

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
Перевод системы теплоснабжения поселка «Чебал-Су» на автономный источник теплоснабжения «Терморобот» в г.Междуреченске
УДК 697.34-048.37 (571.17)

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2Б1	Лазарева Татьяна Вячеславовна		

Руководитель

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

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент кафедры экологии и безопасности жизнедеятельности	Василевский М.В.	к.т.н., доцент		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Планируемые результаты обучения по ООП 13.03.01

«Теплоэнергетика и теплотехника»

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Универсальные компетенции</i>	
Р1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в общества в целом, в том числе на иностранном языке, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты комплексной инженерной деятельности.
Р2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе и междисциплинарном, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач.
Р3	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
Р4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
Р5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго- и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
Р6	Осознавать необходимость и демонстрировать способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни, непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии, организации обучения и тренинга производственного персонала.

	<i>Профессиональные компетенции</i>
P7	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности в широком (в том числе междисциплинарном) контексте в комплексной инженерной деятельности в производстве тепловой и электрической энергии.
P8	Результаты решения задач комплексного инженерного анализа с использованием базовых и специальных знаний, нормативной документации, современных аналитических методов, методов математического анализа и моделирования теоретического и экспериментального исследования.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой и электрической энергии, выполнять комплексные инженерные проекты с применением базовых и специальных знаний, современных методов проектирования для достижения оптимальных результатов, соответствующих техническому заданию с учетом нормативных документов, экономических, экологических, социальных и других ограничений.
P10	Проводить комплексные научные исследования в области производства тепловой и электрической энергии, включая поиск необходимой информации, эксперимент, анализ и интерпретацию данных, и их подготовку для составления обзоров, отчетов и научных публикаций с применением базовых и специальных знаний и современных методов.
P11	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой и электрической энергии; использовать инструменты и технологии для ведения комплексной практической инженерной деятельности.

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:

Бакалаврской работы

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б2Б1	Лазаревой Татьяне Вячеславовне

Тема работы:

Перевод системы теплоснабжения поселка «Чебал-Су» на автономный источник теплоснабжения «Терморобот» в г.Междуреченске	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 3565/с от 22.05.2017 г.

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе</p> <p><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>Объект исследования – автоматическая блочно-модульная котельная марки «Терморобот».</p> <p>Тепловая нагрузка – 600 кВт (0,52 Гкал/час).</p> <p>Вид топлива – каменный уголь, теплотворная способность 4800-5000 ккал/кг.</p> <p>Режим работы котельной – автоматический, без постоянного пребывания обслуживающего персонала.</p> <p>Режим работы котла – непрерывный.</p> <p>Золошлакоудаление – автоматическое.</p> <p>Система теплоснабжения источника – закрытая, двухконтурная.</p> <p>Система теплоснабжения тепловой сети – закрытая, двухтрубная.</p>
---	--

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <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>Задача исследования – перевод существующей системы теплоснабжения поселковой котельной на новый современный источник теплоснабжения «Терморобот».</p> <p>Содержание процедуры исследования: определение тепловой мощности котельной, выполнение расчета потребности в топливе, расчета тепловых потерь в тепловых сетях при транспорте теплоносителя. Выполнение гидравлического расчета тепловых сетей и построение пьезометрического графика. Расчет водоводяного секционного подогревателя ГВС для индивидуального теплового пункта потребителей. В соответствии с выбранной тепломеханической схемой разработка алгоритма действий предпусковых работ ОАИТ «Терморобот 2х300».</p>
--	---

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>A1 – 4, A2 - 3</p>
--	-----------------------

Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы
(с указанием разделов)

Раздел	Консультант
<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>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>25.11.2016 г.</p>
--	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Ляликов Б.А.	к.т.н.		25.11.2016 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2Б1	Лазарева Т.В.		25.11.2016 г.

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

Студенту:

Группа	ФИО
35Б2Б1	Лазарева Татьяна Вячеславовна

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ТПТ
Уровень образования	Бакалавр	Направление	теплоэнергетика и теплотехника

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

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Должностной оклад ИР – 26300 руб. Должностной оклад инженера – 17000 руб.
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизации – 20% Районный коэффициент – 30%
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Ставка по отчислениям во внебюджетные фонды – 30% от ФОТ

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Планирование
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Смета затрат на проектирование Смета затрат на оборудование
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определение экономической эффективности проекта

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.03.2017
---	------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преп.	Кузьмина Н.Г.			24.03.2017

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2Б1	Лазарева Т.В.		24.03.2017

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б2Б1	Лазарева Татьяна Вячеславовна

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ТПТ
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

<p>1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения</p>	<p><i>Автоматическая блочно-модульная котельная марки «Терморобот».</i> <i>Вид топлива – каменный уголь.</i> <i>Режим работы котельной – автоматический, без постоянного пребывания обслуживающего персонала.</i> <i>Режим работы котла – непрерывный.</i> <i>Золошлакоудаление – автоматическое.</i></p>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<p>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:</p>	<p>1.1. Анализ выявленных вредных факторов при эксплуатации блочно-модульной котельной «Терморобот»: - оценка шумового воздействия. 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при эксплуатации блочно-модульной котельной «Терморобот»: - электробезопасность (молниезащита и заземление, система уравнивания потенциалов); - пожаровзрывобезопасность (первичные средства пожаротушения, установка блока котельной автоматики, установка автономной системы порошкового пожаротушения).</p>
<p>2. Экологическая безопасность:</p>	<p>- характеристика источников выбросов загрязняющих веществ в процессе эксплуатации блочно-модульной котельной «Терморобот»; - расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу; - разработка мероприятий по охране окружающей среды.</p>
<p>3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</p>	<p>- разработка программы организации и проведения противоаварийной тренировки на тему: « Действия персонала в случае террористического акта».</p>
<p>4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</p>	<p>- обеспечить соблюдение мер по охране труда граждан.</p>
<p>Графический материал:</p>	<p>- план автономной системы пожаротушения</p>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	25.11.2016 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Василевский М.В.	к.т.н.		25.11.2016 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2Б1	Лазарева Т.В.		25.11.2016 г.

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 93 с., 11 рис., 20 табл., 27 источников, 11 прил, 7 листов графического материала.

Ключевые слова: угольная блочно-модульная котельная, жаротрубный водогрейный угольный котел ТР-300, жаротрубный теплообменник, автоматизированная линейная горелка, автоматизированная система подачи угля, блок автоматики с датчиками, группа безопасности котла.

Объектом исследования является: автоматическая блочно-модульная котельная марки «Терморобот» на базе котлов ТР-300.

Цель работы – рассмотреть вопросы, связанные с переводом существующей системы теплоснабжения поселковой котельной на новый современный источник теплоснабжения «Терморобот».

В процессе исследования были использованы методики теплового и гидравлического расчета элементов схемы теплоснабжения.

В результате исследования определена тепловая мощность вновь вводимого источника теплоснабжения, выполнены тепловые расчеты с применением ЭВМ, в соответствии с выбранной технологической схемой разработан алгоритм предпусковых действий ОАИТ «Терморобот 2х300» .

Область применения: теплоэнергетика и теплотехника, нефте-газовая отрасль, оборонная промышленность.

Экономическая эффективность/значимость работы: снижение расходов на потребление основных энергетических ресурсов, снижение себестоимости отпускаемого тепла в четыре раза, обеспечение надежности теплоснабжения потребителей.

В будущем планируется: результаты могут быть использованы для улучшения показателей работы системы теплоснабжения поселка «Чебал-Су».

Оглавление

Введение.....	12
1. Общие данные.....	15
1.1 Климатические характеристики района теплоснабжения.....	15
1.2 Характеристика системы теплоснабжения.....	16
2. Определение тепловой мощности котельной.....	17
2.1 Определение тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение.....	17
2.2 Расчет тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение.....	18
2.3 Определение расходов сетевой воды у потребителей.....	19
2.4 Расчет расходов сетевой воды у потребителей.....	20
2.5 Определение годовых расходов тепла потребителей.....	21
2.6 Расчет годовых расходов тепла потребителей.....	23
2.7 Расчет потребности в топливе.....	24
2.8 Расчет тепловых потерь в тепловых сетях тепла при транспорте теплоносителя.....	25
2.9 Потери тепла на собственные нужды котельной.....	27
2.10 Баланс располагаемой тепловой мощности и присоединенной тепловой нагрузки потребителей.....	28
2.11 Техничко-экономические показатели системы теплоснабжения до и после реконструкции.....	28
3. Выполнение тепловых расчетов с применением ЭВМ.....	30
3.1 Поверочный гидравлический расчет двухтрубной водяной сети.....	30
3.2 Построение пьезометрического графика.....	34
3.3 Расчет температурного графика сетевой воды.....	37
3.4 Расчет водо-водяного секционнного подогревателя горячего водоснабжения.....	39
4. Автономный источник теплоснабжения модульного типа «Терморобот 2х300».....	43

4.1 Состав оборудования, особенности работы котельной.....	43
4.2 Описание технологической схемы.....	47
4.3 Пуско-наладочные работы.....	49
4.4 Обслуживание ОАИТ «Терморобот 2х300».....	51
4.5 Автоматизация управления технологическими процессами модульной котельной.....	56
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...	58
6. Социальная ответственность.....	71
Заключение.....	89
Список использованных источников.....	91
Приложение А Технический отчет по результатам энергетического обследования водогрейного котла № 2 «Энергия-3».....	94
Приложение Б Справка МУП «Водоканал» о качестве воды.....	100
Приложение В Протокол замера ООО «Терморобот» КПД котла ТР-300.....	102
Приложение Г Протокол отбора проб и анализа промышленных выбросов ФБУ «ЦЛАТИ по СФО» котла ТР-300 (рабочий режим).....	104
Приложение Д Справка ООО «Терморобот» о показателях уровня звука котла ТР-300.....	106
Приложение Е Расчет шумового воздействия.....	108
Приложение Ж Расчет выбросов загрязняющих веществ.....	110
Приложение И Расчет рассеивания загрязняющих веществ.....	118
Приложение К Ситуационный план расположения площадки ОАИТ «Терморобот 2х300».....	126
Приложение Л Программа организации и проведения противоаварийной тренировки на тему: «Действия персонала в случае террористического акта».....	128
Приложение М Техническое описание автоматических угольных отопительных водогрейных котлов «Терморобот» ТР-300, ТР-400.....	131
Графическая часть: на отдельных листах ФЮРА.012240.003 ВКР План на отм. 0,000, Разрез А-А, Разрез Б-Б,	

Фасад А-Б, Фасад Б-А, Фасад 1-4, Общие данные
ФЮРА.012240.003 ВКР План на отм. 0,000, Вид А, Изометрия, Спецификация
ФЮРА.012240.003 ВКР Компоновка (разрез по А-А) и план ИТП
ФЮРА.012240.003 ВКР Компоновка (разрез по Б-Б) и аксонометрическая
схема ИТП
ФЮРА.012240.003 ВКР Технологическая схема ОАИТ «Терморобот 2х300»
ФЮРА.012240.003 ВКР Функциональная схема АСР технологическими
процессами ОАИТ «Терморобот 2х300»
ФЮРА.012240.003 ВКР План автономной системы пожаротушения

Введение

Очень важная проблема, стоящая сегодня перед жилищно-коммунальным хозяйством в нашей стране - старение основных фондов. Значительный износ теплоэнергетического оборудования (более 80%), работающего с низким КПД (от 50 до 55%), приводит к непроизводительным потерям и требует дополнительных затрат на выработку тепловой и электрической энергии. По оценке специалистов, проводивших экспертизу технического состояния объектов ЖКХ, в большинстве регионов общая степень износа котельных, трубопроводных магистралей, теплообменных пунктов и внутридомовых сетей превышает 50—60%, достигая, в отдельных случаях, 90—100%. Основное оборудование котельных, как правило, имеет высокую степень износа, с фактическим сроком службы значительной части оборудования больше предусмотренного документацией. Одна из первостепенных задач, стоящая сегодня перед жилищно-коммунальным сектором – решение вопросов реконструкции и модернизации физически и морально устаревшего оборудования котельных.

В выпускной квалификационной работе рассматриваются вопросы, связанные с переводом существующей системы теплоснабжения поселковой котельной на новый современный источник теплоснабжения «Терморобот», с целью обеспечения надежности теплоснабжения потребителей.

Теплоснабжение поселковой котельной осуществляет предприятие ПАО «Тепло», расположенное в городе Междуреченске. Основная цель предприятия – выработка тепловой энергии и обслуживание тепловых сетей. Основные виды деятельности предприятия: 1) производство и реализация тепловой энергии (отопление и подогрев воды); 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 ПАО «Тепло» входит 13 котельных. Самая крупная – Районная котельная, отапливающая 80% жилого сектора г.Междуреченска; пять маломощных внутриквартальных котельных; семь поселковых котельных, 18 центральных тепловых пунктов и 81,47 км тепловых сетей в 2-х трубном исчислении.

Котельная поселка «Чебал-Су» была введена в эксплуатацию в 1963 году, оборудована водогрейными котлами «Энергия-3». Котлы оснащены слоевыми топками с ручной подачей топлива и ручным удалением шлака из топки. За время эксплуатации неоднократно производились замены конвективных поверхностей нагрева котлов «Энергия-3». В 2012 году специализированной организацией ООО «Теплоэнергосервис» г.Кемерово проводилось выборочное энергетическое обследование водогрейных котлов, установленных на котельных ПАО «Тепло». На котельной поселка «Чебал-Су» был обследован котел № 2: фактический КПД котла № 2 - 52,34%; фактическая производительность котла № 2 - 0,12 Гкал/час. Сводная ведомость обработки результатов испытаний водогрейного котла «Энергия-3» и диаграмма теплового баланса котлоагрегата представлены в приложении А. На котельной отсутствует механизированное шлакоудаление: шлак от котлов ручными тачками вывозится на шлаковый отвал котельной, по мере накопления шлака на территории, его вывозят автомашинами на центральное санполе. Само здание котельной находится в аварийном состоянии: стены здания разрушаются, кирпичные борта оседают, подтапливаются грунтовыми водами. Для их укрепления и строительства необходимы большие затраты. За период проведения капитальных ремонтов невозможно устранить все дефекты, которые влияют на показатели работы оборудования. На момент проведения мероприятий по переводу системы теплоснабжения поселковой котельной на автономный источник теплоснабжения «Терморобот» (летний период 2016 года) износ здания котельной составлял: 55%, износ котлов: 60-65%, КПД котлов: 50-55%, в результате фактическая производительность котельной ниже установленной, и тепловая нагрузка превышает мощность котельной.

Неэффективная работа котельной с точки зрения потребления энергетических ресурсов (уголь, вода, электроэнергия), значительный износ теплоэнергетического оборудования, высокая себестоимость произведенной Гигакалории. Все эти факторы обусловили необходимость перевода системы теплоснабжения поселка «Чебал-Су» на более современный и экономичный источник теплоснабжения «Терморобот».

В 2016 году на предприятии была проведена работа по актуализации документа: «Схема теплоснабжения Междуреченского городского округа», разработанного ООО «Теплоэнергосервис» г.Кемерово; в частности внесены мероприятия по: 1) установке модульного автономного источника теплоснабжения «Терморобот» с переключением на него тепловых нагрузок от существующей поселковой котельной; 2) закрытию котельной с консервацией оборудования и последующим ее демонтажом.

Основанием для разработки проектной документации послужило Постановление № 2334-П от 29.08.2016 г. «Об утверждении актуализированной схемы теплоснабжения Междуреченского городского округа на 2016 г. с перспективой до 2028 г.» и технического задания от 22.06.2016 г. на разработку проекта по установке автономного источника теплоснабжения модульного типа ОАИТ «Терморобот 2х300» и подключение к существующим тепловым сетям по адресу: Кемеровская область, г.Междуреченск, поселок «Чебал-Су».

1 Общие данные

1.1 Климатические характеристики района теплоснабжения

Кемеровская область, г. Междуреченск:

- температура воздуха наиболее холодных суток, °С, обеспеченностью 0,92: -42°C [1, табл.1];
- температура воздуха наиболее холодной пятидневки, °С, обеспеченностью 0,92: -39°C [1, табл.1];
- средняя суточная амплитуда температуры воздуха наиболее холодного месяца: -22°C [1, табл.1];
- продолжительность отопительного периода: $n_0 = 227$ сут. [1, табл.1];
- средняя температура воздуха, °С периода со средней суточной температурой воздуха $\leq 8^{\circ}\text{C}$: $t_n^{cp} = -7,3^{\circ}\text{C}$ [1, табл.1];
- средняя температура наиболее теплого месяца: $+24,9^{\circ}\text{C}$ [1, табл.2];
- барометрическое давление: 975 гПа [1, табл.2];
- преобладающее направление ветра за декабрь-февраль: ЮЗ [1, табл.1];
- максимальная скорость ветра по румбам за январь: 5,5 м/с [1, табл.1];
- климатический район: 1, подрайон 1В [1, приложение А, таблица А.1];
- сейсмичность района: 7 баллов [10, приложение А];
- снеговой район (расчетное значение снеговой нагрузки): IY – 480 кг/м^2 [11, карта 1, приложение Ж];
- ветровой район (расчетное значение ветровой нагрузки): III – 380 кг/м^2 [11, карта 3, приложение Ж].

1.2 Характеристика системы теплоснабжения

- Тип источника: отопительная водогрейная котельная, расположена в поселке «Чебал-Су» города Междуреченска.
- Отапливаемые объекты: три многоквартирных жилых дома, школа, магазин.
- Система теплоснабжения: двухтрубная, закрытая;
- Способ прокладки: надземная в канале из железобетона;
- Подготовка горячей воды осуществляется в теплообменниках, установленных в ИТП потребителей.

2 Определение тепловой мощности котельной

2.1 Определение тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение

Расчет тепловых нагрузок потребителей поселка «Чебал-Су» будем производить по укрупненным показателям.

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

$$Q_{ov}^p = \beta \cdot q_{ov} \cdot V_H \cdot (t_B - t_o^p) \cdot 10^{-6}, \quad \text{Гкал/час}, \quad (2.1)$$

где q_{ov} - соответственно удельная отопительная характеристика на отопление 1 м^3 (ккал/ $\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C}$), [3, табл. П2.1, П2.2];

β - поправочный коэффициент, учитывающий климатические условия района [3, табл. П 2.4];

V_H – наружный объем здания, м^3 (по паспортным данным БТИ);

t_B - расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых зданий, $^\circ\text{C}$ [3, табл. П 2.2];

t_o^p – расчетная температура наружного воздуха для отопления, $^\circ\text{C}$ [1].

Максимальный тепловой поток на вентиляцию общественных зданий определяем по формуле [4]:

$$Q_B^p = \beta \cdot q_B \cdot V_H \cdot (t_B - t_{HB}) \cdot 10^{-6}, \quad \text{Гкал/час}, \quad (2.2)$$

где q_B – удельная вентиляционная характеристика (ккал/ $(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{C})$) [3, табл. П 2.1, П 2.2];

t_{HB} - расчетная температура наружного воздуха для вентиляции $^\circ\text{C}$ [3, табл. П 2.2].

Максимальный тепловой поток на ГВС жилых и общественных зданий определяем по формуле [2]

$$Q_{гвс}^{\max} = 2,4 \cdot Q_{гвс}^{cp} \cdot 10^{-6}, \quad \text{МВт (Гкал/ч)}, \quad (2.3)$$

где 2,4 – коэффициент часовой неравномерности;

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

$$Q_{звс}^{cp} = \frac{1,2 \cdot m \cdot (a + b) \cdot (55 - t_x) \cdot c}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6}, \text{ МВт (Гкал/ч)}, \quad (2.4)$$

где m – расчетное число потребителей горячей воды;

a – норма расхода воды на ГВС при температуре 55°C 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°C , принимаемая в размере 25 л/сут на 1 чел;

c – удельная теплоемкость воды, равная $4,187 \text{ кДж}/(\text{кг}^{\circ}\text{C})$, $1 \text{ ккал}/(\text{кг}^{\circ}\text{C})$;

t_x – температура холодной (водопроводной) воды в отопительный период (при отсутствии других данных принимается равной 5°C), $^{\circ}\text{C}$.

