

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
Проект теплонасосной установки для отопления и горячего водоснабжения коттеджа в г. Томске

УДК 697.3:621.577.001.6:69.059.1

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2Б2	Перевозчиков Тимофей Николаевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ассистент	Ни А.Э.			

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

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

По разделу «Социальная ответственность»

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

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

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

Томск – 2017

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (Выпускник должен быть готов)
Общекультурные (универсальные) компетенции	
P1	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инженерной деятельности.
P2	Эффективно работать индивидуально и в коллективе, с делением ответственности и полномочий при решении комплексных инженерных задач.
P3	Демонстрировать личную ответственность, приверженность и следовать профессиональной этике и нормам ведения комплексной инженерной деятельности с соблюдением правовых, социальных, экологических и культурных аспектов.
P4	Анализировать экономические проблемы и общественные процессы, участвовать в общественной жизни с учетом принятых в обществе моральных и правовых норм.
P5	К достижению должного уровня экологической безопасности, энерго и ресурсосбережения на производстве, безопасности жизнедеятельности и физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности.
P6	Осознавать необходимость и демонстрировать способность к самостоятельному обучению в течение всей жизни, непрерывному самосовершенствованию в инженерной профессии.
Профессиональные компетенции	
P7	Применять базовые математические, естественнонаучные, социально-экономические знания в профессиональной деятельности.
P8	Анализировать научно-техническую информацию, ставить, решать результаты решения задач инженерного анализа с использованием базовых и специальных знаний.
P9	Проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных разработок объектов производства тепловой энергии.
P10	Проводить комплексные научные исследования в области производства тепловой энергии, включая поиск необходимой информации.
P11	Использовать информационные технологии, использовать компьютер как средство работы с информацией и создания новой информации, осознавать опасности и угрозы в развитии современного информационного общества, соблюдать основные требования информационной безопасности
P12	Выбирать и использовать необходимое оборудование для производства тепловой энергии, управлять технологическими объектами.
Специальные профессиональные	
P13	Организовывать рабочие места, управлять малыми коллективами исполнителей, к разработке оперативных планов работы первичных производственных подразделений, планированию работы персонала.
P14	Использовать методики наладки и ремонта технологического оборудования теплоэнергетического производства в соответствии с профилем работы, планировать и участвовать в проведении плановых испытаний и ремонтов технологического оборудования, монтажных, наладочных и пусковых работ, в том числе, при освоении нового оборудования и (или) технологических процессов.
P14	Организовывать работу персонала по обслуживанию технологического оборудования теплоэнергетического производства, контролировать техническое состояние и оценивать остаточный ресурс оборудования.

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
3-5Б2Б2	Перевозчикову Тимофею Николаевичу

Тема работы:

Проект теплонасосной установки для отопления и горячего водоснабжения коттеджа в г. Томске

Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 3565/С от 22.05.2017
---	------------------------

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

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	
<i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Проект теплонасосной установки для отопления и горячего водоснабжения коттеджа в г. Томске

<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>1. Современное состояние применения тепловых насосов 2. Принцип работы теплового насоса 3. Выбор источника теплоты 4. Выбор хладагента 5. Расчет испарителя 6. Расчет конденсатора 7. Выбор компрессора 8. Выбор и расчет органа дросселирования 9. Выбор вспомогательных элементов ТНУ 10. Расчет тепловых нагрузок на отопление и ГВС коттеджа 11. Расчет теплого пола 12. Горячее водоснабжение коттеджа 13. Гидравлический расчет</p>
--	--

<p>Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Презентация</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>Гусельников М.Э., доцент каф. ЭБЖ</p>

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

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	<p>08.12.2016 г.</p>
--	----------------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>ассистент</p>	<p>Ни А.Э.</p>			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>3-5Б2Б2</p>	<p>Перевозчиков Т.Н.</p>		

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

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б2Б2	Перевозчиков Тимофею Николаевичу

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

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

<i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	<i>Должностной оклад ИР 17000 Должностной оклад Инженера 17000</i>
<i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	<i>Норма амортизации 20%.</i>
<i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	<i>Социальные отчисления 30% от ФЗЛ</i>

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

<i>Формирование плана и графика разработки и внедрения ИР</i>	<i>1. Планирование работ и их временная оценка.</i>
<i>Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР</i>	<i>2. Смета затрат на проектирование</i>
<i>Оценка ресурсной, финансовой, социальной, бюджетной эффективности ИР и потенциальных рисков</i>	<i>3. Смета затрат на оборудование</i>
	<i>4. Сравнительный анализ выбора оборудования</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ст. преподаватель кафедры менеджмента	Кузьмина Наталия Геннадьевна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2Б2	Перевозчиков Тимофей Николаевич		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»**

Студенту:

Группа	ФИО
3-5Б2Б2	Перевозчиков Тимофею Николаевичу

Институт	Электронного обучения	Кафедра	ТПТ
Уровень образования	Бакалавриат	Направление	Теплоэнергетика и теплотехника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
Характеристика объекта исследования	Проект теплонасосной установки для отопления и горячего водоснабжения коттеджа в г. Томске
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Производственная безопасность	<ul style="list-style-type: none"> – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; <i>приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ);</i>
2. Охрана окружающей среды	<ul style="list-style-type: none"> – анализ влияния объекта исследования на окружающую среду; – анализ влияния процесса исследования на окружающую среду.
3. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.	<ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
4. Пожарная безопасность.	<ul style="list-style-type: none"> – анализ вероятных ЧС, которые может инициировать объект исследований; – мероприятия по предотвращению ЧС.

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

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Василевский Михаил Викторович	к.т.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-5Б2Б2	Перевозчиков Тимофей Николаевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 97 с., 8 рис., 20 табл., 24 источника.

Ключевые слова ТЕПЛОВОЙ НАСОС, ХЛАДОН, КОНДЕНСАТОР, ИСПАРИТЕЛЬ, СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ, ГОРЯЧЕЕ ВОДОСНАБЖЕНИЕ

Объектом исследования является коттедж в г. Томске.

Цель работы – проект теплонасосной установки в г. Томске, с помощью которого реализуется возможность извлечения низкопотенциального тепла сточных вод для отопления и горячего водоснабжения коттеджа.

В ходе проекта рассчитаны и выбраны отдельные элементы теплового насоса, подсчитана стоимость установки в целом и срок ее окупаемости, рассмотрены производственная и экологическая безопасность проекта, а также предусмотрена возможность установки системы автоматизации узла учета тепловой энергии.

Выпускная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft office Word 2013.

Оглавление	
Введение	9
1 Современное состояние применения тепловых насосов	11
2 Принцип работы теплового насоса	28
3 Выбор источника теплоты	31
4 Выбор хладагента	34
5 Расчет испарителя	43
6 Расчет конденсатора	49
7 Выбор компрессора	54
8 Выбор и расчет органа дросселирования	56
9 Выбор вспомогательных элементов ТНУ	58
10 Расчет тепловых нагрузок на отопление и ГВС коттеджа	61
11 Расчет теплого пола	68
12 Горячее водоснабжение коттеджа	72
13 Гидравлический расчет	73
14 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	76
15 Социальная ответственность	86
Заключение	95
Список использованных источников	96

Введение

Потребление энергии в нашей стране с каждым годом неуклонно возрастает, на теплообеспечение зданий и сооружений, эксплуатирующихся в суровых климатических условиях, подавляющая часть территории Российской Федерации расположена именно в таких зонах, находится около 40% вырабатываемой теплоты. Поэтому вопросом проектирования и эксплуатации систем отопления в РФ уделяется особое внимание.

Система отопления (СО) применяется для создания комфортного микроклимата внутри помещения, что очень важно для здоровья и активной деятельности человека. СО выполняет санитарно-гигиеническую функцию. Она предназначена для создания, поддержания или изменения по заданной программе параметров воздуха внутри помещения.

В последние десятилетия расширяется использование автономных систем теплоснабжения, обслуживающих одно здание или небольшое их количество. При этом для приготовления теплоносителя возможно использование, как электроэнергии, так и непосредственное сжигание топлива, жидкого и газообразного. Современные котлы, коэффициент полезного действия которых 92–95 %, незначительные потери в тепловых сетях, возможности автоматического регулирования СО обеспечивают более высокую экономическую эффективность таких систем. Однако в суровых климатических условиях не всегда представляется возможным подвод жидкого или газообразного топлива к абонентам, расположенных в частном секторе. В таких случаях перспективно применять системы отопления и горячего водоснабжения на основе тепловых насосов (ТН), обладающие высокими экологическими показателями по сравнению с котлами на твердом топливе. Неоспоримым преимуществом ТН является отсутствие камеры сгорания. Другими словами, для производства теплоты не требуется сжигание ископаемого топлива. Тепловой насос, как правило, использует низкопотенциальные источники энергии для производства теплоты.

Целью данной работы является проектирование системы отопления и ГВС коттеджа, расположенного в городе Томске, на основе тепло насосной установки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассчитать потери теплоты через наружные ограждения коттеджа.
2. Определить тип и размер отопительных приборов.
3. Произвести гидравлический расчет системы отопления.
4. Выбрать и рассчитать основные элементы теплонасосной установки.

1 Современное состояние применения тепловых насосов

К настоящему моменту идет активное изучение тепловых насосов, утилизирующих теплоту низкопотенциальных энергоисточников. Ниже будут приведены работы [1-11], посвященные реальным объектам теплоснабжения с теплонасосными установками.

