

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения
Направление подготовки Теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Реконструкция водогрейной котельной с. Пудовка Томской области

УДК _____

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2Б1	Воеводин Алексей Петрович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
	Ляликов Б.А	КТН		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преп.	Кузьмина Н.Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Василевский М.В			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ТПТ	Кузнецов Г.В.	д.ф.-м.н., профессор		

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт Электронного обучения
Направление подготовки теплоэнергетика и теплотехника
Кафедра теоретической и промышленной теплотехники

УТВЕРЖДАЮ:
Зав. кафедрой ТПТ
Кузнецов Г.В.
(Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ
на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Выпускной квалификационной работы бакалавра

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б2Б1	Воеводину Алексею Петровичу

Тема работы:

Реконструкция водогрейной котельной с. Пудовка Томской области	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№

Срок сдачи студентом выполненной работы:	10.06.2017 г.
------------------------------------------	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p>Технические характеристики теплопотребителей, состав и характеристики основного и вспомогательного оборудования источника теплоснабжения, температурный график сетевой воды, характеристики топлива, расчетные схемы тепловых сетей, гидравлический расчет тепловой сети. Техно-экономические показатели работы автономных котельных до реконструкции системы теплоснабжения.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p>Расчет тепловых нагрузок потребителей тепловой энергии, расходов теплоносителя, температурного графика тепловой сети. Определение потерь тепловой энергии в сети и выбор мощности котловых агрегатов котельной, расхода топлива (природного газа). Гидравлический расчет тепловой сети, проверка сетевых насосов по расчетному напору теплоносителя. Анализ ожидаемых технико-экономических показателей работы системы после реконструкции.</p>
<p>Перечень графического материала</p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	

<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение</p>	<p>Кузьмина Н.Г., ст. преп. каф. менеджмента</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Василевский М.В., доцент каф. ЭБЖ</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>28.11.2016 г.</p>
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ляликов Б.А.	к.т.н.		28.11.2016 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2Б1	Воеводин А.П.		28.11.2016 г.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б2Б1	Воеводин Алексей Петрович

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ТПТ
Уровень образования		Направление	теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>ДО НИР – 26300 руб ДО инженер – 17000 руб</i>
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизации – 20 %</i>
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Социальные отчисления – 30 % от ФОТ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	<i>Планирование НИР</i>
2. <i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	<i>Смета затрат на проектирование</i>
3. <i>Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР</i>	<i>Смета затрат на оборудование</i>
4. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	
5. <i>Расчет технико-экономических показателей проектируемого объекта</i>	

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
-------------------------------------------------------------	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преп.	Кузьмина Н.Г.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2Б1	Воеводин Алексей Петрович		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б2Б1	Воеводин Алексей Петрович

Институт		Кафедра	ТПТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Автоматическая газовая модульная котельная с. Пудовка, строится взамен старой угольной котельной ручной растопки. Перспективы укрупнения района теплоснабжения.
--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности.	- шум; - защита от вибрации; - микроклимат; - электробезопасность;
2. Расчет искусственного освещения.	- освещение
3. Охрана окружающей среды.	- охрана атмосферного воздуха
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.	- безопасность в чрезвычайных ситуациях

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
-------------------------------------------------------------	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Василевский М.В.	КТН		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2Б1	Воеводин Алексей Петрович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа – 71 страница, 3 рисунка, 23 таблицы, 11 источников литературы, 2 приложения.

Ключевые слова: теплосеть, котельная, тепловые нагрузки, расход теплоносителя, потери тепла, расход топлива, гидравлический расчет, напор.

Целью выпускной квалификационной работы является расчет и выбор основного оборудования новой автоматической модульной газовой котельной, взамен старой, работающей на угле с ручной растопкой, которая должна обеспечить тепловой энергией не только старых потребителей, но и вновь подключаемых новых.

В результате работы были выполнены расчеты тепловых нагрузок и расхода теплоносителя на потребителей, определена конфигурация тепловой сети, выбраны сечения трубопроводов, рассчитаны потери тепла на участках тепловой сети.

Выпускная квалификационная работа выполнена с помощью программ Mustang, MS Excel, Visio, оформлена в текстовом редакторе MS Word.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Воеводин			<i>Реферат</i>	Лит.	Лист	Листов
Руков.							6	71
Реценз.								
Утверд.								

Содержание

Введение		9
1. Определение тепловой мощности котельной		13
1.1 Определение тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию.		13
1.2 Расчет тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение		14
1.3 Расчет температурного графика теплосети		16
1.4 Определение расходов сетевой воды у потребителей		17
1.5 Расчет расходов сетевой воды у потребителей		19
1.6 Определение годовых расходов тепла потребителей		20
1.7 Расчет годовых расходов тепла потребителей		22
1.8 Расчет тепловых потерь при транспорте теплоносителя		23
1.9 Потери тепла на собственные нужды котельной		28
1.10 Выбор котлов		28
1.11 Расчет потребности в топливе		29
1.12 Основное оборудование		30
1.13. Поверочный гидравлический расчет двухтрубной водяной сети		31
1.14 Построение пьезометрического графика		37
1.15 Выбор сетевых и котловых насосов		38
2 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение		40
2.1 Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости проектных работ		40
2.2 Смета затрат на проектирование		42
2.2.1 Расчет заработной платы		42
2.2.2 Расчет отчислений на социальные нужды		43
2.2.3 Амортизационные отчисления		43

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>Содержание</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>							7	71
<i>Руков.</i>								
<i>Реценз.</i>								
<i>Утверд.</i>								

2.2.4 Прочие расходы	43
2.2.5 Накладные расходы	44
2.2.6 Составление сметы затрат на проектирование	44
2.2.7 Смета затрат на реконструкцию котельной	44
2.3 Расчет технико-экономических показателей	46
2.3.1 Техничко-экономические показатели котельной	46
2.3.2 Расчет эксплуатационных затрат на производство тепловой энергии	49
2.3.3. Расчет экономической эффективности проекта и срока его окупаемости	53
3 Социальная ответственность	54
3.1 Характеристика объекта исследования	55
3.2 Анализ выявленных вредных факторов при строительстве и эксплуатации котельной	57
3.3 Анализ выявленных опасных факторов при строительстве и эксплуатации котельной	62
3.4 Экологическая безопасность	65
3.5 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	66
3.6 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	67
Заключение	70
Список использованных источников	71

Введение

Сегодня в нашей стране многие проблемы, которые приходится решать жилищно–коммунальному хозяйству, связаны с износом основных фондов. Износ фонда жилищно-коммунального хозяйства уже превысил 60%, причем в ряде субъектов Федерации - 80%. Исследования специалистов показали, что в среднем по РФ износ котельных составляет 55%. Устаревшее теплоэнергетическое оборудование, износ которого составляет более 60 - 80%, работает с низким КПД (50 – 55%), приводит к непроизводительным потерям, требует дополнительных затрат на выработку тепловой и энергетической энергии. С каждым годом неизбежно исчерпывается технологический задел, оставшийся с советского времени.

В связи с этим проблема коренной реконструкции и модернизации устаревшего котельного оборудования становится одной из первостепенных и требует незамедлительного решения, иначе износ оборудования может привести к массовым техногенным катастрофам.

В выпускной квалификационной работе рассматривается перевод существующей системы теплоснабжения поселковой котельной на новый современный источник теплоснабжения «Автономный источник теплоснабжения» (далее АИТ) с целью обеспечения надежности теплоснабжения потребителей и обеспечения возможности подключения к новой котельной дополнительных тепловых потребителей.

Теплоснабжение поселковой котельной осуществляет предприятие МУП «ЖКХ КСП», расположенное в селе Кривошеино. Основная цель предприятия – выработка тепловой энергии и обслуживание тепловых сетей. Основные виды деятельности предприятия:

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.					Лит.	Лист	Листов
Руков.						9	79
Реценз.							
Утверд.							

- 1) производство и реализация тепловой энергии (отопление);
- 2) эксплуатация и ремонт котлов, котельного и вспомогательного оборудования и трубопроводов;
- 3) эксплуатация и ремонт тепловых сетей и центральных тепловых пунктов (ЦТП);
- 4) производство ремонтно-монтажных работ; 5) производство и реализация монтажных заготовок для собственных нужд предприятия.

В состав МУП «ЖКХ КСП» входит 8 котельных. Самая крупная – районная котельная, отапливающая 75% жилого сектора села Кривошеино; четыре маломощных внутриквартальных котельных; три поселковых котельных, 53,50 км тепловых сетей в 2-х трубном исчислении.

Котельная села Пудовка была введена в эксплуатацию в 1975 году. Котельная оборудована водогрейными котлами с ручным забросом топлива. Котельная запроектирована по типовому проекту. Фактические максимальные тепловые нагрузки на котельную составляли:

Таблица 1

№ пп	Наименование помещений	Единица измерения	Нагрузка на отопление	Нагрузка на горячее водоснабжение
1.	Школа на 300 мест	Здание	131280	51800
2.	Хозкорпус	Здание	6819	13000
Итого:			202899 ккал/час	

С учетом 10% потерь тепла в наружных сетях $202899 \times 1,1 = 223188$ ккал/час.

Для обеспечения школы и хозкорпуса необходимым теплом к установке применялись водогрейные чугунные котлы марки «Универсал – б» с паспортными данными:

Номинальный теплосъём - 11000 ккал/(час*м²)

Поверхность нагрева котла – 20 м²

Выполним проверочный расчёт оборудования котельной

При теплосъеме с одного м² поверхности нагрева котла $q = 11000$ ккал/час и коэффициенте $k_{\text{пот}} = 1,11$, учитывающим непроизводительные потери тепла, получаем необходимую поверхность нагрева котла:

$$F = \frac{Q_{\text{ном}} \cdot k_{\text{ном}}}{q} = \frac{223188 \cdot 1,1}{11000} = 22,3 \text{ м}^2$$

Применялось 2 котла марки «Универсал – 6» с поверхностью нагрева 20,0 м². Таким образом, мощности одного котла не хватало для обеспечения теплом потребителей и в работе содержалось оба котла котельной. Отсутствие резерва в режиме максимальных тепловых нагрузок негативно влияет на надежность теплоснабжения подключенных к котельной потребителей.

Подача угля в котельную и золоудаление осуществлялось вручную при помощи тачки.

В данной котельной форма организации труда определена необходимостью бесперебойной выработки и отпуска тепловой энергии в отопительный период и полным отсутствием автоматики и механизации процесса подачи топлива и золоудаления, т.е. круглосуточная работа, режим работы котельной велся посменно рабочим персоналом в количестве 4 человек.

Подача воды осуществлялась циркуляционными насосами. Количество воды в системе отопления за один час равно:

$$G = \frac{Q_{\text{ном}}}{(t_{\text{пр}} - t_{\text{обр}}) \cdot c} = \frac{223188}{(95 - 70) \cdot 0,97} = 9299 \text{ л / час}$$

В качестве сетевых насосов применялись к установке 2 центробежных насоса марки 2КМ-6б, производительностью 10 м³/час с напором 22,0 м. водяного столба на одной оси с электродвигателем АОИ – 42-2 мощностью 2,8 кВт при числе оборотов 2900 об/мин. Один из насосов является резервным.

В качестве дополнительного насоса для подпитки и опорожнения системы отопления устанавливается ручной насос БКФ – 2.

Для нужд котельной в качестве топлива закупался уголь в Кемеровской области в объеме 300 тонн на один отопительный сезон в период с 2014 по

2015 год средняя себестоимость для нашего района составляла от 3200 до 3800 рублей за тонну.

В связи с износом котельного оборудования было принято решение не ремонтировать котельную, а ввести в эксплуатацию новую, современную газовую модульную автоматическую котельную, так как Кривошеинский район вошел в программу газификации населенных пунктов Томской области.

Настоящим проектом произведем расчет модульной газовой котельной, которая будет обеспечивать теплом не только тепловых потребителей старой угольной котельной с котлами «Универсал-6» (табл. 1), но и дополнительных потребителей, таких как школа – интернат и близлежащие муниципальные жилые дома, здание администрации и магазин, тепловые сети которых располагались поблизости.

Основные технические решения при проектировании котельной приняты в соответствии со СНиП II-35-76* , СНиП 2.11.03-93. Принятое в схеме основное и вспомогательное оборудование имеет сертификаты соответствия.

1. Определение тепловой мощности котельной

1.1. Определение тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение

Расчет тепловых нагрузок потребителей, подключаемых к новой газовой котельной производится по укрупненным показателям.

Максимальный тепловой поток на отопление жилых и общественных зданий определяем по формуле [4]:

$$Q_{ov}^p = \beta q_{ov} V_n (t_v - t_o^p) 10^{-6}, \text{ Гкал/час}, \quad (1.1)$$

где q_{ov} – соответственно удельная отопительная характеристика на отопление 1 м³ (ккал/(м³ч °С), [3];

β – поправочный коэффициент, учитывающий климатические условия района [3];

V_n – наружный объем здания, м³ (по паспортным данным БТИ);

t_v – расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, °С [3];

t_o^p – расчетная температура наружного воздуха для отопления, °С [1];

Максимальный тепловой поток на вентиляцию общественных зданий определяем по формуле:

$$Q_v^p = \beta \cdot q_v \cdot V_n \cdot (t_v - t_{nv}) \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/час}, \quad (1.2)$$

где q_v – удельная вентиляционная характеристика (ккал/(м³ч °С)) [3];

t_{nv} – расчетная температура наружного воздуха для вентиляции, °С [3].

Максимальный тепловой поток на ГВС жилых и общественных зданий:

$$Q_{гвс}^{\max} = 2,4 \cdot Q_{гвс}^{cp} \cdot 10^{-6}, \text{ МВт}, \quad (1.3)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					
Разраб.					<i>Определение тепловой мощности котельной</i>	Лит.	Лист	Листов	
Руков.							13	71	
Реценз.									
Утверд.									

где 2,4 – коэффициент часовой неравномерности;

$Q_{гвс}^{cp}$ – средний тепловой поток на горячее водоснабжение жилых и общественных зданий, определяемый по формуле [2]:

$$Q_{гвс}^{cp} = \frac{1,2 \cdot m \cdot (a + b) \cdot (55 - t_x)}{24} \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/ч} \quad (1.4)$$

где m – расчетное число потребителей горячей воды;

a – норма расхода воды на ГВС при температуре 55 °С на одного человека в сутки, проживающего в здании с горячим водоснабжением, принимаемая в зависимости от степени комфортности л/сут [4];

b – норма расхода воды на ГВС в общественных зданиях при температуре 55 °С, принимаемая по [4];

c – удельная теплоемкость воды равная 4,187 кДж/(кг°С);

t_x – температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период (при отсутствии других данных принимается равной 5 °С), °С;

1.2. Расчет тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение

Рассчитаем тепловые нагрузки для потребителей школы.