2.2 Расчет тепловых нагрузок на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение

Рассчитаем тепловые нагрузки для потребителей школы.

Максимальный тепловой поток на отопление определяем по формуле (2.1).

$$Q_{ov}^p = 0,91 \cdot 0,35 \cdot 7000 \cdot (16 - (-39)) \cdot 10^{-6} = 0,12 \text{ Гкал/час.}$$

Максимальный тепловой поток на вентиляцию определяем по формуле (2.2).

$$Q_g^p = 0,91 \cdot 0,07 \cdot 7000 \cdot (16 - (-22)) \cdot 10^{-6} = 0,017 \text{ Гкал/час.}$$

Средний тепловой поток на горячее водоснабжение определяем по формуле (1.4).

$$Q_{звс}^{cp} = \frac{1,2 \cdot 400 \cdot 8 \cdot (55 - 5) \cdot 4,187}{24 \cdot 3,6} \cdot 10^{-6} = 0,0093 \text{ МВт} = 0,008 \text{ Гкал/час.}$$

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

$$Q_{звс}^{\max} = 2,4 \cdot 0,008 \cdot 10^{-6} = 0,019 \text{ Гкал/час.}$$

По аналогии рассчитываем тепловые нагрузки для остальных потребителей. Результаты расчетов заносим в таблицу 1.

2.3 Определение расходов сетевой воды у потребителей

Расчетный часовой расход сетевой воды (максимальный при расчетной температуре наружного воздуха на отопление t_o^p) для определения диаметров труб в водяных тепловых сетях при качественном регулировании отпуска теплоты определяется отдельно для отопления, вентиляции и горячего водоснабжения [4].

Расчетный расход воды на отопление

$$G_o^p = \frac{Q_o^p}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \quad \text{кг/ч,} \quad (2.5)$$

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

$$G_v^p = \frac{Q_v^p}{c(\tau_1 - \tau_2)}, \quad \text{кг/ч,} \quad (2.6)$$

где $(\tau_1 - \tau_2)$ - соответственно температура воды в подающем и обратном трубопроводе тепловой сети при расчетной температуре наружного воздуха на вентиляцию t_v^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 параллельной схеме присоединения водоподогревателей

$$G_{гвс}^{max} = \frac{Q_{гвс}^{max}}{C(t_{1u} - t_{3u})}, \quad \text{кг/ч}, \quad (2.7)$$

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/(кг⁰С);

t_{1u} - температура воды в подающем трубопроводе тепловой сети в точке излома графика температур воды, ⁰С;

t_{3u} - температура воды после параллельно включенного подогревателя горячего водоснабжения в точке излома графика температур воды, ⁰С;

2.4 Расчет расходов сетевой воды у потребителей

Рассчитаем расходы сетевой воды для потребителей школы.

Расчетный расход воды на отопление определяем по формуле (2.5).

$$G_o^p = \frac{0,12}{1 \cdot (80 - 65)} \cdot 10^3 = 8,0 \text{ т/час.}$$

Расчетный расход воды на вентиляцию определяем по формуле (2.6).

$$G_v^p = \frac{0,017}{1 \cdot (80 - 65)} \cdot 10^3 = 1,13 \text{ т/час.}$$

Максимальный расход воды на горячее водоснабжение определяем по формуле (2.7).

$$G_{гвс}^{max} = \frac{0,019}{1 \cdot (55,3 - 30)} \cdot 10^3 = 0,75 \text{ т/час.}$$

По аналогии рассчитываем расходы сетевой воды для остальных потребителей. Результаты расчетов заносим в таблицу 1.

Таблица 1 – Расчетные тепловые нагрузки и расходы сетевой воды

№ п/п	Наименование	Кол-во зданий	V	Q _o	Q _v	Q _{gmax}	Q _{sum}	G _o	G _v	G _{gmax}	G _{sum}
-	-	-	м ³	Гкал/ч				т/ч			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Жилой дом 2-эт., 8 кв.	1	1950	0,05	0	0,024	0,074	3,33	0	0,95	4,28
2	Жилой дом 2-эт., 8 кв.	1	1950	0,05	0	0,024	0,074	3,33	0	0,95	4,28
3	Жилой дом 2-эт., 8 кв.	1	1950	0,05	0	0,024	0,074	3,33	0	0,95	4,28
4	Магазин 1-эт.	1	950	0,017	0	0,001	0,018	1,13	0	0,04	1,17
5	Школа 2-эт, 400 учащихся	1	7000	0,12	0,017	0,019	0,156	8,0	1,13	0,75	9,88
	Итого	5	13800	0,29	0,017	0,092	0,40	19,12	1,13	3,64	23,89

2.5 Определение годовых расходов тепла потребителей

Годовой расход теплоты потребителями района теплоснабжения

$$Q = Q_o^{год} + Q_v^{год} + Q_{гвс}^{год} + Q_m^{год}, \quad \text{Гкал}, \quad (2.8)$$

где $Q_o^{год}, Q_v^{год}, Q_{гвс}^{год}, Q_m^{год}$ - годовые расходы тепла на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, технологические нужды.

Годовой расход тепла на отопление определяем по формуле [4]

$$Q_o^{год} = Q_o^{cp} \left[(n_o - n_d) + n_d \frac{t_{вд}^{cpo} - t_n^{cpo}}{t_{вп} - t_n} \right], \quad \text{Гкал}, \quad (2.9)$$

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

n_o – продолжительность работы системы отопления, сут/год или ч/год принимаем 242 с/год, 5808 ч/год [согласно постановления о подготовке к ОЗП Междуреченского городского округа установлен единый срок отопительного сезона с 15.09. по 15.05.] ;

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

$t_{вд}$ – температура внутреннего воздуха при работе дежурного отопления, $^{\circ}\text{C}$.

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

$$Q_o^{cp} = Q_{oc}^p \frac{(t_{вр} - t_n^{cpo})}{(t_{вр} - t_{но})}, \quad \text{Гкал/час,} \quad (2.10)$$

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

$t_{вр}$ – расчетная температура внутреннего воздуха отапливаемых помещений, $^{\circ}\text{C}$ принимаемая по таблица П.2.2 [3], в зависимости от назначения здания;

$t_{но}$ – расчетная температура наружного воздуха для проектирования отопления, $^{\circ}\text{C}$ по таблице 1 [1] для г.Киселевска принимаем -39°C ;

Для рассчитываемых потребителей $n_d=0$ и уравнение (1.9) принимает вид

$$Q_o^{zod} = Q_o^{cp} n_o, \quad \text{Гкал,} \quad (2.11)$$

Годовой расход тепла на вентиляцию определяем по формуле [4]

$$Q_e^{zod} = Q_e^p \left[n_e + \frac{t_{ep} - t_n^{cpв}}{t_{ep} - t_{не}} (n_o - n_e) \right] \left(1 - \frac{n_d}{n_o} \right), \quad \text{Гкал,} \quad (2.12)$$

где Q_e^p - расчетный расход тепла на вентиляцию;

n_e – продолжительность отопительного периода с температурой наружного воздуха $t_n < t_{не}$, часов (принимаем $n_e = 404$ часов);

$n_{вд}$ – продолжительность отопительного периода, когда вентиляция не работает, часов (принимаем $n_{вд} = 1936$ часов);

$t_n^{cpв}$ – средняя температура наружного воздуха в интервале от начала отопительного периода до расчетной температуры на вентиляцию: принимаем интервал для расчета средней температуры наружного воздуха от $+8^{\circ}\text{C}$ до расчетной на вентиляцию равной -22°C [3, приложение 1].

$$t_n^{cpв} = \frac{n_1 t_{n1}^{cp} + n_2 t_{n2}^{cp} + \dots + n_m t_{nm}^{cp}}{n_1 + n_2 + n_m}, \quad ^{\circ}\text{C,} \quad (2.13)$$

Годовой расход теплоты на горячее водоснабжение

$$Q_{звс}^{zod} = Q_{звс}^{cp} \left[n_o + \varphi_{звс}^l \frac{t_z - t_x^l}{t_z - t_x^3} (n_z - n_o) \right], \quad \text{Гкал,} \quad (2.14)$$

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

n_r – длительность работы системы горячего водоснабжения, принимаем $n_r = 8424$ 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, $^{\circ}C$.

Расход теплоты на технологические нужды источника отсутствует.

2.6 Расчет годовых расходов тепла потребителей

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

Расход тепла на отопление определяем по формулам (2.10; 2.11).

$$Q_o^{cp} = 0,12 \frac{(16 - (-7,3))}{(16 - (-39))} = 0,051 \text{ Гкал/час.}$$

$$Q_o^{год} = 0,051 * 5808 = 296,21 \text{ Гкал/год.}$$

Расход тепла на вентиляцию определяем по формулам (2.12; 2.13).

$$t_n^{срв} = \frac{648 * 8 + 818 * 5 + \dots + 368 * (-22)}{5042} = -3,7 \text{ }^{\circ}C.$$

$$Q_v^{год} = 0,017 \left[404 + \frac{16 - (-3,7)}{16 - (-22)} (5808 - 404) \right] \left(1 - \frac{1936}{5808} \right) = 36,61 \text{ Гкал/год.}$$

Расход тепла на горячее водоснабжение определяем по формуле (2.14).

$$Q_{звс}^{год} = 0,008 \left[5808 + 0,8 \frac{65 - 15}{65 - 5} (8424 - 5808) \right] = 60,36 \text{ Гкал/год.}$$

По аналогии рассчитываем годовые расходы тепла для остальных потребителей. Результаты расчетов заносим в таблицу 2.

Таблица 2 – Годовые расходы тепла

№ п/п	Адрес	Кол-во зданий	Q _o	Q _v	Q _g	Q _{sum}
-	-	-	Гкал			
1	2	3	5	6	7	8
1	Жилой дом 2-эт., 8 кв.	1	145,20	0	75,45	220,65
2	Жилой дом 2-эт., 8 кв.	1	145,20	0	75,45	220,65
3	Жилой дом 2-эт., 8 кв.	1	145,20	0	75,45	220,65
4	Магазин 1-эт.	1	58,08	0	2,26	60,34
5	Школа 2-эт, 400 учащихся	1	296,21	36,61	60,36	393,18
	Итого	5	789,89	36,61	288,97	1115,47

2.7 Расчет потребности в топливе

Расход условного топлива определяем по формуле [5]

$$V_{у.т.} = b_{у.т.}^T \cdot Q_{год} \quad \text{кг у.т.}, \quad (2.15)$$

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

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

$$b_{у.т.}^m = \frac{10^6}{7000\eta_k} = \frac{142,8}{\eta_k}, \quad \text{кг у.т./Гкал}, \quad (2.16)$$

где η_k – КПД брутто котельной принимаем 85% по паспортным данным.

$$b_{у.т.}^m = \frac{142,8}{0,85} = 168, \quad \text{кг у.т./Гкал.}$$

$$V_{у.т.} = 168 \cdot 1115,47 \cdot 10^{-3} = 187,4 \text{ т у.т.}$$

Расход натурального топлива определяем по [5]

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

$$B_{\text{нат}} = \frac{B_{\text{у.т.}}}{\mathcal{E}}, \quad \text{тн.т.}, \quad (2.17)$$

где $B_{\text{нат.}}$, $B_{\text{у.т.}}$ - потребность котельной в топливе соответственно натуральном и условном;

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

$$\mathcal{E} = \frac{Q_{\text{н}}^{\text{p}}}{Q_{\text{н.у.т.}}^{\text{p}}}, \quad (2.18)$$

где $Q_{\text{н}}^{\text{p}}$, $Q_{\text{н.у.т.}}^{\text{p}}$ – соответственно низшая теплота сгорания натурального и условного топлива, ккал/кг.

Расход натурального топлива без учета потерь тепла в тепловой сети и собственных нужд котельной

$$B_{\text{нат}} = \frac{187,4 \cdot 7000}{4800} = 273,3 \text{ тн.т.}$$

2.8 Расчет тепловых потерь при транспорте теплоносителя

Потери тепловой энергии Q_{y} , с утечками из тепловой сети, определяем по формуле [6]:

$$Q_{\text{y}} = a \cdot V_{\text{c}} \cdot \rho \cdot C_{\text{в}} (t_{\text{п+}} t_0/2 - t_{\text{хв}}) \cdot 24 \cdot Z \cdot 10^{-6}, \quad \text{Гкал/год}, \quad (2.19)$$

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

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

$t_{\text{п+}} t_0/2$ – средняя температура теплоносителя подающего и обратного трубопроводов, принимаем 57,5⁰С;

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

$C_{\text{в}}$ – удельная теплоемкость горячей воды, равная 1ккал/(кг*⁰С);

Z – длительность работы тепловых сетей, принимаем 351 день;

Объем трубопроводов определяем в зависимости от длины, диаметра и внутреннего объема 1 метра трубы [8].

Найденные значения объемов трубопроводов тепловых сетей сводим в таблицу 3.

Таблица 3 – Объемы трубопроводов

Условный диаметр трубопровода $d_v, \text{мм}$	Объем подающего трубопровода, м^3	Объем обратного трубопровода, м^3	Итого, м^3
1	2	3	4
32	0,012	0,012	0,024
40	0,069	0,069	0,138
70	0,112	0,112	0,224
80	0,264	0,264	0,528
100	0,304	0,304	0,608
Всего:			1,522

$$Q_y = 0,004 \cdot 997 \cdot 1 \cdot (57,5-5) \cdot 24 \cdot 351 \cdot 10^{-6} = 1,76 \text{ Гкал/год.}$$

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 [6]

$$Q_{\text{нп}} = \sum \beta \cdot q_{\text{нп}} \cdot L_{\text{сети}} \cdot Z \cdot 10^{-6}, \quad \text{Гкал/год,} \quad (2.20)$$

$$Q_{\text{но}} = \sum \beta \cdot q_{\text{но}} \cdot L_{\text{сети}} \cdot Z \cdot 10^{-6}, \quad \text{Гкал/год,} \quad (2.21)$$

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

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

$q_{\text{нп}}$, $q_{\text{но}}$ – нормы плотности теплового потока, ккал/(м²*час), принимаемые по приложению 3 табл. 3.1[7];

$L_{\text{сети}}$ – 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:

$$Q_{\text{нп}} = 24 \cdot 1,25 \cdot 42,0 \cdot 8424 \cdot 10^{-6} = 10,61 \text{ Гкал/год;}$$

$$Q_{\text{но}} = 20 \cdot 1,25 \cdot 42,0 \cdot 8424 \cdot 10^{-6} = 8,84 \text{ Гкал/год.}$$

Тепловые потери для трубопроводов других диаметров определяем аналогично, результаты расчетов сводим в таблицу 4.

Таблица 4 – Тепловые потери в трубопроводах

Условный диаметр трубопровода d_y , мм	Тепловые потери в подающем трубопроводе $Q_{пн}$, Гкал/год	Тепловые потери в обратном трубопроводе $Q_{но}$, Гкал/год	Итого, Гкал/год
1	2	3	4
32	2,05	1,74	3,79
40	9,27	7,53	16,80
70	6,63	5,37	12,00
80	11,58	9,48	21,06
100	10,61	8,84	19,45
Всего:	40,14	32,96	73,10

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

$$Q_{mc}^{nom} = Q_y + Q_{пн} + Q_{но}, \quad \text{Гкал/час} \quad (2.22)$$

$$Q_{mc}^{nom} = 1,76 + 40,14 + 32,96 = 74,86 \text{ Гкал/год} = 74,86 / 24 / 351 = 0,01 \text{ Гкал/час.}$$

2.9 Потери 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 «Терморобот» (справка МУП «Водоканал» в приложении Б); места для отдыха персонала, холодное водоснабжение, канализация, кондиционирование воздуха, окна не предусмотрены.

2.10 Баланс располагаемой тепловой мощности и присоединенной тепловой нагрузки потребителей

Располагаемая тепловая мощность котельной – 0,52 Гкал/час;

расчетная тепловая нагрузка потребителей – 0,40 Гкал/час;

потери тепла в тепловых сетях – 0,01 Гкал/час;

собственные нужды котельной – 0 Гкал/час;

резерв тепловой мощности котельной – 0,11 Гкал/час.

2.11 Техничко-экономические показатели системы теплоснабжения до и после реконструкции

Таблица 5 - Техничко-экономические показатели

Наименование показателя	Система теплоснабжения до реконструкции	Система теплоснабжения после реконструкции
Год ввода в эксплуатацию котельной	1963	2016
Располагаемая мощность, Гкал/час	0,36	0,52
Присоединенная тепловая нагрузка потребителей, Гкал/час	0,40	0,40
Кол-во котлов, марка	Энергия-3 - 3 шт.	ТР-300 – 2 шт.
КПД котельной, %	55	85
Расход топлива, тн/год	750,0	273,3
Потребление электроэнергии, кВтч/год	165880,0	65268,0
Водопотребление, м ³ /год	875,0	157,0
Водоотведение, м ³ /год	352,0	0,0
Протяженность т/сетей в 2-х трубном исчислении, км	0,292	0,192
Потери в сетях, Гкал/год	114,24	74,86
Потери на собственные нужды источника, Гкал/год	51,0	0,0

Таблица 6 - Ожидаемый экономический эффект

Наименование показателя	Система теплоснабжения до реконструкции, руб.	Система теплоснабжения после реконструкции, руб.	Экономический эффект, руб.
Расход топлива, тн/год	1033193,0	376495,0	656698,0
Потребление электроэнергии, кВтч/год	494322,0	194499,0	299823,0
Водопотребление, м ³ /год	11799,6	2112,2	9687,4
Водоотведение, м ³ /год	7999,0	0,0	7999,0
ИТОГО:	1547313,6	573106,2	974207,4

3 Выполнение тепловых расчетов с применением ЭВМ

3.1 Поверочный гидравлический расчет двухтрубной водяной сети

Цель поверочного расчета – определение потерь 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.1). Количество участков на схеме будет зависеть от количества трубопроводов с постоянным расходом воды, таких участков будет семь. Нумерация участков начинается с конечного (участок без предшественников) и заканчивается участком, ближайшим к источнику тепла. Расход воды рассчитывается, начиная от конечных участков. Далее рассчитывается расход для тех участков, которые являются предшествующими для конечных. 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 по [12, приложение 4], данные заносим в таблицу 7.