В городе Томске в 2011-м году построен детский сад «Солнечный зайчик», имеющий класс энергоэффективности «А» [1]. Здесь создана полноценная климатическая система на основе геотермальных тепловых насосов, обеспечивающая потребности в охлаждении, тепле и горячей воде. Система отопления реализована на применении водяных тёплых полов. Низкотемпературные отопительные приборы также установлены, на случай сильных морозов. Когда температура воздуха достигает 25–27 °С, лето, систему переключают в режим пассивного охлаждения, также можно использовать и активное охлаждение с помощью компрессора. На площади здания в 1500 м² установлены три геотермальных тепловых насоса DHP-R42, которые позволяют на каждый затраченный киловатт питающей их электроэнергии получить от 4 до 6 кВт тепловой энергии. Окупаемость проекта составляет пять-шесть лет.

В школе села Вершинино Томской области реализован похожий проект. Централизованной системы теплоснабжения в селе нет, поэтому каждый объект требует создания собственного источника тепловой энергии. Техническое решение при выборе инновационной технологии обеспечивает отопление, ГВС и охлаждение здания без подведения тепловой сети или газа. Опыт эксплуатации показал, что в учреждениях стало легче и проще поддерживать необходимый санитарными нормами микроклимат. Срок службы теплового насоса без выделения углекислого газа (CO₂) и рисков пожара составляет более 20 лет.

Эффективно применение данной технологии и на спортивных объектах. При необходимости подогревать футбольный газон для

организации всесезонной игры, под полем может быть смонтирован коллектор для отопления помещений стадиона. Подобный проект компания реализовала, например, на стадионе футбольного клуба Winterton Rangers (город Винтерторн, Северный Линкольншир, Англия). Для ледовых арен, наоборот, нужно постоянно поддерживать охлаждение льда, что реализовано при реконструкции стадиона Löfbergs Arena (Швеция). В данном примере тепловые насосы не только обеспечивают эффективную работу холодильной установки, но и снижают затраты на отопление и ГВС. Для здания (10 тыс. м²) на основе шести насосов DHP-R42 реализована воздушная система отопления и охлаждения, а в качестве источника энергии выступает лёд. Стоимость эксплуатации снизилась с 8,7 до 4,8 млн. рублей в год.

В тепловом пункте магазина «Пятёрочка» [2], расположенном на 108 км Минского шоссе, установлен геотермальный тепловой насос Vaillant VWS 380/2 номинальной мощностью около 38 кВт. Источником тепла для теплового насоса служат 16 геотермальных зондов длиной около 50 м каждый. При организации контура теплосбора использовалась технология лучевого бурения — бурение всех скважин осуществлялось из одной точки, а балансировочно-запорная арматура скважин компактно размещается в одном колодце с возможностью постоянного доступа.

Помимо теплового насоса схема установки включает в себя буферный накопитель 1500 л для сглаживания неравномерности в работе теплового насоса и покрытия пиковых нагрузок.

В отсутствие магистрального газа выбор источника отопления стоял между электричеством и тепловым насосом. Максимальное расчётное теплоснабжение магазина общей площадью около 470 м² составляет до 40 кВт. Разница в капитальных затратах между отоплением электрическими котлами и тепловым насосом составляет около 2 млн руб. Экономия на эксплуатационных затратах за отопительный сезон достигает около 330 тыс. руб. Для того чтобы корректно посчитать срок окупаемости, нужно учесть

ещё два фактора: коэффициент дисконтирования и возможность работы теплового насоса в режиме охлаждения летом.

Помимо технических и экономических показателей, непосредственно связанных с работой оборудования, чашу весов в пользу выбора теплового насоса склонил ещё один фактор — летом 2015 года вышло в свет Постановление Правительства РФ от 17 июня 2015 года №600-ПП. В соответствии с ним юридические лица, владеющие энергоэффективным оборудованием, имеют право на ускоренную амортизацию и льготы по налогу на него как на имущество.

Тепловые насосы в данный момент непопулярны на российском рынке [3]. Есть несколько причин долгой окупаемости тепловых насосов, назовем три основных:

1. Низкая стоимость энергоносителей (в особенности магистрального газа);
2. Отсутствие субсидий для владельцев, установивших тепловые насосы;
3. Высокие процентные ставки по кредитам на оборудование.

Есть два пути решения проблем.

Первый вариант— лоббировать интересы индустрии в правительстве и доносить информацию о выгоде массового внедрения теплонасосной техники в масштабах страны. Однако практически невозможно убрать первую из вышеприведённых причин — газ имеет минимальную стоимость и это всем удобно. Хотя шанс повлиять на две других причины всё-таки имеется. Альтернативный путь — снижать расходы на отопление, установив тепловой насос, ведь газ, каким бы дешёвым он сегодня ни был, доступен не везде, и там, где его нет, стоимость привозных энергоносителей часто является слишком большой для бюджета организации. Но первоначальные затраты зачастую обеспечивают срок окупаемости пять и более лет.

Сократить срок окупаемости можно двумя способами: увеличив эффективность (COP) или снизив стоимость первоначальных вложений. В табл. 1 приведены практические результаты, полученные в результате

усилий по снижению первоначальных вложений, благодаря использованию импульсного отбора тепла. В основе лежит алгоритм работы, увеличивающий объём грунта, с которого снимается тепло. Это значит, что с 1 п.м. скважины снимается больше тепла, а значит, бурить надо меньше, за счёт чего себестоимость сильно падает. Есть и множество других факторов, которые позволили снизить себестоимость насосов.

Из таблицы 1 мы видим, что проект окупается тем быстрее, чем выше тариф на электроэнергию, но даже при существенно низком тарифе (2,65 руб/кВт), срок окупаемости составляет менее трёх лет, что является очень интересным вариантом для инвестора.

Таблица 1 – Результаты по снижению первоначальных вложений

Название	Мощность установки, кВт	Отопительный объем, м ³	Первоначальные вложения	Тариф руб./кВт*ч.	Средние затраты на электроотопление тыс. руб./год	Затраты тепловым насосом тыс. руб./год	Экономия в год тыс. руб./год	Окупаемость, мес.
Комплекс: гостиница, ресторан, магазин.	55	2100	1,1	4,7	680	170	510	20
Производство «Герс Технолоджи»	110	6000	2,3	5,5	1490	350	1140	27
Частный аэродром	99,7	3360	1,4	2,65	620	150	470	35

Рассмотрим опыт применения теплонасосной установки (ТНУ) для отопления объектов Велижанского водозабора [4]. Тепловые нагрузки составляют (без учета ГВС) на промышленные нужды - 2,7 Гкал/ч, на жилые - 0,8 Гкал/ч, итого 3,5 Гкал/ч. До 1996 г. теплоснабжение объектов осуществлялось дизельной котельной 4 котлами (2 резервных) мощностью по 3,5 Гкал/ч. Общая мощность 7 Гкал/ч. ТНУ состоит из автономного источника теплоснабжения, использующего в качестве источника тепла воду из скважин Велижанского водозабора (5 °С). ТН производит тепло для поддержания температуры отопления на уровне 65 °С и ГВС 55 °С. Мощность компрессора равна 630 кВт при напряжении 10 кВ. Потребляемая

мощность одной ТРУ с теплопроизводительностью 2,8 Гкал/ч равна 720 кВт, без учета вспомогательного оборудования. Экономия за год равна 154 тыс. руб./год. Стоимость ТНУ 1,8 млн. руб. (без монтажа) окупаемость 12 лет.

В г. Нижний Новгород ТН компрессионного типа, утилизирующие тепло сбросной воды после конденсаторов турбин Сормовской ТЭЦ, установлены на самой ТЭЦ и на рядом расположенной Сормовской нефтебазе [5]. В природоохранной зоне Горьковского автомобильного завода для теплоснабжения гостиничного комплекса установлены два ТН суммарной тепловой мощностью 600 кВт взамен угольной котельной. В Нижегородской области ТН используется в системе оборотного водоснабжения Медико-инструментального завода (г. Ворсма), а также на базах отдыха для утилизации тепла грунтовых вод. ТН мощностью 550 кВт с винтовым компрессором установлен на базе отдыха «Солнечная поляна» Инютинского заповедника. Другой тип установки с внутритрубным кипением фреона мощностью 175 кВт установлен в пос. Лукино (Балахнинский район).

В период сервисного обслуживания теплонасосного пункта (ТНП) на Сормовской нефтебазе был осуществлен мониторинг основных параметров работы ТН за время отопительного периода. При этом температура воздуха в помещениях и температура теплоносителя системы отопления находились в пределах проектных значений, а коэффициент преобразования ТН (отношение полученной тепловой энергии к затраченной) менялся от 3,1 в самый холодный период времени (-25 ОС) до 4,7 (при +5 ОС наружного воздуха).

Установленный на данной нефтебазе ТН (НТПБ-300) тепловой мощностью 300 кВт состоит из трех контуров:

- первый - водяной, связывающий ТН с низкопотенциальным источником тепла (НИТ), в данном случае - это сбросная вода после конденсаторов Сормовской ТЭЦ. Средняя температура воды в сбросном

канале (Тнит) зимой составляет +11 ОС, летом - +18 ОС. Вода из канала погружным насосом подается в испаритель ТН по трубопроводу заборной воды и затем сбрасывается обратно в канал ниже по течению. ТНП находится в непосредственной близости от канала, поэтому потери тепла при движении воды по теплоизолированному трубопроводу минимальные;

- второй - также водяной, по которому циркулирует сетевая вода системы теплоснабжения, отбирающая тепло от конденсатора ТН и отдающая его потребителям;

- промежуточный - хладоновый, в котором хладон (рабочее тело) циркулирует по замкнутому контуру, меняя фазовое состояние, превращаясь из жидкого в газообразный, из холодного в горячий.