Максимальный тепловой поток на отопление определяем по формуле (1.1):

$$Q_{ov}^p = 0,9 \cdot 0,33 \cdot 7100 \cdot (16 - (-40)) \cdot 10^{-6} = 0,118 \text{ Гкал/час.}$$

Максимальный тепловой поток на вентиляцию определяем по формуле (1.2):

$$Q_B^p = 0,08 \cdot 7100 \cdot (16 - (-25)) \cdot 10^{-6} = 0,021 \text{ Гкал/час.}$$

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение по формуле (1.4):

$$Q_{гвс}^{cp} = \frac{1,2 \cdot 300 \cdot 8 \cdot (55 - 5) \cdot 4,187}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,007, \text{ МВт} = 0,006, \text{ Гкал/ час.}$$

Максимальный тепловой поток на горячее водоснабжение по формуле (1.3).

$$Q_{гвс}^{\max} = 2,4 \cdot 0,006 \cdot 10^{-6} = 0,014 \text{ Гкал/час.}$$

По аналогии рассчитываем тепловые нагрузки для остальных потребителей.

Результаты расчетов заносим в таблицу 1.

Таблица 1.1. Расчет тепловых потоков на отопление.

Наименование потребителя	V здания	β	q_{ov}	t_v	t_0^p	Q_{ov}^p
	м ³		ккал/ (м ³ ч °С)	°С	°С	Гкал/ час
Школа на 300 учащихся	7100	0,9	0,33	16	-40	0,1181
Хозкорпус школы	375	0,9	0,35	18	-40	0,0069
Школа-интернат на 45 мест	5160	0,9	0,35	16	-40	0,0910
Жилой дом 3 этажа, 12 квартир	2330	0,9	0,52	18	-40	0,0632
Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	1500	0,9	0,51	18	-40	0,0399
Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	1500	0,9	0,51	18	-40	0,0399
Жилой дом 4 этажа, 16 квартир	2610	0,9	0,51	18	-40	0,0695
Магазин 1 этаж	475	0,9	0,33	16	-40	0,0079
Здание администрации	2100	0,9	0,33	16	-40	0,0349
Итого:						0,4714

Таблица 1.2. Расчет тепловых потоков на вентиляцию.

Наименование потребителя	V здания	β	t_v	q_v	$t_{нв}$	Q_v^p
	м ³		°С	ккал/ (м ³ ч °С)	°С	Гкал/час
Школа на 300 учащихся	7100	0,9	16	0,08	-25	0,0210
Хозкорпус школы	375	0,9	18	0,7	-25	0,0102
Школа-интернат на 45 мест	5160	0,9	16	0,08	-25	0,0152
Магазин 1 этаж	475	0,9	16	0,08	-25	0,0014
Здание администрации	2100	0,9	16	0,08	-25	0,0062
Итого:						0,054

Таблица 1.3. Расчет тепловых потоков на горячее водоснабжение.

Наименование потребителя	m	a(b)	$Q_{гвс}^{ср}$	$Q_{гвс}^{макс}$
	чел	л/сут	Гкал/час	Гкал/час
Школа на 300 учащихся	300	8	0,0060	0,0144
Хозкорпус школы	10	25,4	0,0006	0,0015
Школа-интернат на 45 мест	55	85	0,0117	0,0280
Жилой дом 3 этажа, 12 квартир	48	85	0,0102	0,0245
Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	32	85	0,0068	0,0163
Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	32	85	0,0068	0,0163
Жилой дом 4 этажа, 16 квартир	64	85	0,0136	0,0326
Магазин 1 этаж	4	8	0,0001	0,0002
Здание администрации	20	8	0,0004	0,0010
				0,1348

1.3. Расчет температурного графика теплосети

При настройке работы котла и/или теплового узла от температуры наружного воздуха системе автоматики необходимо задать температурный график.

Возможно, правильнее датчик температуры воздуха разместить внутри здания и настроить работу системы управления температурой теплоносителя от температуры внутреннего воздуха. Но часто бывает сложно выбрать место установки датчика внутри из-за разных температур в различных помещениях объекта или из-за значительной удаленности этого места от теплового узла.

Исходные данные для расчета.

Выполняем расчет для всей проектируемой теплосети

Принимаем расчетную температуру внутри зданий равной $t_{вр} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

Расчетная минимальная температура наружного воздуха $t_{нр} = -40 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

Расчетная температура воды в подающем трубопроводе при $t_{нр}$, $t_{пр} = 95 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

Расчетная температура воды в обратном трубопроводе при $t_{нр}$, $t_{ор} = 70 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

Показатель нелинейности теплоотдачи приборов отопления принимаем равным $n = 0,3$

Относительный тепловой поток q при температуре наружного воздуха t_n определяем по формуле:

$$q = (t_{вр} - t_n) / (t_{вр} - t_{нр}) \quad (1.5)$$

Температура воды в подающем трубопроводе при температуре наружного воздуха t_n по формуле:

$$t_n = t_{вр} + 0,5 * (t_{пр} - t_{ор}) * q + 0,5 * (t_{пр} + t_{ор} - 2 * t_{вр}) * q^{1/(1+n)} \quad (1.6)$$

Температура воды в обратном трубопроводе при температуре наружного воздуха t_n по формуле:

$$t_o = t_{вр} - 0,5 * (t_{пр} - t_{ор}) * q + 0,5 * (t_{пр} + t_{ор} - 2 * t_{вр}) * q^{1/(1+n)} \quad (1.7)$$

Выполним расчет для температуры наружного воздуха $t_n = 0 \text{ }^\circ\text{C}$

$$q = (t_{вп} - t_n) / (t_{вп} - t_{нр}) = (18 - 0) / (18 - (-40)) = 0,31$$

$$t_{п} = 16 + 0,5 * (95 - 70) * 0,31 + 0,5 * (95 + 70 - 2 * 18) * 0,31^{(1/(1+0,3))} = 46,1 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_o = 16 - 0,5 * (95 - 70) * 0,31 + 0,5 * (95 + 70 - 2 * 18) * 0,31^{(1/(1+0,3))} = 38,3 \text{ }^\circ\text{C}$$

Выполним расчеты для значений температур наружного воздуха от $-40 \text{ }^\circ\text{C}$ до $+10 \text{ }^\circ\text{C}$. Результаты представлены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Данные для построения температурного графика

$t_n, \text{ }^\circ\text{C}$	-40	-30	-20	-10	0	10
$q, \text{ о.е.}$	1,00	0,83	0,66	0,48	0,31	0,14
$t_{п}, \text{ }^\circ\text{C}$	93,0	82,1	70,8	58,9	46,1	31,8
$t_o, \text{ }^\circ\text{C}$	68,0	61,4	54,4	46,8	38,3	28,3

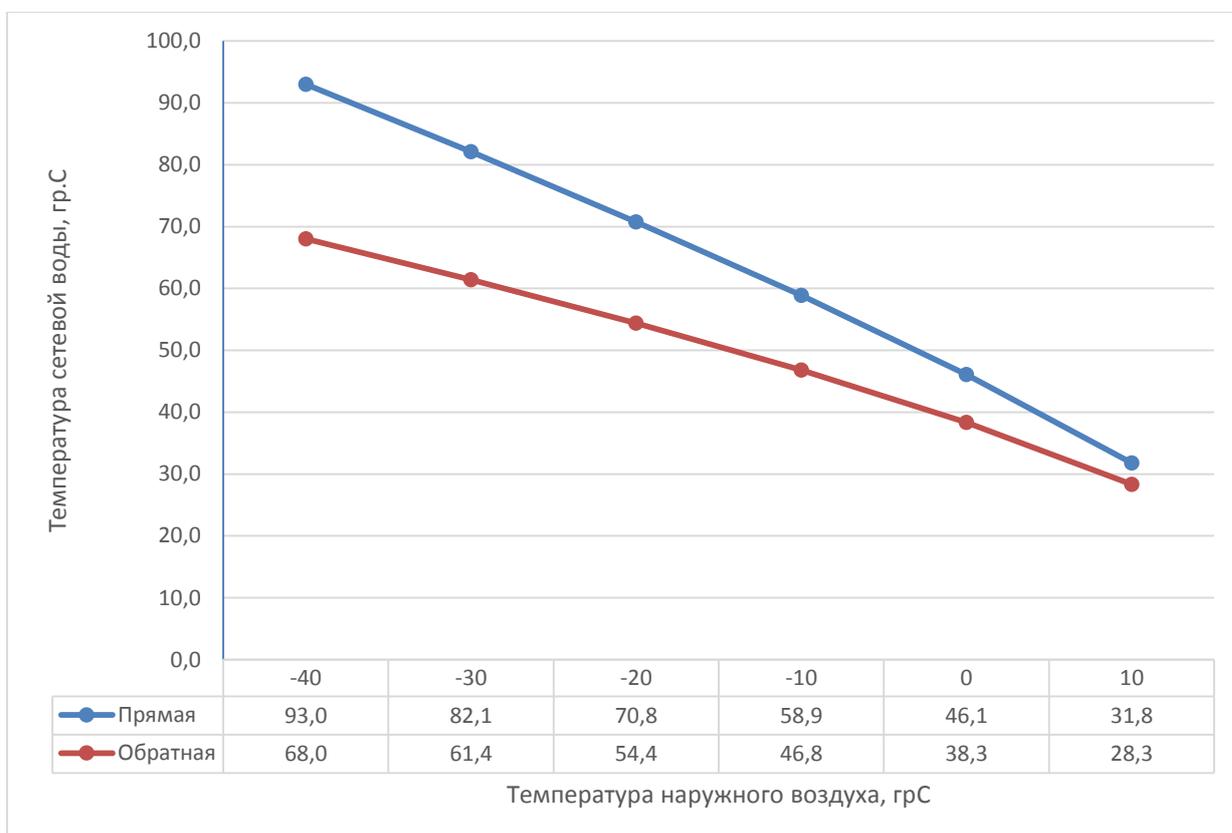


Рис.1 – температурный график теплосети

1.4. Определение расходов сетевой воды у потребителей

Расчетный часовой расход сетевой воды при качественном регулировании отпуска теплоты определяется отдельно для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения.

Расчетный расход воды на отопление

$$G_o^p = \frac{Q_o^p}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг/ч,} \quad (1.8)$$

где $(\tau_1 - \tau_2)$ – соответственно температура воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха на отопление t_o^p .

Расчетный расход воды на вентиляцию

$$G_e^p = \frac{Q_e^p}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \text{ кг/ч,} \quad (1.9)$$

где $(\tau_1 - \tau_2)$ – соответственно температура воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха на вентиляцию t_e^p .

Расход воды на горячее водоснабжение в закрытых системах теплоснабжения определяется в зависимости от схемы включения подогревателей горячего водоснабжения. Максимальный расход воды на горячее водоснабжение для закрытой системы при двухступенчатых схемах присоединения водоподогревателей

$$G_{гвс}^{\max} = \frac{0,55 Q_{гвс}^{\max}}{C(t_{1u} - t_{2u})}, \text{ кг/ч,} \quad (1.10)$$

где $Q_{гвс}^{\max}$ – максимальный тепловой поток на ГВС жилых и общественных зданий, Гкал/час;

C – удельная теплоемкость воды, принимаемая в расчетах равной 1 ккал/(кг*°C);

t_{1u} – температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температур воды, °C;

t_{2u} – температура воды в обратном трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температур воды, °C;

1.5. Расчет расходов сетевой воды у потребителей

Рассчитаем расходы сетевой воды для школы.

Расчетный расход воды на отопление определяем по формуле (1.8):

$$G_o^p = \frac{0,118}{1 \cdot (95 - 70)} \cdot 10^3 = 4,72 \text{ т/час.}$$

Расчетный расход воды на вентиляцию определяем по формуле (1.9):

$$G_B^p = \frac{0,021}{1 \cdot (95 - 70)} \cdot 10^3 = 0,838 \text{ т/час}$$

Максимальный расход воды на горячее водоснабжение определяем по формуле (1.10).

$$G_{гвс}^{макс} = \frac{0,55 \cdot 0,0144}{1 \cdot (70 - 30)} \cdot 10^3 = 0,198 \text{ т/час.}$$

По аналогии рассчитываем расходы сетевой воды для остальных потребителей. Результаты расчетов заносим в таблицу 1.5.

Таблица 1.5. Результаты расчета расходов сетевой воды потребителей

Наименование потребителя	Q_{ov}^p	Q_B^p	$Q_{гвс}^{макс}$	G_o^p	G_B^p	$G_{гвс}^{макс}$
	Гкал/час	Гкал/час	Гкал/час	т/ч	т/ч	т/ч
Школа на 300 учащихся	0,1181	0,0210	0,0144	4,7235	0,8384	0,1978
Хозкорпус школы	0,0069	0,0102	0,0015	0,2741	0,4064	0,0209
Школа-интернат на 45 мест	0,0910	0,0152	0,0280	3,6409	0,6093	0,3853
Жилой дом 3 этажа, 12 квартир	0,0632		0,0245	2,5298		0,3363
Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	0,0399		0,0163	1,5973		0,2242
Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	0,0399		0,0163	1,5973		0,2242
Жилой дом 4 этажа, 16 квартир	0,0695		0,0326	2,7793		0,4484
Магазин 1 этаж	0,0079	0,0014	0,0002	0,3160	0,0561	0,0026
Здание администрации	0,0349	0,0062	0,0010	1,3971	0,2480	0,0132
Итого:	0,4714	0,054	0,1348	18,8553	2,1581	1,8529

1.6. Определение годовых расходов тепла потребителей

Годовой расход теплоты потребителями района теплоснабжения

$$Q = Q_o^{zod} + Q_g^{zod} + Q_{zbc}^{zod} + Q_m^{zod}, \text{ Гкал}, \quad (1.11)$$

где $Q_o^{zod}, Q_g^{zod}, Q_{zbc}^{zod}, Q_m^{zod}$ – годовые расходы тепла на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, технологические нужды.

Годовой расход тепла на отопление определяем по формуле [4]

$$Q_o^{zod} = Q_o^{cp} \left[(n_o - n_d) + n_d \frac{t_{вд}^{cpo} - t_n^{cpo}}{t_{сп} - t_n} \right], \text{ Гкал}, \quad (1.12)$$

где Q_o^{cp} – средняя тепловая нагрузка за отопительный период, Гкал/ч;

n_o – продолжительность отопительного периода по [10] принимаем для г. Томск, как наиболее близкий населенный пункт. Так, за средняя многолетняя продолжительность отопительного периода составила 236 дней или 5664 час/год ;

n_d – длительность работы дежурного отопления, с/год или ч/год (дежурное отопление не предусмотрено);

$t_{вд}$ – температура внутреннего воздуха при работе дежурного отопления, °С.

