		Вентиль	6	1	6
Итого на участке					8,6
ТК 19 - ТК 18	125	Тройник (проход) 125/100	4,4	1	4,4
		Компенсатор линзовый	0,44	1	0,44
Итого на участке					4,84
ТК 18 - Мира 54	32	Тройник (ответвление) 125/32	1,5	1	1,5
		Компенсатор П-образный	1,8	1	1,8
		Вентиль	6	1	6
Итого на участке					9,3
ТК 18 - ТК 18-1	100	Тройник (проход) 100/125	3,3	1	3,3
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					3,63

Продолжение таблицы 7.2.1

1	2	3	4	5	6
ТК 18-1 - ТК 18-2	125	Компенсатор линзовый	0,44	1	0,44
		Тройник (проход)	4,4	1	4,4
Итого на участке					4,84
ТК 18-2 - Октябрьская 65	32	Тройник (ответвление) 125/32	1,5	1	1,5
		Компенсатор П- образный	1,8	1	1,8
		Вентиль	6	1	6
Итого на участке					9,3
ТК 18-2 - ТК 18-3	125	Отвод 90	2,2	1	2,2
Итого на участке					2,2
ТК 18 -3 - ТК 18-4	125	Компенсатор линзовый	0,44	1	0,44
		Тройник (проход)	4,4	1	4,4
Итого на участке					4,84
ТК 18-4 - Сугоняева 6	32	Тройник (ответвление) 125/32	1,5	1	1,5
		Компенсатор П- образный	1,8	1	1,8
		Вентиль	6	1	6
Итого на участке					9,3
ТК 18-4 - ТК 18-5	125	Компенсатор линзовый	0,44	1	0,44
Итого на участке					0,44
ТК 18-5 - ТК 18-6	125	Тройник (проход) 125/50	1,5	1	1,5
		Отвод 90	2,2	2	4,4
Итого на участке					5,9
ТК 18-6 - Революционная 29	50	Тройник (ответвление) 125/50	1,96	1	1,96
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
		Вентиль	8,4	1	8,4
Итого на участке					12,76
ТК 18-6 - Революционная 27	50	Отвод 90	0,65	2	1,3
		Вентиль	8,4	1	8,4
Итого на участке					9,7
ТК 19-2 - ТК 19-6	50	Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
		Тройник (проход)	1,3	1	1,3
Итого на участке					3,7

Продолжение таблицы 7.2.1

1	2	3	4	5	6
ТК 19-6 - ТК 19-8	50	Отвод 90	0,65	1	0,65
Итого на участке					0,65
ТК 19-6 - Мира 53/2	32	Тройник (ответвление) 50/32	1,96	1	1,96
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
		Вентиль	8,4	1	8,4
Итого на участке					12,76
ТК 19-8 - Мира 70/1	32	Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
		Вентиль	8,4	1	8,4
Итого на участке					10,8
ТК 1 - ТК 1-1	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
		Тройник (проход)	8,4	1	8,4
Итого на участке					9,24
ТК 1-1 - ТК 1-1-2	100	Тройник (ответвление) 200/100	4,95	1	4,95
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
		Тройник (проход) 100/50	8,4	1	8,4
Итого на участке					13,68
ТК 1-1-2 - Мастерские	50	Тройник (ответвление) 100/50	1,96	1	1,96
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
		Вентиль	8,4	1	8,4
Итого на участке					12,76
ТК 1-1-2 - ТК 1-1- 2а	50	Тройник (проход)	1,3	1	1,3
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					3,7
ТК 1-1-2а - Пожарная часть	50	Тройник (ответвление)	1,96	1	1,96
		Отвод 90	0,65	2	1,3
		Вентиль	8,4	1	8,4
Итого на участке					11,66
ТК 1-1-2а - ТК 1- 1-3	50	Отвод 90	0,65	1	0,65
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					3,05
ТК 1-1-3 - МУП ЖКТ	32	Переход 50/32	0,08	1	0,08
		Вентиль	8,4	1	8,4
Итого на участке					8,48

Продолжение таблицы 7.2.1

1	2	3	4	5	6
ТК 1-1 - ТК 1-2	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
		Тройник (проход)	8,4	1	8,4
Итого на участке					9,24
ТК 1-2 - Энергосбыт	50	Тройник (ответвление) 200/50	1,96	1	1,96
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
		Вентиль	8,4	1	8,4
Итого на участке					12,76
ТК 1-2 - ТК 2	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
		Тройник (проход)	8,4	1	8,4
Итого на участке					9,24
ТК 2 - ТК 2-1	70	Тройник (ответвление) 200/70	3	1	3
		Тройник (проход)	2	1	2
		Компенсатор П- образный	3,2	1	3,2
Итого на участке					8,2
ТК 2-1 - Революционная 5	32	Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Тройник (ответвление) 70/32	3	1	3
Итого на участке					13,8
ТК 2-1 - ТК 2-2	70	Отвод 90	1	1	1
Итого на участке					1
ТК 2-2 - Революционная 7	32	Вентиль	8,4	1	8,4
		Переход 70/32	0,08	1	0,08
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					10,88
ТК 2 - ТК 3	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
		Тройник (проход)	8,4	1	8,4
Итого на участке					9,24
ТК 3 - ТК 3-1	100	Тройник (ответвление) 200/100	4,95	1	4,95
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
		Тройник (проход)	8,4	1	8,4
Итого на участке					13,68

Продолжение таблицы 7.2.1

1	2	3	4	5	6
ТК 3-1 - Уралинформ.	32	Тройник (ответвление) 100/32	1,96	1	1,96
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
		Вентиль	8,4	1	8,4
Итого на участке					12,76
ТК 3-1 - Почта	32	Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
		Вентиль	8,4	1	8,4
Итого на участке					10,8
ТК 3-1 - ТК 3-2	100	Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					0,33
ТК 3-2 - ТК 3-3	100	Тройник (проход)	8,4	1	8,4
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					8,73
ТК 3-3 - Революционная 6	32	Тройник (ответвление) 100/32	1,96	1	1,96
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
		Вентиль	8,4	1	8,4
Итого на участке					12,76
ТК 3-3 - ТК 3-4	100	Тройник (проход)	8,4	1	8,4
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					8,73
ТК 3-4 - Мира 34	50	Тройник (ответвление) 100/50	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Отвод 90	0,65	1	0,65
Итого на участке					11,01
ТК 3-4 - ТК 3-6	100	Тройник (проход)	8,4	1	8,4
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					8,73
ТК 3-6 - Революционная 14	32	Тройник (ответвление) 100/32	1,96	1	1,96
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
		Вентиль	8,4	1	8,4
Итого на участке					12,76

Продолжение таблицы 7.2.1

1	2	3	4	5	6
ТК 3-6 - Революционная 16	32	Отвод 90	0,38	2	0,76
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Переход 100/32	0,08	1	0,08
Итого на участке					9,24
ТК 3 - ТК 4	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
		Тройник (проход)	8,4	1	8,4
Итого на участке					9,24
ТК 4 - Магазин Гагарина 2г	32	Отвод 90	0,38	2	0,76
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Тройник (ответвление) 200/32	1,96	1	1,96
Итого на участке					11,12
ТК 4 - ТК 20	150	Тройник (проход)	5,6	1	5,6
		Тройник (ответвление) 200/150	8,4	1	8,4
		Компенсатор линзовый	0,56	1	0,56
Итого на участке					14,56
ТК 20 - ТК 21	150	Тройник (проход)	5,6	1	5,6
		Компенсатор линзовый	0,56	1	0,56
Итого на участке					6,16
ТК 21 - Березка 1	100	Тройник (ответвление) 150/100	4,95	1	4,95
		Отвод 70	1,55	1	1,55
		Задвижка	1,65	1	1,65
Итого на участке					8,15
ТК 21 - Березка 8	100	Тройник (ответвление) 150/100	4,95	1	4,95
		Отвод 90	1,65	1	1,65
		Задвижка	1,65	1	1,65
Итого на участке					8,25
ТК 21 - ТК 22	150	Тройник (проход)	5,6	1	5,6
		Компенсатор линзовый	0,56	1	0,56
Итого на участке					6,16
ТК 22 - Березка 2	80	Тройник (ответвление) 150/80	3,82	1	3,82
		Задвижка	1,28	1	1,28
		Компенсатор П- образный	3,5	1	3,5
Итого на участке					8,6

Продолжение таблицы 7.2.1

1	2	3	4	5	6
ТК 22 - ТК 23	150	Тройник (проход)	5,6	1	5,6
		Компенсатор линзовый	0,56	1	0,56
Итого на участке					6,16
ТК 23 - ТК 23-1	100	Тройник (ответвление) 150/100	4,95	1	4,95
		Тройник (проход)	8,4	1	8,4
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					13,68
ТК 23-1 - Березка 5	70	Тройник (ответвление) 100/70	3	1	3
		Компенсатор П-образный	3,2	1	3,2
		Задвижка	1	1	1
Итого на участке					7,2
ТК 23-1 - Березка 6	100	Отвод 90	1,65	1	1,65
		Задвижка	1,65	1	1,65
Итого на участке					3,3
ТК 23 - ТК 24	100	Тройник (проход)	8,4	1	8,4
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					8,73
ТК 24- Березка 4	50	Тройник (ответвление) 100/50	1,96	1	1,96
		Отвод 90	0,65	1	0,65
		Задвижка	0,65	1	0,65
Итого на участке					3,26
ТК 24 - ТК 24-1	80	Тройник (проход)	2,55	1	2,55
		Компенсатор П-образный	3,5	1	3,5
Итого на участке					6,05
ТК 24-1 - Березка 3	70	Задвижка	1	1	1
Итого на участке					1
ТК 24-1 - Березка 7	32	Тройник (ответвление) 200/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Отвод 90	0,38	2	0,76
Итого на участке					11,12
ТК 4 - ТК 5	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
		Тройник (проход)	8,4	1	8,4
Итого на участке					9,24

Продолжение таблицы 7.2.1

1	2	3	4	5	6
ТК 5 - Гагарина 2 Клуб	50	Задвижка	0,65	1	0,65
		Тройник (ответвление) 200/50	1,96	1	1,96
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					5,01
ТК 5 - Гагарина 3	50	Тройник (ответвление) 200/50	1,96	1	1,96
		Задвижка	0,65	1	0,65
		Отвод 90	0,65	2	1,3
Итого на участке					3,91
ТК 5 - ТК 6	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
		Тройник (проход)	8,4	1	8,4
Итого на участке					9,24
ТК 6 - Гагарина 5	50	Тройник (ответвление) 200/50	1,96	1	1,96
		Задвижка	0,65	1	0,65
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					5,01
ТК 6 - ТК 7	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
		Тройник (проход)	8,4	1	8,4
Итого на участке					9,24
ТК 7 - Больница	100	Тройник (ответвление) 200/100	4,95	1	4,95
		Задвижка	1,65	1	1,65
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					6,93
ТК 7 - Гагарина 7	50	Тройник (ответвление) 200/50	1,96	1	1,96
		Задвижка	0,65	1	0,65
		Отвод 90	0,65	2	1,3
Итого на участке					3,91
ТК 7 - ТК 8	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
		Тройник (проход)	8,4	1	8,4
Итого на участке					9,24



Продолжение таблицы 7.2.1

1	2	3	4	5	6
ТК 8 - Гагарина 9	50	Тройник (ответвление) 200/50	1,96	1	1,96
		Задвижка	0,65	1	0,65
		Компенсатор П-образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					5,01
ТК 8 - ТК 9	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
		Тройник (проход)	8,4	1	8,4
Итого на участке					9,24
ТК 9 - Гагарина 6	32	Тройник (ответвление) 200/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П-образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76
ТК 9 - ТК 9-1	200	Тройник (проход)	8,4	1	8,4
		Отвод 90	4,2	2	8,4
Итого на участке					16,8
ТК 9-1 - ТК 15	100	Тройник (ответвление) 200/100	4,95	1	4,95
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					5,28
ТК 15- ТК 16	100	Тройник (проход)	8,4	1	8,4
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					8,73
ТК 16 - Комсомольская 16	32	Тройник (ответвление) 100/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П-образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76
ТК 16 - Комсомольская 18	32	Тройник (ответвление) 100/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П-образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76
ТК 16 - ТК 17	100	Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					0,33

Продолжение таблицы 7.2.1

1	2	3	4	5	6
ТК 17 - ТК 17-1	70	Переход 100/70	0,2	1	0,2
		Тройник (проход)	2	1	2
		Компенсатор П-образный	3,2	1	3,2
Итого на участке					5,4
ТК 17-1 - Комсомольская 20	32	Тройник (ответвление) 70/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П-образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76
ТК 17-1 - ТК 17-2	70	Тройник (проход)	2	1	2
		Компенсатор П-образный	3,2	1	3,2
Итого на участке					5,2
ТК 17-2 - Комсомольская 22	32	Тройник (ответвление) 70/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П-образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76
ТК 17-2 - ТК 17-3	70	Тройник (проход)	2	1	2
		Компенсатор П-образный	3,2	1	3,2
Итого на участке					5,2
ТК 17-3 - Комсомольская 24	32	Тройник (ответвление) 70/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П-образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76
ТК 17-3 - ТК 17-4	70	Компенсатор П-образный	3,2	1	3,2
		Отвод 90	1	1	1
Итого на участке					4,2
ТК 17-4 - Комсомольская 26	32	Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П-образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					10,8
ТК 9-1 - ТК 10	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
		Тройник (проход)	8,4	1	8,4
Итого на участке					9,24

Продолжение таблицы 7.2.1

1	2	3	4	5	6
ТК 10 - Гагарина 11	32	Тройник (ответвление) 200/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76
ТК 10 - ТК 11	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
		Тройник (проход)	8,4	1	8,4
Итого на участке					9,24
ТК 11 - Гагарина 8 д/с	125	Тройник (ответвление) 200/125	6,6	1	6,6
		Задвижка	1,65	1	1,65
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					8,58
ТК 11 - Гагарина 13	32	Тройник (ответвление) 200/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76
ТК 11 - ТК 11-1	200	Компенсатор линзовый	0,84	1	0,84
		Тройник (проход) 200/150	8,4	1	8,4
Итого на участке					9,24
ТК 11-1 - Школа искусств	70	Тройник (ответвление) 200/70	3	1	3
		Компенсатор П- образный	3,2	1	3,2
		Задвижка	1	1	1
Итого на участке					7,2
ТК 11-1 - Гагарина 15	32	Тройник (ответвление) 200/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76
ТК 11-1 - ТК 11-2	150	Тройник (проход)	5,6	1	5,6
		Компенсатор линзовый	0,56	1	0,56
Итого на участке					6,16