Таблица 7 - Местные сопротивления:

№ уч-ка	Задвижки, отводы	Тройник на проход	Тройник на ответвление	Сумма коэф-ов местных сопротивлений
1	2	3	4	5
1	1	2,9		3,9
2	0,8		5,5	6,3
3	1		2,6	3,6
4			0,05	0,1
5	1	0,05	4,05	5,1
6	1		4,05	5,1
7	1,5			1,5

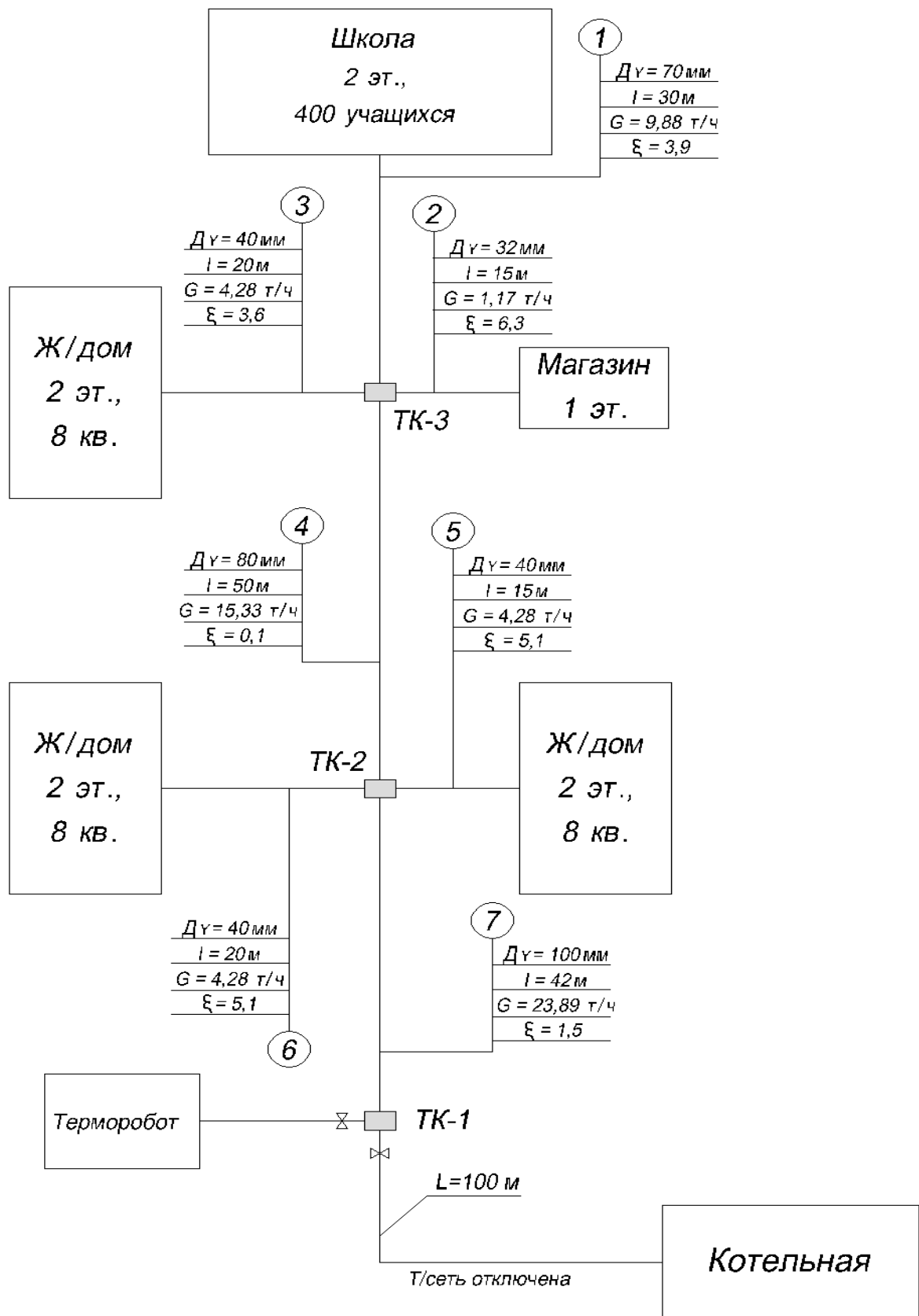


Рисунок 1 – Схема тепловых сетей поселка «Чебал-Су»

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/м^3 ;

$m[2,2]$ – вязкость сетевой воды, $\text{м}^2/\text{с}$;

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

$m[4-6,2]$ – температуры сетевой воды соответственно в подающей, обратной линиях и во внутренней системе теплопотребителя, $^{\circ}\text{C}$.

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;

$m[10,3]$ – 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

7

975 0.479e-6 20 80 65 80

1 0 0 0.07 30.0 0.7 3.9 9.88 0 0

2 0 0 0.032 15.0 0.7 6.3 1.17 0 0

3 0 0 0.04 20.0 0.7 3.6 4.28 0 0

4 3 1 2 3 0.08 50.0 0.7 0.1 15.33 0 0

5 0 0 0.04 15.0 0.7 5.1 4.28 0 0

6 0 0 0.04 20.0 0.7 5.1 4.28 0 0

7 3 4 5 6 0.1 42.0 0.7 1.5 23.89 0 0

В процессе выполнения программы создается выходной файл с результатами в табличном виде, Результаты расчета выводятся в выходной файл (см. таблицы 8,9). В таблице 8 приводятся основные геометрические характеристики, расход и скорость воды на участках. В таблице 9 выводятся потери напора на участках нарастающим итогом от источника теплоснабжения, располагаемые потери напора в конце участков.

Выходной файл с результатами поверочного гидравлического расчета, выполненный в программе – GIDR

H:\ФПК\ТП55\SURG\GIDR
Date: 5/4/2017
Time: 8:26:19

Таблица 8 – Исходные данные

N уч-ка	Диаметр dy м	Длина L м	Сум. коэф. местн.сопр. -	Расход воды Gсв т/ч	Скорость w м/с
1	0.070	30.0	3.9	9.880	0.731
2	0.032	15.0	6.3	1.170	0.414
3	0.040	20.0	3.6	4.280	0.970
4	0.080	50.0	0.1	15.330	0.869
5	0.040	15.0	5.1	4.280	0.970
6	0.040	20.0	5.1	4.280	0.970
7	0.100	42.0	1.5	23.890	0.867

Таблица 9 – Результаты гидравлического расчета

N уч-ка	Поправ. коэф-т b	Расч. знач. уд. потерь Rл мм/м	Потери напора на участке				dH от ист-ка dHi	dH расп. в конце уч-ка dHi
i	-	-	dHл м	dHм м	dHс м	dH2с м	м	м
1	1.12	14.81	0.444	0.104	0.548	1.096	4.076	15.924
2	1.14	12.87	0.193	0.054	0.247	0.494	3.474	16.526
3	1.13	52.92	1.058	0.169	1.227	2.454	5.434	14.566
4	1.11	17.52	0.876	0.004	0.880	1.760	2.980	17.020
5	1.13	52.92	0.794	0.239	1.033	2.065	3.285	16.715
6	1.13	52.92	1.058	0.239	1.297	2.594	3.814	16.186
7	1.11	13.19	0.554	0.056	0.610	1.220	1.220	18.780

3.2 Построение пьезометрического графика

На основании результатов гидравлического расчета строим пьезометрический график главной магистрали для участков №№ 1,4,7 (см. рис. 2). На горизонтальной оси графика откладываем длину сети в метрах, на вертикальной напоры в м в.ст.:

- принимаем за нуль отметку самой низкой точки тепловой сети, наносим профиль местности по трассе основной магистрали; при построении

принимаем, что оси трубопроводов совпадают с поверхностью земли;

- откладываем высоту всасывания $H_{вс}$ сетевых насосов от оси трубопровода: 20 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:

$$15,924 + (4,076/2) + 20 = 37,962 \text{ м}$$

$$17,020 + (2,980/2) + 20 = 38,510 \text{ м}$$

$$18,780 + 0,610 + 20 = 39,390 \text{ м}$$

для обратного трубопровода:

$$2,038 + 20 = 22,038 \text{ м}$$

$$1,490 + 20 = 21,490 \text{ м}$$

$$0,610 + 20 = 20,610 \text{ м}$$

- 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:

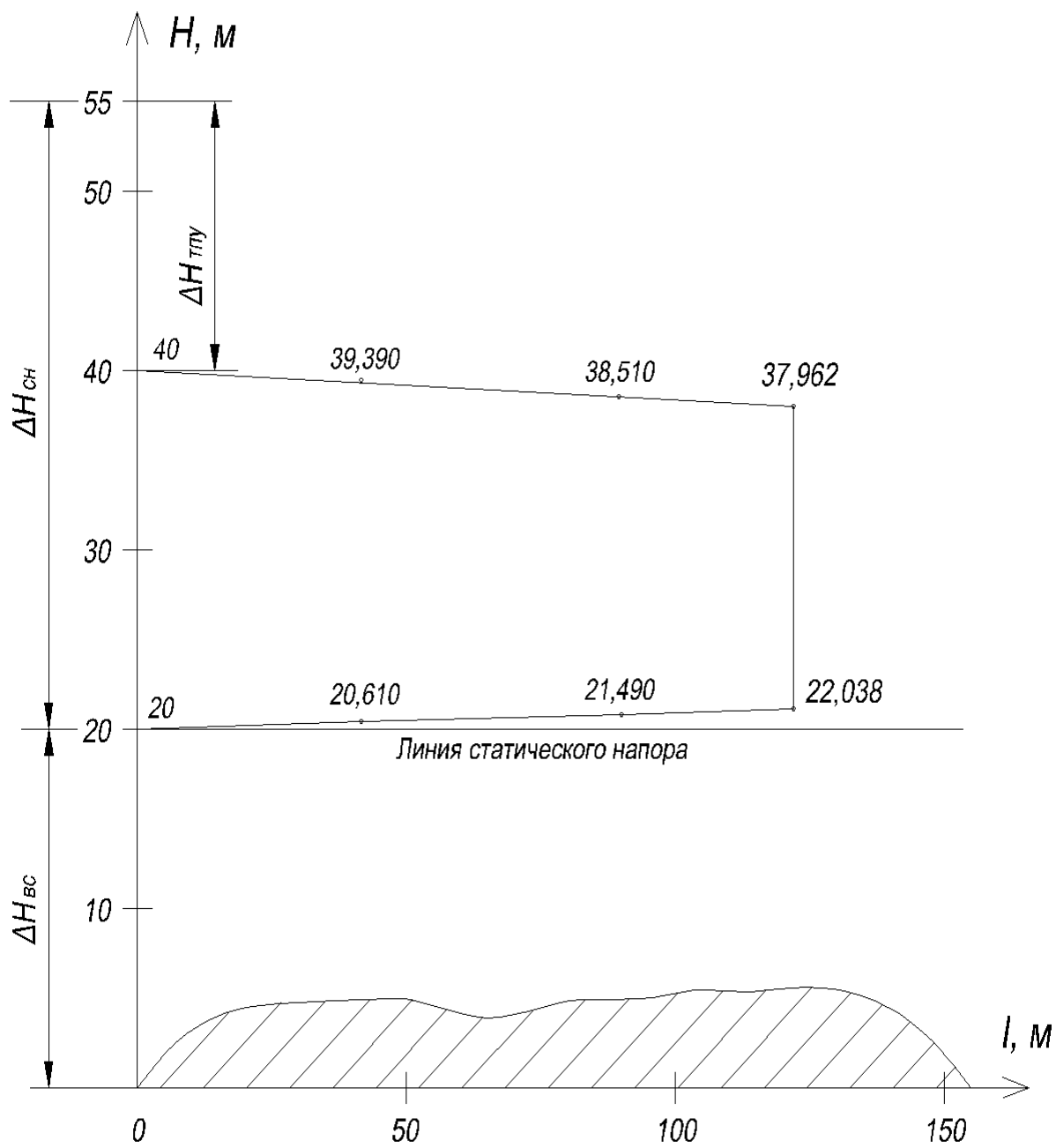
$$\Delta H_{сн} = \Delta H_{тпу} + \Delta H^p_c + \Delta H_{вв}, \quad \text{м в.ст.}, \quad (3.1)$$

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

ΔH^p_c – потери напора в расчетной магистрали тепловой сети, м в.ст.,

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

$$\Delta H_{сн} = 15 + 4,076 + 15,924 = 35,0 \text{ м вод.ст.}$$



№ участка	7	4	1
G, т/ч	23,890	15,330	9,880
D, мм	100	80	70
L, м	42	50	30
Δh , м	18,780	17,020	15,924

Рисунок 2 – Пьезометрический график главной магистрали

3.3 Расчет температурного графика сетевой воды

За основу расчета температурного графика сетевой воды примем качественное регулирование, так как тепловая сеть двухтрубная с преобладающей тепловой нагрузкой на отопление и вентиляцию.

На основании расчетной схемы составляем файл с исходными данными для расчета температурного графика с применением ЭВМ [9]. Наименование программы – TGR. Язык программирования – Паскаль.

Файл с исходными данными

```
1
1 1
48 -39 20 80 65 80
8 7 6 5 4 3 2 1 0 -1 -2 -3 -4 -5 -6 -7 -8 -9 -10 -11 -12 -13 -14 -15
-16 -17 -18 -19 -20 -21 -22 -23 -24 -25 -26 -27 -28 -29 -30 -31 -32
-33 -34 -35 -36 -37 -38 -39
```

**Файл с результатами расчета температурного графика,
выполненный в программе TGR**

H:\ФПК\ТП55\SURG\TGRAPH
Date: 28/3/2017
Time: 10:52:4

Температурный график водяной системы отопления: 80.0/ 65.0
при качественном регулировании

: tнв : Q : t1 : t2 : t3 :

tнв	Q	t1	t2	t3
8.0	0.203	36.2	33.2	36.2
7.0	0.220	37.3	34.0	37.3
6.0	0.237	38.4	34.8	38.4
5.0	0.254	39.5	35.6	39.5
4.0	0.271	40.5	36.4	40.5
3.0	0.288	41.6	37.2	41.6
2.0	0.305	42.6	38.0	42.6
1.0	0.322	43.6	38.8	43.6
0.0	0.339	44.6	39.6	44.6
-1.0	0.356	45.6	40.3	45.6
-2.0	0.373	46.6	41.0	46.6
-3.0	0.390	47.6	41.8	47.6
-4.0	0.407	48.6	42.5	48.6
-5.0	0.424	49.6	43.2	49.6
-6.0	0.441	50.6	44.0	50.6
-7.0	0.458	51.5	44.7	51.5
-8.0	0.475	52.5	45.4	52.5
-9.0	0.492	53.4	46.1	53.4
-10.0	0.508	54.4	46.7	54.4
-11.0	0.525	55.3	47.4	55.3
-12.0	0.542	56.2	48.1	56.2
-13.0	0.559	57.2	48.8	57.2
-14.0	0.576	58.1	49.5	58.1
-15.0	0.593	59.0	50.1	59.0
-16.0	0.610	59.9	50.8	59.9
-17.0	0.627	60.8	51.4	60.8
-18.0	0.644	61.8	52.1	61.8
-19.0	0.661	62.7	52.7	62.7
-20.0	0.678	63.6	53.4	63.6
-21.0	0.695	64.4	54.0	64.4
-22.0	0.712	65.3	54.7	65.3
-23.0	0.729	66.2	55.3	66.2
-24.0	0.746	67.1	55.9	67.1
-25.0	0.763	68.0	56.6	68.0
-26.0	0.780	68.9	57.2	68.9
-27.0	0.797	69.7	57.8	69.7
-28.0	0.814	70.6	58.4	70.6
-29.0	0.831	71.5	59.0	71.5
-30.0	0.847	72.3	59.6	72.3
-31.0	0.864	73.2	60.2	73.2
-32.0	0.881	74.1	60.8	74.1
-33.0	0.898	74.9	61.4	74.9
-34.0	0.915	75.8	62.0	75.8
-35.0	0.932	76.6	62.6	76.6
-36.0	0.949	77.5	63.2	77.5
-37.0	0.966	78.3	63.8	78.3
-38.0	0.983	79.2	64.4	79.2
-39.0	1.000	80.0	65.0	80.0

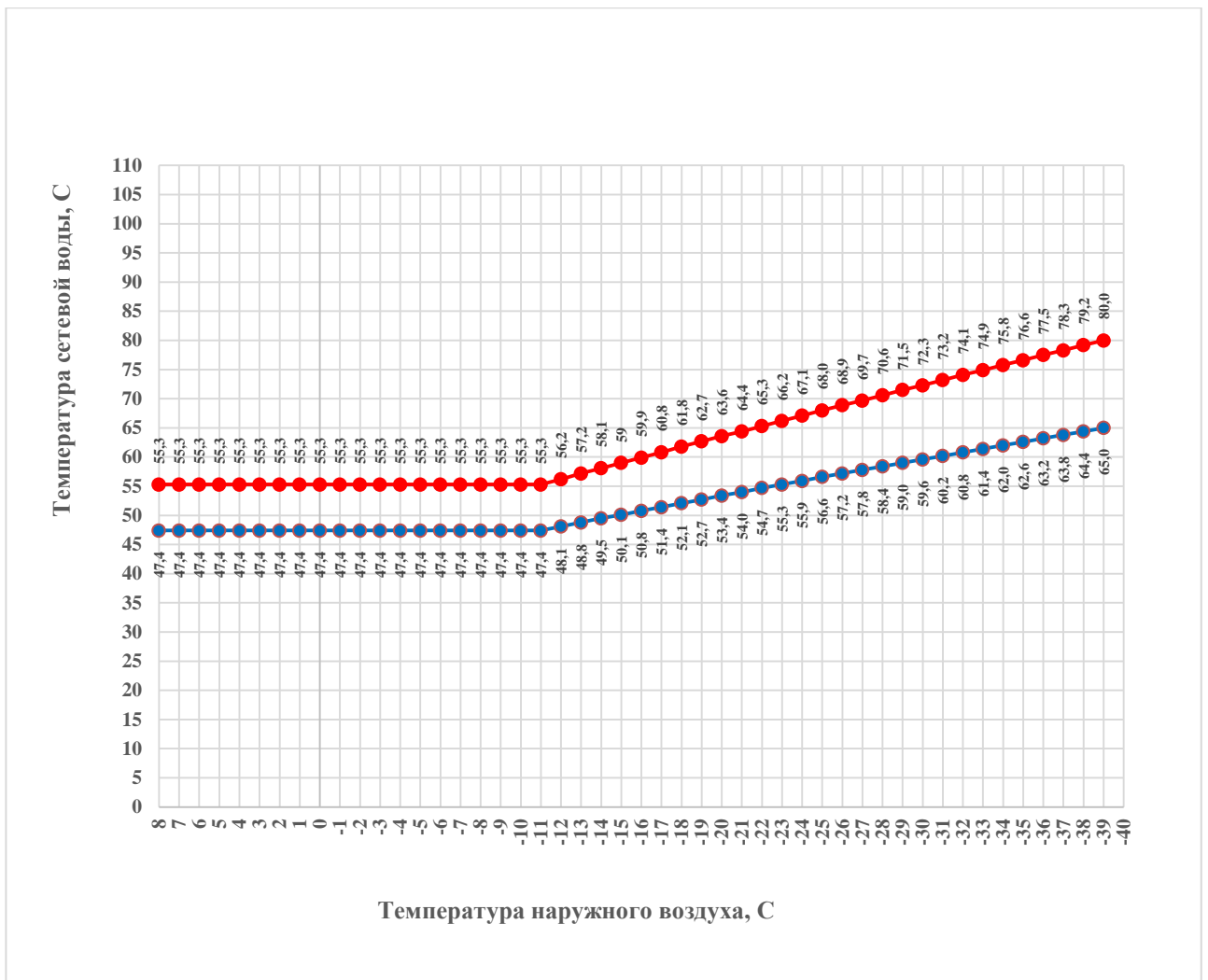


Рисунок 3 - Температурный график качественного регулирования по отопительной нагрузке

Рассчитанный температурный график сетевой воды $t_1/t_2=80/65^0\text{C}$ при качественном регулировании по отопительной нагрузке в закрытой системе ($t_{\text{нв}}=-11^0\text{C}$).

3.4 Расчет водо-водяного секционного подогревателя горячего водоснабжения

Система теплоснабжения тепловых сетей поселка «Чебал-Су» – двухтрубная, закрытая. Подготовка горячей воды осуществляется в теплообменниках, установленных в ИТП потребителей. Выполним расчет подогревателя горячего водоснабжения, включенного по параллельной схеме,

для индивидуального теплового пункта здания школы. Количество учащихся – 400 человек, максимальная нагрузка на ГВС – 0,019 Гкал/час (22,1 кВт).