Средняя температура наружного воздуха за любой интервал отопительного периода определяется как частное от деления на длительность этого интервала алгебраической суммы произведений средних температур отдельных периодов этого интервала на длительность этих периодов: интервал отопительного периода принимаем от +8 °С до расчетной на отопление температуры наружного воздуха равной -40 °С, т.е. расчет производится по следующей формуле:

$$t_n^{cpo} = \frac{n_1 t_{n1}^{cp} + n_2 t_{n2}^{cp} + \dots + n_m t_{nm}^{cp}}{n_1 + n_2 + n_m}, \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (1.13)$$

Средняя температура воздуха за отопительный период представлена в [10]

Так, средняя многолетняя температура воздуха за отопительный период составила $t_n^{cpo} = -8,44$ °С.

Средняя тепловая нагрузка за отопительный период определяется по формуле [2]

$$Q_o^{cp} = Q_{oc}^p \frac{(t_{вп} - t_n^{cpo})}{(t_{вп} - t_{но})}, \text{ Гкал/час} \quad (1.14)$$

где Q_{oc}^p – расчетный расход тепла на отопление, Гкал/ч;

$t_{вп}$ – расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых помещений, °С принимаемая [3], в зависимости от назначения здания;

$t_{но}$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, °С по [1] для с. Кривошеино принимаем - 40°С;

t_n^{cpo} – средняя температура воздуха за отопительный период, °С по [10] для с. Кривошеино – 8,44°С;

Для рассчитываемых потребителей $n_d = 0$ и уравнение (1.12) принимает вид

$$Q_o^{zod} = Q_o^{cp} n_o, \text{ Гкал}, \quad (1.15)$$

Годовой расход тепла на вентиляцию определяем по формуле [4]

$$Q_v^{zod} = Q_v^p \left[n_v + \frac{t_{ep} - t_n^{cpv}}{t_{ep} - t_{нв}} (n_o - n_v) \right] \left(1 - \frac{n_d}{n_o} \right), \text{ Гкал}, \quad (1.16)$$

где Q_v^p – расчетный расход тепла на вентиляцию;

n_v – продолжительность отопительного периода с температурой наружного воздуха $t_n < t_{нв}$, часов (принимаем $n_v = 492$ часа);

$n_{вд}$ – продолжительность отопительного периода, когда вентиляция не работает, часов (принимаем $n_{вд} = 1856$ часа);

t_n^{cpv} – средняя температура наружного воздуха в интервале от начала отопительного периода до расчетной температуры на вентиляцию (принимаем интервал для расчета средней температуры наружного воздуха от +8°С до расчетной на вентиляцию равной -25°С).

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение

$$Q_{звс}^{zod} = Q_{звс}^{cp} \left[n_{г} + \varphi_{звс}^n \frac{t_z - t_x^a}{t_z - t_x} (n_z - n_o) \right], \text{ Гкал}, \quad (1.17)$$

где $Q_{звс}^{cp}$ – средненедельный расход тепла на горячее водоснабжение [3];

$n_{г}$ – длительность работы системы горячего водоснабжения, принимаем $n_{г} = 8424$ часов;

$\phi_{гвс}^л$ – коэффициент снижения часового расхода воды на горячее водоснабжение в летний период, $\phi_{гвс}^л = 0,8$;

$t_r, t_{хл}, t_{хз}$ – температура соответственно горячей воды и холодной водопроводной воды летом и зимой, $^{\circ}\text{C}$.

Расход теплоты на технологические нужды источника отсутствует.

1.7. Расчет годовых расходов тепла потребителей

Рассмотрим расчет годовых расходов тепла на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение потребителей школы.

Расход тепла на отопление определяем по формулам (1.14; 1.15).

$$Q_0^{op} = 0,118 \cdot \frac{16 - (-8,44)}{16 - (-40)} = 0,0515 \text{ Гкал/час.}$$

$$Q_0^{zod} = 0,0515 \cdot 5664 = 291,904 \text{ Гкал/год.}$$

Средняя температура наружного воздуха в интервале от начала отопительного периода до расчетной температуры на вентиляцию определяем по формуле (1.10).

$$t_n^{срв} = \frac{590 \cdot 8 + 846 \cdot 5 + \dots + 267 \cdot (-25)}{5124} = -6,044 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

Расход тепла на вентиляцию определяем по формуле (1.16).

$$Q_v^{zod} = 0,021 \cdot \left[492 + \frac{16 - (-6,044)}{16 - (-25)} \cdot (5664 - 3760) \right] \cdot \left(1 - \frac{1856}{5664} \right) = 21,358 \text{ Гкал/год.}$$

Расход тепла на горячее водоснабжение определяем по формуле (1.17).

$$Q_{звс}^{zod} = 0,006 \cdot \left[5664 + 0,8 \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} \cdot (8424 - 5664) \right] = 44,781 \text{ Гкал/год.}$$

По аналогии рассчитываем годовые расходы тепла для остальных потребителей. Результаты расчетов заносим в таблицу 1.6.

Таблица 1.6. Годовые расходы тепла.

Наименование потребителя	t_v	Q_{ov}^p	Q_v^p	$Q_{гвс}^{ср}$	$Q_0^{год}$	$Q_v^{год}$	$Q_{гвс}^{год}$
	$^{\circ}\text{C}$	Гкал/час	Гкал/час	Гкал/час	Гкал/час	Гкал/год	Гкал/год
Школа на 300 учащихся	16	0,1181	0,0210	0,0060	291,9035	21,3581	44,7814

Хозкорпус школы	18	0,0069	0,0102	0,0006	17,6899	10,6317	4,7394
Школа-интернат на 45 мест	16	0,0910	0,0152	0,0117	225,0011	15,5222	87,2303
Жилой дом 3 этажа, 12 квартир	18	0,0632		0,0102	163,3001		76,1283
Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	18	0,0399		0,0068	103,1071		50,7522
Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	18	0,0399		0,0068	103,1071		50,7522
Жилой дом 4 этажа, 16 квартир	18	0,0695		0,0136	179,4064		101,5044
Магазин 1 этаж	16	0,0079	0,0014	0,0001	19,5288	1,4289	0,5971
Здание администрации	16	0,0349	0,0062	0,0004	86,3376	6,3172	2,9854
		0,4714	0,0540	0,0561	1189,3817	55,2581	419,4706

1.8. Расчет тепловых потерь при транспорте теплоносителя.

По таблице 1.5 рассчитаем суммарные расходы сетевой воды и тепловой энергии на потребителей. Результаты расчетов представлены в таблицах 1.7 и 1.8.

Таблица 1.7. Расчет суммарных расходов сетевой воды потребителей.

Наименование потребителя	G_o^p	G_B^p	$G_{ГВС}^{макс}$	$G_{сумм}$
	т/час	т/час	т/час	т/час
Школа на 300 учащихся	4,7235	0,8384	0,1978	5,7597
Хозкорпус школы	0,2741	0,4064	0,0209	0,7013
Школа-интернат на 45 мест	3,6409	0,6093	0,3853	4,6355
Жилой дом 3 этажа, 12 квартир	2,5298		0,3363	2,8661
Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	1,5973		0,2242	1,8215
Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	1,5973		0,2242	1,8215
Жилой дом 4 этажа, 16 квартир	2,7793		0,4484	3,2277
Магазин 1 этаж	0,3160	0,0561	0,0026	0,3747
Здание администрации	1,3971	0,2480	0,0132	1,6582
Итого:	18,8553	2,1581	1,8529	22,866

Таблица 1.8. Расчет суммарных расходов тепловой энергии потребителей.

Наименование потребителя	Q_{ov}^p	Q_B^p	$Q_{ГВС}^{макс}$	$Q_{сумм}$
	Гкал/час	Гкал/час	Гкал/час	Гкал/час
Школа на 300 учащихся	0,1181	0,0210	0,0144	0,1534
Хозкорпус школы	0,0069	0,0102	0,0015	0,0185
Школа-интернат на 45 мест	0,0910	0,0152	0,0280	0,1343

Жилой дом 3 этажа, 12 квартир	0,0632		0,0245	0,0877
Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	0,0399		0,0163	0,0562
Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	0,0399		0,0163	0,0562
Жилой дом 4 этажа, 16 квартир	0,0695		0,0326	0,1021
Магазин 1 этаж	0,0079	0,0014	0,0002	0,0095
Здание администрации	0,0349	0,0062	0,0010	0,0421
Итого:	0,4714	0,054	0,1348	0,6601

Изобразим схему теплоснабжающей сети от котельной до потребителей (рис. 2), по которой определим часовые расходы теплоносителя и тепловой энергии на каждом из участков.

Используя [8], а также он-лайн калькулятор расчета диаметра трубопроводов <http://www.center-pss.ru/rashetdiam.htm>, по расходам воды при скорости потока 1 м/с и расходам тепловой энергии определим внутренние диаметры участков тепловой сети.

Используя формулы $V_i = \pi \cdot \frac{D_{вн}^2}{4} \cdot l_i$, определим объемы прямых и обратных трубопроводов участков тепловых сетей. Характеристики участков теплосети представлены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 Характеристики участков теплосети

№ Уч	Наименование потребителей	G _{уч} , т/ч	Q _{уч} , Гкал/ч	D _у , мм	l _{уч} , м	V _{уч. 2} труб, м ³
1	Администрация	1,658	0,042	40	40	0,057
2	Магазин	0,375	0,009	32	15	0,015
3	Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	2,030	0,061	40	20	0,028
4	Жилой дом 2 этажа, 8 квартир + магазин + администрация	4,063	0,113	40	45	0,113
5	Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	2,030	0,061	40	20	0,028
6	2 жилых дома 1 этаж + магазин + администрация	6,094	0,175	50	55	0,216

Продолжение таблицы 1.9

№ Уч	Наименование потребителей	G _{уч} , т/ч	Q _{уч} , Гкал/ч	D _у , мм	l _{уч} , м	V _{уч. 2} труб, м ³
7	Школа-интернат на 45 мест	4,636	0,134	50	60	0,236
8	Школа-интернат на 45 мест + 2 жилых дома 1 этаж + магазин + администрация	10,729	0,309	80	50	0,502

9	Хозкорпус	0,701	0,019	32	30	0,029
10	Школа на 300 уч.	5,76	0,153	50	5	0,02
11	Школа на 300 уч. + Хозкорпус	6,461	0,172	50	40	0,157
12	Жилой дом 3 этажа, 12 квартир	3,191	0,096	40	20	0,050
13	Школа на 300 уч. + Хозкорпус + Школа-интернат + Жилой дом 3 этажа + 2 жилых дома 2 этажа + магазин + администрация	20,381	0,577	100	57	0,895
14	Жилой дом 4 этажа, 16 квартир	3,591	0,111	40	25	0,063
15	Все потребители	23,973	0,6877	100	100	1,570
	Итого					3,959

Потери тепловой энергии Q_y , связанные с утечками из тепловой сети, определяем по формуле [6]:

$$Q_y = a \cdot V_c \cdot \rho \cdot C [(t_n + t_0)/2 - t_{хв}] \cdot 24 \cdot Z \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/год}, \quad (1.18)$$

где $a \cdot V_{\text{уч.сумм}}$ – часовая доля потерь теплоносителя (0,0025) от объема двухтрубной сети, м³/ч;

ρ – плотность теплоносителя (сетевой воды) равная 997 кг/м³;

$t_n + t_0/2$ – средняя температура теплоносителя подающего и обратного трубопроводов, принимаем 57,5⁰С;

$t_{хв}$ – температура холодной воды в отопительный период, принимаем 5⁰С;

C – удельная теплоемкость горячей воды, равная 1 ккал/(кг*⁰С);

Z – длительность работы тепловых сетей, принимаем 351 день.

$$Q_y = 0,0025 \cdot 3,959 \cdot 997 \cdot 1 \cdot (57,5 - 5) \cdot 24 \cdot 351 \cdot 10^{-6} = 4,364 \text{ Гкал/год.}$$

Определяем тепловые потери через изолированную поверхность подающей и обратной линий трубопроводов при транспорте теплоносителя.

Количество тепловой энергии, теряемой при транспорте теплоносителя от теплоисточника до потребителя для надземной прокладки определяем по формулам:

$$Q_{\text{нп}} = \sum \beta \cdot q_{\text{нп}} \cdot L_{\text{сети}} \cdot Z \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/год}, \quad (1.19)$$

$$Q_{\text{но}} = \sum \beta \cdot q_{\text{но}} \cdot L_{\text{сети}} \cdot Z \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/год}, \quad (1.20)$$

где $Q_{\text{нп}}$, $Q_{\text{но}}$ – среднегодовые тепловые потери подающего и обратного надземных трубопроводов, Гкал/год;

$\Sigma\beta$ – коэффициент, учитывающий потери тепла опорами, арматурой, компенсаторами; принимается 1,25 при надземной прокладке;

$q_{нп}, q_{но}$ – нормы плотности теплового потока, ккал/(м²·час), принимаемые по [7] при средней многолетней температуре воздуха за отопительный период равной -8,44 °С, температурах теплоносителя для этой температуры по температурному графику теплосети 70 и 56,8 °С в прямом и обратном трубопроводах соответственно;

$L_{сети}$ – протяженность тепловой сети, м;

Z – продолжительность работы тепловых сетей, принимаем 8424 часа.

По формулам (1.20; 1.21) определим количество тепловой энергии, теряемой при транспорте теплоносителя для трубопровода D_y 100 мм:

Разница температур теплоносителя и наружного воздуха:

Прямой трубопровод: $\Delta t_{пр} = 70^0 - (-8,44^0) = 78,44$ °С;

Обратный трубопровод: $\Delta t_{обр} = 56,8^0 - (-8,44^0) = 62,24$ °С;

Нормы плотности теплового потока через изоляцию, ккал/(м²·час), при расчетной разнице температур при надземной прокладке для трубопровода $D_y = 100$ мм:

$q_{нп} = 25,24$ ккал/(м²·час)

$q_{но} = 19,32$ ккал/(м²·час)

Количество тепловой энергии, теряемой при транспорте теплоносителя от теплоисточника до потребителя для участка №1:

$Q_{нп} = 25,24 \cdot 1,25 \cdot 100 \cdot 8424 \cdot 10^{-6} = 29,558$ Гкал/год;

$Q_{но} = 19,32 \cdot 1,25 \cdot 100 \cdot 8424 \cdot 10^{-6} = 20,334$ Гкал/год.