Продолжение таблицы 7.2.1

1	2	3	4	5	6
ТК 11-2 - Гагарина 17	32	Тройник (ответвление) 200/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76
ТК 11-2 - ТК 11-3	150	Тройник (проход)	5,6	1	5,6
		Компенсатор линзовый	0,56	1	0,56
Итого на участке					6,16
ТК 11-3 - Гагарина 10/2	32	Тройник (ответвление) 200/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76
ТК 11-3 - Гагарина 19	32	Тройник (ответвление) 200/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76
ТК 11-3 - ТК 11-4	150	Тройник (проход)	5,6	1	5,6
		Компенсатор линзовый	0,56	1	0,56
Итого на участке					6,16
ТК 11-4 - Гагарина 12/1	32	Тройник (ответвление) 200/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76
ТК 11-4 - Гагарина 21	32	Тройник (ответвление) 200/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76
ТК 11-4 - ТК 12	150	Тройник (проход)	5,6	1	5,6
		Компенсатор линзовый	0,56	1	0,56
Итого на участке					6,16

Продолжение таблицы 7.2.1

1	2	3	4	5	6
ТК 12 - Гагарина 14	50	Тройник (ответвление) 150/50	1,96	1	1,96
		Задвижка	0,65	1	0,65
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					5,01
ТК 12- ТК 13	150	Тройник (проход)	5,6	1	5,6
		Компенсатор линзовый	0,56	1	0,56
		Тройник (ответвление)	8,4	1	8,4
Итого на участке					14,56
ТК 13 - Труда 1	100	Тройник (ответвление) 150/100	4,95	1	4,95
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
		Отвод 90	1,65	2	3,3
Итого на участке					8,58
ТК 13 - ТК 14	150	Тройник (проход) 150/100	5,6	1	5,6
		Компенсатор линзовый	0,56	1	0,56
Итого на участке					6,16
ТК 14 - Труда 6 Школа	100	Тройник (ответвление) 150/100	4,95	1	4,95
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
		Задвижка	1,65	1	1,65
Итого на участке					6,93
ТК 14 - ТК 14-1	100	Отвод 90	1,65	1	1,65
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					1,98
ТК 14-1 - ТК 14-2	100	Тройник (проход)	8,4	1	8,4
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					8,73
ТК 14-2 - Комсомольская 4	32	Тройник (ответвление) 100/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76

## Окончание таблицы 7.2.1

1	2	3	4	5	6
ТК 14-2 - Комсомольская 3	50	Тройник (ответвление) 100/50	1,96	1	1,96
		Задвижка	0,65	1	0,65
		Отвод 90	0,65	2	1,3
Итого на участке					3,91
ТК 14-2 - ТК 14-3	100	Тройник (проход)	8,4	1	8,4
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					8,73
ТК 14-3 - Комсомольская 5	50	Тройник (ответвление) 100/50	1,96	1	1,96
		Задвижка	0,65	1	0,65
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					5,01
ТК 14-3 - ТК 14-4	100	Тройник (проход) 100/80	8,4	1	8,4
		Компенсатор линзовый	0,33	1	0,33
Итого на участке					8,73
ТК 14-4 - Комсомольская 8	32	Тройник (ответвление) 100/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Отвод 90	0,38	1	0,38
Итого на участке					10,74
ТК 14-4 - Комсомольская 7	50	Тройник (ответвление) 100/50	1,96	1	1,96
		Задвижка	0,65	1	0,65
		Отвод 90	0,65	2	1,3
Итого на участке					3,91
ТК 14-4 - ТК 14-5	80	Компенсатор П- образный	3,5	1	3,5
Итого на участке					3,5
ТК 14-5 - Комсомольская 12	32	Тройник (ответвление) 80/32	1,96	1	1,96
		Вентиль	8,4	1	8,4
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					12,76
ТК 14-5 - Комсомольская 9	50	Тройник (ответвление) 80/50	1,96	1	1,96
		Задвижка	0,65	1	0,65
		Компенсатор П- образный	2,4	1	2,4
Итого на участке					5,01

Потери давления на участках расчетной магистрали рассчитываются по формуле (7.2.5) . Результаты расчета приведены в таблице 7.3

Таблица 7.2.2 – Потери давления на участках расчетной магистрали

№ участка	G, т/ч	Dy, мм	Dн x S, мм	w, м/с	l, м	lэ, м	Lпр=l+lэ, м	Δh, кгс/м <sup>2</sup>	ΔP, кгс/м <sup>2</sup>	ΔH, м.в.ст	Потери давления по двум трубам, м.в.ст.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Котельная - ТК1	157	200	219x6	1,38	20	9,24	29,2	13,5	378	0,378	0,756
ТК1 - ТК19-5	6,6	200	219x6	0,34	33	0,84	33,8	0,66	30,49	0,030	0,061
ТК 19-5 - ТК 19-4	6,6	200	219x6	0,34	70	0,84	70,8	0,66	64,68	0,065	0,129
ТК 19-4 - ТК 19-3	6,6	200	219x6	0,34	58	0,84	58,3	0,66	53,13	0,053	0,106
ТК 19-3 - ТК 19-2	6,6	125	133x4	0,16	145	18,5	163	0,31	58,44	0,058	0,117
ТК 19-2 - ТК 19-1	5,7	125	133x4	0,14	2	6,6	8,6	0,22	0,572	0,001	0,001
ТК 19-1 - Мира 49/1	0,3	32	38x2,5	0,12	20	9,3	29,3	0,92	23,92	0,024	0,048
ТК 19-1 - ТК 19	5,4	125	133x4	0,13	50	4,84	54,8	0,19	12,35	0,012	0,025
ТК 19 - Мира 58	0,2	32	38x2,5	0,1	17	9,3	26,3	0,72	15,91	0,016	0,032
ТК 19 - Мира 47/2	0,2	32	38x2,5	0,1	20	9,3	29,3	0,72	18,72	0,019	0,037
ТК 19 - Мира 60	0,2	32	38x2,5	0,1	25	8,6	33,6	0,72	23,4	0,023	0,047
ТК 19 - ТК 18	4,8	125	133x4	0,11	60	4,84	64,8	0,15	11,7	0,012	0,023
ТК 18 - Мира 54	0,2	32	38x2,5	0,1	19	9,3	28,3	0,72	17,78	0,018	0,036
ТК 18 - ТК 18-1	4,5	100	108x4	0,17	72	4,84	76,8	0,45	42,12	0,042	0,084
ТК 18-1 - ТК 18-2	4,5	125	133x4	0,11	26	4,84	30,8	0,14	4,732	0,005	0,009
ТК 18-2 - Октябрьская 65	0,1	32	38x2,5	0,1	1,5	9,3	10,8	0,72	1,404	0,001	0,003
ТК 18-2 - ТК 18-3	4,5	125	133x4	0,11	35	2,2	37,2	0,14	6,37	0,006	0,013
ТК 18 -3 - ТК 18-4	4,4	125	133x4	0,1	22	4,84	26,8	0,13	3,718	0,004	0,007
ТК 18-4 - Сугоняева 6	0,2	32	38x2,5	0,1	16	9,3	25,3	0,72	14,98	0,015	0,030
ТК 18-4 - ТК 18-5	4,1	125	133x4	0,1	23	0,44	23,4	0,13	3,887	0,004	0,008
ТК 18-5 - ТК 18-6	4,1	125	133x4	0,1	20	5,9	25,9	0,13	3,38	0,003	0,007
ТК 18-6 - Революционная 29	2,2	50	57x3	0,33	20	12,8	32,8	3,69	95,94	0,096	0,192
ТК 18-6 - Революционная 27	1,9	50	57x3	0,29	28	9,7	37,7	3,02	110	0,110	0,220
ТК 19-2 - ТК 19-6	0,9	50	57x3	0,13	60	3,7	63,7	0,74	58,16	0,058	0,116
ТК 19-6 - ТК 19-8	0,2	50	57x3	0,1	130	0	29,2	0,44	74,36	0,074	0,149

Продолжение таблицы 7.2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТК 19-6 - Мира 53/2	0,8	32	38x2,5	0,25	21	12,8	33,3	4,31	114,9	0,115	0,230
ТК 19-8 - Мира 70/1	0,2	32	38x2,5	0,1	5	10,8	15,8	0,72	4,68	0,005	0,009
ТК 1 - ТК 1-1	150	200	219x6	1,37	200	9,24	209	10,4	2912	2,912	5,824
ТК 1-1 - ТК 1-1-2	3,0	100	108x4	0,13	65	13,7	78,7	0,27	22,82	0,023	0,046
ТК 1-1-2 - Мастерские	0,3	50	57x3	0,1	45	12,8	57,8	0,44	25,74	0,026	0,051
ТК 1-1-2 - ТК 1-1-2а	2,7	50	57x3	0,41	30	3,7	33,7	6,32	246,5	0,246	0,493
ТК 1-1-2а - Пожарная часть	2,0	50	57x3	0,3	80	11,7	91,7	3,25	338	0,338	0,676
ТК 1-1-2а - ТК 1-1-3	0,7	50	57x3	0,11	50	3,05	53,1	0,5	32,5	0,033	0,065
ТК 1-1-3 - МУП ЖКТ	0,7	32	38x2,5	0,25	5	8,48	13,5	4,31	28,02	0,028	0,056
ТК 1-1 - ТК 1-2	147	200	219x6	1,29	90	9,24	99,2	9,7	1222	1,222	2,444
ТК 1-2 - Энергосбыт	3,0	50	57x3	0,59	26	12,8	38,8	12,9	436	0,436	0,872
ТК 1-2 - ТК 2	144	200	219x6	1,25	30	9,24	39,2	9,06	380,5	0,381	0,761
ТК 2 - ТК 2-1	5,6	70	76x3	0,58	45	8,2	53,2	8,15	973,2	0,973	1,946
ТК 2-1 - Революционная 5	0,6	32	38x2,5	0,78	19	13,8	32,8	39,4	203,8	0,204	0,408
ТК 2-1 - ТК 2-2	5,1	70	76x3	0,4	40	1	41	3,92	2292	2,292	4,584
ТК 2-2 - Революционная 7	5,1	32	38x2,5	1,15	21	10,9	31,4	86,0 1	425,9	0,426	0,852
ТК 2 - ТК 3	139	200	219x6	1,21	36	9,24	45,2	8,45	26,21	0,026	0,052
ТК 3 - ТК 3-1	2,9	100	108x4	0,24	65	13,7	78,7	0,85	71,83	0,072	0,144
ТК 3-1 - Уралинформсвязь	0,9	32	38x2,5	0,81	15	12,8	27,8	42,9	836,6	0,837	1,673
ТК 3-1 - Почта	0,5	32	38x2,5	0,81	30	10,8	40,8	42,9	1673	1,673	3,346
ТК 3-1 - ТК 3-2	1,5	100	108x4	0,13	20	0,33	20,3	0,27	7,02	0,007	0,014
ТК 3-2 - ТК 3-3	1,5	100	108x4	0,13	70	8,73	78,7	0,27	24,57	0,025	0,049
ТК 3-3 - Революционная 6	0,3	32	38x2,5	0,1	20	12,8	32,8	0,72	18,72	0,019	0,037
ТК 3-3 - ТК 3-4	1,2	100	108x4	0,13	100	8,73	109	0,27	35,1	0,035	0,070
ТК 3-4 - Мира 34	0,6	50	57x3	0,1	35	11	46	0,44	20,02	0,020	0,040
ТК 3-4 - ТК 3-6	0,6	100	108x4	0,13	100	8,73	109	0,27	35,1	0,035	0,070
ТК 3-6 - Революционная 14	0,2	32	38x2,5	0,1	28	12,8	40,8	0,72	26,21	0,026	0,052
ТК 3-6 - Революционная 16	0,4	32	38x2,5	0,13	35	9,24	44,2	1,15	52,33	0,052	0,105
ТК 3 - ТК 4	136	200	219x6	1,16	45	9,24	54,2	7,86	459,8	0,460	0,920