Испаритель ТН выполнен в виде горизонтального кожухотрубного теплообменника, внутри которого размещен латунный трубный пучок. Вода НИТ сбросного канала погружным насосом подается в трубный пучок испарителя. Хладагент находится в межтрубном пространстве испарителя (возможно использование фреона R42b или смеси фреонов R42b и R22). С помощью дроссельного устройства на линии всасывания хладагента давление в испарителе настраивается такое, при котором температура кипения хладагента составляет +2+3 ОС.

Конденсатор представляет собой такой же теплообменный аппарат, как и испаритель. Попадая в межтрубное пространство с температурой до 100 ОС и вступая в теплообмен с обратной водой системы отопления (+55 ОС), хладагент конденсируется на «холодных» трубках, и стекает на дно конденсатора. Подогретая в конденсаторе ТН до 70 ОС сетевая вода подается потребителю, в данном случае на обогрев административного здания и хозяйственно-бытовых помещений нефтебазы.

Количество произведенной в ТН тепловой энергии суммируется из энергии воды НИТ, полученной в испарительном блоке, и тепловой энергии,

полученной в результате работы компрессора в процессе сжатия газообразного хладагента.

Как уже упоминалось выше, для отопления гостиничного комплекса Горьковского автомобильного завода взамен угольной котельной установлен ТНП тепловой мощностью 0,516 Гкал/ч (600 кВт). За отопительный период ТНП производит тепловую энергию эквивалентную расходу угля старой котельной в количестве 450 т (585 тыс. руб./год). При этом затраты на электроэнергию, потребляемую приводом ТН, при среднем за отопительный период коэффициенте преобразования 3,8 составляют 297,4 тыс. руб./год. Капитальные затраты в установку составили 7,5 млн руб. (в ценах 2000 г.). Условная экономия от внедрения ТН - 287,6 тыс. руб./год (при тарифе на электроэнергию 0,72 руб./кВт.ч). Расчетный срок окупаемости проекта - 2,5 года.

По результатам отопительного сезона затраты несколько превысили расчетные и величина его была скорректирована до 3 лет. Как показывает зарубежный опыт, срок окупаемости равный 2-4 годам достигается при соотношении стоимости электроэнергии к стоимости тепловой энергии менее 3/1.

Наиболее перспективными проектами в теплонасосостроении является внедрение ТН компрессионного типа на очистных сооружениях и в системе оборотного водоснабжения предприятий. Экономическая эффективность таких проектов значительно возрастает за счет высокого энергетического потенциала сбросного тепла. Температура воды НИТ в этих случаях составляет 20-60 °С. Коэффициент преобразования ТН может достигать 8.

Проводились технико-экономические расчеты эффективности внедрения ТН компрессионного типа на очистных сооружениях в гг. Павлове, Нижнем Новгороде и Семенове. Так, при средней стоимости топочного мазута для Павловского района около 4500 руб./т, расчетный срок

окупаемости капитальных вложений при строительстве ТНП мощностью 700 кВт, предназначенного для подогрева сырой подпиточной воды мазутной котельной на одном из заводов, составил около 2 лет.

Интересен также проект ТН небольшой тепловой мощности (10-25 кВт) для отопления жилого дома площадью 200-500 м². Низкопотенциальным источником тепла в этом случае, как правило, служит грунтовая вода. Габариты ТН не превышают размеры небольшого домашнего холодильника, что позволяет разместить его в подвальном помещении жилого дома.

С 1998 г. в Борском районе Нижегородской области успешно работают два ТН коттеджного типа тепловой мощностью 17,5 и 21 кВт, которые обеспечивают теплом и горячей водой здания площадью 300-350 м². Вода забирается из скважины, обустроенной внутри дома в подвальном помещении, а после охлаждения сбрасывается в водоем.

Другим примером является ТН тепловой мощностью 65 кВт, установленный на производственной базе «Символ» (г. Нижний Новгород), для отопления производственных помещений площадью 1200 м². Привод компрессора управляется частотным регулятором с использованием микропроцессорного блока, поэтому вмешательство в работу ТН не требуется, кроме периодического контроля за уровнем масла в компрессоре охранным персоналом производственной базы.

Теплонасосные установки, применяющие грунт в качестве источника тепла, получили большое распространение за рубежом для теплоснабжения жилых и административных зданий. Грунт, как и подпочвенные воды, имеет одно преимущество - относительно стабильную в течение года температуру, обеспечивающую высокий коэффициент преобразования ТН.

В конце 2016 года в преддверии новогодних праздников была запущена и сдана в эксплуатацию котельная с финскими геотермальными

тепловыми насосами JASPI в новой гостинице международного горнолыжного курорта «Шерегеш» [6].

В проекте принимали участие следующие компании: Kaukora Oy (завод-изготовитель оборудования), ООО «Домап» (проектирование инженерных систем здания, включая вентиляцию, а также импорт продукции в РФ) и ООО «АСЭС» (буровые работы, монтажные и пусконаладочные работы).

В качестве отопительной системы было принято решение выбрать гибридную систему отопления JASPI, а именно — каскад геотермальных тепловых насосов JAMA Star 60 RD вместе с модернизированным электрокотлом JASPI Fil-LP RD 150 кВт. Суммарная отопительная мощность — около 270 кВт. В качестве буферного бака был выбран теплоаккумулятор JASPI Ovali EP 2,4 K RD ёмкостью 2400 л, с возможностью предварительного нагрева ГВС через систему отопления благодаря встроенным эффективным змеевикам ГВС из гребенчатой меди.

Для приготовления горячей воды были подобраны три водонагревателя косвенного нагрева с пластинчатыми теплообменниками внутри объёмом 2000 л каждый — модель JASPI VLM 2000 KS Star RD, которая специально разрабатывалась для проектов с геотермальными тепловыми насосами. Общий объём 6000 л способен обеспечить практически непрерывную подачу горячей воды для нужд ресторана, спа-зоны и всех номеров отеля. Стоит отметить, что электрокотёл в основном несёт функцию 100 % резервирования отопительной мощности.

Экономические показатели проекта:

1. Расчётные годовые затраты на отопление и подготовку ГВС — 600 МВтч/год.
2. Стоимость электроэнергии — 6,5 руб./кВт·ч.
3. При отоплении и подготовке ГВС электричеством планируемые расходы — около 4 млн. руб./год.

4. С тепловыми насосами JASPI JAMA Star 60 RD — 1,4 млн руб/год.

5. Инвестиции в проект (геотермальное оборудование, буровые работы) — до 10 млн руб.

6. Проектная окупаемость инвестиций — до пяти лет.

Ярким примером внедрения и эксплуатации ТН большой мощности в Финляндии является теплонасосная станция Katri Vala[7]. Общая мощность станции составляет 150 МВт, из которых 90 МВт — вырабатываемое тепло, а 60 МВт — холод. Тепловая энергия этой станции покрывает до 10 % нужд центрального отопления и 40 % — центрального кондиционирования. Располагается станция в скале под городом Хельсинки, где осуществляется рекуперация тепла городских сточных вод.

Реализация проект заняла 15 лет. За время реализации им удалось заинтересовать почти весь крупный бизнес города и собрать 25 млн евро на постройку. Важно отметить, что в этой сумме нет государственных денег и поддержки от Евросоюза, все средства — частные инвестиции бизнеса Финляндии, и именно его представители и стали потребителями энергии, вырабатываемой этой теплонасосной станцией. При этом окупаемость инвестиций именно в данном (первом) проекте такого уровня, была не очень привлекательна, так как в среднем окупаемость проекта в течение 10 лет в Финляндии считается нормой, а в случае со станцией Katri Vala она составляет 16 лет.

Тепловой насос большой мощности установлен в городе Турку[8]. Здесь, на теплонасосной станции Kakola, ТН меньшей мощности, чем в городе Хельсинки - 28 МВт холода и 42 МВт тепла, итого - 70 МВт, имеется возможность расширения мощности. Начало проекта 2004 год, пусконаладка и запуск в 2009 году, установлены два больших тепловых насоса мощностью по 21 МВт. Стоимости внедрения первого ТН со всей инфраструктурой стоит почти 16 млн евро, второй установленный в 2013 году 7 млн евро, так как вся подготовительная работа на тот момент была уже выполнена. Окупаемости

инвестиций проект Kakola - 7 лет. При внедрении тепловых насосов средней и большой мощности, принимая во внимание охлаждение, сроки сокращения окупаемости достигают 30 %.

В России теплонасосные установки получили менее широкое распространения из-за отсутствия проработанных и экономически обоснованных схем использования для утилизации низкопотенциальной теплоты от крупных источников [9]. Поэтому исследования в области использования теплонасосных установок для систем теплоснабжения промышленных электростанций являются актуальными.

Для повышения эффективности комплекса 1 энергоблока КТЭЦ-3 предлагается применять теплонасосную установку вместе с градирнями, что, помимо утилизации сбросной низкопотенциальной теплоты позволяет увеличить работу пара в турбине и тем самым повысить выработку электроэнергии, уменьшить расход прокачиваемой циркуляционной воды. Полученное тепло предлагается направить на нагрев обратной воды ГВС, получая двойной эффект от внедрения теплонасосной установки на КТЭЦ-3 – охлаждение и нагрев воды ГВС. Нагрузка станции по ГВС в летний период 21 ГКал/ч, соответствует 25 МВт/ч, в связи с этим в состав схемы 1 энергоблока КТЭЦ-3 нужно включить 2 ТН АБТН-4000 с общей мощностью 22 МВт. Контур циркуляционной воды подключается к испарителю ТН и охлаждает ее перед входом в градирню. Конденсатор ТН подключается к тракту ГВС. Испаритель забирает низкопотенциальную теплоту от источника в объеме 13,48 МВт. На работу двух АБТН-4000П используется пар в количестве 19,8 т/ч, соответствует теплосодержанию 8,52 МВт. В результате для нужд ГВС передается суммарное количество теплоты равное 22 МВт.