Тепловые потери для трубопроводов других диаметров и участков определяем аналогично, результаты расчетов сводим в таблицу 1.10.

Таблица 1.10 – Тепловые потери в трубопроводах

№ уч.	Наименование потребителей	$D_{вн},$ мм	$l_{уч},$ м	прямой трубопровод		обратный трубопровод		Итого $Q_n,$ Гкал/год
				$q_{нп},$ ккал/(м ² ·час)	$Q_{нп},$ Гкал/год	$q_{но},$ ккал/(м ² ·час)	$Q_{но},$ Гкал/год	

1	Администрация	40	40	25,24	26,578	19,32	20,344	46,922
2	Магазин	32	15	17,26	4,544	13,22	3,479	8,023
3	Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	40	20	25,24	15,149	19,33	11,600	26,749
4	Жилой дом 2 этажа, 8 квартир + магазин + администрация	40	45	17,26	3,635	13,22	2,783	6,418
5	Жилой дом 2 этажа, 8 квартир	40	20	18,6	0,979	14,24	0,750	1,729
6	2 жилых дома 1 этаж + магазин + администрация	50	55	18,6	7,834	14,24	5,999	13,833
7	Школа-интернат на 45 мест	50	60	14,28	4,511	10,93	3,454	7,965
8	Школа-интернат на 45 мест + 2 жилых дома 1 этаж + магазин + администрация	80	50	23,58	12,415	18,06	9,506	21,921
9	Хозкорпус	32	30	18,6	11,751	14,24	8,998	20,750
10	Школа на 300 уч.	50	5	18,6	10,772	14,24	8,248	19,020
11	Школа на 300 уч. + Хозкорпус	50	40	17,26	3,635	13,22	2,783	6,418
12	Жилой дом 3 этажа, 12 квартир	40	20	17,26	8,179	13,22	6,262	14,441
13	Школа на 300 уч. + Хозкорпус + Школа-интернат + Жилой дом 3 этажа + 2 жилых дома 2 этажа + магазин + администрация	100	57	17,26	3,635	13,22	2,783	6,418
14	Жилой дом 4 этажа, 16 квартир	40	25	14,28	2,256	10,93	1,727	3,983
15	Все потребители	100	100	17,26	7,270	13,22	5,567	12,836
								217,426

Общий объем потерь тепла в тепловых сетях определяем по формуле [6]:

$$Q_{mc}^{nom} = Q_y + Q_{ин} + Q_{но} = 4,364 + 217,426 = 221,79 \text{ Гкал/год}$$

$$= 0,026 \text{ Гкал/час.} \quad (1.21)$$

1.9. Расход тепла на собственные нужды котельной

Потери тепла на собственные нужды котельной отсутствуют: котельная работает в автоматическом режиме без постоянного пребывания обслуживающего персонала; режим работы котла - непрерывный (во время отопительного сезона гашение и повторный розжиг котла не требуется).

Источником водоснабжения для подпитки системы котлового и отопительного контура служит хозяйственно-питьевой водопровод. Вода котлового контура умягчается фильтром тонкой очистки типа «Гейзер». Качество воды удовлетворяет требованиям санитарно-гигиенических норм и техническим требованиям производителя котельной ООО «СМП-95». Места для отдыха персонала, холодное водоснабжение, канализация, кондиционирование воздуха, окна не предусмотрены.

1.10. Выбор котлов

На основании полученных расчетных данных по тепловым нагрузкам потребителей и потерям тепловой энергии в сетях выполним выбор котловых агрегатов в составе модульной автоматической котельной. Для котельной принимаем два котельных агрегата, один – рабочий, второй – резервный.

Расчетная тепловая нагрузка потребителей:

$$Q_{\text{потр}} = Q_{\text{ov}}^p + Q_{\text{в}}^p + Q_{\text{гвс}}^{\text{макс}} = 0,4714 + 0,054 + 0,1348 = 0,66 \text{ Гкал/час} \quad (1.22)$$

Потери тепла в тепловых сетях:

$$Q_{\text{пот}}^{\text{тс}} = 0,026 \text{ Гкал/час:}$$

Требуемая минимальная мощность одного котлового агрегата (с учетом 10 % запаса по мощности):

$$Q_{\text{потр}} = 1,2 \cdot (Q_{\text{потр}} + Q_{\text{пот}}^{\text{тс}}) = 1,1 \cdot (0,66 + 0,026) = 0,754 \text{ Гкал/час или } 0,858 \text{ МВт.}$$

К установке в котельной выбираем котлоагрегаты «ТУРБОТЕРМ» КВа-1,0 тепловой мощностью с комбинированными горелками 40D17 фирмы «Riello».

1.11. Расчет потребности в топливе

Расход условного топлива определяем по формуле [5]

$$V_{y.t.} = b_{y.t.}^T \cdot Q_{год} = b_{y.t.}^T \cdot (Q_0^{год} + Q_B^{год} + Q_{ГВС}^{год} + Q_{пот}^{год}) \text{ кг у.т.}, \quad (1.23)$$

где $Q_{год}$ – количество отпущенной потребителям котельной теплоты, Гкал;

$b_{y.t.}^T$ – удельный расход условного топлива на выработку теплоты в котельной без учета потерь во внутренних коммуникациях;

$$b_{y.t.}^m = \frac{10^6}{7000\eta_k} = \frac{142,8}{\eta_k} = \frac{142,8}{0,92} = 155,22 \text{ кг у.т./Гкал}, \quad (1.24)$$

где η_k – КПД брутто котельной принимаем 92% по паспортным данным.

$$V_{y.t.} = 155,22 \cdot (1189,382 + 55,258 + 419,471 + 221,79) \cdot 10^{-3} = 155,22 \cdot 1885,893 = 292,728 \text{ т у.т.}$$

Расход натурального топлива определяем по [5].

Пересчет условного топлива в натуральное выполним в соответствии с характеристикой топлива и значением его калорийного эквивалента:

$$V_{нат} = \frac{V_{y.t.}}{\mathcal{E}}, \text{ тн. т.}, \quad (1.25)$$

где $V_{нат.}$, $V_{y.t.}$ – потребность котельной в топливе соответственно натуральном и условном;

\mathcal{E} – калорийный эквивалент топлива, определяемый по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{Q_n^p}{Q_{n.y.t.}^p}, \quad (1.26)$$

где Q_n^p , $Q_{n.y.t.}^p$ – соответственно низшая теплота сгорания натурального и условного топлива, ккал/кг.

Расход натурального топлива в год

$$V_{нат} = \frac{292,728 \cdot 7000}{7950} = 257,747 \text{ тыс м}^3$$

1.12. Основное оборудование.

Водогрейная газовая котельная выполнена по ТУ 4938-001-36301556-2006.

В соответствии с заданием на проектирование в котельном зале предусмотрена установка следующего оборудования:

- котлоагрегаты «**ТУРБОТЕРМ**» **КВа-1,0** (К1.1-К1.2) с комбинированными горелками 40D17 фирмы «**Riello**»;
- котловые насосы **Rio 80-100D** (К2.1, К2.2), производства германской фирмы «**KSB**»;
- насосы сетевого контура **Etaline 40-160/222 GN11** (К3.1-К3.2), (1 - рабочий, 1 - резервный) производства германской фирмы «**KSB**»;
- подпиточные насосы сетевого контура **Movitec VF 02/06** (К5.1-К5.2), (1- рабочий, 1 - резервный) производства германской фирмы «**KSB**»;
- насос для собственных нужд **Rio 30-100D** (К4), (1 - рабочий) производства германской фирмы «**KSB**»;
- гидропереходник **ГРВ-219-650** (К8) производства фирмы «**СМП-95**»;
- расширительные мембранные баки сетевого контура **Reflex S100L** (К6) емкостью 200 л;
- бак подпитки $V=1\text{м}^3$ (К7);
- трубопроводы воды и топлива с трубопроводной арматурой;
- газоходы;
- приточная и вытяжная вентиляционные установки;
- общекотельный силовой шкаф управления;
- электропроводка, светильники и контрольно-измерительные приборы;
- приборы учета тепла, сигнализации, тепломеханического контроля.

Основные эксплуатационные параметры и технические характеристики котла стального жаротрубного двухходового с реверсивной топкой «**ТУРБОТЕРМ**» КВа-1,0:

1. Мощность номинальная кВт	1000
2. Коэффициент полезного действия, %	92

3. Максимальная температура воды на выходе. °С	95-115
4. Минимальная температура воды на входе. °С	70
5. Габаритные размеры, м. не более	
длина	3118
ширина (диаметр)	1385
высота	1500
6. Водяной объем, м ³	1,50
7. Гидравлическое сопротивление, кПа	8-11
8. Противодействие в топке котла,	4,0
Основное топливо для котельной – природный газ, аварийное топливо –	

дизельное.

Работа котельной полностью автоматизирована. Постоянного присутствия оперативного персонала не требуется.

Схема котельной – закрытая, двухтрубная.

Категория потребителей по надежности теплоснабжения и отпуск теплоты – вторая.

Котельная является отдельно стоящим модульным зданием, противопожарный разрыв выполнен в соответствии с нормами проектирования.

1.13. Поверочный гидравлический расчет двухтрубной водяной сети

Цель поверочного расчета – определить потери давления на участках трубопроводов двухтрубной водяной сети и располагаемых напоров на тепловых вводах потребителей. Методика расчета предназначена для действующей сети (известны диаметры трубопроводов и расходы теплоносителей по участкам). Составляем расчетную схему тепловой сети с нанесением на ней длин и диаметров трубопроводов, местных сопротивлений и расчетных расходов теплоносителей по всем участкам сети (см. рис.2). Количество участков на схеме будет зависеть от количества трубопроводов с постоянным расходом воды, таких участков будет четырнадцать. Нумерацию участков ведем с концевого (участок без предшественников) и заканчивается участком, ближайшим к источнику тепла, т.е. котельной. Расход воды

рассчитывается, начиная от концевых участков. Далее рассчитывается расход для тех участков, которые являются предшествующими для концевых.

Результирующим является расход последнего участка – определяющего начало тепловой сети. Для приведенной расчетной схемы в качестве местных сопротивлений учитываем отводы, задвижки, направление движения воды на проходе и ответвлении тройника при разделении потока, переходы с одного диаметра трубы на другой. Для определения местных сопротивлений трубопроводов тепловой сети используем [7., П15.1.]. Данные заносим в таблицу 1.11.

Таблица 1.11. Расчет коэффициентов местных сопротивлений тепловой сети

№ уч	$D_{уч}$, мм	$D_{пред.уч.}$, мм	F_2/F_1	Задвижка/кран	Поворот	Тройник на проход	Тройник на ответвлении	Сужение	Сумма коэффициентов
1	40	40	1,0	0,5		1			1,5
2	32	40	2,6	0,5			1,5	0,15	2,15
3	40	40	1,0	0,5			1,5		2
4	40	50	1,6			1		0,1	1,1
5	40	50	1,6	0,5			1,5	0,1	2,1
6	50	80	2,6			1		0,15	1,15
7	50	80	2,6	0,5			1,5	0,15	2,15
8	80	100	1,6			1		0,1	1,1
9	32	50	4,0		0,3		1,5	0,3	2,1
10	50	50	1,0	0,5		1			1,5
11	50	100	4,0	0,5			1,5	0,3	2,3
12	40	100	6,3	0,5			1,5	0,4	2,4
13	100	100	1,0			1			1
14	40	100	6,3	0,5			1,5	0,4	2,4
15	100	-			0,3				0,3

На основании расчетной схемы составляем файл с исходными данными для проведения поверочного гидравлического расчета с применением ЭВМ [9]. Наименование программы – GIDR. Язык программирования – Паскаль.

Файл содержит данные трех типов:

- числовые значения целого типа (количество и номера участков тепловой сети, количество предыдущих участков, наличие элеваторов у потребителей, присоединенных к конечным участкам);
- числовые значения действительного типа (характеристики участка: внутренний диаметр трубопровода, длина, коэффициент эквивалентной шероховатости, сумма коэффициентов местных сопротивлений, расход сетевой воды, падение напора во внутренних системах у потребителей);
- массивы из элементов целого типа (номера предыдущих участков).

Ниже построчно приводится структура файла.

1-я строка:

$m[1,1]$ – количество участков тепловой сети.

2-я строка:

$m[1,2]$ – плотность сетевой воды, кг/м³;

$m[2,2]$ – вязкость сетевой воды, м²/с;

$m[3,2]$ – располагаемый напор на начальном участке сети, м;

$m[4-6,2]$ – температуры сетевой воды соответственно в подающей, обратной линиях и во внутренней системе теплопотребителя, °С.

3-я строка:

Задается исходная информация для 1-го участка.