Продолжение таблицы 7.2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТК 4 - Магазин Гагарина 2г	0,1	32	38x2,5	0,1	30	11,1	41,1	0,72	28,08	0,028	0,056
ТК 4 - ТК 20	39,7	150	159x4,5	0,65	80	14,6	94,6	3,63	406,4	0,406	0,813
ТК 20 - ТК 21	39,7	150	159x4,5	0,65	50	6,16	56,2	3,63	254	0,254	0,508
ТК 21 - Березка 1	5,7	100	108x4	0,21	32	8,15	40,2	0,65	27,25	0,027	0,054
ТК 21 - Березка 8	5,7	100	108x4	0,21	19	8,25	27,3	0,65	16,15	0,016	0,032
ТК 21 - ТК 22	28,4	150	159x4,5	0,46	60	6,16	66,2	1,85	144,3	0,144	0,289
ТК 22 - Березка 2	5,7	80	89x3,5	0,31	25	8,6	33,6	1,79	58,14	0,058	0,116
ТК 22 - ТК 23	22,7	150	159x4,5	0,37	40	6,16	46,2	1,16	60,58	0,061	0,121
ТК 23 - ТК 23-1	11,4	100	108x4	0,41	49	13,7	62,7	2,62	167,1	0,167	0,334
ТК 23-1 - Березка 5	5,7	70	76x3	0,43	5	7,2	12,2	4,54	29,51	0,030	0,059
ТК 23-1 - Березка 6	5,7	100	108x4	0,21	21	3,3	24,3	0,65	17,75	0,018	0,035
ТК 23 - ТК 24	11,3	100	108x4	0,41	30	8,73	38,7	2,71	105,8	0,106	0,212
ТК 24- Березка 4	5,4	50	57x3	0,79	5	3,26	8,26	22,4	145,2	0,145	0,290
ТК 24 - ТК 24-1	5,9	80	89x3,5	0,32	29	6,05	35,1	1,92	72,61	0,073	0,145
ТК 24-1 - Березка 3	5,4	70	76x3	0,41	5	1	6	4,02	26,13	0,026	0,052
ТК 24-1 - Березка 7	0,5	32	38x2,5	0,18	69	11,1	80,1	2,01	180,5	0,180	0,361
ТК 4 - ТК 5	96,0	200	219x6	0,82	45	9,24	54,2	3,89	245,1	0,245	0,490
ТК 5 - Гагарина 2 Клуб	7,2	50	57x3	1,03	18	5,01	23	39,5	924,3	0,924	1,849
ТК 5 - Гагарина 3	5,5	50	57x3	0,83	16	3,91	19,9	25,7	534,6	0,535	1,069
ТК 5 - ТК 6	83,4	200	219x6	0,7	50	9,24	59,2	2,9	203	0,203	0,406
ТК 6 - Гагарина 5	5,0	50	57x3	0,74	18	5,01	23	20,2	472,7	0,473	0,945
ТК 6 - ТК 7	78,3	200	219x6	0,65	16	9,24	25,2	2,48	55,55	0,056	0,111
ТК 7 - Больница	14,4	100	108x4	0,5	50	6,93	56,9	3,68	239,2	0,239	0,478
ТК 7 - Гагарина 7	2,6	50	57x3	0,43	18	3,91	21,9	6,78	158,7	0,159	0,317
ТК 7 - ТК 8	61,3	200	219x6	0,5	75	9,24	84,2	1,45	152,3	0,152	0,305
ТК 8 - Гагарина 9	2,7	50	57x3	0,44	26	5,01	31	7,26	245,4	0,245	0,491
ТК 8 - ТК 9	58,7	200	219x6	0,48	16	9,24	25,2	1,35	30,24	0,030	0,060
ТК 9 - Гагарина 6	0,5	32	38x2,5	0,16	30	12,8	42,8	1,82	70,98	0,071	0,142
ТК 9 - ТК 9-1	58,2	200	219x6	0,47	19	16,8	35,8	1,26	33,52	0,034	0,067
ТК 9-1 - ТК 15	3,1	100	108x4	0,13	35	5,28	40,3	0,27	12,29	0,012	0,025
ТК 15- ТК 16	3,1	100	108x4	0,13	23	8,73	31,7	0,27	8,073	0,008	0,016
ТК 16 - Комсомольская 16	0,5	32	38x2,5	0,15	13	12,8	25,8	1,56	26,36	0,026	0,053
ТК 16 - Комсомольская 18	0,4	32	38x2,5	0,13	20	12,8	32,8	1,07	27,95	0,028	0,056
ТК 16 - ТК 17	2,2	100	108x4	0,13	30	0,33	30,3	0,27	10,53	0,011	0,021
ТК 17 - ТК 17-1	2,2	70	76x3	0,17	60	5,4	65,4	0,77	59,75	0,060	0,119
ТК 17-1 - Комсомольская 20	0,7	32	38x2,5	0,23	16	12,8	28,8	3,39	70,51	0,071	0,141
ТК 17-1 - ТК 17-2	1,6	70	76x3	0,12	40	5,2	45,2	0,38	20,02	0,020	0,040

Продолжение таблицы 7.2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТК 17-2 - Комсомольская 22	0,2	32	38x2,5	0,1	18	12,8	30,8	0,72	16,85	0,017	0,034
ТК 17-2 - ТК 17-3	1,3	70	76x3	0,1	40	5,2	45,2	0,27	14,25	0,014	0,028
ТК 17-3 - Комсомольская 24	0,7	32	38x2,5	0,23	14	12,8	26,8	3,39	61,7	0,062	0,123
ТК 17-3 - ТК 17-4	0,6	70	76x3	0,1	40	4,2	44,2	0,27	14,04	0,014	0,028
ТК 17-4 - Комсомольская 26	0,6	32	38x2,5	0,22	30	10,8	40,8	3,02	117,9	0,118	0,236
ТК 9-1 - ТК 10	55,1	200	219x6	0,45	36	9,24	45,2	1,17	58,97	0,059	0,118
ТК 10 - Гагарина 11	0,7	32	38x2,5	0,24	14	12,8	26,8	3,77	68,61	0,069	0,137
ТК 10 - ТК 11	54,4	200	219x6	0,45	40	9,24	49,2	1,17	65,52	0,066	0,131
ТК 11 - Гагарина 8 д/с	9,2	125	133x4	0,22	37	8,58	45,6	0,58	27,9	0,028	0,056
ТК 11 - Гагарина 13	0,3	32	38x2,5	0,12	15	12,8	27,8	0,92	17,94	0,018	0,036
ТК 11 - ТК 11-1	44,9	200	219x6	0,35	40	9,24	49,2	0,72	40,32	0,040	0,081
ТК 11-1 - Школа искусств	3,2	70	76x3	0,29	58	7,2	65,2	2,02	152,3	0,152	0,305
ТК 11-1 - Гагарина 15	0,2	32	38x2,5	0,1	16	12,8	28,8	0,72	14,98	0,015	0,030
ТК 11-1 - ТК 11-2	41,5	150	159x4,5	0,62	35	6,16	41,2	3,41	155,2	0,155	0,310
ТК 11-2 - Гагарина 17	0,6	32	38x2,5	0,2	18	12,8	30,8	2,43	56,77	0,057	0,114
ТК 11-2 - ТК 11-3	40,9	150	159x4,5	0,61	30	6,16	36,2	3,23	126	0,126	0,252
ТК 11-3 - Гагарина 10/2	0,4	32	38x2,5	0,12	16	12,8	28,8	1,01	20,95	0,021	0,042
ТК 11-3 - Гагарина 19	0,3	32	38x2,5	0,11	15	12,8	27,8	0,81	15,8	0,016	0,032
ТК 11-3 - ТК 11-4	40,2	150	159x4,5	0,59	35	6,16	41,2	3,06	139,2	0,139	0,278
ТК 11-4 - Гагарина 12/1	0,2	32	38x2,5	0,1	19	12,8	31,8	0,72	17,78	0,018	0,036
ТК 11-4 - Гагарина 21	0,3	32	38x2,5	0,1	15	12,8	27,8	0,72	14,04	0,014	0,028
ТК 11-4 - ТК 12	39,7	150	159x4,5	0,59	40	6,16	46,2	3,06	159,1	0,159	0,318
ТК 12 - Гагарина 14	0,3	50	57x3	0,1	18	5,01	22,5	0,44	10,01	0,010	0,020
ТК 12- ТК 13	39,4	150	159x4,5	0,59	135	14,6	150	3,06	537	0,537	1,074
ТК 13 - Труда 1	0,6	100	108x4	0,13	24	8,58	32,6	0,27	8,424	0,008	0,017
ТК 13 - ТК 14	38,8	150	159x4,5	0,57	90	6,16	96,2	2,89	338,1	0,338	0,676
ТК 14 - Труда 6 Школа	17,1	100	108x4	0,5	35	6,93	41,9	3,68	167,4	0,167	0,335
ТК 14 - ТК 14-1	21,7	100	108x4	0,8	30	1,98	32	9,17	357,6	0,358	0,715
ТК 14-1 - ТК 14-2	21,7	100	108x4	0,8	65	8,73	73,7	9,17	774,9	0,775	1,550

Окончание таблицы 7.2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ТК 14-2 - Комсомольская 4	0,2	32	38x2,5	0,1	17	12,8	29,8	0,72	15,91	0,016	0,032
ТК 14-2 - Комсомольская 3	5,1	50	57x3	0,74	29	3,91	32,9	20,2	761,5	0,762	1,523
ТК 14-2 - ТК 14-3	16,4	100	108x4	0,6	60	8,73	68,7	5,27	411,1	0,411	0,822
ТК 14-3 - Комсомольская 5	5,6	50	57x3	0,82	27	5,01	32	25,5	895,1	0,895	1,790
ТК 14-3 - ТК 14-4	10,8	100	108x4	0,13	30	8,73	38,7	0,27	10,53	0,011	0,021
ТК 14-4 - Комсомольская 8	0,4	32	38x2,5	0,14	30	10,7	40,7	1,37	53,43	0,053	0,107
ТК 14-4 - Комсомольская 7	5,0	50	57x3	0,74	28	3,91	31,9	20,2	735,3	0,735	1,471
ТК 14-4 - ТК 14-5	5,4	80	89x3,5	0,3	30	3,5	33,5	1,58	61,62	0,062	0,123
ТК 14-5 - Комсомольская 12	0,2	32	38x2,5	0,1	27	12,8	39,8	0,72	25,27	0,025	0,051
ТК 14-5 - Комсомольская 9	5,1	50	57x3	0,76	35	5,01	40	20,6 4	939,1	0,939	1,878
Сумма										26,89	53,78

### 7.3 Пьезометрический график

Целью построения пьезометрического графика является наглядная иллюстрация результатов гидравлического расчета. При этом на графике показывается:

- линия давления в подающем трубопроводе;
- линия давления в обратном трубопроводе;
- линия геодезической высоты;
- линия потерь напора на шайбе;
- высота здания;
- линия статического напора [13].

В таблице 7.3 показаны расходы теплоносителя и напоры в котельной, некоторых промежуточных и самых отдаленных участков тепловой сети.

Таблица 7.3 – Напоры участков тепловой сети

№ участка	G, т/ч	ΔP(H) м.в.ст
1	2	3
Котельная - ТК1	157,218	26,244
ТК 19-3 - ТК 19-2	6,646	25,831
ТК 19-8 - Мира 70/1	0,176	25,556

Окончание таблицы 7.3

1	2	3
ТК 18-6 - Революционная 27	1,940	25,433
ТК 1-1-3 - МУП ЖКТ	0,743	19,760
ТК 1-1 - ТК 1-2	147,536	17,976
ТК 2-2 - Революционная 7	5,089	11,269
ТК 2 - ТК 3	138,850	16,363
ТК 3-6 - Революционная 16	0,372	15,911
ТК 3 - ТК 4	135,874	16,086
ТК 4 - ТК 5	96,048	14,953
ТК 24-1 - Березка 7	0,516	12,995
ТК 17-4 - Комсомольская 26	0,648	13,490
ТК 9 - ТК 9-1	58,195	14,004
ТК 9-1 - ТК 10	55,119	13,886
ТК 12- ТК 13	39,416	11,441
ТК 14-5 - Комсомольская 9	5,144	5,655

## 8 ВЫБОР ВСПОМОГАТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

### 8.1 Теплообменник

#### 8.1.1 Расчет теплообменника

В данном разделе дипломного проекта мы рассматриваем тепловой и компоновочный расчеты пластинчатого теплообменника для нагрева сетевой воды, поступающей в отопительные установки потребителя, водой из котлового контура [14].

Расчет проводим у абонента по адресу ул. Комсомольская 9.

Расчет проводим при следующих известных данных:

Массовый расход нагреваемого теплоносителя (сетевая вода):

$$G_2 = 5,117 \text{ т/ч} = 1,421 \text{ кг/с};$$

Объемный расход нагреваемого теплоносителя:  $V_2 = G_2/\rho_2 = 0,00142 \text{ м}^3/\text{с};$

Начальная температура нагреваемого теплоносителя:  $t'_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C};$

Конечная температура нагреваемого теплоносителя:  $t''_2 = 95 \text{ }^\circ\text{C};$

Начальная температура греющего теплоносителя:  $t'_1 = 110 \text{ }^\circ\text{C};$

Конечная температура греющего теплоносителя:  $t''_1 = 80 \text{ }^\circ\text{C};$

Рабочее давление в аппарате:  $p = 1,6 \text{ МПа} = 16 \text{ бар};$

Располагаемый напор со стороны греющего теплоносителя:  $\Delta p_1 = 55,46 \text{ кПа} = 5655 \text{ кгс/м}^2;$

Располагаемый напор со стороны нагреваемого теплоносителя:  $\Delta p_2 = 60 \text{ кПа} = 6000 \text{ кгс/м}^2.$

Теплофизические свойства котловой воды при средней температуре  $t^{cp}_1 = (110+80)/2 = 95 \text{ }^\circ\text{C}$  [прил.9 соколов 3]:

Плотность:  $\rho_1 = 961,85 \text{ кг/м}^3;$

Удельная теплоёмкость:  $c_1 = 4212 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C};$

Коэффициент теплопроводности:  $\lambda_1 = 0,681 \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{C};$

Кинематическая вязкость:  $\nu_1 = 0,31 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$

Теплофизические свойства сетевой воды при средней температуре  $t^{cp}_2 = (95+70)/2 = 82,5 \text{ }^\circ\text{C}$  [прил.9 соколов 3]:

Плотность:  $\rho_2 = 971,8 \text{ кг/м}^3;$

Удельная теплоёмкость:  $c_2 = 4195 \text{ Дж/кг}\cdot^\circ\text{C};$

Коэффициент теплопроводности:  $\lambda_2 = 0,674 \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{C};$

Кинематическая вязкость:  $\nu_2 = 0,357 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$

Аппарат намечено проектировать на базе пластин из стали X18H10T, гофры пластин в сечении имеют профиль равностороннего треугольника со следующими техническими данными [14 табл №5]:

Поверхность теплопередачи одной пластины:  $F_1 = 0,5 \text{ м}^2;$

Эквивалентный диаметр межпластинного канала:  $d_3 = 0,008\text{м};$

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Площадь поперечного сечения одного канала:  $f_1 = 0,0018 \text{ м}^2$ ;  
 Длина канала (приведенная):  $L_{\text{п}} = 1,15 \text{ м}$ ;  
 Диаметр углового отверстия  $D_y = 150 \text{ мм}$ ;  
 Толщина пластины:  $\delta_{\text{ст}} = 1 \text{ мм}$ ;  
 Коэффициент теплопроводности материала:  $\lambda_{\text{ст}} = 15,9 \text{ Вт/м}\cdot\text{°С}$ .