Расчет водо-водяного секционного подогревателя горячего водоснабжения производим с применением ЭВМ. Программа расчета состоит из головной программы, в которой в диалоговом режиме производится выбор схемы включения теплообменников ГВС и расчетного модуля, в котором содержатся процедуры считывания исходной информации из входных файлов, расчет теплообменников для соответствующих схем включения, вывод результатов в выходной файл [9].

Таблица 10 – Исходные данные для схемы с параллельным подключением подогревателя ГВС

Значение	Размерность	Наименование величины
1	2	3
1-я строка		
22,1	кВт	$G_{г}^{max}$ - максимальная нагрузка ГВС
80	$^{\circ}C$	расчетная температура с.в. в подающей линии
65	$^{\circ}C$	расчетная температура с.в. в обратной линии
-11	$^{\circ}C$	температура наружного воздуха в точке излома
4,2	кДж/(кг $^{\circ}C$)	удельная изобарная теплоемкость воды
2-я строка		
55,3	$^{\circ}C$	температура в подающем трубопроводе в точке излома графика
47,4	$^{\circ}C$	температура в обратном трубопроводе в точке излома графика
50,1	$^{\circ}C$	температура в системе отопления в точке излома графика
5	$^{\circ}C$	температура холодной воды (для зимнего периода)
60	$^{\circ}C$	температура горячей воды на выходе из теплообменника
16	$^{\circ}C$	температура воздуха в помещении
30	$^{\circ}C$	температура сетевой воды на выходе из теплообменника
988,1	кг/м 3	плотность воды при средней температуре греющей среды
995,7	кг/м 3	плотность воды при средней температуре нагреваемой среды
1	м/с	скорость воды в межтрубном пространстве в 1-м приближении
3-я строка		
0,014	м	внутренний диаметр трубок
0,017	м	наружный диаметр трубок
0,0015	м	толщина стенок трубок
120	Вт/(м $^{\circ}C$)	коэффициент теплопроводности стенок трубок
0,8	-	коэффициент, учитывающий накипь на трубках

Файл с исходными данными и результатами расчета теплообменника ГВС,
выполненный в программе RGVS

Directory: H:\ФПК\TP55\SURG\RGVS\RGVSNEW
Date: 4/4/2017
Time: 14:52:56

Файл с исходными данными

22.1 80 65 -11 4.2
55.3 47.4 50.1 5 50 16 30 988.1 995.7 1
0.014 0.017 0.0015 120 0.8

Результаты расчета теплообменника г.в.с.
(параллельная схема)

Технические характеристики подогревателя

Внутренний диаметр корпуса	:	0.050 м;
Площадь пов-ти нагрева одной секции	:	0.750 м ² ;
Число трубок	:	4 шт.;
Площадь жив. сечения трубок	:	0.00062 м ² ;
Площадь жив. сечения межтр. прост-ва	:	0.00116 м ² ;
Внутренний диаметр трубок	:	14 мм;
Масса одной секции	:	32.2 кг;
Количество секций	:	4 шт.

В результате расчета в качестве теплообменника принимаем горизонтальный секционный водоподогреватель для горячего водоснабжения условным обозначением: ПВ 57х4-1,0-РГ-4-УЗ ГОСТ 27590-88.

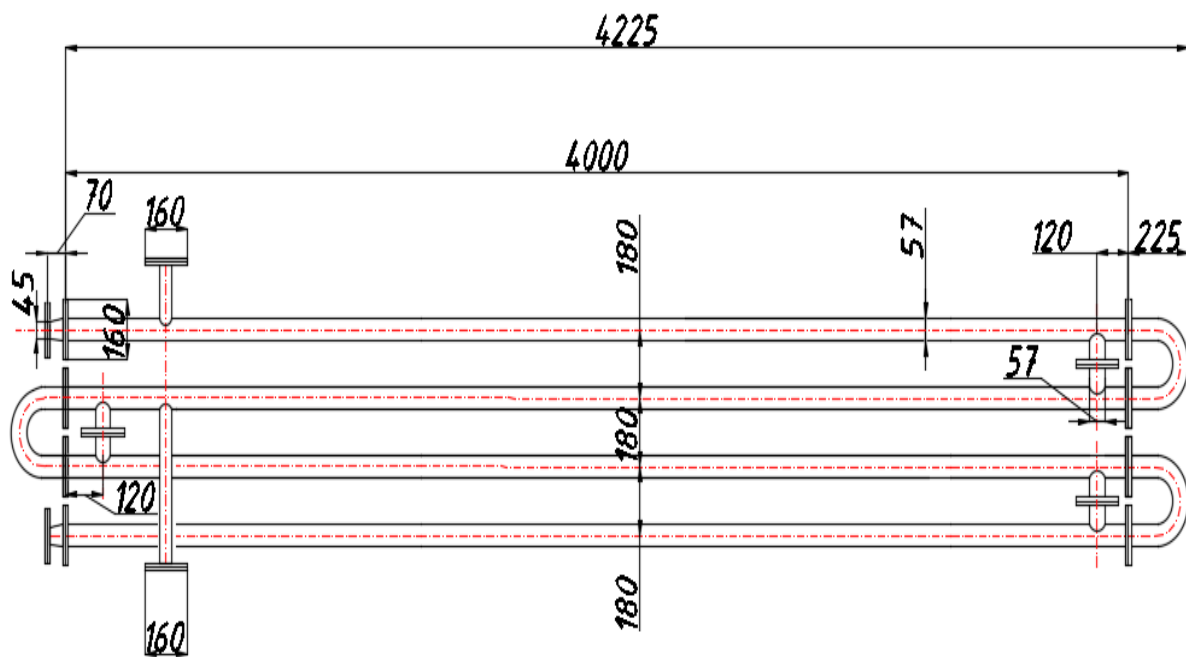


Рисунок 4 - Общий вид секционного водо-водяного подогревателя для горячего водоснабжения ПВ 57х4-1,0-РГ-4-УЗ ГОСТ 27590-88

4 Автономный источник теплоснабжения «Терморобот»

4.1 Состав оборудования, особенности работы котельной

Автономный источник теплоснабжения модульного типа ОАИТ «Терморобот 2х300» состоит из трех модулей. В двух модулях расположены независимые котлоагрегаты равной мощности со встроенными бункерами для угля, в третьем вспомогательное оборудование, а также служебное помещение ограниченного доступа для размещения и хранения в нем бензо-дизель генератора.

Таблица 11 – Состав оборудования

Наименование	Параметры	Количество
Оборудование первого и второго модулей:		
Котлоагрегат в составе:		2
1. Автоматический угольный водогрейный котел TP-300, КВа-0,3 (топка с автоматизированной линейной горелкой, жаротрубный теплообменник)	300 кВт	2
2. Встроенный угольный бункер	d=1 150 мм, h=830 мм, V=5,5 м ³	2
3. Вентилятор OBR-20-T-2K (для подачи воздуха в топку)	Q=1820 м ³ /час; 0,55 кВт	2
4. Вентилятор ВР-ТР-280-46 (для удаления дымовых газов)	Q=1900 м ³ /час; 0,55 кВт	2
5. Утепленная дымовая труба	Ø205, L3000мм	2
6. Сменный зольник	V=0,9 м ³	2
7. Система подачи угля (шнек с эл/приводом)	380 В	2
8. Блок автоматики с датчиками		2
9. Группа безопасности котла		2
Оборудование третьего модуля:		1
Насосы котлового контура типа Wilo IPL 50-130-2,2/2	Q=51 м ³ /час; H=18 м.в.ст; 2,2 кВт	2
Насосы отопительного контура типа Wilo IPL 50-140-3/2	Q=50 м ³ /час; H=23 м.в.ст; 3,0 кВт	2
Насос отопительного контура типа Grundfos UPS 32-80	Q=12 м ³ /час; H=8 м.в.ст; 0,16 кВт	1
Расширительный мембранный бак для подпитки котлового контура Wester WRV-150	V=150л	1
Теплообменник пластинчатый (вода-вода) FP 205-41-1-EN	600 кВт	1

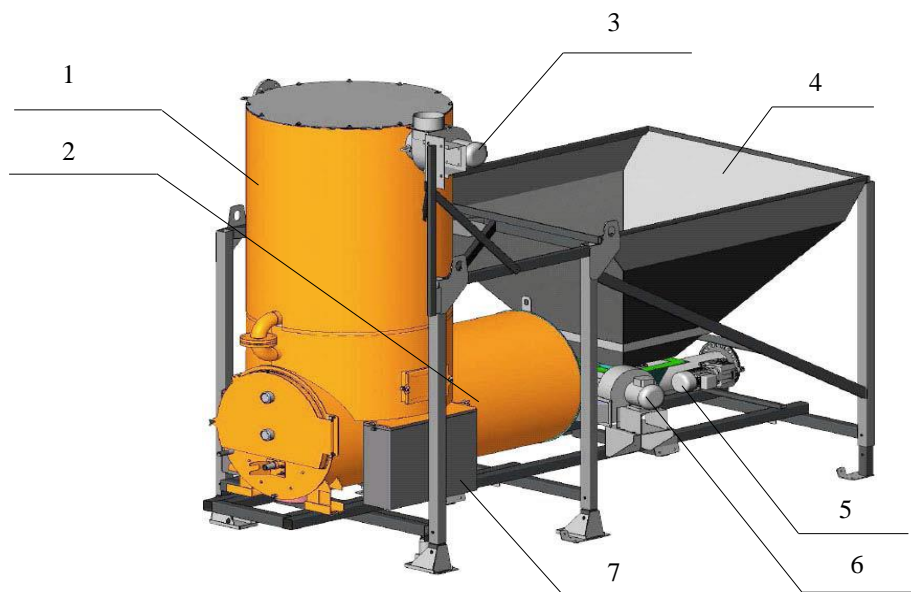


Рисунок 5 – Общий вид котлоагрегата:

1-теплообменник; 2-топка; 3-дымосос; 4-угольный бункер; 5-система подачи угля; 6-дутьевой вентилятор; 7-золосборник

Топка со встроенной горелкой

Топка котла состоит из стального водоохлаждаемого корпуса (1), изнутри частично футерованного асбестовым картоном и шамотным кирпичом (2). В центральной части топки расположен дожигатель (3), формирующий поток дымовых газов внутри топки. Вдоль топки располагается водоохлаждаемая автоматизированная линейная горелка (4) с большим количеством форсунок подачи первичного воздуха, а также водоохлаждаемый шнек с лопастями из нержавеющей стали (5) для перемещения угля и золы. Шлак через металлическую трубу-переходник сыпается во внешний зольник, а зола уноса собирается в двух съемных золосборниках. Для чистки котла предусмотрены лючки, а также набор инструмента (ерш для чистки дымовых труб, кочерга, совок, щуп для прочистки форсунок горелки).

Воздух в топку подается вентилятором, потоки воздуха можно регулировать с помощью двух заслонок. Заслонка меняет соотношение первичного и вторичного воздуха, что позволяет настраивать котел на сжигание различных видов угля [15].



Рисунок 6 – Топка котла ТР-300

Группа безопасности котла

На выходе теплообменника установлена группа безопасности котла, включающая в себя один или два предохранительных сбросных клапана, соединенных медными трубами с баком для сбора теплоносителя; манометр; биметаллический термометр; автоматический воздухоотводчик (воздушный клапан); аварийный датчик перегрева теплоносителя, а также кран для сброса воздуха из системы при ее заполнении теплоносителем.

Система подачи угля

Подача угля в топку осуществляется шнеком из нержавеющей стали, который приводится во вращение от электродвигателя через низкооборотный редуктор и зубчатую передачу. Работой электродвигателя управляет микропроцессор блока автоматики.

Шнек разборный, состоит из двух частей. Первая часть («холодная») – расположена в шнековой трубе механизма подачи, она подает уголь из тетки бункера в топку. Вторая («горячая») часть шнека находится в топке.

Внутри угольного бункера установлен ворошитель, обеспечивающий надежное осыпание угля, он приводится во вращение от шнека с помощью зубчатой передачи. Угольная пыль из этого узла высыпается наружу через отверстие в шнековой трубе, при работе это отверстие должно быть открыто, и под него установлена емкость для сбора пыли.

Описание работы котла

Уголь под действием собственного веса ссыпается из точки бункера в трубу узла подачи, далее шнеком перемещается в топку. В бункере расположен ворошитель, исключаяющий слипание (зависание) угля. Лопасты «горячей» части шнека перемещают горящий уголь по горелке и перемешивают его, улучшая горение и уменьшая спекание золы. Через форсунки в горелку дозированно подается воздух, здесь происходит выгорание твердой (коксовой) части угля. Оставшаяся зола выталкивается шнеком за пределы горелки, и ссыпается во внешний зольник. Летучие компоненты угля газифицируются, смешиваются в нужном соотношении со вторичным воздухом и сгорают в раскаленном объеме топки.

Необходимое количество воздуха рассчитывается контроллером в зависимости от скорости подачи угля. Регулируя заслонкой, расположенной в горелке, соотношение первичного и вторичного воздуха, можно настраивать «Терморобот» на оптимальное сжигание разных марок угля (бурый или – каменный длиннопламенный).

Футеровка топки, а также водяное охлаждение горелки и шнека обеспечивают в зоне горения оптимальную температуру (800-1100⁰С). Необходимую для полного сгорания угля, но недостаточную для спекания шлака и прогорания элементов конструкции.

Полностью сгоревшие раскаленные газы проходят через дымогарные трубы теплообменника, где отдают тепло теплоносителю, который с помощью внешнего циркуляционного насоса подается в систему отопления обогреваемого здания.

Работой котла управляет микропроцессорный блок автоматики (контроллер). Он обеспечивает безопасную эксплуатацию и автоматическое регулирование мощности в диапазоне 20-105% в зависимости от фактических теплопотерь здания (погоды). Регулировка мощности осуществляется изменением количества подаваемого в топку угля и пропорциональным изменением количества подаваемого воздуха. К контроллеру подключается ряд

основных и аварийных температурных датчиков: воздуха, подачи, обратки, шнековой трубы, перегрева теплоносителя, датчик давления в системе, вращения шнека [16].

4.2 Описание технологической схемы

Технологическая схема автономного источника теплоснабжения модульного типа ОАИТ «Терморобот 2х300» представлена в графическом приложении.

Теплоноситель котлового контура – сетевая вода с расчетными параметрами 90/75⁰С.

Теплоноситель отопительного контура – сетевая вода с расчетными параметрами 80/65⁰С.

Давление в отопительном контуре от ОАИТ «Терморобот 2х300»:

- в подающем трубопроводе – 4,0 кгс/см²;
- в обратном трубопроводе – 2,0 кгс/см².

Давление в котловом контуре от ОАИТ «Терморобот 2х300»:

- в подающем трубопроводе – 2,0 кгс/см²;
- в обратном трубопроводе – 2,5 кгс/см².

В технологической схеме предусмотрена установка водо-водяного пластинчатого теплообменника с параметрами греющей стороны: температурой на входе 90⁰С, на выходе 75⁰С; с параметрами нагреваемой стороны: температурой на входе 65⁰С, на выходе 80⁰С.

В схеме котлового контура размещены два циркуляционных насоса (один рабочий, один резервный), два котлоагрегата мощностью по 300 кВт. В состав котлоагрегата входит жаротрубный котел, состоящий из топки с расположенной внутри автоматизированной линейной горелкой и пятиходовым жаротрубным теплообменником. Основные параметры теплоносителя на выходе из котлов: температура 90⁰С, давление 2,0 кгс/см² (по манометру до предохранительных клапанов). Котловая вода по подающему трубопроводу

поступает на всасывающий патрубок циркуляционного насоса, откуда с давлением $2,5 \text{ кгс/см}^2$ (по датчику давления после насоса) направляется в водяной пластинчатый теплообменник, в котором отдает часть теплоты, нагревая сетевую воду. Из теплообменника с параметрами теплоносителя: температурой 75°C и давлением $2,2 \text{ кгс/см}^2$ (по манометру после теплообменника) по обратному трубопроводу поступает в котлы. Подпитка котлового контура производится от существующего водопровода холодной воды и умягчается фильтром тонкой очистки типа «Гейзер». В технологической схеме предусмотрен расширительный мембранный бак для поддержания объема воды в котловом контуре.

В схеме отопительного контура установлено два циркуляционных сетевых насоса, один из которых рабочий, один резервный и один вспомогательный циркуляционный насос, предусмотренный для работы в случае аварийных отключений эл/энергии. Сетевая вода с параметрами теплоносителя: температурой 65°C и давлением $2,0 \text{ кгс/см}^2$ по обратному трубопроводу поступает на всасывающий патрубок насоса, после насоса с давлением $4,3 \text{ кгс/см}^2$ направляется в теплообменник, где за счет нагреваемой среды котлового контура с параметрами: температурой воды 80°C и давлением $4,0 \text{ кгс/см}^2$ поступает в подающий трубопровод и к потребителю.

Котлы «Терморобот» работают в автоматическом режиме, без участия обслуживающего персонала. Для управления работой котлов предназначен контроллер (блок котельной автоматики с датчиками). Он обеспечивает их безопасную эксплуатацию и автоматическое регулирование мощности. Для безопасной работы котлового контура на выходе теплообменника установлена группа безопасности котла, включающая в себя один или два предохранительных сбросных клапана, соединенных медными трубами с баком для сбора теплоносителя, биметаллический термометр, автоматический воздухоотводчик (воздушный клапан), аварийный датчик перегрева теплоносителя, кран для сброса воздуха из системы при ее заполнении теплоносителем.

4.3 Пуско-наладочные работы

В период подготовки к пуску необходимо:

- проверить присоединение котла к отопительной системе;
- поставить всю арматуру в рабочее положение, в соответствии с обозначением (стрелок) и надписей на них: открыто «О», закрыто «З»;
- закрыть спускные краны;
- произвести осмотр котла и убедиться в отсутствии опасных повреждений;
- проверить отсутствие в котле посторонних предметов;
- проверить состояние циркуляционных насосов и электродвигателей, включая при закрытых задвижках по очереди на короткое время, затем – при открытых задвижках;
- заполнить котловой контур водой;
- открыть вентиль №1, №2 (Ду25) - подача холодная вода;
- затворы на входе №20 (Ду100) в теплообменник и на выходе №9 (Ду100) из теплообменника;
- открыть задвижки №13,14 (Ду65) на входе в котел №1;
- открыть задвижки №10,11 (Ду65) в котел №2;
- открыть на выходе из котла №1 затвор №15 (Ду65);
- открыть на выходе из котла №2 затвор №12 (Ду65);
- открыть затвор на всасе №16 (Ду100) и на нагнетании №17 (Ду100) насоса №1;
- открыть затвор на всасе №18 (Ду100) и на нагнетании №19 (Ду100) насоса №2;
- запитать котловой контур до давления $2,0 \text{ кгс/см}^2$ (0,2 Мпа);
- закрыть затвор №17 на нагнетании насоса №1;
- включить насос в работу (пуск и останов насоса выполнять согласно инструкции по эксплуатации насоса Wilo IPL);
- открыть затвор на нагнетании №17 насоса №1;

- довести давление до рабочих параметров на входе в котел - $2,2 \text{ кгс/см}^2$;
- открыть воздушники для удаления воздуха из котлового контура, при появлении воды из воздушников, закрыть их.
- заполнить сетевой контур водой;
- открыть вентиль №29 Ду25-подача холодной воды;
- открыть на выходе из теплообменника затвор №28 (Ду100);
- на входе в теплообменник затвор №27 (Ду100);
- открыть затворы на насосе №3 (на всасе №21 Ду100, на нагнетании №22 Ду100);
- открыть затворы на насосе №4 (на всасе №23 Ду100, на нагнетании №24 Ду100);
- затворы на обратном трубопроводе №4,5,6 Ду100;
- открыть затвор на подающем трубопроводе №3 Ду100;
- открыть воздушники и выпустить воздух из сетевого контура, закрыть воздушники при появлении воды;
- запитать сетевой контур до $2,0 \text{ кгс/см}^2$ (0,2 Мпа) на обратном трубопроводе;
- закрыть на насосе №3 затвор №22 (Ду100) на нагнетании;
- включить насос в работу (пуск и останов насоса выполнять согласно инструкции по эксплуатации насоса Wilo IPL, Grundfos UPS);
- открыть затвор №22 на нагнетании;
- довести давление до рабочих параметров: на подающем трубопроводе до давления $4,0 \text{ кгс/см}^2$ (0,4 Мпа), на обратном трубопроводе до $2,0 \text{ кгс/см}^2$ (0,2 Мпа).