$m[1,3]$ – номер участка;

$m[2,3]$ – количество предыдущих участков тепловой сети;

$m[3,3]$ – массив номеров предыдущих участков (если предыдущие участки отсутствуют, то можно ограничиться одним элементом массива - $m[3,3] = 0$);

$m[4,3]$ – внутренний диаметр трубопровода на участке, м;

$m[5,3]$ – длина участка, м;

$m[6,3]$ – коэффициент эквивалентной шероховатости, мм;

$m[7,3]$ – сумма коэффициентов местных сопротивлений на участке;

$m[8,3]$ – расход сетевой воды на участке, т/ч;

$m[9,3]$ – сопротивление внутренней системы теплопотребителя, м;

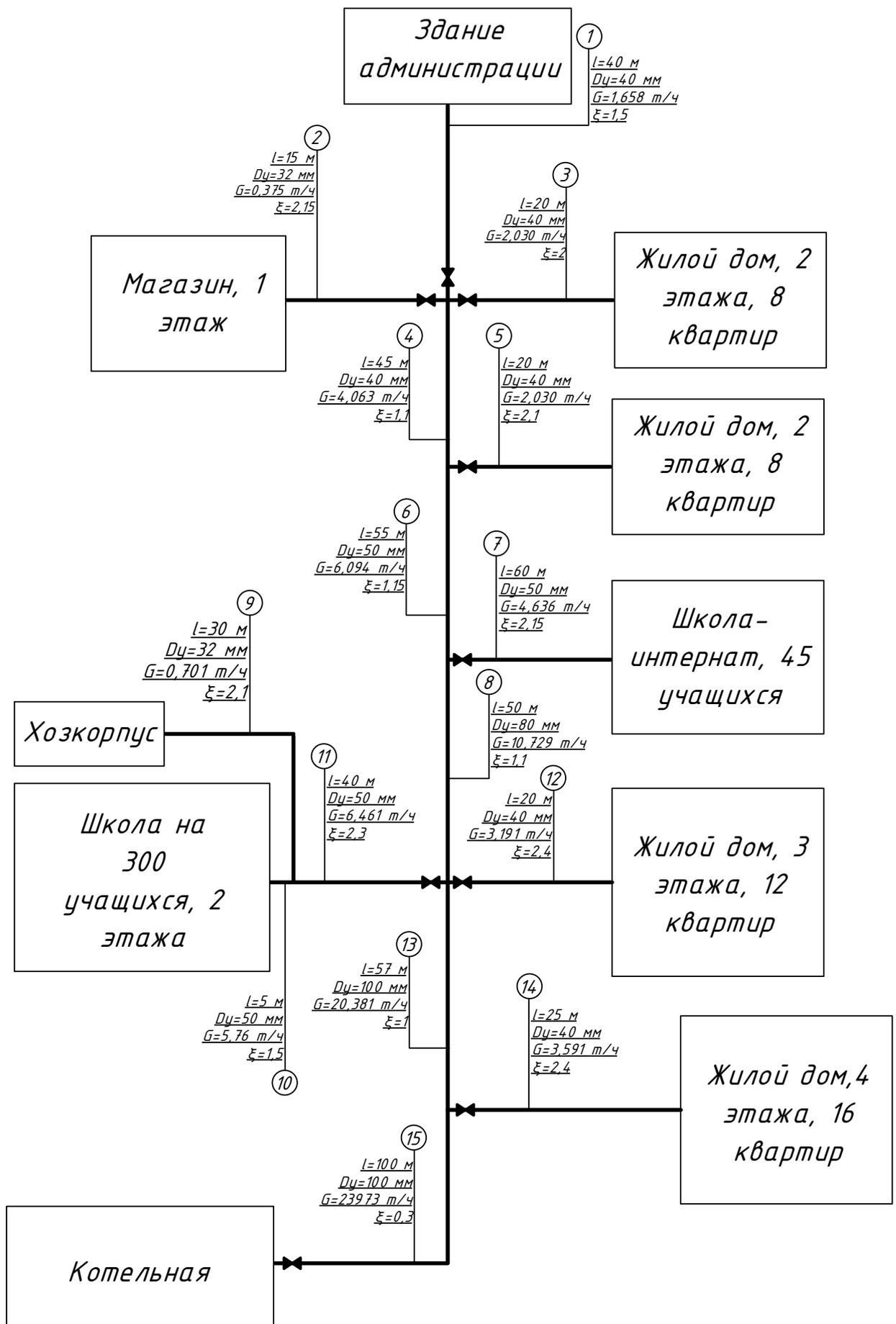


Рисунок 2 – Схема тепловой сети для гидравлического расчета.

m[10,3] – задается тип присоединения потребителей к конечным участкам (0 – безэлеваторное присоединение, 1 – элеваторное).

4-я – 9-я строки содержат информацию о характеристиках участков №№ 2–7.

Порядок их формирования аналогичен структуре 3-й строки.

Файл с исходными данными

15									
997	$0,479 \cdot 10^{-6}$	20	95	70	95				
1	0	0	0,04	40	0,7	1,5	1,658	0	0
2	0	0	0,032	15	0,7	2,15	0,375	0	0
3	0	0	0,04	20	0,7	2	2,03	0	0
4	3	1 2 3	0,04	45	0,7	1,1	4,063	0	0
5	0	0	0,04	20	0,7	2,1	2,03	0	0
6	2	4 5	0,05	55	0,7	1,15	6,094	0	0
7	0	0	0,05	60	0,7	2,15	4,636	0	0
8	2	6 7	0,08	50	0,7	1,1	10,729	0	0
9	0	0	0,032	30	0,7	2,1	0,701	0	0
10	0	0	0,05	5	0,7	1,5	5,76	0	0
11	2	9 10	0,05	40	0,7	2,3	6,461	0	0
12	0	0	0,04	20	0,7	2,4	3,191	0	0
13	3	8 11 12	0,1	57	0,7	1	20,381	0	0
14	0	0	0,04	25	0,7	2,4	3,591	0	0
15	2	13 14	0,1	100	0,7	0,3	23,973	0	0

В процессе выполнения программы создается выходной файл с результатами в табличном виде. Результаты расчета выводятся в выходной файл (см. табл. 1.12-1.13). В таблице 1 приводятся основные геометрические характеристики, расход и скорость воды на участках. В таблице 2 выводятся потери напора на участках нарастающим итогом от источника теплоснабжения, располагаемые потери напора в конце участков.

G:\ФПК\ТП55\SURG\GIDR
 Date: 18/5/2017
 Time: 12:44:52

Таблица исходных данных

Табл. 1.13

N уч-ка	Диаметр dy м	Длина L м	Сум. коэф. местн.сопр. -	Расход воды Gсв т/ч	Скорость w м/с
1	0.040	40.0	1.5	1.658	0.368
2	0.032	15.0	2.2	0.375	0.130
3	0.040	20.0	2.0	2.030	0.450
4	0.040	45.0	1.1	4.063	0.901
5	0.040	20.0	2.1	2.030	0.450
6	0.050	55.0	1.1	6.094	0.865
7	0.050	60.0	2.2	4.636	0.658
8	0.080	50.0	1.1	10.729	0.595
9	0.032	30.0	2.1	0.701	0.243
10	0.050	5.0	2.3	5.760	0.917
11	0.050	40.0	1.5	6.461	1.016
12	0.040	20.0	2.4	3.191	0.707
13	0.100	57.0	1.0	20.381	0.748
14	0.040	25.0	2.4	3.591	0.796
15	0.100	100.0	0.3	23.973	0.875

Таблица результатов гидравлического расчета

Табл. 1.14

N уч-ка	Поправ. коэф-т b	Расч. знач. уд. потерь Rл	Потери напора на участке				dH от ист-ка dHi	dH расп. в конце уч-ка dHi
i	-	мм/м	dHл м	dHм м	dHс м	dH2с м	м	м
1	1.13	8.14	0.326	0.010	0.336	0.672	13.474	6.526
2	1.14	1.45	0.022	0.002	0.024	0.047	12.849	7.151
3	1.13	12.11	0.242	0.021	0.263	0.526	13.327	6.673
4	1.13	46.63	2.099	0.045	2.144	4.288	12.802	7.198
5	1.13	12.11	0.242	0.022	0.264	0.528	9.041	10.959
6	1.12	32.22	1.772	0.044	1.816	3.632	8.514	11.486
7	1.12	18.65	1.119	0.047	1.166	2.333	7.214	12.786
8	1.11	8.65	0.433	0.020	0.452	0.905	4.881	15.119
9	1.14	4.84	0.145	0.006	0.152	0.303	8.082	11.918
10	1.12	36.22	0.181	0.098	0.279	0.559	8.338	11.662
11	1.12	44.51	1.780	0.121	1.901	3.802	7.779	12.221
12	1.13	28.77	0.575	0.061	0.636	1.273	5.249	14.751
13	1.11	10.04	0.572	0.028	0.601	1.202	3.977	16.023
14	1.13	36.43	0.911	0.077	0.988	1.976	4.751	15.249
15	1.11	13.76	1.376	0.012	1.387	2.775	2.775	17.225

1.14. Построение пьезометрического графика

На основании результатов гидравлического расчета строим пьезометрический график главной магистрали для участков №№ 1, 4, 6, 8, 13, 15 (см. рис.2). На горизонтальной оси графика откладываем длину сети в метрах, на вертикальной напоры в м в.ст.:

Начальную точку 0 принимаем в нейтральной точке у всасывающего патрубка сетевого насоса такой, чтобы обратная линия располагалась на 3-5 м выше наиболее высоко расположенных зданий. Оптимальное значение начальной точки составляет 16 м.в.ст. - горизонтальное расположение магистрали трубопроводов, самое высокое здание 4 этажа.

- откладываем высоту всасывания $H_{вс}$ сетевых насосов от оси трубопровода: 16 м в.ст.;
- откладываем напор сетевых насосов $\Delta H_{сн}$, с учетом потерь напора в подогревателях сетевой воды ($\Delta H_{тпу} = 15$ м в.ст.);
- на основании результатов гидравлического расчета (табл.2) строим линии напоров в подающем и обратном трубопроводах главной магистрали;
- определяем значения, по которым будем выстраивать линии напоров;

для подающего трубопровода:

$$15: 17,225+(2,775/2)+16 =34,611 \text{ м}$$

$$13: 16,023+(3,977/2)+16 =34,012 \text{ м}$$

$$8: 15,119+(4,881/2)+16 =33,56 \text{ м}$$

$$6: 11,486+(8,514/2)+16 =31,743 \text{ м}$$

$$4: 7,198+(12,802/2)+16 =29,599 \text{ м}$$

$$1: 6,256+(13,474/2)+16 =28,993 \text{ м}$$

для обратного трубопровода:

$$16+1,387 = 17,387 \text{ м}$$

$$17,387+0,601= 17,988 \text{ м}$$

$$17,988+0,452=18,44 \text{ м}$$

$$18,44+1,816=20,256 \text{ м}$$

$$20,256+2,144=22,4 \text{ м}$$

$$22,4+0,336=22,736 \text{ м}$$

- на графике показываем значения располагаемых напоров (перепадов давления);

- выбираем величину статического давления и на пьезометрическом графике наносим линию статического напора.

Необходимый располагаемый напор сетевых насосов определяем по формуле:

$$\Delta H_{\text{сн}} = \Delta H_{\text{тпу}} + \Delta H_{\text{рс}} + \Delta H_{\text{вв}}, \text{ мв.ст.}, \quad (2.1)$$

где $\Delta H_{\text{тпу}}$ – потери напора в подогревателях сетевой воды;

$\Delta H_{\text{рс}}$ – потери напора в расчетной магистрали тепловой сети, м в.ст.,

$\Delta H_{\text{вв}}$ – располагаемый напор на вводе потребителя, мв.ст.

$$\Delta H_{\text{сн}} = 15 + 34,611 = 49,611 \text{ м вод.ст.}$$

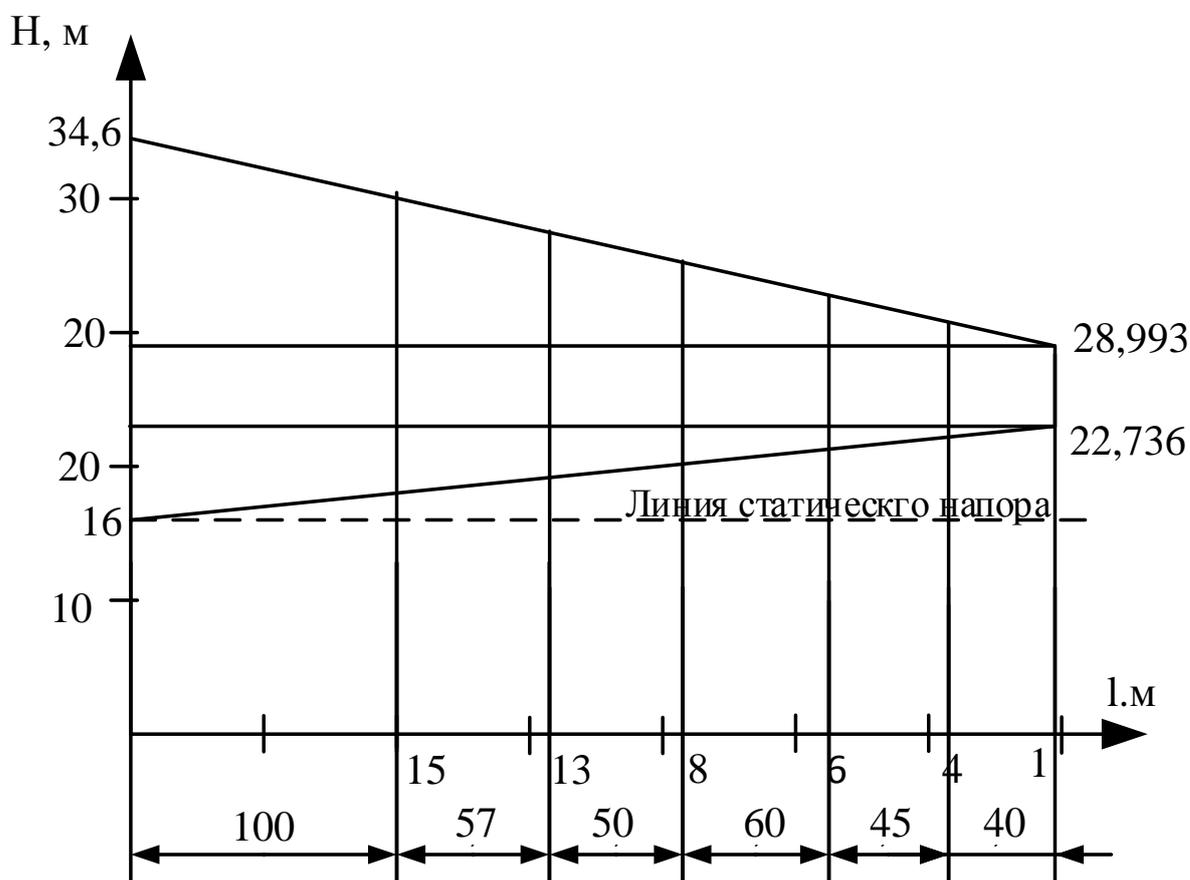


Рисунок 3 – Пьезометрический график главной магистрали

1.15. Выбор сетевых и котловых насосов

Проверим установленные в котельной котловые и сетевые насосы по производительности и напору.

Насосы котлового контура «KSB» **Rio 80-100D** с напором до 10 метров и производительностью до 40 м³/ч. Данные насосы поставляются в комплекте с котельным агрегатом

- насосы сетевого контура **Etaline 80-160/1102** с напором до 80 м и производительностью до 50 м³/ч.

При необходимом напоре в 49,611 м.в.ст. и расходе сетевой воды в 23,973 м³/час насосы котлового и сетевого контуров в пределах регулирования системы управления производительностью насоса (частотный привод).

2. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В данной части работы определим затраты на разработку и выполнение данного проекта - реконструкции водогрейной котельной села Пудовка, предусматривающей замену старой угольной котельной на автономный источник теплоснабжения с газовым оборудованием – модульную автоматическую газовую котельную. Проектом также предусматривается расширение тепловой сети котельной с увеличением числа потребителей тепловой энергии

Для новой котельной рассчитаем технико-экономические показатели, объём капитальных вложений в строительство котельной, а также определим эксплуатационные затраты. Рассчитав себестоимость тепловой энергии, получаемой от новой котельной, оценим перспективы снижения тарифа на тепловую энергию для потребителей.