Тепловой расчет

1. Определим количество тепла, передаваемого в единицу времени (8.1.1):

$$Q = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_2'' - t_2'), \quad (8.1.1)$$

$$Q = 1,421 \cdot 4195 \cdot (95 - 70) = 1,49 \cdot 10^5 \text{ Вт.}$$

2. Расход греющей воды:

Массовый (8.1.2):

$$G_1 = \frac{Q}{c_1 \cdot (t_1' - t_1'')}, \quad (8.1.2)$$

$$G_1 = \frac{1,49 \cdot 10^5}{4212 \cdot (110 - 80)} = 1,179 \text{ кг/с.}$$

Объемный (8.1.3):

$$V_1 = \frac{G_1}{\rho_1}, \quad (8.1.3)$$

$$V_1 = \frac{1,179}{961,85} = 0,0012 \text{ м}^3/\text{с.}$$

3. Вычисляем средний температурный напор.

Схема потоков:

$$110^\circ\text{С} \rightarrow 80^\circ\text{С}$$

$$95^\circ\text{С} \leftarrow 70^\circ\text{С}$$

$$\Delta t_{\text{б}} = (110 - 95) = 15^\circ\text{С},$$

$$\Delta t_{\text{м}} = (80 - 70) = 10^\circ\text{С.}$$

Средний температурный напор (8.1.4):

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\Delta \bar{t} = \frac{\Delta t_{\bar{o}} - \Delta t_{\bar{m}}}{2,3 \cdot \lg \frac{\Delta t_{\bar{o}}}{\Delta t_{\bar{m}}}}, \quad (8.1.4)$$

$$\Delta \bar{t} = \frac{15 - 10}{2,3 \cdot \lg \frac{15}{10}} = 12,35^{\circ}\text{C}.$$

4. Определяем рациональную скорость движения сетевой воды в каналах теплообменника.

Для ориентировочного расчета скорости  $w_2$  принимаем:

$$\alpha_2 = 2500 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}); \xi_2 = 2,5; t_{cm}^{cp} = \frac{t_1^{cp} + t_2^{cp}}{2} = \frac{95 + 82,5}{2} = 88,75^{\circ}\text{C}.$$

Производим расчет скорости по следующей формуле (8.1.5):

$$w_2 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{\alpha_2 \cdot (t_{cm}^{cp} - t_2^{cp}) \cdot \Delta p_2}{c_2 \cdot (t_2' - t_2'') \cdot \rho_2^2 \cdot \xi_2}}, \quad (8.1.5)$$

$$w_2 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{2500 \cdot (88,75 - 82,5) \cdot 60000}{4195 \cdot (95 - 70) \cdot 971,8^2 \cdot 2,5}} = 0,311 \text{ м/с}.$$

5. Критерий Рейнольдса для потока нагреваемого теплоносителя (8.1.6):

$$\text{Re}_2 = \frac{w_2 \cdot d_{\text{э}}}{\nu_2}, \quad (8.1.6)$$

$$\text{Re}_2 = \frac{0,311 \cdot 0,008}{0,357 \cdot 10^{-6}} = 6969.$$

6. Проверяем принятое значение коэффициента общего гидравлического сопротивления (8.1.7):

$$\xi_2 = \frac{22,4}{\text{Re}_2^{0,25}}, \quad (8.1.7):$$

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\xi_2 = \frac{22,4}{6969^{0,25}} = 2,45.$$

Это достаточно близко к принятому  $\xi_2 = 2,5$ .

7. Критерий Прандтля  $Pr_2$  и  $Pr_{cm}$  для воды равны [15]:

$$\text{при } t_2^{cp} = 82,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad Pr_2 = 2,17,$$

$$\text{при } t_{cm}^{cp} = 88,75 \text{ } ^\circ\text{C} \quad Pr_{cm} = 2.$$

8. Вычисляем критерий Нуссельта со стороны нагреваемого теплоносителя (8.1.8):

$$Nu_2 = 0,135 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_2}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \quad (8.1.8)$$

$$Nu_2 = 0,135 \cdot 6969^{0,73} \cdot 2,17^{0,43} \cdot \left( \frac{2,17}{2} \right)^{0,25} = 122,85.$$

9. Находим коэффициент теплоотдачи от нагреваемого теплоносителя к стенке по полученному значению  $Nu_2$  (8.1.9):

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_3}, \quad (8.1.9)$$

$$\alpha_2 = \frac{122,85 \cdot 0,674}{0,008} = 10350 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

10. Определяем аналогично рациональную скорость движения греющего теплоносителя в каналах теплообменника.

Для ориентировочного расчета скорости  $w_1$  принимаем:

$$\alpha_1 = 2500 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}); \quad \xi_1 = 2,5; \quad t_{cm}^{cp} = \frac{t_1^{cp} + t_2^{cp}}{2} = \frac{95 + 82,5}{2} = 88,75 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Тогда скорость теплоносителя (8.1.10):

$$w_1 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{\alpha_1 \cdot (t_2^{cp} - t_{cm}^{cp}) \cdot \Delta p_1}{c_1 \cdot (t_1' - t_1'') \cdot \rho_1^2 \cdot \xi_1}}, \quad (8.1.10)$$

										Лист
										59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.087.26 ПЗ					



$$w_1 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{2500 \cdot (95 - 88,75) \cdot 55460}{4212 \cdot (110 - 80) \cdot 961,85^2 \cdot 2,5}} = 0,287 \text{ м/с.}$$

11. Критерий Рейнольдса для потока греющего теплоносителя (8.1.11):

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_{\text{э}}}{\nu_1}, \quad (8.1.11)$$

$$Re_1 = \frac{0,287 \cdot 0,008}{0,31 \cdot 10^{-6}} = 7406.$$

12. Проверяем принятое значение коэффициента общего гидравлического сопротивления (8.1.12):

$$\xi_1 = \frac{22,4}{Re_1^{0,25}}, \quad (8.1.12)$$

$$\xi_1 = \frac{22,4}{7406^{0,25}} = 2,41.$$

Это достаточно близко к принятому  $\xi_1 = 2,5$ .

13. Критерий Прандтля  $Pr_2$  и  $Pr_{ст}$  для воды равны:

$$\text{При } t_1^{cp} = 95^\circ\text{C} \quad Pr_1 = 1,87,$$

$$\text{При } t_{cm}^{cp} = 88,75^\circ\text{C} \quad Pr_{cm} = 2.$$

14. Вычисляем критерий Нуссельта со стороны греющего теплоносителя (8.1.13):

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_1}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \quad (8.1.13)$$

$$Nu_1 = 0,135 \cdot 7406^{0,73} \cdot 1,87^{0,43} \cdot \left( \frac{1,87}{2} \right)^{0,25} = 116.$$

15. Находим коэффициент теплоотдачи от греющего теплоносителя к стенке по полученному значению  $Nu_1$  (8.1.14):

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_3}, \quad (8.1.14)$$

$$\alpha_1 = \frac{116 \cdot 0,681}{0,008} = 9874,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

16. Определим термическое сопротивление стенки пластины и загрязнений на ней:

а) термическое сопротивление загрязнений на стенке по стороне греющего теплоносителя [Барановский, табл. 5]:

$$R_{31} = 0,00053 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт};$$

б) термическое сопротивление стенки из стали марки X18H10T при толщине стенки  $\delta_{ст} = 1 \text{ мм}$ :

$$\frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} = \frac{0,001}{15,9} = 0,000063 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт};$$

в) термическое сопротивление загрязнений на стенке по стороне нагреваемого теплоносителя (Барановский, табл. 5):

$$R_{32} = 0,00023 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}.$$

17. Вычисляем коэффициент теплопередачи (8.1.15):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + R_{31} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + R_{32} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (8.1.15)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{9874,5} + 0,00053 + 0,000063 + 0,00023 + \frac{1}{10350}} = 979,53 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

18. Определяем общую поверхность теплопередачи аппарата (8.1.16):

$$F_a = \frac{Q}{k \cdot \Delta \bar{t}}, \quad (8.1.16)$$

$$F_a = \frac{1,49 \cdot 10^5}{979,53 \cdot 12,35} = 12,31 \text{ м}^2.$$

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Принимаем ближайшую стандартную поверхность по [16]:

$$F_a = 12,5 \text{ м}^2.$$

Компоновочный расчет и уточнение величины рабочей поверхности

1. Площади поперечных сечений пакетов составят:

а) по стороне греющего теплоносителя (8.1.17):

$$f_{n1} = \frac{V_1}{w_1}, \quad (8.1.17)$$

$$f_{n1} = \frac{0,0012}{0,287} = 0,00418 \text{ м}^2.$$

б) по стороне нагреваемого теплоносителя (8.1.18):

$$f_{n2} = \frac{V_2}{w_2}, \quad (8.1.18)$$

$$f_{n2} = \frac{0,00142}{0,311} = 0,00456 \text{ м}^2.$$

2. Число каналов в одном пакете:

а) для греющего теплоносителя (8.1.19):

$$m_1 = \frac{f_{n1}}{f_1}, \quad (8.1.19)$$

$$m_1 = \frac{0,00418}{0,0018} = 2,32,$$

принимаем  $m_1=3$ .

б) для нагреваемого теплоносителя (8.1.20):

$$m_2 = \frac{f_{n2}}{f_1}, \quad (8.1.20)$$

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$m_2 = \frac{0,00456}{0,0018} = 2,53,$$

принимаем  $m_2=3$ .

3. Число пластин в одном пакете:

а) для греющего теплоносителя (8.1.21):

$$n_1 = 2 \cdot m_1, \quad (8.1.21)$$

$$n_1 = 2 \cdot 3 = 6.$$

б) для нагреваемого теплоносителя (8.1.22):

$$n_2 = 2 \cdot m_2, \quad (8.1.22)$$

$$n_2 = 2 \cdot 3 = 6.$$

4. Определяем поверхность теплообмена одного пакета при полученном числе пластин:

а) для греющего теплоносителя (8.1.23):

$$F_{n1} = F_1 \cdot n_1, \quad (8.1.23)$$

$$F_{n1} = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ м}^2.$$

б) для нагреваемого теплоносителя (8.1.24):

$$F_{n2} = F_2 \cdot n_2, \quad (8.1.24)$$

$$F_{n2} = 0,5 \cdot 6 = 3 \text{ м}^2.$$

5. Число пакетов в аппарате:

а) по стороне греющего теплоносителя (8.1.25):

$$X_1 = \frac{F_a}{F_{n1}}, \quad (8.1.25)$$

$$X_1 = \frac{12,5}{3} = 4,16,$$

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

принимаям  $X_1=4$  (если округлить до 5, то необходимо уменьшить число каналов  $m$  до 2, что приведет к увеличению скорости и превышению напора),

б) по стороне нагреваемого теплоносителя (8.1.26):

$$X_2 = \frac{F_a}{F_{n2}}, \quad (8.1.26)$$

$$X_2 = \frac{12,5}{3} = 4,16,$$

принимаям  $X_2=4$  (по тем же соображениям, что и в предыдущем случае).

6. Число пластин в аппарате определяем с учетом наличия концевых пластин (8.1.27):

$$n_a = \frac{F_a + 2 \cdot F_1}{F_1}, \quad (8.1.27)$$

$$n_a = \frac{12,5 + 2 \cdot 0,5}{0,5} = 28.$$

7. Схема компоновки пластин в аппарате может быть принята такой:

$$C = \frac{5 + 4 + 5}{5 + 4 + 5}.$$

8. Фактическая площадь поперечного сечения каналов в пакетах для обеих сред составит (8.1.28):

$$f_n = m \cdot f_1, \quad (8.1.28)$$

$$f_n = 5 \cdot 0,0018 = 0,009 \text{ м}^2.$$

9. Фактическая скорость движения греющего и нагреваемого теплоносителей в каналах после уточнения (8.1.29):

$$w_1 = \frac{V_1}{f_n}, \quad (8.1.29)$$

$$w_1 = \frac{0,0012}{0,009} = 0,13 \text{ м/с}.$$

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
						64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$w_2 = \frac{V_2}{f_n},$$

$$w_2 = \frac{0,00142}{0,009} = 0,157 \text{ м/с.}$$

Как видим, по конструктивным соображениям пришлось увеличить число каналов в каждом пакете аппарата со стороны греющего и нагреваемого теплоносителей до  $m=5$ , что привело к уменьшению скорости потоков греющего и нагреваемого теплоносителей относительно их рациональных значений.

Можно ожидать, что напор, необходимый для прокачивания теплоносителя (воды) через аппарат будет несколько ниже располагаемого, но незначительно.

Проверим, достаточно ли выбранной поверхности теплопередачи при фактических скоростях рабочих сред.

10. Критерий Рейнольдса при новых значениях скоростей (8.1.30):

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_{\text{э}}}{\nu_1}, \quad (8.1.30)$$

$$Re_1 = \frac{0,13 \cdot 0,008}{0,31 \cdot 10^{-6}} = 3355,$$

$$Re_2 = \frac{w_2 \cdot d_{\text{э}}}{\nu_2},$$

$$Re_2 = \frac{0,157 \cdot 0,008}{0,357 \cdot 10^{-6}} = 3518.$$

11. Критерий Нуссельта при новых значениях скоростей (8.1.31):

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_1}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}, \quad (8.1.31)$$

$$Nu_1 = 0,135 \cdot 3355^{0,73} \cdot 1,87^{0,43} \cdot \left( \frac{1,87}{2} \right)^{0,25} = 65,11,$$

$$Nu_2 = 0,135 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left( \frac{Pr_2}{Pr_{cm}} \right)^{0,25}$$

$$Nu_2 = 0,135 \cdot 3518^{0,73} \cdot 2,17^{0,43} \cdot \left( \frac{2,17}{2} \right)^{0,25} = 74,58.$$

						Лист
					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

12. Определим уточненные значения коэффициентов теплоотдачи (8.1.32):

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_3}, \quad (8.1.32)$$

$$\alpha_1 = \frac{65,11 \cdot 0,681}{0,008} = 5542,48 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}),$$

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_3},$$

$$\alpha_2 = \frac{74,58 \cdot 0,674}{0,008} = 6283,36 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

13. Подсчитаем фактический коэффициент теплопередачи (8.1.33):

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + R_{31} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + R_{32} + \frac{1}{\alpha_2}}, \quad (8.1.33)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{5542,48} + 0,00053 + 0,000063 + 0,00023 + \frac{1}{6283,36}} = 860,15 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}).$$

14. Поверхность теплопередачи после уточнения составит (8.1.34):

$$F_a = \frac{Q}{k \cdot \Delta \bar{t}}, \quad (8.1.33)$$

$$F_a = \frac{1,49 \cdot 10^5}{860,15 \cdot 12,35} = 14,02 \text{ м}^2.$$

Принимаем ближайшую стандартную поверхность:

$$F_a = 16 \text{ м}^2.$$

Выбранная по ГОСТ 15518-87 поверхность  $F_a = 16 \text{ м}^2$  достаточная для заданных условий.