Пуск автономного источника теплоснабжения «Терморобот».

Перед розжигом котлоагрегата ТР-300 необходимо проверить работоспособность электрических механизмов котельной. Для этого нужно включить все установленные защитные автоматы и питание контроллера.

Первый пуск рекомендуется производить при частично заполненном угольном бункере. Убедившись в нормальной работе котла, бункер можно заполнить углем полностью.

Розжиг котлоагрегата производится в режиме «Ручное управление». Включить механизм подачи угля и заполнить горелку углем примерно на 1/5 ее длины. Рядом с вышедшим в горелку углем развести огонь с помощью щепы, стружки, жидкости для растопки печей. Нельзя использовать для розжига длинные щепки, полена (если в это время включить подачу угля, произойдет заклинивание шнека).

Разгоревшуюся древесину присыпать вручную (с помощью совка) углем фракции 20– 40 мм. После возникновения устойчивого факела разровнять уголь в горелке кочергой (движениями « к себе»), при необходимости еще добавить угля вручную. Дождаться полного сгорания щепы и стабильного горения угля. Выключить ручной режим подачи угля.

Дальнейшая подача угля будет происходить автоматически в соответствии с установленными параметрами работы котельной. Дымосос и вентилятор поддува при этом должны работать постоянно. На индикаторе отобразится текущее значение температуры теплоносителя.

Далее процесс горения происходит автоматически. Вентилятор поддува, дымосос и узел подачи угля входят в систему автоматизации горелки. Все эти механизмы интеллектуально управляются контроллером.

4.4 Обслуживание ОАИТ «Терморобот 2х300»

Для управления работой котлов «Терморобот» предназначен блок котельной автоматики (контроллер). Микропроцессорная автоматика контролирует режимы работы и обеспечивает безопасное гашение котла при авариях, сбоях электроснабжения и при достижении предельных значений параметров. Предусмотрены следующие аварийные датчики:

1. Основной и резервный датчики температуры теплоносителя: при достижении температуры 95°C прекращается подача угля и воздуха.
2. Датчики температуры шнека и бункера регистрируют возгорание угля в бункере и в шнековой трубе, а механизм подачи автоматически сбрасывает загоревшийся уголь в горелку.
3. Датчик вращения шнека. При заклинивании шнека контроллер реверсирует механизм подачи угля и устраняет аварию.
4. Датчики давления и протока воды следят за наличием давления и циркуляции теплоносителя в системе.
5. Датчики тока двигателей дымососа и вентилятора поддува выявляют неисправность этих механизмов.
6. Датчики тока двигателей дымососа и вентилятора поддува выявляют неисправность этих механизмов.
7. Датчик наличия электропитания. При отключении электрической энергии автоматически происходит запуск резервного питания (бензинового генератора).

В программе «Веб-интерфейс котельных Терморобот» непрерывно фиксируется информация по основным параметрам работы котельных. На рисунках 7-9 представлены отчетные данные по работе автономных источников теплоснабжения «Терморобот».

Свод по котлам Графики Отчёт по Гигакалориям Отчёт по событиям

sid	Котёл	Температура подачи, °С	Температура обратки, °С	Разность температур	Поток воды, м3/ч	Мощность, кВт	Энергия, Гкал	Время подачи, °С	Время обратки, °С	Температура на улице, °С	Температура шнека, °С	Температура бункера 1, °С	Температура бункера 2, °С	Т. помещения котельной, °С	Остаток угля, кг	До опустошения бункера, дней	Расход угля (усредненный), кг/ч	Расход угля за период, кг	Т. подачи сетевого контура, °С	Т. обратки сетевого контура, °С	Разность Т. сетевого контура, °С	Поток воды сетевого контура, м3/ч	Уставка температуры подачи, °С
2	Чебалсу Дельта(Кот.1) 2017-02-14 16:23:00	<u>77.6</u> 78	73,3	4,3	20,6	110,1	145,78	78	8,5	-11,2	33,2	15	15	15	<u>825</u>	1,1	31,5		45	15	30	0	78
3	Чебалсу Дельта(Кот.2) 2017-02-14 16:23:02 Угля меньше, 14.02.2017 чем на сутки 12:14:34	<u>77.6</u> 78	70,3	7,3	20,2	161,5	61,21	78	14	-5	29,5	15	15	15	<u>692</u>	0,7	38,9		45	15	30	0	78
4	Чебалсу шк 7(Кот.1) 2017-02-14 16:22:57	<u>78.2</u> 78	68,9	9,3	8,6	91	200,82	78	4,8	6,6	15	15	15	15	<u>2889</u>	9	13,4		45	15	30	0	78
5	Чебалсу шк 7(Кот.2) 2017-02-14 16:23:01	<u>78</u> 78	68,9	9,1	8,5	89	205,39	78	5,9	0,5	29,5	15	15	15	<u>2172</u>	6	15,2		45	15	30	0	78
6	Чайка(Кот.1) 2017-02-14 16:21:58	<u>70.4</u> 70	65,5	4,9	21,1	122,6	217,6	70	13,9	-5	20,8	49,5	50,7	15	<u>1368</u>	2,1	26,8		45	15	30	0	70
7	Чайка(Кот.2) 2017-02-14 16:22:01	<u>70.3</u> 70	65,3	5	20,2	112,7	232,05	70	10,6	-4	25,3	52,7	51,3	53	<u>1735</u>	3,1	23		45	15	30	0	70
8	ЮПЗ(Кот.1) 2017-02-14 16:22:59	<u>79.8</u> 78	65,4	14,2	8,6	145,8	120,28	78	7,8	-5	15	45,1	46,7	15	<u>1127</u>	1,5	30,4		45	15	30	0	78
9	ЮПЗ(Кот.2) 2017-02-14 16:23:01	<u>77.2</u> 78	64	13,2	8,7	131,8	254,81	78	7,3	-3,4	15	51,1	55,5	39	<u>1536</u>	2,9	22,3		45	15	30	0	78
10	Н.Улус(Кот.1) 2017-02-14 16:23:00 Угля меньше, 14.02.2017 чем на сутки 2:19:17	<u>77.9</u> 78	68,1	9,8	9	108,3	132,16	78	8,3	11,8	15	51,4	56,1	15	<u>297</u>	0,4	30,9		45	15	30	0	78
11	Н.Улус(Кот.2) 2017-02-14 16:23:01	<u>77.8</u> 78	68,4	9,4	9,1	106,5	100,7	78	7,7	13	15	15	15	62,5	<u>1123</u>	2	23,5		45	15	30	0	78
12	Верх.Терр.(Кот.1) 2017-02-14 16:23:00	<u>68.7</u> 78	60	8,7	17,3	179	293,19	78	11	-5	15	45,1	46,6	15	<u>1436</u>	1,8	33		45	15	30	0	78

Рисунок 7 – Отчетные данные о работе котлов

[Свод по котлам](#)
[Графики](#)
[Отчёт по Гигакалориям](#)
[Отчёт по событиям](#)

<input checked="" type="radio"/> Чебалсу Дельта(Кот.1)	Дата	Гиги	Коэф	Тонн	Итог
<input type="radio"/> Чебалсу Дельта(Кот.2)	02.12.2016	2,088	0.255	0,533	0,533
<input type="radio"/> Чебалсу шк 7(Кот.1)	03.12.2016	2,36	0.255	0,602	1,135
<input type="radio"/> Чебалсу шк 7(Кот.2)	04.12.2016	2,845	0.255	0,726	1,861
<input type="radio"/> Чайка(Кот.1)	05.12.2016	1,774	0.255	0,452	2,313
<input type="radio"/> Чайка(Кот.2)	06.12.2016	0,876	0.255	0,223	2,536
<input type="radio"/> ЮПЗ(Кот.1)	07.12.2016	2,113	0.255	0,539	3,075
<input type="radio"/> ЮПЗ(Кот.2)	08.12.2016	2,146	0.255	0,547	3,622
<input type="radio"/> Н.Улус(Кот.1)	09.12.2016	2,541	0.255	0,648	4,27
<input type="radio"/> Н.Улус(Кот.2)	10.12.2016	3,047	0.255	0,777	5,047
<input type="radio"/> Верх.Терр.(Кот.1)	11.12.2016	2,5	0.255	0,637	5,684
<input type="radio"/> Верх.Терр.(Кот.2)	12.12.2016	2,284	0.255	0,582	6,266
<input type="radio"/> Солнечный(Кот.1)	13.12.2016	2,297	0.255	0,586	6,852
<input type="radio"/> Солнечный(Кот.2)	14.12.2016	2,517	0.255	0,642	7,494
	15.12.2016	2,371	0.255	0,604	8,098
	16.12.2016	1,869	0.255	0,477	8,575
	17.12.2016	1,959	0.255	0,5	9,075
	18.12.2016	2,052	0.255	0,523	9,598
	19.12.2016	2,027	0.255	0,517	10,115
	20.12.2016	1,277	0.255	0,326	10,441
	21.12.2016	0	0.255	0	10,441
	22.12.2016	2,755	0.255	0,702	11,143
	23.12.2016	2,617	0.255	0,667	11,81
	24.12.2016	2,814	0.255	0,718	12,528
	25.12.2016	2,622	0.255	0,669	13,197
	26.12.2016	2,284	0.255	0,582	13,779
	27.12.2016	2,217	0.255	0,565	14,344
	28.12.2016	2,619	0.255	0,668	15,012
	29.12.2016	1,855	0.255	0,473	15,485
	30.12.2016	2,39	0.255	0,61	16,095
	31.12.2016	2,192	0.255	0,559	16,654
	01.01.2017	2,007	0.255	0,512	17,166

Рисунок 8 – Отчетные данные о расходе тепловой энергии

Свод по котлам Графики Отчёт по Гигакалориям Отчёт по событиям

<input checked="" type="radio"/> Чебалсу Дельта(Кот.1)	ДатаВремя	Событие	Возн/Устр
<input type="radio"/> Чебалсу Дельта(Кот.2)	06.09.2016 11:28:16	Авария поддува	(Возн!!!)
<input type="radio"/> Чебалсу шк 7(Кот.1)	06.09.2016 11:28:16	Температура обратки сетевого контура ниже +5°C	(Возн!!!)
<input type="radio"/> Чебалсу шк 7(Кот.2)	06.09.2016 11:30:03	Низкое давление	(Возн!!!)
<input type="radio"/> Чайка(Кот.1)	07.09.2016 11:56:17	Авария поддува	(Устр)
<input type="radio"/> Чайка(Кот.2)	07.09.2016 11:59:05	Низкое давление	(Устр)
<input type="radio"/> ЮПЗ(Кот.1)	07.09.2016 11:59:18	Низкое давление	(Возн!!!)
<input type="radio"/> ЮПЗ(Кот.2)	07.09.2016 12:12:23	Низкое давление	(Устр)
<input type="radio"/> Н.Улус(Кот.1)	07.09.2016 12:12:38	Низкое давление	(Возн!!!)
<input type="radio"/> Н.Улус(Кот.2)	07.09.2016 12:18:50	Низкое давление	(Устр)
<input type="radio"/> Верх.Терр.(Кот.1)	07.09.2016 12:25:03	Низкое давление	(Возн!!!)
<input type="radio"/> Верх.Терр.(Кот.2)	07.09.2016 12:25:03	Включена подпитка воды	(Возн!!!)
<input type="radio"/> Солнечный(Кот.1)	07.09.2016 13:10:34	Низкое давление	(Устр)
<input type="radio"/> Солнечный(Кот.2)	07.09.2016 13:10:34	Включена подпитка воды	(Устр)
	07.09.2016 13:38:07	Низкое давление	(Возн!!!)
	07.09.2016 16:27:44	Низкое давление	(Устр)
	07.09.2016 16:28:25	Низкое давление	(Возн!!!)
	07.09.2016 16:34:45	Низкое давление	(Устр)
	07.09.2016 17:27:03	Угля меньше, чем на сутки	(Возн!!!)
	07.09.2016 17:27:03	Температура обратки сетевого контура ниже +5°C	(Устр)
	07.09.2016 19:05:49	Критическое снижение температуры	(Возн!!!)
	08.09.2016 9:47:57	Критическое снижение температуры	(Устр)
	08.09.2016 9:47:57	Угля меньше, чем на сутки	(Устр)
	08.09.2016 11:39:59	Угля меньше, чем на сутки	(Возн!!!)
	08.09.2016 11:44:05	Угля меньше, чем на сутки	(Устр)
	08.09.2016 11:44:59	Угля меньше, чем на сутки	(Возн!!!)
	08.09.2016 12:43:08	Включена подпитка воды	(Возн!!!)
	08.09.2016 12:43:14	Авария дымососа	(Возн!!!)
	08.09.2016 12:45:11	Авария дымососа	(Устр)
	08.09.2016 12:45:11	Угля меньше, чем на сутки	(Устр)
	08.09.2016 12:45:11	Включена подпитка воды	(Устр)
	08.09.2016 13:00:46	Угля меньше, чем на сутки	(Возн!!!)

Рисунок 9 – Отчетные данные о возникновении аварийных ситуаций

4.5 Автоматизация управления технологическими процессами модульной котельной

Автоматическое управление технологическими процессами работы модульной котельной основывается на работе микропроцессорной автоматики (контроллере). Контроллер размещается в электрическом шкафу, вместе с другим электрооборудованием. К контроллеру подключается ряд основных и аварийных датчиков: воздуха, подачи, шнековой трубы, перегрева теплоносителя, вращения шнека, датчик давления в системе. Автоматика непрерывно балансирует все процессы в котле: размораживание угля и осыпание его из бункера, подачу угля, а также подачу первичного и вторичного воздуха в топку.

В графической части выпускной квалификационной работы представлена функциональная схема автоматической системы регулирования технологическими процессами модульной котельной ОАИТ «Терморобот 2х300». С датчиков, подключенных к контроллеру, каждую секунду считывается информация. На основе внутреннего алгоритма контроллер обрабатывает информацию и задает соответствующие действия (при достижении температуры 95°C прекращается подача угля и воздуха).

Принцип работы схемы АСР

1. Регулирование давления сетевого отопительного контура автоматической подпиткой обратного трубопровода холодной водой: при повышении давления теплоносителя в обратном трубопроводе ниже допустимого значения (менее 2,0 кгс/см²) датчик давления подает сигнал на регулировочный клапан. Клапан открывается, происходит подпитка холодной водой обратного трубопровода до рабочих параметров (не более 2,2 кгс/см²). При достижении давления свыше 2,2 кгс/см² датчик давления передает сигнал на регулировочный клапан, он закрывается.

2. Регулирование расхода воды через котел: при уменьшении расхода воды через котел ниже допустимого предела 12 м³/час (в случае возможного выхода

из строя насоса), сигнал от датчика протока подается на циркуляционный насос котлового контура и включается резервный насос.

3. Управление по температуре подачи теплоносителя: при повышении температуры свыше предельно заданных параметров (отклонение от значений температурного графика), либо при возникновении аварийных ситуаций (превышение температуры свыше 95°C) подается сигнал от температурного датчика, установленного на выходе из котла. При этом уменьшается частота вращения дымососа, дутьевого вентилятора, количество подаваемого угля в топку. При снижении температуры в котловом контуре ниже предельно допустимых значений увеличивается частота вращения дымососа, дутьевого вентилятора, количество подаваемого угля в топку.

4. Погодозависимое управление (по уличному датчику температуры): при снижении температуры наружного воздуха датчик температуры наружного воздуха подает сигнал и происходит увеличение частоты вращения дымососа, дутьевого вентилятора и количества подаваемого угля в топку. При повышении температуры наружного воздуха происходит обратный процесс.

Управление по температуре подачи теплоносителя и погодозависимое управление применяются для регулирования рабочих процессов. Регулирование давления отопительного контура и расхода воды через котел в случае аварийных режимов.

5 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Цель раздела – произвести сравнительный расчет годовых эксплуатационных издержек на теплоснабжение от существующей котельной и от вновь вводимого источника теплоснабжения, определить срок окупаемости проекта по переводу системы теплоснабжения поселка «Чебал-Су» на автономный источник теплоснабжения «Терморобот».

Ввод в эксплуатацию блочно-модульной котельной «Терморобот» позволит сократить расходы на потребление основных топливно-энергетических ресурсов и снизить себестоимость отпускаемой тепловой энергии.

5.1 Планирование

Достаточно важной частью является определение последовательности работ, являющейся наиболее оптимальной с точки зрения минимальных затрат времени на осуществление всего комплекса работ. Планирование работы заключается в следующем: составление перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи; определение участников работы; установление продолжительности работы в рабочих днях. Перечень работ и оценка времени их выполнения представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Перечень работ и оценка времени их выполнения

№ п/п	Наименование работ	Кол-во исполнителей	Продолжительность, дн.
1	Выдача и получение задания	Инженер	1
		Научный руководитель	1
2	Анализ литературы, сбор исходных данных	Инженер	30
		Научный руководитель	3
3	Определение тепловых нагрузок и	Инженер	20

	расходов сетевой воды на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение потребителей поселка «Чебал-Су»	Научный руководитель	2
4	Расчет потребности в топливе и тепловых потерь в тепловых сетях при транспорте теплоносителя	Инженер	5
5	Разработка технологической схемы ОАИТ «Терморобот 2х300»	Инженер	5
6	Выполнение тепловых расчетов с применением ЭВМ (гидравлический расчет, построение пьезометрического графика)	Инженер	10
		Научный руководитель	1
7	Разработка графического материала для ВКР	Инженер	25
		Научный руководитель	2
8	Проверка работы научным руководителем	Инженер	1
		Научный руководитель	1
9	Устранение выявленных замечаний	Инженер	5
	Итого:	Инженер	102
		Научный руководитель	10

5.2 Смета затрат на проектирование

Затраты на любой вид деятельности рассчитываются по следующим элементам расходов: материальные затраты (за вычетом стоимости возвратных отходов), затраты на оплату труда, социальные отчисления (страховые взносы), амортизация основных фондов и нематериальных активов, прочие затраты, накладные расходы.

Смету затрат на проект определяем по формуле:

$$K_{np} = K_{mat} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{с.о} + K_{np} + K_{накл}, \quad \text{руб}, \quad (5.1)$$

где K_{mat} - материальные затраты, руб;

$K_{ам}$ - амортизация компьютерной техники, руб;

$K_{з/пл}$ - затраты на заработную плату, руб;

$K_{с.о}$ - затраты на социальные отчисления, руб;

$K_{пр}$ - прочие затраты, руб;

$K_{накл}$ - накладные расходы, руб.