2.1. Планирование работ по проектированию и определение трудоемкости проектных работ

Для расчета заработной платы персонала, занятого проектированием, составляем перечень основных этапов выполняемых проектных работ с оценкой затраченного времени на каждый из этапов (см. табл. 2.1).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.					Лит.	Лист	Листов
Руков.						40	71
Консультант							
Н.контр.							
Финансовый менеджмент							

Таблица 2.1 – Трудозатраты на выполнение проектных работ

№ этапа	Наименование работы	Исполнитель	кол-во раб. дней
1	Выдача и получение задания	Научный руководитель	1
		Инженер	1
2	Подбор необходимой методической литературы, источников информации	Инженер	3
3	Сбор информации об объекте проектирования, тепловых потребителях в районе котельной	Инженер	3
4	Уточнение технических характеристик потребителей тепловой энергии, существующих тепловых сетях в районе проектирования	Инженер	2
5	Определение контруктивного исполнения котельной, места установки модулей котельной, возможностей прокладки теплотрасс и подключения новых потребителей	Научный руководитель	1
		Инженер	3
6	Расчет тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение	Инженер	9
7	Расчет расходов сетевой воды на проектируемую тепловую сеть	Инженер	4
8	Определение годовых расходов тепловой энергии на теплоснабжение потребителей	Инженер	2
9	Расчет тепловых потерь при транспорте теплоносителя	Инженер	7
10	Анализ полученных расчетных данных и подбор котловых агрегатов под расчетную тепловую нагрузку потребителей.	Научный руководитель	1
		Инженер	2
11	Расчет потребности в топливе	Инженер	1
12	Гидравлический расчет тепловых сетей	Инженер	2
13	Проверка расчётной части проекта	Научный руководитель	1
		Инженер	2
14	Оценка экономической эффективности реконструкции котельной	Научный руководитель	1
		Инженер	3
15	Подготовка пояснительной записки	Инженер	9
16	Оформление графической части проекта	Инженер	7
17	Проверка и сдача проекта	Научный руководитель	1
Итого трудозатрат:		Научный руководитель	6
		Инженер	60

2.2. Смета затрат на проектирование

Затраты, за счёт которых образуется себестоимость проекта по формул.:

$$K_{np} = K_{mat} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{со} + K_{пр} + K_{накл}, \text{ руб, где} \quad (2.1)$$

K_{mat} – материальные затраты, принимаем в размере 1000 рублей. Затраты представлены расходами на приобретение канцелярских товаров;

$K_{ам}$ – амортизационные отчисления, связанные с использованием оргтехники

$K_{з/пл}$ – затраты на заработную плату работников, участвующих в разработке проекта (научный руководитель и инженер);

$K_{со}$ – отчисления на социальные нужды (отчисления), принимаются в размере 30 % от заработной платы работников;

$K_{пр}$ – прочие затраты, которые принимаются в размере 10 % от суммы вышеприведенных затрат;

$K_{накл}$ – накладные расходы. Принимаются в размере 200 % от $K_{з/пл}$.

К таким затратам можно отнести:

2.2.1. Расчет заработной платы

Расчёт заработной платы производим по формуле:

$$zn = \frac{ЗПо \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot X}{21} \quad (2.2)$$

где: $ЗПо$ – месячный оклад; k_1 - коэффициент за отпуск, равный 1,1; k_2 - районный коэффициент, равный 1,3; 21 - количество рабочих дней в месяце; X - количество рабочих дней затраченных на проект (таблица 2.1).

Для научного руководителя: Месячный оклад – 26300 руб.

$$zn_{рук} = \frac{26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3}{21} \cdot 6 = 10745 \text{ руб}$$

Для инженера: Месячный оклад – 17000 руб.

$$zn_{инж} = \frac{17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3}{21} \cdot 6 = 69457 \text{ руб}$$

Итого фонд заработной платы: $K_{з/пл} = 10745 + 69457 = 80202$ руб.

2.2.2. Расчёт отчислений на социальные нужды

Размер отчислений на социальные нужды (единый социальный налог) составляет 30% от $K_{з/пл}$.

Сумма начислений на социальные нужды составляет:

$$K_{со} = K_{з/пл} \cdot 0,3 \quad (2.3)$$

$$K_{со} = 80202 \cdot 0,3 = 24061 \text{ руб.}$$

2.2.3. Амортизационные отчисления

Амортизационные отчисления образуются за счёт износа имеющихся основных средств производства. Амортизационные отчисления считаем по следующей формуле:

$$K_{AM} = \frac{T_{И}}{T_{кал}} \cdot C_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}}, \text{ где} \quad (2.4)$$

$C_{кт}$ - первоначальная стоимость оборудования (компьютера). Принимаем $C_{кт} = 25000$ руб;

$T_{И}$ - количество дней использования оборудования;

$T_{исп}$ – количество календарных дней в году;

$T_{сл}$ – срок службы оборудования (компьютера). Принимаем $T_{сл} = 5$ лет

$$K_{AM} = \frac{60}{365} \cdot 25000 \cdot \frac{1}{5} = 822 \text{ руб}$$

2.2.4. Прочие расходы

Прочие неучтенные прямые затраты включают в себя все расходы связанные с не предусмотренными в предыдущих статьях, платежи по страхованию, оплата услуг связи, представительские расходы, затраты на ремонт и прочее. Принимаем размер прочих затрат как 10% от суммы всех ранее рассчитанных расходов.

Расчет прочих затрат производится по формуле:

$$K_{ПП} = 0,1 \cdot (K_{з/пл} + K_{со} + K_{AM} + K_{mat}) \quad (2.5)$$

$$K_{ПП} = 0,1 \cdot (80202 + 24061 + 822 + 1000) = 10609 \text{ руб}$$

2.2.5. Накладные расходы

Принимаем 200% от фонда заработной платы и включают в себя затраты на хозяйственное обслуживание помещения, обеспечение нормальных условий труда, оплату за энергоносители и другие косвенные затраты.

$$K_{\text{накл}} = 2,0 \cdot K_{\text{з/пл}}$$

$$K_{\text{накл}} = 2,0 \cdot 80202 = 160404 \text{ руб.} \quad (2.6)$$

2.2.6. Составление сметы затрат на проектирование

Смета затрат на проектирование представлена в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Смета затрат

Вид расходов	Стоимость, руб
Заработная плата, $K_{\text{з/пл}}$	80202
Отчисления в социальные фонды, $K_{\text{со}}$	24061
Материальные затраты, $K_{\text{мат}}$	1000
Амортизация, $K_{\text{ам}}$	822
Прочие расходы, $K_{\text{пр}}$	10609
Накладные расходы, $K_{\text{накл}}$	160404
Итого, $K_{\text{проект}}$:	277098

2.2.7. Смета затрат на реконструкцию котельной

В смету затрат на реконструкцию котельной включаются капитальные вложения на приобретение оборудования и материалов, а также затраты на строительные-монтажные работы и прочие, сопутствующие строительству, затраты. Комплекс пуско-наладочных работ для модульного оборудования котельной не велик и включен в объем строительные-монтажных работ. Прочие затраты, как правило, связаны с транспортировкой оборудования и материалов к месту строительства, организация хранения и других, небольших по объёму, сопутствующих строительству затрат.

Капитальные вложения в строительство котельной представим в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Оценка капитальных затрат на источник теплоснабжения.

№, п/п	Наименование Тип	Цена за единицу, руб	Кол-во, шт.	Стоимость, руб.
1	Котельный агрегат Турботерм КВа-1,0	450000	2	900000
2	Сетевой насос Etaline 40-160/222	65000	2	130000
3	Подпиточный насос Movitec VF 02/06	28000	2	56000
4	Насос на собственные нужды Rio 30-100D	22000	1	22000
5	Расширительный бак Reflex S100L	40000	1	40000
6	Бак подпитки	30000	1	30000
7	Гидропереходник ГРВ-219-650	120000	1	120000
8	Топливный бак под ДТ 3 м ³	70000	1	70000
9	Здание модульное	300000	1	300000
Сумма				1668000

Затраты на вспомогательное оборудование котельной, не представленного в таблице 2.3, принимаем равными 15% от стоимости основного оборудования.

$$Z_{всп} = 0,15 \cdot Z_{осн} \quad (2.7)$$

$$Z_{всп} = 0,15 \cdot 1668000 = 250200 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты на оборудования составят:

$$K_{об} = Z_{осн} + Z_{всп} \quad (2.8)$$

$$K_{об} = 1668000 + 250200 = 1918200 \text{ руб.}$$

Затраты на строительные-монтажные работы принимаются равными 15% от стоимости оборудования, прочие расходы составляют 10% от стоимости оборудования.

$$K_{смп} = 0,2 \cdot K_{об} \quad (2.9)$$

$$K_{смп} = 0,2 \cdot 1918200 = 383640 \text{ руб.}$$

$$K_{np} = 0,1 \cdot K_{об} \quad (2.10)$$

$$K_{np} = 0,1 \cdot 1918200 = 191820 \text{ руб.}$$

Суммарные капитальные затраты составляют:

$$K = K_{об} + K_{смп} + K_{np} \quad (2.11)$$

$$K = 1918200 + 383640 + 191820 = 2493660 \text{ руб.}$$

Структуру капитальных затрат представим в таблице 2.4

Таблица 2.4 - Структура капитальных затрат на котельную

Затраты	Сумма, тыс. руб
Стоимость оборудования	1918,2
Стоимость строительно-монтажных работ	383,64
Прочие затраты	191,82
Сумма	2493,66

2.3. Расчет технико-экономических показателей

2.3.1. Технико-экономические показатели котельной

Технико-экономические показатели подразделяются на количественные и качественные. Под количественными показателями понимают расчетную производительность котельной, установленную мощность котельной и годовой отпуск тепла потребителям района. Количественные показатели представим в виде баланса расхода тепловой энергии котельной в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Баланс расхода тепловой энергии на котельной

Характеристика	Значение
Производительность одного котла, МВт/Гкал/час	1,0/0,88
Подключенная тепловая нагрузка потребителей, Гкал/час	0,66
Тепловые потери в сетях, Гкал/час	0,026
Количество отпущенной тепловой энергии, Гкал/час	0,686
Количество тепловой энергии на собственные нужды котельной, МВт	0

Выработка тепловой энергии котельной, Гкал/час	0,686
------------------------------------------------	-------

К качественным технико-экономическим показателям источника теплоснабжения относят число часов использования установленной мощности, коэффициенты загрузки и коэффициенты полезного действия.

Число часов использования установленной мощности в год определим по формуле:

$$h_{уст} = \frac{Q_{год}^{выр}}{Q_{уст} \cdot 3600}, \quad (2.12)$$

где $Q_{год}^{выр}$ - годовая выработка теплоты, МДж/год;

$$Q_{год}^{выр} = 1885,893 \text{ Гкал/год или } 7895856,8 \text{ МДж/год}$$

$Q_{уст}$ - суммарная установленная мощность котельного оборудования, МВт. $Q_{уст} = 2,0 \text{ МВт}$

$$h_{уст} = \frac{7895856,9}{2 \cdot 3600} = 1096,6 \text{ ч}$$

Столь низкое число часов использования установленной мощности, в первую очередь, связано с нахождением одного из котлов в резерве, а также наличием запаса по мощности.

Коэффициент использования установленной мощности определим по формуле:

$$k_u = \frac{Q_{год}^{выр}}{Q_{уст} \cdot 3600 \cdot 8760}, \quad (2.13)$$

$$k_u = \frac{1096,6}{8760} = 0,125$$

Коэффициент полезного действия котловых агрегатов, при соблюдении всех требований по эксплуатации оборудования котельной, согласно паспортным данным на котельный агрегат, составляет 92 %.

Таблица 2.6 – Оценка капитальных затрат на источник теплоснабжения

№, п/п	Наименование Тип	Цена за единицу, руб	Кол-во, шт.	Стоимость, руб.
1	Котельный агрегат Турботерм КВа-1,0	450000	2	900000
2	Сетевой насос Etaline 40-160/222	65000	2	130000
3	Подпиточный насос Movitec VF 02/06	28000	2	56000
4	Насос на собственные нужды Rio 30-100D	22000	1	22000
5	Расширительный бак Reflex S100L	40000	1	40000
6	Бак подпитки	30000	1	30000
7	Гидропереходник ГРВ-219-650	120000	1	120000
8	Топливный бак под ДТ 4 м ³	70000	1	70000
9	Здание модульное	300000	1	300000
Сумма				1668000

Затраты на вспомогательное оборудование котельной, не представленного в таблице 2.6, принимаем равными 15% от стоимости основного оборудования.

$$Z_{всп} = 0,15 \cdot Z_{осн} \quad (2.14)$$

$$Z_{всп} = 0,15 \cdot 1668000 = 250200 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты на оборудования составят:

$$K_{об} = Z_{осн} + Z_{всп} \quad (2.15)$$

$$K_{об} = 1668000 + 250200 = 1918200 \text{ руб.}$$

Затраты на строительные-монтажные работы принимаются равными 15% от стоимости оборудования, прочие расходы составляют 10% от стоимости оборудования.

$$K_{смп} = 0,2 \cdot K_{об} \quad (2.16)$$

$$K_{cnp} = 0,2 \cdot 1918200 = 383640 \text{ руб.}$$

$$K_{np} = 0,1 \cdot K_{об} \quad (2.17)$$

$$K_{np} = 0,1 \cdot 1918200 = 191820 \text{ руб.}$$

Суммарные капитальные затраты составляют:

$$K = K_{об} + K_{cnp} + K_{np} \quad (2.18)$$

$$K = 1918200 + 383640 + 191820 = 2493660 \text{ руб.}$$

Таблица 2.7 - Структура капитальных затрат на источник теплоснабжения

Затраты	Сумма, тыс. руб
Стоимость оборудования	1918,2
Стоимость строительно-монтажных работ	383,64
Прочие затраты	191,82
Сумма	2493,66

2.3.2. Расчет эксплуатационных затрат на производство тепловой энергии

Затраты на амортизацию оборудования определяются в процентах от капитальных затрат на оборудование по формуле [10]:

$$\mathcal{E}_{ам} = K_{об} \cdot \frac{H_{ам}}{100}, \quad (2.15)$$

где $H_{ам}$ – норма амортизационных отчислений, принимается равной 6,5 %.

$$\mathcal{E}_{ам} = 1918200 \cdot \frac{6,5}{100} = 124683 \text{ руб}$$

Годовые затраты на топливо определяются по формуле:

$$\mathcal{E}_{топл} = B_n^{зод} \cdot C_m, \quad (2.16)$$

C_m – стоимость 1 м³ попутного газа, принимаем равной 5,46 руб./м³.

$$\mathcal{E}_{топл} = 5,46 \cdot 257747 = 1407298 \text{ руб}$$

Затраты на воду для подпитки тепловой сети:

$$\mathcal{E}_g = G_{\text{подп}}^{\text{зод}} \cdot \mathcal{C}_g = 0,0025 \cdot V_c \cdot Z \cdot \mathcal{C}_g \quad (2.17)$$

\mathcal{C}_g – стоимость 1 м³ воды, для Томской области 36,19 руб./м³.