Аналогично рассчитываю теплообменники у остальных потребителей и осуществляю подбор марок исходя из вычисленных данных [].

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
						66
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Результаты сводим в таблицу 8.1.

Таблица 8.1 – Основные параметры расчета теплообменных аппаратов

Адрес	Расход теплоносителя, кг/с	Напор со стороны греющего теплоносителя, кгс/м <sup>2</sup>	Число пластин	Поверхность теплопередачи, м <sup>2</sup>
Революционная 7 (XGM032)	1,4137	11269,00	26	17
Березка 1 (XGM032)	1,5840	14067,73	29	19
Березка 2 (XGF032)	1,5785	13717,34	29	19
Березка 3 (XGM050)	1,4951	13303,37	28	18
Березка 4 (XGM050)	1,4951	13210,37	28	18
Березка 5 (XGM050)	1,5874	13319,27	29	18
Березка 6 (XGF100)	1,5785	13342,80	29	18
Березка 8 (XGF100)	1,5796	14089,92	29	18
Гагарина 3 (XGM050)	1,5354	13883,92	29	17
Гагарина 5 (XGM050)	1,3960	13601,68	26	16
Гагарина 7 (XGM050)	0,7280	14118,63	15	12
Гагарина 9 (XGM050)	0,7446	13640,66	15	12
Комсомольская 3 (XGM050)	1,4088	6976,97	27	16
Комсомольская 5 (XGM050)	1,5532	5887,83	29	17
Комсомольская 7 (XGM050)	1,3999	6186,31	27	16
Комсомольская 9 (XGM050)	1,4288	5655,39	27	16
Пожарная часть (XGM050)	0,5484	19205,41	12	10
Энергосбыт, ул. Революционная 5 (XGM050)	0,8462	17103,56	17	8
Уралинформсвязь, ул. Революционная 4 (XGM050)	0,2504	14546,05	7	12
Магазин, ул. Гагарина 2г (XGM032)	0,0235	16310,38	7	12
Клуб, ул. Гагарина 2 (XGF100)	1,9911	13104,44	36	17
Больница (XGF100)	3,9909	13957,54	70	34
Детская школа искусств (XGF100)	0,8874	13369,69	18	8
Детский сад, ул. Гагарина 8 (XGF100)	2,5656	13699,15	46	22
Школа, ул. Труда 6 (XGF100)	4,7438	10430,16	83	41

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2018.087.26 ПЗ

Лист

67



## 8.2 Насосы

В зависимости от назначения, выделяют несколько групп насосов. Циркуляционные обеспечивают циркуляцию теплоносителя в контуре и тепловой сети. Сетевые насосы используются для прокачки воды в сети.

### 8.2.1 Выбор насоса

Сетевые насосы водогрейных котлов являются основными элементами тепловых схем котельных. Согласно правилам, в котельных с водогрейными котлами и подогревателями сетевой воды должно быть установлено не менее двух сетевых насосов. Количество устанавливаемых насосов и их единичная подача определяются исходя из условий обеспечения наиболее экономичной их работы в течение года. Суммарная подача сетевых насосов в котельной должна быть такой, чтобы при выходе из строя любого насоса оставшиеся обеспечивали подачу максимального расхода сетевой воды.

Сетевой насос для циркуляции теплоносителя в тепловой сети подбирается на основе гидравлического расчета. В контуре тепловых сетей максимальный расход составляет  $G=157$  т/ч. Требуемый напор равен 30 м. В качестве сетевых установим два насоса Grundfos TPE 65-460/2-S. Такой насос при подаче 170 т/ч развивает напор 40 метров, что соответствует расчетам. Второй насос будет обеспечивать бесперебойную работу сети при поломке первого насоса, до устранения неполадок.

Для подбора подпиточного насоса тепловой сети необходимо учесть её объем. Объем системы складывается из суммы объема участков тепловой сети и объема на внутренние системы теплоснабжения и согласно СНиП 2.04.07-86 "Тепловые сети" [19] в закрытых системах теплоснабжения - численно равен 0,75% фактического объема воды в трубопроводах тепловых сетей и присоединенных к ним системах отопления и вентиляции зданий [18].

Объем участка высчитывается по следующей формуле (8.2.1):

$$V = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot L \quad (8.2.1)$$

где  $D$  – условный диаметр трубопровода;  
 $L$  – длина участка.

Результаты расчета сводим в таблицу 8.2.

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 8.2 – Объем участков тепловой сети

Участок	Диаметр, мм	Длина, м	Объем м <sup>3</sup>
1	2	3	4
Котельная - ТК1	200	20	0,628
ТК1 - ТК19-5	200	33	1,036
ТК 19-5 - ТК 19-4	200	70	2,198
ТК 19-4 - ТК 19-3	200	57,5	1,806
ТК 19-3 - ТК 19-2	125	145	1,779
ТК 19-2 - ТК 19-1	125	2	0,025
ТК 19-1 - Мира 49/1	32	20	0,016
ТК 19-1 - ТК 19	125	50	0,613
ТК 19 - Мира 58	32	17	0,014
ТК 19 - Мира 47/2	32	20	0,016
ТК 19 - Мира 60	32	25	0,020
ТК 19 - ТК 18	125	60	0,736
ТК 18 - Мира 54	32	19	0,015
ТК 18 - ТК 18-1	100	72	0,565
ТК 18-1 - ТК 18-2	125	26	0,319
ТК 18-2 - Октябрьская 65	32	1,5	0,001
ТК 18-2 - ТК 18-3	125	35	0,429
ТК 18 -3 - ТК 18-4	125	22	0,270
ТК 18-4 - Сугоняева 6	32	16	0,013
ТК 18-4 - ТК 18-5	125	23	0,282
ТК 18-5 - ТК 18-6	125	20	0,245
ТК 18-6 - Революционная 29	50	20	0,039
ТК 18-6 - Революционная 27	50	28	0,055
ТК 19-2 - ТК 19-6	50	60	0,118
ТК 19-6 - ТК 19-8	50	130	0,255
ТК 19-6 - Мира 53/2	32	20,5	0,016
ТК 19-8 - Мира 70/1	32	5	0,004
ТК 1 - ТК 1-1	200	200	6,280
ТК 1-1 - ТК 1-1-2	100	65	0,510
ТК 1-1-2 - Мастерские	50	45	0,088
ТК 1-1-2 - ТК 1-1-2а	50	30	0,059
ТК 1-1-2а - Пожарная часть	50	80	0,157
ТК 1-1-2а - ТК 1-1-3	50	50	0,098
ТК 1-1-3 - МУП ЖКТ	32	5	0,004
ТК 1-1 - ТК 1-2	200	90	2,826
ТК 1-2 - Энергосбыт	50	26	0,051
ТК 1-2 - ТК 2	200	30	0,942
ТК 2 - ТК 2-1	70	45	0,173
ТК 2-1 - Революционная 5	32	19	0,015
ТК 2-1 - ТК 2-2	70	40	0,154
ТК 2-2 - Революционная 7	32	20,5	0,016

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2018.087.26 ПЗ

Лист

69

Продолжение таблицы 8.2

1	2	3	4
ТК 2 - ТК 3	200	36	1,130
ТК 3 - ТК 3-1	100	65	0,510
ТК 3-1 - Уралинформсвязь	32	15	0,012
ТК 3-1 - Почта	32	30	0,024
ТК 3-1 - ТК 3-2	100	20	0,157
ТК 3-2 - ТК 3-3	100	70	0,550
ТК 3-3 - Революционная 6	32	20	0,016
ТК 3-3 - ТК 3-4	100	100	0,785
ТК 3-4 - Мира 34	50	35	0,069
ТК 3-4 - ТК 3-6	100	100	0,785
ТК 3-6 - Революционная 14	32	28	0,023
ТК 3-6 - Революционная 16	32	35	0,028
ТК 3 - ТК 4	200	45	1,413
ТК 4 - Магазин Гагарина 2г	32	30	0,024
ТК 4 - ТК 20	150	80	1,413
ТК 20 - ТК 21	150	50	0,883
ТК 21 - Березка 1	100	32	0,251
ТК 21 - Березка 8	100	19	0,149
ТК 21 - ТК 22	150	60	1,060
ТК 22 - Березка 2	80	25	0,126
ТК 22 - ТК 23	150	40	0,707
ТК 23 - ТК 23-1	100	49	0,385
ТК 23-1 - Березка 5	70	5	0,019
ТК 23-1 - Березка 6	100	21	0,165
ТК 23 - ТК 24	100	30	0,236
ТК 24- Березка 4	50	5	0,010
ТК 24 - ТК 24-1	80	29	0,146
ТК 24-1 - Березка 3	70	5	0,019
ТК 24-1 - Березка 7	32	69	0,055
ТК 4 - ТК 5	200	45	1,413
ТК 5 - Гагарина 2 Клуб	50	18	0,035
ТК 5 - Гагарина 3	50	16	0,031
ТК 5 - ТК 6	200	50	1,570
ТК 6 - Гагарина 5	50	18	0,035
ТК 6 - ТК 7	200	16	0,502
ТК 7 - Больница	100	50	0,393
ТК 7 - Гагарина 7	50	18	0,035
ТК 7 - ТК 8	200	75	2,355
ТК 8 - Гагарина 9	50	26	0,051
ТК 8 - ТК 9	200	16	0,502
ТК 9 - Гагарина 6	32	30	0,024
ТК 9 - ТК 9-1	200	19	0,597

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2018.087.26 ПЗ

Лист

70

Продолжение таблицы 8.2

1	2	3	4
ТК 9-1 - ТК 15	100	35	0,275
ТК 15- ТК 16	100	23	0,181
ТК 16 - Комсомольская 16	32	13	0,010
ТК 16 - Комсомольская 18	32	20	0,016
ТК 16 - ТК 17	100	30	0,236
ТК 17 - ТК 17-1	70	60	0,231
ТК 17-1 - Комсомольская 20	32	16	0,013
ТК 17-1 - ТК 17-2	70	40	0,154
ТК 17-2 - Комсомольская 22	32	18	0,014
ТК 17-2 - ТК 17-3	70	40	0,154
ТК 17-3 - Комсомольская 24	32	14	0,011
ТК 17-3 - ТК 17-4	70	40	0,154
ТК 17-4 - Комсомольская 26	32	30	0,024
ТК 9-1 - ТК 10	200	36	1,130
ТК 10 - Гагарина 11	32	14	0,011
ТК 10 - ТК 11	200	40	1,256
ТК 11 - Гагарина 8 д/с	125	37	0,454
ТК 11 - Гагарина 13	32	15	0,012
ТК 11 - ТК 11-1	200	40	1,256
ТК 11-1 - Школа искусств	70	58	0,223
ТК 11-1 - Гагарина 15	32	16	0,013
ТК 11-1 - ТК 11-2	150	35	0,618
ТК 11-2 - Гагарина 17	32	18	0,014
ТК 11-2 - ТК 11-3	150	30	0,530
ТК 11-3 - Гагарина 10/2	32	16	0,013
ТК 11-3 - Гагарина 19	32	15	0,012
ТК 11-3 - ТК 11-4	150	35	0,618
ТК 11-4 - Гагарина 12/1	32	19	0,015
ТК 11-4 - Гагарина 21	32	15	0,012
ТК 11-4 - ТК 12	150	40	0,707
ТК 12 - Гагарина 14	50	17,5	0,034
ТК 12- ТК 13	150	135	2,384
ТК 13 - Труда 1	100	24	0,188
ТК 13 - ТК 14	150	90	1,590
ТК 14 - Труда 6 Школа	100	35	0,275
ТК 14 - ТК 14-1	100	30	0,236
ТК 14-1 - ТК 14-2	100	65	0,510
ТК 14-2 - Комсомольская 4	32	17	0,014
ТК 14-2 - Комсомольская 3	50	29	0,057
ТК 14-2 - ТК 14-3	100	60	0,471
ТК 14-3 - Комсомольская 5	50	27	0,053
ТК 14-3 - ТК 14-4	100	30	0,236

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.01.2018.087.26 ПЗ

Лист

71

Окончание таблицы 8.2

1	2	3	4
ТК 14-4 - Комсомольская 8	32	30	0,024
ТК 14-4 - Комсомольская 7	50	28	0,055
ТК 14-4 - ТК 14-5	80	30	0,151
ТК 14-5 - Комсомольская 12	32	27	0,022
ТК 14-5 - Комсомольская 9	50	35	0,069
Общий объем двух трубопроводов м <sup>3</sup>			112,631
Объем на внутренние системы м <sup>3</sup>			84,474
Объем подпитки м <sup>3</sup> /ч			1,408

Согласно расчету выбираем насос Есопому-МНІ 400 фирмы Wilo [17].

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		72

## 9 РАСЧЕТ ТЕПЛОВОЙ ИЗОЛЯЦИИ

Расчет выполнен в соответствии с СП 61.13330.2012 «Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов» [5].

Трубопроводы прокладываются подземно бесканально в ППУ изоляции.

Пенополиуретановая (ППУ) изоляция полностью отвечает своду правил [5]. Характеристики изоляционного материала [5, табл. Б.1]:

Плотность изоляции  $\rho = 60 \text{ кг/м}^3$ ;

Теплопроводность  $\lambda_{из} = 0,032 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$ .

Рассчитаем тепловую изоляцию трубопроводов по нормированной плотности теплового потока через изолированную поверхность.

Толщина теплоизоляционного слоя (9.1):

$$\delta_{из} = \frac{d}{2} \cdot (B - 1), \quad (9.1):$$

где  $d$  – наружный диаметр изолируемого трубопровода, м;

$B$  – безразмерный параметр для расчета толщины теплоизоляционного слоя, равный отношению наружного диаметра изоляционного слоя к наружному диаметру изолируемого объекта.