5.2.1 Материальные затраты

Материальные затраты принимаем в размере 1000 руб. на канцелярские товары.

5.2.2 Затраты на амортизацию компьютерной техники

При выполнении проекта было задействовано следующее оборудование: компьютерная техника.

Затраты на амортизацию компьютерной техники определяем по формуле:

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.кт}}{T_{кал}} \cdot Ц_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}}, \quad \text{руб}, \quad (5.2)$$

где $T_{исп.кт}$ - время использования компьютерной техники, дней;

$T_{кал}$ - календарное время, принимаем 365 дней;

$Ц_{кт}$ - стоимость компьютерной техники, руб;

$T_{сл}$ - срок службы компьютерной техники, лет.

$$K_{ам} = \frac{90}{365} \cdot 30000 \cdot \frac{1}{5} = 1479,5 \text{ руб.}$$

5.2.3 Затраты на заработную плату

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок.

Затраты на заработную плату рассчитываем для инженера и научного руководителя по формуле:

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж} + ЗП_{пр}, \quad \text{руб}, \quad (5.3)$$

Месячную заработную плату определим по формуле:

$$ЗП_{мес} = ЗП_о \cdot \kappa_1 \cdot \kappa_2, \quad \text{руб/мес,} \quad (5.4)$$

где $ЗП_о$ - месячный оклад, руб;

κ_1 - коэффициент, учитывающий отпуск (10%);

κ_2 - районный коэффициент (30%).

Заработная плата инженера за месяц:

$$ЗП_{инж} = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310,0 \text{ руб/мес.}$$

Заработная плата научного руководителя за месяц:

$$ЗП_{нр} = 26300 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 37609,0 \text{ руб/мес.}$$

Заработную плату за фактически отработанное время определим по формуле:

$$K_{факт.зп} = \frac{ЗП_{мес.пл}}{21} \cdot n, \quad \text{руб,} \quad (5.5)$$

где: Т – число рабочих дней в месяце = 21 день;

n – фактическое количество затраченных дней в проекте.

$$K_{факт.зп.инж.} = \frac{24310,0}{21} \cdot 102 = 118077,0, \quad \text{руб.}$$

$$K_{факт.зп.нр.} = \frac{26300}{21} \cdot 10 = 12524,0, \quad \text{руб.}$$

$$K_{з/пл} = 118077,0 + 12524,0 = 130601,0 \text{ руб.}$$

5.2.4 Затраты на социальные отчисления

В статье расходов «Отчисления на социальные нужды» отражаются обязательные отчисления по установленным законодательным нормам органов государственного социального страхования, пенсионного фонда, медицинского страхования от затрат на оплату труда работников. На 2014 год в соответствии с Федеральным законом от 24.02.2009 г. № 212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. Затраты на социальные отчисления принимаем в размере 30% от затрат на заработную плату:

$$K_{с.о} = K_{з/пл} \cdot 0,3, \quad \text{руб,} \quad (5.6)$$

$$K_{c.o} = 130601,0 \cdot 0,3 = 39180,3 \text{ руб.}$$

5.2.5 Прочие затраты

К статье расходов «Прочие затраты» себестоимости продукции (работ, услуг) относятся налоги, сборы, отчисления в специальные внебюджетные фонды, платежи по обязательному страхованию имущества, платежи за предельно допустимые выбросы загрязняющих веществ; вознаграждения за изобретения и рационализаторские предложения, затраты на командировки, затраты на ремонт. Прочие затраты составляют 10% от суммы всех предыдущих затрат.

Прочие затраты определяем по формуле:

$$U_{np} = 0,1 \cdot (K_{mat} + K_{ам} + K_{з.пл} + K_{c.o}), \quad \text{руб,} \quad (5.7)$$

$$U_{np} = 0,1 \cdot (1000 + 1479,5 + 130601,0 + 39180,3) = 17226,1 \text{ руб.}$$

5.2.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в прочие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии и т.д. Накладные расходы принимаем в размере 200% от затрат на заработную плату:

$$K_{накл} = K_{з/пл.} \cdot 2, \text{ руб. (}$$

$$K_{накл} = 130601,0 \cdot 2 = 261202,0 \text{ руб.}$$

$$K_{np} = 1000 + 1479,5 + 13601,0 + 39180,3 + 17226,1 + 261202,0 = 450690,0 \text{ руб.}$$

Полученные результаты сводим в таблицу 13.

Таблица 13 – Затраты на выполнение проекта

№ п/п	Элементы затрат	Стоимость, руб.
1	Материальные затраты	1000,0
2	Амортизация компьютерной техники	1479,5
3	Затраты на заработную плату	130601,0
4	Затраты на социальные отчисления	39180,3
5	Прочие затраты	17226,1
6	Накладные расходы	261202,0
	Итого:	450690,0

5.3 Смета затрат на оборудование

Для расчета величины годовых эксплуатационных издержек на теплоснабжение и срока окупаемости проекта необходимо определить основные элементы затрат по реализации проекта. Смета затрат на оборудование представлена в таблице 14.

Таблица 14 – Затраты на оборудование и монтажные работы

№ п/п	Элементы затрат	Стоимость, руб.
1	Стоимость оборудования	4042887,0
2	Доставка оборудования	20000,0
3	Охранные мероприятия (пульт охраны, видеонаблюдение, пожарная сигнализация)	200000,0
4	Монтажные работы	808577,4
	Итого:	5071464,4

5.4 Экономическая эффективность проекта

Произведем сравнительный расчет эксплуатационных издержек на теплоснабжение по двум вариантам: от существующей котельной в поселке «Чебал-Су» и от вновь вводимого источника ОАИТ «Терморобот».

Годовые эксплуатационные расходы на производство тепла руб./год складываются из затрат: $U_{ам}$ – амортизационные отчисления, руб./год; $U_{тр}$ – издержки на текущий ремонт оборудования, руб./год; $U_{з.пл.}$ – затраты на заработанную плату персонала, руб./год; $U_{топ}$ – издержки на топливо, потребляемое котельной установкой, руб./год; $U_{эл.эн}$ – затраты на электрическую энергию для собственных нужд, руб./год; $U_{в}$ – затраты на воду, руб./год; $U_{пр}$ – на прочие расходы, руб./год.

$$\sum U_{год} = U_{пр} + U_{м} + U_{ам} + U_{в} + U_{э} + U_{з.пл.} + U_{тр}, \text{ руб./год}, \quad (5.8)$$

5.4.1 Эксплуатационные расходы на теплоснабжение от существующей котельной в поселке «Чебал-Су».

Затраты на топливо рассчитываются исходя из расхода топлива в котельной:

$$U_m = B_{год} \cdot C_m, \quad \text{руб./год}, \quad (5.9)$$

где $B_{год}$ – годовой расход топлива, $B_{год} = 750,0$ т./год; C_m – цена топлива, руб/т., $C_t = 1377,6$ руб./т. (по данным ПАО «Тепло»).

$$U_m = 750,0 \cdot 1377,6 = 1033200,0 \text{ руб./год}$$

Годовые затраты котельной на амортизацию

Затраты на амортизацию исчисляются определением процента от стоимости котельной. В настоящее время по котельной установке норма отчислений на амортизацию составляет 8 % от стоимости по всему комплексу сооружения котельной установки:

$$U_{ам} = \alpha_{ам} \cdot K_k, \quad \text{руб./год}, \quad (5.10)$$

где $\alpha_{ам}$ – норма амортизации, K_k – стоимость котельной, руб., $K_k = 9665500,0$ руб.

$$U_{ам} = 0,08 \cdot 9665500,0 = 773240,0 \text{ руб./год}$$

Годовые затраты на заработную плату

Годовые расходы на заработную плату определяются как сумма произведений годовых фондов заработной платы рабочих и числа рабочих данной котельной (таблица 15).

Годовой фонд заработной платы определяется по формуле:

$$U_{з.пл} = Z_{пл} \cdot 12, \text{руб./год}, \quad (5.11)$$

где $Z_{пл}$ - заработная плата рабочих, руб./мес.

Таблица 15 - Количество рабочих котельной и месячная зарплата

Наименование должности	Количество работающих, чел	$Z_{пл}$ в месяц, руб.
Начальник котельной	1	20550,0
Машинист/кочегар котельной	6	127800,0
Слесарь по ремонту котельного оборудования	1	24712,0
Итого	8	173062,0

$$U_{з.пл} = 173062 \cdot 12 = 2076700,0 \text{ руб./год.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования

Стоимость текущего ремонта принимается равной 20 % от суммы амортизационных отчислений и вычисляется по формуле:

$$U_{мп} = 0,2 \cdot U_{ам}, \quad \text{руб./год}, \quad (5.12)$$

$$U_{мп} = 0,2 \cdot 773240 = 154648,0 \text{ руб./год}$$

Годовые расходы на электрическую энергию

Годовые затраты на электрическую энергию определяются по годовому расходу и тарифу в системе питающей котельную электроэнергией:

$$U_{э} = \sum \mathcal{E}_{год}^{э} \cdot \tau_{э}, \quad \text{руб./год}, \quad (5.13)$$

где τ_3 - 2,980 – стоимость 1 кВт·ч электрической энергии по тарифу, руб./кВт·ч; $\sum \mathcal{E}_{год}^{э} = 165880$ - суммарный годовой расход электрической энергии, кВт·ч/год (по данным ПАО «Тепло»).

$$U_{э} = 165880 \cdot 2,980 = 494322,4 \text{ руб./год}$$

Годовые затраты на воду

Годовые затраты на воду определяются по формуле:

$$U_в = G_m \cdot \tau_m + G_{с.н.} \cdot \tau_{с.н.}, \quad \text{руб./год}, \quad (5.14)$$

где $\tau_m, \tau_{с.н.}$ – стоимость воды по действующим тарифам на технические нужды, собственные нужды, руб./м³; $G_m, G_{с.н.}$ – расход технической воды, расход воды на собственные нужды, м³/год (по данным ПАО «Тепло»).

$$U_в = 523,11 \cdot 13,48 + 352,23 \cdot 13,48 = 11800,0 \text{ руб./год}$$

Прочие расходы равны 5 % от суммы $U_m, U_{ам}, U_в, U_{э}, U_{з.пл.}, U_{тр}$

$$U_{пр} = 0,05 \cdot (U_m + U_{ам} + U_в + U_{э} + U_{з.пл.} + U_{тр}), \text{ руб./год}, \quad (5.15)$$

$$U_{пр} = 0,05 \cdot (1033200,0 + 773240 + 11800 + 494322,4 + 2076700 + 154648) = 227195,5$$

руб./год

Полная величина годовых эксплуатационных расходов котельной, определяется суммированием всех вышеперечисленных годовых затрат по котельной:

$$\sum U_{год} = U_{пр} + U_m + U_{ам} + U_в + U_{э} + U_{з.пл.} + U_{тр}, \text{ руб./год}$$

$$\sum U_{год} = 227195,5 + 1033200 + 773240 + 11800 + 494322,4 + 2076700 + 154648 = 4771105,9 \text{ руб./год.}$$

5.4.2 Эксплуатационные расходы на теплоснабжение от ОАИТ «Терморобот».

$$\sum U_{год} = U_{пр} + U_m + U_{ам} + U_в + U_{э} + U_{з.пл.} + U_{тр}, \text{ руб./год}$$

Затраты на топливо рассчитываются исходя из расхода топлива в котельной:

$$U_m = B_{год} \cdot C_m, \text{ руб./год}$$

где $B_{год}$ - годовой расход топлива, $B_{год} = 273,3$ т./год; C_m – цена топлива, руб/т, $C_t = 1377,6$ руб./т. (по данным ПАО «Тепло»).

$$U_m = 273,3 \cdot 1377,6 = 376500,0 \text{ руб./год}$$

Годовые затраты ОАИТ «Терморобот» на амортизацию

Затраты на амортизацию исчисляются определением процента от стоимости ОАИТ «Терморобот». В настоящее время норма отчислений на амортизацию составляет 4 % от стоимости по всему комплексу сооружения ОАИТ «Терморобот»:

$$U_{ам} = \alpha_{ам} \cdot K_k, \text{ руб./год}$$

где $\alpha_{ам}$ – норма амортизации, K_k – стоимость ОАИТ «Терморобот», руб., $K_k = 4042900,0$ руб.

$$U_{ам} = 0,04 \cdot 4042900,0 = 161716,0 \text{ руб./год}$$

Годовые затраты на заработную плату

Годовые расходы на заработную плату определяются как сумма произведений годовых фондов заработной платы рабочих и числа рабочих данной котельной (таблица 16).

Таблица 16 – Количество рабочих ОАИТ «Терморобот» и месячная зарплата

Наименование должности	Количество работающих, чел	$ЗП_{пл}$ в месяц, руб.
Эл/слесарь по ремонту и обслуживанию оборудования	1	24712,0
Итого	1	24712,0

$$U_{з.пл} = 24712 \cdot 12 = 296544,0 \text{ руб./год.}$$

Затраты на текущий ремонт оборудования

$$U_{тр} = 0,2 \cdot 161716,0 = 32343,2 \text{ руб./год}$$

Годовые расходы на электрическую энергию

Годовые затраты на электрическую энергию определяются по годовому расходу и тарифу в системе питающей ОАИТ «Терморобот» электроэнергией:

$$U_{э} = \sum \mathcal{E}_{год}^{э} \cdot \tau_э, \text{ руб./год}$$

где τ_3 - 2,980 – стоимость 1 кВт·ч электрической энергии по тарифу, руб./кВт·ч;
 $\sum \mathcal{E}_{200}^{э} = 65268$ - суммарный годовой расход электрической энергии, кВт·ч.
 (по данным ПАО «Тепло»).

$$U_{э} = 65268 \cdot 2,980 = 194498,6 \text{ руб./год}$$

Годовые затраты на воду

Годовые затраты на воду определяются по формуле:

$$U_в = G_m \cdot \tau_m, \text{ руб./год}$$

где τ_m , – стоимость воды по действующим тарифам на технические нужды, руб./м³; G_m – расход технической воды, м³/год (по данным ПАО «Тепло»).

$$U_в = 156,69 \cdot 13,48 = 2112,2 \text{ руб./год}$$

Прочие расходы равны 5 % от суммы $U_m, U_{ам}, U_в, U_{э}, U_{з.пл.}, U_{тр}$:

$$U_{пр} = 0,05 \cdot (U_{ам} + U_m + U_в + U_{э} + U_{з.пл.} + U_{тр}), \text{ руб./год}$$

$$U_{пр} = 0,05 \cdot (161716 + 376500 + 2112,2 + 194498,6 + 296544 + 32343,2) = 53185,6$$

руб./год

Полная величина годовых эксплуатационных расходов по ОАИТ «Терморобот», определяется суммированием всех вышеперечисленных годовых затрат:

$$\sum U_{год} = U_{пр} + U_m + U_{ам} + U_в + U_{э} + U_{з.пл.} + U_{тр}, \text{ руб./год}$$

$$\sum U_{год} = 53185,6 + 376500 + 161716 + 2112,2 + 194498,6 + 296544 + 32343,2 = 1116898,6 \text{ руб./год.}$$

Себестоимость отпускаемого тепла от котельных определяем по формуле:

$$C = \frac{\sum U_{год}}{Q_{от}^{год}}, \text{ руб./Гкал,} \quad (5.16)$$

где $\sum U_{год}$ - годовые эксплуатационные расходы, руб/год;

$Q_{от}^{год}$ - годовой отпуск тепла котельной, Гкал/год.

$$C_{кот} = \frac{4771105,9}{1229,71} = 3880,0 \text{ руб./Гкал}$$

$$C_{оаит} = \frac{1116898,6}{1229,71} = 908,0 \text{ руб/Гкал}$$

Результаты расчета представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Показатели затрат

Наименование показателей затрат	Обозначение	Показатели и затраты по вариантам	
		1 вариант от существующей котельной	2 вариант от ОАИТ «Терморобот»
Годовые эксплуатационные расходы, руб./год	$\Sigma U_{год}$	4771105,9	1116898,6
На топливо руб./год	U_m	1033200,0	376500,0
На заработную плату руб./год	$U_{з.пл}$	2076700,0	296544,0
На текущий ремонт руб./год	$U_{тр}$	154648,0	32343,2
Прочие руб./год	$U_{пр}$	227195,5	53185,6
На электроэнергию руб./год	$U_{ээ}$	494322,4	194498,6
На воду руб./год	$U_в$	11800,0	2111,2
На амортизацию руб./год	$U_{ам}$	773240,0	161716,0
Себестоимость отпускаемого тепла, руб/Гкал	C	3880,0	908,0

Срок окупаемости проекта определяем по формуле:

$$T_{ок} = \frac{K_{пр} + K_{об} + K_{монт}}{\mathcal{E}_{год} - I_{год}}, \quad \text{лет}, \quad (5.17)$$

где $K_{пр}$ - капитальные вложения в проект, руб;

$K_{об}$ - капитальные вложения в оборудование, руб;

$K_{монт}$ - капитальные вложения в монтаж, руб;

$\mathcal{E}_{год}$ - годовой эффект, руб;

$I_{год}$ - годовые эксплуатационные издержки, руб.

$$T_{ок} = \frac{450690,0 + 4262887,0 + 808577,4}{3654207,3 - 1116898,6} = 2,2 \text{ года}$$

На основании произведенных расчетов можно сделать вывод, что проект перевода системы теплоснабжения поселка «Чебал-Су» на автономный источник теплоснабжения «Терморобот» является экономически обоснованным.

6 Социальная ответственность

Введение

Корпоративная социальная ответственность – это концепция, в соответствии с которой организации учитывают интересы общества, возлагая на себя ответственность за результаты деловых операций. Это обязательство предполагает, что организации добровольно принимают дополнительные меры для повышения качества жизни работников и их семей, а также местного сообщества и общества в целом.

Индивидуальная социальная ответственность – ответственность человека за результаты своей деятельности (прикладывает усилия, чтобы не наносить вред сотрудникам, предприятию, всему обществу или природе).

Социальная ответственность (корпоративная и индивидуальная) – важная составляющая устойчивого будущего человечества.

Практическая значимость внедрения модульных котельных «Терморобот»:

- высокий уровень КПД - 85% (приложение В) достигается за счет полного сжигания летучих компонентов угля (футерованная топка большого объема; подача угля малыми порциями; сбалансированная контроллером подача воздуха); отсутствия механического недожога (в линейной горелке нет прозоров, просыпание угольной пыли исключено); применения эффективного 5-ходового теплообменника, обеспечивающего низкую температуру дымовых газов (не более 130°C).

- мобильность: при необходимости котельную можно демонтировать и перевезти на другое место без потери ее эксплуатационных показателей;

- экологичность и безопасность: все вредные факторы (шум, вибрация, зола и газы, угольная пыль) вынесены из отапливаемого здания; вредные выбросы соответствуют ГОСТ (приложение Г);

- ручной труд сведен до минимума; персонал для обслуживания котельной не требуется: современная автоматика и система диспетчеризации позволяют управлять котельной дистанционно.

Ожидаемый конечный результат:

- снижение расходов потребления топлива на выработку тепла (в 2,8 раза);
- снижение расходов энергопотребления (в 2,5 раза);
- снижение расходов на водопотребление (в 5,5 раз);
- снижение себестоимости отпускаемого тепла (в 4 раза).

Область применения модульных котельных «Терморобот»: сфера ЖКХ, нефте-газовая отрасль, сельское хозяйство, оборонная промышленность, железнодорожная отрасль.

Возможные пользователи: жители коттеджных поселков, многоквартирных домов; объекты социального и культурного назначения; промышленные предприятия; объекты РЖД и силовых структур.