На районной тепловой станции РТС 3 г.Зеленограда с апреля 2004 года принадлежащей филиалу №10 «Зеленоградский» ОАО «МОЭК» [10], введена в строй экспериментальная автоматизированная теплонасосная установка, утилизирующая теплоту неочищенных сточных вод

расположенной поблизости главной канализационно-насосной станции (ГКНС) «Зеленоградводоканала». Предназначение установки - подогрев подпиточной воды водогрейных котлов районной тепловой станции.

Режим работы автоматизированной теплонасосной установки, исключая ежегодный технологический перерыв в работе РТС, круглогодичный. С 2004 года выработано более 150 ГВт-ч или около 130 Мкал тепловой энергии, общая наработка АТНУ составила свыше 80 тыс. часов, находится в эксплуатации по настоящее время. Расход подпиточной воды города неуклонно снижается в связи с постепенным переходом системы теплоснабжения на закрытую схему, хотя изначально АТНУ проектировалась для подогрева подпиточной воды РТС при её работе на открытую систему теплоснабжения города.

Так, расчётный расход подаваемой воды теперь составляет лишь порядка 50 м³/ч вместо проектных 127 м³/ч. По этой причине в период 2011-2012 годы автоматизированная теплонасосная установка существенную часть времени либо работала с неполной нагрузкой, либо простаивала, что уменьшило годовой фонд рабочего времени до 5200 ч. Кроме того, службой эксплуатации выдвинуто требование повышения температуры подаваемой воды с проектных 30 до 40 °С. По этим причинам в 2013 году произведена реконструкция АТНУ.

Компанией ТМEnergy реализован проект ТНУ [10] при реконструкции плавучей гостиницы общей площадью 1200 м². При проведении аудита были выявлены недостатки системы отопления. Было разработано решение по модернизации системы отопления и ГВС с применением теплового насоса (ТН) типа Dimplex LA 40TU. В гостинице смонтирована радиаторная система отопления с температурным графиком 80/60 °С. В качестве источника тепла использовался дизельный котёл производительностью 95 кВт. В системе ГВС предусмотрены баки косвенного нагрева.

Компания TMEnergy разработала оптимальная схему отопления, работающую в бивалентном режиме, при котором ТН перекрывал тепловые потери и подготавливал воду в систему ГВС используя дизельный котел в пиковом режиме. В систему был интегрирован ТН с максимальной температурой теплоносителя 58 °С типа «воздух–вода».

В таблице 2 изложены данные эксплуатации плавучей гостиницы с момента запуска отопления в бивалентном режиме за зимний квартал 2014–2015-х годов. Расход дизельного топлива до внедрения ТН составлял 50 т в год, после установки насоса Dimplex, расход снизился вдвое и составил 24 т в год. При затрате электроэнергии на нужды ТН экономия составила 40%. Затраты на внедрение 1 675 000 тысяч рублей, окупаемость 2,5-3 года.

Таблица 2 – Сравнение эксплуатационных расходов

Параметр	Котельная на дизельном топливе	Тепловой насос с котельной на дизельном топливе
Выработка тепловой энергии, кВт*ч/год	451572	451572
Расход дизельного топлива, л/год	50230	23829
Расход электроэнергии, кВт*ч/год	-	64985
Расходы на отопление, руб./год	1773066	1069326
Экономия на отопление, руб./год	-	703740

При среднегодовой температуре воздуха в регионах, рассмотренная схема отопления и ГВС приемлема для большинства регионов России.

На примере сельского поселения Запорожское [11], Приозерского района Ленинградской области, рассматривается возможность решения проблемы дефицита теплоснабжения путем применения теплонасосной установки (ТНУ), использующей бросовое тепло сточных вод.

В настоящее время существующая в поселке угольная котельная производительностью 4,37 Гкал/час обеспечивает нужды теплоснабжения без учета малоэтажной индивидуальной застройки, которая вынуждена

обогреваться от автономных источников теплоснабжения (электрообогреватели, индивидуальные котельные, дровяные печи). По данным Управляющей компании ООО «Оазис» существующий жилой фонд поселка составляет $S = 28$ тыс. м^2 . Удельный годовой расход тепла на отопление малоэтажной жилой застройки составляет 290 ккал/ м^2 . В год вырабатывается 6678 Гкал тепла, но с учетом потерь в теплосетях потребитель получает 6062 Гкал. Согласно данным компании, дефицит тепла составляет 2058 Гкал, то есть около 30% от количества, необходимого для нормального теплоснабжения поселка. Образующийся недостаток покрывается потребителями за счет индивидуальных средств обогрева.

Для решения данной задачи существуют, как традиционные методы решения, так и нетрадиционные. Одним из нетрадиционных путей решения данной проблемы является внедрение теплонасосных установок (ТНУ). Основная особенность данных устройств - универсальность по отношению к виду используемой энергии. ТНУ может преобразовать низкопотенциальную энергию природных или вторичных энергоресурсов в тепловую энергию более высокого температурного потенциала, пригодную для практического использования. Причины популярности использования ТНУ: экологическая чистота: нет выброса CO_2 и других вредных веществ; промышленная безопасность: нет огня, угарного газа; долговечность: производитель обещает высокий срок бесперебойной работы, например, земляные зонды, насос служат до $20 - 25$ лет; низкая стоимость отопления: оплата только за работу компрессора; принцип все в одном: горячая вода, отопление и охлаждение; практически полная автономия жилья, производства и др. Принимая во внимание, что в настоящее время для поселения согласован проект реконструкции очистных сооружений хозяйственно-бытовых стоков, появилась реальная возможность полезного использования теплоты сточных вод с применением теплового насоса. Полученное тепло можно направить на

обеспечение нужд теплоснабжения удаленного малоэтажного микрорайона поселка.

Для сокращения периода строительно-монтажных работ по размещению ТНУ, их планируется провести в период плановой реконструкции очистных сооружений. Канализационные стоки являются идеальным источником тепла по следующим причинам: поддерживают стабильно высокую температуру в течение отопительного сезона; являются изобильными и возобновляемыми; имеют благоприятные теплофизические характеристики; низкие эксплуатационные расходы. Средняя температура сточных вод, поступающих на очистные сооружения, в зимний период составляет около + 120С. Постоянная температура и объем стоков повышают эффективность работы насоса и дают возможность эксплуатировать его в течение года.

Для подхода к выбору ТНУ проводились исследования по зарубежным и отечественным производителям установок. К мировым лидерам в этой области относятся следующие компании: ClimateMaster (более 50 лет занимается производством тепловых насосов, США); Vaillant (крупнейший мировой производитель, с оборотом в 2 млрд. евро, 2,7 млн. теплотехники продается в год, Германия); Heliotherm (молодая компания, но уже была награждена “Hansjörg-Jäger Zukunftspreis 2007” (Приз Будущего), более 15000 проданных и установленных систем, Австрия); NIBE AB (основной офис компании расположен в Швеции, но имеет свои подразделения в других странах Европы, примечательны своим высоким КПД, оборот от продажи тепловых насосов превышает 1 млрд. евро в год); Stiebel Eltron (почти век как занимается разработкой и производством инженерных сетей для дома, Германии) и др.

По данным Австрийского энергетического агентства среди европейских производителей тепловых насосов, лидером является Шведская компания NIBE AB. Из отечественных производителей стоит упомянуть

компанию «Корса» (уже более 10 лет занимается тепловыми насосами) и ООО «Экотепло» (более 5 лет). Но наибольший опыт работы в данной области и объем выпущенных тепловых насосов мощностью от 10 до 3000 кВт имеет группа предприятий: ЗАО «Энергия» (г. Новосибирск), комплекс «Тепломаш», ОАО «Кировский завод» (г. Санкт-Петербург) и ОАО «ФГУП «Рыбинский завод приборостроения». В настоящее время это одни из основных производителей крупных тепловых насосов в России. Тепловые насосы этой группы успешно работают по всей России. Особенно важно отметить, что они одни из немногих производителей ТНУ, кто может обеспечить температуру теплоносителя в контуре теплоснабжения до + 80 0С, что очень актуально для наших северных широт. Как правило, зарубежные компании не рекомендуют использовать свои установки в таком высоком диапазоне температур, в связи с большой потерей эффективности ТНУ.

Проведя анализ производителей ТНУ можно сделать вывод, что тепловые насосы российского производства способны составить достойную конкуренцию по техническому уровню исполнения и ценообразованию по сравнению со своими зарубежными конкурентами. В результате проведенных расчетов ТНУ, анализа рынка производителей продукции, а также возможностей сервисного обслуживания и качества изготовления теплового насоса, для системы теплоснабжения жилого поселка предлагается установка насоса марки ТН-110, ЗАО «Энергия» (г. Новосибирск).

Экономическая целесообразность использования тепловых насосов для теплоснабжения, при наличии в достаточном количестве низкопотенциального источника тепла, определяется отношением стоимости 1 кВт-ч электрической энергии (Цэ) к стоимости 1 кВт-ч энергии топлива (Цт) (угля). В рассматриваемом варианте это отношение составляет $\text{Цэ}/\text{Цт} = 3,15$. Срок окупаемости внедрения составляет 1,5 года. Приемлемый срок

окупаемости капитальных вложений (до 5 лет), при использовании теплонасосной техники достигается при соотношении Цээ / Цт.