Параметр  $B$  для трубопроводов двухтрубных тепловых сетей бесканальной прокладки, расположенных в грунте рассчитывается из формулы (9.2):

$$\ln B = \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{из} \cdot \lambda_{зр}}{\lambda_{зр} - \lambda_{из}} \cdot (R_l - R_0 - R_{зр}); \quad (9.2)$$

где  $\lambda_{зр} = 1,92$  - коэффициент теплопроводности грунта, Вт/м\*С; [ 10 табл В.6.]

$R_l$  – сопротивление теплопередачи на 1 м длины теплоизоляционной конструкции цилиндрических объектов диаметром менее 2 м;

$R_0$  – термическое сопротивление, обусловленное тепловым взаимодействием двух труб;

$R_{зр}$  – термическое сопротивление грунта при бесканальной прокладке;

Полное термическое сопротивление изолированного трубопровода определяем по нормированной линейной плотности теплового потока (9.3):

$$R_l = \frac{t_w - t_e}{q_e \cdot K_1}, \quad (9.3)$$

где  $t_w$  – расчетная температура теплоносителя. При температурном графике 95-70, расчетная температура теплоносителя равна: 65-для подающего

									Лист
									73
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.087.26 ПЗ				

трубопровода, 50 – для обратного трубопровода [10 табл. В.5.];

$t_e$  – расчетная температура окружающей среды. Для трубопроводов бесканальной прокладки расчетной температурой является средняя за год температура грунта на глубине заложения оси трубопровода. Среднегодовая температура грунта для Челябинской области на глубине 1,5 м равна 0,6 °С;

$q_e$  – нормированная линейная плотность теплового потока с 1 м длины цилиндрической теплоизоляционной конструкции, Вт/м [10 табл. 11];

$K_1$  – коэффициент, учитывающий изменение стоимости теплоты и теплоизоляционной конструкции в зависимости от места установки. Для Урала при бесканальном способе прокладки  $K_1 = 0,94$  [10 табл. 13].

Термическое сопротивление грунта при бесканальной прокладке (9.4):

$$R_{zp} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{zp}} \cdot \ln \left[ \frac{2 \cdot H}{d_{uz}} + \sqrt{\left( \frac{2 \cdot H}{d_{uz}} \right)^2 - 1} \right], \quad (9.4)$$

где  $d_{uz}$  – наружный диаметр изолированного трубопровода, м;

$H = 1,5$  м – глубина заложения трубопроводов.

Термическое сопротивление, обусловленное тепловым взаимодействием двух труб (9.5):

$$R_0 = \psi \cdot \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{zp}} \cdot \ln \sqrt{1 + \left( \frac{2 \cdot H}{K_{1,2}} \right)^2}, \quad (9.5)$$

где  $K_{1,2}$  – расстояние между осями труб по горизонтали, м;

$\psi$  – безразмерный коэффициент, определяющий для подающего теплопровода дополнительное термическое сопротивление взаимного влияния теплопроводов при прокладке (9.6):

$$\psi = \frac{q_2}{q_1}, \quad (9.6)$$

где  $q_2$  и  $q_1$  – линейная плотность теплового потока для обратного и подающего трубопроводов.

Расчет толщины тепловой изоляции произведем по подающему трубопроводу, так как тепловой поток на нем выше, а изоляция изготавливается одинаковой толщины для обоих трубопроводов. Результаты расчета сведены в таблицу 9.1.

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
						74
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Таблица 9.1 – Параметры расчета тепловой изоляции

Расчетная величина	Расчетная формула или способ определения	Условный диаметр трубопровода, мм							
		200	150	125	100	80	70	50	32
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Наружный диаметр изолируемого трубопровода d, мм	-	219	159	133	108	89	76	57	38
Суммарная нормативная линейная плотность теплового потока через изолированную поверхность Вт/м	табл 11	77	63	56	49	45	43	35	29
Нормативная линейная плотность теплового потока для подающего трубопровода, Вт/м	табл 11	41,6	34,1	30,2	26,5	24,3	23,2	18,9	15,6
Нормативная линейная плотность теплового потока для обратного трубопровода, Вт/м	табл 11	35,4	29	25,8	22,5	20,7	19,8	16,1	13,3
Полное термическое сопротивление изолированного трубопровода	(9.3)	0,89	1,09	1,22	1,40	1,52	1,59	1,96	2,36
Термическое сопротивление грунта при бесканальной прокладке	(9.4)	0,27	0,30	0,31	0,33	0,35	0,36	0,39	0,42
Расстояние между осями труб по горизонтали, мм	-	580	560	510	460	350	320	280	250
Термическое сопротивление обусловленное тепловым взаимодействием двух труб	(9.5)	0,12	0,12	0,13	0,13	0,15	0,16	0,17	0,18



Окончание таблицы 9.2

ln B	(9.2)	0,1	0,14	0,16	0,19	0,21	0,22	0,29	0,36
Параметр B	-	1,11	1,15	1,17	1,21	1,23	1,25	1,33	1,44
Расчетная толщина изоляции	(9.1)	11,8	11,6	11,5	11,3	10,3	9,32	9,47	8,27
Принятая толщина изоляции	-	15	15	15	15	15	10	10	10
Наружный диаметр изолированного трубопровода	-	249	189	163	138	119	96	77	58

Расчетная толщина пенополиуретановой изоляции округляется до нормативного значения. При применении ППУ изоляции антикоррозийная защита трубопровода не предусматривается.

Согласно ГОСТ 30732-2006 материал покровного слоя – полиэтилен [20].

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

## 10 АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ

В данном разделе выпускной квалификационной работы была разработана автоматизация индивидуального теплового пункта. Также была установлена сигнализация по всем необходимым параметрам.

В качестве управляющего комплекса был выбран отечественный вариант – «АСУ-ИТР» [22].

Блок управления осуществляет контроль и управление системой теплоснабжения потребителя, обеспечивая:

Щиты управления АСУ-ИТР обеспечивают следующие функции:

1. ручное и автоматическое управление насосными группами с применением ротации;

2. ручное и автоматическое управление насосами подпитки и дренажными насосами;

3. поддержка различных типов контуров: отопление, горячее водоснабжение, насосная группа;

4. автоматическое поддержание температуры прямой воды в контурах ГВС и отопления;

5. графики температурных зависимостей сбрасываемой воды в теплосеть;

6. регулирование с помощью трехпозиционных приводов;

7. защита от «сухого хода»;

8. регулирование давления, перепада давлений, расхода, уровня;

9. учет и контроль времени наработки насосов;

10. плавный пуск двигателей насосов;

11. работа по расписаниям;

12. предоставление информации верхнему уровню АСУ.

13. регулирование уровня воды в системе;

14. Предоставление на дисплее значений параметров сети:

- Температуры теплоносителя на входе и выходе в ИТП;
- Температуры теплоносителя на входе и выходе системы отопления;
- Температуру теплоносителя на входе в систему ГВС;
- Температуру теплоносителя в подпитке;
- Давление на входе и выходе в ИТП;
- Давление на входе и выходе системы отопления;
- Давление на входе в систему ГВС;
- Расходы во всех вышеперечисленных местах;

15. Управление клапанами перекрывающими проход теплоносителя в системы;

16. Аварийную защиту и сигнализацию при:

- Повышении давления на входе в ИТП;
- Повышении давления на выходе из ИТП;
- Повышении давления на линии подпитки;
- Повышении давления на входе в систему отопления;

										Лист
										77
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.087.26 ПЗ					

- Повышении давления на выходе из системы отопления;
- Повышении давления на входе в систему ГВС;
- Не срабатывании клапанов;
- неполадках в работе насосов;

17. Связь с котельной;

18. Защиту введенных настроек от несанкционированного изменения;

19. Автоматическую самодиагностику [21].

Также предусмотрены показывающие приборы (манометры и термометры) на каждом участке теплового пункта.

В ИТП используются манометрические термометры и жидкостные манометры. Манометрические термометры используются для контроля температуры путем измерения давления жидкости, пара или газа, заключенных в замкнутую систему постоянного объема (например, ТГП-100). В жидкостных манометрах – давление (разряжение) уравнивается высотой столба жидкости (U-образные, ТДЖ, ТНЖ-Н и др.) [23].

Для измерения расходов жидкостей и газов используют в основном два вида расходомеров — переменного и постоянного перепада. В основу принципа действия расходомеров переменного перепада положено измерение перепада давления на сопротивлении, введенном в поток жидкости или газа. Если измерять давление до сопротивления и непосредственно за ним, то разность давлений (перепад) будет зависеть от скорости потока, а следовательно, и от расхода. Такие сопротивления, установленные в трубопроводах, называются сужающими устройствами. В качестве сужающих устройств в системах контроля расхода широко применяются нормальные диафрагмы. Комплект диафрагм состоит из диска с отверстием, кромка которого с плоскостью диска составляет угол 45 град. Диск помещается между корпусами кольцевых камер. Между фланцами и камерами установлены уплотняющие прокладки. Отборы давления до и после диафрагмы берут из кольцевых камер [24].

Приборы для измерения уровня воды предназначены для сигнализации и поддержания в заданных пределах уровня воды в трубопроводе. Существует несколько видов прессостатов. Основное их отличие заключается в чувствительном элементе реагирующим на изменение давления. Виды:

- Мембранный
- Сильфонный
- Поршневой
- Керамический
- Тонкопленочный

В ИТП установлены мембранные прессостаты Danfoss [23].

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
						78
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 11 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Безопасность жизнедеятельности (БЖД) – система наук, основанная на опыте предыдущих поколений, которая обеспечивает безопасность существования человека в производственной и непромышленной среде, и развитие деятельности по обеспечению безопасности в перспективе с учётом человеческого влияния на окружающую среду.

В данном случае рассматривается безопасность жизнедеятельности в котельной и в индивидуальном тепловом пункте.

Цель разделов БЖД:

- Достижение условий эксплуатации котельной, в то время, когда аварии маловероятны и повышение готовности к стихийным бедствиям и другим проявлениям природной среды и человеческих ошибок;
- Разработка мероприятий по предупреждению получения травм персонала;
- Сохранение здоровья сотрудников;
- Сохранение работоспособности рабочих;
- Повышение качества полезного труда.
- ликвидация отрицательных последствий воздействия опасных и вредных факторов [25].

### 11.1 Факторы электробезопасности

- 1) Род тока (постоянный, переменный).
- 2) Величина тока.
- 3) Частота переменного тока.
- 4) Величина приложенного напряжения.

При не высоких напряжениях опасность переменного тока в три раза выше опасности постоянного тока. При напряжении 500 В их опасность сравнивается, а при напряжениях выше 500 В опасность постоянного тока становится преобладающей.

Пороговые токи: [30]

- 0,6 – 1,5 мА для переменного тока;
- 5 – 7 мА для постоянного тока.

Не отпускающие токи:

- 20 – 25 мА для переменного тока;
- 50 – 80 мА для постоянного тока.

Фибрилляционные токи:

- 80 – 100 мА для переменного тока;
- 100 – 300 мА для постоянного тока.

При токе 0,1 А наступает паралич дыхания, паралич сердца и смерть.

Наиболее опасной считается частота переменного тока 50 Гц. С увеличением частоты более указанной опасность поражения уменьшается. При частоте 500 Гц и более опасность поражения переменным током сравнивается с опасностью поражения такого же потенциала постоянного тока.

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Величина напряжения опасная для жизни: 42 вольта и выше переменного тока; 110 и выше постоянного тока. Напряжение ниже 42 В принято считать безопасным, но это только в нормальных условиях, при нарушении которых может наступить смерть при напряжении ниже 42 В и даже при напряжении 12 В.

5) Путь протекания тока [29].

Наиболее опасен путь протекания тока, когда на его пути находятся жизненно важные органы (мозг, сердце). В тоже время немаловажным является то, каким участком тела касается человек токоведущих частей, какова плотность нервных окончаний на нем.

б) Длительность воздействия.

Одним из основных факторов, влияющих на исход поражения электрическим током, является длительность его воздействия. Чем меньше продолжительность протекания тока, тем меньше опасность поражения.

7) Индивидуальные свойства организма человека.

Здоровые и физически крепкие люди переносят электрические удары легче, чем больные и слабые. Повышенной чувствительностью к электротоку обладают люди, страдающие болезнями кожи, сердечно – сосудистой системы, органов внутренней секреции, легких, нервов и др [27].

Важное значение имеет фактор внимания. Перед обеденным перерывом и в конце рабочего дня, когда снижается внимание, увеличивается не только вероятность поражения электротоком, но и может усугубиться его тяжесть. Напряженное внимание, твердая воля в состоянии не только ослабить действие электротока, но иногда совершенно его уничтожить.

Повозрастное распределение лиц, на установках напряжением 65 В и менее:

- до 21 года-22%,
- 21 – 30 лет-65,5%
- старше 30 лет-12,5%

Для защиты персонала от поражения током все электрические приборы оснащены защитными средствами, предусмотрено заземление всех металлических частей электрооборудования, не находящихся под напряжением, но которые могут оказаться под ним вследствие повреждения изоляции. Прокладка кабелей предусматривается в перфорированном лотке под перекрытием и по конструкциям оборудования, подводка кабелей к приборам выполнена в рукавах из ПВХ.

Предусмотрено рабочее, аварийное и наружное электроосвещение ИТП [26].

## 11.2 Факторы пожарной безопасности

Помещение индивидуального теплового пункта относится к I степени огнестойкости, по степени пожарной опасности технологического процесса помещение ИТП относится к категории «Г» согласно []. Несущие и ограждающие конструкции помещения имеют предел огнестойкости R120, предел распространения пламени по конструкции равен 0. [28]

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Пол выполнен из негорюемых материалов, с покрытием, исключаящим пылеобразование, не скользящим. Внутреннее пожаротушение осуществляется пожарными кранами.

В ИТП предусмотрены первичные средства пожаротушения (пожарный щит с двумя порошковыми огнетушителями марки ОП-5).

При срабатывании пожарной сигнализации предусмотрено автоматическое отключение электропитания.

В качестве извещателей пожарной сигнализации предусмотрены автоматические дымовые пожарные датчики и ручные пожарные извещатели.

### 11.3 Факторы и мероприятия безопасности человека в ИТП

В зоне обслуживания тепловых сетей могут иметь место следующие опасные и вредные производственные факторы согласно ГОСТ 12.0.003-74 «Опасные и вредные производственные факторы» [29]

Физические опасные и вредные производственные факторы:

- высокая температура воздуха рабочей зоны;
- высокая температура поверхностей оборудования;
- низкая температура рабочей зоны при работе на улице.