V_c – объем двухтрубной тепловой сети по таблице 1.8;

Z - длительность работы тепловых сетей, 351 день

$$\mathcal{E}_g = 0,0025 \cdot 3,959 \cdot 351 \cdot 36,19 = 125 \text{ руб}$$

Электроэнергия используется для привода насосов, клапанов и другого оборудования котельной, освещения помещения, привода вентиляторов системы вентиляции. Суммарная потребляемая мощность котельной 50 кВт.

Затраты на электроэнергию определяются по формуле[10]:

$$\mathcal{E}_{\text{эл}} = N \cdot \mathcal{C}_{\text{эл}} = 24 \cdot Z \cdot P_{\text{потр}} \cdot \mathcal{C}_{\text{эл}}, \quad (2.18)$$

Где N – количество потребляемой электроэнергии, кВт·ч;

$\mathcal{C}_{\text{эл}}$ – тариф на электроэнергию, принимается для Томской области 3,1 руб./кВт·ч.

$$\mathcal{E}_{\text{эл}} = 24 \cdot 351 \cdot 50 \cdot 3,1 = 1305720 \text{ руб}$$

Затраты на вспомогательные материалы принимаются равными 1% от стоимости оборудования.

$$\mathcal{E}_{\text{всп.мат}} = 0,01 \cdot K_{\text{об}} \quad (2.19)$$

$$\mathcal{E}_{\text{всп.мат}} = 0,01 \cdot 1918200 = 19182 \text{ руб}$$

Расчет затрат на ремонт принимается в размере 1-3% от суммарных капитальных затрат[10]:

$$\mathcal{E}_{\text{рем}} = 0,01 \cdot K_{\text{об}} \quad (2.20)$$

$$\mathcal{E}_{\text{рем}} = 0,01 \cdot 1918200 = 19182 \text{ руб}$$

Прочие затраты составляют от 1 до 3% от суммы всех затрат.

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = 0,01 \cdot K \quad (2.21)$$

$$\mathcal{E}_{\text{пр}} = 0,01 \cdot 2493660 = 24937 \text{ руб}$$

Все статьи эксплуатационных расходов сводим в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 – Эксплуатационные затраты на производство тепловой энергии

Статьи расходов	Сумма, т.руб	%	Затраты на единицу произведенной тепловой энергии, руб/Гкал
Амортизация	124683	4,298	66,1
Топливо	1407298	48,509	746,2
Вода	125	0,004	0,1
Электроэнергия	1305720	45,007	692,4
Вспомогательные материалы	19182	0,661	10,2
Ремонт	19182	0,661	10,2
Прочие расходы	24937	0,860	13,2
Итого расходов, Э	2901127	100	1538,3

Тариф на тепловую энергию в 2017 в Кривошеинском районе составляет 2000 руб./Гкал. Ввиду того, что все котельные района имеют устаревшее оборудование и работают на угле, расчетный коммерческий тариф (фактически себестоимость производства тепловой энергии старыми угольными котельными) несколько выше утвержденного, около 2400-2600 руб/Гкал, а разница компенсируется из местного и областного бюджетов.

Таким образом, себестоимость производства тепловой энергии с использованием в качестве топлива попутного газа составляет 1538,3 руб/Гкал, что говорит об экономической выгоде использования попутного нефтяного газа в качестве топлива.

Таблица 2.9 – Техничко-экономические показатели систем теплоснабжения до и после реконструкции

Показатель	до реконструкции	после реконструкции
Располагаемая мощность, МВт	≈0,5	2,0

Присоединенная тепловая нагрузка потребителей, Гкал/час	0,202	0,688
Кол-во котлов, марка	Универсал 6 -2 шт.	ТУРБОТЕРМ-1000 – 2 шт.
КПД котельной, %	65	92

Продолжение таблицы 2.9

Показатель	до реконструкции	после реконструкции
Расход топлива, тн/год (тыс м ³ /год)	300,0*	231,625
Протяженность т/сетей в 2-х трубном исчислении, км	0,207	0,577
Потери в сетях, Гкал/год	114,24	221,79
Потери на собственные нужды источника, Гкал/год	51,0	0,0

*Фактическое значение затрат котельной на топливо в 2015 году

Следует отметить, что провести более подробный сравнительный анализ затрат на теплоснабжение до и после реконструкции котельной и сетей теплоснабжения достаточно проблематично по нескольким причинам:

- отсутствие данных по некоторым статьям затрат. Например, сложно определить объем потребляемой старой котельной электроэнергией, т.к. она не оборудована собственным узлом учета электроэнергии. Сложно оценить трудозатраты на обслуживание, т.к. персонал, занятый в обслуживании старой котельной, обременен дополнительными обязанностями по обслуживанию хозяйства теплоснабжающего предприятия, а штатное расписание на новую котельную не утверждено (возможно, что контроль за работой котельной будет выведен на пульт диспетчера тепловых сетей села, плановые ремонты и обходы оборудования котельной будут производиться имеющимся персоналом после повышения квалификации).
- существенная разница между объемами производимой тепловой энергии и количестве присоединенных потребителей тепловой энергии, старой и новой котельной.
- частые, непрогнозируемые, отклонения работы старой котельной от температурного графика, связанные с ручной подачей топлива.

2.3.3. Расчет экономической эффективности проекта и срока его окупаемости

Определим годовой экономический эффект от реализации тепловой энергии потребителям от работы новой котельной по утвержденному тарифу:

$$\mathcal{E}_{год} = \mathcal{C}_T \cdot (Q_0^{год} + Q_в^{год} + Q_{ГВС}^{год}), \text{ где} \quad (2.22)$$

$\mathcal{C}_T = 2000$ руб/Гкал – тариф а тепловую энергию для потребителей с.

Пудовка.

$Q_0^{год}$, $Q_в^{год}$, $Q_{ГВС}^{год}$ – годовое потребление тепловой энергии на отопление, вентиляцию и горячее водоснабжение соответственно

$$\mathcal{E}_{год} = 2000 \cdot (1189,382 + 55,258 + 419,471) = 3328,2 \text{ тыс. руб}$$

Срок окупаемости проекта реконструкции котельной

$$T_{ок} = \frac{K_{проект} + K}{\mathcal{E}_{год} - I_{год}}, \text{ ГОД} \quad (2.23)$$

$$T_{ок} = \frac{277,098 + 2493,66}{3328,2 - 1538,3} = 1,55 \text{ года}$$

В качестве вывода по данной главе можно сказать, что реконструкция котельной с повышением её мощности позволит снизить себестоимость производимой тепловой энергии, окупить капиталовложения в новую котельную за срок в полтора года и в перспективе отказаться от государственного субсидирования тарифа на тепловую энергию.

3.1. Характеристика объекта исследования.

Объектом исследования настоящего проекта является реконструкция старой угольной котельной с заменой на новую, более мощную, газовую автоматическую модульную котельную. Модульная котельная представляет собой здание, состоящее из трех монтируемых на заранее подготовленную площадку или фундамент блоков. Блоки представляют собой каркасные конструкции со стенками из теплоизоляционных панелей, не поддерживающих горение. Теплоизоляция выдерживает воздействие окружающей среды от -45°C до $+60^{\circ}\text{C}$, расчетная температура в помещении $+5^{\circ}\text{C}$.

В здании располагаются котельные агрегаты и вспомогательное оборудование. Котельные агрегаты предназначены для нагрева воды, используемой в качестве теплоносителя в системах отопления и горячего водоснабжения. Технологическая схема, компоновка, оборудование и автоматизация котельной обеспечивают её безопасную эксплуатацию без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

Условия эксплуатации котельной соответствуют климатическому району Ц₄ по ГОСТ 16350.

Основным топливом для котельных агрегатов является природный газ, резервное топливо – дизельное топливо. В здании котельной предусмотрено отдельное помещение с отдельным входом, с установленной в нём ёмкостью для хранения запаса дизельного топлива объёмом 4 м^3 .

В котельной предусмотрено естественное и искусственное рабочее освещение, Напряжение сети рабочего освещения 220 В. Величины освещённости соответствуют СНиП 23-05 «Естественное и искусственное освещение.»

Котельная установка должна обеспечиваться первичными средствами пожаротушения в соответствии с требованиями ППБ01, ГОСТ 12.1.004 ССБТ

Устройство защитного заземления котельной, молниезащиты, прокладка проводов отвечают требованиям ГОСТ 12.1.030, ГОСТ 12.2.007, «Правил устройства электроустановок», РД 34.21.122.

Котельная оснащена сигнализацией, приборами безопасности и регулирования. На пульт управления оператора, а также на контроллеры котельных агрегатов вынесены сигналы (световые, звуковые):

- неисправности основного оборудования;
- сигнал срабатывания главного быстродействующего клапана топливоснабжения;

- срабатывание датчика загазованности

Автоматическое регулирование предусматривает:

- автоматическое регулирование температуры нагреваемой воды на выходе из котла;

- автоматическое регулирование температуры сетевой воды на выходе из котельной по датчику температуры наружного воздуха или уставками вручную по температурному графику.

Автоматика безопасности обеспечивает прекращение подачи топлива и сигнализацию причин аварии при прекращении подачи электроэнергии, а также при отклонении от заданных предельных значений основных технологических параметров:

- понижение давления топливного газа;
- повышение температуры воды на выходе из котлов;
- погасание пламени горелок котлов;
- уменьшение разрежения;
- понижение давления воздуха перед горелкой;
- повышение давления воды на выходе из котельной.

3.2. Анализ выявленных вредных факторов при строительстве и эксплуатации котельной.

Вредный производственный фактор (ВПФ) — такой фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к заболеванию или снижению трудоспособности. Заболевания, возникающие под действием вредных производственных факторов, называются профессиональными.

К ВПФ относятся: неблагоприятные метеорологические условия, запыленность и загазованность воздушной среды, воздействие шума, инфра- и ультразвука, вибрации, наличие электромагнитных полей, лазерного и ионизирующих излучений и др.

Все ОПФ и ВПФ в соответствии с ГОСТ 12.0.003-74 подразделяются по природе действия на следующие группы: физические, химические, биологические, психофизиологические. При этом один и тот же опасный и вредный производственный фактор по природе своего действия может принадлежать одновременно к нескольким группам.

Физические вредные производственные факторы:

- повышенная запыленность и загазованность воздуха рабочей зоны;
- повышенная или пониженная температура поверхностей оборудования, материалов;
- повышенная или пониженная температура воздуха рабочей зоны;
- повышенный уровень шума на рабочем месте;
- повышенный уровень вибрации;
- повышенный уровень инфразвуковых колебаний;
- повышенный уровень ультразвука;
- повышенное или пониженное барометрическое давление в рабочей зоне и его резкое изменение;
- повышенная или пониженная влажность воздуха;
- повышенная или пониженная подвижность воздуха;

- повышенная или пониженная ионизация воздуха;
- повышенный уровень статического электричества;
- повышенный уровень электромагнитных излучений;
- повышенная напряженность электрического поля;
- повышенная напряженность магнитного поля;
- отсутствие или недостаток естественного света;
- недостаточная освещенность рабочей зоны;
- повышенная яркость света;
- пониженная контрастность;
- прямая и отраженная блескость;
- повышенная пульсация светового потока;
- повышенный уровень ультрафиолетовой радиации;
- повышенный уровень инфракрасной радиации;
- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;
- расположение рабочего места на значительной высоте относительно поверхности земли (пола);
- невесомость.

Химические опасные и вредные производственные факторы по характеру воздействия на организм человека могут быть: токсическими, раздражающими, сенсibiliзирующими, канцерогенными, мутагенными, влияющими на репродуктивную функцию. Проникать в организм человека они могут через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, кожные покровы и слизистые оболочки.

Биологические опасные и вредные производственные факторы включают следующие биологические объекты: патогенные микроорганизмы (бактерии, вирусы, риккетсии, спирохеты, грибы, простейшие) и продукты их жизнедеятельности; микроорганизмы (растения и животные).

Психофизиологические опасные и вредные производственные факторы по характеру действия делят на физические перегрузки и нервно-

психические перегрузки. Физические перегрузки, в свою очередь, бывают статическими (длительное сохранение определенной позы) и динамическими (повышенная двигательная активность). Нервно-психические перегрузки могут вызываться умственным перенапряжением, перенапряжением деятельности анализаторов, монотонностью труда и эмоциональными перегрузками.

При строительстве и эксплуатации котельной актуальны следующие вредные производственные факторы:

Химический фактор, загазованность воздуха рабочей зоны.

Источник – топливный газ и дизельное топливо. В котельной возможны негерметичности систем топливоснабжения, отведения выхлопных газов, что может вызвать загазованность в помещении котельной, разливу легковоспламеняющейся жидкости. При воздействии на человека при проникновении в легкие фактор оказывает от седативного действия, слабости, ухудшения координации движений до тяжелых отравлений организма вплоть до летальных. Для исключения действия данного производственного фактора в котельной установлена система контроля загазованности.

Повышенная температура поверхностей оборудования, материалов.

В котельной практически трубопроводы сетевой воды имеют изоляционный слой. Однако имеются участки, которые не покрыты теплоизоляцией, также без теплоизоляции смонтирована и запорная арматура котлового и сетевого контуров. Повышенные температуры материалов также могут быть и при выполнении сварочных или огневых работ при монтаже котельной или демонтаже оборудования старой котельной. Контакт незащищенной кожи человека с поверхностями, разогретыми до 95 °С могут вызвать ожоги кожных покровов различной степени тяжести. При выполнении технического обслуживания и ремонта сетевого оборудования необходимо использовать средства защиты рук, пользоваться спецодеждой.

При разгерметизации трубопровода с горячей водой (аварийно или для плановых работ), необходимо отключить участок отсечной арматурой, сдренировать воду через дренажные краны, дать оборудованию остыть.

Повышенная температура, влажность, подвижность воздуха рабочей зоны.