Учитывая нередко уникальные характеристики, высокий энергосберегающий эффект и безопасность при эксплуатации, спектр применения тепловых насосов постоянно растёт. Опыт использования подтверждает и стимулирует востребованность инновационной технологии в социальной сфере, которая обеспечивает минимизацию расходов на содержание объектов, повышает уровень комфорта для потребителей и выводит на принципиально новый уровень их обслуживание.

2 Принцип работы теплового насоса

Уже давно известно, что тепло передаётся самопроизвольно от более горячего предмета к тому, что холоднее. Это было закреплено в одной из формулировок второго закона термодинамики. Для того чтобы передать тепло в обратном направлении, требуется затратить работу. Для этих целей и служит тепловой насос. Для его работы требуется энергия. Количество затрачиваемой энергии тем больше, чем больше разница температур между средами, которые участвуют в этом процессе.

Конструкция самого простого теплового насоса включает в себя 2 теплообменника. Один из них называется испаритель, а второй — конденсатор. В испарителе поддерживается температура ниже той среды, у которой отбирается тепло. В роли такой среды может быть вода, грунт, воздух и т. п. В результате тепло переходит к хладагенту, имеющему более низкую температуру. Конденсатор имеет температуру выше температуры той среды, которой должно быть передано тепло. Этой средой, а точнее телом, является система отопления. Разница температур между испарителем и конденсатором обеспечивается благодаря хладагенту, который циркулирует между ними. Он может изменять своё фазовое состояние, переходить из жидкого состояния в газообразное в зависимости от уровня давления.

В роли хладагентов используются легкокипящие химические вещества, которые при определённом давлении в компрессоре переходят из жидкого в газообразное состояние и наоборот. Компрессор в составе теплового насоса является основным потребителем электрической энергии. Если немного углубиться в теорию, то можно сказать следующее. Движение молекул в каком-либо веществе прекращается только при абсолютном нуле. Но если температура отлична от этого значения, то молекулы двигаются и у этой среды можно забрать тепло и переместить её в другое тело или среду.

Большинство используемых сегодня теплонасосов являются парокомпрессионными.

Есть также такие разновидности, как

- Электрохимические.
- Термоэлектрические;
- Абсорбционные;

Работу тепловых насосов, как правило, характеризуют по величине коэффициента трансформации энергии ($K_{тр}$), который определяется по формуле:

$$K_{тр} = T_{в\text{ых}} / (T_{в\text{ых}} - T_{в\text{х}}), \text{ где}$$

$T_{в\text{ых}}$ – температура на выходе насоса;

$T_{в\text{х}}$ – температура на входе насоса.

То есть, $K_{тр}$ – это соотношение тепла, которое идёт в систему теплоснабжения, к энергии, которая тратится на обеспечение функционирования теплового насоса. В реальности коэффициент $K_{тр}$ отличается от того, что рассчитывается по этой формуле. Разница равна величине коэффициента h , который учитывает энергетические потери и степень термодинамического совершенства. Энергия также расходуется на обеспечение работы запорной арматуры, насосов, управляющих схем и т. п.



Рисунок 1- Принцип работы теплового насоса

Принцип работы ТН показан на рисунке 1. Хладагент после закипания, двигаясь по трубопроводу, попадает в компрессор, работающий при помощи

электроэнергии. Это устройство сжимает хладагент, находящийся в газообразном состоянии, до высокого давления, что вызывает повышение его температуры. Горячий газ попадает в конденсатор, в котором тепло хладагента отдается теплоносителю, циркулирующему по внутреннему контуру отопительной системы. Остывая, хладагент переходит в жидкое состояние, после чего проходит сквозь капиллярный редукционный клапан, теряя давление, и затем снова оказывается в испарителе. Таким образом, цикл завершился, и процесс готов повториться.

3 Выбор источника теплоты

Температура сточных вод ниже температуры наружного воздуха в летнее время и выше в зимнее. Это делает их идеальным источником низкопотенциального тепла для использования в тепловых насосах. По некоторым оценкам, в городские коммуникации вместе со сточными водами сбрасывается около 40% использованного тепла.

Сточные воды классифицируются тремя признаками:

1) Место образования вод:

- бытовые от санузлов и других источников жилых, общественных, коммунальных и промышленных зданий.
- Производственные: стоки, образующиеся при использовании воды для различных технологических процессов производства.
- Атмосферные: дождевые, талые стоки.

2) Вид содержащихся веществ. Сточные воды содержат загрязнения, различающиеся на следующие группы:

- 40% минеральных загрязнений: песок, глина, частицы руды, кислоты и щелочи.
- 60% органических загрязнений: растительного происхождения с преобладанием углерода (остатки овощей, плодов.) животного происхождения с преобладанием азота (физиологические выделения, остатки живых тканей и т.д.) в том числе и биологические загрязнения: бактерии, дрожжевые и плесневелые грибки, яйца гельминтов и вирусы.

3) Фазово-дисперсное состояние загрязнений.

- Растворенные вещества, состоящие из молекулярно-дисперсных частиц, размером не более 0,01 мкм.
- Коллоидные вещества – частицы размером от 0,01 до 0,1 мкм.
- Нерастворенные примеси: всплывающие, оседающие и взвешенные вещества размер частиц которых составляет более 0,1 мкм.

Производственные сточные воды бывают условно-чистыми или загрязненными:

- 1) преимущественно с минеральными веществами;
- 2) преимущественно с органическими веществами;
- 3) органические, ядовитые вещества.

Сточные воды бывают высококонцентрированными и слабоконцентрированными, по рН показателю делятся на малоагрессивные и высокоагрессивные.

С целью удаления и разрушения загрязняющих веществ и патогенных организмов, а также обеззараживания, производят очистку сточных вод. Физическая модель сточных вод представляет собой двухфазную систему «жидкое – твердое», и любая технология очистки вод заключается в извлечении твердой фазы. Законы термодинамики указывают на то, что вода легко загрязняется и этот процесс идет без значительных энергозатрат. Напротив, процессы очистки воды реализуются с использованием различных сложных процессов с заметными удельными энергозатратами. Система «жидкое – твердое» характеризуется энтропией, которая выражает скрытую энергию, необходимую для очистки сточных вод. Чем выше концентрация загрязнений и чем больше разнородность состава, тем выше энтропия и больше энергетические затраты на очистку воды.

Существует большое многообразие методов очистки, которые можно разделить на группы: механические, химические, физико-химические, биологические. Часто применяются комбинированные методы, использующие на нескольких этапах различные методы очистки. Применение того или иного метода зависит от концентрации и вредности примесей. В зависимости от того, извлекаются ли компоненты загрязняющих веществ из сточных вод, все методы очистки можно разделить на регенеративные и деструктивные.

На базе сточных вод, которой проектируется ТНУ, стоки первоначально поступают в резервуар посредством подводящего коллектора, на входе которого установлена корзина для улавливания мусора. Из-за различного качества воды, расхода и уровня температуры основной проблемой применения ТНУ становится теплообменник, который выступает связующим звеном между источником тепла, сточными водами, и испарителем ТНУ. Есть достаточно много удачных примеров реализации ТНУ, где в роли теплообменника выступает трубопровод, помещенный в отстойник. Для удаления большинства взвешенных твердых частиц в стоках применяются автоматические фильтры, а для защиты от коррозии труб теплообменника используются нержавеющая сталь или титан. В данном проекте в качестве такого теплообменника будет выступать змеевик, уложенный друг в друга параллельными спиралями в 10 рядов, выполненный из нержавеющей стали. Он будет размещаться в приемном резервуаре, при этом соединение с испарителем будет производиться максимально короткими трубопроводами, в целях минимизации потери давления, а расположение его будет производиться таким образом, чтобы в дальнейшем максимально были облегчены доступ к нему, обслуживание и чистка. Так же на дне резервуара, в целях предотвращения застоя и оседания осадка, оборудованы устройства для взмучивания, подача воды на которые регулируется задвижками.

14 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Планирование работы в данной работе заключается в следующем: составление перечня работ, необходимых для достижения поставленной задачи; определение участников работы; установление продолжительности работы в рабочих днях. Определение затрат для расчета которой должны быть использованы действующие рыночные цены, а также данные производственных и научно – исследовательских подразделений.

14.1 Планирование разработки теплонасосной установки (ТНУ) для отопления и горячего водоснабжения коттеджа в г. Томске.

Планирование работ и их временная оценка приведены в таблице 13.

Таблица 13 - Этапы выполнения проекта и их продолжительность

Содержание работы	Количество исполнителей	Продолжительность дней
1. Составление задания	Руководитель	2
	Инженер	1
2. Сравнение современных циклов ТНУ	Инженер	10
3. Анализ возможности применения ТНУ	Руководитель	2
	Инженер	1
4. Выбор цикла ТНУ	Руководитель	2
	Инженер	1
5. Выбор рабочего вещества	Руководитель	2
	Инженер	1
6. Расчет цикла ТНУ	Руководитель	2
	Инженер	1
7. Расчет конденсатора	Инженер	2
8. Расчет испарителя	Инженер	2
9. Разработка рабочих чертежей	Руководитель	2
	Инженер	1
10. Составление отчета	Руководитель	2
	Инженер	1
Итого	Руководитель	8
	Инженер	112

14.2 Смета затрат на проект.

Капитальные затраты на проектирование рассчитываются по следующим элементам расходов с последующим суммированием:

$$K_{пр} = K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{с.о.} + K_{проч} + K_{накл}, \quad (14.2.1)$$

где:

$K_{мат}$ - затраты на материал

$K_{ам}$ - амортизационные отчисления;

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

$K_{с.о.}$ - социальные отчисления;

$K_{проч}$ - прочие затраты;

$K_{накл}$ - накладные расходы.

14.2.1 Материальные затраты

$K_{мат}$ - принимаем 1000руб. на канцелярские товары.