В таблице 10.3 указаны нормативные значения теплового потока от облучаемой поверхности.

Таблица 10.3 - Максимальные значения теплового потока от облучаемой поверхности тела

Облучаемая поверхность тела, %	Интенсивность теплового облучения, Вт/м <sup>2</sup> , не более
50 и более	35
25...50	70
Не более 25	100

- повышенная влажность;
- шум.

Уровень шума в производственных помещениях не должен превышать 80 дБА.

В котельной, с целью снижения уровня шума, следует регулярно проводить следующие мероприятия:

- улучшение режима эксплуатации оборудования т.е. устранение перепадов скоростей потоков;
- центровка и балансировка механизмов центробежных механизмов [30].



При обходе сети проверяют затяжку болтов (поочередно, крест - накрест) всех фланцевых соединений, без особых усилий затягивают сальниковые компенсаторы до прекращения течи, смазывают маслом с графитом движущуюся часть стаканов компенсаторов, проверяют состояние дренажных и воздушных кранов и вентилях, выпускают воздух из сети, проверяют состояние контрольно-измерительных приборов (термометров, манометров и др.) и правильность их показаний по контрольным приборам.

Исходя из вышеперечисленного, в соответствии с Федеральным законом от 21 июля 1997 г. №116-ФЗ «Опасные производственные объекты» ИТП можно присвоить 3 класс опасности. III класс опасности - для опасных производственных объектов, осуществляющих теплоснабжение населения и социально значимых категорий потребителей, определяемых в соответствии с законодательством Российской Федерации в сфере теплоснабжения, а также иных опасных производственных объектов, на которых применяется оборудование, работающее под избыточным давлением 1,6 мегапаскаля и более или при температуре рабочей среды 250 градусов Цельсия и более [31].

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						83
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		



## 12 ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ

В сети теплоснабжения села Тюбук в качестве теплоносителя используется вода. Однако использование воды в качестве теплоносителя может привести к последствиям, которые предшествуют разрушению трубопровода и соответственно приводят к утечкам теплоносителя:

- Коррозия;
- Накипь;
- Отложения;

Замерзание при поломке оборудования и остановки всей системы.

В связи с этим возникает необходимость в частом проведении ремонтных работ и замене оборудования. Это экономически нецелесообразно.

Поэтому, в системе теплоснабжения используется химически очищенная вода.

В качестве исходной воды принята вода из хозяйственно-питьевого водопровода. Вода удовлетворяет требованиям СанПиН 21.4.559-96 «Питьевая вода» [32].

Проектом предусмотрена установка умягчения воды на установке серии «TS» методом катионирования натрия при фильтрации через слой ионообменной смолы исходной воды. Регенерация ионообменной смолы производится с помощью раствора поваренной соли, который подается автоматически с заданной периодичностью.

На втором этапе происходит комплексная установка воды с помощью коррекционной обработки воды с насосом-дозатором, водосчетчиком и баком 100л HydroTech Ds 6E1506 [32] – по одной на каждый контур. Дозирующий комплекс предназначен для подачи в обрабатываемую воду химических реагентов, с целью предотвращения коррозии оборудования и трубопроводов, накипеобразования, для связывания в воде растворенного кислорода и свободного хлора.

Утечки в тепловых сетях требуют дополнительного расхода химически очищенной воды. Следовательно увеличится количество сточных вод, сбрасываемых в водоем. Это приводит к загрязнению воды и окружающей среды. Необходимо свести утечки в теплосети к минимуму. Для этого предусмотрен комплекс мероприятий:

1) В соответствии с СТО 17330282.27.060.003-2008 «Тепловые пункты и тепловые сети. Условия создания. Нормы и требования» значение рН для закрытой системы теплоснабжения должно быть 8,3-9,5 [33].

При таком значении кислотности образование накипи и отложений сводится к минимуму, благодаря чему трубопроводы и оборудование котельной и тепловых пунктов будут меньше изнашиваться, что говорит о меньшем количестве утечек.

2) В соответствии со СНиП 41-02-2003 «Тепловые сети» [19] необходимо:

- Обеспечивать требуемые режимы и параметры температуры и давления в сети;
- Проводить своевременную замену участков, пришедших в негодность;

									Лист
									84
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	13.03.01.2018.087.26 ПЗ				

- Проводить плановые гидравлические испытания сети, для выявления наиболее слабых участков;
  - Соблюдать правила монтажа трубопроводов;
- 3) В соответствии с СП 89.13330.2012 «Котельные установки» рекомендуется:
- Установить автоматическое регулирование системы, которое в случае аварии незамедлительно перекроет подачу воды;
  - Установка на трубопровод импульсных датчиков, которые с небольшой погрешностью покажут место аварии, для наиболее быстрого устранения [34].

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		85

## 13 ЭКОНОМИКА И УПРАВЛЕНИЕ

В связи с тем, что переход к независимой схеме присоединения абонентов села Тюбук происходит с установкой теплообменников в индивидуальные тепловые пункты зданий, в данной части выпускной квалификационной работы, было решено сравнить два пластинчатых теплообменника «Ридан» и «Этра». Были выбраны две ведущие отечественные компании, со схожими техническими показателями.

Целью экономической части является обоснование выбора дешевого и экономически и энергетически эффективного теплообменника путем сравнения двух вариантов теплообменного оборудования марок «Ридан» и «Этра».

### 13.1 Расчет капитальных затрат

#### 1 Вариант. Теплообменники «Ридан»

В таблице 13.1.1 представлена смета капитальных затрат при установке в ИТП теплообменников марки «Ридан». Стоимость оборудования указана на официальном сайте компании «Ридан». [35]

Таблица 13.1.1 – Смета капитальных затрат первого варианта

Наименование затрат	Количество	Стоимость единицы, тыс. руб	Общая стоимость, тыс. руб
1. Оборудование:			
Теплообменник «Ридан» XGM050	15	40,1	601,5
Теплообменник «Ридан» XGM032	3	24,6	73,8
Теплообменник «Ридан» XGF100	7	76,8	537,6
Итого за оборудование	-		1212,9
2. Проектно-конструкторская разработка мероприятий [36]	-		80
3. Транспортные затраты [39]	-		-
4. Монтаж оборудования (50% от стоимости оборудования) [35]	-		606,45
5. Проведение гидравлических испытаний (10% от стоимости оборудования) [35]	-		121,29
6. Плановые накопления (6% от затрат на монтаж)	-		36,387
7. Итого	-		2057,027

После установки теплообменников в ИТП, трубопровод ГВС необходимо удалить. При удалении трубопровода было реализовано 53 тонны металла по цене 14,6 тыс. рублей за тонну (по данным компании «вторчермет»). [37]  
Стоимость лома рассчитывается по формуле (13.1.1):

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
						86
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$K_{\text{лом}} = m_{\text{лом}} \cdot K_{\text{лом}} \quad (13.1.1)$$

где  $m_{\text{лом}}$  – масса металлолома в т.;

$K_{\text{лом}}$  – цена за тонну металлолома.

$$K_{\text{лом}} = 53 \cdot 14,6 = 773,8 \text{ тыс. руб.}$$

Таким образом, сумма капитальных затрат, на установку теплообменников «Ридан» в селе Тюбук рассчитывается по формуле (13.1.2):

$$K_1 = K_{\text{капл}} - K_{\text{лом}} \quad (13.1.2)$$

где  $K_{\text{капл}}$  – капитальные затраты на оборудование компании «Ридан»;

$K_{\text{лом}}$  – стоимость реализованного металлолома.

$$K_1 = 2057,027 - 773,8 = 1283,227 \text{ тыс. руб.}$$

## 2 Вариант. Теплообменники «Этра»

В таблице 13.1.2 представлены статьи капитальных затрат при установке в ИТП теплообменников марки «Этра». Цена на оборудование указана на официальном сайте компании [38].

Таблица 13.1.2 – Смета капитальных затрат второго варианта

Наименование затрат	Количество	Стоимость единицы, тыс. руб	Общая стоимость, тыс. руб
<b>1.Оборудование:</b>			
Теплообменник «Этра» ЭТ-022-16-39	15	42,3	634,5
Теплообменник «Этра» ЭТ-005-16-7	3	23,8	71,4
Теплообменник «Этра» ЭТ-009-16-89	7	75,9	531,3
Итого за оборудование	-	1237,2	
2.Проектно-конструкторская разработка мероприятий [36]	-	80	
3. Транспортные затраты [39]	-	23	
4. Монтаж оборудования (50% от стоимости оборудования) [38]	-	618,6	
5. Проведение гидравлических испытаний (10% от стоимости оборудования) [38]	-	123,72	
6. Плановые накопления (6% от затрат на монтаж)	-	37,116	
7. Итого	-	2119,636	

Реализуя металлолом со срезки трубопроводов мы так же получим 773,8 тыс. рублей.

Таким образом, сумма капитальных затрат, на установку теплообменников «Этра» в селе Тюбук рассчитывается по формуле (13.1.3):

$$K_2 = K_{кан2} - K_{лом} \quad (13.1.3)$$

где  $K_{кан2}$  – капитальные затраты на оборудование компании «Этра»;

$$K_2 = 2119,636 - 773,8 = 1345,836 \text{ тыс. руб.}$$

## 13.2 Расчет текущих затрат

### 1 Вариант. Теплообменники «Ридан»

Текущие затраты включают в себя:

- затраты на теплоноситель;
- затраты на текущий ремонт оборудования;
- амортизация оборудования;
- прочие расходы.

Годовые затраты на теплоноситель (13.2.1):

$$I_T = C_T \cdot V_{год}, \quad (13.2.1)$$

где  $C_T$  – цена за горячую воду. В 2018 году цена за горячее водоснабжение в Челябинске составляет 56,57 руб./м<sup>3</sup> [40];

$V_{год}$  – годовой расход теплоносителя на горячее водоснабжение, равный 394,976 тыс. м<sup>3</sup>/год.

$$I_T = 56,57 \cdot 394976 = 22343,79 \text{ тыс.руб./год.}$$

Амортизация оборудования (13.2.2):

$$I_a = H_a \cdot O_{об}, \quad (13.2.2)$$

где  $H_a = 10\%$  – норма амортизации;

$O_{об} = 1212,9$  тыс.руб – общая стоимость оборудования [таблица 13.1.1].

$$I_a = 0,1 \cdot 1212900 = 121,29 \text{ тыс.руб./год.}$$

Затраты на текущий ремонт (13.2.3):

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
						88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I_{\text{тр}} = 0,005 \cdot O_{\text{об}}, \quad (13.2.3)$$

$$I_{\text{тр}} = 0,005 \cdot 1212900 = 6064,5 \text{ руб./год.}$$

Прочие расходы (13.2.4):

$$I_{\text{оп}} = 0,02 \cdot O_{\text{об}}, \quad (13.2.4)$$

$$I_{\text{оп}} = 0,02 \cdot 1212900 = 24258 \text{ руб/год,}$$

Сумма текущих затрат при эксплуатации (13.2.5):

$$I_1 = I_{\text{т}} + I_{\text{а}} + I_{\text{тр}} + I_{\text{оп}}, \quad (13.2.6)$$

$$I_1 = 22343,79 + 121,29 + 6,06 + 24,25 = 22495,39 \text{ тыс.руб./год,}$$

Все результаты по текущим затратам первого варианта сведены в таблицу 13.2.1.

Таблица 13.2.1. – Текущие затраты при установке теплообменников «Ридан»

Статьи затрат	Обозначение	Результат	Единица измерения
Теплоноситель	$I_{\text{т}}$	22343,79	тыс.руб./год
Амортизация оборудования	$I_{\text{а}}$	121,29	тыс.руб./год
Затраты на текущий ремонт	$I_{\text{тр}}$	6,06	тыс.руб./год
Прочие расходы	$I_{\text{оп}}$	24,25	тыс.руб./год
Итого	$I_1$	22495,39	тыс.руб./год

## 2 Вариант. Теплообменники «Этра»

Годовые затраты на теплоноситель:

$$I_{\text{т}} = C_{\text{т}} \cdot V_{\text{год}} \quad (13.2.7)$$

где  $C_{\text{т}}$  – цена за горячую воду. В 2018 году цена за горячее водоснабжение в Челябинске составляет 56,57 руб./м<sup>3</sup> [40];

$V_{\text{год}}$  – годовой расход теплоносителя на горячее водоснабжение, равный 394,976 тыс. м<sup>3</sup>/год.

$$I_{\text{т}} = 56,57 \cdot 394976 = 22343,79 \text{ тыс.руб./год.}$$

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
						89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Амортизация оборудования (13.2.8):

$$I_a = H_a \cdot O_{об}, \quad (13.2.8)$$

где  $H_a = 10\%$  - норма амортизации;

$O_{об} = 1237,2$  тыс.руб. - общая стоимость оборудования [таблица 13.1.2].

$$I_a = 0,1 \cdot 1237200 = 123,72 \text{ тыс.руб./год.}$$

Затраты на текущий ремонт (13.2.9):

$$I_{тр} = 0,005 \cdot O_{об}, \quad (13.2.9)$$

$$I_{тр} = 0,005 \cdot 1237200 = 6186 \text{ руб./год.}$$

Прочие расходы (13.2.10):

$$I_{оп} = 0,02 \cdot O_{об}, \quad (13.2.10)$$

$$I_{оп} = 0,02 \cdot 1237200 = 24744 \text{ руб./год,}$$

Сумма текущих затрат при эксплуатации (13.2.11):

$$I_2 = I_T + I_a + I_{тр} + I_{оп}, \quad (13.2.11)$$

$$I_2 = 22343,79 + 123,72 + 6,18 + 24,74 = 22498,43 \text{ тыс.руб./год,}$$

Все результаты по текущим затратам теплообменников «Этра» сведены в таблицу 13.2.2.