6.1 Производственная безопасность

Автономный источник теплоснабжения модульного типа ОАИТ «Терморобот 2×300» мощностью 600 кВт предназначен для отопления трех многоквартирных домов, школы, магазина; подготовка горячей воды осуществляется в теплообменниках, установленных в ИТП потребителей. Котельная работает по закрытой схеме теплоснабжения с параметрами теплоносителя: вода с параметрами котлового контура 90/75⁰С, вода с параметрами отопительного контура 80/65⁰С. Режим работы котельной: 351 день в году (из них 242 дня отопительный период), круглосуточный. Автоматическое управление технологическими процессами работы модульной котельной основывается на работе микропроцессорной автоматики (контроллере). Контроллер предназначен для управления работой котлов «Терморобот», обеспечивает их безопасную эксплуатацию и автоматическое регулирование мощности в диапазоне 20-105% от номинальной в зависимости

от температуры наружного воздуха. Регулировка мощности осуществляется изменением количества подаваемого в топку угля и пропорциональным изменением количества подаваемого воздуха. К контроллеру подключается ряд основных и аварийных датчиков: воздуха, подачи, шнековой трубы, перегрева теплоносителя, вращения шнека, датчик давления в системе. Блочно-модульная котельная «Терморобот» работает в автоматическом режиме без постоянного пребывания людей. Места для отдыха персонала, санузел, холодное водоснабжение, канализация, кондиционирование воздуха, окна не предусмотрены.

При эксплуатации модульной котельной влияние на окружающую среду оказывает выброс в атмосферу загрязняющих веществ, образующихся при сжигании угля, загрузке угля в бункер, доставке топлива в котельную. В процессе эксплуатации угрозу здоровью и безопасности жизнедеятельности работника могут оказывать следующие производственные факторы: 1) вредные – шумовое воздействие работающего оборудования (вентиляторов, насосов); 2) опасные – возможность возникновения пожара и поражение электрическим током при повреждении изоляции.

Оценка шумового воздействия

В автономном источнике теплоснабжения модульного типа ОАИТ «Терморобот 2×300» источниками шумового воздействия являются:

- вентилятор OBR-20-T-2 (для подачи воздуха в топку - 2 шт.);
- вентилятор ВР-ТР-280-46 (для удаления дымовых газов - 2 шт.);
- насос котлового контура типа Wilo IPL 50-130 (2 шт.);
- насос отопительного контура типа Wilo IPL 50-140 (2 шт.).

Расчет шумового воздействия, определение радиусов зон звукового дискомфорта, определение уровня звука в контрольных (расчетных) точках проводился с помощью программного комплекса «Эколог-Шум» версии 2.2.0.3708, разработанного ООО «Фирма «Интеграл» (карты шума и расчет шумового воздействия приведены в приложении Е).

Для определения шумовой характеристики автономного источника теплоснабжения модульного типа ОАИТ «Терморобот 2×300» использовались данные фактических замеров уровня звука, предоставленные заводом-изготовителем ООО «Терморобот» (приложение Д). Замеры выполнены внутри блочно-модульных котельной при пиковых значениях звука, измеренных в момент подачи угля в топку котла.

Ближайшие нормируемые территории по отношению к площадке котельной расположены следующим образом:

- на севере – школа на расстоянии 7 м;
- на юго-западе – клуб на расстоянии 12 м;
- на северо-западе – жилые дома частного сектора на расстоянии 60 м.

Для расчета уровня акустического воздействия задана расчетная площадка в локальной системе координат. Стороны расчетного прямоугольника имеют размеры 100×150 м, шаг расчетной сетки 5 м. Расчет выполнен во всех узлах расчетной сетки, а также заданы расчетные точки: возле здания школы – точка 1, возле здания клуба – точка 2 (карты шума, приложение Е).

При расчете учтено время выполнения операций, оказывающих шумовое воздействие – расчет выполнен для ночного времени суток 23⁰⁰-7⁰⁰ с допустимым эквивалентным уровнем 45 дБа, поскольку автономный источник теплоснабжения модульного типа ОАИТ «Терморобот 2×300» работает круглосуточно.

Таблица 18 - Результаты расчета уровня звука в контрольных точках

N	Координаты точки		Высота (м)	Уровни звукового давления (дБ)									
	X (м)	Y (м)		31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	La
Допустимые уровни звукового давления (время суток 7.00-23.00)				83.00	67.00	57.00	49.00	44.00	40.00	37.00	35.00	33.00	45.00
1	44.00	60.00	1.50	38.6	38.6	40	40	37.8	34.9	29.9	24.7	19.3	39.70

N	Координаты точки		Высота (м)	Уровни звукового давления (дБ)									
	X (м)	Y (м)		31.5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	La
2	57.00	86.00	1.50	39.4	39.4	40.8	40.8	38.6	35.7	30.7	25.5	20.1	40.50

Поскольку проведенный расчет не показал наличия превышений допустимого уровня акустического давления за пределами площадки, на которой располагается автономный источник теплоснабжения модульного типа ОАИТ «Терморобот 2×300», то разработка мероприятий по защите от шума не требуется.

Согласно СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» [23], эквивалентные уровни звука в рабочей зоне не должны превышать:

- на рабочих местах водителей грузовых автомобилей 70 дБА;
- на постоянных рабочих местах в производственных помещениях и на территории предприятия 80 дБА.

Пожаровзрывобезопасность

Класс пожарной опасности здания котельной – Ф 5.1 [22, п.6.1].

Степень огнестойкости здания котельной – III [19, таблица 4].

Класс конструктивной пожарной опасности – С1 [19, таблица 5].

По пожарной и взрывопожарной опасности здание относится к категории Г [21, таблица 1].

В соответствии со ст. 5 Технического регламента [17] объект имеет систему обеспечения пожарной безопасности.

С учетом специфики объекта, для обеспечения пожарной безопасности применяются:

- 1) первичные средства пожаротушения;
- 2) установка блока котельной автоматики;
- 3) установка автономной системы порошкового пожаротушения.

Используемая система обеспечения пожарной безопасности включает мероприятия, обеспечивающие безопасную эвакуацию людей и тушение возможного пожара. Система предусматривает соблюдение необходимых противопожарных разрывов до жилых и производственных зданий и сооружений, обеспечение подъездов для пожарных автомобилей, применение современных средств защиты от пожара, молниезащиту проектируемого здания. Предусмотренные проектом эвакуационные пути (1,2 x 2,4м), дверные проемы (2шт. 0,8 x 2,0м) обеспечивают безопасную эвакуацию людей из помещений.

В соответствии с НПБ 110-3 [18] автономная котельная блочно-модульного типа не относится к перечню зданий, сооружений, помещений и оборудованию, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения, автоматической пожарной сигнализацией и автоматической системой оповещения и управления эвакуацией.

Для своевременного тушения возможного пожара предусматривается установка автономных модулей порошкового пожаротушения с устройством автоматического запуска). В помещении котельной и вспомогательном помещении устанавливаются автономные модули порошкового пожаротушения МПП(р)-3-И-ГЭ-О5 «Ураган-3» с устройством автономного запуска «Лигард-УППА» (со встроенным источником питания). Устройство запуска контролирует температуру окружающей среды термочувствительными элементами. При достижении значения температуры срабатывания первого термореле включается встроенная световая и звуковая сигнализация. При достижении в защищаемом помещении значения $70-75^{\circ}\text{C}$ происходит срабатывание второго термореле с последующей подачей пускового тока на выходные клеммы устройства и далее на электровоспламенитель модулей порошкового пожаротушения. План расположения автономной системы пожаротушения представлен в графической части выпускной работы.

В целях обеспечения безопасности людей при возникновении пожара в момент обслуживания оборудования в помещении котельной предусмотрена

установка первичных средств пожаротушения (огнетушитель порошковый ручной ОП-5 – 1шт.), а также средства индивидуальной защиты (перчатки х/б – 1 пара, очки защитные – 1 шт., респиратор противоаэрозольный – 1 шт.).

Для обеспечения безопасной работы оборудования, своевременного обнаружения перегрева теплоносителя, повышения температуры в угольном бункере, повышения температуры в трубе шнека предусмотрена установка контроллера (блок котельной автоматики). Передача сигнала при возникновении аварийной ситуации происходит автоматически.

Электробезопасность

Для защиты обслуживающего персонала от поражения электрическим током при повреждении изоляции приняты следующие меры защиты при косвенном прикосновении: 1)защитное заземление; 2)уравнивание потенциалов.

1)Заземление и молниезащита.

Здание котельной «Терморобот» по устройству молниезащиты относится в соответствии с СО 153-34.21.122-2003 [24] к промышленным предприятиям III категории, надежность защиты от прямых ударов молнии (далее ПУМ) составляет 0,9. Сооружения, отнесенные по устройству молниезащиты к III категории, должны быть защищены от ПУМ и вторичного проявления молнии.

При защите от ПУМ здания котельной в качестве молнеприемника используется стальная мачта длиной 10,1 метра, закрепленная к стальной конструкции котельной. В качестве токоотвода, проложенного от молнеприемника до заземляющего устройства здания котельной используется полосовая сталь 40х4.

Заземляющее устройство изготавливается в соответствии с расчетной схемой зоны защиты молниеотвода и заземляющего устройства. У мест присоединения заземляющих проводников к зданию устанавливается опознавательный знак. Соединения заземляющих проводников между собой должны обеспечивать надежный контакт и выполняются посредством сварки.

Через стенку здания полосу заземления прокладывают в трубе. Траншею для заземлителей засыпают однородным грунтом.

Методика для расчета молниеотвода принимается из СО153-34.21.122-2003 [по таблице 3.4, ф-ла 3.1].

$$r_x = \frac{r_0(h_0 - h_x)}{h_0}, \text{ мм,}$$

где r_x - радиус горизонтального сечения, мм;

r_0 - радиус конуса, мм;

h_0 - высота конуса, мм.

$$r_x = \frac{12120(8585 - 3720)}{8585} = 6868 \text{ мм.}$$

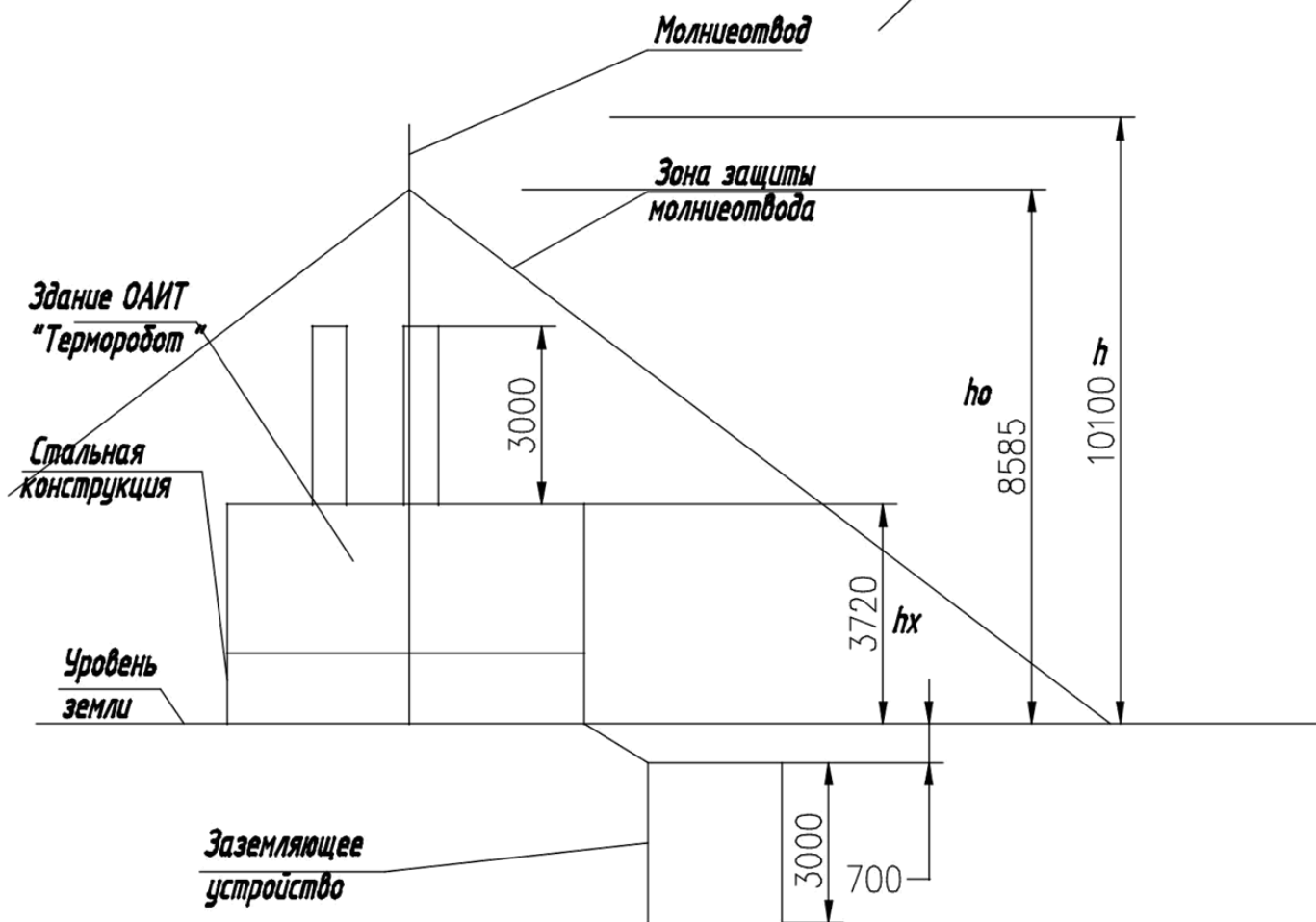
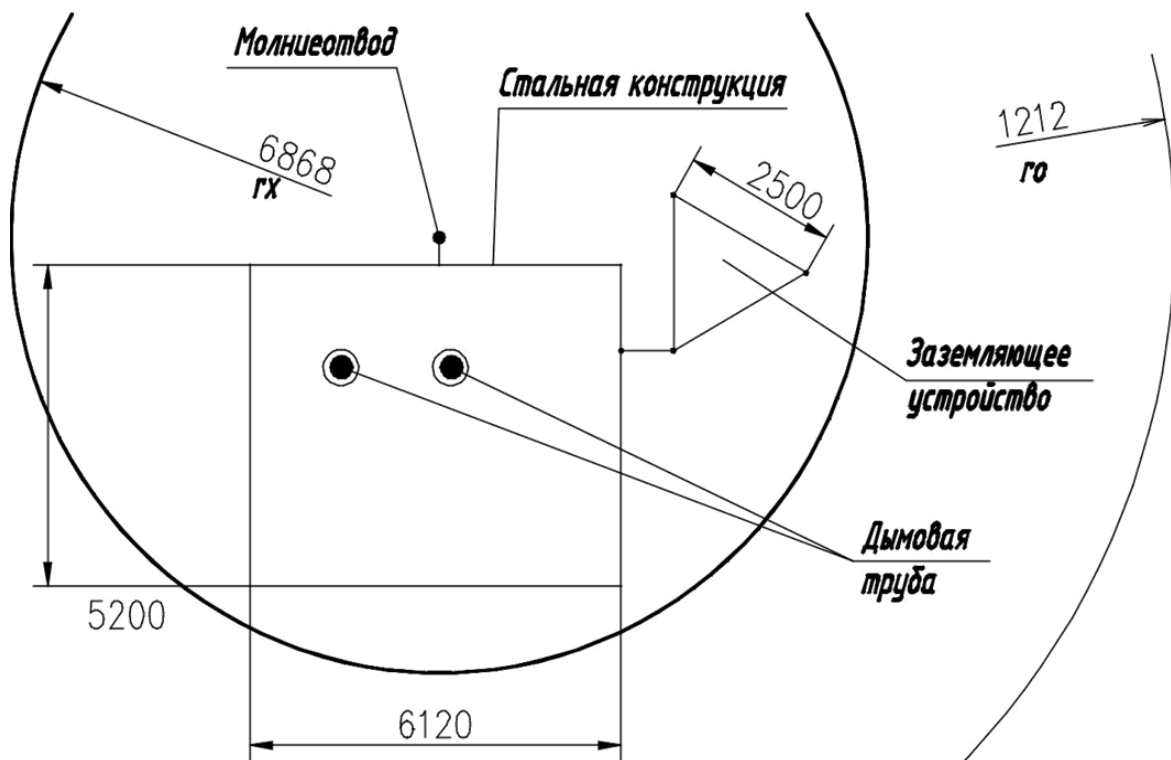


Рисунок 10 – Заземление и молниезащита

2) Система уравнивания потенциалов.

На вводе в здание котельной питающих кабелей предусмотрено повторное заземление PEN проводников. Для защитного заземления и молниезащиты используется существующее заземляющее устройство. Для защиты от поражения электрическим током в случае повреждения изоляции, как одна из мер применена система уравнивания потенциалов. При выполнении системы уравнивания потенциалов предусмотрено следующее: главная заземляющая шина (ГЗШ) размещена в щите АВР; соединения сторонних проводящих частей с ГЗШ нулевыми защитными проводниками PE кабелей (1) осуществляется с помощью ответвлений по смешанной схеме; в качестве проводников основной системы уравнивания потенциалов используется проложенный в кабельных линиях провод ПВ-3, сечением 10 мм. В качестве заземляющего проводника (8) от заземляющего устройства (Т1) до ГЗШ используется стальная полоса 4х50.

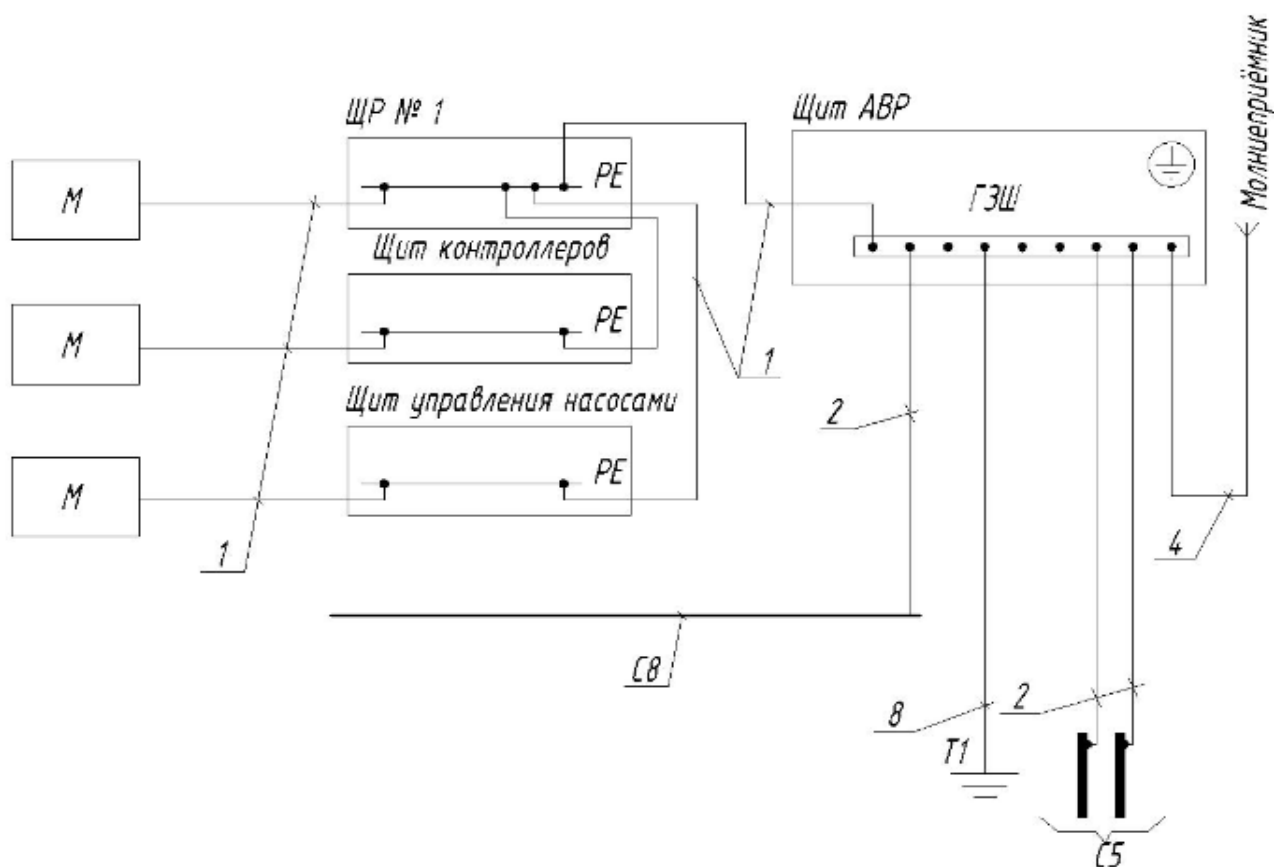


Рисунок 11 – Система уравнивания потенциалов:

T1 – искусственный заземлитель, M – открытая проводящая часть, C5 – система отопления, СВ – сторонняя проводящая часть в пределах досягаемости от открытых проводящих частей (металлическая конструкция здания), 1– нулевой защитный проводник, 2– проводник основной системы уравнивания потенциалов, 4– токоотвод системы молниезащиты, 8 – заземляющий проводник.