14.2.2 Амортизационные отчисления

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.кт}}{T_{кал}} \cdot Ц_{кт} \cdot \frac{1}{T_{сл}}, \quad (14.2.2.1)$$

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

$T_{кал}$ - календарное время

$Ц_{кт}$ - цена компьютерной техники

$T_{сл}$ - срок службы компьютерной техники

$$K_{ам} = \frac{112}{365} \cdot 25000 \cdot \frac{1}{5} = 1535 \text{ руб.}$$

14.2.3 Затраты на заработную плату.

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж} + ЗП_{пр}, \quad (14.2.3.1)$$

$$ЗП_{мес} = ЗП_о \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (14.2.3.2)$$

$$ЗП_{мес}^{инж} = ЗП_{мес}^{нр} = 17000 \cdot 1,1 \cdot 1,3 = 24310$$

Размер заработной платы за 1 день:

$$ЗП_{дн}^{рук} = \frac{24310}{26} = 935 \text{ руб.}$$

$$ЗП_{дн}^{инж} = \frac{22100}{21} = 1052 \text{ руб.}$$

$$K_{з/пл} = ЗП_{инж} + ЗП_{нр} = 8 \cdot 935 + 112 \cdot 1052 \cdot 2 = 243128 \text{ руб.}$$

14.2.4 Затраты на социальные нужды

$$K_{с.о.} = K_{з/пл} \cdot 30\%$$

$$K_{с.о.} = 243128 \cdot 0,3 = 72939 \text{ руб.}$$

14.2.5 Прочие затраты принимаем в размере 10% от

$$K_{мат} + K_{ам} + K_{з/пл} + K_{с.о.}$$

$$K_{проч} = (1000 + 1535 + 243128 + 72939) \cdot 0,1 = 31860 \text{ руб.}$$

14.2.6 Накладные расходы, принимаются в размере 200% от $K_{з/пл}$

$$K_{накл} = K_{з/пл} \cdot 2 \quad (14.2.6.1)$$

$$K_{накл} = 243128 \cdot 2 = 486256 \text{ руб.}$$

Полученные результаты по всем пунктам занесем в таблицу 14.

Таблица 14 - Смета затрат

Элементы затрат	Сумма затрат, руб
затраты на материал	1000
амортизационные отчисления;	1535
затраты на заработную плату;	243128
социальные отчисления;	72939
прочие затраты;	31860
накладные расходы.	486256
Итого	831362

14.3 Смета затрат на проект

Определение капитальных вложений. В данном разделе проведем укрупненные технико-экономические расчеты для ТНУ и центрального теплоснабжения, а также расчеты капиталовложений (К) в ТНУ. Полные капиталовложения в теплонасосную установку будут состоять из ее стоимости, а также затрат, связанных со строительными-монтажными работами.

Капиталовложения в стоимость установки сведены в таблицу 15.

Таблица 15 – Сводная таблица капиталовложений в ТНУ

№ п.п.	Наименование элемента	количество	Стоимость, руб.	Суммарная стоимость, руб
1	Компрессор поршневой бессальниковый фреоновый ПБ-100-2-0 (в комплекте с ресивером)	1	524160	524160
2	Регулятор температуры корпуса	1	входит в стоимость компрессора	-
3	Конденсатор кожухотрубчатый ESKD-320	1	216720	216720
4	Фильтр осушитель	1	426,4	426,4
5	Антикислотный фильтр	1	2267,3	2267,3
6	Смотровое стекло	1	477,5	477,5
7	Терморегулирующий вентиль	1	2362,6	2362,6
8	Соленоидный вентиль	1	1891,54	1891,54
9	Испаритель кожухотрубный типа ECH-290	1	291648	291648
10	Кран шаровой	10	126	1260
11	Шаровые вентили	3	857,92	2573,76
12	Регуляторы давления (прессостат)	1	2934	2934
13	Магнитный пускатель компрессора	1	299	299
14	Щит управления	1	980	980
15	Тангенциальный вентилятор	9	1890	17010
16	Терморегуляторы	7	374	2616,6
17	Обратный клапан	1	1930	1930
18	Реле протока	1	3176,6	3176,6
19	Термостат	1	16780	486895
20	Фреон (10,9кг)	29	13655	400881
21	Труба стальная ВГП нержавеющая 20x2,8мм мерная	2тн	618000	618000
22	Насос циркуляционный UPS 32 - 120 F серии 200	1	32424	32424
	Итого			2211035

Капиталовложения в установку с учетом 10% на неучтенные затраты составили:

$$K_1 = 2211035 \cdot 1,1 = 2432138 \text{ руб.}$$

Затраты, связанные со строительно-монтажными работами по сооружению установки, в холодильной технике, принимаются в размере $10 \div 12\%$ от капиталовложений в установку

$$K_2 = 0,12 \cdot K_1, \quad (14.3.1)$$

$$K_2 = 0,12 \cdot 2432138 = 291856,6 \text{ руб.}$$

Суммарные капиталовложения в установку составляют

$$K = K_1 + K_2 + C_\theta, \quad (14.3.2)$$

$$K = 2432138 + 291856,6 + 1211486 = 3935481 \text{ руб.}$$

14.4 Определение эффективности проекта.

Определение годовых эксплуатационных издержек. Ежегодные издержки на амортизационные отчисления для полного возмещения первоначальных капиталовложений при создании установки, включая затраты на монтаж

$$I_{ам} = \frac{K}{M}, \quad (14.4.1)$$

$$I_{ам} = \frac{1709969}{20} = 85498,46 \frac{\text{руб}}{\text{год}}$$

где $M = \frac{100}{5,4} \approx 20 \text{ лет}$ - норма амортизации, срок эксплуатации элементов

установки.

$K = 1709969 \text{ руб}$ - стоимость элементов установки, подлежащих ремонту.

Ежегодные издержки на ремонт оборудования принимаются в размере 30% от издержек на амортизационные отчисления I_k

$$I_{рем} = 0,3 \cdot 85498,46 = 25649,54 \frac{\text{руб}}{\text{год}}$$

Ежегодные издержки на электроэнергию для систем теплоснабжения с тепловым насосом составляют

$$I_{эл} = N \cdot n \cdot C_{эл}, \frac{\text{руб}}{\text{год}}, \quad (14.4.2)$$

где N - мощность электропотребления привода компрессора и насоса, прокачивающего раствор через испаритель, кВт.

$$N = N_{\text{компр}} + N_{\text{цирк.насоса}}, \text{кВт} \quad (14.4.3)$$

где $N_{\text{цирк.насоса}} = 0,345 \text{ кВт}$ - мощность потребления насоса, прокачивающего 34%-ый водный раствор этиленгликоля через испаритель.

Тогда

$$N = 68,52 + 0,345 = 68,87 \text{ кВт}.$$

$n = 24 \cdot 365 = 8760 \frac{\text{ч}}{\text{год}}$ - число часов использования установки, но в расчетах будем использовать количество часов с учетом того, что 2 недели в год установка будет находиться в нерабочем состоянии, в течение которых она будет подвергаться техническому обслуживанию и если необходимо ремонту; тогда $n = 8592 \frac{\text{ч}}{\text{год}}$.

$$C_{эл} = 3,5 \frac{\text{руб}}{\text{кВт} \cdot \text{ч}} - \text{стоимость электроэнергии.}$$

тогда ежегодные издержки на электроэнергию будут равны

$$I_{эл} = 68,87 \cdot 8592 \cdot 3,5 = 2071058,64 \frac{\text{руб}}{\text{год}}.$$

Где 8592ч – количество часов в год, в период, которых будет работать ТНУ, с учетом количества часов, отведенных на ремонт и техническое обслуживание.

Составляющую эксплуатационных издержек $I_{зн}$ в данном случае учитываем, следующим образом - установка большее время будет работать автоматически с привлечением обслуживающего персонала в количестве двух человек. Затраты на зарплату:

$$I_{зн} = (3П_{\text{осн}} + 3П_{\text{дон}}) \cdot N \cdot 12, \quad (14.4.4)$$

где N – количество обслуживающего персонала

Основная зарплата

$$ЗП_{осн} = ЗП_{ср} \cdot 1,3 \cdot 1,5, \quad (14.4.5)$$

$$ЗП_{осн} = 7000 \cdot 1,3 \cdot 1,5 = 13650 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата

$$ЗП_{доп} = ЗП_{осн} \cdot 0,1, \quad (14.4.6)$$

$$ЗП_{доп} = 13650 \cdot 0,1 = 1365 \text{ руб.}$$

Затраты на заработную плату

$$I_{зн} = (ЗП_{осн} + ЗП_{доп}) \cdot 2 \cdot 12, \quad (14.4.7)$$

$$I_{зн} = (13650 + 1365) \cdot 2 \cdot 12 = 360360 \text{ руб.}$$

На социальные нужды

$$I_{соц} = I_{зн} \cdot 0,3, \quad (14.4.8)$$

$$I_{соц} = 360360 \cdot 0,3 = 108108 \text{ руб.}$$

Количество теплоты, $\frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{год}}$, получаемое от теплового насоса в год –

365 дней, в течение которых будет вырабатываться тепло необходимое для отопления коттеджа и необходимое для нагрева воды, идущей на ГВС к потребителю.

$$Q_{тн} = 418,3 \cdot 24 \cdot 351 = 3523759,2 \frac{\text{кВт} \cdot \text{ч}}{\text{год}},$$

351 – число дней работы теплового насоса;

418,3 кВт – количества тепла в час, получаемое от ТНУ, при условии,

что количество сточных вод равен $120 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$, а температура стоков не ниже 16^0C

Ежегодные суммарные издержки составят

$$I = I_{ам} + I_{рем} + I_{эл} + I_{зн}, \quad (14.4.9)$$

$$I = 85498,46 + 25649,54 + 2071058 + 108108 = 2290314 \frac{\text{руб}}{\text{год}}$$

Удельная себестоимость производства единицы тепловой энергии

$$c = \frac{I_{ам} + I_{рем} + I_{эл} + I_{зн}}{Q_{тн}}, \quad (14.4.10)$$

$$c = \frac{2290314}{3523759,2} = 0,65 \frac{руб}{кВт \cdot ч}$$

Действительный коэффициент преобразования ТНУ составит

$$K_{дейст} = \frac{Q_k}{N}, \quad (14.4.11)$$

$$K_{дейст} = \frac{314,46}{68,87} = 4,56$$

$$\text{где } Q_k = Q_x + P_c, \quad (14.4.12)$$

$$Q_k = 245,94 + 68,52 = 314,46 \text{ кВт}$$

N – максимальное количество энергии, потребляемое установкой.