Таблица 13.2.2 – Текущие затраты при установке теплообменников «Этра»

Статьи затрат	Обозначение	Результат	Единица измерения
1	2	3	4
Теплоноситель	$I_T$	22343,79	тыс.руб./год
Амортизация оборудования	$I_a$	123,72	тыс.руб./год
Затраты на текущий ремонт	$I_{тр}$	6,18	тыс.руб./год

Окончание таблицы 13.2.2

1	2	3	4
Прочие расходы	$I_{оп}$	24,74	тыс.руб./год
Итого	$I_2$	22498,43	тыс.руб./год

$$K_1 = 1283,227 \text{ тыс. руб.}$$

$$K_2 = 1345,836 \text{ тыс. руб.}$$

$$I_1 = 22495,39 \text{ тыс.руб./год.}$$

$$I_2 = 22498,43 \text{ тыс.руб./год.}$$

Как видно из смет капитальные затраты второго решения больше ( $K_1 < K_2$ ), так же как и текущие затраты ( $I_1 < I_2$ ). В таком случае мы принимаем решение в пользу первого варианта – теплообменных аппаратов марки «Ридан».

### 13.3 Модель SWOT-анализа вариантов технических решений

SWOT-анализ - это один из самых распространенных видов анализа в стратегическом управлении на сегодняшний день. SWOT-анализ позволяет выявить и структурировать сильные и слабые стороны, а также потенциальные возможности и угрозы [41].

- Сильные стороны (Strengths);
- Слабости (Weaknesses);
- Возможности (Opportunities);
- Угрозы (Threats).

SWOT-анализ эксплуатации теплообменников «Ридан» представлен в таблице 13.3.1.

Таблица 13.3.1 - SWOT-анализ эксплуатации теплообменных аппаратов «Ридан»

S:	W:
1) Оборудование отечественного производства	1) Дорогие запасные части
2) Большой срок эксплуатации	
3) Низкая цена	
O:	T:
1) Легкодоступность покупки запасных частей оборудования	1) Рост цен на обслуживание



SWOT-анализ эксплуатации теплообменников «Этра» представлен в таблице 13.3.2.

Таблица 13.3.2 - SWOT-анализ эксплуатации теплообменных аппаратов «Этра»

S:	W:
1) Оборудование отечественного производства	1) Дополнительные транспортные затраты
2) Ремонт и обслуживание оборудования осуществляется компанией «Этра»	2) Ближайший офис компании находится в другом населенном пункте
O:	T:
1) Труднодоступность покупки запасных частей оборудования	1) Повышение цен на запасные части оборудования

Проведя SWOT – анализ можно сделать вывод о том, что использование теплообменников «Ридан» целесообразно, нежели использование теплообменных аппаратов марки «Этра».

#### 13.4 Дерево целей повышения энергетической эффективности

Дерево целей представляет структурную модель, показывающую соподчиненность и связь целей подразделений в иерархии управления. Для его построения сверхзадача высшего уровня делится на проектные цели его подразделения.

Миссия – предназначение организации в условиях постоянно меняющихся факторах внешней среды. Модель целей организации содержит в себе как описание собственно целей и их характеристик, так и взаимосвязей между ними. В рамках этой модели между ее элементами устанавливаются иерархические отношения «цель-средство», предполагающие, что достижение каждой нижестоящей цели становится одним из средств для достижения вышестоящей.

Дерево целей представлено на рисунке 13.4.

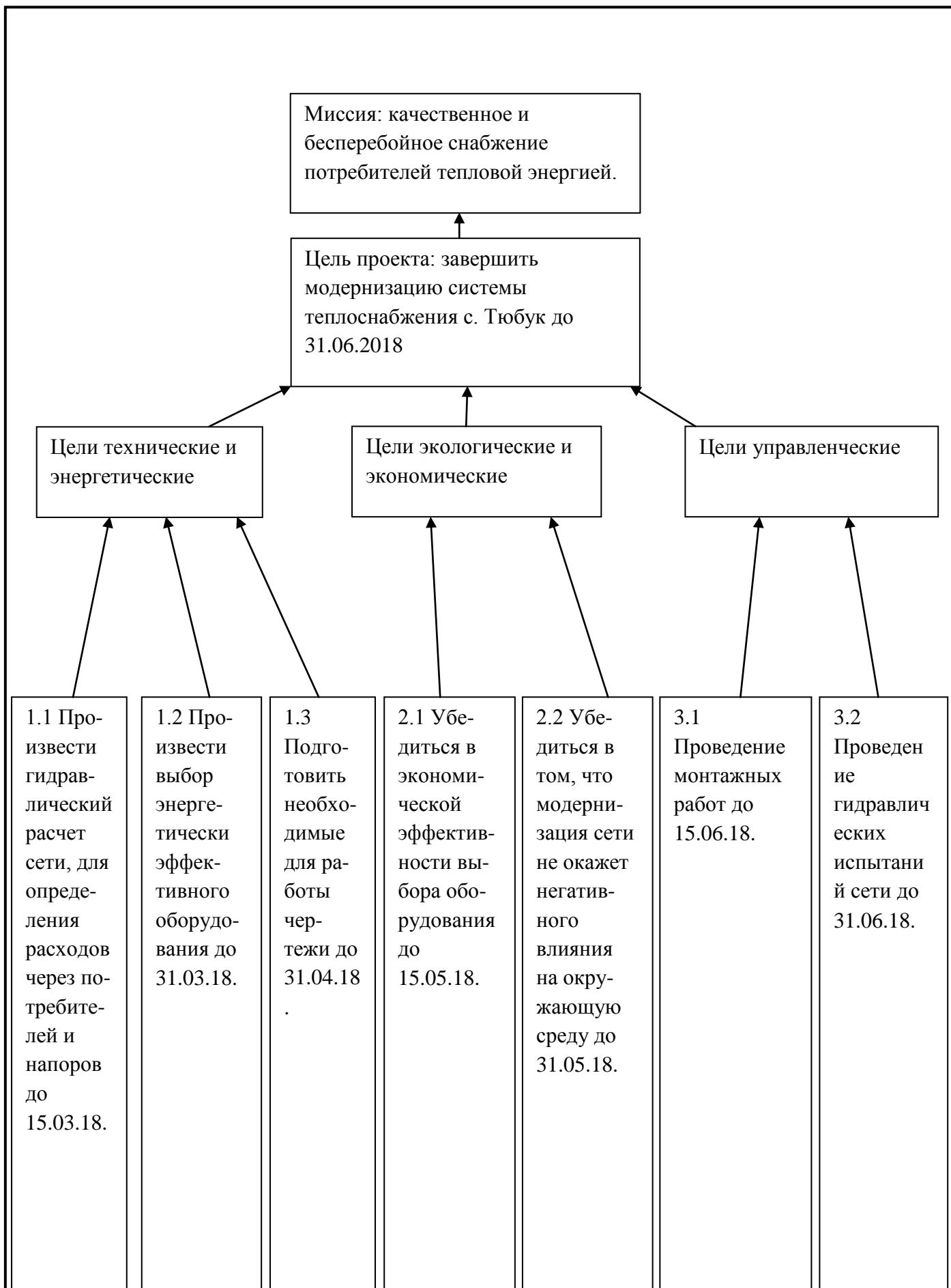


Рисунок 13.4 – Дерево целей повышения энергетической эффективности

### 13.5 График Ганта

Комплекс работ может быть показан в виде ленточного графика по этапам работ при выполнении целей проекта. График Ганта позволяет визуальнo оценить последовательность задач, их протяженность и протяженность проекта в целом, сопоставить реальный и планируемый ход реализации проекта. График Ганта представлен в таблице 13.5.

Таблица 20 – График Ганта

Работы по проекту	Исполнители	Количество исполнителей	Продолжительность работ 2018 г., мес.			
			03	04	05	06
Разработка проекта	Проектная группа	2				
Расчеты, необходимые для правильного подбора оборудования	Производственно-технический отдел	1				
Подготовка чертежей	Инженер-проектировщик	1				
Произведение экономических расчетов	Плановый отдел	1				
Проверка экологической безопасности района	Центр экологических экспертиз	3				
Доставка оборудования и производство демонтажа и монтажа поставленного оборудования	Производственно-технический отдел	3				
Проведение гидравлических испытаний сети	Производственно-технический отдел	3				

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для уменьшения утечек в системе тепловых сетей с. Тюбук Челябинской области был разработан проект модернизации системы, который позволит резко сократить утечки в системе тепловых сетей.

Для этого был произведен расчет необходимой тепловой нагрузки, которая составляет 4,378 МВт/ч и годовой расход теплоты, который составил 12030 МВт.

Для обеспечения бесперебойной и безаварийной работы сети также требуется вспомогательное оборудование и системы:

- Сетевые насосы Grundfos TPE 65-460/2-S;
- Насос подпиточный Wilo Economy MHI 400;
- Система КИПиА индивидуального теплового пункта
- Пластинчатые теплообменники «Ридан» установленные в тепловых пунктах.

При выполнении гидравлического расчета были выявлены участки трубопроводов с низкой скоростью теплоносителя, в результате чего возникла необходимость заменить существующие трубопроводы на трубопроводы меньшего диаметра.

Для достижения максимального экономического эффекта ИТП оборудуется приборами учета и регулирования энергоресурсов.

В экономической части дипломного проекта произведен выбор оптимального варианта пластинчатых теплообменных аппаратов. Выполнен SWOT анализ, построено дерево целей и график Ганта.

					<i>13.03.01.2018.087.26 ПЗ</i>	Лист
						95
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Повышение уровня эксплуатационной надежности тепловых сетей при реконструкции систем теплоснабжения/ Э.М. Малая, С.А. Сергеева/ Журнал «Новости теплоснабжения». – 2011. – №4 (68).

2 Громов Н.К. Эксплуатация тепловых сетей/ Н.К. Громов / Журнал «Новости теплоснабжения». – 2010. – №11 (59).

3 Распоряжение Правительства РФ от 13.11.2009 №1715-р «Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года».

4 Федеральный закон РФ от 23 ноября 2009 года №261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности».

5 СП 61.13330.2012 Тепловая изоляция оборудования и трубопроводов. Актуализированная редакция СНиП 41-03-2003.

6 Временная технологическая инструкция № 70 по получению изделий из пенопласта ПЭ-2Т. ВНИИСС.

7 СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\*. – М.: Минрегион России, 2012.

8 ГОСТ 30494 – 2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – М.: Изд-во стандартов, 2011. – 23 с.

9 СП 60.13330.2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 81 с.

10 Николаев А.А. Проектирование тепловых сетей: справочник проектировщика / А.А. Николаев. – Курган: Изд-во интеграл, 2012.- 360с.

11 СП 41-109-2005 Проектирование и монтаж трубопроводных систем.

12 СНиП 41-02-2003 Гидравлические режимы.

13 Пластинчатые и спиральные теплообменники. Н.В. Барановский. – Москва: Изд-во интеграл, 2008.

14 Соколов, Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – 7-е изд./ Е.Я. Соколов, – М.: Издательство МЭИ, 2001. – 472с.

15 ГОСТ 15518-03 Аппараты теплообменные пластинчатые.

16 Насосное оборудование производства Wilo. - <http://www.wilo-russia.ru/katalogi-oborudovaniya-wilo-dlya-zdaniy-i-sooruzheniy.html>

17 СП 30.13330.2012 Внутренний водопровод и канализация зданий. Актуализированная редакция СНиП 2.04.01-85\*.

18 СП 124.13330.2012. Тепловые сети/ Актуализированная редакция СНиП 41-02-2003 – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 74 с.

19 ГОСТ 30732-2006 Покровный слой тепловой изоляции трубопроводов.

20 СП 41-101-95 Проектирование тепловых пунктов.

21 Щиты автоматического регулирования тепловых пунктов «АСУ-ИТР» <http://tehno-logika.com/avtomatizatsija-teplovogo-punkta>

22 СНиП 3.05.07-85 Системы автоматизации.

23 Контрольно измерительные приборы и инструменты/ Зайцев С.А., Грибанов Д.Д. – Изд-во Академия, 2002.

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
						96
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

24 Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие с элементами самостоятельной работы студентов/ С.И. Боровик, Л.М. Кисилёва, И.С. Окраинская, И.П. Палатинская и др./ Под редакцией А.И. Сидорова. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2004 г. – Ч.1. – 200с.

25 СНиП «Правила техники безопасности при эксплуатации тепловых энергоустановок».

26 РД 34.03.201-97 «Правила техники безопасности при эксплуатации тепломеханического оборудования электростанций и тепловых сетей»

27 ГОСТ 12.1.005-88 «ССБТ Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны».

28 «Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств: Охрана труда: учебное пособие для вузов /П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев и др. – М.: Высш. шк., 2001. – 317с.

29 ГОСТ 12.1.019 – 2009 «ССБТ Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты».

30 ГОСТ 12.4.011-89 «Средства защиты работающих. Общие требования и классификация»

31 СНиП 23-05-95. Нормы проектирования. Естественное и искусственное освещение – М.: Минстрой России, 1995

32 СанПиН 21.4.559-96 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения».

33 СТО 17330282.27.060.003-2008 «Тепловые пункты и тепловые сети. Условия создания. Нормы и требования».

34 СП 89.13330.2012 «Котельные установки».

35 Официальный сайт компании «Ридан» <http://www.ridan.ru/>

36 Компания по разработке проектов «ПроектЧелябинск» <https://karfidovlab.com/razrabotka-kd>

37 Компания по запуску металлолома «Вторчермет» <http://vtorchernet74.ru/>

38 Официальный сайт компании «Этра» <http://www.etrann.com/>

39 Транспортная компания «Кит» <https://chelyabinsk.tk-kit.ru/>

40 Официальный сайт администрации города Челябинск <https://cheladmin.ru/ru/>

41 Алабугин, А.А. Экономико-управленческая часть дипломного проекта: учебное пособие / А.А. Алабугин, Р.А. Алабугина. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2018. – 46 с.

42 Энергетическая стратегия России на период до 2030 года, утв. Правительством РФ, 13.11.2009.

43 Схема и программа развития энергетики Челябинской области на 2016-2019 гг. – [http://tarif74.ru/index.php/docs/doc\\_download/5253-2](http://tarif74.ru/index.php/docs/doc_download/5253-2)

44 Ступин, И.А. Отечественная и зарубежная теплоэнергетика / И.А. Ступин/ «Эксперт онлайн», 2008.

45 Данные о населении с. Тюбук Челябинской области за 2016г.

					13.03.01.2018.087.26 ПЗ	Лист
						97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