Для электрооборудования в качестве нулевого защитного проводника используется РЕ проводник кабеля.

6.2 Экологическая безопасность

Характеристика источников выброса и расчет выбросов загрязняющих веществ в атмосферу

В качестве топлива в котельной используется каменный уголь с низшей теплотой сгорания 4800-5000 ккал/кг (20,1-20,93 МДж/кг). Для приема и хранения угля в комплектации каждого котла предусмотрен закрытый бункер емкостью 5,5 м³ (4,5 т), обеспечивающий трехсуточный запас топлива. Расход угля составляет: максимальный – 124 кг/ч (3000 кг/сут.); средний – 726 т/год.

Характеристики используемого угля (по фактическому качеству угля, используемого в котельных ПАО «Тепло»):

- низшая теплота сгорания – 4826 ккал/кг (20,21 МДж/кг);
- зольность – 12,2%;
- содержание серы – 0,39%;
- влажность – 15,04%.

Уголь дробится до крупности 0-50 мм на площадке участка модульных котельных, фасуется в мешки «биг-бэг» и доставляется в котельную автотранспортом. Из мешков уголь загружается во встроенный угольный бункер через люк в крыше модуля с помощью бортового крана. Из бункера уголь под действием собственного веса ссыпается в механизм подачи. В

бункере установлен ворошитель, исключаящий зависание (слипание) угля и обеспечивающий его бесперебойную подачу из бункера в механизм подачи угля.

Металлический зольник объемом 0,9 м³ рассчитан на сбор золы, образующейся при сжигании 3 т каменного угля с зольностью 15-20%. Для соединения зольника с топкой котла используется металлическая труба-переходник с выдвижным телескопическим механизмом. В рабочем положении зольник достаточно герметичен. Заполненный зольник грузится на автотранспорт и вывозится к месту утилизации или размещения ЗШО. На его место устанавливается другой зольник. Удаление ЗШО из топки котлов в зольнике позволяет исключить пыление при выполнении данной операции.

Для отведения дымовых газов каждый котел комплектуется дымовой трубой, состоящей из наружной и внутренней стальных труб, разделенных утеплителем. Высота трубы – 6,7 м, диаметр (внутренний) – 200 мм. Пылегазоулавливающее оборудование за котлами не предусмотрено. Удаление продуктов сгорания топлива от котлов производится вентиляторами ВР-ТР-280-46 (для удаления дымовых газов) производительностью 1900 м³/ч, установленными за каждым котлом.

Основными источниками выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух при эксплуатации котельной являются: сжигание угля в топках котлов, загрузка угля в бункер, доставка угля в котельную (выбросы от ДВС автотранспорта). При сжигании угля в топках котлов в атмосферный воздух выбрасываются загрязняющие вещества: окислы азота, серы диоксид, углерода оксид, сажа, зола углей, бенз(а)пирен. При разгрузке угля в атмосферу поступает пыль угольная. При движении автомобиля по территории котельной от ДВС в атмосферу выбрасываются загрязняющие вещества: окислы азота, серы диоксид, углерода оксид, сажа, керосин.

Расчет выбросов загрязняющих веществ выполнен с использованием расчетных программ, разработанных ООО «Фирма «Интеграл», Санкт-

Петербург, реализующих действующие нормативные и методические материалы, и представлен в приложении Ж.

Перечень загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу при эксплуатации автономного источника теплоснабжения модульного типа ОАИТ «Терморобот 2×300», и их характеристики приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Перечень ЗВ, выбрасываемых в атмосферу в период эксплуатации

Код	Наименование вещества	Используемый критерий	Значение критерия, мг/м ³	Класс опасности	Выброс вещества, г/с	Выброс вещества, т/год
301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	ПДК м/р	0,2	3	0,09934140	2,09820324
304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	ПДК м/р	0,4	3	0,01614300	0,34095750
328	Углерод (Сажа)	ПДК м/р	0,15	3	0,31948200	6,73460709
330	Сера диоксид (Ангидрид сернистый)	ПДК м/р	0,5	3	0,24177810	5,09652184
337	Углерод оксид	ПДК м/р	5,0	4	0,67525420	14,23230641
0703	Бенз/а/пирен (3,4-Бензпирен)	ПДК с/с	0,000001	1	0,00000094	0,00001989
2732	Керосин	ОБУВ	1,2	-	0,00001670	0,00000331
3714	Угольная зола (20<SiO ₂ <70)	ОБУВ	0,3	-	0,37815120	7,97148000
3749	Пыль каменного угля	ОБУВ	0,1	-	0,00009936	0,00001045
Всего веществ – 9					1,73026690	36,47410973
в том числе:						
• твердых - 4					0,69773350	14,70611743
• жидких/газообразных - 5					1,03253340	21,76799230
Группы веществ, обладающих эффектом суммарного воздействия:						
6204	(2) 301 330					

Характеристика источников загрязнения атмосферы в период эксплуатации автономного источника теплоснабжения ОАИТ «Терморобот 2×300» приводится в приложении И (таблица «Параметры источников выбросов»).

Расчет и анализ ожидаемого уровня загрязнения атмосферы

Расчет величин приземных концентраций загрязняющих веществ, создаваемых выбросами источников загрязнения атмосферы автономного источника теплоснабжения модульного типа ОАИТ «Терморобот 2×300», выполнен с использованием унифицированной программы расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) «Эколог», версия 3.1, разработанной фирмой «Интеграл», Санкт-Петербург, и согласованной ГГО им.А.И.Воейкова. Программа реализует основные положения ОНД-86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий» [25].

При проведении расчета ожидаемого уровня загрязнения атмосферного воздуха была принята расчетная площадка в локальной системе координат. Расчетный прямоугольник имеет размеры 100×150 м, шаг расчетной сетки 5 м. Ось «У» совпадает с направлением на север. Расчет осуществлен с автоматическим поиском опасного направления ветра и скорости для определения максимально возможных приземных концентраций.

Расчет рассеивания загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы выполнен на зимний период (при работе котельной на максимальной нагрузке) по полному перечню загрязняющих веществ и групп суммации с учетом фонового загрязнения атмосферы.

Приземные концентрации определялись во всех узлах расчетной сетки, также были определены максимальные концентрации на прилегающей территории и заданы расчетные точки: возле здания школы – точка 1, возле здания клуба – точка 2.

Исходные данные для проведения программного расчета, результаты расчетов уровня загрязнения атмосферы в табличной форме и карты рассеивания загрязняющих веществ в атмосферном воздухе представлены в приложении И.

Величины расчетных максимальных приземных концентраций загрязняющих веществ и вклады источников предприятия в уровень

загрязнения атмосферы приведены в таблице 20. Вещества, приземные концентрации которых не превышают 0,1 ПДК, в таблицу не включены.

Таблица 20 - Величины расчетных приземных концентраций загрязняющих веществ

Код	Наименование вещества	Расчетная максимальная концентрация		Вклад предприятия		Координаты точки	
		доли ПДК	мг/м ³	доли ПДК	мг/м ³	X	Y
Максимальные концентрации на прилегающей территории							
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,51	0,102	0,115	0,023	20	150
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,12	0,048	0,01	0,004	20	150
0328	Углерод (Сажа)	0,47	0,0705	0,47	0,0705	20	150
0330	Сера диоксид	0,14	0,07	0,11	0,055	20	150
0337	Углерод оксид	0,55	2,75	0,03	0,15	20	150
3714	Угольная зола (20<SiO2<70)	0,84	0,252	0,84	0,252	20	100
6204	Азота диоксид, серы диоксид	0,40	-	0,134		20	150
Ближайшие нормируемые территории							
0301	Азота диоксид (Азот (IV) оксид)	0,41	0,082	0,015	0,003	44	60
0304	Азот (II) оксид (Азота оксид)	0,11	0,044	<0,01	<0,004	44	60
0337	Углерод оксид	0,52	2,60	<0,01	<0,05	44	60
3714	Угольная зола (20<SiO2<70)	0,37	0,111	0,37	0,111	44	60
6204	Азота диоксид, серы диоксид	0,29	-	0,024		44	60

Анализ результатов расчета рассеивания показывает, что на прилегающей территории, включая нормируемые территории (школа, клуб, жилые дома), величины приземных концентраций загрязняющих веществ, создаваемых выбросами котельной, с учетом существующего уровня загрязнения атмосферного воздуха, не превысят допустимых гигиенических норм.

Ситуационный план расположения площадки автономного источника теплоснабжения модульного типа ОАИТ «Терморобот 2×300» по адресу: Кемеровская область, г.Междуреченск, п.Чебал-Су, район ул.Гагарина, 3а, с указанием источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, представлен в приложении К.

Мероприятия по охране окружающей среды

Установка автономного источника теплоснабжения модульного типа ОАИТ «Терморобот 2×300» предполагает максимальное снижение влияния на окружающую среду от процесса сжигания угля в угольных котельных.

Технические решения, используемые в работе данного вида котлов позволяют обеспечить 100% сжигание углерода.

Схема движения дымовых газов в пространстве топки предусматривает 5-кратное прохождение газов в топочном пространстве при температуре 800-1000°С, в результате осуществляется практически 100% дожигание дымовых газов перед выбросом.

Унос золы с дымовыми газами минимизирован конструкцией котла, предусматривающей двукратное резкое снижение скорости дымового потока в местах сбора золы уноса, что позволяет максимально отвести золу уноса в зольники.

Сбор золы производится в герметичные металлические зольники объемом 0,9м³, которые можно накапливать и вывозить без грязной промежуточной перегрузки.

Загрузка угля в приемный бункер котла осуществляется из специальных мешков объемом 1м³ с рукавом, вшитым в днище мешка, что исключает выброс угольной пыли в окружающую среду.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Вероятным источником возникновения чрезвычайных ситуаций может послужить выход из строя какого-либо из аварийных датчиков, подключенных к контроллеру, что впоследствии и может привести к пожаровзрывоопасным ситуациям. Наличие программы «Веб-интерфейс котельных Терморобот», в которой каждую секунду фиксируются основные параметры работы котельных, позволяет оперативно получать информацию о возникающих проблемах и предотвращать чрезвычайные ситуации (в таблицах 10-12 представлены отчетные данные по работе автономных источников теплоснабжения «Терморобот»). Так, температурный диапазон работы датчиков ограничен в верхнем пределе $+120^{\circ}\text{C}$, при нагреве датчика выше этого значения, возможен выход его из строя. Например, когда прекращается циркуляция теплоносителя, возможно закипание теплоносителя и выброс пара через аварийный клапан, при этом датчик t подачи выходит из строя от перегрева. Неисправный датчик может «просаживать» напряжение питания контроллера, вследствие чего контроллер не запускается вовсе, отмечает неисправными все датчики температур или выдает аварию «Ошибка данных». Данная информация сразу же отобразится в программе «Веб-интерфейс котельных Терморобот».

Программа организации и проведения противоаварийной тренировки на тему: «Действия персонала в случае террористического акта» приведена в приложении Л.

Заключение

Технические решения, принятые в технологических процессах эксплуатации оборудования котельной «Терморобот» позволят:

- максимально снизить влияние на окружающую среду от процесса сжигания топлива;
- снизить влияние факторов, которые могут оказать негативные последствия и нанести ущерб здоровью человека;
- повысить эффективность работы котельной с точки зрения потребления основных энергетических ресурсов, снизить себестоимость произведенной гигакалории.

Проблемы деградации окружающей среды и повышения напряженности в социальной сфере однозначно оказывают влияние на снижение качества жизни человека. Лично я участвовала в посадке саженцев березы и рябины в пригородной зоне г.Междуреченска; в акциях по уборке парковой зоны от мусора; в весенне-летний период принимаю участие в субботниках по уборке городских территорий. В своем коллективе (я работаю в производственно-техническом отделе теплоснабжающей организации) стараюсь не нагнетать конфликты, по возможности быть дружелюбной с коллегами.

Заключение

В выпускной квалификационной работе произведены расчеты тепловых нагрузок системы отопления, вентиляции и ГВС потребителей поселка «Чебал-Су». Нагрузки составили $Q_o=0,29$ Гкал/час, $Q_B=0,017$ Гкал/час; $Q_{gmax}=0,092$ Гкал/час (таблица 2). Рассчитан расход сетевой воды потребителей поселка «Чебал-Су, он составил $24,0$ м³/час. Данный показатель соответствует рекомендуемому потоку теплоносителя (13 м³/час через один котел), указанному в техническом описании котла ТР-300 (приложение М).

Выполнен поверочный гидравлический расчет тепловых сетей. Расчетные скорости воды (таблица 8) в диапазоне $0,77-0,97$ м/с обеспечивают равномерный прогрев и циркуляцию теплоносителя в трубопроводах и достаточны для преодоления сопротивления по длине тепловых сетей и во внутренних системах домового оборудования потребителей. При построении пьезометрического графика (рисунок 2) выявлены большие располагаемые перепады давления на вводах в тепловые узлы потребителей (таблица результатов гидравлического расчета). Так, у конечного потребителя, располагаемый перепад составляет $15,924$ м, что обеспечивает необходимое гидравлическое сопротивление теплопотребляющих установок здания школы.

Рассчитан температурный график сетевой воды $t_1/t_2=80/65^0C$ качественного регулирования по отопительной нагрузке в закрытой системе. Большим преимуществом качественного регулирования является стабильный гидравлический режим тепловых сетей.

На максимальную нагрузку ГВС $Q_{gmax}=0,019$ Гкал/час ($22,0$ кВт) выполнен расчет подогревателя горячего водоснабжения, включенного по параллельной одноступенчатой схеме, для индивидуального теплового пункта здания общеобразовательной школы. В результате расчета в качестве теплообменника подобран горизонтальный секционный водоподогреватель для горячего водоснабжения условным обозначением: ПВ 57х4-1,0-РГ-4-УЗ ГОСТ 27590-88.

Поверочный гидравлический расчет, расчет температурного графика сетевой воды и расчет подогревателя горячего водоснабжения выполнены с применением ЭВМ.

В соответствии с выбранной тепломеханической схемой разработан алгоритм действий предпусковых работ ОАИТ «Терморобот 2х300». Разработана функциональная схема автоматической системы регулирования технологическими процессами модульной котельной ОАИТ «Терморобот 2х300».

В экономической части выпускной квалификационной работы проведен сравнительный анализ затрат при эксплуатации проекта по установке современного источника теплоснабжения и предполагаемых затрат при эксплуатации существующей котельной. Разница в затратах составила 3654207 руб./год. Срок окупаемости проекта – 2,2 года.

Основные показатели, рассчитанные в выпускной квалификационной работе:

- располагаемая тепловая мощность котельной: 0,52 Гкал/час (0,60 Мвт);
- тепловая нагрузка потребителей: 0,40 Гкал/час (1115,47 Гкал/год);
- расход сетевой воды: 22,02 т/час;
- потери тепла в т/сетях при транспорте теплоносителя: 0,01 Гкал/час (74,86 Гкал/год);
- удельный расход условного топлива: 168 кг/Гкал (187,4 тн/год);
- расход натурального топлива: 245 кг/Гкал (273,3 тн/год).
- эксплуатационные издержки: 1116899 руб/год;
- срок окупаемости проекта: 2,2 года;
- себестоимость отпускаемого тепла: 908,0 руб/Гкал.

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 – 55 с.
3. Апарцев М.М. Наладка водяных систем централизованного теплоснабжения: Справ.пособие. – М.: Энергоатомиздат, 1983 – 204 с.
4. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. – М.: Энергия, 1982 – 360 с.
5. Методические указания по определению расходов топлива, электроэнергии 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». – М.: Минюст РФ, 2009.
8. Переверзев В.А., Шумов В.В. Справочник мастера тепловых сетей. - Л.:Энергия, 1980 – 248 с.
9. Ляликов Б.А. Источники и системы теплоснабжения промышленных предприятий: Ч.1. Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2005 – 144 с.
10. СП 14.13330.2014 Строительство в сейсмических районах. Актуализированная редакция СНиП 11-7-81*. – М.:2014.
11. СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85*. – М.: 2011.
12. Сафонов А.П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям: Учеб. пособие для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1985 – 232 с.
13. СП 89.13330.2012 «Котельные установки». Актуализированная редакция СНиП II-35-76. – М.: Минрегион России, 2012.

14. СП 41-104-2000 «Проектирование автономных источников теплоснабжения». – М.: Госстрой России, 2001.
15. Руководство по монтажу, пуско-наладке, эксплуатации и техническому обслуживанию котлов «Терморобот». – Бердск, 2013 - 10 с.
16. Описание и служебные настройки контроллера котлов «Терморобот». – Бердск, 2013 – 12 с.
17. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности. Федеральный закон от 22.07.2008г. №123 - ФЗ.
18. Об утверждении норм пожарной безопасности «Перечень зданий, сооружений, помещений и оборудования, подлежащих защите автоматическими установками пожаротушения и автоматической пожарной сигнализацией. НПБ 110-03. Приказ МЧС России от 18.06.2003г. № 315.
19. СНиП 21-01-97*. Пожарная безопасность зданий и сооружений. – М.: Госстрой России, 1997.
20. СП 5.13130.2009. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования. – М.: МЧС России, 2009.
21. СП 6.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности. – М.: МЧС России, 2009.
22. СП 4.13130.2013 Системы противопожарной защиты. – М.: МЧС России, 2013.
23. СН 2.2.4/22.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки». Постановление Госкомсанэпиднадзора РФ от 31.10.1996 г. № 36.
24. СО 153-34.21.122-2003 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций». Приказ Министерства энергетики России от 30.06.2003 г. № 280.
25. ОНД-86 «Методика расчета концентраций в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах». – Л.: Гидрометеиздат, 1987.

25. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей: Справочник/В.И. Манюк, Я.И. Каплинский, Э.Б. Хиж и др. - М.:Стройиздат, 1988 – 432 с.
26. Ляликов Б.А. Основы инженерного проектирования элементов теплоэнергетических систем: Учебное пособие. - Томск: Изд-во ТПУ, 2005-155 с.
27. ГОСТ 27590-88. Подогреватели водо-водяные систем теплоснабжения. – М.: 1989.