То есть на 1кВт затраченной электроэнергии получаем полезный съем тепла в конденсаторе равным 4,56 кВт.

Количество теплоты, вырабатываемое тепловым насосом в год, Гкал

$$Q_{тн} = \frac{418300 \cdot 24 \cdot 351}{859,845} = 3029,9 \frac{\text{Гкал}}{\text{год}}$$

где $\frac{1}{859,845}$ - переводной коэффициент;

$$Q_m = 418300 \frac{\text{Вт}}{\text{ч}} - \text{количество тепла, получаемое с ТНУ в час.}$$

Коэффициент работоспособности полученного тепла

$$(\tau_q)_B = 1 - \frac{T_{oc}}{T_k}, \quad (14.4.13)$$

$$(\tau_q)_B = 1 - \frac{289,15}{323,15} = 0,105$$

где $T_{oc} = 273,15 + t_{oc} = 273,15 + 16 = 289,15 \text{ K}$ - температура

низкопотенциального источника тепла;

$T_k = 273,15 + t_k = 273,15 + 50 = 323,15 \text{ K}$ - температура конденсации фреона.

Коэффициент полезного действия ТНУ

$$\eta = K_{дейст} \cdot (\tau_q)_B \cdot 100\%, \quad (14.4.14)$$

$$\eta = 4,56 \cdot 0,105 \cdot 100\% = 47,88\%$$

Коэффициент использования первичной энергии топлива для ТНУ составляет

$$K_{ПЭ}^{ТН} = \frac{1}{\eta_{ЛЭП} \cdot \eta_{СТ} \cdot K_{дейст}}, \quad (14.4.15)$$

$$K_{ПЭ}^{ТН} = \frac{1}{0,9 \cdot 0,37 \cdot 4,56} = 0,66$$

где $\eta_{ЛЭП} = 0,90$ - КПД транспорта электроэнергии в линиях электропередач;

$\eta_{СТ} = 0,37$ - КПД производства электроэнергии на тепловой электростанции.

Стоимость 1 Гкал тепла, при отоплении тепловым насосом:

$$C_{1ГкалТНУ} = \frac{I_{изд.всего}}{Q_{тн}}, \quad (14.4.16)$$

$$C_{1ГкалТНУ} = \frac{2290314}{3029,9} = 755,9 \text{ руб. на 1 Гкал.}$$

Стоимость 1 Гкал тепла, при существующем отоплении калориферами и централизованном ГВС

$$C_{1ГкалЦЕНТР} = 1280 \text{ руб. на 1 Гкал}$$

Экономический эффект, получаемый при выработке 1 Гкал тепла при помощи теплового насоса, по сравнению с существующей системой отопления:

$$\mathcal{E}_{1ГкалЭконЭф} = C_{1ГкалЦЕНТР} - C_{1ГкалТНУ} \quad (14.4.17)$$

$$\mathcal{E}_{1ГкалЭконЭф} = 1280 - 755,9 = 524 \text{ руб. на 1 Гкал.}$$

Годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_{ГОД} = \mathcal{E}_{1ГкалЭконЭф} \cdot Q_{тн}, \quad (14.4.18)$$

$$\mathcal{E}_{ГОД} = 524 \cdot 3029,9 = 1587667,6 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости проекта

$$T_{ок} = \frac{K_{пр} + K_{об} + K_{монт}}{\mathcal{E}_{год} - I_{год}}, \quad (14.4.19)$$

$$T_{ок} = \frac{2432138 + 179969 + 291856}{2290314 - 1587667} = 2,48$$

По окончанию расчета можно сделать вывод, что проект ТНУ можно считать целесообразным и рентабельным. Так как при централизованном отоплении стоимость 1 Гкал теп ла значительно дороже, чем при отоплении тепловым насосом. Со сроком окупаемости проекта 2,5 года.

15 Социальная ответственность

Выполнение выпускного дипломного проекта достаточно долгий и трудоемкий процесс, требующий длительного присутствия проектировщика в определенном помещении за персональным компьютером, долгого нахождения проектировщика в одном и том же положении (сидя). Для более эффективного выполнения проекта необходимо обеспечивать и поддерживать безопасные и комфортные условия для жизнедеятельности в данном помещении и на данном рабочем месте.

В данном разделе рассмотрим необходимые нормы и правила, которые должны соблюдаться на рабочем месте при выполнении проекта, в частности при проектировании теплонасосной установки г. Томска.

15.1 Производственная безопасность

Потенциально опасные и производственные факторы по ГОСТ 12.0.003–74 К ним относятся: электрический ток, ионизирующее излучение. К вредным факторам относятся: работа за персональным компьютером (ПК), изменение микроклимата помещения, слабая освещенность рабочей зоны, шумность, электромагнитное излучение представлены в таблице 16.

Таблица 16 - Основные опасные и вредные элементы производства

Наименование видов работ и параметров производственного процесса	Ф а к т о р ы (ГОСТ 12.0.003-74 ССБТ)	
	Вредные	Опасные
Проектирование систем теплоснабжения	1) отклонение показателей микроклимата в помещении; 2) недостаточная освещенность рабочей зоны; 3) шум; 4) электромагнитное излучение; 5) нервно-психические перегрузки; 6) работа ПК	1) электрический ток 2) ионизирующее излучение 3) пожар

15.2 Анализ и действия по их устранению вредных производственных факторов.

При проведении работ в помещениях указываются допустимые микроклиматические условия согласно СанПиН 2.2.4.548–96. Из НТД при нормировании параметров микроклимата выделяют холодный и теплый период года, характеризуемый среднесуточной температурой наружного воздуха, равной до +10°C и от +10°C. Разделение по категориям производится на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч.

Проектировочное помещение относится к категории Ia (110-120 ккал/ч).

Допустимые параметры микроклимата данной категории приведены в таблице 17.

Таблица 17 - Параметры микроклимата не рабочих местах

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, t°С	Относительная влажность воздуха, φ%	Скорость движения воздуха, м/с	
		Нижнее значение	Верхнее значение			Если t° < t° _{опт}	Если t° > t° _{опт} "***"
Холодный	Ia	20,0	25,0	19,0 - 26,0	15 - 75 "***"	0,1	0,1
Теплый	Ia	21,0	28,0	20,0 - 29,0	15 - 75 "***"	0,1	0,2

15.2.2 Требования к освещению на рабочих местах.

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03.

Рабочие столы размещаются монитором к световым проемам, чтобы естественный свет падал преимущественно слева. Искусственное освещение

для пользования ПК должно осуществляться равномерно. Освещенность равна 300 - 500 лк. Освещенность экрана монитора не должна превышать 300 лк. В качестве источников света следует применять люминесцентные лампы. В светильниках местного освещения допустимо применение ламп накаливания. Применение светильников без рассеивателей и экранирующих решеток не допускается.

При отсутствии светильников с системой ЭПРА многоламповые лампы светильников общего освещения следует включать на разные фазы трехфазной сети.

Требования к освещению ряда производственных помещений представлены в таблице 18.

Таблица 18 - Параметры естественного и искусственного освещения

Помещение	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г – горизонтальная, В – вертикальная) и высота	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО e_n , %		КЕО e_n , %		Освещенность, лк		
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении		при общем освещении
						всего	от общего	
Помещения для работы с дисплеями и видеотерминалами, залы ЭВМ	Г-0,8 Экран монитора: В-1,2	3,5	1,2	2,1	0,7	500	300	400
	Экран дисплея: В-1	-	-	-	-	-	-	200

15.3 Рассчитаем искусственное освещение.

В расчётном задании требуется решить следующие вопросы:

- выбор системы освещения;
- выбор источников света;
- выбор светильников и их размещение;
- выбор нормируемой освещённости;
- расчёт освещения методом светового потока.

Помещения для эксплуатации ПК должны иметь естественное и искусственное освещение.

15.3.1 Выбор источника освещения.

Существует две группы источников света:

- газоразрядные лампы
- лампы накаливания.
- светодиодные лампы

В нашем случае применяем светодиодное освещение

15.3.2 Выбор светильников и их размещение

Выбираем светильники АОД-3-15 с геометрическими характеристиками:

длина - 1,1м,

ширина - 0,18м.

Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами:

$H=2,5\text{м}$ – высота помещения;

$h_c=0,3\text{м}$ – расстояние светильников от перекрытия (свес);

$h_n = H - h_c=3,5-0,3=3,2\text{м}$ - высота светильника над полом, высота подвеса;

$h_p=0,7\text{м}$ – высота рабочей поверхности над полом;

$h = h_n - h_p=3,2-0,7=2,5\text{м}$ – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью.