Во время эксплуатации котельной в помещении, вследствие наличия множества источников тепловых потерь на поверхностях оборудования, может возникнуть температура воздуха, при которой будет некомфортно находиться человеку. Длительное воздействие высокой температуры, особенно в сочетании с повышенной влажностью, может привести к значительному накоплению тепла в организме (гипертермии). При гипертермии наблюдается головная боль, тошнота, рвота, временами судороги, падение артериального давления, потеря сознания. Также длительное воздействие высокой температуры приводит к острой сосудистой патологии – коллапс, шок.

Нормы производственного микроклимата установлены системой стандартов безопасности труда ГОСТ 12.1.005-88 "Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны" и СанПиН 2.24.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений". Они едины для всех производств и всех климатических зон с некоторыми незначительными отступлениями.

Поддержание состояния воздушной среды, благоприятной для пребывания в помещении человека и выполнения технологических процессов обеспечивается за счет осуществления **вентиляции**, т.е. воздухообмена. Основное назначение вентиляции — борьба с вредными выделениями в помещении. К вредным выделениям относятся: избыточное тепло, избыточная влага, различные газы и пары вредных веществ, пыль.

Таблица 3.1. Допустимые параметры воздуха в рабочей зоне производственных помещений.

Сезон года	Категория работ	Температура °С	Относительная влажность, %	Скорость движения воздуха, м/с, не более
Холодный и переходный период года	Легкая (I)	20 - 23	60 - 40	0,2
	Средней тяжести (II)	18 - 20	60 - 40	20
	Тяжелая (III)	16 - 18	60 - 40	30
Теплый период года	Легкая (I)	22 - 25	60 - 40	0,2
	Средней тяжести (II)	21 - 23	60 - 40	30
	Тяжелая (III)	18 - 21	60 - 40	50

Вентиляция производственных помещений осуществляется с использованием вентиляционных систем. В котельной установлена автоматическая приточно-вытяжная вентиляционная система, которая автоматически поддерживает температуру воздуха не более 25 °С. Дополнительным средством вентиляции является возможность естественного притока воздуха через открывающиеся окна.

Повышенный уровень шума на рабочем месте.

В производственных условиях источниками шума являются работающие станки и механизмы, ручные механизированные инструменты, электрические машины, компрессоры, подъемно-транспортное, вспомогательное оборудование, вентиляционные установки – интенсивное шумовое воздействие на организм человека неблагоприятно влияет на протекание нервных процессов, способствует развитию утомления, изменениям в сердечно-сосудистой системе и появлению шумовой

патологии, среди многообразных проявлений которой ведущим клиническим признаком является медленно прогрессирующее снижение слуха по типу кохлеарного неврита. В котельной основными источниками шума являются котельные агрегаты, на фоне их работы шум от других установок практически неразличим. Для снижения уровня шума при работе котловых агрегатов обшивка котла выполнена из термо-шумоизоляционного материала. Согласно заводской документации на котельные агрегаты, уровень шума от них не превышает нормируемых значений по СН 2.2.4/2.1.562-96 по всем октавным полосам, но обслуживающему персоналу всё же рекомендуется использовать шумоизолирующие наушники или беруши.

Недостаточная освещенность рабочих мест.

Данный фактор может действовать лишь при некачественном техническом обслуживании системы искусственного освещения, вследствие чего возможно получение физических травм, вследствие столкновения рабочих с затемненными предметами (СНиП 23-05-95). Для исключения действия этого фактора оператору котельной следует использовать переносной фонарь.

3.3. Анализ выявленных опасных факторов при строительстве и эксплуатации котельной.

Опасный производственный фактор (ОПФ) — такой производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях приводит к травме или к другому внезапному резкому ухудшению здоровья. **Травма** — это повреждение тканей организма и нарушение его функций внешним воздействием.

Производственная травма является результатом несчастного случая на производстве, под которым понимают случаи воздействия ОПФ на

работающего при выполнении им трудовых обязанностей или заданий руководителя работ.

К ОПФ относятся:

- электрический ток определенной силы;
- раскаленные тела;
- возможность падения с высоты самого работающего либо различных деталей и предметов;
- оборудование, работающее под давлением выше атмосферного, и др.
- движущиеся машины и механизмы;
- подвижные части производственного оборудования;
- передвигающиеся изделия, заготовки, материалы;
- отлетающие частицы обрабатываемого материала и инструмента (стружка, элементы режущей части инструмента)
- разрушающиеся конструкции;
- обрушивающиеся горные породы;
- повышенный уровень ионизирующих излучений в рабочей зоне;
- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

При строительстве и эксплуатации котельной актуальны следующие опасные производственные факторы:

Электрический ток определенной силы, повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

Прохождение электрического тока по тканям человека может вызвать электролитическое разложение жидкостей в человеке, в том числе и крови, разрушение и возбуждение тканей и судорожное сокращение мышц, разрыв тканей, ожег, поражение глаз.

Максимально допустимое значение тока, проходящего через тело человека, составляет 100mA.

Электроснабжение потребителей котельной осуществляется от собственного распределительного щита напряжением 380 В переменного тока по отходящим от коммутационной аппаратуры этого щита кабельным линиям. Автоматические выключатели линий питания и автоматика котельной обеспечивает отключение аварийного потребителя котельной. Все оборудование и трубопроводы заземлены на контур заземления. Котельная имеет молниеотвод.

Во время ежесуточного обслуживания котельной оператор выполняет только осмотр оборудования. Опасность поражения электрическим током может быть только при монтаже (подключении), обслуживании и ремонте непосредственно электрооборудования котельной: распределительного щита, шкафа управления, кабельных линий, электродвигателей и электроприводов. Для обеспечения безопасности работ обслуживание и ремонт электрооборудования напряжением до 1000 В должно осуществляться в соответствии с Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок.

Раскаленные тела

Этот фактор может возникнуть при строительстве котельной, при выполнении огневых или сварочных работ. Для обеспечения безопасности, такие работы выполняются по наряду-допуску с указанием необходимых мер безопасности при выполнении этих работ. Прикосновение к раскаленным телам в зависимости от длительности и интенсивности воздействия может привести к ожогам различной степени.

Оборудование, работающее под давлением выше атмосферного.

Большинство оборудования и трубопроводов котельной работают с избыточным давлением. При повреждении такого оборудования в окружающую среду, на рабочее место оператора может попасть топливный газ, горячая вода, что может вызвать различные по своей тяжести

последствия: от легкого ожога вплоть до пожара. Для обеспечения безопасной эксплуатации такого оборудования, в линиях и оборудовании установлены:

- манометры и датчики давления для контроля избыточного давления,
- автоматические запорные клапаны, перекрывающие подачи рабочей среды на оборудование
- сбросные клапаны (автоматические или пружинные), которые открываются и сбрасывают рабочий агент в атмосферу или по сбросным трубопроводам, если давление рабочего агента достигнет предельного.
- работы по обслуживанию такого оборудования проводятся в соответствии с Правилами промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под давлением, а также Правила промышленной безопасности при эксплуатации тепловых энергоустановок, Правилами безопасности сетей газораспределения и газопотребления.

Высокое давление может оказать механическое воздействие на тело человека: от легких повреждений до летальных исходов от множественных переломов и потери крови или разрыва внутренних органов. Сила воздействия в первую очередь зависит от величины избыточного давления.

3.4. Экологическая безопасность.

Селитебная зона - крупный элемент города, органически связанный с его структурой и заключенный в определенные планировочные границы. Котельная является отдельным промышленным объектом, которых не требуют устройства санитарно-защитных зоны, т.к. она не выделяет в окружающую среду экологически вредных, токсичных, пылеобразных и пожароопасных веществ, не создают повышенных уровней шума, вибрации, электромагнитных излучений, не требуют подъездных железнодорожных путей. Материалы стен котельной имеют хорошую тепло-шумо-

звукоизоляцию, выхлопные газы котельной при работе на природном газе – углекислый газ и водяной пар. Район расположения котельной – сейсмоактивен, подтоплению не подвержен, поэтому котельная устанавливается на фундамент. На гидросферу района котельная влиять практически не может, т.к. в штатном режиме работы никаких сбросов рабочих сред не предусмотрено. Возможны лишь систематические сбросы сетевой воды (промывки трубопроводов, испытания, допустимые технические потери сетевой воды в объеме 0,25 % от объема тепловой сети), сбросы топливного газа через свечу рассеивания.

Так как котельная газовая, то и отходов от её работы практически нет. Лишь при выполнении работ по техническому обслуживанию оборудования котельной возникают отходы различных категорий: промасленная ветошь, отработанные технологические жидкости и смазки, бытовые отходы

3.5. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.

Наиболее вероятной чрезвычайной ситуацией при работе на рассматриваемом оборудовании является пожар.

Пожарная безопасность на предприятиях обеспечивается с помощью мероприятий и технических средств, обеспечивающих невозможность возникновения пожара, а также системой пожарной защиты, направленной на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара и ограничения материального ущерба от него.

Система пожарной защиты предусматривает следующие меры:

- максимально возможное применение негорючих и трудногорючих веществ, материалов в производственных процессах;
- ограничение количества горючих веществ и их надлежащее размещение;
- изоляцию горючей среды;
- предотвращение распространения пожара за пределы очага;

- применение средств пожаротушения;
- применение конструкций производственных объектов с регламентированным пределом их огнестойкости и горючести;
- эвакуацию людей в случае пожара;
- применение средств коллективной и индивидуальной защиты от огня;
- применение средств пожарной сигнализации; и средств извещения о пожаре;
- организацию пожарной охраны объекта.

Организационными мероприятиями по обеспечению пожарной безопасности являются обучение рабочих и служащих правилам пожарной безопасности, разработка и реализация норм и правил пожарной безопасности, инструкций, изготовление и применение средств наглядной агитации по обеспечению пожарной безопасности.

Для тушения пожара выключенного оборудования можно использовать воду, воздушно - механическую пену, инертный газ, порошки и другие огнегасительные средства (накрывание очага горения кошмой, сухим песком и т. п.).

В качестве средств тушения на подстанции применяются:

- пожарный гидрант (водопровод);
- ящики с песком;
- ручные углекислотные огнетушители типа ОУ-2, ОУ-5

В случае пожара эвакуация людей обеспечивается через эвакуационные выходы.

3.6. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.

Обеспечение безопасности производства регламентируется следующими законами и нормами:

- Федеральный Закон (ред. от 10.07.2012) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
- Федеральный закон (ред. от 28.12.2013 N 426) "Специальной оценке условий труда"
- Федеральный закон (ред. 30.12.2009г № 384-ФЗ) "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений"
- Правовые вопросы безопасности труда. Правовые и организационные аспекты обеспечения безопасности в чрезвычайных ситуациях. Контроль за состоянием условий труда на предприятиях. Инструкции по безопасности труда для профессий с учетом специфики работы.
- Организационные мероприятия обеспечивающие безопасность работ в электроустановках регламентированы ПОТ РМ – 016 – 2013.
- Организационные мероприятия обеспечивающие безопасность работ в сетях газопотребления регламентированы Техническим регламентом о безопасности сетей газораспределения и правилами безопасности сетей газораспределения.
- Организационные мероприятия обеспечивающие безопасность работ с тепловыми энергоустановками и сосудами, работающими под давлением регламентированы правилами промышленной безопасности при эксплуатации тепловых энергоустановок, правилами промышленной безопасности опасных производственных объектов, на которых используется оборудование, работающее под избыточным давлением.

В заключение по данному разделу необходимо отметить, что реконструкция котельной с увеличением её мощности и переходом на природный газ в качестве топлива решает сразу несколько социальных и бытовых проблем:

- снижение социальной напряженности из-за отсутствия вредных выбросов при эксплуатации котельной;

- обеспечение более комфортного проживания в районе расположения котельной, связанного не только улучшением чистоты атмосферы, но и отсутствием угольных складов и шлаковых отвалов;
- обеспечение более комфортных и существенно менее трудоёмких условий работы обслуживающего персонала. Здесь играет роль не только высокая степень автоматизации котельной, но снижение травмоопасности, т.к. отпала необходимость в ручной растопке и очистке котла, погрузочно-разгрузочных работах, имеющих место при работе с твердым топливом.
- наличие противоаварийной автоматики, работа котла на среднем давлении ($0,3 \text{ кгс/см}^2$) практически исключают отравление или воздействие высокого давления топливного газа при повреждениях газового оборудования котельной.

Заключение.

В настоящей проекте был выполнен комплекс работ, необходимый для выбора котловых агрегатов, которые бы обеспечивали тепловой энергией группу потребителей с. Пудовка. Исходя из характеристик потребителей, были определены тепловые нагрузки каждого из потребителей, необходимый расход теплоносителя (сетевой воды), определены годовые расходы тепла на потребителей, потери тепла при транспорте по трубопроводам. По найденным расходам тепла была найдена тепловая нагрузка на присоединяемую к котельной тепловую сеть, а также мощности самих котловых агрегатов по схеме один в работе, один в резерве. Определена потребность котельной в газообразном топливе. По характеристикам тепловой сети был произведен гидравлический расчет, построен пьезометрический график по главной магистрали теплосети, определен необходимый напор сетевых насосов. В процессе проектирования определены технико-экономические показатели работы новой котельной, определён срок окупаемости реконструкции котельной, рассмотрены вопросы охраны труда и окружающей среды при эксплуатации и строительстве котельной, безопасности в чрезвычайных ситуациях.

Список использованных источников

- 1.СниП 23-01-99. Строительная климатология. - М.: 2003 – 57 с.
2. СНИП 2.04.07-86. Тепловые сети. Нормы проектирования. М.:Стройиздат, 1994.
3. Апарцев М.М. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения: Справ.пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Энергия, 1982 – 360 с.
5. Методические указания по определению расходов топлива, электроэнергии и воды на выработку тепла отопительными котельными коммунальных теплоэнергетических предприятий. – М.:Сектор научно-технической информации АКХ, 1994 – 91 с.
6. Методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях: РД 34.09.255 – 97. – М.: СПО ОРГРЭС, 1998 -87 с.
7. Приказ Минэнерго РФ № 325 от 30.12.2008 г. «Об организации в Министерстве энергетики Российской Федерации работы по утверждению нормативов технологических потерь при передаче тепловой энергии».
8. Переверзев В.А., Шумов В.В. Справочник мастера тепловых сетей. - Л.: Энергия, 1980 – с.
9. Ляликов Б.А. Источники и системы теплоснабжения промышленных: Ч.1. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005 – 144 с.
10. Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения г. Томска до 2030 г. <http://www.admin.tomsk.ru/site/core.nsf>
11. https://ru.wikipedia.org/wiki/Корпоративная_социальная_ответственность