Расстояние между светильниками L определяется как: $L=\lambda \cdot h$,

где λ – интегральный критерий качества оптимальности расположения светильников; для светильников типа АОД $\lambda=1,1..1,3$ [16].

$$L=1,2 \cdot 2,5=3,0\text{м.}$$

15.3.3 Выбор нормируемой освещенности.

Норму освещенности принимаем согласно СНиП 23-05-95. Для рассматриваемого вида деятельности выбираем $E_n=400$ лк.

15.3.4 Требования к уровням шума на рабочих местах.

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПК уровни шума на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных для данных видов работ в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами.

Шумящее оборудование (печатающие устройства, серверы и т.п.), уровни шума которого превышают нормативные, должно размещаться вне помещений с ПК.

Допустимые уровни шума указаны в таблице 19.

Таблица 19 - Допустимые уровни шума

Рабочее место	Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБ
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Конструкторские бюро, программисты, лаборатории	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Требования к уровням электромагнитных полей на рабочих местах, оборудованных ПК. Временные допустимые уровни ЭМП, создаваемых ПК на рабочих местах пользователей, согласно СанПиН 2.2.2.4.1340-03 ПК представлены в таблице 20.

Таблица 20 - Временные допустимые уровни ЭМП

Наименование параметров		ВДУ ЭМП
Напряженность электрического поля	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	25 В/м
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	2,5 В/м
Плотность магнитного потока	в диапазоне частот 5 Гц - 2 кГц	250 нТл
	в диапазоне частот 2 кГц - 400 кГц	25 нТл
Электростатический потенциал экрана видеомонитора		500 В

15.4 Анализ опасных производственных факторов и обоснование мероприятий по их устранению

15.4.1 Электробезопасность.

Безопасность при работе с электроустановками обеспечивается применением различных технических и организационных мер согласно ПУЭ, ПТЭЭП. Технические средства защиты от поражения электрическим током делятся на коллективные и индивидуальные.

Основные коллективные способы и средства электрозащиты: изоляция токопроводящих частей (проводов) и ее непрерывный контроль; установка оградительных устройств; предупредительная сигнализация и блокировки; использование знаков безопасности и предупреждающих плакатов; применение малых напряжений; защитное заземление и зануление; защитное отключение.

Индивидуальные основные изолирующие электрозащитные средства способны длительно выдерживать рабочее напряжение электроустановок, поэтому ими разрешается касаться токоведущих частей под напряжением. В установках до 1000 В – это диэлектрические перчатки, инструмент с изолированными рукоятками, указатели напряжения. Индивидуальные дополнительные электрозащитные средства обладают недостаточной электрической прочностью и не могут самостоятельно защитить человека от поражения током. Их назначение – усилить защитное действие основных изолирующих средств, с которыми они должны применяться. В установках

до 1000 В – диэлектрические боты, диэлектрические резиновые коврики, изолирующие подставки.

Повышенный уровень электромагнитных излучений и его оценка проводится при выполнении ряда работ с компьютерами и прочим электрическим оборудованием. Источником электромагнитных полей промышленной частоты являются чаще всего токоведущие части действующих электроустановок.

Неблагоприятное воздействие токов промышленной частоты проявляются только при напряженности магнитного поля 160–200 А/м. Практически при обслуживании и нахождении даже в зоне мощных электроустановок высокого напряжения магнитная напряженность поля не превышает 20–25 А/м, поэтому оценку потенциальной опасности воздействия электромагнитного поля промышленной частоты достаточно производить по величине электрической напряженности поля.

В соответствии с ГОСТ 12.1.002–84, нормы, допустимых уровней напряженности электрических полей, зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоны. Время допустимого пребывания в рабочей зоне в часах составляет $T=50/E-2$. Работа в условиях облучения электрическим полем с напряженностью 20–25 кВ/м продолжается не более 10 минут.

Основными источниками высоко - и низкочастотных электромагнитных полей являются компьютеры.

Количественно величины уровней ЭМП измеряются приборами. При отсутствии измерительных приборов выводы о соответствии величины ЭМП нормативным значениям делаются по паспортным данным компьютера и монитора, в которых отмечается их соответствие нормам ТСО–99, ТСО–03 и т. д.

15.4.2 Пожарная безопасность.

Категории помещений и зданий предприятий и учреждений по взрывопожарной и пожарной опасности определяются на стадии проектирования зданий и сооружений в соответствии с настоящими нормами и ведомственными нормами технологического проектирования.

Категории помещений и зданий, определенные в соответствии с настоящими нормами, следует применять для установления нормативных требований по обеспечению взрывопожарной и пожарной безопасности указанных помещений и зданий в отношении планировки и застройки, этажности, площадей, размещения помещений, конструктивных решений, инженерного оборудования.

По взрывопожарной и пожарной опасности помещения подразделяются на категории А, Б, В1 — В4, Г и Д, а здания - на категории А, Б, В, Г и Д. Категории взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий определяются для наиболее неблагоприятного в отношении пожара или взрыва периода, исходя из вида находящихся в помещениях горючих веществ и материалов, их количества и пожароопасных свойств. Определение пожароопасных свойств веществ и материалов производится на основании результатов испытаний или расчетов по стандартным методикам с учетом параметров состояния (давления, температуры и т.д.).

Допускается использование справочных данных, опубликованных головными научно-исследовательскими организациями в области пожарной безопасности или выданных Государственной службой стандартных справочных данных.

15.5 Экологическая безопасность

Раздел экологическая безопасность разрабатывается в соответствии с требованиями СНиП 11-01-95. При этом анализируются возможные источники вредных воздействий техногенной деятельности при разработке и реализации ВКР на различные природные среды окружающей среды.

Рассматриваемый в данном разделе вид деятельности (проектирование систем теплоснабжения) загрязняет окружающую среду посредством бытовых отходов (бумага, вышедшая из строя офисная техника и мебель и т. д.), а также тепловым и ионизирующим излучением, исходящим от используемого оборудования.

Заключение

В дипломной работе проведен расчет установки для отопления и горячего водоснабжения коттеджа в г. Томске на базе теплового насоса, утилизирующего низкопотенциальный источник теплоты (сточные воды). По результатам расчетов обоснована целесообразность ее технической реализации, поскольку коэффициент преобразования получился равным 4,27. Отдельно следует отметить экологические показатели предлагаемой системы децентрализованного теплоснабжения. Применение тепловых насосов позволяет снизить выбросы парниковых газов, таких как оксиды азота, серы и углерода, поскольку для работы таких систем не требуется сжигания органического топлива. Показано, что хладагент R 410a, обладающий рядом преимуществ перед известными фреонами, способен обеспечить требуемые параметры теплоносителя для отопления и горячего водоснабжения малогабаритных объектов теплоснабжения. Также произведен расчет всех составных элементов теплонасосной установки и выбор вспомогательного оборудования для ее технической реализации.

По результатам технико-экономического расчета предлагаемой системы отопления на базе теплового насоса проведена оценка снижения затрат на выработку тепловой энергии с использованием теплонасосной установки. Срок окупаемости проекта составляет 2,5 года, что также подтверждает целесообразность применения тепловых насосов для децентрализованного теплоснабжения малогабаритных объектов.

Список использованных источников

1. Осипов А. // Тепловые насосы на социальных объектах –Научная статья -2015 -№4(160) –С. 68-69
2. Чугунов М. Тепловой насос для «Пятерочки» // СОК -2016. - №12
3. Ковалев О.А. // СОК -2016. - №3
4. Середенина Е.А., Корягин М.В., // Международный студенческий научный вестник. – 2016. –№ 3 (часть 1) – С. 143-145
5. Крахмалин И.Г., Люсин Е.Л., Тепловые насосы в системе теплоснабжения // Новости теплоснабжения -2007 -№7
6. Михайлов С.Л., Гусаров А.В. // Финские технологии JASPI в «Сибирской Швейцарии»на горнолыжном курорте «Шерегеш»-Сок-2017-№1
7. Михайлов С.Л., Гусаров А.В., // Опыт Финляндии и препятствия внедрению тепловых насосов большой мощности в России -СОК -2016 -№3
8. Шидловская Д.К., Седельников Г.Д. // Международный студенческий научный вестник. – 2015. –№ 3 (часть 2) – С. 300-300
9. Коротина А.В, Седельников Г.Д. // Международный студенческий научный вестник. – 2015. –№ 3 (часть 2) – С. 287-288
10. Васильев Г.П. // 12-летний опыт эксплуатации теплонасосной установки на районной тепловой станции – СОК – 2016 -№4
11. Дидиков А.Е. // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке -2015 –С. 389-391
12. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99* (с Изменением №2)
13. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением №1)
14. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий
15. СНиП II-3-79* Строительная теплотехника (с Изменениями №1-4)
16. Пособие 1.91 к СНиП 2.04.05-91 «Расчет и распределение приточного воздуха»

17. Проектирование и эксплуатация систем отопления, вентиляции и кондиционирования, М.И. Молодежникова
18. Проектирование промышленной вентиляции: Справочник/Торговников Б.М., Табачников Е.В., Ефанов Е.М.: - Киев, Будивельник, 1983, 256с.
19. Справочник по теплоснабжению и вентиляции. Ч.2. «Вентиляция и кондиционирование воздуха» / Р.В. Щекин и др. – Киев: Будивельник, 1976. – 285с.
20. Системы вентиляции и кондиционирования. Рекомендации по проектированию для производственных и общественных зданий.
21. СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий»
22. Е.Г. Малявина Теплопотери здания
23. СНиП 2.04.01-85* Внутренний водопровод и канализация зданий
24. Соколов Е.Я. «Теплофикация и тепловые сети» М.: Издательский дом МЭИ, 2006.-472с.